

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติ

3D MOTION CAPTURE



T104045



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 104045
วัน,เดือน,ปี..... 28 ต.ค. 2552

b. 104045-1
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติ

3D MOTION CAPTURE

ผู้จัดทำ

- | | | |
|------------------|------------------|----------|
| 1. นายณัฐพล | วงศ์รัตน์ โชคชัย | 48010236 |
| 2. นายธีระพงษ์ | แสงตากเจริญกิจ | 48010403 |
| 3. นายอธิปลักษณะ | โชติชนประสิทธิ์ | 48011045 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติ

| | | |
|----------------|-----------------|-------------------------------------|
| นายณัฐพล | วงศ์รัตนโชคชัย | 48010236 |
| นายธีระพงศ์ | แสงลาภเจริญกิจ | 48010403 |
| นายอริปลักษณ์ | โชติชนประสิทธิ์ | 48011045 |
| ศศ.ดร.สมศักดิ์ | วลัยวัชต์ | อาจารย์ที่ปรึกษา ปีการศึกษา 2551 |

บทคัดย่อ

ระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยแสง (Optical Motion Capture) คือการใช้กล้องวิดีโอบันทึกภาพการเคลื่อนไหวของมนุษย์ โดยมีมาร์กเกอร์ (marker) ติดอยู่ตามจุดเคลื่อนไหวต่างๆของร่างกายผู้แสดง จากนั้นนำตำแหน่งของมาร์กเกอร์ที่ได้จากภาพมาคำนวณหาตำแหน่งการเคลื่อนไหวของผู้แสดงในสามมิติแล้วบันทึกลงไฟล์ข้อมูลการเคลื่อนไหวซึ่งข้อมูลการเคลื่อนไหวสามารถนำไปสร้างการเคลื่อนไหวให้กับตัวละครสามมิติต่อไป

ในโครงการนี้เป็นการพัฒนาระบบจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติโดยใช้กล้องเว็บแคม (Webcam) ซึ่งข้อดีของกล้องเว็บแคมคือสามารถหาได้ง่ายและมีราคาถูก แต่กล้องเว็บแคมมีข้อจำกัดในด้านความเร็วในการจับภาพ การจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติอาศัยเทคนิคการประมวลผลภาพ และทฤษฎีภาพสเตอริโออปซิส (Stereopsis) มาใช้เพื่อนำข้อมูลภาพถ่ายจากกล้องมาหาตำแหน่งการเคลื่อนไหวของผู้แสดง ข้อมูลการเคลื่อนไหวจะถูกบันทึกในรูปแบบไฟล์ข้อมูลซีเอสเอ็ม (CSM, Character Studio Motion) ซึ่งเราสามารถนำข้อมูลไฟล์ซีเอสเอ็มไปใช้สร้างการเคลื่อนไหวให้กับตัวละครแอนิเมชันสามมิติต่อไป โปรแกรมสร้างงานแอนิเมชันสามมิติ อาทิเช่น 3Ds Studio Max เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3D Motion Capture

| | | |
|---------------------|----------------------|----------|
| Mr.Nataphon | Wongrattanachockchai | 48010236 |
| Mr.Teerapong | Sanglarpcharoenkit | 48010403 |
| Mr.Athipluck | Chotethanaprasith | 48011045 |
| Asst.Prof.Dr.Somsak | Walairacht | Advisor |
| Academic Year 2008 | | |

ABSTRACT

The Optical Motion Capture is a system that uses two or more camera to capture an image of motion. Image sequences are then brought to calculate for corresponding positions in the 3D world. The motion positions are recorded in a motion file for generating the animation of a 3D character.

In this project, a motion detection system that uses optical motion capture method to produce a character animation. The system uses 2 webcams to records human motion, then determines each marker from images by using image processing theories. The positions of all makers are then calculates to get positions in the 3D world by using of Stereopsis theories. Then, these data in each frame is saved sequentially to a standard motion file, called Character Studio Motion (CSM) file which can be use to make a realistic 3d character animation by a conventional software likes 3Ds Studio Max.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้มีโอกาสสำเร็จได้ด้วยดีหากขาดการสนับสนุนและคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. สมศักดิ์ วัลย์รัชต์ ที่กรุณาให้คำปรึกษารวมถึงชี้แนะสาเหตุของปัญหาที่พบในการทำโครงการ และเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำโครงการ ขอขอบคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่เอื้อเฟื้อสถานที่การทำงานและห้องวิจัย จนทำให้โครงการบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมาย

นอกเหนือจากบุคคลที่กล่าวข้างต้นแล้ว ข้าพเจ้าขอขอบคุณนุพการีที่ให้การสนับสนุนทางการศึกษามาโดยตลอด รวมถึงกำลังใจที่มีให้เสมอมา ข้าพเจ้าขอระลึกถึงพระคุณและกราบขอบพระคุณท่านมา ไว้ ณ ที่นี้

ท้ายที่สุดข้าพเจ้าขอขอบคุณเพื่อนร่วมงาน ที่ร่วมกันแก้ไขปัญหาและทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงดังที่ได้ตั้งใจไว้ ขอให้อำนาจสิ่งคุณพระศรีรัตนตรัยคลบบันดาลให้ทุกท่านที่กล่าวมา ประสบแต่ความสุขและมีสุขภาพพลานามัยแข็งแรงเทอญ

นาย อนุรักษ์ วงศ์รัตนโชคชัย

นาย ชีระพงษ์ แสงลาภเจริญกิจ

นาย อธิปัทกษณ์ โชติชนประสิทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ III การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| | หน้า |
|---------------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | II |
| กิตติกรรมประกาศ..... | III |
| สารบัญ..... | IV |
| สารบัญตาราง..... | VIII |
| สารบัญรูป..... | IX |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ..... | 1 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงการ..... | 2 |
| 1.4 วิธีการดำเนินงาน..... | 2 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 2 |
| 1.6 ส่วนประกอบของรายงาน..... | 3 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... | 4 |
| 2.1 การตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Capture)..... | 4 |
| 2.1.1 ประเภทของการตรวจจับการเคลื่อนไหว..... | 5 |
| 2.1.1.1 การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้แม่เหล็ก..... | 5 |
| 2.1.1.2 การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้ชุดเชิงกล..... | 5 |
| 2.1.1.3 การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้แสง..... | 6 |
| 2.1.2 การประยุกต์ใช้งานการตรวจจับการเคลื่อนไหว..... | 7 |
| 2.1.2.1 การประยุกต์ใช้งานในด้านอุตสาหกรรมบันเทิง..... | 7 |
| 2.1.2.2 การประยุกต์ใช้งานในการแพทย์..... | 7 |
| 2.1.3 ส่วนสรุปการตรวจจับการเคลื่อนไหว..... | 7 |
| 2.2 การประมวลผลภาพ (Image Processing)..... | 9 |
| 2.2.1 จุดภาพ (Pixels)..... | 9 |
| 2.2.2 ระบบอ้างอิงพิกัดของจุดภาพ(Pixel Coordinate System)..... | 9 |
| 2.2.3 การวิเคราะห์จุดภาพโดยวิธีการสแกน(Raster Scan)..... | 10 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ IV ารศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.2.4 รูปแบบสี (Color Model)..... | 11 |
| 2.2.4.1 รูปแบบ RGB..... | 11 |
| 2.2.4.2 รูปแบบ HSV..... | 12 |
| 2.2.5 การแยกส่วนของภาพ (Image Segmentation)..... | 12 |
| 2.2.5.1 การแยกส่วนของภาพด้วยรูปแบบสี RGB..... | 12 |
| 2.2.5.2 การแยกส่วนของภาพด้วยรูปแบบสี HSV..... | 13 |
| 2.2.5.3 การแปลงภาพสีจาก RGB ไปสู่ HSV..... | 14 |
| 2.2.5.4 การกรองภาพด้วยวิธีการหาค่ากลาง (Median Filter)..... | 14 |
| 2.2.5.5 การวิเคราะห์หาค่าตำแหน่งของกลุ่มจุด (Blob Analysis)..... | 15 |
| 2.2.6 การจับคู่จุดอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพกับข้อต่อของผู้แสดง..... | 15 |
| 2.2.7 การติดตามจุดอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพ..... | 16 |
| 2.3 สเตอริโอออปซิส (Stereopsis)..... | 17 |
| 2.3.1 การหาตำแหน่งจริงของจุดมาร์กเกอร์ด้วยวิธีสเตอริโอออปซิส..... | 18 |
| 2.3.2 การตั้งค่างกล้อง (Camera Calibration)..... | 23 |
| 2.3.2.1 ติดตั้งกล้องเว็บแคม..... | 24 |
| 2.3.2.2 สร้างตารางหมากรุก..... | 24 |
| 2.3.2.3 บันทึกภาพตารางหมากรุก..... | 24 |
| 2.3.2.4 นำภาพตารางหมากรุกไปคำนวณ..... | 25 |
| 2.3.2.5 นำผลลัพธ์ไปใช้ในการคำนวณ Stereopsis..... | 26 |
| 2.4 ไฟล์ข้อมูลการเคลื่อนไหว (Motion Data File)..... | 26 |
| 2.4.1 ไฟล์ซีเอสเอ็ม..... | 27 |
| 2.4.2 การจำลองการเคลื่อนไหวโดยใช้ไฟล์ข้อมูลการเคลื่อนไหวแบบซีเอสเอ็ม..... | 28 |
| บทที่ 3 การออกแบบระบบ..... | 31 |
| 3.1 ภาพรวมของระบบ..... | 31 |
| 3.2 การบันทึกภาพการเคลื่อนไหวของผู้แสดงจากกล้องเว็บแคม 2 ตัว..... | 32 |
| 3.2.1 การเลือกใช้กล้องเว็บแคม..... | 32 |
| 3.2.2 การจัดสภาพแวดล้อม..... | 33 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 3.2.3 การติดตั้งกล้องเว็บแคม | 33 |
| 3.3 การหาตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพ | 33 |
| 3.3.1 มาร์กเกอร์และผู้แสดง | 34 |
| 3.3.2 การหาตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพ | 35 |
| 3.3.2.1 การแปลงระบบสีของภาพ | 36 |
| 3.3.2.2 การคัดแยกสีของมาร์กเกอร์ออกจากภาพ | 37 |
| 3.3.2.3 การกรองจุดรบกวนออกจากภาพ | 37 |
| 3.3.2.4 การวิเคราะห์หาตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพ | 37 |
| 3.4 การจับคู่ตำแหน่งมาร์กเกอร์กับข้อต่อของผู้แสดงในท่าเริ่มต้น | 38 |
| 3.5 การติดตามการเคลื่อนไหวของผู้แสดง | 39 |
| 3.6 การคำนวณการเคลื่อนไหวของผู้แสดงในสามมิติ | 40 |
| 3.7 การบันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหวลงไฟล์ซีเอสเอ็ม | 41 |
| บทที่ 4 ผลการทดสอบระบบ | 42 |
| 4.1 การทดสอบการบันทึกภาพการเคลื่อนไหวของผู้แสดงด้วยกล้องเว็บแคม 2 ตัว | 42 |
| 4.1.1 รูปแบบของห้องที่ใช้ทำการทดสอบระบบ | 42 |
| 4.1.2 การติดตั้งกล้องเว็บแคม | 42 |
| 4.1.3 การให้แสงในระบบ | 44 |
| 4.1.4 คุณสมบัติและตำแหน่งเครื่องคอมพิวเตอร์ | 45 |
| 4.1.5 ชุดผู้แสดงและมาร์กเกอร์ | 45 |
| 4.2 การทดสอบหาตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพ | 46 |
| 4.2.1 การวิเคราะห์หาตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพ | 46 |
| 4.3 การทดสอบการจับคู่ตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์กับข้อต่อผู้แสดงในท่าเริ่มต้น | 50 |
| 4.4 การทดสอบการจำลองการเคลื่อนไหวของผู้แสดงในสามมิติ | 52 |
| 4.4.1 การเคลื่อนไหวของผู้แสดงด้วยท่าทางการเคลื่อนไหวที่ไม่ซับซ้อน | 52 |
| 4.4.1.1 การขยับแขน | 52 |
| 4.4.1.2 การขยับขา | 54 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------|------|
| 4.4.1.3 การขยับศรีษะ..... | 55 |
| 4.4.1.4 การขยับลำตัว | 56 |
| 4.4.2 การเคลื่อนไหวของผู้แสดงด้วยท่าทางการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน..... | 57 |
| 4.4.2.1 การเคลื่อนไหวของผู้แสดงด้วยท่าทางการเคลื่อนไหวทั่วไป..... | 57 |
| 4.4.4.2 การชนกันของมาร์กเกอร์..... | 58 |
| 4.4.2.3 การบดบังมาร์กเกอร์ด้วยท่าทางการเคลื่อนไหวของผู้แสดง | 58 |
| บทที่ 5 บทสรุป..... | 60 |
| 5.1 สรุปผลการทดสอบระบบ..... | 60 |
| 5.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ | 60 |
| 5.2.1 การออกแบบมาร์กเกอร์..... | 60 |
| 5.2.2 การเพิ่มจำนวนกล้อง..... | 60 |
| 5.2.4 การทำงานแบบเรียลไทม์ (real time)..... | 61 |
| บรรณานุกรม | 62 |
| ภาคผนวก ก. คู่มือการติดตั้งโปรแกรมและคู่มือการใช้โปรแกรม..... | 63 |
| ภาคผนวก ข. คู่มือสำหรับโปรแกรมเมอร์..... | 68 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของการตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบต่าง ๆ..... | 7 |
| 2.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ใช้ในโครงการกับระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบ Optical Motion Capture ทั่วไป..... | 8 |
| 2.3 ส่วนประกอบในไฟล์ซีเอสเอ็มและความหมาย..... | 28 |
| 2.4 รายละเอียดของจุดอ้างอิงทั้ง 26 จุด..... | 29 |
| 3.1 รายละเอียดของกล้องเว็บแคมที่ใช้ในระบบจำลองการเคลื่อนไหว 3 มิติ..... | 32 |
| 3.2 การคำนวณจุดข้อต่อที่ไม่ได้ติดตั้งมาร์กเกอร์..... | 41 |
| 4.1 คุณลักษณะของเครื่องคอมพิวเตอร์..... | 45 |
| 4.2 ตำแหน่งของจุดมาร์กเกอร์ในภาพจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง..... | 48 |
| 4.3 ตำแหน่งของจุดมาร์กเกอร์ในภาพจากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง..... | 49 |
| ก.1 คุณลักษณะของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในระบบ..... | 63 |

สารบัญรูป

| รูปที่ | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 การตรวจจับการเคลื่อนไหว..... | 4 |
| 2.2 การจำลองการเคลื่อนไหวของมนุษย์ให้กับตัวละครสามมิติ..... | 4 |
| 2.3 การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้แม่เหล็ก..... | 5 |
| 2.4 การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้ชุดเซ็นเซอร์..... | 6 |
| 2.5 การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้แสง..... | 6 |
| 2.6 ภาพที่เกิดจากการรวมกันของจุดภาพ..... | 9 |
| 2.7 ระบบอ้างอิงพิกัดของจุดภาพ..... | 10 |
| 2.8 การวิเคราะห์จุดภาพโดยวิธีกราฟภาพ..... | 10 |
| 2.9 แบบจำลองสี RGB..... | 11 |
| 2.10 แบบจำลองสี HSV..... | 12 |
| 2.11 (ก) ภาพตัวอย่างที่ใช้ตัดแยกส่วนของภาพ (ข) การตัดแยกส่วนของภาพที่มีสีแดงด้วยรูปแบบสี RGB..... | 13 |
| 2.12 (ก) ภาพตัวอย่างที่ใช้ตัดแยกส่วนของภาพ (ข) การตัดแยกส่วนของภาพที่เป็นสีแดงด้วยรูปแบบสี HSV..... | 13 |
| 2.13 การหาค่ากลางจากการวิเคราะห์จุดพิกเซลข้างเคียง..... | 15 |
| 2.14 การวิเคราะห์หาตำแหน่งของมาร์กเกอร์..... | 15 |
| 2.15 (ก) ตัวอย่างภาพก่อนการจับคู่จุดอ้างอิงของมาร์กเกอร์กับข้อต่อของผู้แสดง (ข) ตัวอย่างภาพหลังการจับคู่จุดอ้างอิงของมาร์กเกอร์กับข้อต่อของผู้แสดง..... | 16 |
| 2.16 ตัวอย่างการติดตามจุดอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพด้วยพื้นที่จำลอง..... | 17 |
| 2.17 การมองเห็นวัตถุของมนุษย์..... | 17 |
| 2.18 การมองเห็นวัตถุของหุ่นยนต์..... | 18 |
| 2.19 การคำนวณหาตำแหน่งจุดมาร์กเกอร์โดยวิธีสเตอริโอพซิส..... | 18 |
| 2.20 ตำแหน่งจุดมาร์กเกอร์บนฉากรับภาพในกล้องเทียบกับตำแหน่งมาร์กเกอร์ในภาพ..... | 19 |
| 2.21 ตำแหน่งจุดมาร์กเกอร์บนฉากรับภาพในกล้อง..... | 20 |
| 2.22 ตำแหน่งจุดมาร์กเกอร์ในแนวแกน Z..... | 22 |
| 2.23 ตำแหน่งจุดมาร์กเกอร์บนฉากรับภาพในกล้อง..... | 22 |
| 2.24 การหาค่าตัวแปรของกล้องด้วยโปรแกรมเมทแลป..... | 24 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ IX การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.25 การติดตั้งตารางหมากรุกในมุมมองต่างๆ..... | 25 |
| 2.26 การกำหนดรายละเอียดของตารางหมากรุกให้โปรแกรม..... | 25 |
| 2.27 ผลลัพธ์บางส่วนที่ได้จากการคำนวณหาตัวแปรจากกล้อง..... | 26 |
| 2.28 ตัวอย่างการเคลื่อนไหวกของโครงกระดูก..... | 26 |
| 2.29 ตัวอย่างไฟล์ข้อมูลการเคลื่อนไหวกแบบซีเอสเอ็ม..... | 27 |
| 2.30 ตำแหน่งจุดอ้างอิงข้อต่อบริเวณต่างๆ..... | 29 |
| 3.1 แผนผังขั้นตอนการทำงานของระบบจำลองการเคลื่อนไหวก 3 มิติ..... | 31 |
| 3.2 กล้องเว็บแคมที่ใช้ในระบบจำลองการเคลื่อนไหวก 3 มิติ..... | 32 |
| 3.3 การติดตั้งกล้องในระบบจำลองการเคลื่อนไหวก 3 มิติ..... | 33 |
| 3.4 ลูกปิงปองที่ใช้เป็นมาร์กเกอร์ในระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวก..... | 34 |
| 3.5 ตำแหน่งของร่างกายที่ติดมาร์กเกอร์..... | 35 |
| 3.6 แผนผังแสดงขั้นตอนการหาตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพ..... | 36 |
| 3.7 แผนผังการแปลงระบบสีของภาพ..... | 36 |
| 3.8 แผนผังการแยกสีของมาร์กเกอร์ออกจากภาพ..... | 37 |
| 3.9 แผนผังการกรองจุดรบกวนด้วยวิธีหาค่ากลาง..... | 37 |
| 3.10 แผนผังการทำงานในส่วนการวิเคราะห์หาตำแหน่งมาร์กเกอร์..... | 38 |
| 3.11 แผนผังการทำงานในส่วนการจับคู่ตำแหน่งมาร์กเกอร์กับข้อต่อผู้แสดงในท่าเริ่มต้น..... | 39 |
| 3.12 แผนผังการทำงานในส่วนการติดตามการเคลื่อนไหวกส่วนต่างๆของผู้แสดง..... | 40 |
| 3.13 แผนผังการทำงานในส่วนการติดตามการเคลื่อนไหวกส่วนต่างๆของผู้แสดง..... | 40 |
| 3.14 แผนผังการทำงานในส่วนการบันทึกการเคลื่อนไหวกของไฟล์ซีเอสเอ็ม..... | 41 |
| 4.1 การจัดห้องสำหรับระบบจำลองการเคลื่อนไหวกสามมิติ..... | 42 |
| 4.2 การติดตั้งกล้องเว็บแคม..... | 43 |
| 4.3 ตำแหน่งการติดตั้งกล้องในระบบจำลองการเคลื่อนไหวก 3 มิติ..... | 43 |
| 4.4 (ก) ภาพผู้แสดงเมื่อใช้แสงไฟจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ | |
| (ข) ภาพผู้แสดงเมื่อใช้แสงไฟจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และไฟสปอตไลท์..... | 44 |
| 4.5 (ก) มาร์กเกอร์ที่ใช้ลูกปิงปองสีแดง | |
| (ข) ผู้แสดงเมื่อติดตั้งมาร์กเกอร์บริเวณข้อต่อต่างๆ..... | 46 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ X การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------|------|
| 4.6 (ก) ภาพผู้แสดงจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง | |
| (ข) ภาพผู้แสดงจากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง..... | 46 |
| 4.7 ภาพจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่งเมื่อทำการคัดแยกจุมาร์กเกอร์..... | 47 |
| 4.8 ภาพจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่งเมื่อทำการกรองจุมาร์กเกอร์..... | 47 |
| 4.9 ภาพจากกล้องเว็บแคมตัวที่สองเมื่อทำการคัดแยกจุมาร์กเกอร์..... | 48 |
| 4.10 ภาพจากกล้องเว็บแคมตัวที่สองเมื่อทำการกรองจุมาร์กเกอร์..... | 49 |
| 4.11 (ก) ภาพผู้แสดงเมื่อจัดวางท่าเริ่มต้นจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง | |
| (ข) ภาพผู้แสดงเมื่อจัดวางท่าเริ่มต้นจากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง | |
| (ค) ตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ในท่าเริ่มต้นของผู้แสดง | |
| (ง) ทำทางของ โครงกระดูกสำเร็จรูปที่นำไฟล์ข้อมูลไปใช้งาน..... | 51 |
| 4.12 (ก) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวแขนขวาจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง | |
| (ข) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวแขนขวาจากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง | |
| (ค) ตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ในท่าการเคลื่อนไหวแขนขวาของผู้แสดง | |
| (ง) ทำทางของ โครงกระดูกสำเร็จรูปที่นำไฟล์ข้อมูลไปใช้งาน..... | 52 |
| 4.13 (ก) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวส่วนแขนจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง | |
| (ข) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวส่วนแขนจากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง | |
| (ค) ตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ในท่าการเคลื่อนไหวส่วนแขนของผู้แสดง | |
| (ง) ทำทางของ โครงกระดูกสำเร็จรูปที่นำไฟล์ข้อมูลไปใช้งาน..... | 53 |
| 4.14 (ก) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวส่วนขาจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง | |
| (ข) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวส่วนขาจากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง | |
| (ค) ตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ในท่าการเคลื่อนไหวส่วนขาของผู้แสดง | |
| (ง) ทำทางของ โครงกระดูกสำเร็จรูปที่นำไฟล์ข้อมูลไปใช้งาน..... | 54 |
| 4.15(ก) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวส่วนศรียะจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง | |
| (ข) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวส่วนศรียะจากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง | |
| (ค) ตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ในท่าการเคลื่อนไหวส่วนศรียะของผู้แสดง | |
| (ง) ทำทางของ โครงกระดูกสำเร็จรูปที่นำไฟล์ข้อมูลไปใช้งาน..... | 55 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ XI การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------|------|
| 4.16 (ก) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวส่วนลำตัวจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง | |
| (ข) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวส่วนลำตัวจากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง | |
| (ค) ตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ในทำการเคลื่อนไหวส่วนลำตัวของผู้แสดง | |
| (ง) ทำทางของโครงกระดูกสำเร็จรูปที่นำไฟล์ข้อมูลไปใช้งาน..... | 56 |
| 4.17 (ก) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวทั่วไปจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง | |
| (ข) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวทั่วไปจากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง | |
| (ค) ตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ในทำการเคลื่อนไหวทั่วไปของผู้แสดง | |
| (ง) ทำทางของโครงกระดูกสำเร็จรูปที่นำไฟล์ข้อมูลไปใช้งาน..... | 57 |
| 4.18 (ก) ภาพผู้แสดงในท่าที่เกิดการชนกันของมาร์กเกอร์จากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง | |
| (ข) ภาพผู้แสดงในท่าที่เกิดการชนกันของมาร์กเกอร์จากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง..... | 58 |
| 4.19 (ก) ภาพผู้แสดงในท่าที่เกิดการบดบังมาร์กเกอร์จากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง | |
| (ข) ภาพผู้แสดงในท่าที่เกิดการบดบังมาร์กเกอร์จากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง..... | 59 |
| 5.1 การทำเรย์ เทรซซึ่งย้อนกลับไปยังกล้อง..... | 61 |
| ก.1 การติดตั้งโปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหว..... | 63 |
| ก.2 หน้าจอหลักของโปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหว..... | 64 |
| ก.3 หน้าต่างเลือกกล้องที่ต้องการจะจับภาพ..... | 64 |
| ก.4 (ก) หน้าจอของโปรแกรมขณะบันทึกภาพผู้แสดงของกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง | |
| (ข) หน้าจอของโปรแกรมขณะบันทึกภาพผู้แสดงของกล้องเว็บแคมตัวที่สอง | |
| (ค) หน้าจอหลักของโปรแกรมขณะทำการบันทึกภาพผู้แสดง..... | 65 |
| ก.5 หน้าจอของโปรแกรมขณะคำนวณตำแหน่งของแต่ละเฟรม..... | 66 |
| ก.6 หน้าจอของโปรแกรมขณะแสดงผลการเคลื่อนไหวที่คำนวณได้..... | 67 |
| ข.1 โครงสร้างของโปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหว..... | 69 |
| ข.2 หน้าจอหลักของโปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหว..... | 69 |
| ข.3 ผังการทำงานของโปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหว..... | 73 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีทางด้านสามมิติมาประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะสื่อทางด้านความบันเทิง เช่น การทำภาพยนตร์ โฆษณา การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ การใช้งานด้านการศึกษา การใช้งานด้านการแพทย์ เป็นต้น ซึ่งการนำเทคโนโลยีทางด้านสามมิติมาใช้งานอย่างแพร่หลายนั้นทำให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีสามมิติให้มีความสมจริงยิ่งขึ้น

การสร้างตัวละครให้เคลื่อนไหวในสามมิติที่สมจริงมักพบในภาพยนตร์ เกมสื่อกอมพิวเตอร์ โดยตัวละครที่เคลื่อนไหวอย่างสมจริงเหล่านี้ทำให้งานดูมีความน่าเชื่อถือและดึงดูดใจ ในการทำให้ตัวละครสามมิติเคลื่อนไหวได้สมจริงเป็นงานที่ต้องใช้ความชำนาญ ต้องใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ และต้องมีความละเอียดในระดับสูง ด้วยเหตุนี้การสร้างตัวละครสามมิติที่สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างสมจริงจึงเป็นงานที่ต้องใช้ต้นทุนสูงด้วยเช่นกัน

ด้วยเหตุผลต่างๆ ที่กล่าวมาสรุปว่าการนำเทคโนโลยีด้านสามมิติไปใช้ประโยชน์ต้องมีต้นทุนที่สูงตามมา ดังนั้น ถ้าสามารถสร้างระบบที่สามารถสร้างการเคลื่อนไหวของตัวละคร 3 มิติที่มีคุณภาพโดยใช้ต้นทุนต่ำได้ จะทำให้มีการนำเทคโนโลยีทางด้านสามมิติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้มากขึ้นต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อพัฒนาระบบจำลองการเคลื่อนไหวของมนุษย์ที่สามารถนำข้อมูลการเคลื่อนไหวไปใช้สร้างการเคลื่อนไหวให้กับตัวละครแอนิเมชันสามมิติ ได้
2. เพื่อสร้างการเคลื่อนไหวของตัวละครแอนิเมชันสามมิติที่สมจริงและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ ได้
3. เพื่อส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยีการจำลองการเคลื่อนไหวโดยใช้ต้นทุนต่ำ
4. เพื่อส่งเสริมการใช้งานด้านสามมิติกับสื่อต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

พัฒนาระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ เพื่อนำข้อมูลการเคลื่อนไหวไปสร้างการเคลื่อนไหวให้กับตัวละครสามมิติ โดยใช้กล้องเว็บแคมจำนวนสองตัวบันทึกภาพการเคลื่อนไหวของผู้แสดง มีการติดตั้งจุดสำคัญหรือมาร์กเกอร์อยู่ตามส่วนต่างๆบนร่างกายของผู้แสดง เพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงในการบอกตำแหน่งการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆของร่างกายผู้แสดง ภาพที่ได้จากการบันทึกการเคลื่อนไหวจะถูกนำมาวิเคราะห์หาตำแหน่งอ้างอิงของจุดมาร์กเกอร์จากภาพโดยใช้ทฤษฎีประมวลผลภาพ แล้วนำตำแหน่งของมาร์กเกอร์ที่พบในภาพจากกล้องทั้งสองตัวที่มีมุมมองต่างกัน มาคำนวณหาตำแหน่งการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆของร่างกายผู้แสดงใน 3 มิติ โดยวิธีสเตอริโอพซิส แล้วนำข้อมูลการเคลื่อนไหวของผู้แสดงในสามมิติบันทึกไว้ในไฟล์ซีเอสเอ็ม เพื่อนำข้อมูลการเคลื่อนไหวไปใช้ในการสร้างการเคลื่อนไหวให้กับตัวละครสามมิติต่อไป

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีการประมวลผลภาพ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาตำแหน่งอ้างอิงของจุดมาร์กเกอร์จากภาพ
2. ศึกษาการหาตำแหน่งจริงของวัตถุในภาพที่มีมุมมองต่างกันด้วยวิธีสเตอริโอพซิส เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาตำแหน่งการเคลื่อนไหวของผู้แสดงในสามมิติ
3. ศึกษาวิธีการสร้างการเคลื่อนไหวให้กับตัวละครสามมิติด้วยไฟล์ข้อมูลการเคลื่อนไหว
4. วิเคราะห์และออกแบบระบบจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติ
5. จัดหาอุปกรณ์และสถานที่ที่ใช้ในระบบจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติ
6. พัฒนาโปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติ
7. ทดสอบระบบจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติ
8. ปรับปรุงแก้ไขระบบจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคนิคการประมวลผลภาพ
2. ได้ทดสอบวิธีการติดตามจุดมาร์กเกอร์จากภาพด้วยแนวคิดการสร้างพื้นที่จำลอง
3. ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคนิคการหาตำแหน่งจริงของวัตถุด้วยวิธีสเตอริโอพซิส
4. ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการสร้างการเคลื่อนไหวให้กับตัวละครสามมิติ
5. สามารถสร้างระบบจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติที่มีต้นทุนต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ส่วนประกอบของรายงาน

ในรายงานฉบับนี้จะนำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับ โครงงานระบบจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติ ซึ่งแบ่งออกเป็น ส่วน ๆ ดังนี้

1. บทนำ คือ บทที่ 1 นี้
2. ส่วนทฤษฎี บทที่ 2 เป็นส่วนที่อธิบายรายละเอียดของทฤษฎีที่นำมาใช้ในโครงงานนี้ได้แก่
 - 2.1 การตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Capture)
 - 2.2 การประมวลผลภาพ (Image Processing)
 - 2.3 สเตอริโอออปซิส (Stereopsis)
 - 2.4 ไฟล์ข้อมูลการเคลื่อนไหว (Motion Data File)
3. ส่วนการออกแบบ บทที่ 3 เป็นส่วนที่อธิบายการออกแบบระบบจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติที่ใช้โครงงานนี้ได้แก่
 - 3.1 ภาพรวมของระบบ
 - 3.2 การบันทึกภาพการเคลื่อนไหวของผู้แสดงจากกล้องเว็บแคม 2 ตัว
 - 3.3 การหาตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพ
 - 3.4 การจับคู่ตำแหน่งมาร์กเกอร์กับข้อต่อของผู้แสดงในท่าเริ่มต้น
 - 3.5 การติดตามตำแหน่งการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆของผู้แสดง
 - 3.6 การคำนวณการเคลื่อนไหวของผู้แสดงในสามมิติ
 - 3.7 การบันทึกการเคลื่อนไหวลงไฟล์ซีเอสเอ็ม
4. ส่วนผลการทดสอบ บทที่ 4 เป็นส่วนที่อธิบายผลการทดสอบระบบจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติที่ใช้ในโครงงาน ได้แก่
 - 4.1 การทดสอบการบันทึกภาพการเคลื่อนไหวของผู้แสดงด้วยกล้องเว็บแคม 2 ตัว
 - 4.2 การทดสอบการหาตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพ
 - 4.3 การทดสอบการจับคู่ตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์กับข้อต่อผู้แสดงในท่าเริ่มต้น
 - 4.4 การทดสอบการจำลองการเคลื่อนไหวของผู้แสดงในสามมิติ
5. ส่วนบทสรุป บทที่ 5 เป็นส่วนที่สรุปผลการทำงานของระบบจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติที่ใช้ในโครงงาน ได้แก่
 - 5.1 สรุปผลการทดสอบระบบ
 - 5.2 แนวทางการพัฒนาต่อ

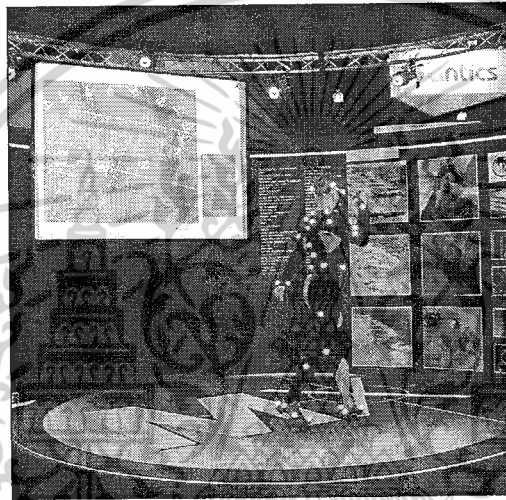
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

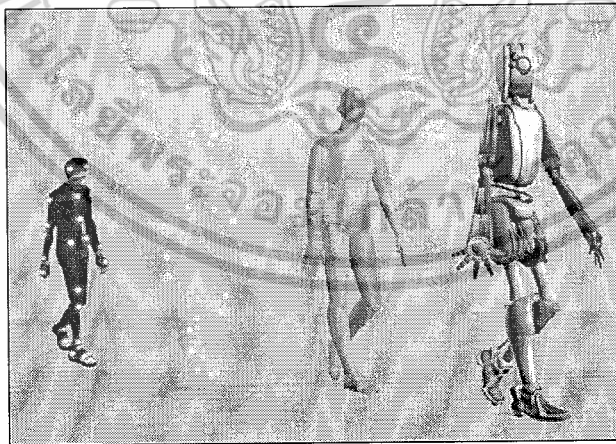
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Capture)

การตรวจจับการเคลื่อนไหวเป็นกระบวนการในการบันทึกการเคลื่อนไหวจริง และทำการติดตามจุดสำคัญ (Key point) หรือจุดมาร์กเกอร์ที่ถูกกำหนด แล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบทางคณิตศาสตร์โดยที่ข้อมูลเหล่านั้นสามารถนำไปใช้ในการแสดงผลแบบสามมิติได้



รูปที่ 2.1 การตรวจจับการเคลื่อนไหว



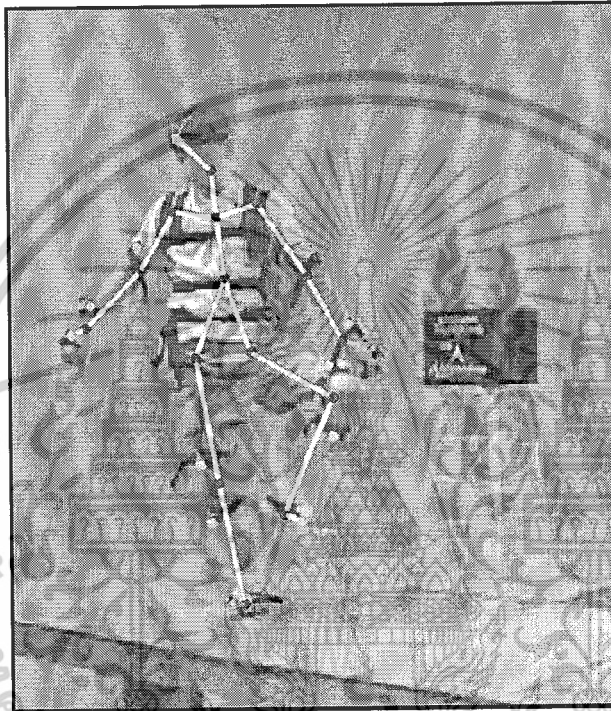
รูปที่ 2.2 การจำลองการเคลื่อนไหวของมนุษย์ให้กับตัวละครสามมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ประเภทของการตรวจจับการเคลื่อนไหว

2.1.1.1 การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้แม่เหล็ก (Magnetic Motion Capture)

ใช้เซ็นเซอร์(Sensor) ติดไว้ตามส่วนต่างๆของร่างกาย และมีสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ความถี่ต่ำที่ผลิตออกมาจากแหล่งกำเนิดคลื่นที่ตั้งไว้ในบริเวณที่จะตรวจจับเซ็นเซอร์แต่ละตัวจะถูก ต่อสายเข้ากับวงจรวัดค่าเพื่อหาตำแหน่งของเซ็นเซอร์แต่ละตัวในสนามแม่เหล็ก วงจรวัดค่าจะส่ง ข้อมูลเข้าไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงตำแหน่งและการหมุนในสามมิติ

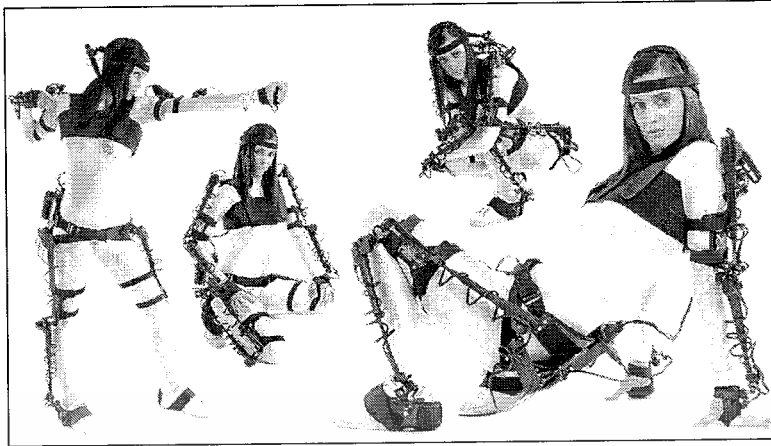


รูปที่ 2.3 การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้แม่เหล็ก

2.1.1.2 การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้ชุดเชิงกล (Mechanical Motion Capture)

มักใช้กับการเคลื่อนไหวของมนุษย์โดยเฉพาะ โดยใช้ชุดพิเศษที่ทำขึ้นสวมใส่เพื่อ จับการเคลื่อนไหว ชุดจะมีลักษณะเป็น โครงสร้างที่เชื่อมต่อกัน โดยมีตัวต้านทานปรับค่าได้ในการ วัดการหมุนของจุดต่าง ๆ ตามข้อต่อสำคัญของร่างกาย การรู้มุมการหมุนของจุดต่าง ๆ ทำให้ สามารถรู้ท่าทางการเคลื่อนไหวของผู้สวมใส่ได้

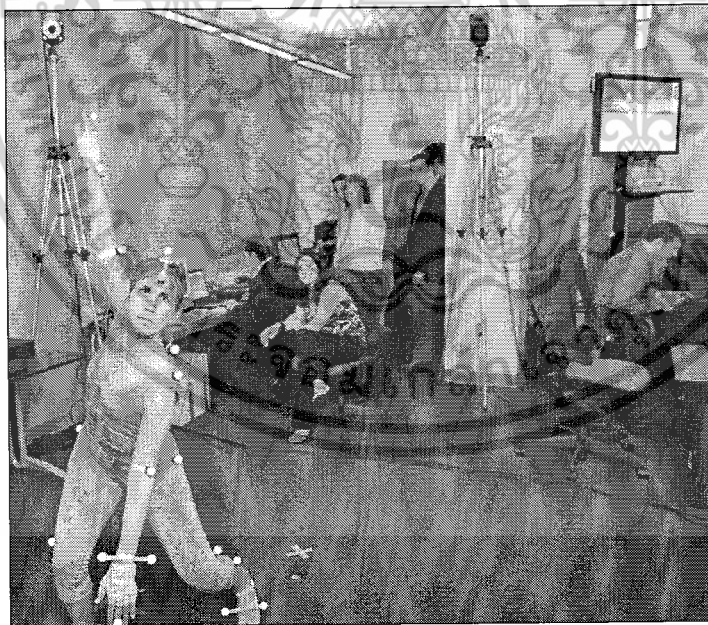
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้ชุดเชิงกล

2.1.1.3 การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้แสง (Optical Motion Capture)

ใช้การบันทึกภาพผู้แสดงขณะแสดงท่าทางต่าง ๆ โดยที่ผู้แสดงจะมีมาร์กเกอร์ติดอยู่ตามจุดหลัก ๆ ของร่างกาย ระบบจะตรวจจับมาร์กเกอร์จากหลาย ๆ กล้องรวมกันเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณตำแหน่งใน 3 มิติ ต่อไป ระบบการตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้แสงมีข้อจำกัด คือ สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวจะต้องอยู่ในบริเวณที่ห่างจากแสงสะท้อนรอบกวนอื่น ๆ มีการสลับมาร์กเกอร์และการบดบังของมาร์กเกอร์



รูปที่ 2.5 การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของการตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบต่าง ๆ

| | Magnetic Motion Capture | Mechanical Motion Capture | Optical Motion Capture |
|------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|
| การประมวลผล | บอกตำแหน่งและการหมุนได้โดยไม่ต้องประมวลผลต่อ | บอกตำแหน่งและการหมุนได้โดยไม่ต้องประมวลผลต่อ | ต้องใช้การประมวลผลที่ซับซ้อนกว่าแบบอื่น |
| จำนวนและตำแหน่งของมาร์กเกอร์ | ยากต่อการเปลี่ยนแปลง | ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ | ง่ายต่อการเปลี่ยนจำนวนและตำแหน่ง |
| การบดบังมาร์กเกอร์ | ไม่มี | ไม่มี | มี |
| พื้นที่ในการตรวจจับ | ขนาดเล็ก | ขนาดใหญ่ | สามารถกำหนดให้มีขนาดใหญ่ได้ |

2.1.2 การประยุกต์ใช้งานการตรวจจับการเคลื่อนไหว

การตรวจจับการเคลื่อนไหวสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ เช่น

2.1.2.1 การประยุกต์ใช้งานในด้านอุตสาหกรรมบันเทิง

การตรวจจับการเคลื่อนไหวช่วยลดเวลาในการสร้างการเคลื่อนไหวให้ตัวละคร ทั้งยังทำให้การเคลื่อนไหวดูสมจริงมากกว่าการสร้างการเคลื่อนไหวด้วยโปรแกรมที่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการสร้างการเคลื่อนไหวให้ตัวละคร ทำให้ระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวเป็นที่นิยมใช้กันมากในวงการอุตสาหกรรมแอนิเมชันหรือบันเทิง เช่น การนำไปใช้สร้างการเคลื่อนไหวให้กับตัวละครในเกมคอมพิวเตอร์ ภาพยนตร์แอนิเมชัน

2.1.2.2 การประยุกต์ใช้งานในการแพทย์

การตรวจจับการเคลื่อนไหวในทางการแพทย์เรียกว่าการวิเคราะห์ทางชีววิทยาสามมิติ (Three-dimension Biological Measuring) ใช้ในการสร้างข้อมูลการเคลื่อนไหวทางชีววิทยาของสิ่งมีชีวิต เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต เช่น กลไกการหมุนของข้อต่อ การวิเคราะห์โครงสร้างกระดูกสันหลัง เป็นต้น

2.1.3 ส่วนสรุปการตรวจจับการเคลื่อนไหว

การตรวจจับการเคลื่อนไหวช่วยให้สามารถสร้างการเคลื่อนไหวของตัวละครได้สมจริง โดยเฉพาะการใช้งานในด้านการบันเทิงที่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ด้วยข้อดีคือลดเวลาในการสร้างภาพเคลื่อนไหวหรือแอนิเมชัน และให้การเคลื่อนไหวที่สมจริง ต่างจากการสร้างการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลื่อนไหวด้วยโปรแกรมที่ต้องอาศัยผู้ชำนาญในการสร้างการเคลื่อนไหวให้ตัวละครที่อาจจะขาดความสมจริงในการสร้างเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนแล้วยังต้องใช้เวลาในการทำงานนานกว่ามาก

โครงการระบบจำลองการเคลื่อนไหวตัวละคร 3 มิติ เป็นการพัฒนาระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบใช้แสงโดยใช้กล้องเว็บแคมในส่วนรับภาพ โดยสามารถเปรียบเทียบระบบที่ออกแบบกับระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบใช้แสงทั่วไปดังนี้

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ใช้ในโครงการกับระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบ Optical Motion Capture ทั่วไป

| | ระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบใช้แสงในโครงการ | ระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบใช้แสงทั่วไป |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| กล้อง | เว็บแคม | กล้องอินฟราเรด |
| ค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบ | มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างถูก | มีค่าใช้จ่ายสูงตามคุณภาพของกล้องอินฟราเรด |
| การบดบังมาร์กเกอร์ | มี | มี |
| ความแม่นยำ | ปานกลาง | สูง |
| สภาพแวดล้อม | ในห้องทั่วไปที่ไม่มีแสงรบกวน | มีการจำกัดสภาพแวดล้อม |
| มาร์กเกอร์ | ลูกปิงปองฟันทึ | วัตถุกลมที่มีคุณสมบัติสะท้อนแสงได้ดี |
| การตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนของผู้แสดง | ไม่มี | มี |

โครงการนี้จะเน้นการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์โดยใช้อุปกรณ์ที่มีราคาถูก ซึ่งทำให้ระบบที่พัฒนาขึ้นมีความแตกต่างจากระบบทั่วไปที่ใช้ในเชิงธุรกิจและมีข้อจำกัดบ้าง แต่ทั้งนี้เป็นการศึกษาวิธีการตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ใช้กล้องเว็บแคมเป็นต้นแบบเพื่อพัฒนาและประยุกต์ใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

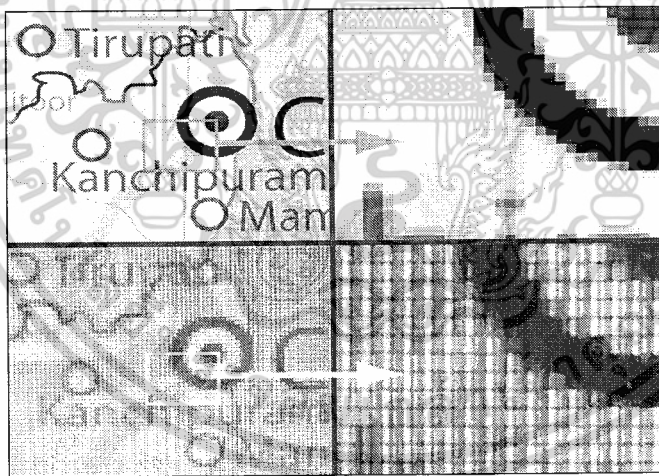
การประมวลผลภาพ (Image Processing) เป็นการประยุกต์ใช้งานการประมวลผลสัญญาณบนสัญญาณ 2 มิติ เช่น ภาพนิ่ง ภาพวิดีโอและยังรวมถึงสัญญาณ 2 มิติอื่นๆ ที่ไม่ใช่ภาพด้วย

เมื่อหลายสิบปีมาแล้วการประมวลผลภาพนั้น จะอยู่ในรูปของการประมวลผลสัญญาณแอนะล็อก (Analog) โดยใช้อุปกรณ์ปรับแต่งแสง (Optics) แต่เนื่องจากอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในปัจจุบันมีราคาถูกลง และมีความเร็วในการประมวลผลสูง การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image processing) จึงได้รับความนิยมมากกว่า

โครงการนี้จะนำเสนอทฤษฎีการประมวลผลภาพมาใช้ในการหาตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพที่ได้จากการบันทึกด้วยกล้องเว็บแคมเพื่อนำตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์ไปคำนวณหาตำแหน่งการเคลื่อนไหวของตัวละครต่อไป โดยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพในโครงการสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.2.1 จุดภาพ (Pixels)

ภาพที่ได้จากการบันทึกด้วยกล้องเว็บแคมเป็นภาพกราฟิกแบบราสเตอร์ (Raster Graphics) หรือ ภาพบิตแมป (Bitmap) โดยภาพเกิดจากจุดภาพ (pixels) หลายๆจุดประกอบรวมกันเป็นภาพ โดยจุดภาพแต่ละจุดจะเก็บค่าสี โดยค่าสีเหล่านี้จะทำให้เกิดรายละเอียดในภาพเป็นสีต่างๆ

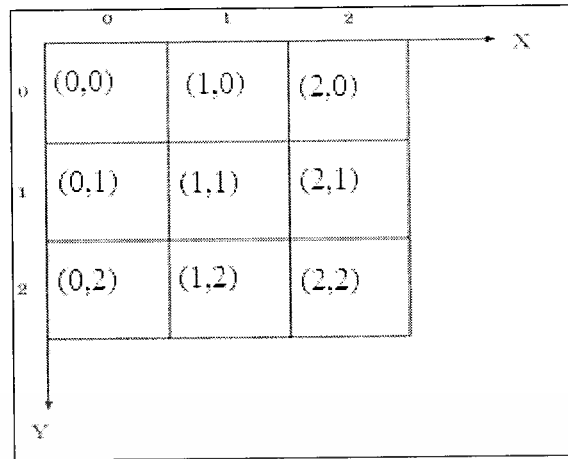


รูปที่ 2.6 ภาพที่เกิดจากการรวมกันของจุดภาพ

2.2.2 ระบบอ้างอิงพิกัดของจุดภาพ(Pixel Coordinate System)

เป็นระบบพิกัดที่ใช้อ้างอิงตำแหน่งของจุดพิกเซลในภาพ ซึ่งมีจุดเริ่มต้นอยู่ที่มุมซ้ายบนของภาพ และจุดสิ้นสุดอยู่ที่มุมขวาล่างของภาพ โดยการอ้างอิงตำแหน่งจุดพิกเซลในภาพจะเป็นคู่ลำดับ (x, y) โดย x เป็นตำแหน่งพิกเซลในแนวแกนอน y เป็นตำแหน่งอ้างอิงในแนวแกนตั้ง

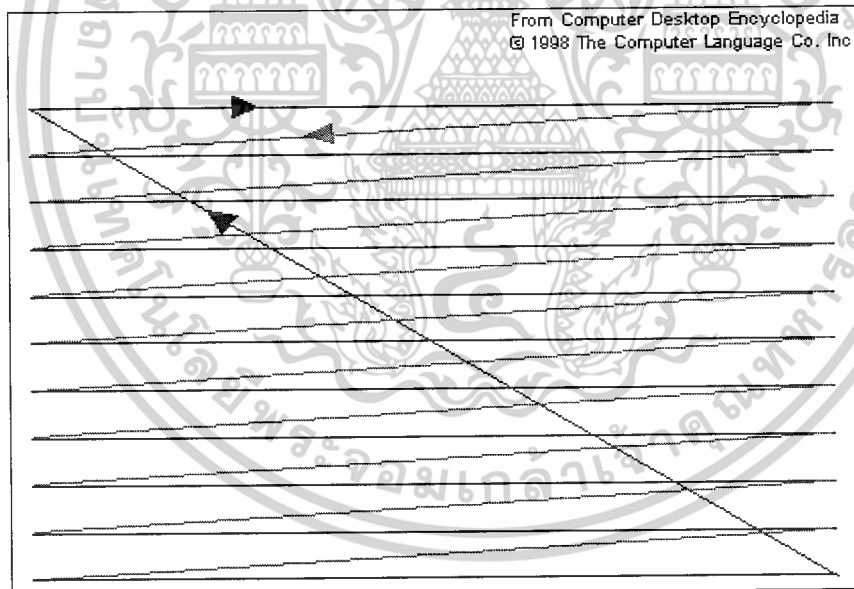
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ระบบอ้างอิงพิกัดของจุดภาพ

2.2.3 การวิเคราะห์จุดภาพโดยวิธีกราดภาพ(Raster Scan)

การวิเคราะห์รายละเอียดในภาพเป็นการวิเคราะห์ภาพในระดับพิกเซลโดยใช้หลักการการกราดภาพโดยวิเคราะห์จุดพิกเซลในภาพจากซ้ายไปขวา จนถึงจุดสิ้นสุดในแนวนอน หลังจากนั้นจะลงไปหนึ่งจุดแล้วทำการไล่จุดภาพจากซ้ายไปขวาจนกว่าจะครบทั้งภาพ



รูปที่ 2.8 การวิเคราะห์จุดภาพโดยวิธีกราดภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 รูปแบบสี (Color Model)

สี คือ การรับรู้ความถี่ หรือความยาวคลื่นของแสง โดยสีเกิดจากแสงที่กระทบวัตถุแล้วสะท้อนเข้าตาเราทำให้เห็นเป็นสีต่างๆ การที่เรามองเห็นวัตถุเป็นสีใดๆ ได้ เพราะวัตถุนั้นดูดแสงสีอื่นสะท้อนแต่สีของมันเอง เช่น วัตถุสีแดง เมื่อมีแสงส่องกระทบก็จะดูดทุกสีสะท้อนแต่สีแดงทำให้เรามองเห็นเป็นสีแดง การคัดแยกมาร์กเกอร์ออกจากภาพในโครงการใช้คุณสมบัติของสี โดยมาร์กเกอร์จะมีสีที่แตกต่างไปจากพื้นหลังของภาพเพื่อให้การหาตำแหน่งของมาร์กเกอร์จากภาพสามารถอ้างอิงได้จากตำแหน่งพิกเซลซึ่งเก็บค่าสีที่เป็นสีของมาร์กเกอร์ในภาพ

การประมวลผลภาพสีนั้นต้องทราบรูปแบบของสีที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ซึ่งจะอธิบายรูปแบบที่สำคัญ 2 แบบ ได้แก่

2.2.4.1 รูปแบบ RGB

เป็นระบบสีพื้นฐานของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการแสดงผล โดยจุดพิกเซล 1 จุดจะประกอบด้วยค่าสี 3 ค่า คือ แดง (R) เขียว (G) และน้ำเงิน (B) การผสมสีทั้งสามนี้ด้วยค่าต่างๆ กัน จะก่อให้เกิดสีที่แตกต่างกัน คอมพิวเตอร์จะเก็บค่าสีนี้แยกกันโดยใช้ขนาดข้อมูล 1 ไบต์ต่อ 1 สี ทำให้ค่าของสีแต่ละสีนั้นมีได้ 256 ระดับ ($0 \leq R \leq 255$), ($0 \leq G \leq 255$), ($0 \leq B \leq 255$) และผสมได้สีทั้งหมด 16 ล้านสี

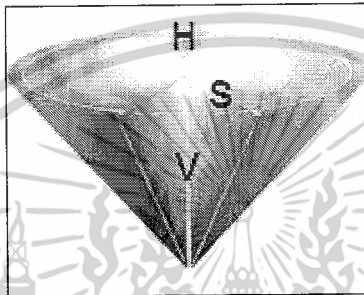


รูปที่ 2.9 แบบจำลองสี RGB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.2 รูปแบบ HSV

เป็นระบบสีที่มีความใกล้เคียงกับการมองเห็นสีของมนุษย์มากที่สุด เนื่องจากการมองเห็นของมนุษย์มีแสงเข้ามาเกี่ยวข้อง ในระบบสี HSV จึงมีการนำค่าความสว่างเข้ามาคำนวณด้วย ระบบสี HSV ประกอบไปด้วยค่า 3 ค่าคือ ค่าสี (Hue) บอกความเป็นสีใดๆ ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) บอกความเข้มของสี และค่าความสว่าง (Intensity, Value) บอกความสว่างของสี รูปแบบสีนี้จะเหมาะกับการประมวลผลภาพที่ต้องการผลลัพธ์ในการแยกแยะสีเหมือนกับการแยกแยะสีด้วยสายตาของมนุษย์มากกว่าการแยกแยะสีแบบคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.10 แบบจำลองสี HSV

ค่าสีจะมีค่าตั้งแต่ (0-360) องศา ตำแหน่งขององศาที่เปลี่ยนไปจะทำให้ค่าสีเปลี่ยนตาม Hue มีค่าเท่ากับ 0 จะแทนสีแดงและเมื่อ Hue มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สีก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามสเปกตรัมของสีจนถึง 360 จึงจะกลับมาเป็นสีแดงอีกครั้ง ซึ่งสามารถแทนให้อยู่ในรูปขององศาได้ ดังนี้คือ สีแดง เท่ากับ 0 องศา สีเขียวเท่ากับ 120 องศา สีน้ำเงินเท่ากับ 240 องศา

ค่าความอิ่มตัวของสีจะมีค่าตั้งแต่ (0.00-1.00) โดยค่า 1.00 สีจะมีความอิ่มตัวมากที่สุด ค่า 0.00 สีจะมีความอิ่มตัวน้อยที่สุด

ค่าความสว่างของสีจะมีค่าตั้งแต่ (0.00-1.00) โดยค่า 1.00 สีจะมีความสว่างมากที่สุด ค่า 0.00 สีจะมีความสว่างน้อยที่สุด

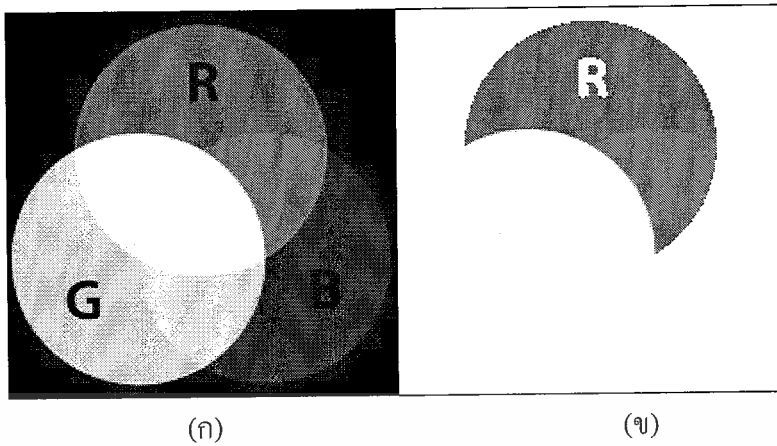
2.2.5 การแยกส่วนของภาพ (Image Segmentation)

การแยกส่วนของภาพเป็นการประมวลผลภาพเพื่อแยกวัตถุหรือส่วนของภาพที่สนใจออกมาจากส่วนอื่นๆ สำหรับในโครงการนี้ จะทำการคัดแยกส่วนของภาพที่เป็นมาร์กเกอร์ออกจากภาพโดยใช้การแยกสีของมาร์กเกอร์ที่แตกต่างกับพื้นหลัง

2.2.5.1 การแยกส่วนของภาพด้วยรูปแบบสี RGB

ภาพที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่มักจะใช้รูปแบบสี RGB ในการเก็บค่าสีของจุดภาพ การแยกส่วนของภาพด้วยรูปแบบสี RGB จึงเป็นการวิเคราะห์จุดพิกเซลด้วยค่าสี RGB โดยตรง ในรูปจะเป็นการแยกสีแดงออกมากจากภาพด้วยรูปแบบสี RGB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



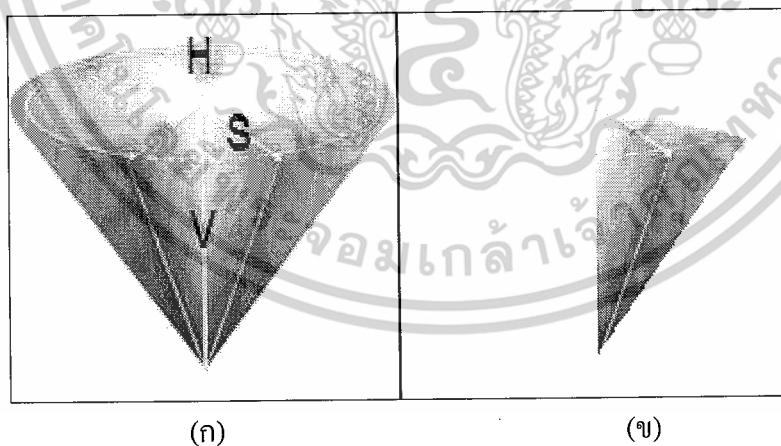
รูปที่ 2.11

- (ก) ภาพตัวอย่างที่ใช้คัดแยกส่วนของภาพ
 (ข) การคัดแยกส่วนของภาพที่มีสีแดงด้วยรูปแบบสี RGB

การคัดแยกส่วนของภาพที่เป็นสีแดงด้วยรูปแบบสี RGB โดยใช้ค่า $(100 \leq R \leq 255)$ เพื่อแยกสีแดงออกจากภาพตัวอย่างแต่สีเหลือง สีขาว และสีม่วง ดึงออกมาด้วยเนื่องจากสีดังกล่าวมีส่วนผสมของสีแดงปนอยู่

2.2.5.2 การแยกส่วนของภาพด้วยรูปแบบสี HSV

เป็นการแยกส่วนของภาพที่ต้องการผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับการแยกแยะสีด้วยตาของมนุษย์มากที่สุด โดยค่า Hue จะเป็นตัวแปรที่ใช้ในการคัดแยกสีออกจากภาพ



รูปที่ 2.12

- (ก) ภาพตัวอย่างที่ใช้คัดแยกส่วนของภาพ
 (ข) การคัดแยกส่วนของภาพที่เป็นสีแดงด้วยรูปแบบสี HSV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคัดแยกส่วนของภาพที่เป็นสีแดงด้วยรูปแบบสี HSV โดยใช้ค่า ($340 \leq H \leq 360$), ($0 \leq S \leq 20$) ออกจากภาพตัวอย่างซึ่งจะได้สีแดงเพียงอย่างเดียวโดยมีระดับความอิ่มตัวและระดับความสว่างที่แตกต่างกันแต่ไม่มีสีอื่นปะปนออกมา

2.2.5.3 การแปลงภาพสีจาก RGB ไปสู่ HSV

ภาพที่ได้ในการบันทึกด้วยกล้องเว็บแคมเป็นภาพที่ใช้รูปแบบสี RGB ซึ่งรูปแบบสี RGB ไม่เหมาะที่จะใช้แยกแยะสีแบบการมองเห็นของมนุษย์ โดยรูปแบบสี HSV ให้ผลลัพธ์ในการแยกแยะสีเหมือนกับการมองเห็นสีของมนุษย์มากกว่ารูปแบบ RGB จึงได้นำรูปแบบสี HSV มาใช้ในการแยกสีของมาร์กเกอร์ออกจากภาพ การแปลงรูปแบบของสีจาก RGB เป็น HSV เป็นไปดังสมการ เมื่อ \max คือค่าสีที่มีค่ามากที่สุดระหว่าง R G B และ \min คือค่าสีที่มีค่าน้อยที่สุด

$$h = \begin{cases} 0 & \text{If } \max = \min \\ \left(60^\circ \times \frac{g-b}{\max-\min} + 0^\circ \right) \bmod 360^\circ & \text{If } \max = r \\ 60^\circ \times \frac{b-r}{\max-\min} + 120^\circ & \text{If } \max = g \\ 60^\circ \times \frac{r-g}{\max-\min} + 240^\circ & \text{If } \max = b \end{cases} \quad (2.1)$$

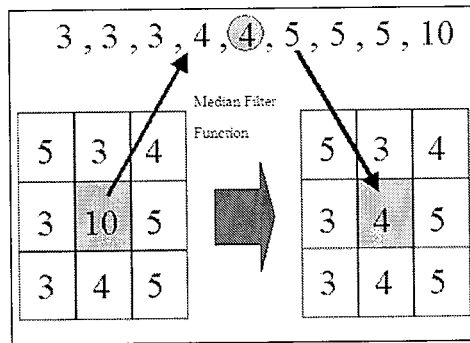
$$s = \begin{cases} 0, & \text{If } \max = 0 \\ \frac{\max-\min}{\max} = 1 - \frac{\min}{\max}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.2)$$

$$v = \max \quad (2.3)$$

2.2.5.4 การกรองภาพด้วยวิธีการหาค่ากลาง (Median Filter)

การกรองภาพด้วยวิธีการหาค่ากลางเป็นการกำจัดจุดรบกวน (Noise) ซึ่งมีขนาดเล็กออกจากภาพ จุดรบกวนที่พบในภาพเมื่อผ่านขั้นตอนการคัดแยกสีออกจากภาพแล้ว จะมีสีเดียวกับจุดมาร์กเกอร์ จึงต้องมีการกำจัดจุดรบกวนออกจากภาพเพื่อให้ภาพเหลือแต่จุดมาร์กเกอร์

การกรองภาพด้วยวิธีการหาค่ากลางจะใช้ค่ากลาง (Median) ที่ได้จากการวิเคราะห์จุดพิกเซลข้างเคียง โดยพิจารณาแต่ละพิกเซลในรูปภาพและทำการพิจารณาจุดพิกเซลข้างเคียงของจุดพิกเซลที่สนใจอยู่เพื่อใช้ในการเลือกค่าสีที่ควรจะเป็น ณ ตำแหน่งพิกเซลนั้นด้วยการนำค่าพิกเซลรอบๆ (neighborhood) และพิกเซลที่เราสนใจอยู่มาทำการเรียงลำดับจากน้อยไปมากแล้วก็ทำการหาค่ากลางของข้อมูล เพื่อนำค่ากลางที่ได้ไปเป็นค่าสี ณ ตำแหน่งพิกเซลที่เราพิจารณาอยู่



รูปที่ 2.13 การหาค่ากลางจากการวิเคราะห์จุดพิกเซลข้างเคียง

2.2.5.5 การวิเคราะห์หาตำแหน่งของกลุ่มจุด (Blob Analysis)

การวิเคราะห์หาตำแหน่งของกลุ่มจุดจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาตำแหน่งของมาร์กเกอร์ การอ้างอิงตำแหน่งของมาร์กเกอร์ในภาพใช้ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของมาร์กเกอร์ในการอ้างอิง ในการวิเคราะห์หาตำแหน่งจุดศูนย์กลางของมาร์กเกอร์จะใช้การวนตรวจสอบจุดพิกเซลข้างเคียงด้วยหลักการของการตรวจสอบจุดข้างเคียงที่ด้าน (4-connected neighborhood) ซึ่งเป็นการตรวจสอบจุดข้างเคียงที่อยู่ติดกับจุดพิกเซลที่สนใจด้านบน ด้านล่าง ด้านซ้าย ด้านขวา โดยจะวนตรวจสอบค่าจุดสีของพิกเซลไปเรื่อยๆจนกระทั่งครบทั้งกลุ่มจุด จากนั้นจึงทำการหาค่าเฉลี่ยของจุดพิกเซลที่อยู่ในกลุ่มเพื่อหาจุดศูนย์กลางของมาร์กเกอร์



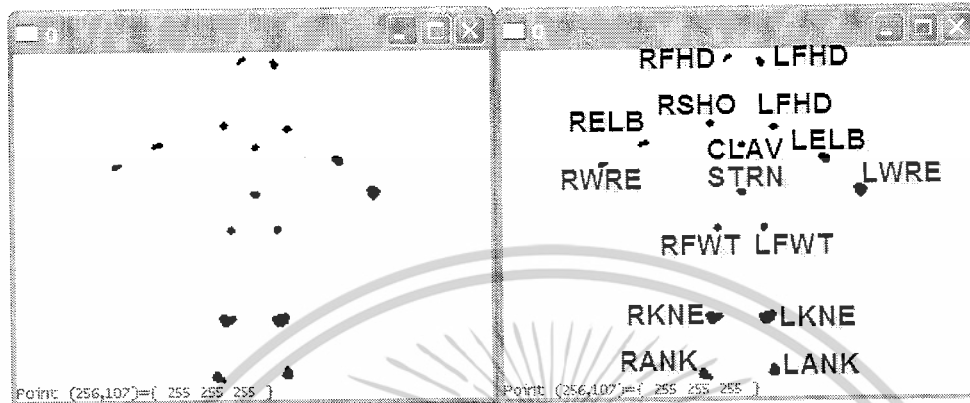
รูปที่ 2.14 การวิเคราะห์หาตำแหน่งของมาร์กเกอร์

2.2.6 การจับคู่จุดอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพกับข้อต่อของผู้แสดง

การจับคู่จุดอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพกับข้อต่อของผู้แสดงเพื่อให้สามารถแยกแยะจุดมาร์กเกอร์แต่ละจุดในภาพได้ว่าเป็นจุดมาร์กเกอร์ที่ติดอยู่บริเวณข้อต่อส่วนไหนของร่างกายผู้แสดง ในเฟรมแรกของการบันทึกภาพการเคลื่อนไหว ระบบไม่สามารถรู้ได้ว่าจุดอ้างอิงที่ได้มานั้นคือจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาร์กเกอร์ที่ติดไว้ตรงข้อต่อส่วนไหน จึงจำเป็นที่จะต้องทำการจับคู่จุดอ้างอิงกับข้อต่อเอง (Manual Mapping) โดยใช้วิธีการกำหนดท่าเริ่มต้นให้กับผู้แสดง คือทำยืนกางแขน และใช้การเปรียบเทียบ ตำแหน่งจุดมาร์กเกอร์ในภาพกับข้อต่อส่วนต่างๆของร่างกาย



(ก)

(ข)

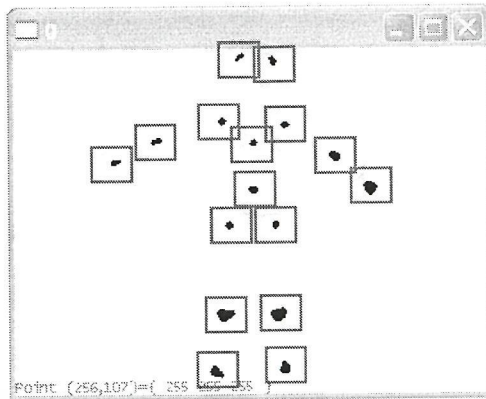
รูปที่ 2.15

- (ก) ตัวอย่างภาพก่อนการจับคู่จุดอ้างอิงของมาร์กเกอร์กับข้อต่อของผู้แสดง
 (ข) ตัวอย่างภาพหลังการจับคู่จุดอ้างอิงของมาร์กเกอร์กับข้อต่อของผู้แสดง

2.2.7 การติดตามจุดอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพ

การติดตามจุดอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของจุดมาร์กเกอร์ในภาพใช้วิธีการสร้างพื้นที่จำลอง (Area Tracking) โดยพื้นที่จำลองจะมีขนาดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุดอ้างอิงของมาร์กเกอร์แต่ละจุด และมีขนาดของพื้นที่ประมาณ 30*30 พิกเซล พื้นที่จำลองจะทำการติดตามจุดมาร์กเกอร์จากเฟรมภาพถัดไปของกล้องตัวเดิม ซึ่งหากมีการเคลื่อนไหวของจุดมาร์กเกอร์ในเฟรมภาพถัดไปไม่มากนักหรือผู้แสดงเคลื่อนไหวอย่างช้าๆจะทำให้สามารถพบจุดมาร์กเกอร์ของเฟรมภาพถัดไปในบริเวณของพื้นที่จำลอง จากนั้นก็จะทำการย้ายตำแหน่งจุดศูนย์กลางของพื้นที่จำลองไปยังตำแหน่งที่พบจุดมาร์กเกอร์ในเฟรมถัดไปจนครบทุกเฟรมภาพการเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

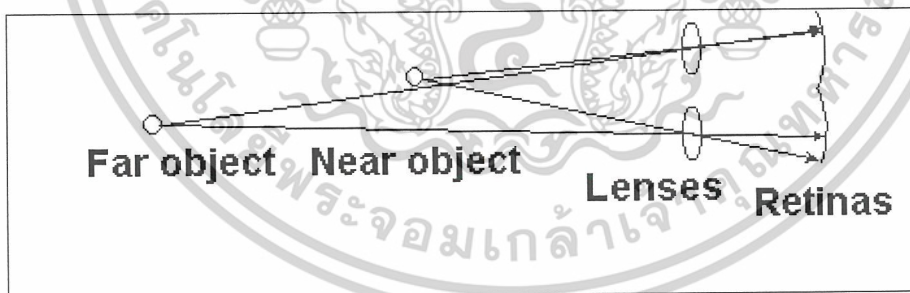


รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการติดตามจุดอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพด้วยพื้นที่จำลอง

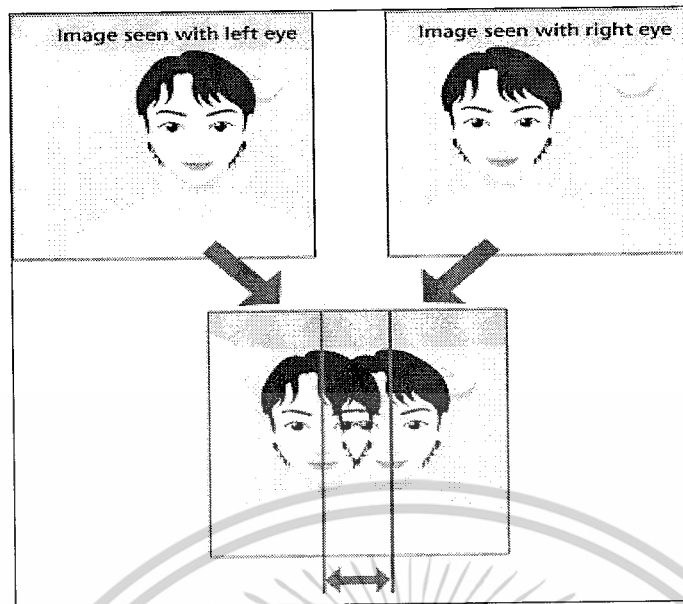
2.3 สเตอริโออปซีส (Stereopsis)

สเตอริโออปซีส มาจากคำว่า สเตอริโอ(Stereo) และ ออปซีส มาจากคำว่าวิชัน (vision) หมายถึงความสามารถในการมองเห็นวัตถุ โดยเกิดจากกระบวนการหาค่าความลึกหรือตำแหน่งจริงของวัตถุใน 3 มิติจากภาพ 2 มิติตั้งแต่ 2 ภาพขึ้นไปในหลายๆมุม ซึ่งภาพ 2 มิติจะต้องมีมุมมองไปยังวัตถุที่สนใจนั้นๆแตกต่างกัน ทำให้ภาพที่ได้มีตำแหน่งของวัตถุในภาพไม่เหมือนกัน การคำนวณหาตำแหน่งจริงของวัตถุเกิดจากการนำตำแหน่งของวัตถุในภาพกับตำแหน่งและมุมมองของกล้องที่ใช้ในการมองวัตถุนั้นมาคำนวณหาค่าความลึกของวัตถุ

การมองเห็นวัตถุด้วยวิธีสเตอริโออปซีสถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆเช่น การมองเห็นของมนุษย์ การมองเห็นของหุ่นยนต์ การสำรวจจากระยะไกล การวัดและจำแนกวัตถุ 3มิติ



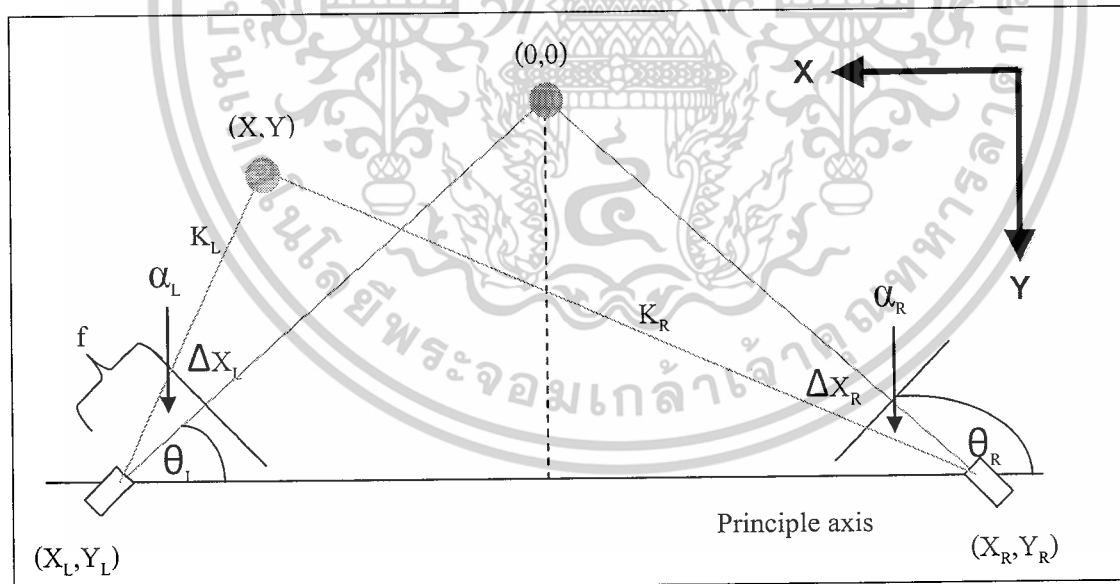
รูปที่ 2.17 การมองเห็นวัตถุของมนุษย์



รูปที่ 2.18 การมองเห็นวัตถุของหุ่นยนต์

2.3.1 การหาตำแหน่งจริงของจุดมาร์กเกอร์ด้วยวิธีสเตอริโอพซิส

ในโครงงานนี้จะนำสเตอริโอพซิสมาใช้ในการหาค่าตำแหน่งจริงของจุดมาร์กเกอร์ใน 3 มิติ ที่ได้จากกล้องเว็บแคมทั้ง 2 กล้องซึ่งวางอยู่ในตำแหน่งที่ต่างกัน โดยมีการคำนวณดังนี้



รูปที่ 2.19 การคำนวณหาตำแหน่งจุดมาร์กเกอร์โดยวิธีสเตอริโอพซิส

กำหนดให้ความยาวโฟกัสของกล้อง = f

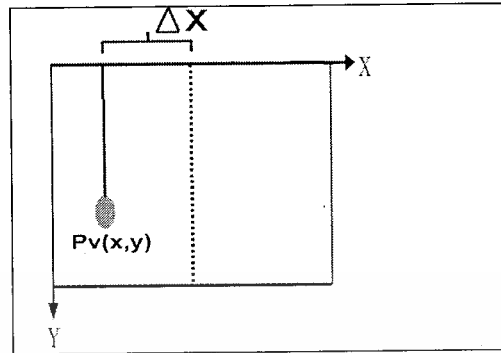
ขนาดฉากรับภาพมีค่า $3.2 * 2.4 \text{ mm}^2$ (ตามค่ามาตรฐาน) เป็นขนาดของฉากรับภาพในกล้องเว็บแคม

ค่า X_L, Y_L, X_R, Y_R จะได้มาในขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์จึงสามารถคำนวณหา θ_L, θ_R ได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าตำแหน่งจุดมาร์กเกอร์บนจากรูปภาพเทียบกับจุดกึ่งกลางจากรูปภาพ (θ_{X_L}), (θ_{X_R})



รูปที่ 2.21 ตำแหน่งจุดมาร์กเกอร์บนจากรูปภาพในกล้อง

จากรูปที่ 2.21 สามารถสร้างเป็นสมการหาตำแหน่งเทียบกับกึ่งกลางภาพ (ΔX) ได้เป็น

$$\Delta X = Pv(x) - \frac{X_{\max}}{2}$$

$$\Delta X = Pv(x) - \frac{0.0032}{2} \quad (2.9)$$

พิจารณาภาพจากกล้องด้านซ้ายจะได้สมการเป็น

$$\Delta X_L = Pv(x)_L - \frac{0.0032}{2} \quad (2.10)$$

พิจารณาภาพจากกล้องด้านขวาจะได้สมการเป็น

$$\Delta X_R = Pv(x)_R - \frac{0.0032}{2} \quad (2.11)$$

ขั้นตอนที่ 3 หาค่าความชันของเส้นตรง K_L , K_R

จากรูปที่ 2.19 สามารถทราบค่า α_L และ α_R ได้จากสมการ

$$\alpha_L = \tan^{-1} \frac{|\Delta X_L|}{f} \quad (2.12)$$

$$\alpha_R = \tan^{-1} \frac{|\Delta X_R|}{f} \quad (2.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.19 สามารถหาค่าความชันของเส้นตรง K_L จะได้ว่า

$$mK_L = \tan(\theta_L \pm \alpha_L) \quad (2.14)$$

$$\text{ถ้า } \Delta X_L < 0 \quad mK_L = \tan(\theta_L + \alpha_L)$$

$$\text{ถ้า } \Delta X_L \geq 0 \quad mK_L = \tan(\theta_L - \alpha_L)$$

$$mK_R = \tan(\theta_R \pm \alpha_R) \quad ; \text{พิจารณาเหมือน } mK_L$$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณหาตำแหน่งจริงของจุดมาร์กเกอร์ในแกน X และแกน Y จากความสัมพันธ์ของสมการเส้นตรงดังนี้

$$m = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

$$mK_L = \frac{Y - Y_L}{X - X_L} \quad (2.15)$$

$$Y = mK_L X - mK_L X_L + Y_L$$

$$Y = mK_L X + C_L, C_L = -mK_L X_L + Y_L \quad (2.16)$$

จากรูปที่ 2.19 คุณสมบัติเมื่อเส้นตรงสองเส้นตัดกันได้แก่ mK_L และ mK_R

$$Y = mK_L X + C_L = mK_R X + C_R$$

$$mK_L X + C_L = mK_R X + C_R$$

$$mK_L X - mK_R X = C_R - C_L$$

$$X(mK_L - mK_R) = C_R - C_L$$

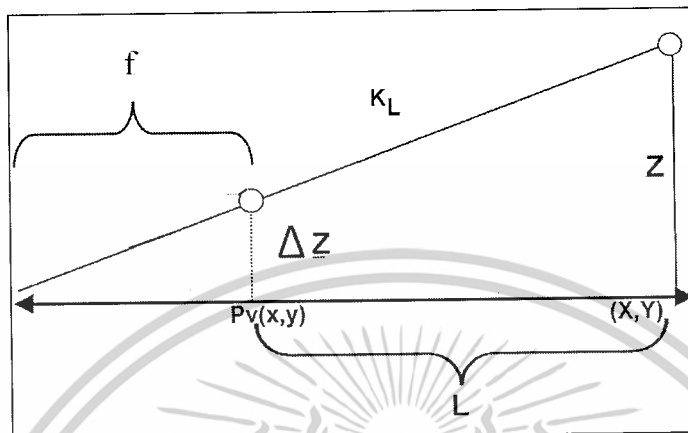
$$X = \frac{C_R - C_L}{mK_L - mK_R} \quad (2.17)$$

$$Y = m_L \left(\frac{C_R - C_L}{m_L - m_R} \right) + C_L \quad (2.18)$$

สามารถหาตำแหน่งจริงของจุดมาร์กเกอร์ในแกน X ได้จากสมการ 2.17 และตำแหน่งจริงของจุดมาร์กเกอร์ในแกน Y ได้จากสมการ 2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณหาตำแหน่งจริงของจุดมาร์กเกอร์ในแกน Z โดยสามารถพิจารณาจากกล้องตัวใดก็ได้เนื่องจากการวางตำแหน่งกล้องที่ความสูงเท่ากันจากพื้น ภาพที่ได้จากกล้องเว็บแคมทั้งสองจึงมีความสูงของจุดอ้างอิงในภาพเท่ากันในตัวอย่างนี้จะพิจารณาจากกล้องด้านซ้าย

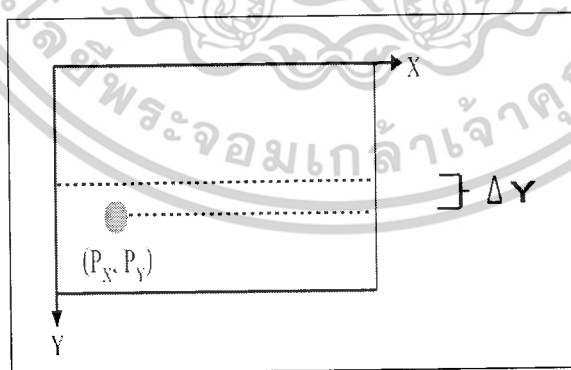


รูปที่ 2.22 ตำแหน่งจุดมาร์กเกอร์ในแนวแกน Z

จากรูปที่ 2.22 จะได้สมการ

$$L = \sqrt{(X - Pv(x_L))^2 + (Y - Pv(y_L))^2} \quad (2.19)$$

ซึ่งจุด $Pv(x_L)$ หาได้จากสมการ 2.7 จุด $Pv(y_L)$ หาได้จากหาได้จากสมการ 2.8 พิจารณาตำแหน่งมาร์กเกอร์จากภาพบนฉากรับภาพของกล้องเว็บแคมในแนวแกน Y ดังรูป



รูปที่ 2.23 ตำแหน่งจุดมาร์กเกอร์บนฉากรับภาพในกล้อง

$$\Delta Y = Py - \frac{Y \max}{2}$$

$$\Delta Y = Py - \frac{0.0024}{2} \quad (2.20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งของมุมกล้องที่ใช้ในโครงการจะมีระนาบของภาพตั้งฉากกับพื้น ดังนั้นจึงสามารถพิจารณาหาค่า ΔZ ในรูปที่ 2.22 ได้จาก ΔY ในสมการ 2.20 ได้โดยตรง

$$\Delta Z = \Delta Y \quad (2.21)$$

จากรูป 2.22 สร้างสมการความสัมพันธ์ได้เป็น

$$\begin{aligned} \frac{Z}{L} &= \frac{\Delta Z}{f} \\ Z &= \frac{\Delta Z \times L}{f} \end{aligned} \quad (2.22)$$

ค่าความสูง Z ที่ได้เป็นความสูงจากแกนอ้างอิงซึ่งต้องนำไปบวกกับความสูงของกล้อง จึงได้ความสูงที่แท้จริงในแกน Z

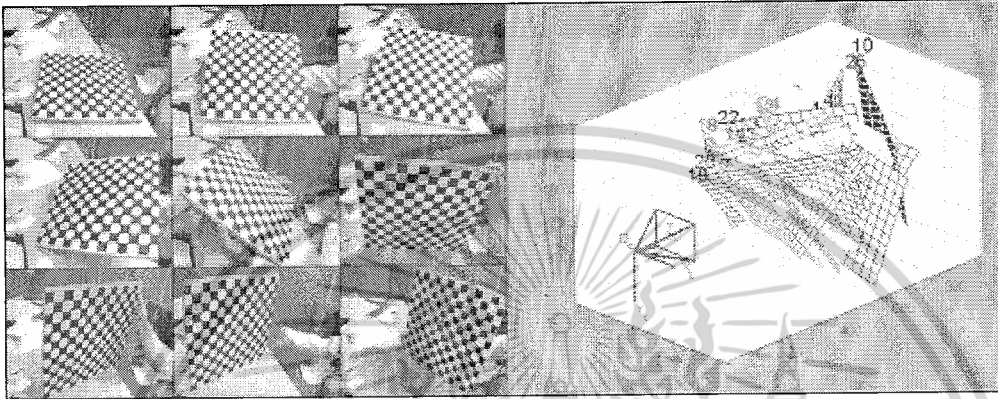
2.3.2 การตั้งค่ากล้อง(Camera Calibration)

เป็นการตรวจวัดเพื่อหาค่าตัวแปรจากกล้องเพื่อนำค่าตัวแปรไปใช้ในการทำสเตอริโอออปติค โดยปกติแล้วการติดตั้งกล้องในครั้งแรกก่อนทำการทดลองควรมีการตรวจสอบว่ากล้องนั้นมีตัวแปรต่างๆเป็นอย่างไร โดยตัวแปรของกล้องจะมีผลกับภาพและการคำนวณหาตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ หากมีการวางตำแหน่งกล้องที่ระนาบของภาพไม่ตั้งฉากกับพื้นหรือไม่สามารถทราบค่าตำแหน่งการวางกล้องที่แน่นอน จะต้องมีการหาค่าตัวแปรต่างๆที่จำเป็นเพื่อให้ทราบถึงตำแหน่งการวางกล้อง การหมุนของมุมกล้องตัวแปรที่จากกล้อง สามารถทำการแบ่งตัวแปรจากกล้องออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ค่าตัวแปรภายในกล้อง (Intrinsic parameters) ได้แก่
 - 1.1 ค่าความยาวโฟกัสของกล้อง (Focal length)
 - 1.2 จุดหลักสำคัญของกล้อง (Principal point)
 - 1.3 ค่าอัตราส่วนมุมระหว่างแกน X และแกน Y (Skew coefficient)
 - 1.4 ค่าความคลาดเคลื่อน (Distortions)
2. ค่าตัวแปรภายนอกของกล้อง (Extrinsic parameters) ได้แก่
 - 2.1 ค่าตัวแปรเมตริกการหมุน (rotation matrix)
 - 2.2 ค่าตัวแปรเมตริกการเปลี่ยนแปลงแกน (translation matrix)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าตัวแปรจากกล้องที่ใช้ในโครงการใช้เครื่องมือสำหรับการหาค่าตัวแปรจากกล้องด้วยโปรแกรมแมทแลป (Camera Calibration Toolbox for Matlab) ซึ่งใช้การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของเส้นตรงที่ทราบความยาวแน่นอน โดยนำเส้นตรงนั้นวางไว้ในตำแหน่งต่างๆและบันทึกภาพด้วยกล้องเว็บแคม จากนั้นนำการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของเส้นตรงมาคำนวณหาตัวแปรของกล้องเว็บแคม มีขั้นตอนการทำงานดังนี้



รูปที่ 2.24 การหาค่าตัวแปรของกล้องด้วยโปรแกรมแมทแลป

2.3.2.1 ติดตั้งกล้องเว็บแคม

ติดตั้งกล้องเว็บแคมไว้ในตำแหน่งต่างๆตามที่ได้ออกแบบไว้โดยวางกล้องให้ตำแหน่งและองศาของมุมกล้องเป็นไปตามที่ออกแบบไว้มากที่สุด

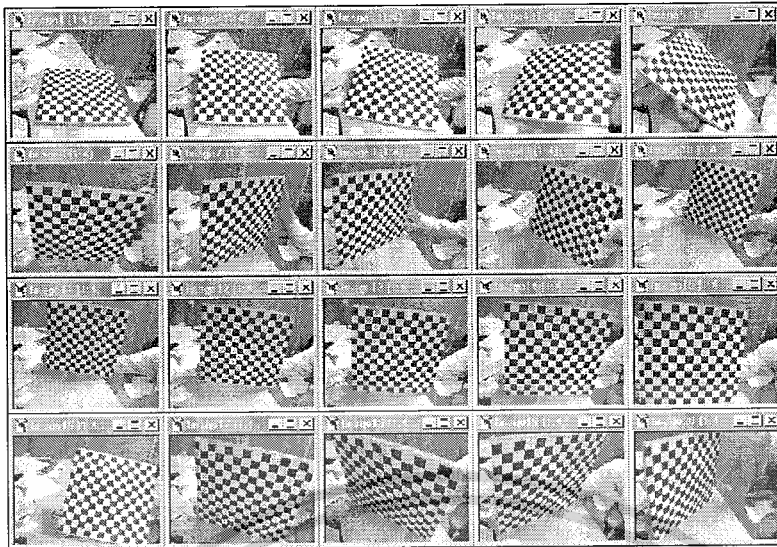
2.3.2.2 สร้างตารางหมากรุก

ขนาดและสีของตารางหมากรุกต้องมีความชัดเจนเมื่อบันทึกภาพตารางหมากรุกด้วยกล้องเว็บแคมที่ติดตั้งไว้ ซึ่งจะใช้นาฬิกาความยาวของตารางหมากรุกมาคำนวณ

2.3.2.3 บันทึกภาพตารางหมากรุก

บันทึกภาพจากกล้องเว็บแคมโดยย้ายตารางหมากรุกให้อยู่ในมุมมองต่างๆ โดยตารางหมากรุกจะต้องมีรายละเอียดชัดเจนและไม่ถูกบดบังในภาพ

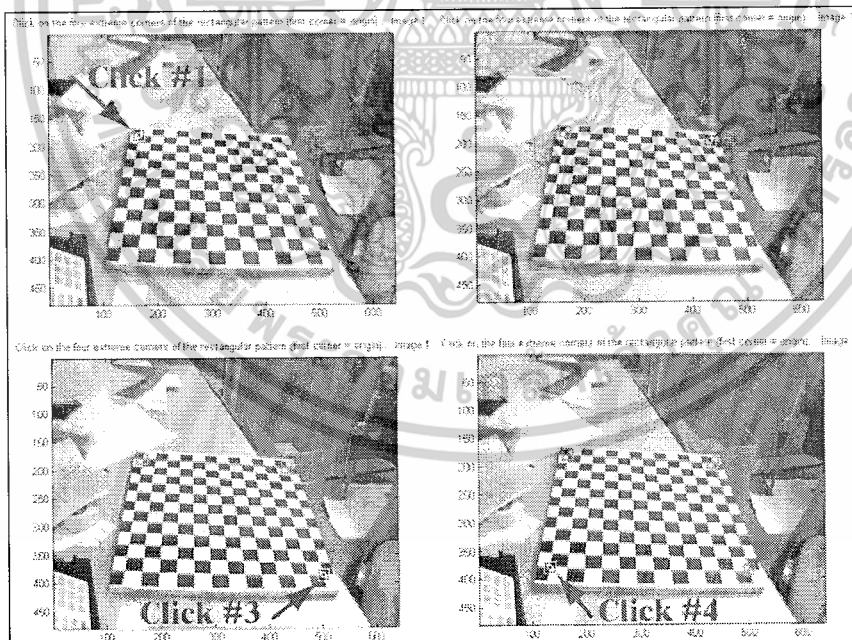
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 การติดตั้งตารางหมากรุกในมุมมองต่างๆ

2.3.2.4 นำภาพตารางหมากรุกไปคำนวณ

นำภาพที่ได้จากการบันทึกด้วยกล้องเว็บแคม ไปคำนวณ โดยกำหนดค่ารายละเอียดของตารางหมากรุกใน โปรแกรมแมทแลป และกำหนดจุดมุมทั้งสี่ด้านของตารางหมากรุกในภาพให้โปรแกรม



รูปที่ 2.26 การกำหนดรายละเอียดของตารางหมากรุกให้โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.5 นำผลลัพธ์ไปใช้ในการคำนวณ Stereopsis

ผลลัพธ์ที่ได้จากการหาค่าตัวแปรของกล้องจะเป็นค่าตัวแปรต่างๆที่จำเป็นในการคำนวณหาตำแหน่งจริงของจุดมาร์กเกอร์

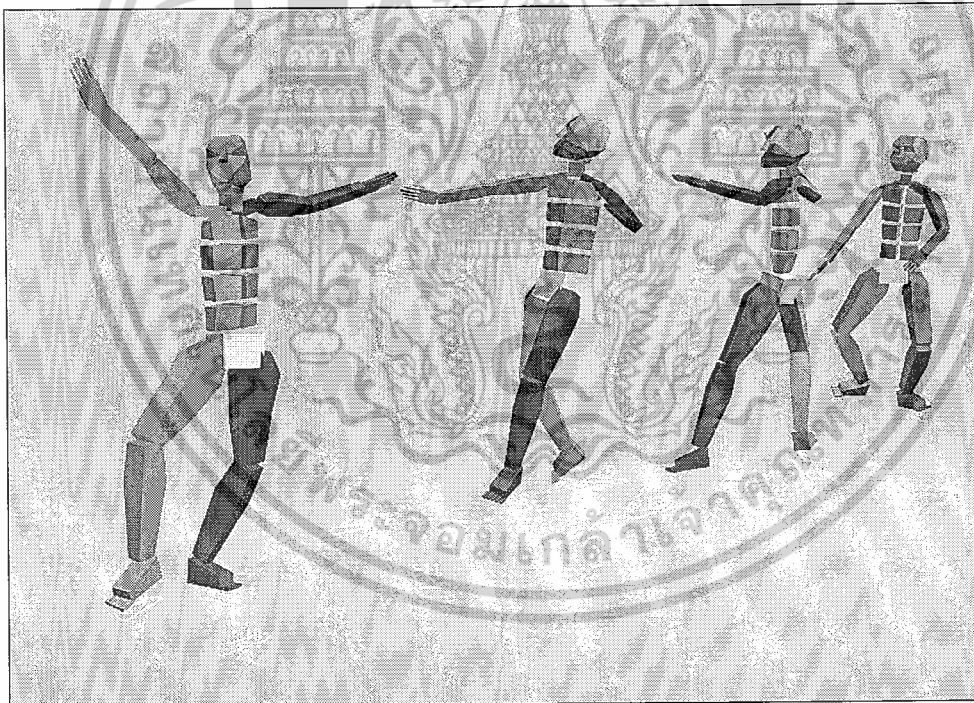
Calibration results after optimization (with uncertainties):

```
Focal Length:      fc = [ 458.60484  466.68215 ] ± [ 5.43660  7.60389 ]
Principal point:   cc = [ 122.97914  18.80351 ] ± [ 6.99746  9.96923 ]
Skew:             alpha_c = [ 0.00000 ] ± [ 0.00000 ] => angle of pixel axes
Distortion:       kc = [ -0.18118  0.14436  -0.02652  0.00328  0.00000 ]
Pixel error:      err = [ 0.31118  0.28615 ]
```

Note: The numerical errors are approximately three times the standard deviations

รูปที่ 2.27 ผลลัพธ์บางส่วนที่ได้จากการคำนวณหาตัวแปรจากกล้อง

2.4 ไฟล์ข้อมูลการเคลื่อนไหว (Motion Data File)



รูปที่ 2.28 ตัวอย่างการเคลื่อนไหวของโครงกระดูก

ไฟล์ข้อมูลการเคลื่อนไหว (Motion Data File) คือไฟล์ที่เก็บข้อมูลลักษณะการเคลื่อนไหวของโครงกระดูก (Skeleton) ซึ่งมีใช้งานอยู่ในโปรแกรมที่ใช้สร้างตัวละครแบบ 3 มิติทำให้ผู้สร้างงานแอนิเมชันไม่จำเป็นต้องสร้างลักษณะการเคลื่อนไหวของตัวละครในแต่ละเฟรมของการสร้าง

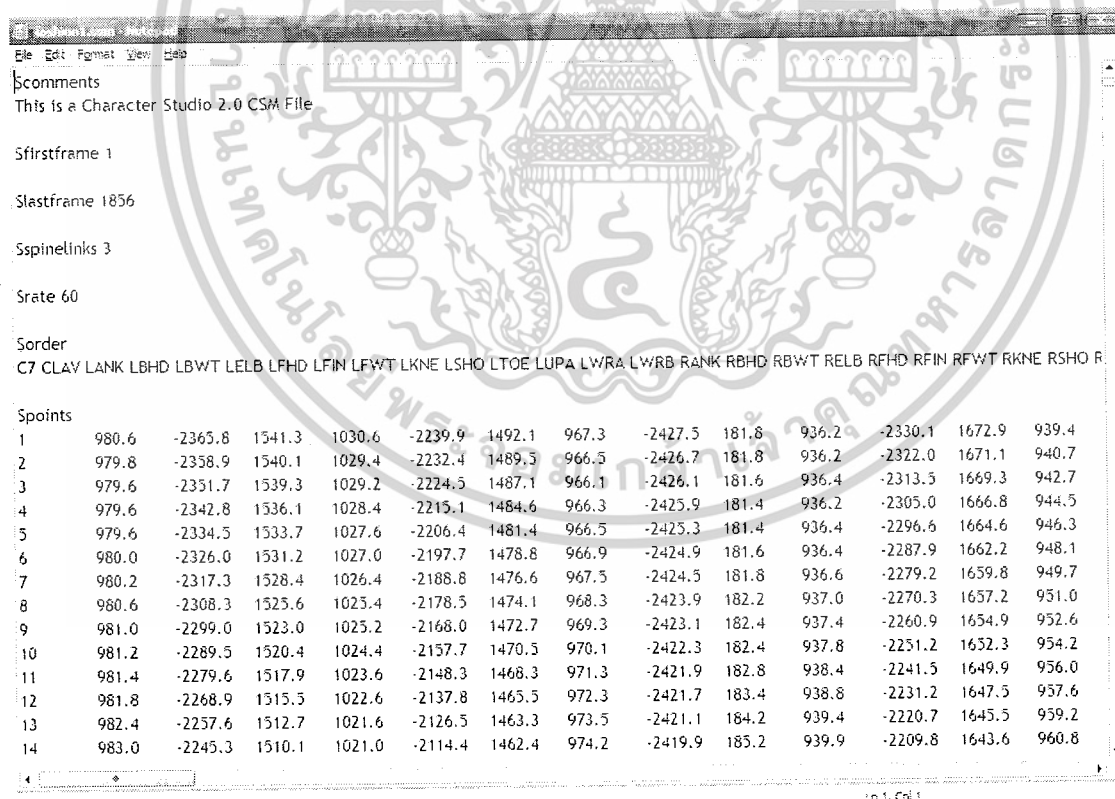
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอนิเมชันของตัวเอง แต่หันมาใช้ไฟล์ข้อมูลการเคลื่อนไหวมาช่วยในการสร้างการเคลื่อนไหวที่ต้องการ โดยการเก็บเอาลักษณะการเคลื่อนไหวจากคนหรือโมเดลที่มีรูปร่างใกล้เคียงกับตัวละคร 3 มิติที่สร้างขึ้น แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้นั้นไปใช้ในการกำหนดการเคลื่อนไหวของตัวละครอีกทีหนึ่ง ซึ่งจะทำให้สามารถสร้างการเคลื่อนไหวของตัวละครได้เร็วและยังมีความสมจริงมากขึ้นอีกด้วย

ไฟล์ข้อมูลที่ใช้มีโครงสร้างอยู่หลายรูปแบบด้วยกัน ซึ่งลักษณะโครงสร้างนั้นจะแตกต่างกัน แต่เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดได้แก่ไฟล์ซีเอสเอ็ม เนื่องจากไฟล์ซีเอสเอ็ม มีรูปแบบในการเก็บข้อมูลที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนและเป็นไฟล์มาตรฐานของซีเอสเอ็ม(CSM, Character Studio Motion) ซึ่งสามารถใช้งานได้โดยโปรแกรม 3ดี สตูดิโอ แม็กซ์ (3ds studio max)

2.4.1 ไฟล์ซีเอสเอ็ม

เป็นไฟล์ข้อมูลการเคลื่อนไหวที่เก็บตำแหน่งของจุดมาร์กเกอร์ใน 3 มิติ โดยเก็บอยู่ในรูปของ ASCII-based ภายในไฟล์จะเป็นข้อมูลชื่อของมาร์กเกอร์ ที่ติดตามตำแหน่งต่างๆของข้อต่อผู้แสดงและตำแหน่งของจุดมาร์กเกอร์ใน 3 มิติ ตัวอย่างในรูปแบบ



Comments
This is a Character Studio 2.0 CSM File

Sfirstframe 1

Slastframe 1856

Sspinlinks 3

Srate 60

Sorder
C7 CLAY LANK LBHD LBWT LELB LFHD LFIN LFWT LKNE LSHO LTOE LUPA LWRA LWRB RANK RBHD RBWT RELB RFHD RFIN RFWT RKNE RSHO R

Spoints

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|---------|--------|--------|---------|--------|-------|---------|-------|-------|---------|--------|-------|
| 1 | 980.6 | -2365.8 | 1541.3 | 1030.6 | -2239.9 | 1492.1 | 967.3 | -2427.5 | 181.8 | 936.2 | -2330.1 | 1672.9 | 939.4 |
| 2 | 979.8 | -2358.9 | 1540.1 | 1029.4 | -2232.4 | 1489.5 | 966.5 | -2426.7 | 181.8 | 936.2 | -2322.0 | 1671.1 | 940.7 |
| 3 | 979.6 | -2351.7 | 1539.3 | 1029.2 | -2224.5 | 1487.1 | 966.1 | -2426.1 | 181.6 | 936.4 | -2313.5 | 1669.3 | 942.7 |
| 4 | 979.6 | -2342.8 | 1536.1 | 1028.4 | -2215.1 | 1484.6 | 966.3 | -2425.9 | 181.4 | 936.2 | -2305.0 | 1666.8 | 944.5 |
| 5 | 979.6 | -2334.5 | 1533.7 | 1027.6 | -2206.4 | 1481.4 | 966.5 | -2425.3 | 181.4 | 936.4 | -2296.6 | 1664.6 | 946.3 |
| 6 | 980.0 | -2326.0 | 1531.2 | 1027.0 | -2197.7 | 1478.8 | 966.9 | -2424.9 | 181.6 | 936.4 | -2287.9 | 1662.2 | 948.1 |
| 7 | 980.2 | -2317.3 | 1528.4 | 1026.4 | -2188.8 | 1476.6 | 967.5 | -2424.5 | 181.8 | 936.6 | -2279.2 | 1659.8 | 949.7 |
| 8 | 980.6 | -2308.3 | 1525.6 | 1025.4 | -2178.5 | 1474.1 | 968.3 | -2423.9 | 182.2 | 937.0 | -2270.3 | 1657.2 | 951.0 |
| 9 | 981.0 | -2299.0 | 1523.0 | 1025.2 | -2168.0 | 1472.7 | 969.3 | -2423.1 | 182.4 | 937.4 | -2260.9 | 1654.9 | 952.6 |
| 10 | 981.2 | -2289.5 | 1520.4 | 1024.4 | -2157.7 | 1470.5 | 970.1 | -2422.3 | 182.4 | 937.8 | -2251.2 | 1652.3 | 954.2 |
| 11 | 981.4 | -2279.6 | 1517.9 | 1023.6 | -2148.3 | 1468.3 | 971.3 | -2421.9 | 182.8 | 938.4 | -2241.5 | 1649.9 | 956.0 |
| 12 | 981.8 | -2268.9 | 1515.5 | 1022.6 | -2137.8 | 1465.5 | 972.3 | -2421.7 | 183.4 | 938.8 | -2231.2 | 1647.5 | 957.6 |
| 13 | 982.4 | -2257.6 | 1512.7 | 1021.6 | -2126.5 | 1463.3 | 973.5 | -2421.1 | 184.2 | 939.4 | -2220.7 | 1645.5 | 959.2 |
| 14 | 983.0 | -2245.3 | 1510.1 | 1021.0 | -2114.4 | 1462.4 | 974.2 | -2419.9 | 185.2 | 939.9 | -2209.8 | 1643.6 | 960.8 |

เล 1, CSM 1

รูปที่ 2.29 ตัวอย่างไฟล์ข้อมูลการเคลื่อนไหวแบบซีเอสเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบในไฟล์ซีเอสเอ็มและความหมาย

| ส่วนประกอบของไฟล์ซีเอสเอ็ม | คำอธิบาย |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| -\$Date | วันที่ที่ไฟล์ถูกเขียน |
| -\$Time | เวลาที่ไฟล์ถูกเขียน |
| -\$Filename | ชื่อของไฟล์ข้อมูล |
| -\$Actor | ชื่อผู้แสดง |
| -\$comments | คำอธิบายต่างๆที่ต้องการใส่ไว้ในไฟล์ |
| -\$FirstFrame {number} | ลำดับเฟรมแรกของข้อมูล |
| -\$LastFrame {number} | ลำดับเฟรมสุดท้ายของข้อมูล |
| -\$Rate {number} | อัตราเร็วของเฟรมข้อมูล |
| -\$Order { name1 } {name2} {...} | ชื่อของจุดมาร์กเกอร์ที่ติดบริเวณตำแหน่งข้อต่อต่างๆของผู้แสดง |
| -\$Point {Frame number x y z x y z ...} | ตำแหน่งอ้างอิงของจุดมาร์กเกอร์ใน 3 โดยมีหมายเลขเฟรมกำกับด้านหน้า และมีลำดับเรียงตาม \$Order ที่ได้กำหนดไว้ด้านบน |

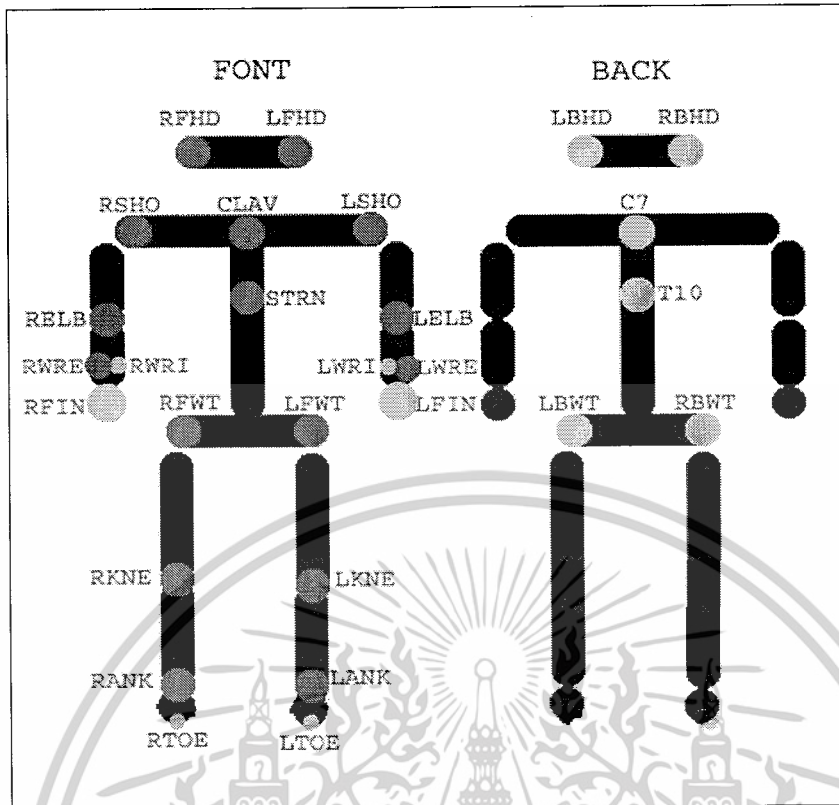
ข้อมูลที่ได้จากการแปลไฟล์ประเภทนี้จะไม่มีการกำหนดความสัมพันธ์ของจุดมาร์กเกอร์แต่ละตัว แต่ละอ่านและอ้างอิงค่าต่างๆตามลำดับที่ได้กำหนดไว้เท่านั้น จะไม่มีการเปลี่ยนอัตราส่วนของข้อมูลใดๆทั้งสิ้น โดยข้อมูลที่ใส่ไว้จะเป็นข้อมูลตำแหน่งจริงของจุดมาร์กเกอร์

2.4.2 การจำลองการเคลื่อนไหวโดยใช้ไฟล์ข้อมูลการเคลื่อนไหวแบบซีเอสเอ็ม

ในทางปฏิบัติแล้วนั้นผู้สร้างงานแอนิเมชันจะพบว่าการออกแบบการเคลื่อนไหวให้กับตัวละครโดยตรงทำได้ลำบากและกินเวลามาก จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะใช้การจำลองการเคลื่อนไหวของมนุษย์มาใส่ในตัวละครที่สร้างขึ้น ซึ่งทำให้เกิดความสะดวกในการออกแบบการเคลื่อนไหวให้กับตัวละครมากขึ้น ในโครงการจะนำข้อมูลการจำลองการเคลื่อนไหวมาเก็บในรูปแบบไฟล์ซีเอสเอ็ม โดยสามารถนำไฟล์ซีเอสเอ็มไปประยุกต์ใช้ในโปรแกรม 3ดี สตูดิโอ แม็กซ์ เพื่อออกแบบการเคลื่อนไหวให้กับตัวละครแอนิเมชัน

โปรแกรม 3ดี สตูดิโอ แม็กซ์ เวอร์ชัน 9.0 กำหนดให้ไฟล์ซีเอสเอ็มต้องมีการอ้างอิงตำแหน่งข้อต่อต่างๆทั้งสิ้นอย่างน้อย 28 จุดเพื่ออ้างอิงถึงตำแหน่งข้อต่อต่างๆของตัวละคร หากตำแหน่งของข้อต่อส่วนใดขาดหายไปโปรแกรม 3ดี สตูดิโอ แม็กซ์ จะถือว่าไฟล์นั้นไม่สมบูรณ์ โดยจุดอ้างอิงตำแหน่งข้อต่อต่างๆมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.30 ตำแหน่งจุดอ้างอิงข้อต่อบริเวณต่างๆ

ตารางที่ 2.4 รายละเอียดของจุดอ้างอิงทั้ง 26 จุด

| ชื่อ | ชื่อเต็ม | ตำแหน่งที่ติดตั้ง |
|------|-----------------------|-----------------------------|
| RFHD | Right Front Head | ศีรษะข้างหน้าด้านขวา |
| LFHD | Left Front Head | ศีรษะข้างหน้าด้านซ้าย |
| RSHO | Right Shoulder | หัวไหล่ด้านขวา |
| CLAV | Top Chest | กึ่งกลางหน้าอกด้านบนสุด |
| LSHO | Left Shoulder | หัวไหล่ซ้าย |
| RELB | Right Outer Elbow | ข้อศอกขวา |
| STRN | Center Chest | กลางลำตัว (บริเวณลิ้นปี่) |
| LELB | Left Outer Elbow | ข้อศอกซ้าย |
| RWRE | Right Waist Stick End | ข้อมือขวาด้านนอกลำตัว |
| LWRE | Left Waist Stick End | ข้อมือซ้ายด้านนอกลำตัว |
| RFWT | Right Front Waist | สะโพกข้างหน้าด้านขวา |
| LFWT | Left Front Waist | สะโพกข้างหน้าด้านซ้าย |
| RKNE | Right Outer Knee | เข่าข้างหน้าด้านขวา |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) รายละเอียดของจุดอ้างอิงทั้ง 26 จุด

| | | |
|------|------------------------|------------------------------|
| LKNE | Left Outer Knee | เข้าข้างหน้าด้านซ้าย |
| RANK | Right Outer Ankle | ข้อเท้าขวา |
| LANK | Left Outer Ankle | ข้อเท้าซ้าย |
| RWRI | Right Wrist Stick Base | ข้อมือขวาด้านในลำตัว |
| LWRI | Left Wrist Stick Base | ข้อมือซ้ายด้านในลำตัว |
| RFIN | Right Finger | มือขวา |
| LFIN | Left Finger | มือซ้าย |
| RBHD | Right Back Head | ศีรษะข้างหลังด้านขวา |
| LBHD | Left Back Head | ศีรษะข้างหลังด้านซ้าย |
| C7 | Top of Spine | กระดูกสันหลังด้านบน |
| T10 | Middle of Back | กระดูกสันหลังกลางลำตัว |
| RBWT | Right Back Waist | สะโพกด้านหลังขวา |
| LBWT | Left Back Waist | สะโพกด้านหลังซ้าย |
| RTOE | Right Toe | กึ่งกลางปลายเท้าขวาช้างหน้า |
| LTOE | Left Toe | กึ่งกลางปลายเท้าซ้ายช้างหน้า |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

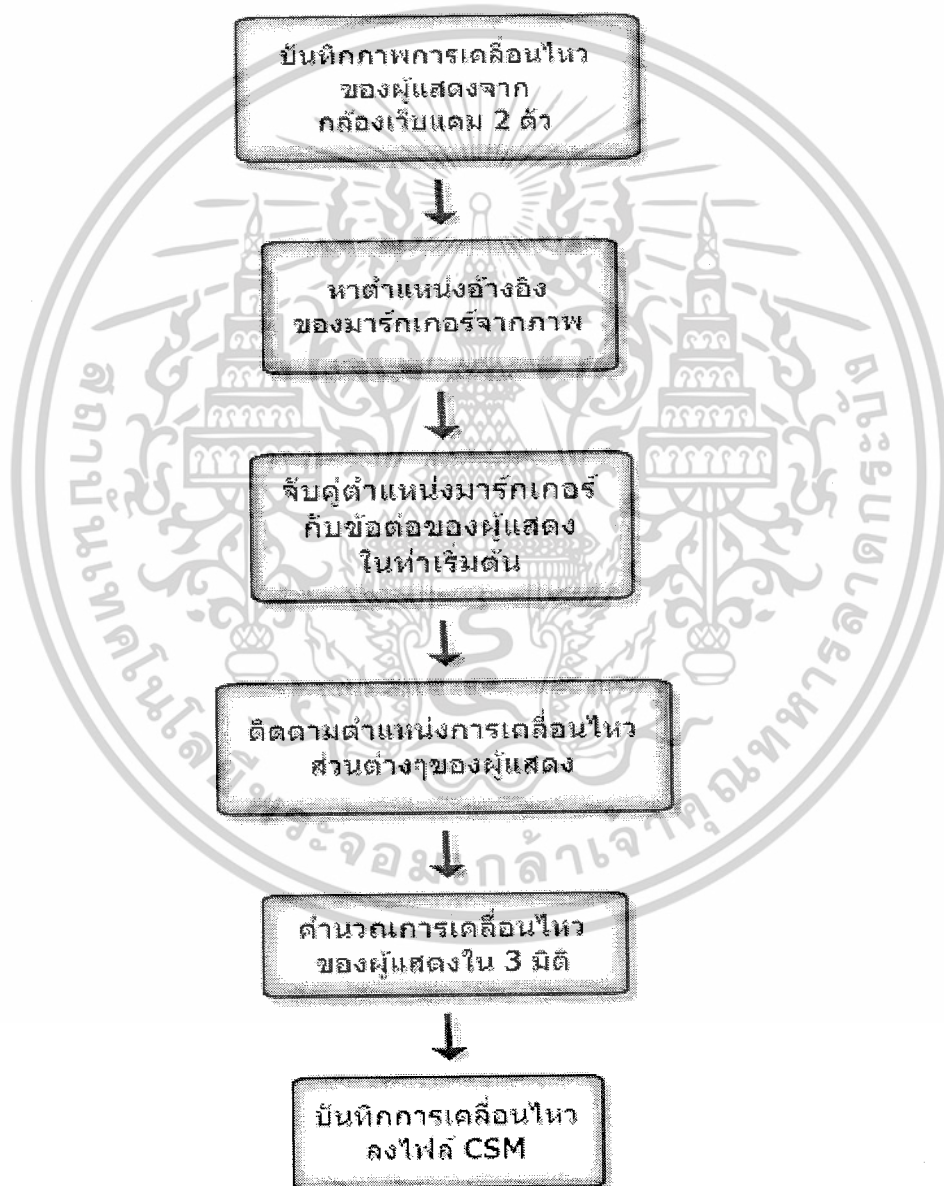
บทที่ 3

การออกแบบระบบ

3.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบจำลองการเคลื่อนไหว 3 มิติในโครงการสามารถแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ

ดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการทำงานของระบบจำลองการเคลื่อนไหว 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

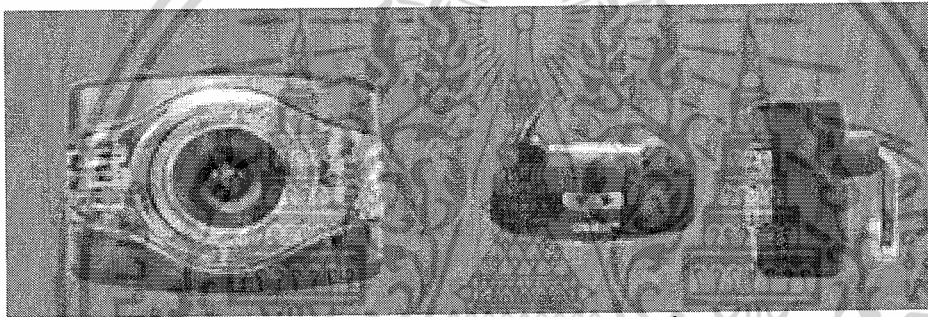
การทำงานของระบบจำลองการเคลื่อนไหว 3 มิติในแต่ละขั้นตอนสามารถอธิบายได้ดังนี้

3.2 การบันทึกภาพการเคลื่อนไหวของผู้แสดงจากกล้องเว็บแคม 2 ตัว

เป็นขั้นตอนการบันทึกภาพการเคลื่อนไหวของผู้แสดงด้วยกล้องเว็บแคม เพื่อนำภาพที่บันทึกการเคลื่อนไหวของผู้แสดงมาใช้วิเคราะห์การเคลื่อนไหวของผู้แสดง โดยนำกล้องเว็บแคม 2 ตัววางไว้ในตำแหน่งที่มีมุมมองของภาพต่างกันและทำการบันทึกการเคลื่อนไหว

3.2.1 การเลือกใช้อุปกรณ์เว็บแคม

กล้องเว็บแคมที่ใช้ในการบันทึกการเคลื่อนไหวของผู้แสดงควรใช้กล้องชนิดเดียวกัน รุ่นเดียวกัน เพื่อให้มีค่าพารามิเตอร์ของกล้องใกล้เคียงกันที่สุด โดยกล้องที่เลือกใช้ในโครงการนี้คือ กล้องเว็บแคมยี่ห้อ โอเคอร์ (OKER) รุ่น U208 ซึ่งมีรายละเอียดดังภาพ



รูปที่ 3.2 กล้องเว็บแคมที่ใช้ในระบบจำลองการเคลื่อนไหว 3 มิติ

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของกล้องเว็บแคมที่ใช้ในระบบจำลองการเคลื่อนไหว 3 มิติ

| คุณสมบัติ | รายละเอียด |
|-------------------|--------------------------|
| ยี่ห้อ | OKER |
| รุ่น | U208 |
| ความละเอียดของภาพ | 5.0 M pixels |
| ราคา | 500 baht |
| ความเร็ว | Up to 30 fps |
| การเชื่อมต่อ | usb1.1/2.0 |
| ระยะโฟกัส | 30mm-infinite |
| ความยาวโฟกัส | 50 mm |
| ระบบปฏิบัติการ | Windows 2000/ME/XP/Vista |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การจัดสภาพแวดล้อม

ในการจัดสภาพแวดล้อมเพื่อความเหมาะสมในการทำงานเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากแสงสว่างเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบกับการบันทึกภาพด้วยกล้องเว็บแคม หากมีแสงรบกวนมากหรือน้อยเกินไป จะทำให้ภาพที่ได้จากการบันทึกด้วยกล้องเว็บแคมสูญเสียรายละเอียดที่เป็นสีของมาร์กเกอร์ไป และทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการทำงานอย่างมาก ดังนั้นจึงมีการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมในการทำงานมากที่สุด

3.2.3 การติดตั้งกล้องเว็บแคม

มีรูปแบบการวางตำแหน่งกล้อง 2 ตัวในตำแหน่งที่ต่างกันดังรูป ในการเขียนโปรแกรมติดต่อกับกล้องเว็บแคมในโครงงานใช้ไลบรารี OpenCV



รูปที่ 3.3 การติดตั้งกล้องในระบบจำลองการเคลื่อนไหว 3 มิติ

3.3 การหาตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพ

เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพที่ได้จากการบันทึกการเคลื่อนไหวของผู้แสดงเพื่อหาตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพ โดยมาร์กเกอร์จะถูกติดตั้งบนร่างกายผู้แสดงตามบริเวณข้อต่อส่วนต่างๆ ซึ่งการเคลื่อนไหวของมาร์กเกอร์จะมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวข้อต่อส่วนต่างๆของร่างกายของผู้แสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

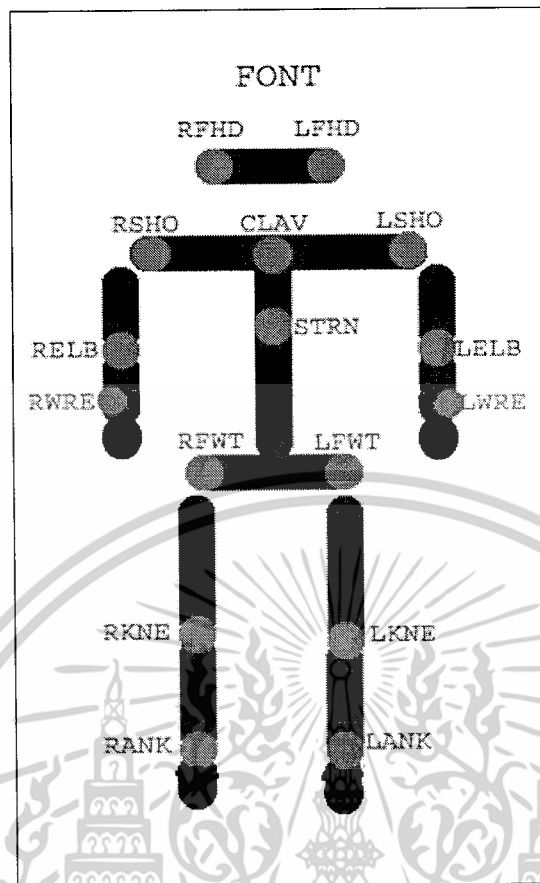
3.3.1 มาร์กเกอร์และผู้แสดง

ผู้แสดงนั้นเป็นส่วนหนึ่งในระบบจำลองการเคลื่อนไหว 3 มิติ การคัดเลือกผู้แสดงอาจจะต้องมีการเลือกผู้แสดงที่มีรูปร่างคล้ายคลึงกับตัวละครแอนิเมชัน 3 มิติซึ่งทำให้การเคลื่อนไหวของตัวละครสมจริงยิ่งขึ้น โดยผู้แสดงจะต้องสวมใส่ชุดสีดำแขนยาว ขาวยาวและมีการติดมาร์กเกอร์ที่เป็นลูกปิงปองสีแดงตามข้อต่อของร่างกายดังรูป โดยจุดสีแดงคือจุดที่จะติดมาร์กเกอร์ในโครงงานนี้



รูปที่ 3.4 ลูกปิงปองที่ใช้เป็นมาร์กเกอร์ในระบบตรวจจับการเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

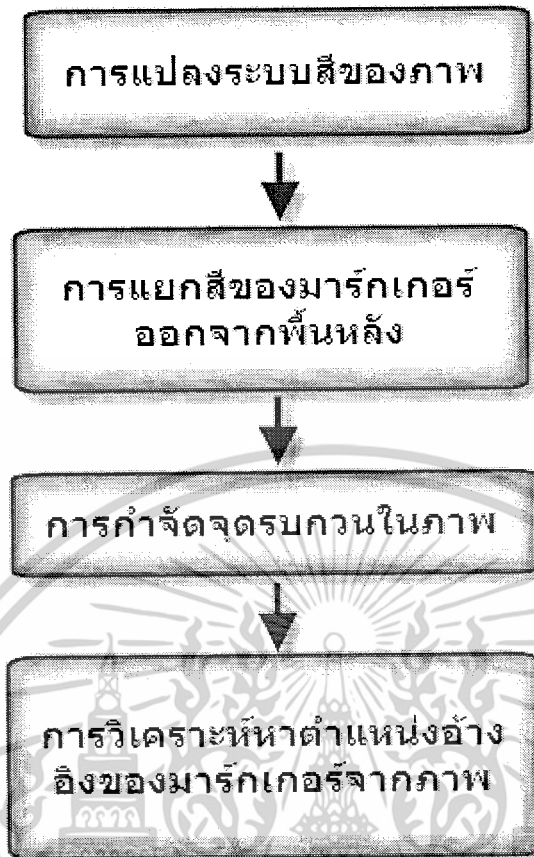


รูปที่ 3.5 ตำแหน่งของร่างกายที่ติดมาร์กเกอร์

3.3.2 การหาตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพ

หาตำแหน่งของมาร์กเกอร์แต่ละตัวที่อยู่ในภาพ ในการทำงานกับภาพในโครงการใช้ไลบรารี CImg โดยผลลัพธ์จะเป็นตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์ทุกตัวในภาพตามระบบพิกเซลโคออดิเนต ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังรูป

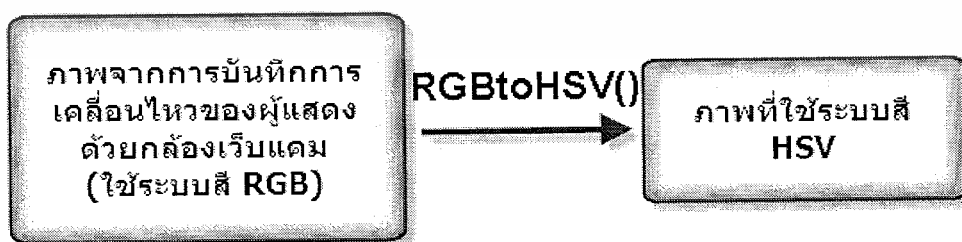
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แผนผังแสดงขั้นตอนการหาตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพ

3.3.2.1 การแปลงระบบสีของภาพ

นำภาพที่ได้จากการบันทึกการเคลื่อนไหวด้วยกล้องเว็บแคมที่ใช้ระบบสี RGB มาทำการแปลงระบบสีให้เป็นระบบสี HSV โปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหวในโครงการใช้ไลบรารี CImg ซึ่งเป็นไลบรารีที่ใช้ในการวิเคราะห์ภาพโดยสามารถเรียกใช้ฟังก์ชันในการแปลงระบบสีจาก RGB เป็นระบบสี HSV ได้

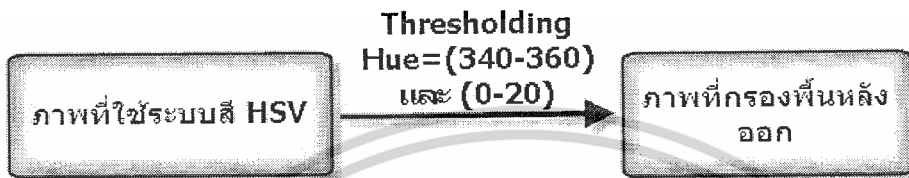


รูปที่ 3.7 แผนผังการแปลงระบบสีของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.2 การตัดแยกสีของมาร์กเกอร์ออกจากภาพ

ตัดรายละเอียดในภาพที่ไม่ใช่มาร์กเกอร์ออกไป โดยทำการวิเคราะห์จุดภาพทั้งหมดในภาพแล้วทำการตรวจสอบค่าสีของจุดภาพนั้น หากค่าสีของจุดภาพไม่อยู่ในช่วงของค่าสีที่ใช้ในการตรวจสอบจะถือว่าจุดภาพนั้นไม่ใช่จุดสีของมาร์กเกอร์ ค่าโทนสีของมาร์กเกอร์ที่ใช้ในโครงการคือโทนสีแดงของลูกปิงปองซึ่งสีแดงมีค่าโทนสีอยู่ในช่วงสี (340-360) และ (0-20)



รูปที่ 3.8 แผนผังการแยกสีของมาร์กเกอร์ออกจากภาพ

3.3.2.3 การกรองจุดรบกวนออกจากภาพ

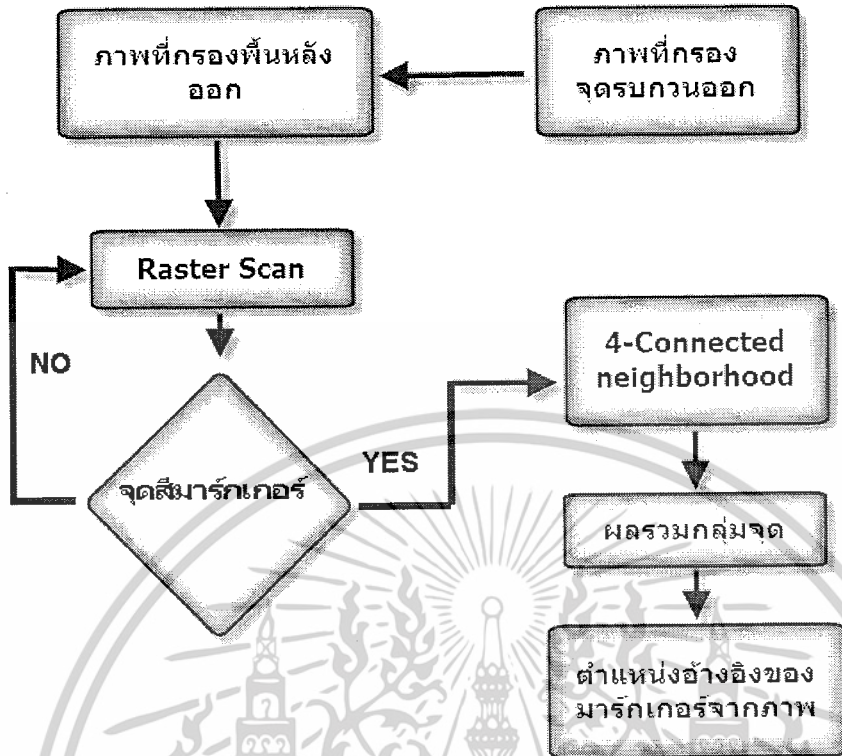
กรองจุดรบกวนออกจากภาพเพื่อให้รายละเอียดของภาพเหลือแต่กลุ่มจุดมาร์กเกอร์เท่านั้น โดยใช้ฟังก์ชันกรองจุดรบกวนด้วยวิธีการหาค่ากลางออกจากภาพในไลบรารี CImg



รูปที่ 3.9 แผนผังการกรองจุดรบกวนด้วยวิธีหาค่ากลาง

3.3.2.4 การวิเคราะห์หาตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพ

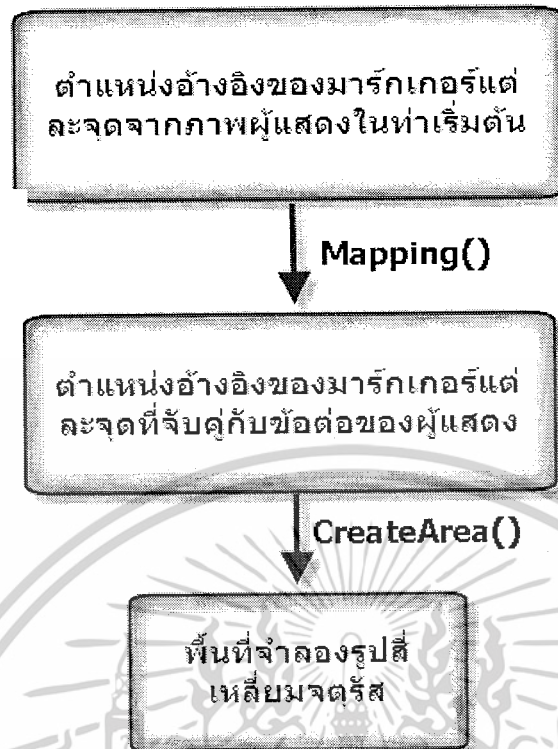
วิเคราะห์หากลุ่มจุดของมาร์กเกอร์เพื่อหาจุดศูนย์กลางของมาร์กเกอร์ด้วยวิธีการวนหาจุดมาร์กเกอร์ที่อยู่ข้างเคียงจนครบทั้งกลุ่มจุด แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยของกลุ่มจุดเพื่อใช้เป็นตำแหน่งจุดศูนย์กลางของมาร์กเกอร์



รูปที่ 3.10 แผนผังการทำงานในส่วนการวิเคราะห์หาตำแหน่งมาร์กเกอร์

3.4 การจับคู่ตำแหน่งมาร์กเกอร์กับข้อต่อของผู้แสดงในท่าเริ่มต้น

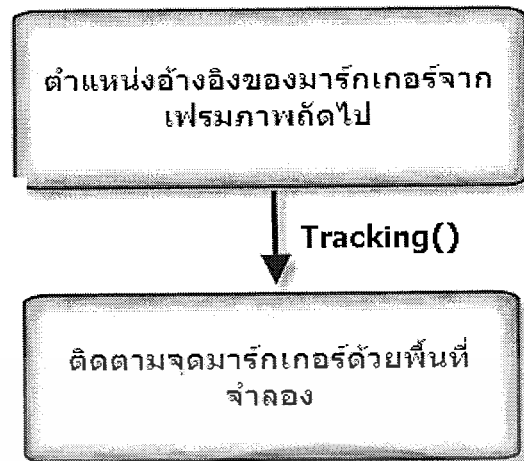
เป็นขั้นตอนการจับคู่ตำแหน่งมาร์กเกอร์ที่อ้างอิงในภาพกับข้อต่อของผู้แสดง เพื่อให้โปรแกรมสามารถวิเคราะห์ได้ว่าตำแหน่งของมาร์กเกอร์ในภาพเป็นมาร์กเกอร์ที่ติดอยู่บริเวณส่วนไหนของของร่างกายผู้แสดงและติดตามการเคลื่อนไหวโดยใช้แนวคิดการสร้างพื้นที่จำลอง



รูปที่ 3.11 แผนผังการทำงานในส่วนการจับคู่ตำแหน่งมาร์กเกอร์กับข้อต่อผู้แสดงในท่าเริ่มต้น

3.5 การติดตามการเคลื่อนไหวของผู้แสดง

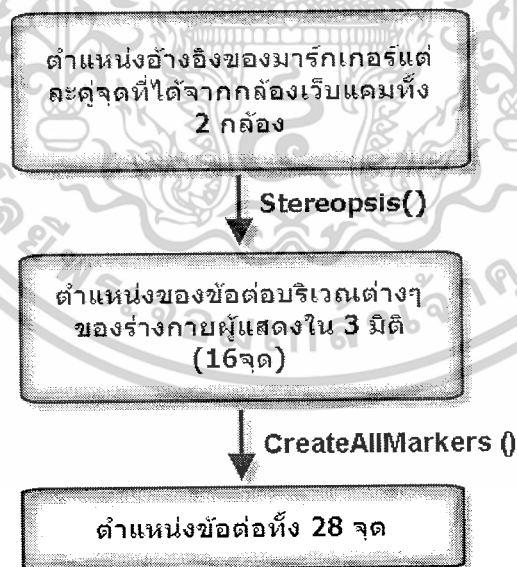
เป็นขั้นตอนการติดตามตำแหน่งการเคลื่อนไหวของข้อต่อส่วนต่างๆของผู้แสดง โดยนำการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของมาร์กเกอร์ที่ได้จากภาพมาอ้างอิงการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆของผู้แสดง โดยโปรแกรมจะทำการติดตามตำแหน่งของมาร์กเกอร์แต่ละจุดในภาพและตรวจสอบการเปลี่ยนตำแหน่งของมาร์กเกอร์ในทุกๆเฟรมการเคลื่อนไหวด้วยการใช้พื้นที่จำลองรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสซึ่งมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุดมาร์กเกอร์แต่ละจุด และเมื่อได้จุดมาร์กเกอร์จากเฟรมภาพถัดไป ก็จะนำพื้นที่จำลองที่ได้สร้างไว้มาค้นหาจุดจากเฟรมภาพถัดไป โดยจุดจากเฟรมภาพถัดไปจะยังคงอยู่ภายในพื้นที่จำลองแต่มีการเปลี่ยนตำแหน่งจากศูนย์กลางของพื้นที่จำลองเล็กน้อย เมื่อพบจุดมาร์กเกอร์ในเฟรมภาพถัดไปก็ย้ายจุดศูนย์กลางของพื้นที่จำลองไปยังจุดมาร์กเกอร์ในเฟรมภาพถัดไป



รูปที่ 3.12 แผนผังการทำงานในส่วนการติดตามการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆของผู้แสดง

3.6 การคำนวณการเคลื่อนไหวของผู้แสดงในสามมิติ

เป็นขั้นตอนการคำนวณหาการเคลื่อนไหวของผู้แสดงในสามมิติโดยอ้างอิงจากตำแหน่งของจุดมาร์กเกอร์จากภาพที่ได้จากกล้องเว็บแคมทั้งสองตัว เพื่อทำการคำนวณหาตำแหน่งการเคลื่อนไหวของข้อต่อที่ติดตามร่างกายผู้แสดงในสามมิติด้วยวิธีสเตอริโอพซีส และคำนวณจุดอ้างอิงของข้อต่อทั้งหมด



รูปที่ 3.13 แผนผังการทำงานในส่วนการติดตามการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆของผู้แสดง

โดยข้อต่อจุดที่ไม่ได้ทำการติดตั้งมาร์กเกอร์ที่เหลือสามารถคำนวณได้ดังนี้

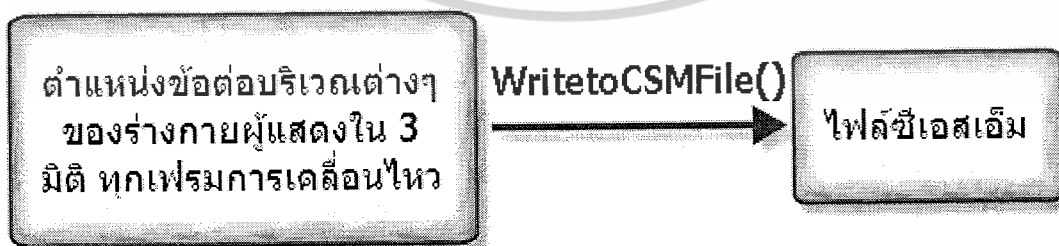
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 การคำนวณจุดข้อต่อที่ไม่ได้ติดตั้งมาร์กเกอร์

| ชื่อ | การคำนวณตำแหน่ง |
|------|------------------------------------------------------------------|
| C7 | อยู่ด้านหลังจุด CLAV 7.5 เซนติเมตร |
| T10 | อยู่ด้านหลังจุด STRN 12.5 เซนติเมตร |
| RWRI | อยู่ตำแหน่งเดียวกับ RWRE |
| LWRI | อยู่ตำแหน่งเดียวกับ LWRE |
| RFIN | อยู่ตำแหน่งเดียวกับ RWRE |
| LFIN | อยู่ตำแหน่งเดียวกับ LWRE |
| RBHD | อยู่ด้านหลังจุด RFHD 20 เซนติเมตร |
| LBHD | อยู่ด้านหลังจุด LFHD 20 เซนติเมตร |
| RBWT | อยู่ด้านหลังจุด RFWT 20 เซนติเมตร |
| LBWT | อยู่ด้านหลังจุด LFWT 20 เซนติเมตร |
| RTOE | อยู่ด้านหลังจุด RANK 20 เซนติเมตร และต่ำกว่าจุด RANK 4 เซนติเมตร |
| LTOE | อยู่ด้านหลังจุด LANK 20 เซนติเมตร และต่ำกว่าจุด LANK 4 เซนติเมตร |

3.7 การบันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหวลงไฟล์ซีเอสเอ็ม

เป็นขั้นตอนการบันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหวของผู้แสดงลงไฟล์ซีเอสเอ็มเพื่อนำไฟล์ซีเอสเอ็มไปใช้สร้างการเคลื่อนไหวให้กับตัวละครแอนิเมชัน 3 มิติต่อไป โดยการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนไหวของข้อต่อที่ติดตามร่างกายผู้แสดงใน 3 มิติมาบันทึกการเคลื่อนไหวลงไฟล์ซีเอสเอ็มทุกๆเฟรมการเคลื่อนไหว



รูปที่ 3.14 แผนผังการทำงานในส่วนการบันทึกการเคลื่อนไหวลงไฟล์ซีเอสเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

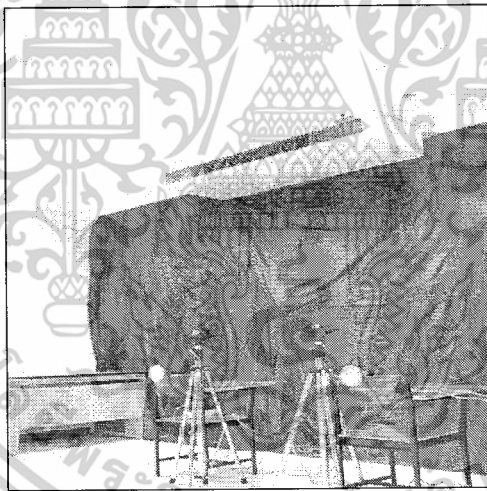
ผลการทดสอบระบบ

ในบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลการทดสอบระบบจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติที่ได้ ออกแบบและทำการทดลอง โดยจะนำเสนอผลการทดสอบระบบเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1 การทดสอบการบันทึกภาพการเคลื่อนไหวของผู้แสดง

4.1.1 รูปแบบของห้องที่ใช้ทำการทดสอบระบบ

ห้องที่นำมาใช้ในการทดสอบระบบการจำลองการเคลื่อนไหวนี้เป็นห้องสี่เหลี่ยม ขนาด $6.0 \times 5.0 \times 2.65$ เมตร ผนังของห้องและเพดานทาสีขาว มีการติดตั้งหลอดไฟแบบฟลูออเรสเซนต์ บนเพดาน ผนังด้านที่มีการติดตั้งกล้องเว็บแคมนั้น ทำการติดตั้งม่านกันแสง เพื่อกันแสงรบกวน จากภายนอก

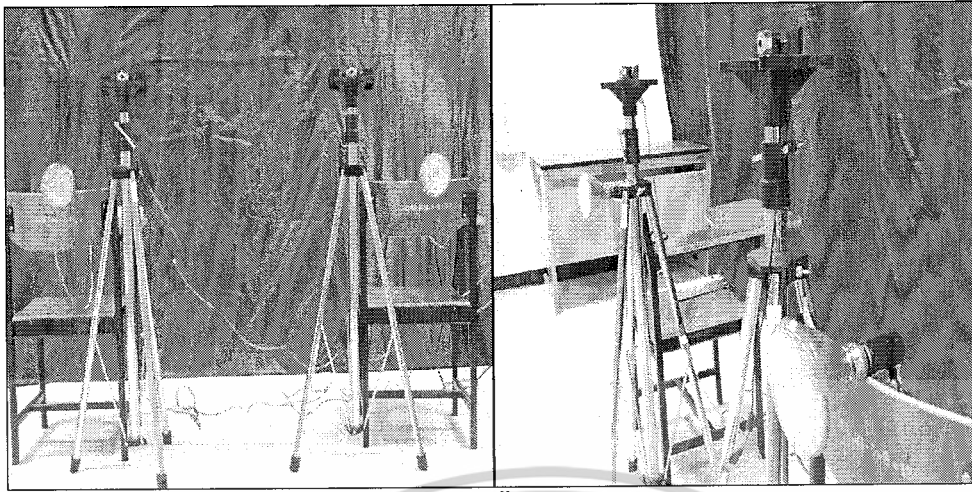


รูปที่ 4.1 การจัดห้องสำหรับระบบจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติ

4.1.2 การติดตั้งกล้องเว็บแคม

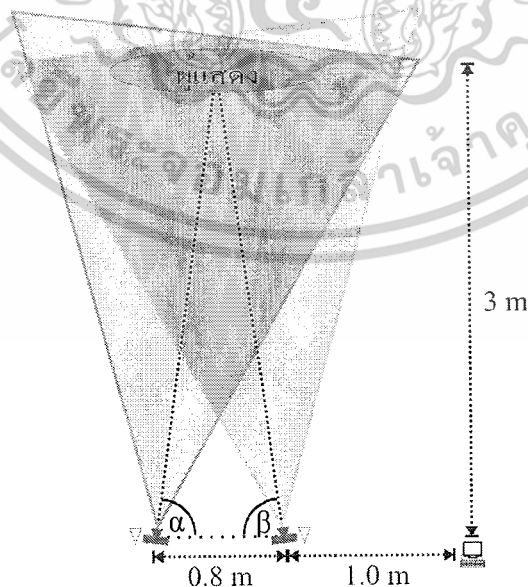
ทดสอบการติดตั้งกล้องเว็บแคมโดยวางตำแหน่งกล้องตามที่ได้ออกแบบไว้และทดสอบ การถ่ายภาพด้วยกล้องเว็บแคมทั้งสองกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การติดตั้งกล้องเว็บแคม

การติดตั้งกล้องเว็บแคมต้องใช้ความละเอียดในการปรับมุมมองและตำแหน่งของกล้อง กล้องเว็บแคมที่ใช้ในโครงการเป็นกล้องแบบมีที่หนีบและไม่สามารถเลื่อนมุมมองจากกล้องได้ จึงต้องนำขาตั้งกล้องและแกนหนีบกล้องเพื่อให้กล้องมีความนิ่งและมีตำแหน่งการวางกล้องที่แม่นยำในระดับหนึ่ง จากรูปที่ 4.2 กล้องตัวที่หนึ่งคือกล้องด้านขวาในรูป กล้องตัวที่สองคือกล้องด้านซ้ายในรูป โดยการติดตั้งกล้องนั้นจะมีความสูง 1.10 เมตร จากพื้น มีรูปแบบการวางตำแหน่งกล้อง 2 ตัวในตำแหน่งที่ต่างกันดังรูปโดยมุม α และ β มีค่า 82.4 องศา ระยะห่างระหว่างกล้องคือ 0.80 เมตร ห่างจากผู้แสดงเป็นระยะ 3 เมตร สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ นั้น จะอยู่ห่างจากกล้องตัวที่ 2 ไป 1.0 เมตร จุดสีเหลืองคือไฟสปอตไลท์ตั้งไว้แนวเดียวกับแนวกล้องห่างไป 0.24 เมตร ดังรูปที่ 4.3



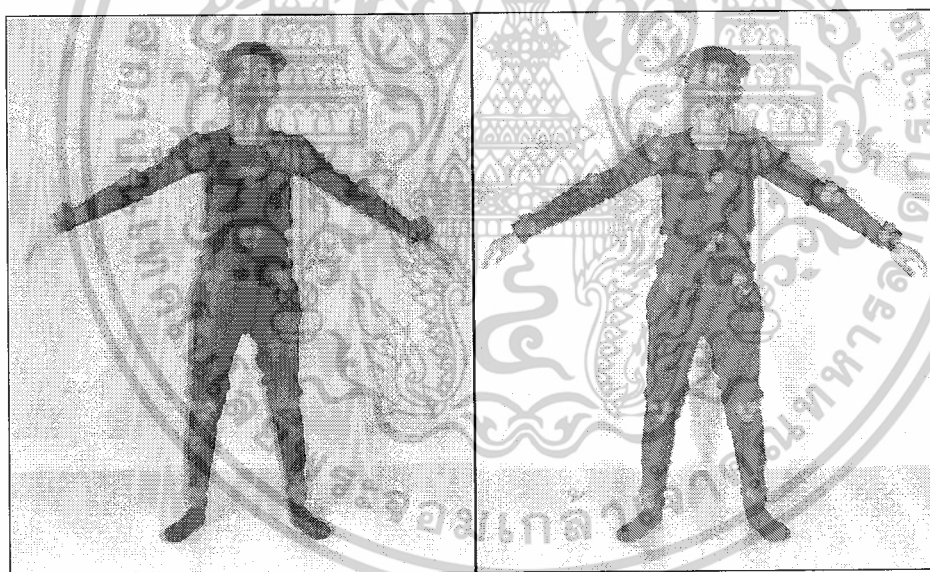
รูปที่ 4.3 ตำแหน่งการติดตั้งกล้องในระบบจำลองการเคลื่อนไหว 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบการถ่ายภาพด้วยกล้องเว็บแคม พบว่ามุมการฉายภาพจากกล้องเว็บแคมจะแคบกว่ากล้องถ่ายรูปทั่วไป ทำให้การวางตำแหน่งกล้องไม่สามารถวางได้หลากหลายมากนัก การย้ายตำแหน่งกล้องจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม ยังมีกล้องหลายตัวการจัดสภาพแวดล้อมจะมีความซับซ้อนมากขึ้น

4.1.3 การให้แสงในระบบ

จากการทดลองจัดสภาพแวดล้อมในหลายๆรูปแบบพบว่าสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการทำงาน คือสภาพแวดล้อมที่สามารถควบคุมแสงสว่างภายในห้องได้ จึงใช้แสงจากแหล่งกำเนิดที่ทราบทิศทางเพื่อให้สามารถมองเห็นมาร์กเกอร์บนตัวผู้แสดง ได้ชัดเจน ในการทดสอบได้ใช้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และแสงสปอตไลท์โดยแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ให้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.4 (ก) ความสว่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ยังไม่เพียงพอในการมองเห็นจุดมาร์กเกอร์ของผู้แสดงที่ชัดเจนจึงได้ทดลองใช้สปอตไลท์เพิ่มความสว่างให้กับภาพดังรูปที่ 4.4 (ข) โดยหลอดฟลูออเรสเซนต์ถูกติดตั้งบนเพดานบริเวณกลางห้องทั้งสองฝั่ง สปอตไลท์ถูกติดตั้งอยู่ข้างกล้องเว็บแคมและฉายตรงไปยังผู้แสดงเพื่อเพิ่มความสว่างให้จุดมาร์กเกอร์มีสีชัดเจนมากขึ้น



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.4

(ก) ภาพผู้แสดงเมื่อใช้แสงไฟจากหลอดฟลูออเรสเซนต์

(ข) ภาพผู้แสดงเมื่อใช้แสงไฟจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และไฟสปอตไลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 คุณลักษณะและตำแหน่งเครื่องคอมพิวเตอร์

โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้ในการบันทึกภาพและประมวลผลข้อมูลให้กับระบบจำลอง การเคลื่อนไหวนั้นจะตั้งอยู่ห่างจากกล้องตัวที่ 2 เป็นระยะ 1.0 เมตรทางด้านขวา ดังรูปที่ 4.3 และมีคุณลักษณะดังนี้

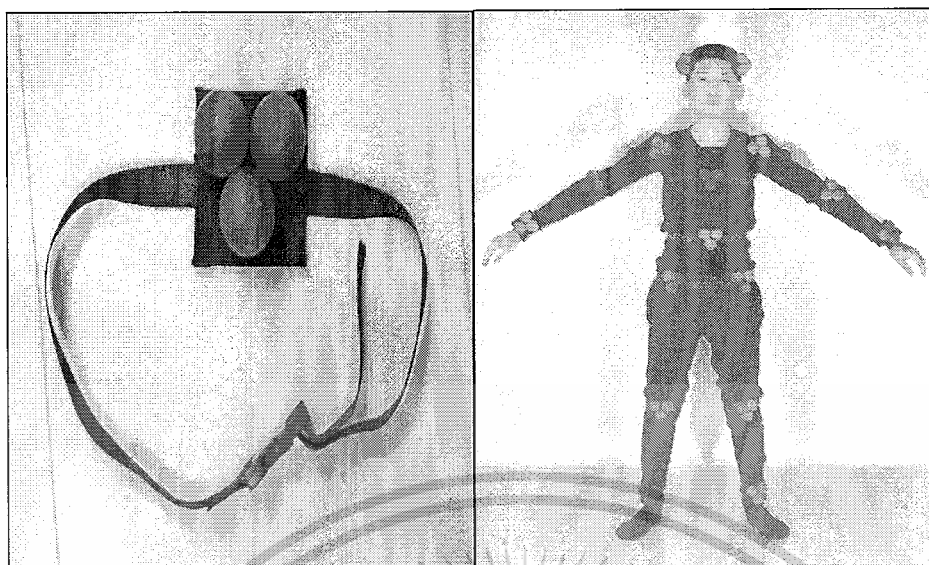
ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะของเครื่องคอมพิวเตอร์

| | |
|------------------------|----------------------------------------|
| ระบบปฏิบัติการ | Windows XP Professional service pack 3 |
| หน่วยประมวลผล | Intel(R) Core(TM)2 Duo T7500 2.2GHz |
| หน่วยความจำ | 2.00 GB RAM |
| พื้นที่สำรองในฮาร์ดดิส | 1.00 GB |

4.1.5 ชุดผู้แสดงและมาร์กเกอร์

ชุดที่ผู้แสดงทำการสวมใส่นั้นจะเป็นชุดดำทั้งชุด แขนยาว ขาวยาว ผ้าไม่สะท้อนแสง เป็นชุดเข้ารูป ใส่งู่งเท้าดำ ไม่สะท้อนแสงเช่นเดียวกัน ดังรูปที่ 4.5 (ก) ในส่วนของมาร์กเกอร์นั้นนำลูกปิงปองทาสีแดงและติดตั้งสายรัดให้กับลูกปิงปองเพื่อให้สามารถนำลูกปิงปองไปใช้เป็นมาร์กเกอร์ที่ติดตามบริเวณข้อต่อของผู้แสดงได้ง่ายและสะดวกในการใช้งาน ในการทดสอบพบว่าลูกปิงปองมีขนาดเล็กเกินไปเมื่อทำการเคลื่อนไหวนแล้วจุดมาร์กเกอร์จะหายไปจากภาพได้ง่าย เพื่อให้จุดมาร์กเกอร์ชัดเจนขึ้นจึงได้ใช้ลูกปิงปองสามลูกแทนจุดมาร์กเกอร์หนึ่งจุดมีลักษณะดังรูปที่ 4.5 (ข) และนำมาร์กเกอร์ไปติดตั้งตามบริเวณข้อต่อส่วนต่างๆของผู้แสดงตามที่ได้ออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.5

(ก) มาร์กเกอร์ที่ใช้ลู่วิ่งป้องกันแสง

(ข) ผู้แสดงเมื่อติดตั้งมาร์กเกอร์บริเวณข้อต่อต่างๆ

4.2 การทดสอบหาตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพ

4.2.1 การวิเคราะห์หาตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพ

ทดสอบโปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติโดยทำการบันทึกภาพของผู้แสดงด้วยกล้องเว็บแคมทั้งสองกล้องพร้อมกันและวิเคราะห์หาตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพ



(ก)

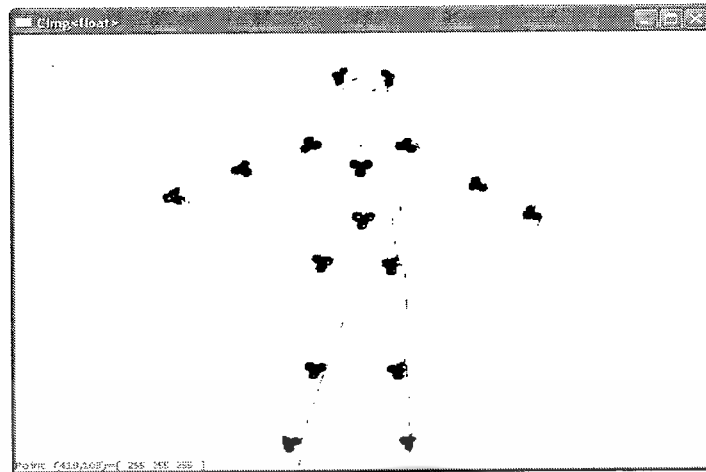
(ข)

รูปที่ 4.6

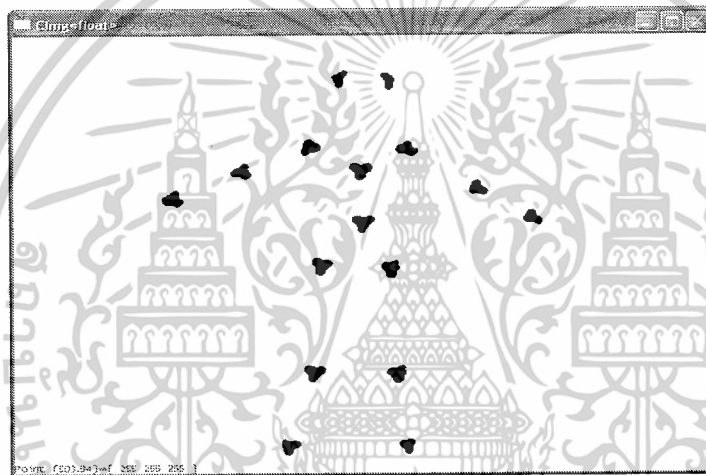
(ก) ภาพผู้แสดงจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง

(ข) ภาพผู้แสดงจากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ภาพจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่งเมื่อทำการกัดแยกจุดมาร์กเกอร์



รูปที่ 4.8 ภาพจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่งเมื่อทำการกรองจุดรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

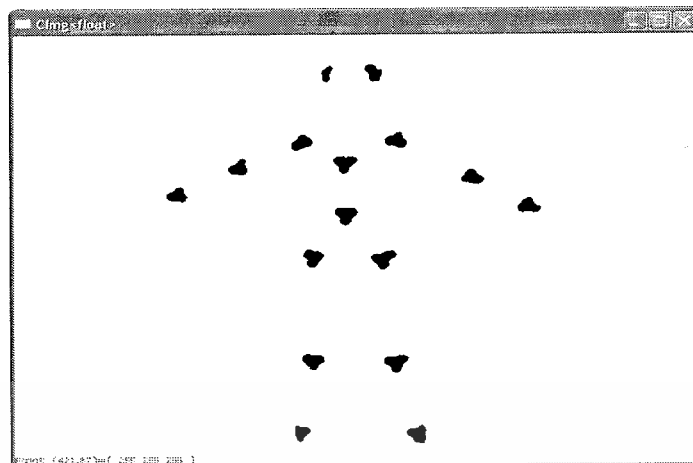
ตารางที่ 4.2 ตำแหน่งของจุดมาร์กเกอร์ในภาพจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง

| จำนวนจุดในกลุ่ม จุด (pixels) | จุดอ้างอิงแกน X (pixels) | จุดอ้างอิงแกน Y(pixels) |
|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 165 | 229.836 | 47.0485 |
| 160 | 344.419 | 49.2062 |
| 227 | 272.225 | 122.59 |
| 222 | 361.104 | 124.527 |
| 218 | 208.872 | 149.183 |
| 264 | 318.894 | 147.564 |
| 197 | 425.569 | 168.051 |
| 237 | 144.819 | 179.118 |
| 200 | 475.345 | 200.62 |
| 255 | 320.427 | 205.122 |
| 258 | 282.38 | 252.453 |
| 240 | 346.171 | 255.971 |
| 256 | 275.27 | 369.668 |
| 241 | 351.585 | 371.232 |
| 218 | 252.261 | 450.72 |
| 175 | 360.531 | 450.052 |



รูปที่ 4.9 ภาพจากกล้องเว็บแคมตัวที่สองเมื่อทำการตัดแยกจุดมาร์กเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ภาพจากกล้องเว็บแคมตัวที่สองเมื่อทำการกรองจุดรบกวน

ตารางที่ 4.3 ตำแหน่งของจุดมาร์กเกอร์ในภาพจากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง

| จำนวนจุดในกลุ่มจุด (pixels) | จุดอ้างอิงแกน X (pixels) | จุดอ้างอิงแกน Y (pixels) |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 217 | 336.138 | 42.4101 |
| 124 | 292.645 | 43.3629 |
| 254 | 357.362 | 118.425 |
| 238 | 269.008 | 120.655 |
| 291 | 309.292 | 143.45 |
| 225 | 209.631 | 148.56 |
| 249 | 428.161 | 159.936 |
| 220 | 151.527 | 179.005 |
| 250 | 480.12 | 192.308 |
| 294 | 310.146 | 201.476 |
| 258 | 279.267 | 248.938 |
| 316 | 344.845 | 250.715 |
| 259 | 278.792 | 364.228 |
| 290 | 356.517 | 366.134 |
| 260 | 376.204 | 446.242 |
| 181 | 267.724 | 444.149 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

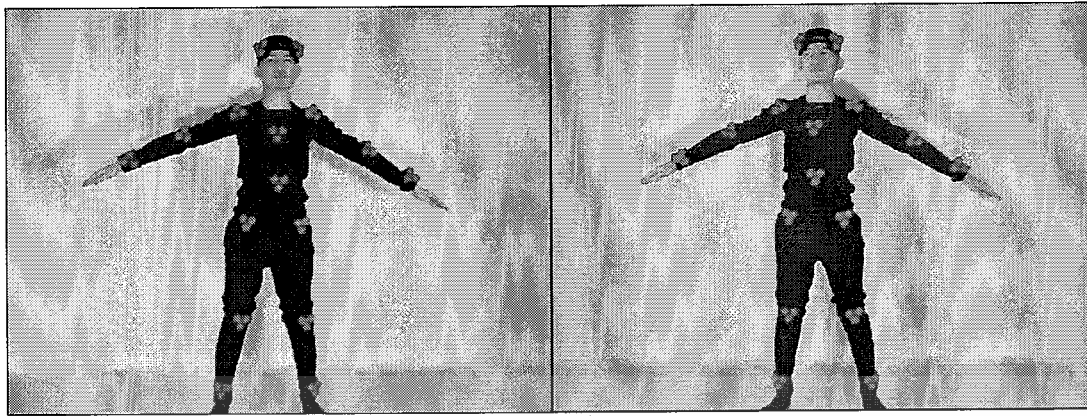
การทดสอบการหาตำแหน่งของจุดมาร์กเกอร์ในภาพที่ได้จากการบันทึกภาพด้วยกล้องเว็บแคมทั้งสองตัว เมื่อกำหนดตำแหน่งของกล้องที่แน่นอนและปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมผลลัพธ์ที่ได้จึงใกล้เคียงกับตำแหน่งอ้างอิงมาร์กเกอร์ในรูป จูครบถ้วนในภาพมีขนาดเล็กมากจึงกำจัดได้ทั้งหมด แต่เนื่องจากภาพที่ใช้ในการทำงานมีขนาดใหญ่ (640 × 480 pixels) ทำให้การประมวลผลภาพใช้เวลาพอสมควร จึงไม่สามารถบันทึกการเคลื่อนไหวพร้อมๆกับประมวลผลได้ โดยโปรแกรมจะเก็บภาพการเคลื่อนไหวทั้งหมดก่อนแล้วจึงนำภาพทั้งหมดมาประมวลผล

4.3 การทดสอบการจับคู่ตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์กับข้อต่อผู้แสดงในท่าเริ่มต้น

ทดสอบการจัดวางท่าเริ่มต้นให้กับผู้แสดงด้วยท่ายืนกางแขน โดยให้ผู้แสดงยืนกางแขนในเฟรมแรกของการบันทึกการเคลื่อนไหว

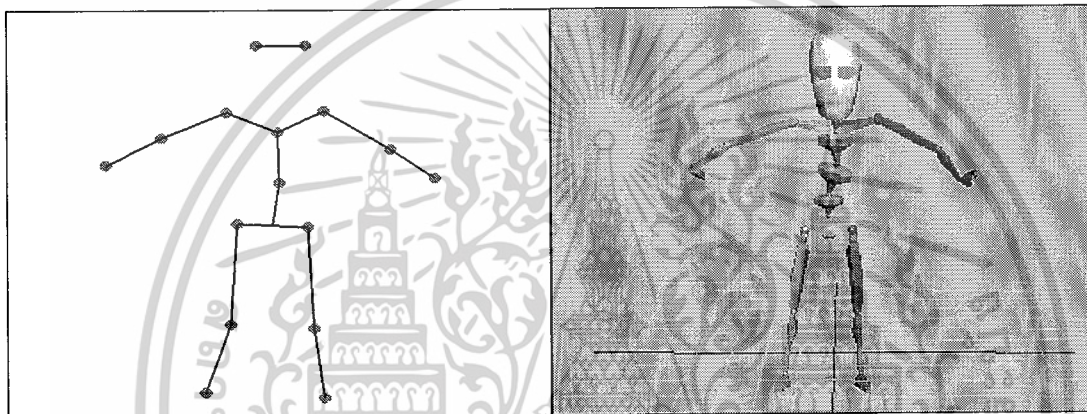


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)



(ค)

(ง)

รูปที่ 4.11

- (ก) ภาพผู้แสดงเมื่อจัดวางท่าเริ่มต้นจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง
 (ข) ภาพผู้แสดงเมื่อจัดวางท่าเริ่มต้นจากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง
 (ค) ตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ในท่าเริ่มต้นของผู้แสดง
 (ง) ทำทางของโครงกระดูกสำเร็จรูปที่นำไฟล์ข้อมูลไปใช้งาน

จากการทดสอบการจัดวางท่าเริ่มต้นให้กับผู้แสดงด้วยทำیینกวางแขนพบว่าทำیینกวางแขนมีความเหมาะสมในการใช้เป็นท่าเริ่มต้น เนื่องจากตำแหน่งมาร์กเกอร์ของแต่ละส่วนอยู่ไม่ใกล้กันมากนักทำให้โปรแกรมสามารถแยกแยะมาร์กเกอร์แต่ละจุดได้ว่าเป็นมาร์กเกอร์ที่ติดบริเวณส่วนไหนของร่างกายผู้แสดง โดยสามารถแสดงผลตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ในท่าเริ่มต้นของผู้แสดง ดังรูป 4.11 (ค) และสามารถบันทึกข้อมูลลงไฟล์ซีเอสเอ็มและนำไฟล์ข้อมูลซีเอสเอ็มไปใช้ในงานสร้างตัวละครแอนิเมชันได้ดังรูป 4.11 (ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

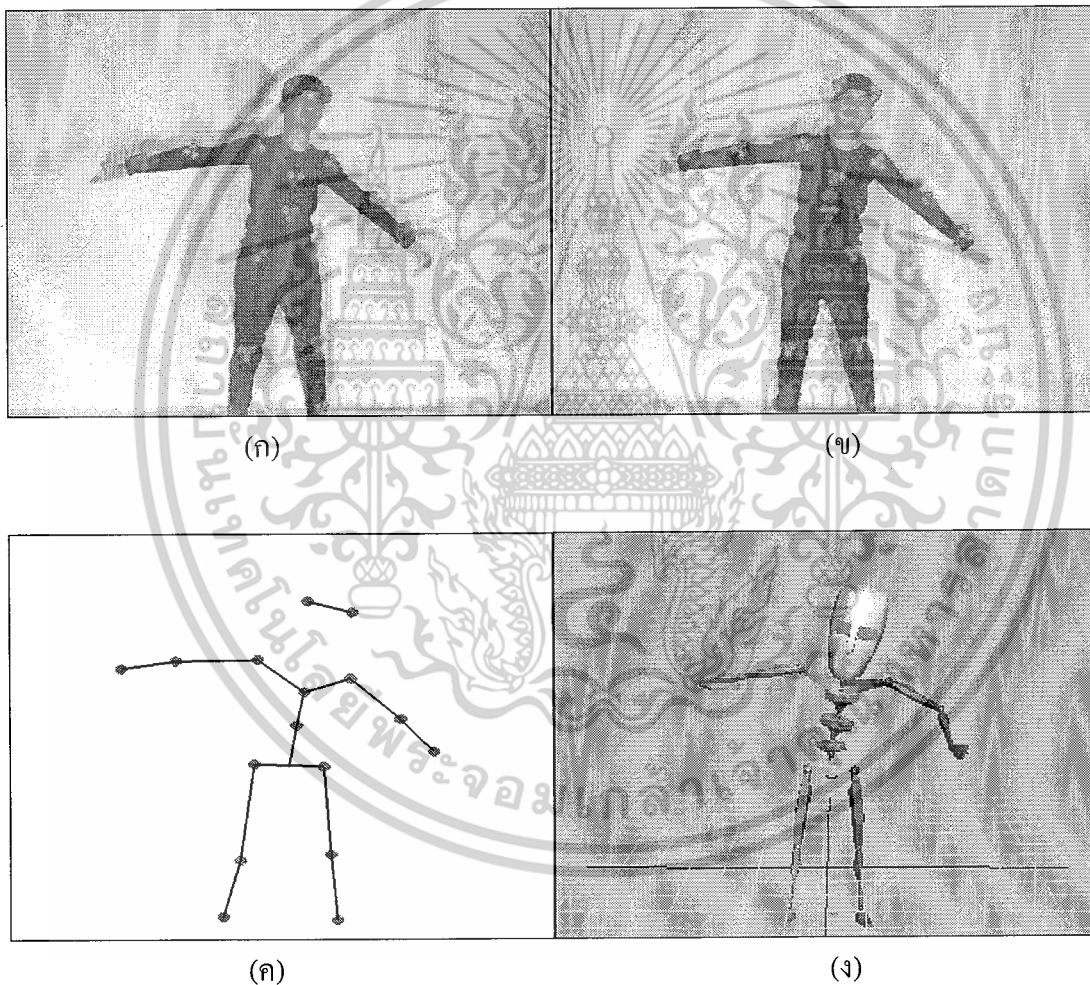
4.4 การทดสอบการจำลองการเคลื่อนไหวของผู้แสดงในสามมิติ

ทดสอบการจำลองการเคลื่อนไหวของผู้แสดงในสามมิติ โดยทำการบันทึกการเคลื่อนไหวของผู้แสดง ในเฟรมแรกของการเคลื่อนไหวผู้แสดงจะอยู่ในท่าเริ่มต้นและในเฟรมต่อไปให้ผู้แสดงทำการเคลื่อนไหวในท่าทางต่างๆจนจบเฟรม

4.4.1 การเคลื่อนไหวของผู้แสดงด้วยท่าทางการเคลื่อนไหวที่ไม่ซับซ้อน

ในการทดสอบส่วนนี้เป็นการเคลื่อนไหวที่ไม่ซับซ้อน คือใช้การขยับอวัยวะเพียงอวัยวะหนึ่งเท่านั้น เช่น ขา แขน และหัว

4.4.1.1 การขยับแขน



รูปที่ 4.12

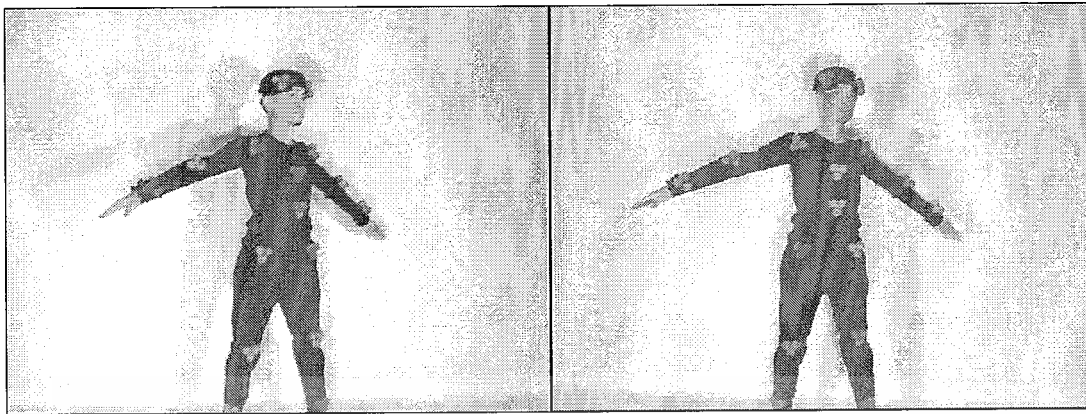
(ก) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวแขนขวาจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง

(ข) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวแขนขวาจากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง

(ค) ตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ในท่าการเคลื่อนไหวแขนขวาของผู้แสดง

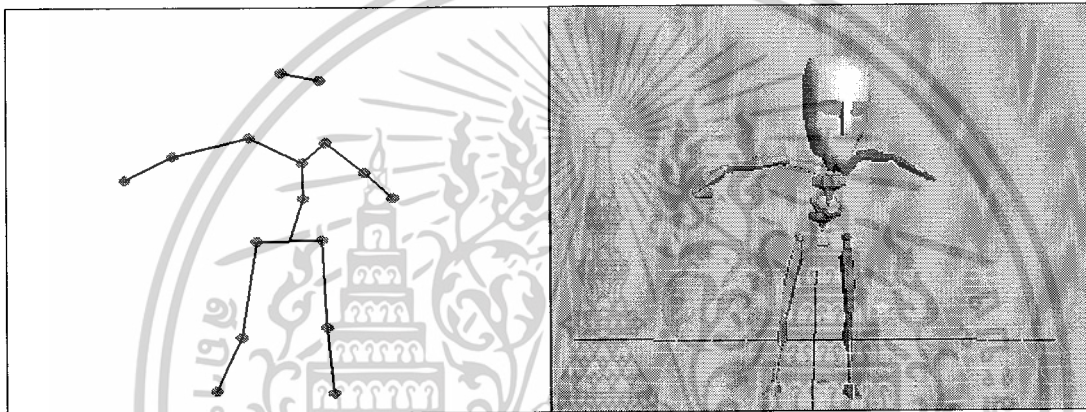
(ง) ท่าทางของโครงกระดูกสำเร็จรูปที่นำไฟล์ข้อมูลไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)



(ค)

(ง)

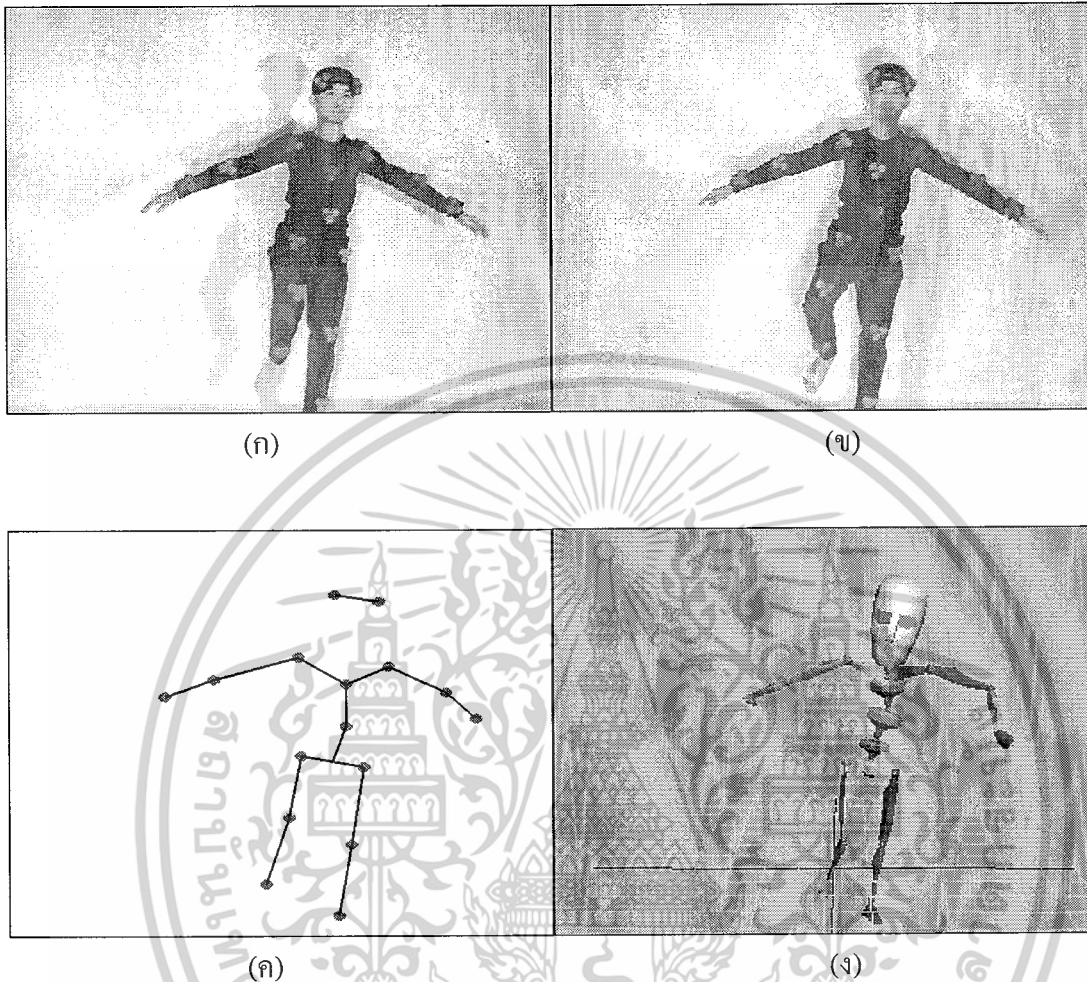
รูปที่ 4.13

- (ก) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวส่วนแขนจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง
 (ข) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวส่วนแขนจากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง
 (ค) ตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ในท่าการเคลื่อนไหวส่วนแขนของผู้แสดง
 (ง) ทำทางของโครงกระดูกสำเร็จรูปที่นำไฟล์ข้อมูลไปใช้งาน

จากการทดสอบการเคลื่อนไหวส่วนแขน 2 แบบ โดยแบบที่ 1 เป็นการยื่นกางแขน ปกติจากนั้นเอียงแขนซ้ายลงและเอียงแขนขวาขึ้นเล็กน้อย โดยจะได้ผลตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ ดังรูป 4.12 (ค) เมื่อนำไปใช้งานในสร้างตัวละครแอนิเมชันได้ผลดังรูป 4.12 (ง) แบบที่ 2 เป็นการ บิดแขนซ้ายไปด้านหลังและบิดแขนขวามาด้านหน้าเล็กน้อยได้ผลตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ดังรูป 4.13 (ค) มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย แต่เมื่อนำไปใช้งานกับตัวละครแอนิเมชัน 3 มิติแล้วได้ผลอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1.2 การขยับขา



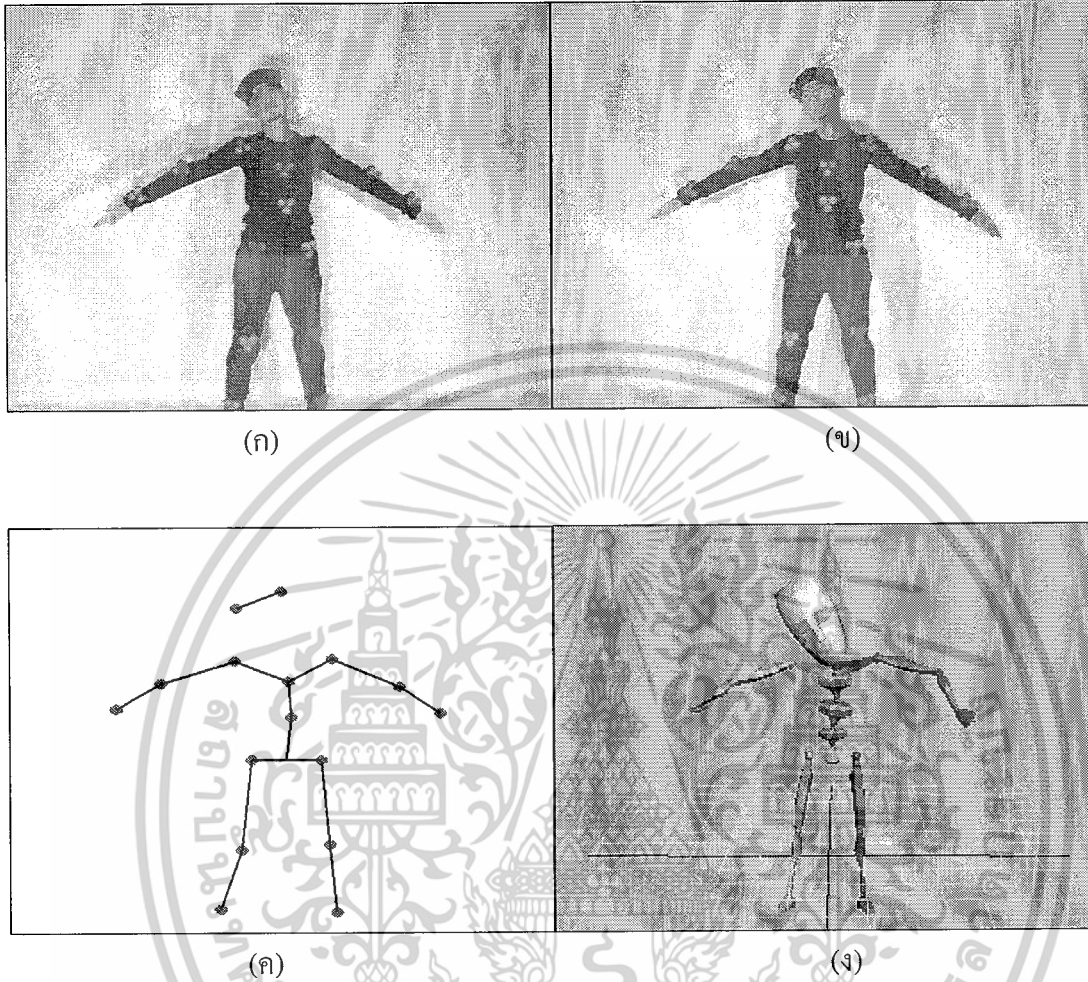
รูปที่ 4.14

- (ก) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวส่วนขาจากกึ่งวงแคบตัวที่หนึ่ง
 (ข) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวส่วนขาจากกึ่งวงแคบตัวที่สอง
 (ค) ตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ในทำการเคลื่อนไหวส่วนขาของผู้แสดง
 (ง) ทำทางของโครงกระดูกสำเร็จรูปที่นำไฟล์ข้อมูลไปใช้งาน

จากทดสอบการเคลื่อนไหวส่วนขาโดยการงอเข้าของขาข้างขวานั้นสามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้อย่างชัดเจน ได้ผลของตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ดังรูป 4.14 (ค) จากรูปจะเห็นได้ว่าเป็นการยกขาขวาขึ้นตรงๆ แต่เมื่อนำมาใช้งานกับตัวละครแอนิเมชัน 3 มิติแล้วจะได้ผลการเคลื่อนไหวที่ชัดเจนว่าเป็นการงอเข้าขาขวาดังรูป 4.14 (ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1.3 การขยับศีรษะ



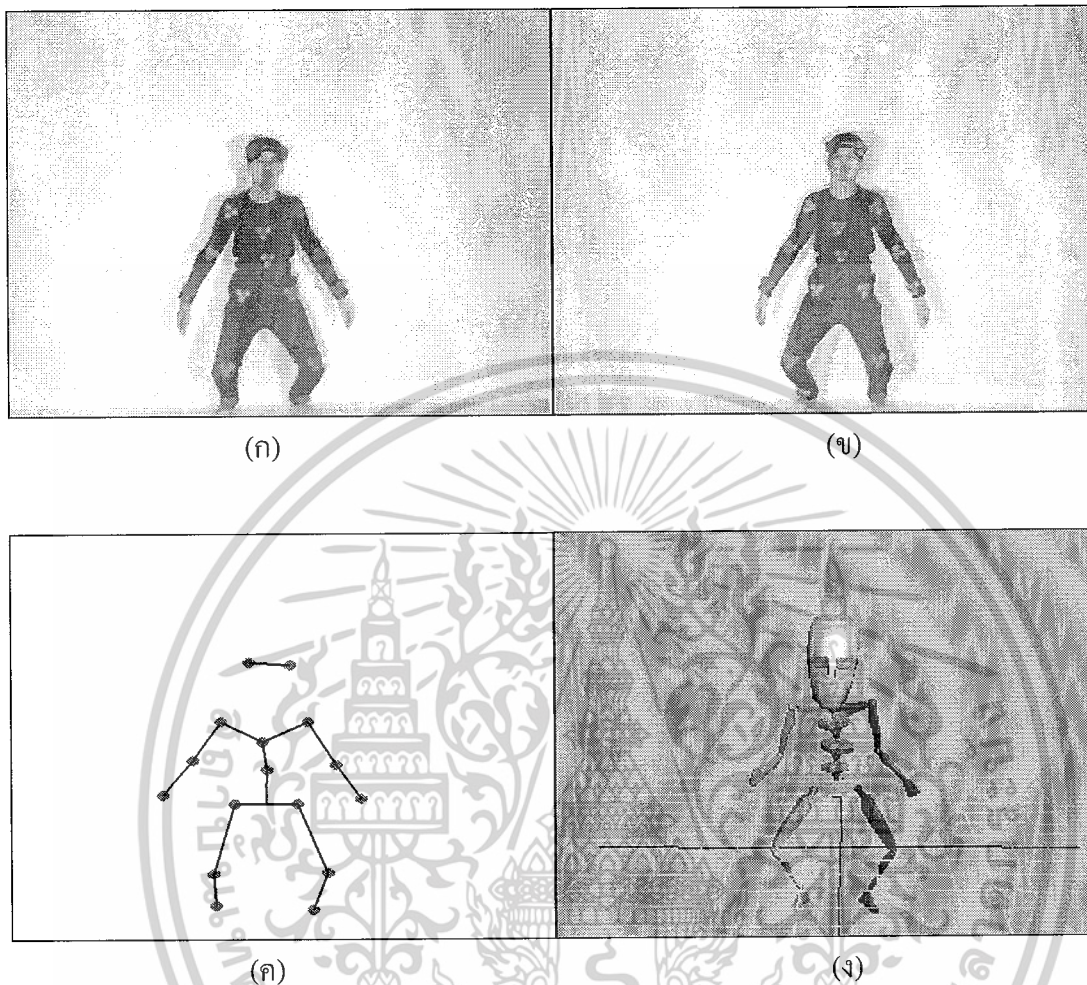
รูปที่ 4.15

- (ก) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวนส่วนศีรษะจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง
 (ข) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวนส่วนศีรษะจากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง
 (ค) ตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ในท่าการเคลื่อนไหวนส่วนศีรษะของผู้แสดง
 (ง) ทำทางของโครงกระดูกสำเร็จรูปที่นำไฟล์ข้อมูลไปใช้งาน

ในการทดสอบการเคลื่อนไหวนส่วนศีรษะนั้น ทดสอบโดยการเอียงศีรษะไปทางด้านขวาเพียงอย่างเดียวได้ผลของตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ดังรูป 4.15 (ค) เมื่อนำไปใช้งานกับตัวละครแอนิเมชัน 3 มิติจะได้ผลดังรูป 4.15 (ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1.4 การขยับลำตัว



รูปที่ 4.16

- (ก) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวส่วนลำตัวจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง
 (ข) ภาพผู้แสดงเมื่อทำการเคลื่อนไหวส่วนลำตัวจากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง
 (ค) ตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ในการเคลื่อนไหวส่วนลำตัวของผู้แสดง
 (ง) ทำทางของโครงกระดูกสำเร็จรูปที่นำไฟล์ข้อมูลไปใช้งาน

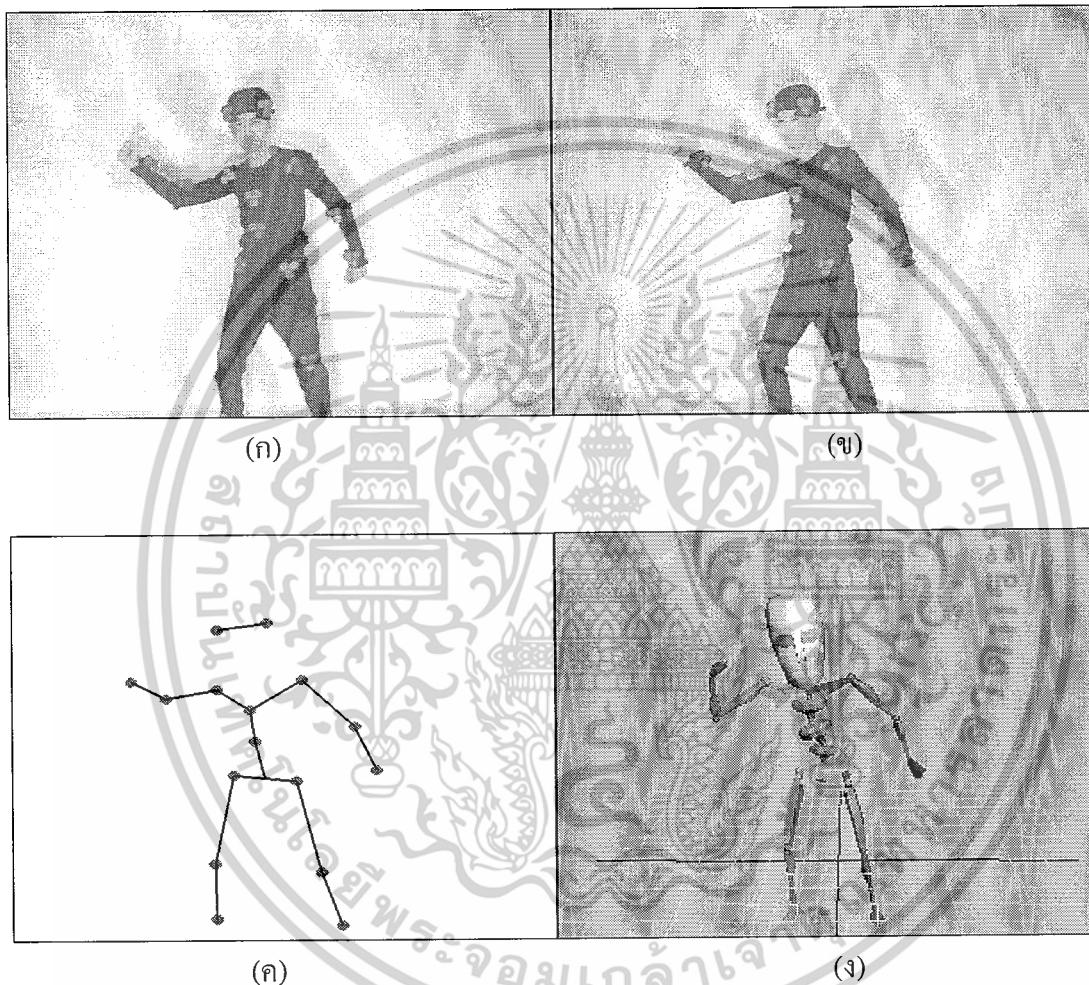
ในการทดสอบการเคลื่อนไหวส่วนลำตัวนั้น ทดสอบโดยการย่อตัวลงตรงๆ โดยการงอเข้าทั้ง 2 ข้างลงพร้อมกันได้ผลของตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ดังรูป 4.16 (ค) เมื่อนำไปใช้งานกับตัวละครแอนิเมชัน 3 มิติจะได้ผลดังรูป 4.16 (ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 การเคลื่อนไหวของผู้แสดงด้วยท่าทางการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน

ในการทดสอบส่วนนี้เป็นการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน คือใช้การขยับอวัยวะส่วนต่างๆไปพร้อมๆกันเช่น ขา แขน ลำตัว เป็นต้น โดยในเฟรมแรกของการเคลื่อนไหวผู้แสดงจะอยู่ในท่าเริ่มต้นเช่นกัน

4.4.2.1 การเคลื่อนไหวของผู้แสดงด้วยท่าทางการเคลื่อนไหวทั่วไป



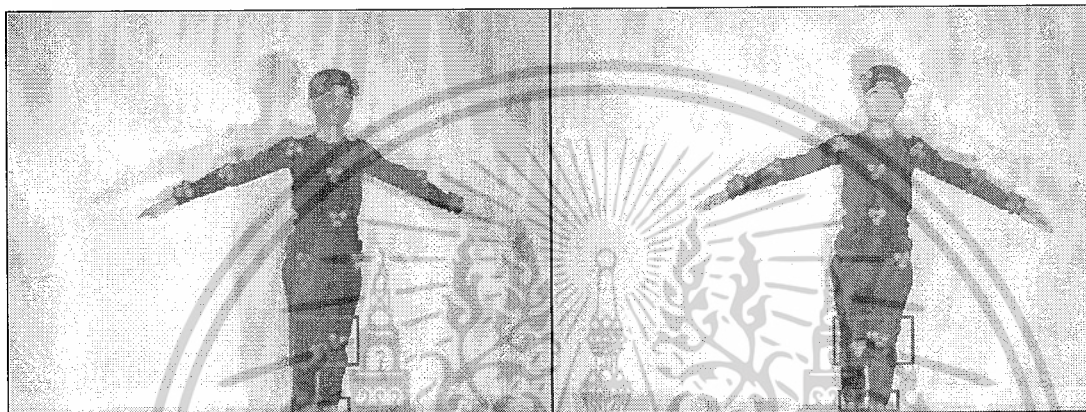
รูปที่ 4.17

- (ก) ภาพผู้แสดงเมื่อทำท่าทางการเคลื่อนไหวทั่วไปจากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง
- (ข) ภาพผู้แสดงเมื่อทำท่าทางการเคลื่อนไหวทั่วไปจากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง
- (ค) ตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ในท่าทางการเคลื่อนไหวทั่วไปของผู้แสดง
- (ง) ท่าทางของโครงกระดูกสำเร็จรูปที่นำไฟล์ข้อมูลไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดสอบการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนด้วยท่าทางการเคลื่อนไหวทั่วไปนั้น ทดสอบโดยการบิดแขนขวาแล้วงอขึ้น ส่วนแขนซ้ายกระทำในลักษณะตรงข้าม และทำการบิดขาลำตัว และหัวไปทางขวาเล็กน้อย สำหรับการทดสอบขั้นนี้นั้นจะขยับอวัยวะทั้งหมดพร้อมกันได้ผลตำแหน่งจริงของมาร์กเกอร์ดังรูป 4.17 (ค) เมื่อนำไปใช้งานกับตัวละครแอนิเมชัน 3 มิติจะได้ผลดังรูป 4.17 (ง)

4.4.4.2 การชนกันของมาร์กเกอร์



(ก)

(ข)

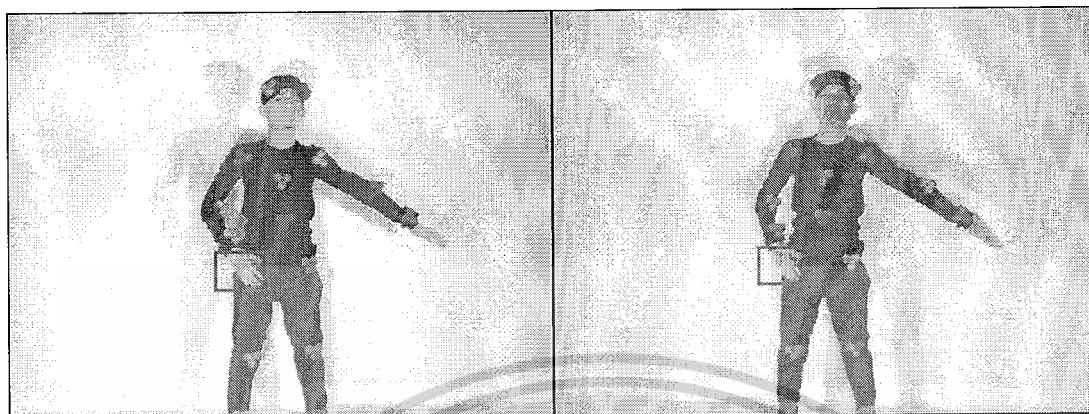
รูปที่ 4.18

- (ก) ภาพผู้แสดงในท่าที่เกิดการชนกันของมาร์กเกอร์จากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง
(ข) ภาพผู้แสดงในท่าที่เกิดการชนกันของมาร์กเกอร์จากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง

ในการทดสอบการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนแล้วเกิดการชนกันของมาร์กเกอร์ขึ้นนั้น เป็นการที่มาร์กเกอร์ 2 จุดใดๆ เข้าใกล้กันมากเกินไป จนทำให้ระบบไม่สามารถแยกแยะมาร์กเกอร์ และติดตามได้ว่ามาร์กเกอร์จุดที่พบนั้นเป็นจุดใดมาก่อน หรือจุดใดที่หายไป ดังรูปที่ 4.18 (ก) และ (ข) ในกรอปสีน้ำเงินเป็นจุดที่เกิดการชนกันของมาร์กเกอร์ขึ้น เมื่อเกิดเหตุการณ์นี้ขึ้นระบบจะหยุดทำงานที่เฟรมก่อนหน้าที่เกิดการชนกันของมาร์กเกอร์ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.3 การบังคับมาร์กเกอร์ด้วยการเคลื่อนไหวของผู้แสดง



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.19

(ก) ภาพผู้แสดงในท่าที่เกิดการบังคับมาร์กเกอร์จากกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง

(ข) ภาพผู้แสดงในท่าที่เกิดการบังคับมาร์กเกอร์จากกล้องเว็บแคมตัวที่สอง

ในการทดสอบการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนแล้วเกิดการบังคับของมาร์กเกอร์ด้วยท่าทางการเคลื่อนไหวของผู้แสดงนั้น เป็นการที่ผู้แสดงขยับอวัยวะส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายไปบังคับมาร์กเกอร์ ดังรูปที่ 4.19 (ก) และ (ข) ในกรอบสีน้ำเงินนั้นจะเห็นได้ว่ามือของผู้แสดงไปบังคับมาร์กเกอร์ที่สะโพกขวาทำให้ระบบไม่สามารถตรวจจับและติดตามมาร์กเกอร์ตัวนั้นได้ เมื่อเกิดเหตุการณ์ขึ้นระบบจะหยุดทำงานที่เฟรมก่อนหน้าก่อนเกิดการบังคับของมาร์กเกอร์

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผลการทดสอบระบบ

จากผลการทดสอบระบบจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติที่ออกแบบในโครงการพบว่า ระบบจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติที่ใช้กล้องเว็บแคมให้ผลลัพธ์ในการทดลองได้ใกล้เคียงกับการเคลื่อนไหวจริงของผู้แสดง การออกแบบระบบจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติในโครงการเน้นไปที่ความสะดวกในการติดตั้งอุปกรณ์ สถานที่ทำงานที่มีพื้นที่จำกัดและสามารถทำการทดลองได้ในห้องต่างๆไป การเลือกใช้กล้องเว็บแคมเพื่อให้สามารถสร้างระบบจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติที่มีราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับระบบจำลองการเคลื่อนไหวแบบออปติคด้วยกัน เนื่องจากการใช้กล้องเว็บแคมเพียง 2 ตัวทำให้มุมมองในการตรวจจับสามารถทำได้ไม่หลากหลาย การตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้แสดงด้วยท่าทางง่ายๆสามารถทำได้ดี แต่ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวในท่าทางที่ซับซ้อนจะเกิดปัญหาการบดบังและการชนกันของมาร์กเกอร์ ซึ่งกล้องเว็บแคมเพียง 2 ตัวไม่สามารถทำการตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้แสดงในท่าที่ซับซ้อนได้

5.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ

สามารถนำไปพัฒนาเพื่อออกแบบระบบจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติโดยใช้กล้องเว็บแคมซึ่งให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำและทำงานได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นได้ดังนี้

5.2.1 การออกแบบมาร์กเกอร์

การออกแบบมาร์กเกอร์ที่ดีขึ้นเพื่อให้สามารถตรวจจับมาร์กเกอร์จากภาพได้ชัดเจนขึ้น โดยออกแบบให้มาร์กเกอร์เป็น 3 มิติที่สามารถหมุนองศาของข้อต่อได้มากขึ้น โดยยังสามารถตรวจจับมาร์กเกอร์ได้ เช่น การเปลี่ยนมาใช้มาร์กเกอร์แบบแอคทีฟ (คือทำให้มาร์กเกอร์สามารถเปล่งแสงได้ โดยมากจะใช้เป็นหลอดLED) การออกแบบมาร์กเกอร์ให้แต่ละตำแหน่งนั้นมีสีที่แตกต่างกันออกไปเพื่อสามารถระบุจุดสำคัญแต่ละจุดว่าเป็นจุดใดได้

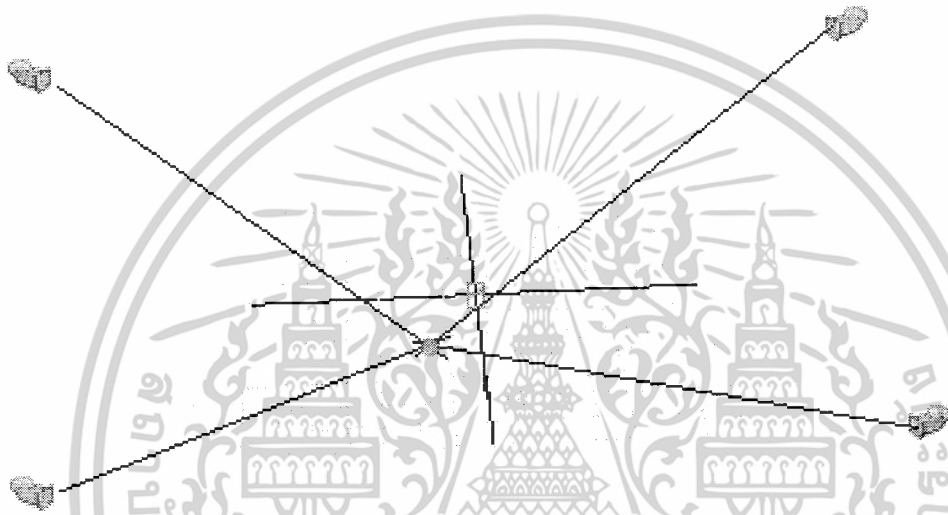
5.2.2 การเพิ่มจำนวนกล้อง

การเพิ่มมุมมองในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้แสดงสามารถติดตามการเคลื่อนไหวของผู้แสดงที่ซับซ้อนมากขึ้นได้ โดยการติดตั้งกล้องในมุมสูงก็เป็นทางเลือกที่ดีถ้ามีอุปกรณ์ที่สามารถกำหนดมุมกล้องได้แม่นยำ กล้องที่อยู่มุมสูงจะมีมุมมองในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้แสดงที่ดี การเพิ่มจำนวนกล้องจำเป็นต้องมีการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมในการทำงาน เพื่อให้กล้องแต่ละตัวมีความคมชัดในการบันทึกภาพของผู้แสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 ปรับปรุงประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการตรวจจับและติดตามมาร์กเกอร์

ในระบบจำลองการเคลื่อนไหวที่ใช้ในธุรกิจจะมีอัลกอริทึมที่ซับซ้อนมากขึ้นในการตรวจจับและติดตามมาร์กเกอร์ เช่น ใช้อัลกอริทึม เรย์ เทรซซิง (Ray Tracing) เข้าช่วยในตรวจหา มาร์กเกอร์ โดยใช้เรย์ เทรซซิงกลับไปยังกล้องที่รู้ตำแหน่งที่แน่นอน หากจุดตัดของการทำเรย์-เทรซซิงจากกล้องหลายตัวนั้นเป็นจุดเดียวกันก็จะสามารถหาดำแหน่งของมาร์กเกอร์ได้โดยไม่ต้องใช้วิธีสเตอริโอออปซีสอีก



รูปที่ 5.1 การทำเรย์ เทรซซิงย้อนกลับไปยังกล้อง

5.2.4 การทำงานแบบเรียลไทม์ (real time)

เพื่อให้ระบบสามารถทำงานแบบเรียลไทม์ ได้จะต้องลดเวลาที่ใช้ในการประมวลผลลง โดยอาจใช้วิธีลดขนาดภาพที่ต้องประมวลผล การลดขนาดภาพที่ใช้โดยยังคงรายละเอียดที่จำเป็นในการคำนวณไว้นั้น จำเป็นต้องทำการปรับปรุงในส่วนของคุณภาพของกล้อง โดยใช้กล้องที่มีคุณภาพมากขึ้น และออกแบบมาร์กเกอร์ ให้สามารถตรวจจับมาร์กเกอร์ได้ง่ายขึ้นรวมถึง สามารถแยกแยะว่าแต่มาร์กเกอร์เป็นจุดสำคัญจุดใด เพื่อลดขั้นตอนการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ชัยพร พรพุทธศรี และชัยรัตน์ อ่อนแย้ม 2547. “ระบบจำลองการเคลื่อนไหวตัวละคร 3 มิติ”

ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จุฑามาศ จิระสังข์ 2550. “3ds Max 9 ฉบับสมบูรณ์” สำนักพิมพ์ซัคเซส มีเดีย กรุงเทพฯ.

สกล จารุเสรีนนท์ และสุรพันธ์ จักรมณี 2549. “ระบบสร้างตัวละคร 3 มิติโดยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกาย.” ปริญญาานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สารานุกรมเสรี, “ระบบสี RGB” http://th.wikipedia.org/wiki/ระบบสี_RGB

สารานุกรมเสรี, “HSL and HSV” http://en.wikipedia.org/wiki/HSL_color_space

CImg Library Documentation, "The CImg Library" <http://cimg.sourceforge.net/>

OpenCV Wiki, "OpenCV Wiki" <http://opencv.willowgarage.com/wiki/>

OpenGL Reference Manual, "OpenGL Reference Manual" <http://glprogramming.com/blue/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

คู่มือการติดตั้งและคู่มือการใช้โปรแกรม

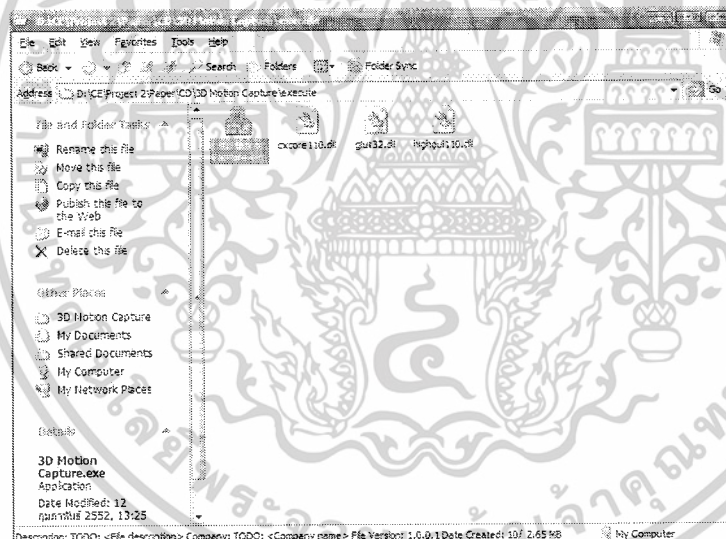
ความต้องการของระบบ

ตารางที่ ก.1 คุณลักษณะของเครื่องคอมพิวเตอร์

| | |
|------------------------|----------------------------------------|
| ระบบปฏิบัติการ | Windows XP Professional service pack 3 |
| หน่วยประมวลผล | Intel(R) Core(TM)2 Duo T7500 2.2GHz |
| หน่วยความจำ | 2.00 GB RAM |
| พื้นที่สำรองในฮาร์ดดิส | 1.00 GB |

ขั้นตอนการติดตั้ง โปรแกรม

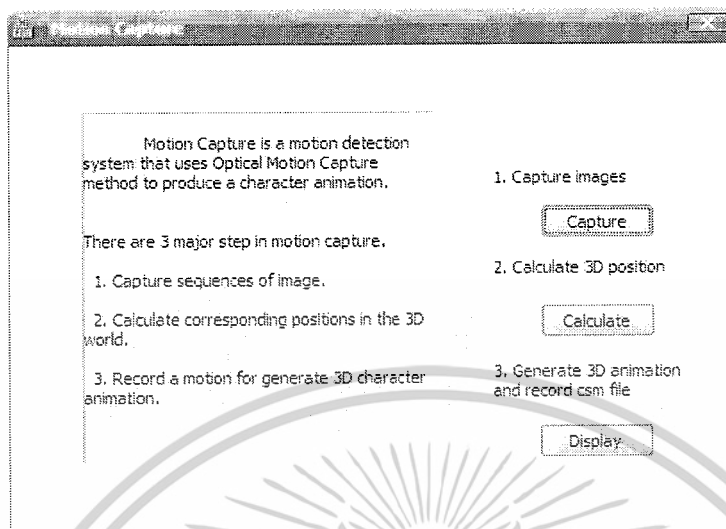
เปิดโปรแกรมชื่อ ไฟล์ 3D Motion Capture.exe



รูปที่ ก.1 การติดตั้งโปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

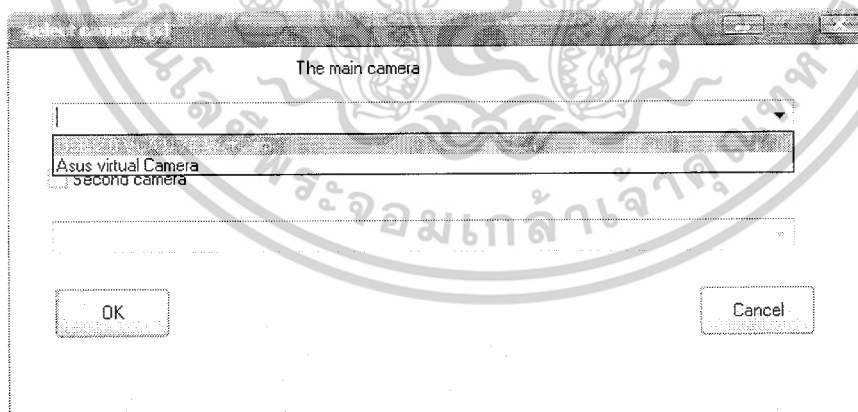
ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม



รูปที่ ก.2 หน้าจอหลักของโปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหว

ในการทำการตรวจจับและบันทึกการเคลื่อนไหวมีจะขั้นตอน 3 ขั้นตอน คือ

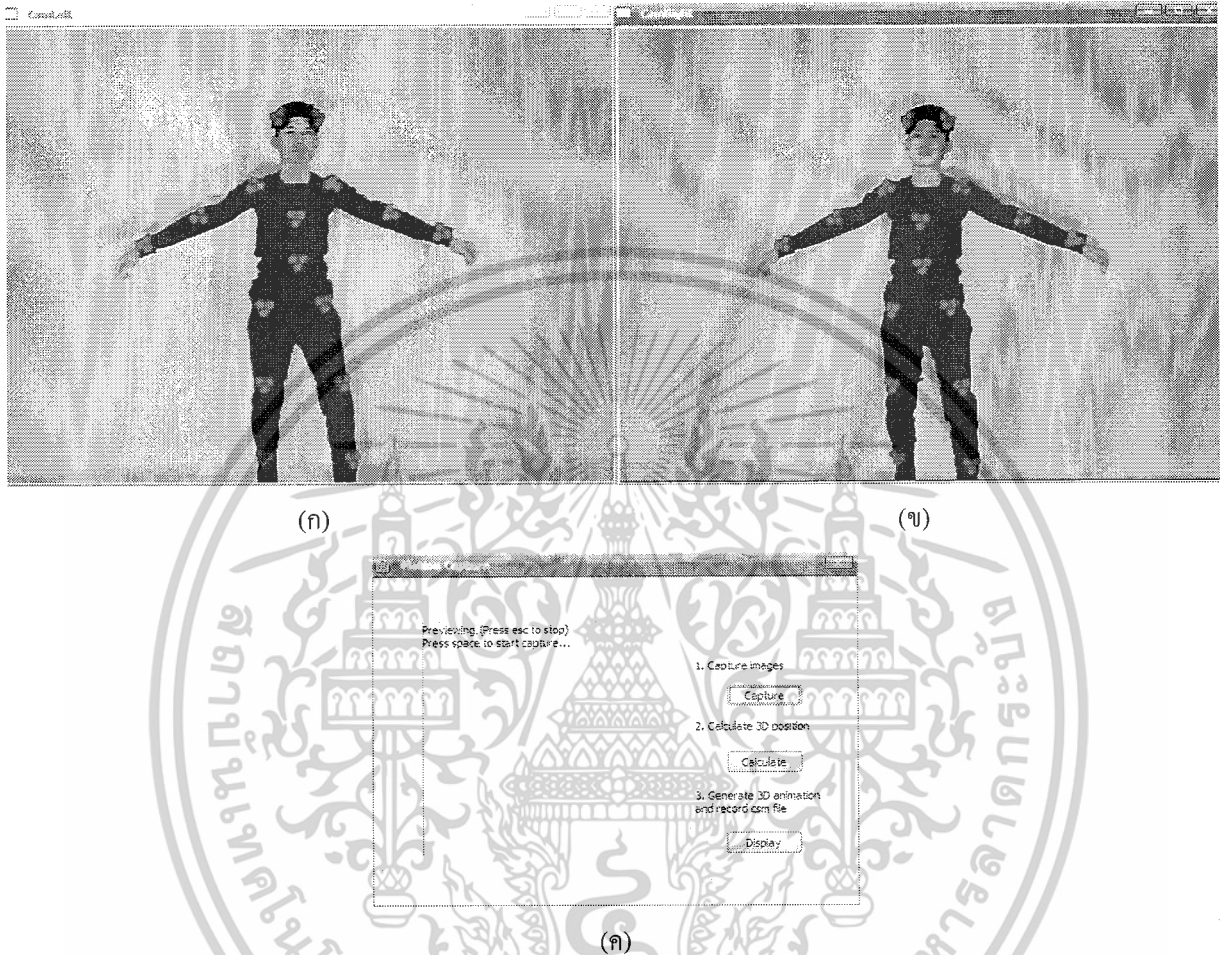
1. การบันทึกภาพการเคลื่อนไหวของผู้แสดง
 - 1.1 เลือก Capture เพื่อเริ่มทำการบันทึกภาพ โปรแกรมจะขึ้นหน้าต่างเพื่อเลือกกล้องที่ต้องการจะจับภาพ
 - 1.2 เลือกกล้องที่ต้องการจับภาพ จากรายชื่อกล้องทั้งหมดที่สามารถใช้งานได้



รูปที่ ก.3 หน้าต่างเลือกกล้องที่ต้องการจะจับภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.3 โปรแกรมจะแสดงภาพจากกล้องทั้งสองที่เลือก โดยโปรแกรมจะเริ่มทำการบันทึกภาพเมื่อผู้ใช้กด space bar และหยุดทำการบันทึกภาพเมื่อกด esc



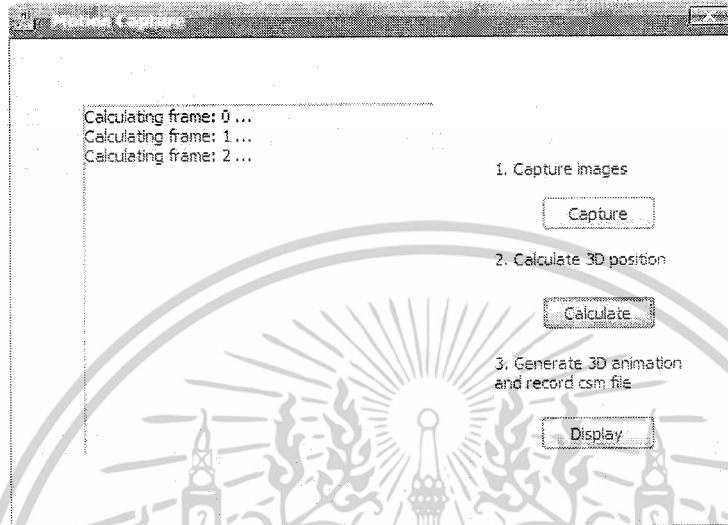
รูปที่ ก.4

- (ก) หน้าจอของโปรแกรมขณะบันทึกภาพผู้แสดงของกล้องเว็บแคมตัวที่หนึ่ง
 (ข) หน้าจอของโปรแกรมขณะบันทึกภาพผู้แสดงของกล้องเว็บแคมตัวที่สอง
 (ค) หน้าจอหลักของโปรแกรมขณะทำการบันทึกภาพผู้แสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คำนวณหาตำแหน่งของการเคลื่อนไหวใน 3 มิติ

เมื่อทำการบันทึกภาพการเคลื่อนไหวของผู้แสดงแล้ว สามารถนำภาพที่บันทึกไว้มาคำนวณหาตำแหน่งการเคลื่อนไหวใน 3 มิติได้โดย เลือก Calculate

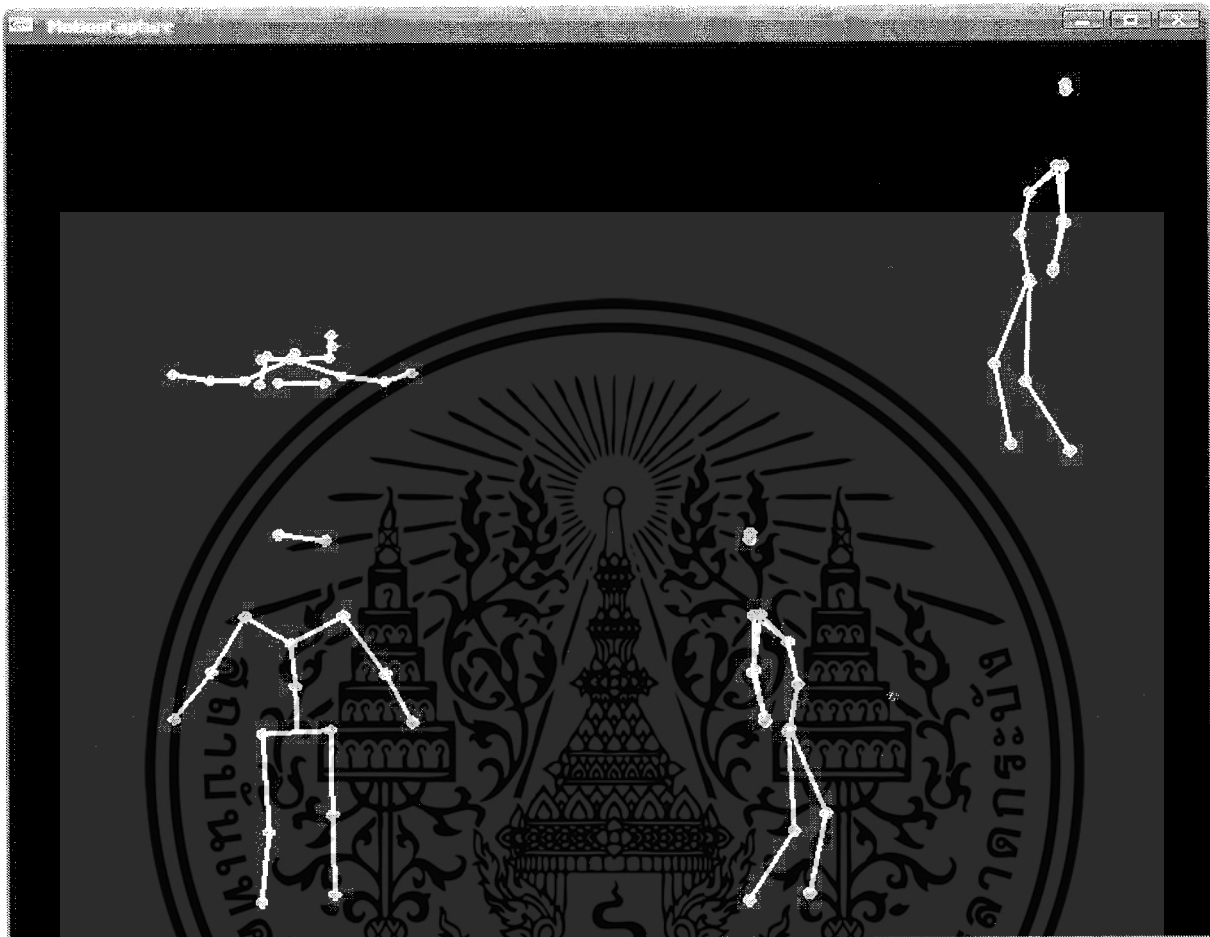


รูปที่ ก.5 หน้าจอของโปรแกรมขณะคำนวณตำแหน่งของแต่ละเฟรม

กรณีที่ภาพที่บันทึกไว้มีปัญหาทำให้ไม่สามารถคำนวณต่อไปได้ เช่น เคลื่อนไหวเร็วเกินไป หรือ มีแสงรบกวนที่ระบบไม่สามารถจัดการได้ โปรแกรมจะยังคงทำงานต่อไปได้โดย จะหยุดทำการคำนวณในเฟรมที่พบปัญหา ในกรณีนี้ ไฟล์ซีเอสเอ็มและแอนิเมชันที่แสดงในโปรแกรมจะมีข้อมูลถึงเฟรมก่อนหน้าเฟรมที่มีปัญหาเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บันทึกผลการเคลื่อนไหวที่ตรวจจับได้ลงในไฟล์ซีเอสเอ็มและทำการแสดงผลการเคลื่อนไหวในโปรแกรม



รูปที่ ก.6 หน้าจอของโปรแกรมขณะแสดงผลการเคลื่อนไหวที่คำนวณได้

ส่วนแสดงผลการเคลื่อนไหวที่ตรวจจับได้ โดยจะแสดงในมุมมอง ด้านบน ด้านหน้า ด้านซ้าย และด้านขวา ผู้ใช้งานสามารถเลื่อนไปแสดงผลเฟรมก่อนหน้าหรือเฟรมต่อไปได้โดยกดปุ่มลูกศรซ้ายหรือขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

คู่มือสำหรับโปรแกรมเมอร์

โครงสร้างของโปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหว

โปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหวพัฒนาโดยการเขียนโปรแกรมภาษา C++ ด้วย Microsoft visual studio 2008 library ที่เกี่ยวข้องได้แก่ OpenGL, OpenCV, CImg โดย OpenGL ใช้แสดงผลตำแหน่งมาร์กเกอร์สามมิติ OpenCV ใช้ติดต่อกับกล้องเว็บแคม CImg ใช้จัดการเกี่ยวกับรูปภาพ โครงสร้างของโปรแกรมประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ

Header Files เป็นส่วน header ของโปรแกรมซึ่งประกอบด้วยไฟล์ดังนี้

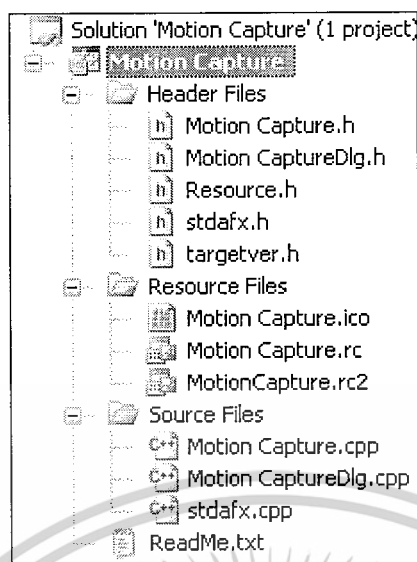
- Motion Capture.h header file ของโปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหว
- Motion CaptureDlg.h header file ของ Dialog
- Resource.h resource header file ของ Dialog

Resource Files เป็นส่วนที่เก็บรายละเอียดของ resource ประกอบไปด้วย

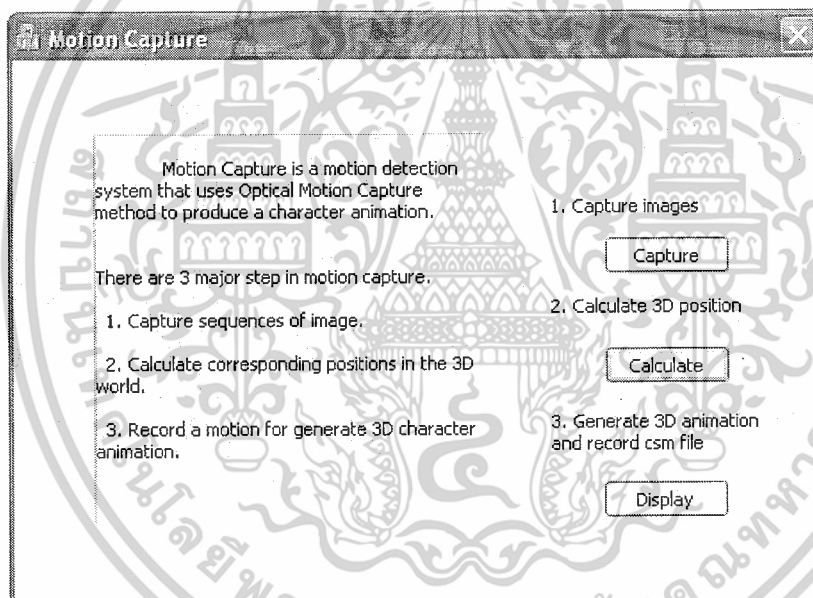
- Motion Capture.ico ไอคอนของโปรแกรม
- Motion Capture.rc ส่วนกำหนดลักษณะของ dialog

Source Files เป็นส่วนที่เป็น source ของโปรแกรมประกอบไปด้วย

- Motion Capture.cpp สร้าง dialog และคอยดักจับ message ที่เกี่ยวข้องกับ main dialog
- Motion CaptureDlg.cpp ส่วนที่เรียกใช้ฟังก์ชันในโปรแกรมโดยรับ message จาก User



รูปที่ ข.1 โครงสร้างของโปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหว



รูปที่ ข.2 หน้าจอหลักของโปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของโปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหว

ในการทำงานของโปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหวจะอยู่ใน Motion CaptureDlg.cpp โดยมีปุ่มกด 3 ปุ่มดังนี้

-ปุ่ม Capture

Input : void CMotionCaptureDlg::OnBnClickedCapture()
 คำอธิบาย : message เมื่อ user click mouse ที่ปุ่ม capture
 Process : Capture()
 คำอธิบาย : โปรแกรมให้ user กำหนดกล้องเว็บแคมที่จะใช้ และทำการบันทึกภาพการเคลื่อนไหวของผู้แสดงด้วยกล้องเว็บแคม

Output : cvSaveImage(ch,frame), cvSaveImage(ch2,frame2), count;
 คำอธิบาย : ภาพที่ได้จากกล้องเว็บแคมซ้าย ภาพที่ได้จากกล้องเว็บแคมขวา และจำนวนเฟรมทั้งหมด

-ปุ่ม Calculate

Input : void CMotionCaptureDlg::OnBnClickedCalculate()
 คำอธิบาย : message เมื่อ user click ที่ปุ่ม calculate

Process : LoadImage(&list_image)
 คำอธิบาย : โหลดภาพที่ได้จากกล้องเว็บแคมให้อยู่ใน List Image Structure

Process : ImageProcessing(*iter_image,point_Lcam,index_frame)
 คำอธิบาย : นำภาพจากกล้องเว็บแคมซ้ายไปหาจุดสีแดงของมาร์กเกอร์ในภาพด้วยกระบวนการ Image Processing

Process : ImageProcessing(*iter_image,point_Rcam,index_frame)
 คำอธิบาย : นำภาพจากกล้องเว็บแคมขวาไปหาจุดสีแดงของมาร์กเกอร์ในภาพด้วยกระบวนการ Image Processing

Process : Mapping(point_Lcam) , Mapping(point_Rcam);
 คำอธิบาย : จับคู่จุดทั้ง 16 จุดที่ได้จากภาพกับตำแหน่งของมาร์กเกอร์ทั้ง 16 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Process : CreateArea(point_Lcam,area_Lcam);
CreateArea(point_Rcam,area_Rcam);
- คำอธิบาย : สร้างพื้นที่จำลองสี่เหลี่ยมเพื่อใช้ติดตามจุดมาร์กเกอร์
- Process : Tracking(markers_Lcam,point_Lcam,area_Lcam);
Tracking(markers_Rcam,point_Rcam,area_Rcam);
- คำอธิบาย : ติดตามการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของมาร์กเกอร์ (markers_Lcam), (markers_Rcam) โดยใช้พื้นที่จำลอง (area_Lcam), (area_Rcam)
- Process : Stereopsis(markers_Lcam,markers_Rcam,&frame[index])
- คำอธิบาย : นำจุดมาร์กเกอร์จากกล้องซ้าย(markers_Lcam) และจุดมาร์กเกอร์จากกล้องขวา (markers_Rcam) มาคำนวณหาตำแหน่งจุดมาร์กเกอร์ในสามมิติด้วยวิธี Stereopsis โดยเก็บข้อมูลเป็นเฟรมๆ (&frame[index_frame])
- Process : CreateAllMarkers(&frame[index_frame])
- คำอธิบาย : นำจุดมาร์กเกอร์ในสามมิติที่ได้จากการทำ Stereopsis ทั้ง 18 จุด ไปคำนวณหาจุดมาร์กเกอร์ที่จำเป็นในการใช้งาน 24 จุด
- Process : WriteCSMfile(frame)
- คำอธิบาย : นำข้อมูลตำแหน่งของมาร์กเกอร์ทั้งสามมิติ 28 จุด ทุกๆเฟรมการเคลื่อนไหวไปบันทึกให้อยู่ในรูปแบบไฟล์การเคลื่อนไหวแบบ CSM
- Output : CSM File
- คำอธิบาย : ไฟล์CSMเก็บข้อมูลตำแหน่งของมาร์กเกอร์ในสามมิติทั้ง 28 จุด ทุกๆเฟรมการเคลื่อนไหวของผู้แสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ปุ่ม Display

Input : void CMotionCaptureDlg::OnBnClickedDisplay()

คำอธิบาย : message เมื่อ user click ที่ปุ่ม Display

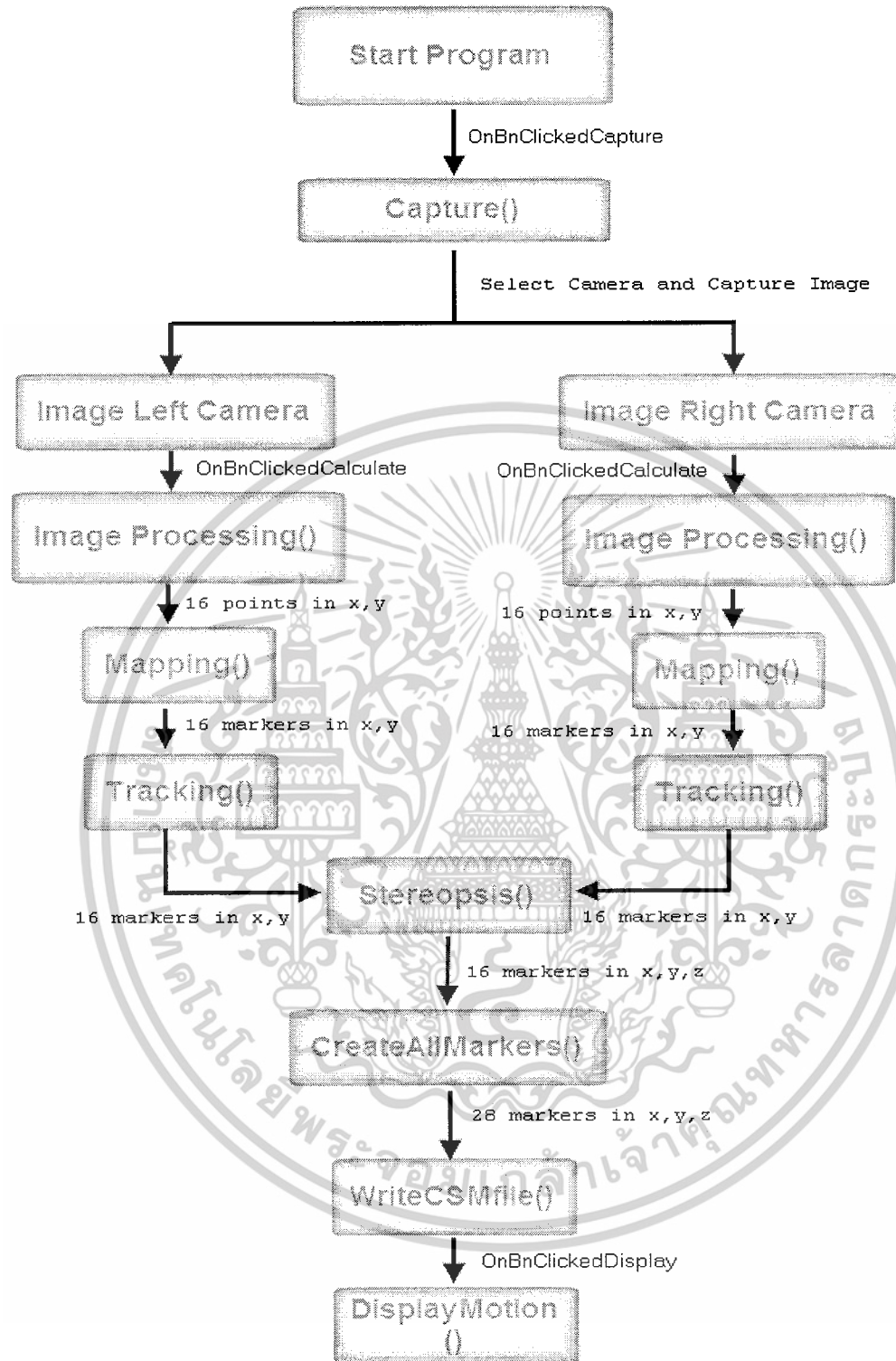
Process : DisplayMotion();

คำอธิบาย : สร้างหน้าจอแสดงผลตำแหน่งของมาร์กเกอร์ทั้ง 18 จุดในสามมิติด้วย OpenGL

Output : หน้าจอแสดงผลของจุดมาร์กเกอร์ในสามมิติด้วย OpenGL โดยสามารถเลื่อนเฟรมการเคลื่อนไหวจากเฟรมแรกไปยังเฟรมสุดท้ายได้

โดยฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหวสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ ข.3





รูปที่ ข.3 ผังการทำงานของโปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้