

การจัดจ้งหะแสงจากแอลอีดี เพื่อการจับการเคลื่อนไหวของท่อนแขนสองแขน ด้วยกล้องวี

นายพงศธร ประเสริฐอัมพร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณทิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)

are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

LEDS MANAGEMENT FOR TWO HUMAN ARMS MOVEMENT DETECTION
WITH THE WII CAMERA

Mr. Pongsthorn Prasertamporn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Computer Engineering

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การจัดจ้งหระแสงจากแอลอีดี เพื่อการจับการเคลื่อนไหว
ของท่อนแขนสองแขน ด้วยกล้องวี

โดย

นายพงศธร ประเสริฐอัมพร

สาขาวิชา

วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษณุ โคตรจรัส

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศศิริวงษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โปรดปราน บุญยพุกกณะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษณุ โคตรจรัส)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.นัทธี นิภานันท์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. พศิน อิศรเสนา ณ อยุธยา)

พงศธร ประเสริฐอุ้มพร : การจัดจ้งหวะแสงจากแอลอีดี เพื่อการจับการเคลื่อนไหวของ
 ท่อนแขนสองแขน ด้วยกล้องวี. (LEDS MANAGEMENT FOR TWO HUMAN ARMS
 MOVEMENT DETECTION WITH THE WII CAMERA) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก :
 ผศ.ดร.วิษณุ โคตรจรัส, 79 หน้า.

อุปกรณ์สำหรับการเล่นเกมนั้นมีอยู่มากมายหลายรูปแบบ โดยเริ่มต้นจากรูปแบบของ
 แป้นบังคับซึ่งจะต่อตรงเข้ากับเครื่องเกม ต่อมาเมื่อเริ่มมีการพัฒนาโปรแกรมเกมบนเครื่อง
 คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ชนิดต่างๆที่ต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์จึงเริ่มถูกนำมาใช้ในการบังคับ
 ควบคุมตัวละครในเกม เช่น กล้องต่างๆที่ติดกับเครื่องคอมพิวเตอร์, เมาส์, และ คีย์บอร์ด อุปกรณ์
 บังคับแบบนี้มันไม่ค่อยมีการทำออกมา จนกระทั่งบริษัทนินเทนโดได้ทำวีรีโมทออกจำหน่าย ซึ่ง
 ความสามารถในการจับการเคลื่อนไหว รวมไปถึงราคาที่ย่อมเยาขึ้นทำให้นักวิจัยหลายคนหัน
 มาสนใจใช้วีรีโมทในงานวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้ทำการนำเสนอการใช้งานวีรีโมทในรูปแบบใหม่ โดยการให้วีรีโมทสามารถ
 จับการเคลื่อนไหวของแขนผู้ใช้งานทั้งสองแขน ซึ่งคุณสมบัติใหม่นี้เพิ่มความสามารถให้วีรีโมท
 เป็นอย่างมาก ตามปกติแล้ว วีรีโมทนั้นใช้เพื่อการรับข้อมูลตำแหน่งสองมิติของจุดแสงอินฟราเรด
 สี่จุดในเวลาหนึ่งๆ งานวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการรับข้อมูลตำแหน่งสามมิติจากจุดแสง
 อินฟราเรดหกจุด นอกจากนี้ยังได้นำเสนอวิธีการแก้ไข ลดค่าความผิดพลาดของการคำนวณระยะ
 3 มิติและการทำนายตำแหน่งปัจจุบันของหลอดอินฟราเรดเมื่อกล้องไม่สามารถมองเห็นแสงจาก
 หลอดอินฟราเรด ผลลัพธ์ของงานวิทยานิพนธ์นี้ คือ ระบบจับภาพการเคลื่อนไหวของแขนคนทั้ง
 สองแขนในรูปแบบ 3 มิติ ซึ่งสามารถจับการเคลื่อนไหวตามท่าทางที่เป็นการเคลื่อนไหวส่วนใหญ่
 ที่ผู้เล่นมักจะใช้ในการเล่นเกมต่างๆได้

ภาควิชา ..วิศวกรรมคอมพิวเตอร์..... ลายมือชื่อนิสิต.....
 สาขาวิชา ..วิศวกรรมคอมพิวเตอร์..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
 ปีการศึกษา ..2554.....

5170391321 : MAJOR Computer Engineering

KEYWORDS : WII REMOTE / STEREO VISION / OPTICAL-BASED MOTION
DETECTION / IR LEDS / MISSING MARKER / SYNCHRONIZATION / KALMAN FILTER

PONGSTHORN PRASERTAMPORN : LEDS MANAGEMENT FOR TWO HUMAN
ARMS MOVEMENT DETECTION WITH THE WII CAMERA. THESIS ADVISOR :
ASST PROF. VISHNU KOTRAJARAS, Ph.D., 79 pp.

There exist many types of game controllers in the market. Initially, joysticks were connected to game consoles. After game companies started to develop games for PC, PC equipments such as WebCam, Mouse, and Keyboard began to see some use in games. Other types of controllers were rare until the introduction of Nintendo's Wii Remote. Its movement detection capability and its relatively low price attracted many researchers.

This thesis introduces a different way to use Wii Remotes as a game controller, having Wii Remotes detect both arms of a player. Such usage enhances the capability of Wii Remote considerably. Normally, Wii Remote is used to retrieve 2D positions of 4 IR points at any particular time. With an enhancement introduced in this thesis, 3D position information of 6 IR points can be acquired. Moreover, methodologies for reducing errors in 3D calculation and predicting missing markers are also presented. With the proposed techniques, a system for detecting both human arms movement in three dimensions is constructed. The system can detect most common movements players use when playing games.

Department : Computer Engineering..... Student's Signature

Field of Study : Computer Engineering..... Advisor's Signature

Academic Year : 2011.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่เป็นกำลังใจสำคัญ และคอยให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน จนผู้เขียนสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.วิษณุ โคตรจรัส ซึ่งเป็นผู้ให้ข้อคิดแนวทาง คำปรึกษา ตลอดจนช่วยตรวจทาน และแก้ไข จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง รวมถึงให้โอกาสในการทำงานด้านอื่นๆในระหว่างทำวิทยานิพนธ์ ซึ่งทำให้ผู้วิจัยมีประสบการณ์หลายอย่างมากกว่าแค่การทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.โปรดปราน บุญยพุกณะ พิตรสาธรร ดร.นัทธี นิภานันท์ และดร. พศิน อิศรเสนา ณ อยุธยา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไม่อาจจะสำเร็จได้หากไม่ได้รับความร่วมมือจากทุกท่าน และขอขอบคุณสมาชิกกลุ่มวิจัยเกม รวมถึงเพื่อนๆทุกคนผู้ที่ให้คำแนะนำเพิ่มเติม และช่วยเหลือในการทดลองเสมอมา

ขอขอบคุณทุกท่านที่ช่วยตอบแบบสอบถามต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากกับวิทยานิพนธ์นี้ และทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

และท้ายที่สุดนี้ขอขอบคุณพี่ๆและเจ้าหน้าที่ทั้งหลายของทางภาควิชา และทางคณะ ที่ช่วยดำเนินงาน และให้คำแนะนำสิ่งต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเรียน อย่างไม่รังเกียจ ถึงแม้ว่าสิ่งต่างๆเหล่านั้นพวกท่านจะเคยประกาศไปแล้วก็ตาม แต่พวกท่านก็มักจะต้องตอบคำถามซ้ำเดิมอยู่ตลอดเวลา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 การตรวจจับการเคลื่อนไหว.....	5
2.1.1 การตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยใช้กล้องอินฟราเรด.....	5
2.1.2 การตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยใช้ตัวตรวจจับการงอ.....	7
2.1.3 การตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยใช้ตัวตรวจจับความเร่ง.....	9
2.1.4 การตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยใช้ตัวส่งสัญญาณเสียง.....	10
2.2 การประยุกต์การใช้ วีรีโมท ในการควบคุมตัวละครในเกมบนเครื่องคอมพิวเตอร์.....	12
2.3 สเตอริโอวิชั่น (Stereo Vision).....	13
2.4 คาลแมนฟิลเตอร์ (Kalman Filter).....	17
2.5 วีรีโมท.....	18
บทที่ 3 แนวคิดและวิธีการดำเนินงาน.....	20
3.1 การประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์.....	21
3.2 รูปแบบของการเคลื่อนไหวที่ผู้เล่นมักจะใช้ในเกมน.....	24
3.2.1 เกมขับรถ.....	25

	หน้า
3.2.2 เกมพินดาบ.....	26
3.2.3 เกมต่อยมวย.....	27
3.2.4 เกมกดปุ่มต่างๆ.....	28
บทที่ 4 การออกแบบวิธีการเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรดเพื่อการตรวจจับที่มากกว่า 4 จุด.....	30
4.1 การเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรดที่ละจุด.....	30
4.2 การเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรดทีละชุด.....	41
บทที่ 5 วิธีการทดลอง และผลการทดลอง.....	50
5.1 วิธีการทดลอง และการวัดผล.....	50
5.2 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	50
5.2.1 การทดลองกับโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวแบบตรวจจับทีละจุด.....	50
5.2.1.1 สรุปผลการทดลองการเคลื่อนไหวแบบเกมพินดาบ.....	53
5.2.1.2 สรุปผลการทดลองการเคลื่อนไหวแบบเกมขับรถ.....	53
5.2.1.3 สรุปผลการทดลองการเคลื่อนไหวแบบเกมต่อยมวย.....	53
5.2.1.4 สรุปผลการทดลองการเคลื่อนไหวแบบเกมกดปุ่มต่างๆ.....	54
5.2.2 การทดลองกับโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวแบบตรวจจับทีละชุด.....	54
5.2.2.1 สรุปผลการทดลองการเคลื่อนไหวแบบเกมพินดาบ.....	57
5.2.2.2 สรุปผลการทดลองการเคลื่อนไหวแบบเกมขับรถ.....	58
5.2.2.3 สรุปผลการทดลองการเคลื่อนไหวแบบเกมต่อยมวย.....	58
5.2.2.4 สรุปผลการทดลองการเคลื่อนไหวแบบเกมกดปุ่มต่างๆ.....	59
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	60
รายการอ้างอิง.....	63
ภาคผนวก.....	65
ภาคผนวก ก รายละเอียดของแต่ละทางท่าที่ใช้ในแต่ละรูปแบบของเกมที่ใช้ในการ ทดสอบ.....	66
ภาคผนวก ข แบบสอบถาม และผลการสอบถามที่ใช้ในการทดลอง.....	74
ภาคผนวก ค อภิธานศัพท์สำหรับตัวแปรในสมการที่ใช้ในระบบ.....	77
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	79

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1	
สรุปคะแนนจากการทดลองของโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวแบบตรวจจับทีละจุด.....	52
ตารางที่ 2	
สรุปคะแนนจากการทดลองของโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวแบบตรวจจับทีละจุด.....	57
ตารางที่ 3	
เปรียบเทียบข้อแตกต่างของกล้ามเนื้อวี กับ กล้ามเนื้อเน็กซ์.....	62

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1	ตัวอย่างปากกาอินฟราเรด และหน้าต่างโปรแกรม..... 6
ภาพที่ 2	ตัวอย่างการติดตามวัตถุสองชิ้นในระนาบสามมิติ..... 7
ภาพที่ 3	ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม ซึ่งจะจำลองเพียงแค่มือของผู้ใช้..... 8
ภาพที่ 4	ตัวอย่างของเล็งที่มีตัวตรวจจับความเร่งอยู่ตามจุดที่สนใจ..... 10
ภาพที่ 5	ภาพแสดงการรับส่งสัญญาณเสียงของระบบ..... 11
ภาพที่ 6	ตัวอย่างของชุด Animazoo GypsyGyro-18 และตำแหน่งของตัวตรวจจับ ความเร่งในชุด..... 11
ภาพที่ 7	แสดงมุมมองที่วีโรโมทสามารถรับแสงอินฟราเรดได้..... 13
ภาพที่ 8	แสดงสภาวะแวดล้อมของระบบ..... 13
ภาพที่ 9	แสดงพื้นที่สุสเตอร์โอวิชั่น สามารถคำนวณระยะทางแกน Z ได้..... 14
ภาพที่ 10	แสดงวิธีการคำนวณระยะห่างแกน Z จากระยะของวัตถุในภาพจากกล้องทั้ง สอง..... 15
ภาพที่ 11	แสดงวิธีการทดลองเพื่อหาระยะโฟกัสของกล้อง..... 16
ภาพที่ 12	แสดงหลอดไฟภายในเซนเซอร์ บาร์..... 19
ภาพที่ 13	แสดงจุดที่ติดหลอดอินฟราเรด..... 20
ภาพที่ 14	การใช้ถ่านขนาดเอเอ ในการจ่ายไฟให้กับบอร์ด..... 21
ภาพที่ 15	การต่อหลอดอินฟราเรด และสายUSB..... 22
ภาพที่ 16	แสดงความยาวคลื่น และมุมที่หลอดสามารถปล่อยแสงได้..... 22
ภาพที่ 17	กลุ่มของหลอดอินฟราเรดที่ใช้..... 23
ภาพที่ 18	กำหนดหมายเลยของแต่ละจุดที่ติดหลอดอินฟราเรด..... 24
ภาพที่ 19	การเคลื่อนไหวในการบังคับพวงมาลัย และจุดที่ 5 ทับ จุดที่ 3..... 25
ภาพที่ 20	ตัวอย่างเมื่อจุดที่ 4 กับ 2 ถูกดึงโดยจุดที่ 6..... 26
ภาพที่ 21	ตัวอย่างท่าทางการพินดาบ..... 26
ภาพที่ 22	ตัวอย่างเมื่อจุดที่ 5 บังจุดที่ 2..... 27
ภาพที่ 23	ตัวอย่างท่าทางการต่อยมวย..... 28
ภาพที่ 24	ตัวอย่างการแก้ไข เมื่อเกิดความผิดพลาด..... 28
ภาพที่ 25	ตัวอย่างท่าทางการพยายามกดปุ่มต่างๆ..... 29

ภาพที่ 26	ตัวอย่างการใช้สัดส่วนของแขนเข้ามาช่วยในการเดาตำแหน่ง.....	29
ภาพที่ 27	ลักษณะสัญญาณที่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ในการกำหนดการเปิด-ปิด หลอดอินฟราเรด.....	30
ภาพที่ 28	รูปแบบการรับสัญญาณของโปรแกรมในรูปแบบต่างๆ.....	31
ภาพที่ 29	แสดงวิธีการสลัจุดโดยใช้การเคลื่อนไหวที่เป็นไปได้.....	32
ภาพที่ 30	แสดงวิธีการสลัจุดโดยใช้การคำนวณสัดส่วนของแขน.....	33
ภาพที่ 31	ตัวอย่างที่ 1 ของการแก้ไขความผิดพลาดด้วยการคำนวณสัดส่วนของแขน.....	34
ภาพที่ 32	ตัวอย่างที่ 2 ของการแก้ไขความผิดพลาดด้วยการคำนวณสัดส่วนของแขน.....	35
ภาพที่ 33	แสดงตำแหน่งที่ติดหลอดอินฟราเรดกับผู้ใช้งาน.....	36
ภาพที่ 34	แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวแบบกระพริบที่ละจุด...	38
ภาพที่ 35	แสดงขั้นตอนการประมวลผลระยะทางในรูปแบบ 3 มิติ.....	39
ภาพที่ 36	แสดงท่าทางการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งาน.....	40
ภาพที่ 37	แสดงภาพหน้าต่างโปรแกรมในงานวิทยานิพนธ์นี้.....	40
ภาพที่ 38	แสดงขั้นตอนการเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรดแบบเป็นชุด.....	41
ภาพที่ 39	แสดงวิธีการตรวจสอบเพื่อให้เกิดการเริ่มต้นใหม่.....	42
ภาพที่ 40	ลักษณะสัญญาณที่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ในการกำหนดการเปิด-ปิด หลอดอินฟราเรด สำหรับการเริ่มต้นใช้งาน.....	42
ภาพที่ 41	การทำงานของโปรแกรมในช่วงของการเริ่มต้น.....	44
ภาพที่ 42	ลักษณะสัญญาณที่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ในการกำหนดการเปิด-ปิด หลอดอินฟราเรด หลังจากกำหนดค่าที่ใช้ในการเริ่มต้นเสร็จแล้ว.....	45
ภาพที่ 43	การทำงานของโปรแกรมในช่วงของการใช้งาน.....	46
ภาพที่ 44	การทำงานของโปรแกรมในการเดาตำแหน่ง.....	48
ภาพที่ 45	แสดงท่าทางการเคลื่อนไหวแบบรวดเร็วของผู้ใช้งาน.....	49
ภาพที่ 46	การตอบสนองที่ค่อนข้างช้า ทำให้การเคลื่อนไหวไม่ราบเรียบ.....	51
ภาพที่ 47	แสดงความผิดพลาดของการใช้คาลแมนฟิลเตอร์มาช่วยในการคำนวณ.....	52
ภาพที่ 48	ตัวอย่างเมื่อวีธีโมทสองค่าตำแหน่งของบางจุดสลักัน.....	54
ภาพที่ 49	แสดงการเปรียบเทียบการเปิดใช้งานกับไม่ใช้งานคาลแมนฟิลเตอร์.....	56
ภาพที่ 50	โปรแกรมจะคอยตรวจสอบความใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น เพื่อแก้ไขเมื่อเกิดความ ผิดพลาด.....	57

ภาพที่ 51	ตัวอย่างที่1 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมพื้นดาบ.....	67
ภาพที่ 52	ตัวอย่างที่2 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมพื้นดาบ.....	67
ภาพที่ 53	ตัวอย่างที่3 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมพื้นดาบ.....	68
ภาพที่ 54	ตัวอย่างที่4 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมพื้นดาบ.....	68
ภาพที่ 55	ตัวอย่างที่1 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมซึบรถ.....	69
ภาพที่ 56	ตัวอย่างที่2 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมซึบรถ.....	69
ภาพที่ 57	ตัวอย่างที่1 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมต่อยมวย.....	70
ภาพที่ 58	ตัวอย่างที่2 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมต่อยมวย.....	70
ภาพที่ 59	ตัวอย่างที่3 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมต่อยมวย.....	71
ภาพที่ 60	ตัวอย่างที่4 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมต่อยมวย.....	71
ภาพที่ 61	ตัวอย่างที่5 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมต่อยมวย.....	72
ภาพที่ 62	ตัวอย่างที่1 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมกดปุ่มต่างๆ.....	72
ภาพที่ 63	ตัวอย่างที่2 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมกดปุ่มต่างๆ.....	73

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับควบคุมตัวละครในเกมเกิดขึ้นมากมาย โดยเฉพาะอุปกรณ์จับการเคลื่อนไหวของผู้เล่น ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์ชิ้นหนึ่งที่มีราคาถูกคือ อุปกรณ์จากบริษัทนินเทนโด(Nintendo) ที่ชื่อวีรีโมท(Wii Remote) โดยภายใน วีรีโมท จะประกอบไปด้วย กล้องรับแสงอินฟราเรด (IR) ตัวตรวจจับความเร่งสำหรับ 3 ทิศทาง และปุ่มกดต่างๆ ซึ่งตัววีรีโมทนั้นมีความถี่ในการส่งข้อมูลอยู่ที่ 100 เฮิรตซ์ ซึ่งถือว่าสูงเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ที่มีราคาเท่าๆกัน ทั้งนี้ได้มีงานวิจัยหลายงานพยายามหาวิธีการต่างๆในการประยุกต์ใช้งานวีรีโมทในรูปแบบต่างๆเพื่อรับคำสั่งจากผู้ใช้งานไปประมวลผล [1], [2] และ [3] เป็นต้น งานวิจัยส่วนใหญ่ต่างมุ่งประเด็นไปที่การประยุกต์ใช้งานวีรีโมทกับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้งานตามความสามารถหรือไม่ได้มีการเพิ่มเติมอุปกรณ์เพื่อเพิ่มความสามารถ เช่นใช้เป็นตัวกำหนดพื้นที่ในการฉายภาพจากเครื่องฉายภาพหรือใช้ติดตามวัตถุที่สนใจ โดยส่วนประกอบของวีรีโมท ที่นิยมนำมาประยุกต์การใช้งานก็คือ กล้องรับแสงอินฟราเรดและตัวตรวจจับความเร่ง (Accelerometer) ในแนวระนาบทั้ง 3 แกน แต่ยังไม่มีการขึ้นชื่อที่ประยุกต์ใช้วีรีโมทเพื่อจับการเคลื่อนไหวของวัตถุชิ้นใหญ่ที่บิดงอได้ เช่นการเคลื่อนไหวพร้อมกันของแขนทั้งสองข้างของผู้ใช้งาน

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นการค้นคว้าและนำเสนอเทคนิคและวิธีการในการสร้างระบบการจับตำแหน่งการเคลื่อนไหวของแขนมนุษย์ในมุมมองสามมิติ (3D Simulation) โดยใช้กล้องรับแสงอินฟราเรดที่มีอยู่ในตัววีรีโมทเป็นตัวตรวจจับการเคลื่อนไหว ซึ่งจะใช้หลักการสเตอริโอวิชัน (Stereo Vision) ในการประมาณระยะห่างของวัตถุกับกล้องรับแสงอินฟราเรด โดยจะใช้วีรีโมท 2 ตัวเป็นกล้องรับแสงอินฟราเรด 2 ตัว และเป็นตัวส่งข้อมูลไปที่เครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านบลูทูธ หลังจากนั้นโปรแกรมจะนำค่าตำแหน่งในแนวแกนระนาบพื้น (X-Axis) ของทั้งสองกล้องไปคำนวณหาระยะที่แตกต่าง เพื่อใช้ในการคำนวณระยะห่าง (Z-Axis) จากกล้องของวัตถุนั้นๆและจะใช้หลักการของคาลแมนฟิลเตอร์(Kalman Filter) เพื่อช่วยในการติดตาม และทำนายค่าตำแหน่งของวัตถุเมื่อตัววีรีโมทไม่สามารถรับแสงจากหลอดอินฟราเรดได้ อย่างไรก็ตามกล้องอินฟราเรดในวีรีโมท นั้นมีความสามารถที่จำกัดในการรับแสงอินฟราเรด เนื่องจากสามารถรับแสงได้สูงสุดจากจุดแสงเพียง 4 จุดในเวลาเดียวกันเท่านั้น ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการตรวจจับการเคลื่อนไหวของแขนทั้งสองแขนของผู้ใช้งาน วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงนำเสนอวิธีการจัดวางหลอดและควบคุมการเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรดเพื่อให้สามารถใช้กล้องอินฟราเรดของวีรีโมท ตรวจสอบและติดตาม

หลอดอินฟราเรดที่ติดอยู่ตามส่วนที่สำคัญของผู้ใช้งานได้มากกว่า 4 จุด และสามารถตอบสนองการเคลื่อนไหวได้อย่างรวดเร็ว (Real-Time) โดยนำเสนอวิธีการควบคุมการเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรดทั้งหมด 2 วิธี ซึ่งพัฒนาควบคู่ไปกับโปรแกรมแสดงผลการตรวจจับการเคลื่อนไหว เพื่อให้สามารถมองเห็นผลการตรวจจับได้ชัดเจน ที่ผลที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คือองค์ความรู้ในการใช้งานอุปกรณ์จับการเคลื่อนไหวที่สามารถเผยแพร่ใช้กับเกมที่มีขายตามท้องตลาดได้โดยไม่ต้องแยกชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่มากับเครื่องเล่นเกม

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวของแขนสองข้างโดยใช้วีริเมทร่วมกับการจัดการกะพริบของชุดหลอดไฟอินฟราเรด เพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของจุดที่สนใจได้มากกว่าข้อจำกัดของวีริเมท (4 จุด) โดยโปรแกรมจะสามารถคำนวณ และแสดงผลการเคลื่อนไหวในรูปแบบภาพ 3 มิติ ได้อย่างรวดเร็ว (Real-Time)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ใช้วีริเมทสองตัวในการตรวจจับแสงอินฟราเรด เพื่อนำไปประมวลผลเป็นภาพ 3 มิติ
2. การติดต่อระหว่างวีริเมทกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ใช้บลูทูธ
3. ใช้การ Synchronization ด้วยการเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรด โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการกำหนดสัญญาณการเปิด-ปิด โดยการเปิดปิดหลอดที่นำเสนอ นั้นมีสองรูปแบบ
 - การเปิด-ปิด หลอดอินฟราเรด โดยจะเปิด-ปิดทีละจุด
 - การเปิด-ปิด หลอดอินฟราเรด โดยจะเปิด-ปิดทีละชุด (1 ชุด = 4 จุด)
4. โปรแกรมแสดงผล แสดงผลเป็นสามมิติ ในรูปของเส้นและจุดที่ประกอบกันเป็นรูปร่างของแขน
5. การจัดการกับข้อมูลแสงอินฟราเรดที่วีริเมทตรวจจับได้ เพื่อให้สามารถนำข้อมูลนั้นไปแสดงเป็นรูปแขนคนไปถูกต้อง โดยที่ยังคงสามารถตอบสนองได้ทันตามเวลาจริง
6. การเคลื่อนไหวที่ตรวจจับได้นั้น เป็นการเคลื่อนไหวที่ใช้ในการบังคับเกมดังต่อไปนี้เท่านั้น

- ฟันดาบ
- ชกมวย
- ชั้บรถ
- กดปุ่มต่างๆบนหน้าจอ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ระบบการตรวจจับการเคลื่อนไหวในรูปแบบ 3 มิติที่สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของส่วนที่สำคัญของผู้ใช้งานได้มากกว่า 4 จุด ซึ่งจะสามารถเป็นระบบต้นแบบของอุปกรณ์การบังคับตัวละครด้วยร่างกายในราคาเยียมเยาว์สำหรับเกมคอมพิวเตอร์ และเกมของเครื่องนินเทนโดวีได้

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบ และพัฒนาอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในงานวิจัย
3. เขียนโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ให้สามารถรับข้อมูลตำแหน่งของแสงอินฟราเรดจาก วีรีโมท 2 อัน และนำข้อมูลไปแสดงผลได้
4. เขียนโปรแกรมลงบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมจังหวะการเปิด-ปิด หลอดอินฟราเรด 6 หลอด
5. เขียนโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ให้สามารถทำงานสอดคล้องกับสัญญาณเปิด-ปิด ที่ได้จากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ โดยการเปิด-ปิด แสงอินฟราเรดทีละจุด
6. เขียนโปรแกรมรับค่าตำแหน่งจาก วีรีโมท 2 อัน ไปประมวลผลตามหลักการสเตอริโอวิชันเพื่อให้สามารถแสดงผลในรูปแบบภาพ 3 มิติ
7. เขียนโปรแกรมประมาณค่าตำแหน่ง เมื่อวีรีโมทไม่สามารถส่งข้อมูลตำแหน่งได้ โดยใช้หลักการคาลแมนฟิลเตอร์
8. ทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

9. เขียนโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ให้สามารถทำงานสอดคล้องกับสัญญาณเปิด-ปิด ที่ได้จากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ โดยการเปิด-ปิด แสงอินฟราเรดที่ละชุด (4 หลอด)
10. ทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง
11. สรุปผลและเรียบเรียงวิทยานิพนธ์

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่สำคัญในงานวิทยานิพนธ์นี้ประกอบไปด้วย รายละเอียดของการประมาณระยะห่างของวัตถุจากกล้อง โดยใช้กล้องสองกล้อง การประมาณตำแหน่งของวัตถุเมื่อกล้องไม่สามารถตรวจจับวัตถุได้ ซึ่งมีงานวิจัยต่างๆมากมายที่ได้นำเสนอวิธีการหาค่าระยะห่าง และจัดการกับปัญหาต่างๆดังต่อไปนี้

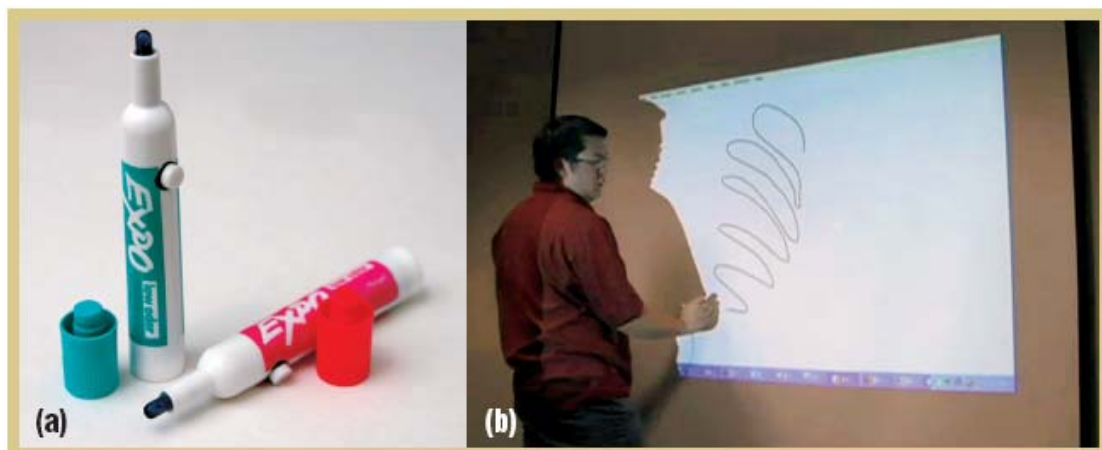
2.1 การตรวจจับการเคลื่อนไหว

การที่จะตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้ใช้ เพื่อที่จะทำให้โปรแกรมสามารถจำลองการเคลื่อนไหว หรือรับคำสั่งจากการเคลื่อนไหวได้นั้น จะต้องอาศัยความสามารถของอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการส่งข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วย ซึ่งมีงานวิจัยต่างๆมากมายที่พยายามใช้อุปกรณ์ต่างๆมาช่วย เช่น การใช้ตัวตรวจจับคลื่นแม่เหล็กมาช่วยในงานวิจัยที่ชื่อ Development of a Data Glove With Reducing Sensors Based on Magnetic Induction ของ ซี.เอส. ฟาห์น และ เฮส. ชัน [4] อุปกรณ์ที่นิยมนำมาใช้ในการตรวจจับและติดตามการเคลื่อนไหว ก็คือ กล้องชนิดต่างๆ ตัวตรวจจับการงอ และตัวตรวจจับความเร่ง (Accelerometers)

2.1.1 การตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยใช้กล้องอินฟราเรด

เนื่องจากภายในตัว วีรีโมท นั้นมีกล้องอินฟราเรดติดอยู่ประกอบกับมีความสามารถในการส่งข้อมูลผ่านบลูทูธได้ จึงมีนักวิจัยหลายคนพยายามนำความสามารถในส่วนนี้มาประยุกต์ใช้งานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น จอห์นนี่ ลี ชัง (Johnny Chung Lee) แห่งมหาวิทยาลัยคาร์เนกี เมลลอน (Carnegie Mellon University) ได้เขียนโปรแกรมขึ้นมาเพื่อประยุกต์การใช้งานตัวกล้องอินฟราเรดของ วีรีโมท เพื่อให้สามารถใช้หลอดอินฟราเรดแทนเมาส์ [1] ดังภาพที่ 1 โดยจะตั้งตัววีรีโมท ให้หันหน้าไปรับแสงอินฟราเรดที่กระดาน และดัดแปลงปากกาให้หัวปากกาเป็นหลอดอินฟราเรด จากนั้นเมื่อผู้ใช้งานต้องการเขียนข้อความ ผู้ใช้ก็จะเปิดหลอดอินฟราเรด เพื่อให้วีรีโมท รับสัญญาณอินฟราเรด แล้วลากปากกาไปตามที่ต้องการ โดยตัวโปรแกรมของจอห์นนี่จะทำการเขียนสีดำลงไปในหน้าจอตามค่าตำแหน่งที่ได้จาก วีรีโมท แม้ว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นระบบปฏิบัติการวินโดวส์เอ็กซ์พี หรือ วินโดวส์วิสตา ขึ้นไปจะรู้จัก วีรีโมท ในรูปแบบที่เป็น HID (Human Interface Device) แต่ว่าข้อมูลบางอย่างที่ได้จากตัว วีรีโมท ก็จะไม่ยังสามารถใช้งานได้ เช่น ข้อมูลจากความเร่งที่เกิดขึ้น หรือ ข้อมูลจากกล้องอินฟราเรด ทำให้ในตัวโปรแกรมของจอห์นนี่จึงจำเป็นต้องใช้ชุดคำสั่ง (Library) เพื่อช่วยในการดึงข้อมูลเหล่านั้นมาใช้งาน ซึ่งชุดคำสั่งที่ใช้มีชื่อ

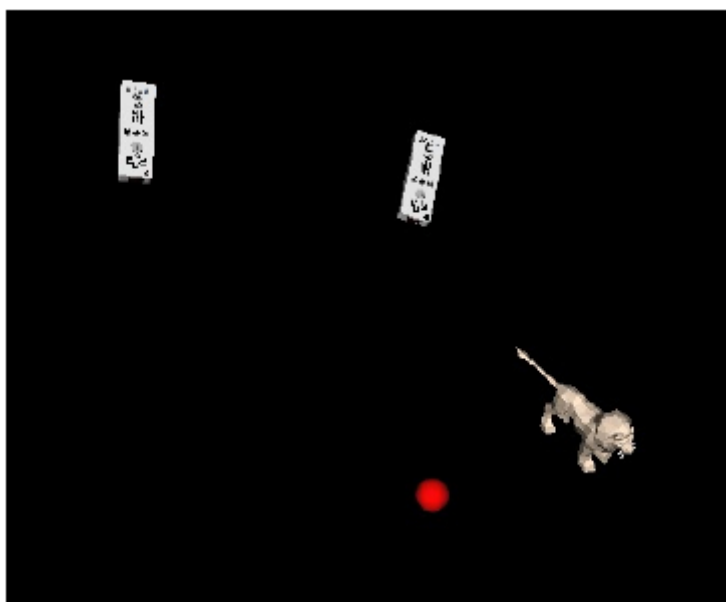
ว่า “WiimoteLib” ซึ่งพัฒนาโดย ไบรอัน पीท (Brian Peek) ซึ่งได้พัฒนาชุดคำสั่งออกมาสำหรับ ภาษาซีชาร์ป และ วิชาลเบสิก



ภาพที่ 1 ตัวอย่างปากกาอินฟราเรด และหน้าต่างโปรแกรม [1]

โปรแกรมนี้เป็นเพียงโปรแกรมตัวอย่างการใช้งานกล้องอินฟราเรดใน วีรีโมท กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ในรูปแบบ 2 มิติ โดยการใช้งาน วีรีโมท เพียงตัวเดียว ซึ่งค่าความละเอียดของกล้องใน วีรีโมท คือ 1024 x 768 พิกเซล และมีมุมมองกว้าง 45 องศา

ในงานวิจัยของ เฮล์ นิวแมน และฮาร์เลย์ [2] ได้พยายามนำวีรีโมท 2 ตัวมาใช้ในการตรวจจับ และติดตามการเคลื่อนไหวของวัตถุ 2 สิ่ง ซึ่งใช้หลอดอินฟราเรด 4 หลอด โดยจะกำหนดให้ วัตถุชิ้นแรกมีหลอดอินฟราเรดติดอยู่ 1 หลอด และวัตถุชิ้นที่สองมีหลอดอินฟราเรดติดอยู่ 3 หลอด จากนั้นก็จะใช้ทฤษฎีสเตอร์ไอวิชัน ในการคำนวณระยะ 3 มิติ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการติดตามวัตถุสองชิ้นในระนาบสามมิติ [2]

จากภาพที่ 2 จุดวงกลมจะเป็นวัตถุชิ้นแรก ซึ่งจะถูกลดตั้งหลอดอินฟราเรดไว้ 1 หลอด และโมเดลสัตว์ในรูปแบบจะเป็นวัตถุที่สองซึ่งจะถูกลดตั้งหลอดอินฟราเรดไว้ 3 หลอด

ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้ แม้ว่าจะใช้วีธีโมทในการจับตำแหน่งของวัตถุที่สนใจ แต่ก็จะสามารถจับได้เพียงแค่อ่างมาก 4 จุด เท่านั้น ซึ่งก็เป็นไปตามข้อจำกัดของตัววีธีโมท แต่อย่างไรก็ตามแนวคิดในการคำนวณระยะทาง 3 มิติก็ยังคงที่จะสามารถนำมาใช้กับงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้

2.1.2 การตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยใช้ตัวตรวจจับการงอ

งานวิจัยของ เดลเลอร์ เอิบเบอर्ट เบนเดอร์ และ ฮาเกน [5] ใช้อุปกรณ์สำเร็จภาพที่มีขายอยู่ในท้องตลาด ที่มีลักษณะเป็นถุงมือ ซึ่งมีความสามารถในการใช้งานร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ อุปกรณ์นี้มีชื่อว่า “พี5 โกลฟ” ซึ่งตัว พี5 จะประกอบไปด้วยตัวตรวจจับการงอ (Bend or Flex Sensor) 5 อันซึ่งจะแนบอยู่กับนิ้วของผู้ใช้งาน และจะมีตัวส่งสัญญาณแสงอินฟราเรด ติดอยู่ที่บริเวณหลังมือของผู้ใช้งาน เพื่อใช้ในการบอกตำแหน่ง ซึ่งตัวถุงมือ พี5 จะมีสายต่อกับเครื่องรวบรวมสัญญาณข้อมูล (Based Station) และเครื่องรวบรวมสัญญาณก็จะมีสายไปต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตยูเอสบี อีกทีหนึ่ง

งานวิจัยที่กล่าวถึงนี้ทำการทดลองด้วยการสร้างห้องจำลองออกมาให้ผู้ใช้งานได้ใช้ตัวถุงมือ P5 ในการทำกิจกรรมต่างๆดังภาพที่ 3 ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเคลื่อนไหวมือไปตามจุดต่างๆในโปรแกรมได้ แต่ว่าระบบไม่สามารถรองรับการหมุนของมือได้ แม้ว่าตัวถุงมือ P5 จะสามารถตรวจจับการหมุนของมือ จากนั้นการใช้การเคลื่อนไหวของนิ้วจะเป็นการออกคำสั่ง เช่น หยิบของ ปลดของ หรือ กดปุ่ม ฯลฯ แต่ก่อนการใช้งานจะต้องมีการสร้างฐานข้อมูลสำหรับผู้ใช้นั้นๆทุกครั้ง

แม้ว่าตัวโปรแกรมจะสามารถบอกตำแหน่งของถุงมือ P5 ได้แต่ก็เป็นเพียงการบอกตำแหน่งในมุมมอง 2 มิติเท่านั้น ไม่สามารถบอกในแนวลึกเข้าหาเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ และเนื่องจากการงอของตัวตรวจจับการงอ (Flex Sensor) จะส่งสัญญาณมาว่าตัวมันงอมากน้อยเพียงใด แต่ไม่สามารถบอกได้ว่างอของส่วนใด ทำให้ต้องมีการสร้างฐานข้อมูลเพื่อกำหนดสัญญาณเข้ากับท่าทางการเคลื่อนไหว เพื่อให้แสดงผลได้ใกล้เคียงที่สุด

ในการประยุกต์ใช้เพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของแขนนั้นความไม่แน่นอนในการระบุส่วนที่อาจไม่มีผลมากนักเนื่องจากสามารถแยกส่วนตัวตรวจจับการงอเพื่อติดกับส่วนสำคัญแยกต่างหากจากกันได้ แต่เนื่องจากต้นแขนและข้อศอกมีมุมการเคลื่อนไหวในระนาบสามมิติที่กว้างกว่านิ้วมือมาก เช่น การงอข้อศอกเป็นมุมฉากนั้น ตัวแขนท่อนล่างอาจชี้ไปได้ตามมุมต่างๆกันได้กว้างเกินเก้าสิบองศา ซึ่งมุมที่ต่างกันนี้ไม่สามารถถูกตรวจจับได้ด้วยตัวตรวจจับการงอเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ตัวตรวจจับการงอยังไม่สามารถจับการเคลื่อนไหวที่ของท่อนแขนได้ จำเป็นต้องใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่งของท่อนแขนด้วย ซึ่งการที่ต้องใช้เซ็นเซอร์หลายชนิดจะเป็นการเพิ่มความไม่สะดวกและค่าใช้จ่ายในการใช้งานเมื่อนำไปใช้กับเกมจริง ดังนั้นงานวิทยานิพนธ์นี้จึงไม่ได้เลือกใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการงอ



ภาพที่ 3 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม ซึ่งจะจำลองเพียงแค่มือของผู้ใช้ [5]

2.1.3 การตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยใช้ตัวตรวจจับความเร่ง

งานวิจัยของ โรนิต สไลป์เปอร์ และ เจสซีก้า เค. ฮอดกินส์ [6] ทำชุดขึ้นมาสำหรับให้ ผู้ใช้งานสวมใส่ในระหว่างการใช้งาน ดังภาพที่ 4 ซึ่งในแต่ละจุดวงกลมสีแดงจะเป็นตำแหน่งที่มีตัวตรวจจับความเร่งฝังอยู่ ซึ่งจะมีตัวตรวจจับการเคลื่อนไหวทั้งหมด 5 ตัว ส่วนรูปด้านขวาจะเป็นการจัดเรียงสายไฟภายในเสื้อ ในระหว่างการใช้นั้น ทุกๆครั้งที่เสื้อส่งข้อมูลการเคลื่อนไหวของแต่ละจุดมายังเครื่องคอมพิวเตอร์ ตัวโปรแกรมจะนำค่าที่ได้รับไปประมวลผลกับข้อมูลที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล (Database) เพื่อให้ได้การเคลื่อนไหวที่เหมือนจริงมากที่สุด แต่ถ้าการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นไม่เคยถูกบันทึกในฐานข้อมูลมาก่อนโปรแกรมจะนำข้อมูลปัจจุบัน และข้อมูลย้อนหลังไป 128 เฟรม ไปเทียบหาข้อมูลที่ใกล้เคียงที่สุดในฐานข้อมูล โดยใช้ความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (Linear) ซึ่งจะเทียบค่าในทุกๆ 10 เฟรม การส่งข้อมูลการเคลื่อนไหวของแต่ละตำแหน่งของเสื้อนั้น จะส่งผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านสายยูเอสบี ซึ่งจะมีช่วงเวลาการล่าช้าของข้อมูลในแต่ละช่วงคือ 5 มิลลิวินาที และ 8 มิลลิวินาที ตามลำดับ

ข้อมูลค่าตำแหน่งของผู้ใช้งานในฐานข้อมูลนั้น จะได้มาจากช่วงของการปรับและตั้งค่าการใช้งาน (Calibration) ในช่วงการทำงานนี้ค่าตำแหน่งและการเคลื่อนไหวของแต่ละจุดจะไม่ได้มาจากตัวตรวจจับความเร่ง แต่จะมาจากการใช้กล้องในการตรวจจับ และติดตามการเคลื่อนไหว ซึ่งในช่วงการปรับและตั้งค่านี้อาจต้องพยายามเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวในท่าทางต่างๆ ให้ได้มากที่สุดเพราะในระหว่างการใช้งานจะไม่มีกรนำข้อมูลการเคลื่อนไหวที่ยังไม่มีในฐานข้อมูลลงไปเก็บเพิ่มเติม

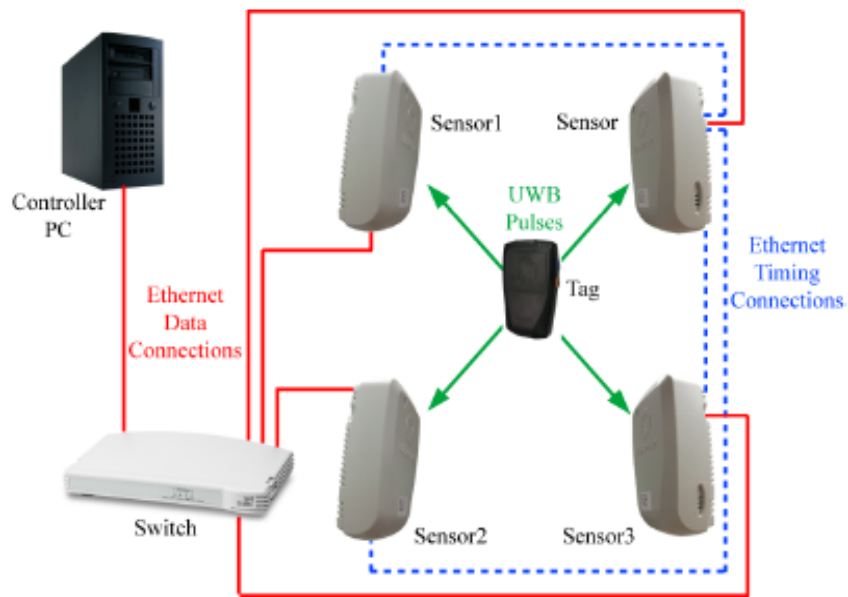


ภาพที่ 4 ตัวอย่างของเสื้อที่มีตัวตรวจจับความเร่งอยู่ตามจุดที่สนใจ [6]

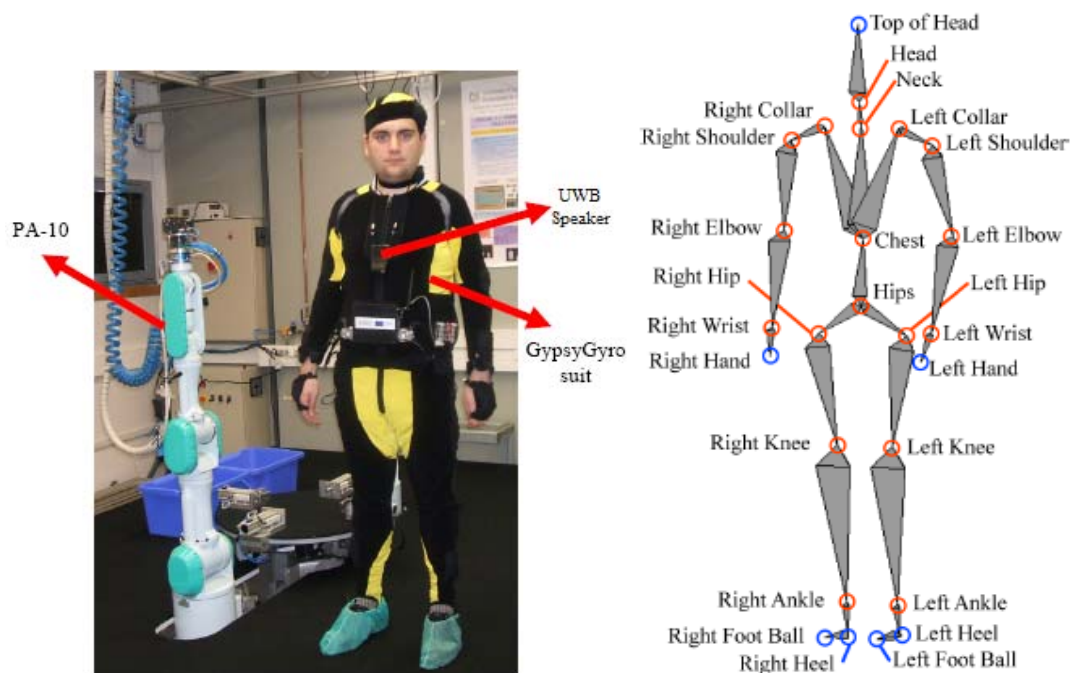
งานวิจัยนี้จะเหมาะกับงานที่ผู้ใช้ค่อนข้างที่จะเคลื่อนไหวช้าๆ และเคลื่อนไหวด้วยความเร็วคงที่ โดยที่ก่อนใช้งานจะต้องมีการสร้างฐานข้อมูลสำหรับผู้ใช้คนนั้นๆ โดยการบันทึกข้อมูลด้วยกล้องซึ่งถึงแม้ว่าจะได้ฐานข้อมูลที่เหมาะสมกับผู้ใช้คนนั้นๆ แล้ว แต่ระบบก็ยังไม่สามารถบ่งบอกตำแหน่งที่อยู่ของผู้ใช้งานได้อยู่ดี รวมไปถึงตอนเริ่มต้นการใช้งานผู้ใช้จะต้องอยู่ในท่าเริ่มต้นที่กำหนดไว้เท่านั้น เพราะในการใช้งานจริงจะใช้ตัวตรวจจับความเร่ง ซึ่งจะบอกได้เพียงแค่ลักษณะการเคลื่อนไหวของผู้ใช้เท่านั้น จะเห็นได้ว่าตำแหน่งที่ถูกต่อนั้น ยังคงต้องอาศัยกล้องในการตรวจจับ ดังนั้นการใช้กล้องจับหลอดไฟอินฟราเรดไปเลยโดยไม่ต้องใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่งจึงน่าจะมีความเหมาะสมมากกว่า ซึ่งงานวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้กล้องของวีริโมท ถึงแม้ว่าภายในตัววีริโมทจะมีตัวตรวจจับความเร่งอยู่แต่ถ้าจะใช้ความสามารถในส่วนนี้เข้ามาติดตามการเคลื่อนไหวก็จะทำให้ผู้ใช้งานเกิดความยุ่งยากเนื่องจากตัววีริโมทมีขนาดใหญ่เกินไปที่จะนำมาติดตามจุดต่างๆ ของร่างกาย

2.1.4 การตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยใช้ตัวส่งสัญญาณเสียง

งานวิจัยของ โครราเรส แคนดิลาส และ ตอร์เรส [7] ได้สร้างระบบที่ประกอบไปด้วยตัวรับสัญญาณเสียง 4 จุด ตามมุมดังภาพที่ 5 โดยผู้ใช้งานจะต้องสวมชุดที่ประกอบไปด้วยตัวส่งสัญญาณเสียง Ultra-Wide Band (UWB) และตัวตรวจจับความเร่งตามจุดต่างๆ ที่สนใจ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ชุดสำเร็จภาพที่มีขายทั่วไปที่ชื่อ Animazoo GypsyGyro-18 และมีตำแหน่งของตัวตรวจจับความเร่งอยู่ตามจุดวงกลมดังภาพที่ 6 ในการใช้งานจริงตัวส่งสัญญาณเสียงจะส่งสัญญาณอยู่ตลอดเวลา เพื่อบ่งบอกตำแหน่งของผู้ใช้งานภายในพื้นที่ที่กำหนด และข้อมูลการเคลื่อนไหวต่างๆ จะได้จากตัวตรวจจับความเร่งตามจุดต่างๆ ที่สนใจ แต่เนื่องจากในงานวิจัยนี้ใช้ตัวตรวจจับความเร่งอยู่หลายจุดจึงทำให้เกิดการล่าช้าของข้อมูล ในงานวิจัยนี้จึงได้นำคาลแมนฟิลเตอร์ (Kalman Filter) เข้ามาช่วยในการทำนายการเคลื่อนไหวของผู้ใช้ และใช้คาลแมนฟิลเตอร์เข้ามาช่วยในการบ่งบอกตำแหน่งของผู้ใช้งานภายในพื้นที่ที่กำหนด



ภาพที่ 5 ภาพแสดงการรับส่งสัญญาณเสียงของระบบ [7]



ภาพที่ 6 ตัวอย่างของชุด Animazoo GypsyGyro-18 และตำแหน่งของตัวตรวจจับความเร่งในชุด

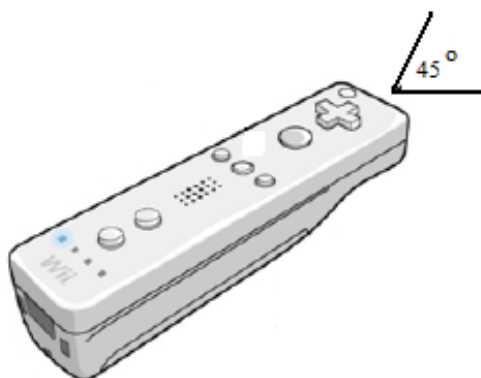
[7]

งานวิจัยนี้แม้ว่าจะใช้ตัวส่งสัญญาณเสียงเข้ามาช่วยในการบอกตำแหน่งที่อยู่ของผู้ใช้งานภายในพื้นที่ที่กำหนด แต่ใช้อุปกรณ์หลายชนิด, มีราคาค่อนข้างแพง, และไม่สะดวกในการสวมใส่

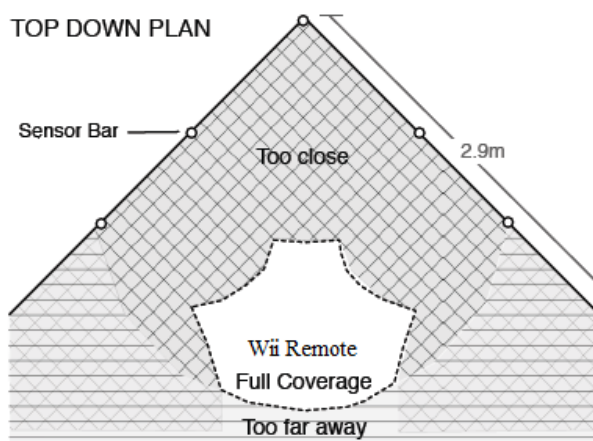
ใช้งาน โดยเฉพาะกับการเล่นเกมจริง นอกจากนี้การใช้งานจะต้องใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่ต้องมีการควบคุมอย่างมาก เพราะตัวเซนเซอร์รับสัญญาณเสียงที่ติดอยู่ที่ทั้ง 4 มุม จะประมวลผลผิดพลาดได้ง่าย ถ้าเกิดเสียงจากแหล่งอื่นมารบกวน หรือแม้กระทั่งเกิดการสะท้อนของตัวส่งสัญญาณเสียงของตัวเอง นอกจากนี้ทุกๆครั้งที่จะเริ่มใช้งานระบบในงานวิจัยนี้ ผู้ใช้ต้องอยู่ในท่าที่กำหนดสำหรับการเริ่มต้น เพราะในงานวิจัยนี้ใช้ตัวตรวจจับความเร่ง จึงบอกได้เพียงแค่ว่าลักษณะการเคลื่อนไหวของผู้ใช้เท่านั้น การใช้งานตัวตรวจจับความเร่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจ และอาจจะนำมาเพิ่มเติมกับงานในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ แต่เนื่องจากวีรีโมทมีขนาดใหญ่เกินไปจึงไม่เหมาะที่จะนำมาติดกับผู้ใช้ในส่วนต่างๆ นอกจากนี้ การแยกส่วนวีรีโมทยังเป็นสิ่งที่บุคคลทั่วไปไม่สามารถทำได้ง่าย ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเลือกใช้กล่องของวีรีโมทเท่านั้น

2.2 การประยุกต์การใช้ วีรีโมท ในการควบคุมตัวละครในเกมบนเครื่องคอมพิวเตอร์

ในงานวิจัยของ ที สโค และ เฮช การ์ดเนอร์ [8] พวกเขาได้สร้างระบบขึ้นมาเพื่อให้ใช้งานวีรีโมทควบคุมตัวละครในเกมได้ในมุมมองที่กว้างขึ้น โดยปกติวีรีโมท จะสามารถรับแสงจากแท่งเซ็นเซอร์ (Sensor Bar) ที่อยู่ภายในมุม 45 องศาของตัว วีรีโมท เท่านั้นดังภาพที่ 7 ในระบบการทำงานตัววีรีโมท จะติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านการติดต่อแบบบลูทูธซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์จะมองเห็นวีรีโมท เป็นอุปกรณ์ Human Interface Device (HID) ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่ได้มีการสร้างโปรแกรมขึ้นมาแต่อย่างใด แต่จะใช้เกมที่มีขายอยู่ทั่วไปตามท้องตลาด โดยที่ตัว วีรีโมท จะถูกใช้งานแทนเมาส์และคีย์บอร์ดเพื่อควบคุมตัวละครในเกม แต่เนื่องจากมุมมองในการรับแสงของกล่องรับแสงอินฟราเรดในวีรีโมทนั้นสามารถมีเพียง 45 องศา ในงานวิจัยนี้จึงใช้เซ็นเซอร์บาร์เพิ่มขึ้นเป็น 5 อัน เพื่อที่จะทำให้ วีรีโมทสามารถหมุนได้มากกว่า 45 องศา ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 7 แสดงมุมมองที่วีรีโมทสามารถรับแสงอินฟราเรดได้

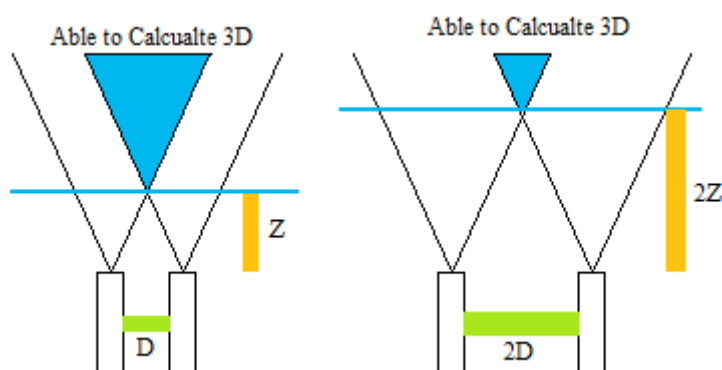


ภาพที่ 8 แสดงสภาวะแวดล้อมของระบบ [8]

งานวิจัยนี้แม้ว่าจะใช้ LEDs มากกว่า 4 จุด แต่ว่า ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง การจัดระยะห่างจะทำให้ตัววีรีโมทมองเห็นและนำไปคำนวณระยะเพียง 2 จุดเท่านั้น การที่ใช้ LEDs มากกว่า 4 จุดทำไปเพียงเพื่อเพิ่มมุมมองเท่านั้น อย่างไรก็ตาม การใช้ LEDs เกิน 4 จุด แต่เห็นทีละไม่เกิน 4 จุดในช่วงเวลาหนึ่งๆนี้ เป็นแนวคิดที่น่าสนใจ โดยในงานวิทยานิพนธ์นี้จะใช้หลอดไฟมากกว่า 4 จุด แต่จะใช้การกระพริบไฟให้กล้องมองเห็นเพียง 4 จุดในช่วงเวลาหนึ่งๆเท่านั้น

2.3 สเตอริโอวิชัน (Stereo Vision)

การคำนวณตำแหน่งในรูปแบบ 3 มิติ ในงานวิทยานิพนธ์นี้จะทำโดยการใช้กล้องอินฟราเรดในเครื่องวีรีโมท 2 ตัว จากนั้นจะนำข้อมูลจาก วีรีโมททั้งสองมาคำนวณพิกัดในระนาบ 3 มิติ โดยการประมาณระยะห่างของวัตถุกับกล้องนั้นจะได้อาจารยะห่างของวัตถุบนภาพของกล้องทั้งสอง ซึ่งความแม่นยำในการหารยะห่างของวัตถุกับกล้องนั้นจะขึ้นอยู่กับระยะห่างของการวางกล้องทั้งสองตัว ถ้าวางกล้องทั้งสองตัวห่างกันมาก ความแม่นยำในการประมาณระยะก็จะมากขึ้นแต่พื้นที่ๆสามารถคำนวณระยะในรูปแบบ 3 มิติก็จะน้อยลงดังภาพที่ 9 ซึ่งการที่จะใช้งานสเตอริโอวิชันนั้นก็ยังมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น การใช้กล้องสองกล้องที่เหมือนกัน [9] และ [10], การใช้กล้องเดี่ยวเคลื่อนไหวแทนการใช้กล้องสองกล้อง [11] หรือ การใช้งานกล้องสองกล้องที่มีความเร็วชัดเตอร์แตกต่างกันมาก [12] สำหรับงานวิทยานิพนธ์นี้ ได้เลือกใช้วิธีการสำหรับกล้องที่เป็นชนิดเดียวกันเนื่องจากเป็นกล้องที่ติดกับวีรีโมททั้งสองตัว สามารถหาซื้อได้ง่ายและนำมาใช้งานได้ทันทีไม่ต้องผ่านการดัดแปลง



ภาพที่ 9 แสดงพื้นที่ๆสเตอริโอวิชั่น สามารถคำนวณระยะทางแกน Z ได้

วิธีการคำนวณหาระยะห่างของวัตถุจากกล้อง โดยใช้ระยะห่างของวัตถุบนภาพของกล้อง ทั้งสองที่มีคุณสมบัติเดียวกันนั้นหาได้จากสมการ (2.1) [9]

$$Z = \frac{BF}{X_l - X_r} \approx \frac{BF}{DK} = \frac{BC}{D} \quad (2.1)$$

โดยที่ Z คือ ระยะห่างจากกล้องของวัตถุในแกน Z

B คือ ระยะห่างของที่วางกล้องทั้งสอง

F คือ ระยะโฟกัส

X_l คือ ระยะห่างจริงจากกล้องของวัตถุในแกน X ของกล้องซ้าย

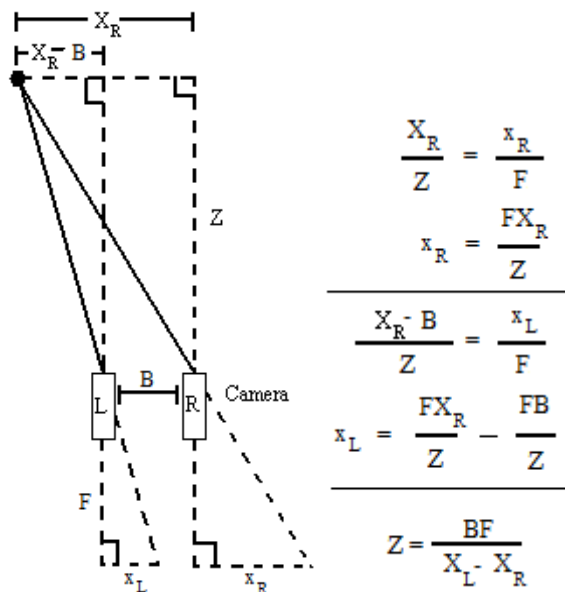
X_r คือ ระยะห่างจริงจากกล้องของวัตถุในแกน X ของกล้องขวา

D คือ ความแตกต่างในแกน X ของภาพจากกล้องทั้งสอง

K คือ ค่าขนาดจุดพิกเซลต่อระยะทาง

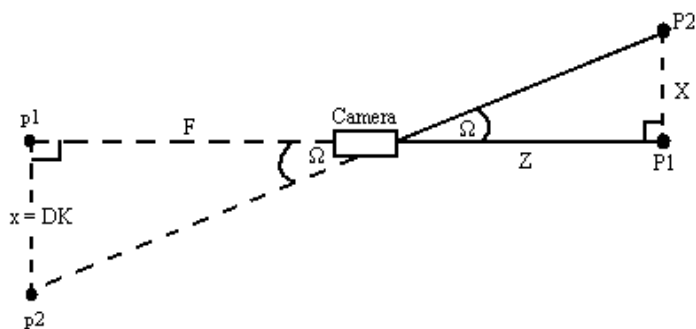
C คือ ค่าคงของการปรับค่า (Calibration Constant)

ซึ่งค่า C มีค่าเท่ากับระยะโฟกัสหารด้วยค่าขนาดจุดพิกเซลต่อระยะทาง ในภาพที่ 10 จะแสดงวิธีการคำนวณระยะห่างจากค่าความแตกต่างของภาพจากกล้องซ้ายกับกล้องขวา



ภาพที่ 10 แสดงวิธีการคำนวณระยะห่างแกน Z จากระยะของวัตถุในภาพจากกล้องทั้งสอง

จากสมการ (2.1) การที่จะประมาณระยะในแกน Z ได้จะต้องรู้ระยะโฟกัสของกล้องที่ใช้ ก่อนซึ่งระยะโฟกัสในงานวิจัยนี้จะหาได้จากการทดลองแบบ Active Process ของงานวิจัยที่ชื่อ Active/Dynamic Stereo Vision ของ อี. กอสโซ่ และ เอ็ม เทสทาเรลลี [13] โดยมีหลักการทำงาน คือ กำหนดที่อยู่ของจุดที่สนใจสองจุด แล้วเก็บค่าตำแหน่งของจุดที่สนใจทั้งสองจุดที่กล้องมองเห็น จากนั้นก็ใช้สามเหลี่ยมคล้ายในการหาระยะโฟกัส ดังภาพที่ 11 ทำให้สามารถหาระยะโฟกัสได้จากสมการ (2.2) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของระยะภาพ และระยะวัตถุแล้ว ก็จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ (2.3)



ภาพที่ 11 แสดงวิธีการทดลองเพื่อหาระยะโฟกัสของกล้อง

$$\tan\Omega = \frac{x}{F} \quad (2.2)$$

$$\tan\Omega = \frac{X}{Z} = \frac{x}{F} \quad (2.3)$$

โดยที่ Ω คือ มุมที่เปลี่ยนไปของวัตถุ

X คือ ระยะที่เปลี่ยนไปจริงในแกน X ของวัตถุ

Z คือ ระยะห่างจริงระหว่างกล้องกับวัตถุ

x คือ ระยะห่างในแกน X ที่กล้องมองเห็นในระยะภาพ

F คือ ระยะโฟกัสของกล้อง

จากภาพที่ 10 จะเห็นว่า ค่าขนาดจุดพิกเซลต่อระยะทาง (K) จะแปรผันตามระยะห่างในแกน Z ของวัตถุ กล่าวคือ เมื่อวัตถุอยู่ใกล้กับกล้องมากขึ้น ค่า K ก็จะมีค่ามากขึ้นตาม ทำให้ทุกครั้งที่มีการหาค่าระยะห่างของวัตถุจากกล้อง เมื่อได้ค่าระยะในแกน Z แล้ว จะต้องนำค่าระยะห่างกลับมากลึงหาค่าขนาดจุดพิกเซลต่อระยะทางด้วยทุกครั้ง ตามสมการ (2.4)

$$K = \frac{F}{Z} \quad (2.4)$$

2.4 คาลแมนฟิลเตอร์ (Kalman Filter)

คาลแมนฟิลเตอร์เป็นกระบวนการที่นิยมใช้ในการลดค่าความผิดพลาดของระบบ ซึ่งมีหลักการทำงานเป็นแบบวนทำซ้ำไปเรื่อยๆ (Recursive) ซึ่งผลลัพธ์ที่จะได้จากการใช้คาลแมนฟิลเตอร์จะมาจากผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในอดีตของระบบคุณกับค่าลักษณะของตำแหน่งปัจจุบัน ซึ่งมีความวิจัยในหลายด้านที่เลือกนำเอาคาลแมนฟิลเตอร์มาช่วยในการทำงาน เช่น ระบบติดตาม และนำทาง (Navigation), การแสดงกราฟฟิกต่างๆ, และการทำนายการเคลื่อนไหวของวัตถุ (Motion Prediction) ในงานวิทยานิพนธ์นี้จะนำเอาหลักการคาลแมนฟิลเตอร์มาใช้ช่วยในการหาค่าตำแหน่งของวัตถุเมื่อกล้องของระบบไม่สามารถรับแสงได้ เนื่องจากหลักการ คาลแมนฟิลเตอร์สามารถคำนวณค่าผลลัพธ์ได้อย่างรวดเร็ว (Real Time) และสามารถนำมาใช้ได้เลย โดยไม่จำเป็นต้องกำหนดลักษณะ และการเคลื่อนไหวที่เป็นไปได้ของวัตถุ (Unknown Model)

วิธีการคำนวณของคาลแมนฟิลเตอร์จะเริ่มจากสมการตั้งต้นของคาลแมน ดังสมการ (2.5) [14]

$$x_t = Ax_{t-1} + Bu_{t-1} + w_{t-1} \quad (2.5)$$

โดยที่ x_t คือ ค่าตำแหน่งตามเวลา t

u คือ เวกเตอร์การเคลื่อนไหวตามเวลา t

A คือ เมตริกค่าลักษณะแต่ละจุดของวัตถุ

B คือ เมตริกค่าลักษณะการเคลื่อนไหวในแต่ละจุดของวัตถุ

w คือ ค่าความผิดพลาดจากสิ่งรบกวน (Noise)

ในงานวิทยานิพนธ์นี้กำหนดให้การเคลื่อนไหวของวัตถุนั้นสามารถเป็นไปได้อย่างอิสระ ทำให้ค่า A ไม่มีผลกับสมการ จากนั้นถ้าสมมติให้การเคลื่อนที่ของวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ก็จะทำให้ค่า B ไม่มีผลกับสมการ และถ้าเราไม่สนใจค่าความผิดพลาดจากสิ่งรบกวน (Noise) ก็จะทำให้ค่า w เป็น 0 ซึ่งก็จะได้สมการ (2.6) [15]

$$x_t = x_{t-1} + v_{t-1}dt \quad (2.6)$$

โดยที่ v_t คือ ความเร็วที่เวลา t

จากสมการ (2.6) เราจะสามารถประมาณค่าตำแหน่งที่เวลา t ของวัตถุที่สนใจได้ เมื่อเรารู้ตำแหน่งของวัตถุในภาพที่เวลา $t-1$ และความเร็วที่เวลา $t-1$ ซึ่งความเร็วที่เวลา $t-1$ นั้นก็สามารถหาได้โดยใช้ตำแหน่งของวัตถุที่เวลา $t-2$ กับ $t-1$ ดังสมการ (2.7)

$$v_{t-1} = x_{t-1} - x_{t-2} \quad (2.7)$$

โดยที่หน่วยของ v จะเป็น pixel/frame

การคำนวณระยะในระบบ 3 มิติ โดยการใช้หลักการสเตอริโอวิชั่นในงานวิทยานิพนธ์นี้ จะไม่สามารถคำนวณระยะของทั้ง 3 แกน ได้ในกรณีดังต่อไปนี้

1. กล้องซ้ายสามารถรับแสงอินฟราเรด แต่กล้องขวาไม่สามารถรับแสงอินฟราเรด
2. กล้องขวาสามารถรับแสงอินฟราเรด แต่กล้องซ้ายไม่สามารถรับแสงอินฟราเรด
3. กล้องทั้งสองไม่สามารถรับแสงอินฟราเรด

โดยปกติแล้วเมื่อเกิดเหตุการณ์เหล่านี้ โปรแกรมจะคำนวณระยะผิดพลาด หรือไม่สามารถคำนวณระยะทางได้ทำให้โปรแกรมไม่สามารถแสดงการเคลื่อนไหวของผู้เล่นได้อย่างต่อเนื่อง โดยในงานวิทยานิพนธ์นี้จะนำเอาหลักการ คาลแมนฟิลเตอร์มาช่วยในการติดตาม และประมาณตำแหน่งการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งานในเวลานั้นๆ

2.5 วีรีโมท

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ วีรีโมทเป็นตัวตรวจจับการเคลื่อนไหว เนื่องจากตัว วีรีโมท มีกล้องรับแสง และมีความถี่ในการส่งข้อมูลอยู่ที่ 100 เฮิร์ตซ์ ซึ่งสูงกว่าอุปกรณ์ในราคาเดียวกัน เช่นกล้องเว็บแคมส่วนใหญ่จะมีความถี่อยู่ที่ 30 เฮิร์ตซ์ ประกอบกับความสามารถในการติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านบลูทูธทำให้มีความง่าย และสะดวกในการใช้งานมากกว่าการใช้กล้องชนิดอื่นที่ต้องติดต่อผ่านสายยูเอสบี นอกจากนี้ การใช้งานวีรีโมทยังสามารถนำไปประยุกต์กับเกมของเครื่องเล่นเกมวี ได้โดยตรงอีกด้วย

ในการติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ระบบปฏิบัติการส่วนใหญ่ เช่นวินโดวส์วิสตา แมคโอเอส วินโดวส์เอ็กซ์พี หรือวินโดวส์เจ็ด จะรู้จักตัววีรีโมทอยู่แล้วทำให้สามารถทำการเชื่อมต่อได้โดยโดยไม่ต้องลงไดรเวอร์เพิ่มเติม ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์จะมองเห็นวีรีโมทเป็นอุปกรณ์ HID

ภายในวีรีโมทจะประกอบไปด้วยตัวตรวจจับความเร่งทั้งสามแกน (ADXL 330 model) มอเตอร์สำหรับการสั่น ปุ่มกดต่างๆ ตัวส่งสัญญาณบลูทูธ และกล้องรับแสง โดยที่หน้ากล้องรับแสงของวีรีโมทจะมีตัวกรองแสงอินฟราเรด (Infrared Filter) กั้นอยู่ ทำให้แสงที่จะผ่านตัวกรองแสงได้นั้นจะต้องอยู่ในช่วงตั้งแต่ประมาณ 900 nm ขึ้นไป และมุมมองในการรับแสงอยู่ที่ 45 องศา [1] ดังภาพที่ 6 โดยปกติแล้วกล้องรับแสงในตัว วีรีโมทจะสามารถตรวจจับและติดตามแสงอินฟราเรดได้พร้อมกัน 4 จุด ซึ่งในการใช้งานปกติของวีรีโมทกับเครื่องวินโดวส์ ตัว วีรีโมทจะรับสัญญาณแสงอินฟราเรดจากอุปกรณ์ตัวหนึ่งที่ชื่อ เซนเซอร์บาร์ (Sensor Bar) โดยในตัวเซนเซอร์บาร์จะประกอบไปด้วยหลอดอินฟราเรด 10 หลอด โดยจะแบ่งหลอดออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 5 หลอด ดังภาพที่ 12 โดยแต่ละหลอดใน 5 หลอดนี้จะหันไปตามมุมต่างๆ เพื่อให้ วีรีโมทสามารถตรวจจับแสงได้ในหลายมุมมอง ซึ่งตัววีรีโมท จะมองเห็นหลอดอินฟราเรดทั้ง 10 หลอด เป็นแสงอินฟราเรดแค่ 2 แสง ทำให้เครื่องวีสามารถคำนวณตำแหน่งของวีรีโมทในรูปแบบสามมิติได้ โดยใช้หลักการของสเตอริโอวิชั่น ซึ่งระยะที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานคือ 6 – 10 ฟุต [16]

การตรวจจับและติดตามแสงอินฟราเรดพร้อมกัน 4 จุด อาจเพียงพอสำหรับการบอกตำแหน่งของ วีรีโมท กับเครื่องวี แต่ในทางกลับกัน ถ้าเราต้องการติดตามตำแหน่งของร่างกายผู้ใช้ โดยให้วีรีโมทตั้งอยู่กับที่ แล้วติดหลอดอินฟราเรดกับผู้ใช้แทน การตรวจจับและติดตามแสงอินฟราเรดพร้อมกัน 4 จุดจะไม่เพียงพอสำหรับการตรวจจับการเคลื่อนไหวของส่วนที่สำคัญๆของ

ร่างกายของผู้ใช้งาน ยกตัวอย่างเช่น ในการติดตามการเคลื่อนไหวของแขนทั้งสองแขน ถ้าจะให้เห็นตำแหน่งของไหล่และแขนทั้งท่อนบนและล่าง จะต้องใช้จุดแสงอินฟราเรดอย่างน้อย 6 จุด ในงานวิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอวิธีการที่จะทำให้ วีรีโมทสามารถตรวจจับ และติดตามหลอดอินฟราเรดได้มากกว่า 4 จุดในการจับการเคลื่อนไหวของแขนทั้งสองข้าง เพื่อการบังคับตัวละครในเกม

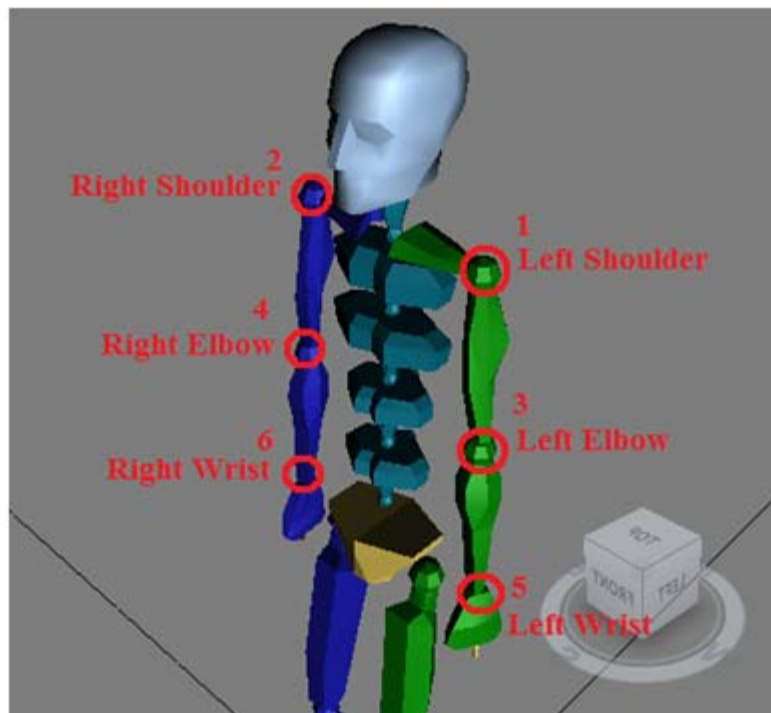


ภาพที่ 12 แสดงหลอดไฟภายในเซนเซอร์ บาร์

บทที่ 3

แนวคิดและวิธีการดำเนินงาน

ในงานวิทยานิพนธ์นี้จะทำการออกแบบ พัฒนา และทดสอบการทำงานของโปรแกรมตรวจจับการเคลื่อนไหวของแขนของผู้ใช้งาน ซึ่งจะติดหลอดอินฟราเรดไว้ตามจุดที่สำคัญที่สนใจทั้งหมด 6 จุด เนื่องจากเป็นจำนวนที่น้อยที่สุดที่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของแขนคนทั้งสองได้อย่างสมบูรณ์ เพราะติดตามข้อต่อของแขนและไหล่ ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกรำคาญน้อยที่สุด เพราะติดน้อยที่สุด นอกจากนี้ เนื่องจากงานวิทยานิพนธ์นี้ใช้การกระพริบของแสงในการทำให้รับแสงอินฟราเรดได้มากกว่า 4 จุด การใช้จำนวนจุดน้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้จะส่งผลให้เกิดการตอบสนองที่ดีมากที่สุดเช่นกัน ดังภาพที่ 13 โดยจะใช้กล้องรับแสงที่มีอยู่ภายในวีริโมท ซึ่งจะใช้ทั้งหมด 2 ตัว เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลจากวีริโมททั้งสองมาคำนวณระยะและแสดงผลในรูปแบบ 3 มิติ โดยใช้หลักการสเตอริโอวิชั่นได้ ซึ่งจะนำเอาหลักการ คาลแมนฟิลเตอร์มาช่วยในการคำนวณ เมื่อกล้องไม่สามารถรับแสงได้ โดยจะใช้ในการตรวจจับแบบทีละจุด



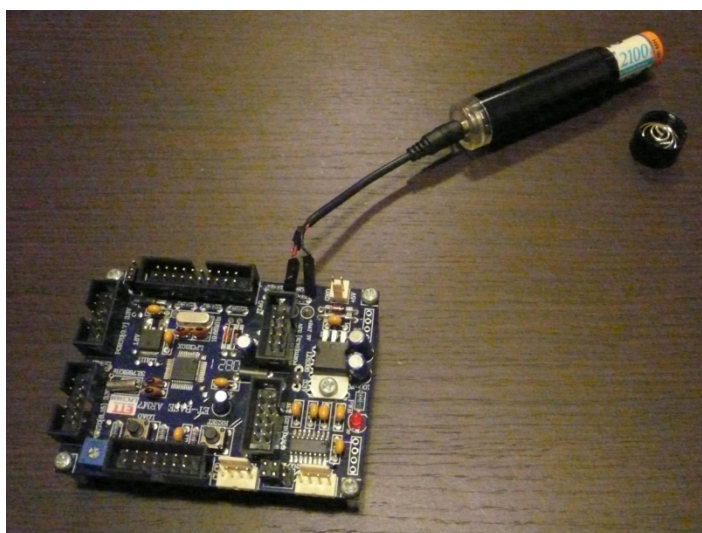
ภาพที่ 13 แสดงจุดที่ติดหลอดอินฟราเรด

งานวิทยานิพนธ์นี้ต้องการให้ตัววีริโมทตรวจจับและติดตามแสงอินฟราเรดได้มากกว่า 4 จุด ซึ่งวิธีการที่นำเสนอคือ การใช้กระบวนการทำให้เข้าจังหวะ (Synchronization) ระหว่างการเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรด และโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งการที่จะ

สามารถกำหนดลำดับและระยะเวลาในการเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรดได้นั้นจะต้องอาศัยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวกำหนดสัญญาณการเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรดแต่ละหลอดและสร้างความสัมพันธ์กับโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์

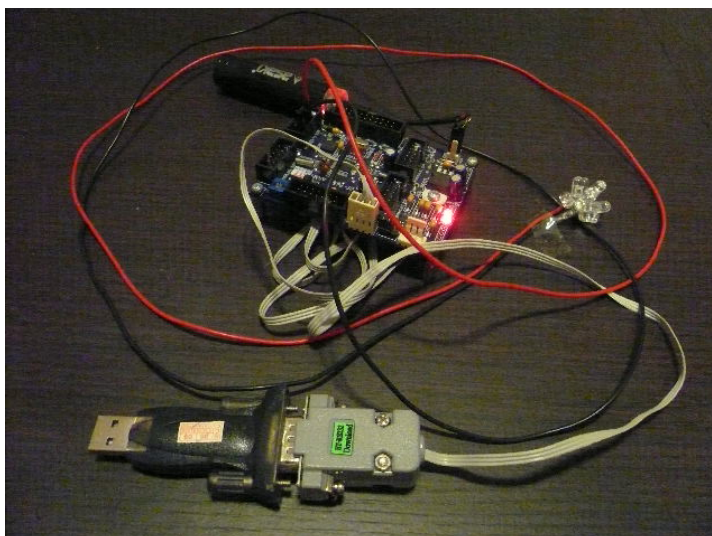
3.1 การประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่งานวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้คือ Philip Arm7 LPC 2103 โดยสาเหตุที่เลือกใช้คือ บอร์ดชนิดนี้เป็นบอร์ดที่อยู่ในกลุ่มที่มีราคาไม่สูง (600 บาท), มีความถี่ในการประมวลผลที่เพียงพอสำหรับการใช้งานในงานวิทยานิพนธ์นี้ (19.6608 เมกกะเฮิร์ตซ์), ใช้ไฟเลี้ยงน้อย (5 โวลต์) ซึ่งเมื่อเรานำวงจรขยายความต่างศักย์ที่มีอยู่ในเครื่องชาร์จโทรศัพท์มือถือแบบถูกเงินมาใช้ จะทำให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้ด้วยถ่านไฟฉายเพียงก้อนเดียว (1 AA Battery) ดังภาพที่ 14 และมีพอร์ตจีพีไอโอรับ-ส่งสัญญาณไฟ 5 โวลต์ ออกมามากถึง 32 พอร์ต (General Purpose Input Output : GPIO) ซึ่งทั้งจำนวนพอร์ตและขนาดแรงดันที่บอร์ดสามารถทำได้นั้นมีมากเพียงพอสำหรับงานวิทยานิพนธ์นี้



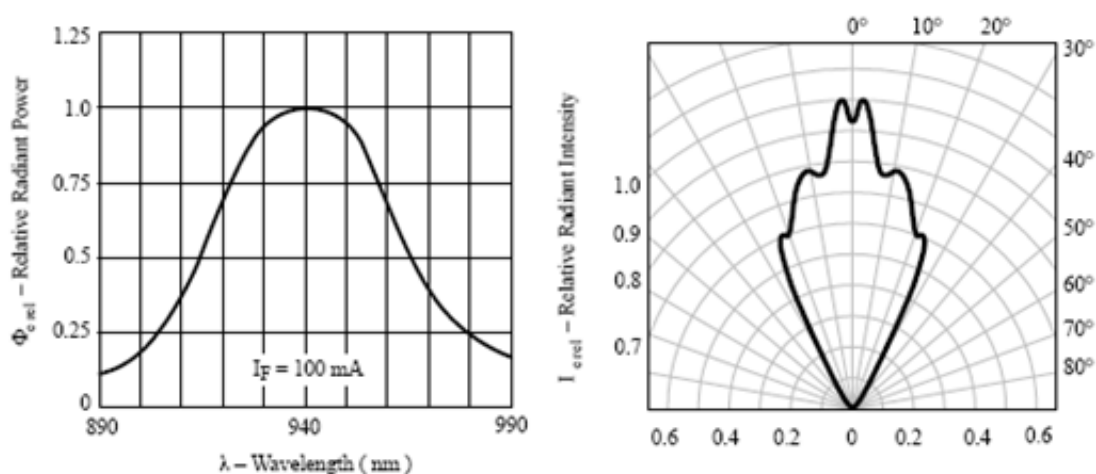
ภาพที่ 14 การใช้ถ่านขนาดเอเอ ในการจ่ายไฟให้กับบอร์ด

การกำหนดการส่งสัญญาณที่พอร์ตจีพีไอโอ สำหรับหลอดอินฟราเรดแต่ละหลอดของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นสามารถทำได้ โดยการใช้โปรแกรมภาษาซี ซึ่งเมื่อเขียนโปรแกรมควบคุมการส่งสัญญาณของพอร์ตจีพีไอโอเสร็จแล้ว เราสามารถบันทึก (Upload) ลงไปในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยผ่านพอร์ตยูเอสบี ในภาพที่ 15 แสดงการต่อหลอดอินฟราเรด และสายยูเอสบีกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพที่ 15 การต่อหลอดอินฟราเรด และสายUSB

หลอดอินฟราเรดที่เลือกใช้คือ Vishay TSAL7400 [17] ซึ่งเป็นหลอดอินฟราเรดขนาด 5 มิลลิเมตร และเป็นหลอดที่ใช้เทคโนโลยี GaAlAs ในการผลิตซึ่งตามข้อมูลในดาต้าชีท (Datasheet) ของ TSAL7400 เทคโนโลยี GaAlAs นั้นจะให้ความสว่างของหลอดมากขึ้นกว่า 100% ของ GaAs แบบปกติ TSAL7400 นั้นต้องการความต่างศักย์ที่ 1.35 โวลต์ในการทำงาน โดยมีคุณสมบัติในการปล่อยแสงที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร ได้สูงที่สุด และมีมุมในการปล่อยแสงที่ 25 องศา ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 แสดงความยาวคลื่น และมุมที่หลอดสามารถปล่อยแสงได้ [17]

หลอดอินฟราเรด 9 หลอดถูกนำมารวมกันเป็น 1 กลุ่ม เนื่องจากแต่ละหลอดนั้นมีมุมฉายแสงเพียง 25 องศา ดังนั้นจึงต้องใช้หลอดจำนวนหนึ่งถึงจะแน่ใจได้ว่ากล้องสามารถมองเห็นจุดกำเนิดแสงได้จากหลายมุมมอง แต่เนื่องด้วยกลุ่มของหลอดอินฟราเรดนี้ถูกนำไปติดกับจุดต่างๆ ของแขน จึงทำให้ไม่สามารถรวมหลอดอินฟราเรดเป็นวงกลม โดยใช้แต่ละหลอดชี้ไปยังทุกทิศทางได้ จำเป็นต้องเหลือพื้นที่หน้าตัดไว้สำหรับติดกับจุดของร่างกาย จึงเหลือหลอดเพียง 9 หลอด โดยแต่ละหลอดจะชี้ไปยังมุมที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 17 เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถหันได้หลายมุมมากขึ้น แต่ตัววีธีโมที่ยังคงเห็นเป็นเพียง 1 จุดอินฟราเรด ซึ่งจริงๆ แล้ว จากการคำนวณ (แบ่งมุมในระนาบสามมิติของครึ่งทรงกลมทีละ 25 องศา) จะต้องใช้จำนวนหลอดประมาณ 22 หลอด แต่เนื่องจากความซับซ้อนที่มากเกินไปของขาของแต่ละหลอดที่เกิดขึ้นเมื่อนำมาวมกัน จึงไม่สามารถใช้จำนวนหลอดตามการคำนวณได้ ทั้งนี้จึงได้ทำการทดลองและได้ผลว่า การใช้หลอดจำนวน 9 หลอดได้ผลเป็นที่ยอมรับได้ ซึ่งแต่ละกลุ่มของหลอดอินฟราเรดจะต่อเข้ากับพอร์ต GPIO ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ว่าตัวพอร์ต GPIO นั้นจะจ่ายไฟที่ 5 โวลต์ แต่หลอดอินฟราเรดต้องการไฟเพียง 1.35 โวลต์ จึงต้องมีการติดตัวต้านทานเข้าไป เพื่อป้องกันไม่ให้หลอดเกิดความเสียหาย



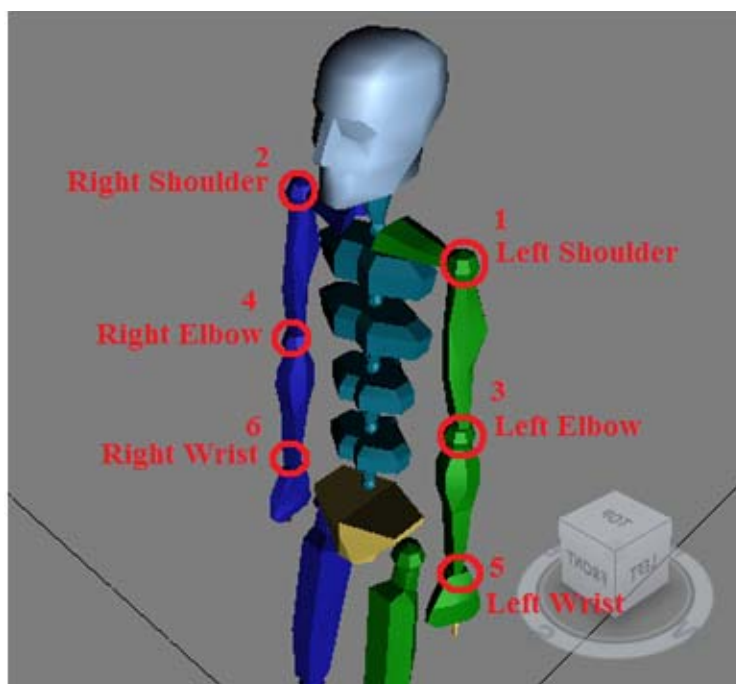
ภาพที่ 17 กลุ่มของหลอดอินฟราเรดที่ใช้

วิธีการกำหนดการเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรดที่งานวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอเพื่อที่จะทำให้ วีรีโมท สามารถ ตรวจจับ และติดตามหลอดอินฟราเรดได้มากกว่า 4 หลอด ในการใช้งานคือ การเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรดทีละจุด และการเปิดปิดหลอดอินฟราเรดทีละชุด ซึ่งจะกล่าวถึงในบทถัดไป ส่วนการวัดผลนั้น ใช้การให้ผู้สังเกตการณ์สิบคนให้คะแนนการเคลื่อนไหวที่ผู้ใช้งานแสดงให้ดู โดยสามารถบอกผู้ใช้งานให้เคลื่อนไหวตามที่ผู้สังเกตการณ์ต้องการได้ ซึ่งวิธีการวัดและผลจากการทดลองโดยละเอียดนั้นถูกแสดงในบทที่ 5

3.2 รูปแบบของการเคลื่อนไหวที่ผู้เล่นมักจะใช้ในเกม

โปรแกรมการตรวจจับการเคลื่อนไหวในงานวิทยานิพนธ์นี้จะมีการเพิ่มวิธีการจัดการแสงอินฟราเรดที่กล้องของวีรีโมทมองเห็น ให้สามารถนำจุดของแสงแต่ละจุดไปประมวลผลได้ถูกต้องตามตำแหน่งที่มันติดอยู่กับผู้เล่นจริงๆ ซึ่งวิธีการจัดการเหล่านั้นจะประกอบไปด้วย การนำลักษณะทางกายภาพของคนรวมเข้ากับลักษณะการเคลื่อนไหวจริงในท่าทางต่างๆที่ใช้ในเกมส่วนใหญ่ของผู้เล่น และการเดาตำแหน่งปัจจุบันของจุดที่สนใจจากจุดรอบข้างที่เกี่ยวข้อง โดยใช้ลักษณะทางสรีระของแขนคนปกติ

ท่าทางที่ใช้ในการทดลองจะแยกไปตามรูปแบบของเกมต่างๆดังนี้ โดยจะกำหนดหมายเลขของจุดต่างๆดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 กำหนดหมายเลขของแต่ละจุดที่ติดหลอดอินฟราเรด

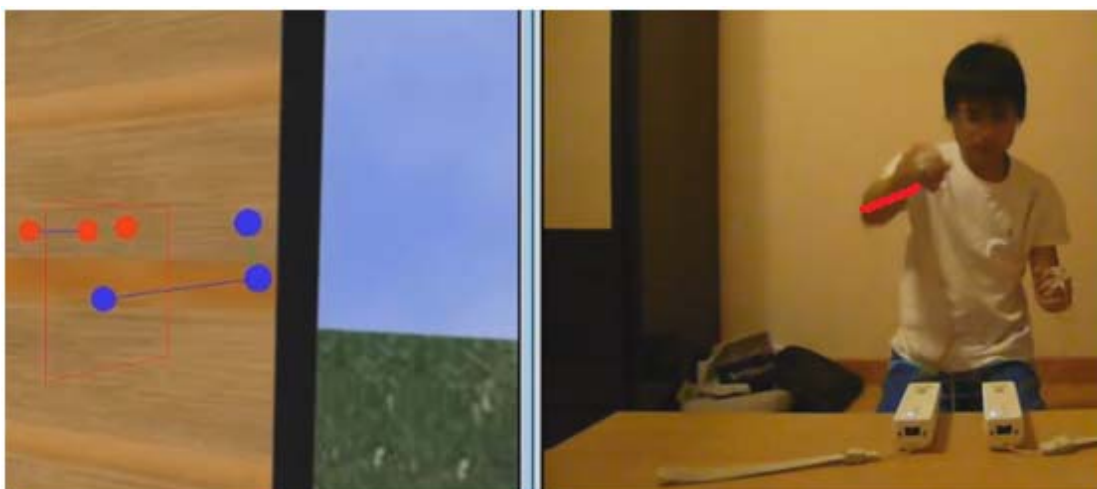
3.2.1 เกมขับรถ

การเคลื่อนไหวในการขับรถ ส่วนมากผู้เล่นเกมมักจะทำแขนตั้งฉากกับลำตัว และมีการหมุน โดยทำเหมือนกับการบังคับพวงมาลัยของรถจริงๆ แต่การบังคับนั้นอาจทำให้เกิดการที่จุดบังคับได้ ตัวโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวจึงจะต้องสามารถจัดการและแสดงผลเมื่อเกิดการบัง เช่นการบังระหว่างจุดที่ข้อมือ (5) กับข้อศอก (3) ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 การเคลื่อนไหวในการบังคับพวงมาลัย และจุดที่ 5 ทับ จุดที่ 3

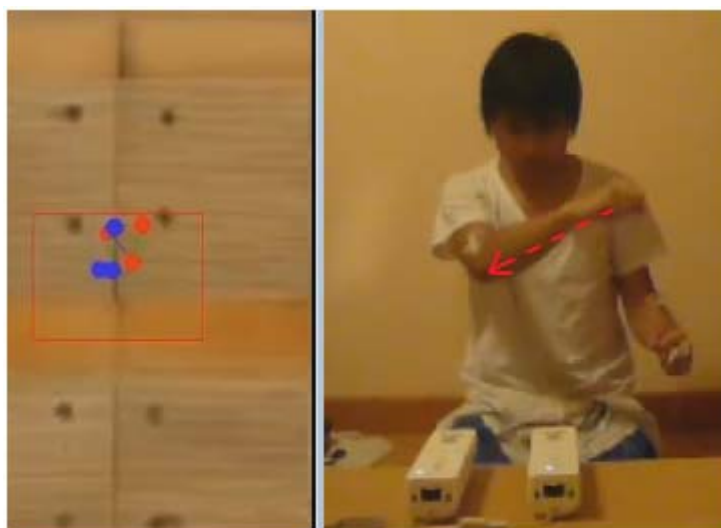
กระบวนการที่โปรแกรมนี้จะจัดการคือ เมื่อตำแหน่งระหว่างจุดที่ข้อมือกับข้อศอกใกล้กันเกินกว่า 2 เซนติเมตร (ค่าระยะทางนี้ได้จากการทดลอง) จุดที่ข้อศอกจะต้องเคลื่อนตามจุดที่ข้อมือ ซึ่งกระบวนการนี้ได้ถูกนำไปใช้กับจุดที่ข้อศอกกับหัวไหล่เช่นกัน โดยจะต้องยังคงสัดส่วนของแขนคนได้ ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ตัวอย่างเมื่อจุดที่ 4 กับ 2 ถูกดึงโดยจุดที่ 6

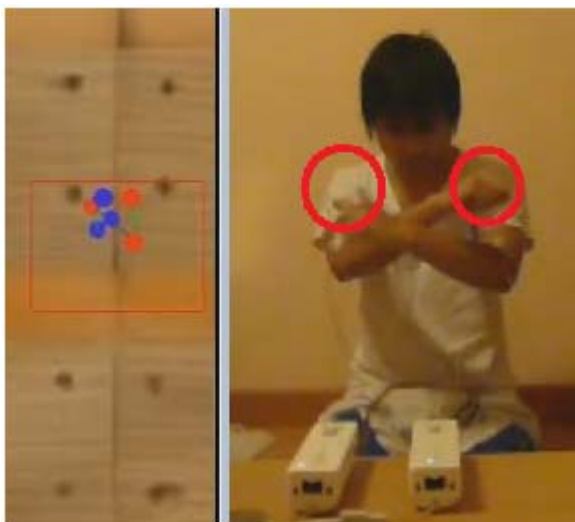
3.2.2 เกมพินดาดาบ

การเคลื่อนไหวในการพินดาดาบ ส่วนมากผู้เล่นเกมมักจะยื่นแขนไปข้างหน้า แล้วทำการกวัดแขนไปตามทิศทางต่างๆเหมือนกับการพินดาดาบจริงๆ โดยผู้เล่นอาจจะเลียนแบบการพินดาดาบแบบมือเดียว หรือสองมือก็ได้ ดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 ตัวอย่างท่าทางการพินดาดาบ

ในตัวโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวจึงมีความจำเป็นที่จะต้องสามารถจัดการ และแสดงผล เมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นแสงอินฟราเรดได้ ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.2.1 และเมื่อเกิดการบังระหว่างจุดที่ข้อมือ (5) หรือ (6) กับทุกจุดที่เหลือ ดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 ตัวอย่างเมื่อจุดที่ 5 บังจุดที่ 2

กระบวนการที่เพิ่มขึ้นที่โปรแกรมนี้จะจัดการคือ เมื่อเกิดการบังระหว่างจุดที่ข้อมือ (5) กับจุดใดๆ โปรแกรมจะตรวจจับว่าจุดที่โดนจุดที่ 5 บังนั้นเป็นจุดที่ไม่ใช่จุดที่ข้อศอก (3) หรือไม่ ถ้าไม่ใช่ข้อศอก โปรแกรมจะปล่อยให้จุดที่โดนบังถูกกระบวนการจัดการสัดส่วนของแขน ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อที่ 4.1 โดยในกรณีของการตรวจจับแบบทีละจุด โปรแกรมจะรวมการเดาตำแหน่งโดยใช้คาลแมนฟิลเตอร์เข้าไปด้วย ส่วนในกรณีที่เป็นข้อศอกจะใช้วิธีแก้เดียวกับเกมขับรถ

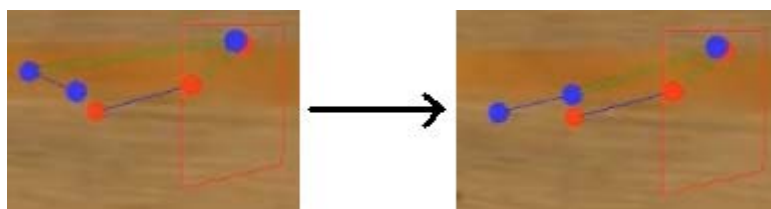
3.2.3 เกมต่อยมวย

การเคลื่อนไหวในการต่อยมวย ส่วนมากผู้เล่นเกมมักจะต้องตั้งแขน และยื่นแขนไปข้างหน้า แล้วทำการขยับตามท่าทางต่างๆ เช่น การตอยหมัดตรง, หมัดฮุก, หมัดอัปเปอร์คัต และการตั้งการ์ด เป็นต้น ดังภาพที่ 23



ภาพที่ 23 ตัวอย่างท่าทางการต่อมวอย

เมื่อเกิดท่าทางที่ผิดแปลกไปจากการเคลื่อนไหวตามธรรมชาติ โปรแกรมจะทำการจัดตำแหน่งของแต่ละจุดใหม่ตามสัดส่วนของแขนตามการเคลื่อนไหวนั้นๆ ดังภาพที่ 24 ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อที่ 4.1



ภาพที่ 24 ตัวอย่างการแก้ไข เมื่อเกิดความผิดพลาด

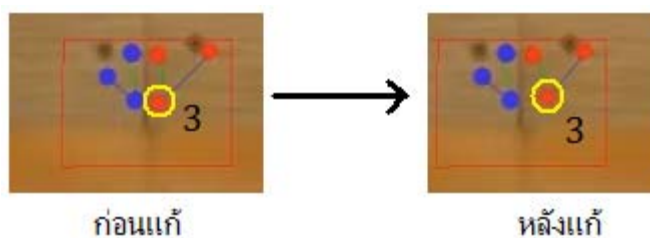
3.2.4 เกมกดปุ่มต่างๆ

การเคลื่อนไหวในการกดปุ่มต่างๆ ส่วนมากผู้เล่นเกมมักจะต้องตั้งแขน ยื่นแขนไปข้างหน้า และบิดแขนไปด้านข้าง เพื่อพยายามกดให้โดนปุ่มต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในตำแหน่งต่างๆ ของหน้าจอ ดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 ตัวอย่างท่าทางการพยายามกดปุ่มต่างๆ

เหตุการณ์ที่แขนจะบังกันเองนั้นเกิดขึ้นได้น้อยเนื่องจากเกมแบบนี้มักให้แยกแขนออกสองข้าง อย่างไรก็ตาม การเดาท่าทางที่ควรจะเป็นถือว่ามีค่าสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งจะต้องใช้สัดส่วนของแขน และถ้าในกรณีการตรวจจับที่ละเอียดจะใช้คาลแมนฟิลเตอร์เข้ามาช่วย เพื่อให้สามารถแสดงผลได้สมบูรณ์มากขึ้น ดังภาพที่ 26 ในรูปจะเห็นว่าวีโมทไม่สามารถมองเห็นจุดที่ 3 ได้ แต่เมื่อใช้การเดาตำแหน่งจากสัดส่วนของแขน ก็จะพบว่าจุดที่ 3 สามารถเคลื่อนไหวได้ใกล้เคียงกับการเคลื่อนไหวจริงมากขึ้น



ภาพที่ 26 ตัวอย่างการใช้สัดส่วนของแขนเข้ามาช่วยในการเดาตำแหน่ง

บทที่ 4

การออกแบบวิธีการเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรดเพื่อการตรวจจับที่มากกว่า 4 จุด

4.1 การเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรดทีละจุด

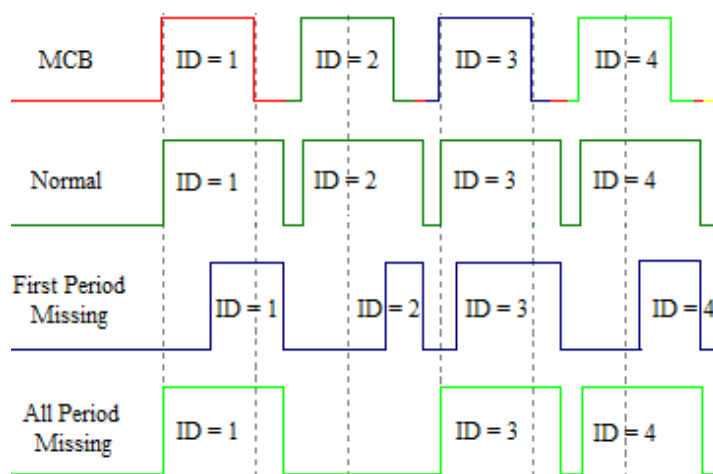
เริ่มแรกโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์จะทำการรอรับสัญญาณแสงอินฟราเรดจากจุดของกลุ่มหลอดอินฟราเรดที่ถูกกำหนดลำดับและระยะเวลาในการเปิด-ปิดจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งแต่ละจุดจะปล่อยแสงอินฟราเรดเป็นระยะเวลา 0.1 วินาทีแล้วจะดับไป 0.05 วินาทีก่อนที่จุดลำดับต่อไปจะปล่อยแสงต่อ ดังภาพที่ 27 ซึ่งเมื่อ วีริโมททั้งสองตัวสามารถตรวจจับแสงอินฟราเรดได้ ก็จะส่งค่าตำแหน่งของหลอดอินฟราเรดไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์จะเป็นตัวกำหนดว่าแสงที่เกิดขึ้นเป็นของหลอดที่ติดอยู่บนตัวผู้ใช้ส่วนใด จากนั้นก็จะทำการคำนวณระยะในรูปแบบ 3 มิติ โดยใช้หลักการสเตอริโอวิชัน



ภาพที่ 27 ลักษณะสัญญาณที่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ในการกำหนดการเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรด

ในการทำงานแบบปกติโปรแกรมจะรับค่าตำแหน่งจาก วีริโมท มาคำนวณระยะทาง ซึ่งบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีระยะเวลาในการปล่อยแสงอินฟราเรดของแต่ละจุดอยู่ที่ 0.1 วินาที และ ดับไป 0.05 วินาที ซึ่งตัวเลขเวลา 0.1 และ 0.05 วินาที นั้นเป็นช่วงเวลาที่ได้มาจากการทดลองใช้งาน ซึ่งพบว่าเป็นเวลาที่สั้นที่สุดที่ยังคงทำให้การรักษาลำโพงร่วมกันทำงานได้อย่างถูกต้อง และเวลาที่สั้นที่สุดนั้นก็ทำให้การตอบสนองของโปรแกรมตรวจจับการเคลื่อนไหวนั้นดีที่สุด แต่โปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์จะเปิดรับแสง (Receiving Time) มาคำนวณระยะทางอยู่ที่ 0.13 วินาทีและจะปิดการรับแสงไป 0.02 วินาที (Waiting Time) จากนั้นก็จะเริ่มรับแสงใหม่สำหรับหลอดที่จุดถัดไป ซึ่งตัวเลขเวลา 0.13 และ 0.02 วินาที นั้นมาจากการทดลอง

ซึ่งพบว่ากรณีที่เรที่ตั้งเวลารับแสงอินฟราเรดให้เหลื่อมล้ำไปเล็กน้อยนั้นจะช่วยลดความผิดพลาดในการรักษาจังหวะร่วมกันได้ แต่ในการทำงานปกติ ถ้าช่วงเวลาแรกๆตัววีริเมทจะไม่สามารถตรวจจับแสงอินฟราเรดได้ โปรแกรมก็ยังคงทำการลดระยะเวลาในการรับแสง (Receiving Time) ไปเรื่อยๆ เพื่อไม่ให้ระยะเวลาในการรับแสง (Receiving Time) ไปคาบเกี่ยวกับสัญญาณที่เกิดขึ้นจากหลอดอินฟราเรดถัดไป แต่ถ้าตัว วีริเมท ไม่สามารถรับแสงอินฟราเรดได้เลยตลอดช่วงเวลาของมัน โปรแกรมก็จะทำการข้ามการรับแสงของจุดๆนั้นไป เพื่อที่ว่าเมื่อหลอดอินฟราเรดจุดถัดไปปล่อยแสงออกมา โปรแกรมก็จะยังคงรับสัญญาณได้ถูกต้องอยู่ ดังภาพที่ 28



ภาพที่ 28 รูปแบบการรับสัญญาณของโปรแกรมในรูปแบบต่างๆ

สำหรับการแก้ไขความผิดพลาดจากการคำนวณระยะทางในรูปแบบ 3 มิติ นั้น ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบอาจจะเกิดจากหลายสาเหตุด้วยกัน สาเหตุสำคัญสาเหตุหนึ่งคือ ความผิดพลาดของการรักษาจังหวะร่วมกัน เพราะบางครั้งโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์กำหนดจุดที่รับแสงไปประมวลผล (ID) ผิดไปจากจุดอินฟราเรดที่กำลังปล่อยแสงอยู่ เช่น ณ เวลา t หลอดอินฟราเรดที่ 2 กำลังปล่อยแสง แต่ตัวโปรแกรมนำข้อมูลจาก วีริเมท ไปประมวลผลสำหรับจุดที่ 3 ความผิดพลาดชนิดนี้จะแก้ไข โดยการใช้ความสัมพันธ์ของระยะห่างข้อต่อของคนมาช่วยแก้ไข จากภาพที่ 18 จะตรวจสอบความสัมพันธ์โดยใช้ขนาดของเวกเตอร์ เพราะฉะนั้นขนาดเวกเตอร์จากจุดที่ 1 ถึง 3 จะน้อยกว่าจากจุด 3 ถึง 5 และจุดที่ 2 ถึง 4 จะน้อยกว่าจากจุด 4 ถึง 6 เสมอ รายละเอียดนั้นแสดงเป็นอัลกอริทึมดังภาพที่ 29 และ 30 โดยการตรวจสอบว่าต้องมีการแก้ไขตำแหน่งจุดที่รับ ID มาผิदनั้น อาศัยการตรวจความเคลื่อนไหวที่เป็นไปได้และสัดส่วนของแขน

```
// Pseudo code for Position Correction by Movement Possibility
// If wrist is the lowest in Y-Axis, Shoulder cannot be lower than
// Elbow
if (y[wrist] < y[shoulder] && y[wrist] < y[elbow])
{
    if (y[shoulder] < y[elbow])
    {
        swapValue(elbow, shoulder);
    }
}
//Swap Elbow <-> Shoulder when Shoulder is in front of Elbow in
//straight line
if ((Math.Abs(x[elbow] - x[shoulder]) < 2) &&
(Math.Abs(y[elbow] - y[shoulder]) < 2))
{
    if (z[shoulder] < z[elbow])
    {
        swapValue(elbow, shoulder);
    }
}
//Swap Elbow <-> Wrist when Elbow is in front of Wrist in straight
//line
if ((Math.Abs(x[elbow] - x[wrist]) < 2) &&
(Math.Abs(y[elbow] - y[wrist]) < 2))
{
    if (z[wrist] < z[elbow])
    {
        swapValue(elbow, wrist);
    }
}
}
```

ภาพที่ 29 แสดงวิธีการสลับจุดโดยใช้การเคลื่อนไหวที่เป็นไปได้

```

// Pseudo code for Position Correction by Arm length ratio
private void Formular1()
{
    if (Distance(shoulder-elbow) > Distance(elbow-wrist))
    {
        swapValue(wrist, shoulder);
    }
}
private void Formular2()
{ //IdealDistance คือระยะที่ได้จากตอนกำหนดค่าเริ่มต้น
    if (Math.Abs(IdealDistance(shoulder-elbow) - Distance(shoulder-
        elbow)) > Math.Abs(IdealDistance(shoulder-elbow) -
        Distance(shoulder-wrist)))
    {
        swapValue(elbow, wrist);
    }
}
private void Formular3()
{
    if (Math.Abs(IdealDistance(wrist-elbow) - Distance(wrist-elbow))
        > Math.Abs(IdealDistance(wrist-elbow) -
        Distance(shoulder-wrist)))
    {
        swapValue(elbow, shoulder);
    }
}

```














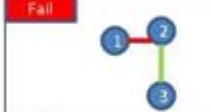











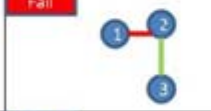
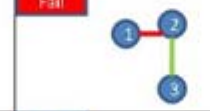









ภาพที่ 30 แสดงวิธีการสลับจุดโดยใช้การคำนวณสัดส่วนของแขน

สำหรับวิธีการสลับจุดโดยใช้การคำนวณสัดส่วนของแขนจะต้องทำเป็นลำดับดังที่ระบุไว้ด้านล่างนี้ เพื่อให้ครอบคลุมความผิดพลาดทั้งหมดที่เป็นไปได้ของการจัดเรียงตำแหน่งของแขน Formular1 -> Formular2 -> Formular1 -> Formular3 -> Formular2

ในภาพที่ 31 และ 32 จะแสดงตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของการแก้ไขความผิดพลาดด้วยการคำนวณสัดส่วนของแขน ซึ่งจะครอบคลุมทุกความผิดพลาดที่เป็นไปได้ด้วยการใช้ลำดับนี้ โดยกำหนดให้ หมายเลขของจุดแทนตำแหน่งดังนี้ 1 = Shoulder, 2 = Elbow, 3 = Wrist

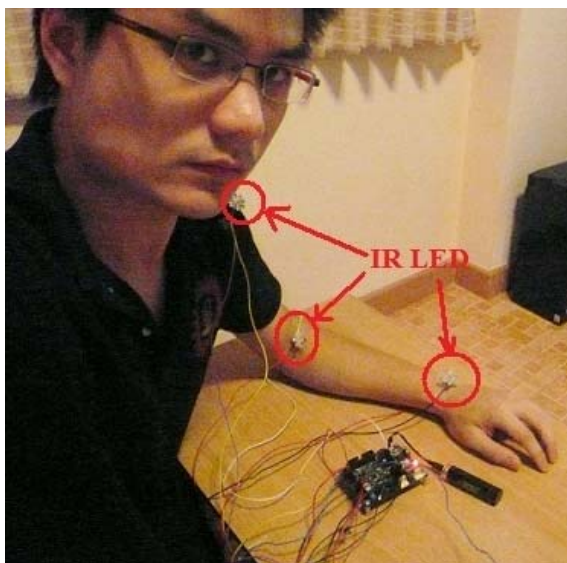
Case	Screenshot	Applied Formula #	Screenshot	Applied Formula #	Screenshot	Applied Formula #	Screenshot	Applied Formula #	Screenshot	Applied Formula #	Screenshot
1		1		2		1		3		2	
		1		2		1		3		2	
2		1		2		1		3		2	
		1		2		1		3		2	
3		1		2		1		3		2	
		1		2		1		3		2	
4		1		2		1		3		2	
		1		2		1		3		2	
5		1		2		1		3		2	
		1		2		1		3		2	
6		1		2		1		3		2	
		1		2		1		3		2	

รูปที่ 31 ตัวอย่างที่ 1 ของการแก้ไขความผิดพลาดด้วยการคำนวณสัดส่วนของแขน

Case	Screenshot	Applied Formula #	Screenshot	Applied Formula #	Screenshot	Applied Formula #	Screenshot	Applied Formula #	Screenshot	Applied Formula #	Screenshot
1		1		2		1		3		2	
2		1		2		1		3		2	
3		1		2		1		3		2	
4		1		2		1		3		2	
5		1		2		1		3		2	
6		1		2		1		3		2	

รูปที่ 32 ตัวอย่างที่ 2 ของการแก้ไขความผิดพลาดด้วยการคำนวณสัดส่วนของแขน

เมื่อโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวไม่สามารถทำงานได้อย่างสอดคล้องกับการเปิด-ปิดของหลอดอินฟราเรด ตัวโปรแกรมจะรู้ได้ทันที เพราะตัวโปรแกรมจะทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ก่อนแสดงผลทุกครั้ง โดยใช้ขนาดของเวกเตอร์มาตรวจสอบ ภาพที่ 33 จะแสดงลักษณะการติดหลอดอินฟราเรดของงานวิทยานิพนธ์นี้ กับผู้ใช้งาน ซึ่งจะมีการตรวจสอบ และควบคุมให้มีลักษณะระยะห่างในการติดเป็นเหมือนดังภาพที่ 18 อยู่เสมอ



ภาพที่ 33 แสดงตำแหน่งที่ติดหลอดอินฟราเรดกับผู้ใช้งาน

สำหรับสาเหตุอื่นที่ทำให้ตำแหน่งจุดผิดพลาด สามารถแก้ไขข้อผิดพลาด โดยการใช้อัลกอริทึม คาลแมนฟิลเตอร์ เนื่องจาก คาลแมนฟิลเตอร์เป็นหลักการที่ใช้ในการติดตาม และประมาณค่าตำแหน่งของหลอดอินฟราเรด โดยการใช้ตำแหน่งของหลอดอินฟราเรดในเฟรมเก่า มาหาค่าในเฟรมใหม่ ทำให้เมื่อโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวเริ่มต้นทำงาน ตัวโปรแกรมจะทำการเก็บค่าตำแหน่งของเฟรมที่ $t-1$ และ $t-2$ ไว้ในหน่วยความจำเพื่อใช้ในการหาค่าตำแหน่งที่เฟรมที่ t ในกรณีที่วีริเมทไม่สามารถตรวจจับแสงได้ที่เฟรมที่ t โดยในงานวิทยานิพนธ์นี้จะนำเอาคาลแมนฟิลเตอร์มาใช้ในการคำนวณเมื่อเกิดกรณีดังต่อไปนี้

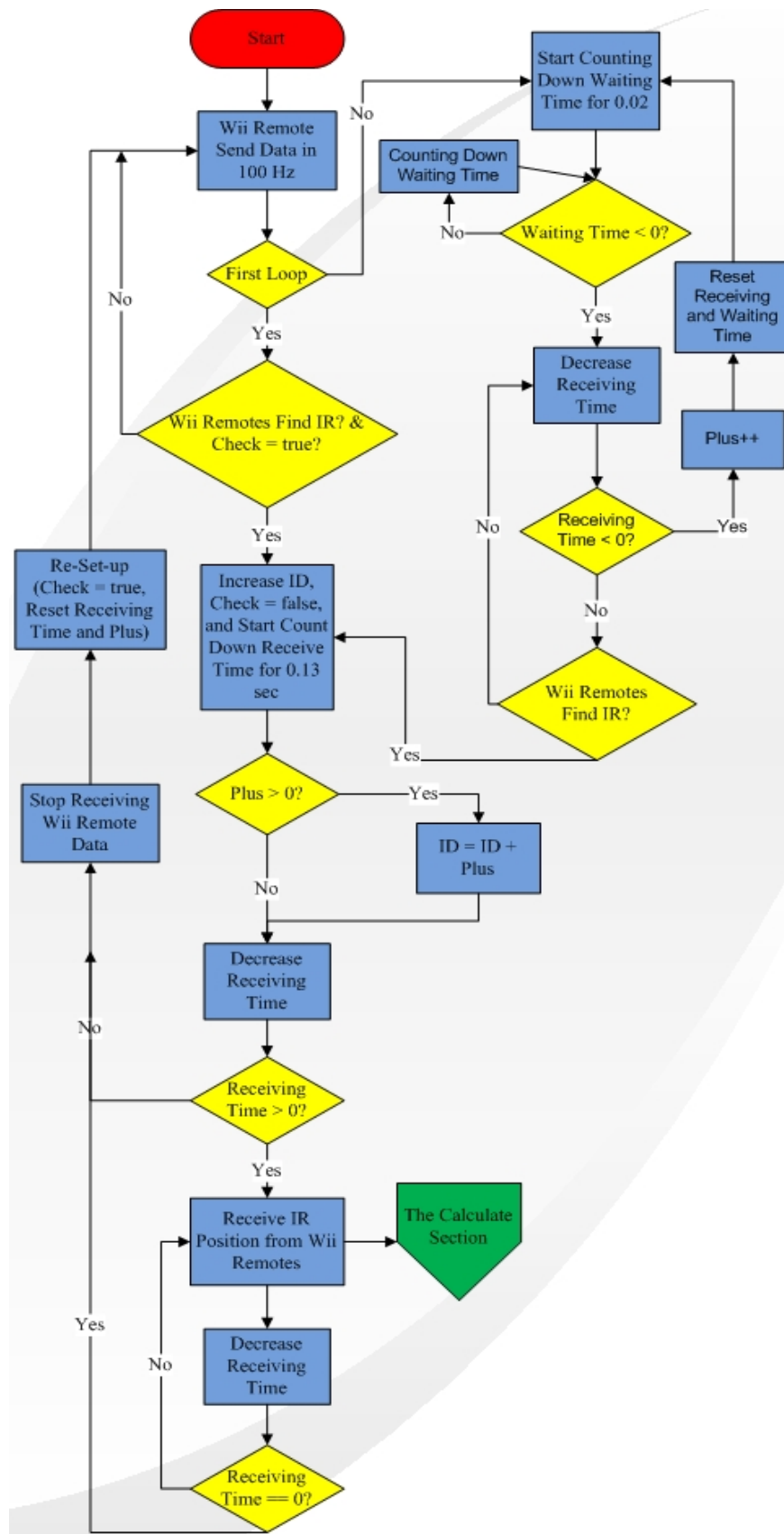
1. เมื่อหลอดอินฟราเรดถูกบัง หรือ วีริเมทไม่สามารถตรวจจับแสงอินฟราเรดได้ในระหว่างที่ผู้ใช้งานทำการเคลื่อนไหว โปรแกรมจะคำนวณตำแหน่งของจุดนั้น โดยใช้คาลแมนฟิลเตอร์
2. เมื่อแสงจากหลอดอินฟราเรดถูกสะท้อนทำให้ข้อมูลตำแหน่งอินฟราเรดที่วีริเมทส่งเข้ามา นั้นเปลี่ยนแปลงเยอะมากเกินไป ซึ่งจะรู้ได้จากการเปรียบเทียบตำแหน่งที่วีริเมทส่งเข้ามา กับตำแหน่งเดิมว่ามันแตกต่างกันเกินไปหรือไม่ รวมถึงเทียบกับค่าตำแหน่งของจุดที่

อยู่ใกล้เคียง หรือจุดที่อยู่ในแขนข้างเดียวกันว่าจุดๆนั้นขยับออกไปเกินความเป็นไปได้ที่จะสามารถเคลื่อนไปถึงหรือไม่

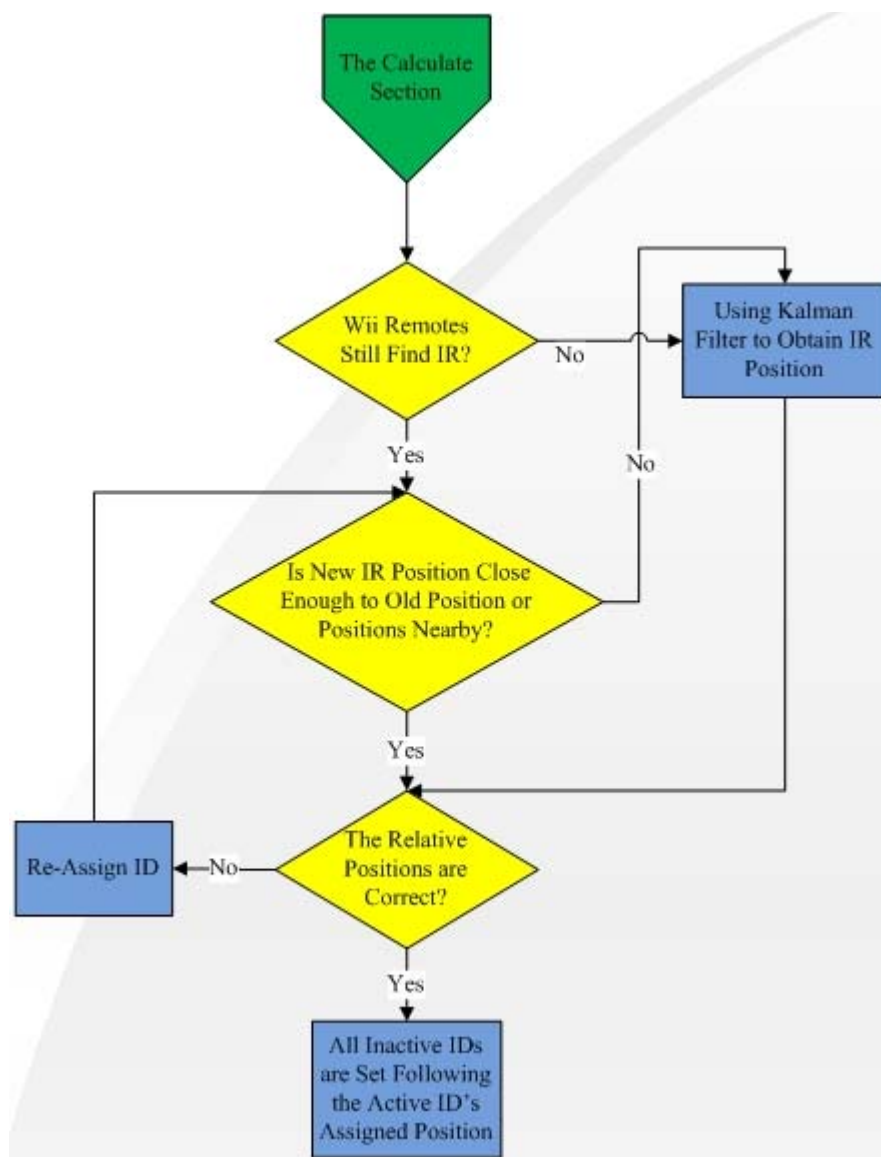
3. เมื่อโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวบนเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่สามารถทำงานได้อย่างสอดคล้องกับการเปิด-ปิดของหลอดอินฟราเรด เช่น ณ เวลา t หลอดอินฟราเรดที่ 2 กำลังปล่อยแสง แต่ตัวโปรแกรมนำข้อมูลจาก วีรีโมท ไปประมวลผลสำหรับจุดที่ 3 ในกรณีนี้ ข้อมูลในเวลา t ของหลอดที่ 2 นั้นจะได้มาจากหลักการคาลแมนฟิลเตอร์ ส่วนตัวโปรแกรมจะรู้ได้ว่าจุดที่ 3 นั้นจริงๆผิดหรือเปล่าจากการเปรียบเทียบตำแหน่งที่วีรีโมทส่งเข้ามากับตำแหน่งเดิมว่ามันแตกต่างกันเกินไปหรือไม่ ซึ่งถ้าพบว่าตำแหน่งที่ได้ไม่ควรเป็นตำแหน่งของจุดที่ 3 ระบบจะทำการคำนวณตำแหน่งของจุดที่ 3 โดยใช้คาลแมนฟิลเตอร์ด้วย โดยค่าตำแหน่งของจุดที่ 3 จะคำนวณจากข้อมูลวีรีโมท ก็ต่อเมื่อถึงช่วงระยะเวลาการเปิดรับแสงอินฟราเรดของจุดที่ 3 เท่านั้น

4. ในระหว่างที่หลอดอินฟราเรดที่ n กำลังปล่อยแสง โปรแกรมจับการเคลื่อนไหวก็จะรับข้อมูลไปประมวลผลให้กับตำแหน่งที่ n ซึ่งในระหว่างนั้นโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวก็จะยังคงติดตามหลอดอินฟราเรดหลอดอื่นๆอยู่ โดยการใช้หลักการ คาลแมนฟิลเตอร์เข้ามาช่วย

การทำงานของโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งานจะทำงานโดยเริ่มจากการเชื่อมต่อกับ วีรีโมทสองอันด้วยบลูทูธจากนั้นก็รับข้อมูลจาก วีรีโมท ทุกๆ 0.01 วินาทีหรือด้วยความถี่ 100 เฮิร์ตซ์ โดยกระบวนการทำงานหลักๆจะอธิบายได้ดังภาพที่ 34 ในรูปตัวแปร ID จะหมายถึงจุดที่สนใจในเวลานั้นๆ เช่น $ID = 2$ เมื่อโปรแกรมกำลังเปิดรับค่าจากวีรีโมทสำหรับจุดที่สอง ตัวแปร plus จะใช้ในการบอกว่าจะต้องข้ามจุดที่มองไม่เห็นทั้งหมดกี่จุด ส่วนกระบวนการประมวลผลค่าตำแหน่งในรูปแบบ 3 มิติซึ่งรวมการใช้สัดส่วนของแขนและการใช้คาลแมนฟิลเตอร์นั้นเป็นส่วนการทำงานย่อย (เรียกว่า Calculate Section) ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในภาพที่ 35



ภาพที่ 34 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวแบบกระพริบที่ละจุด

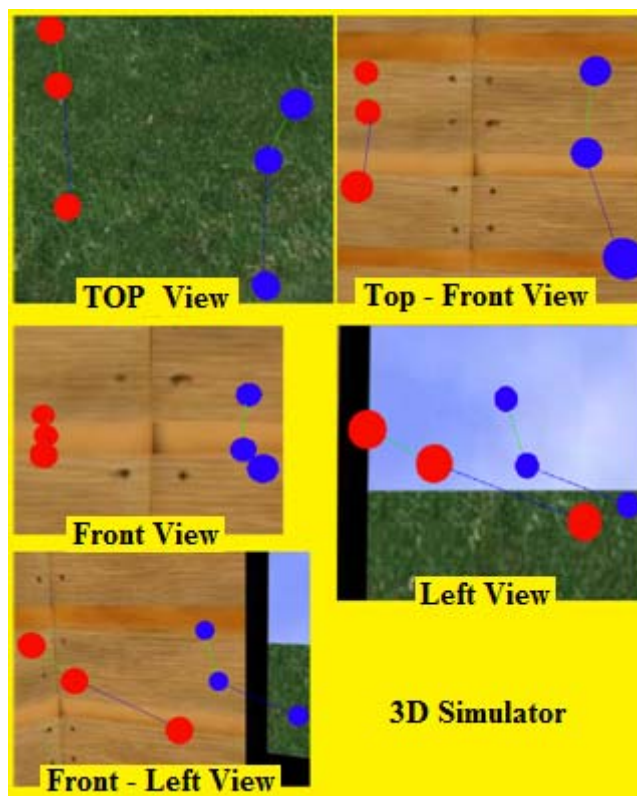


ภาพที่ 35 แสดงขั้นตอนการประมวลผลระยะทางในรูปแบบ 3 มิติ

กระบวนการประมวลผลค่าตำแหน่งจะถูกเรียกใช้งานอยู่ตลอดเวลาไม่ว่า วีรีโมท จะสามารถรับแสงอินฟราเรดได้หรือไม่ก็ตาม ในภาพที่ 36 จะแสดงท่าทางเคลื่อนไหวของผู้ใช้งาน ซึ่งจะสามารถเปรียบเทียบได้กับในภาพที่ 37



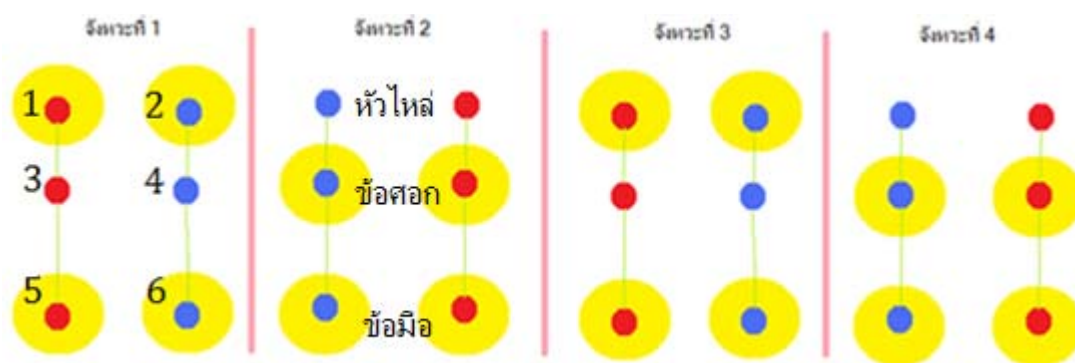
ภาพที่ 36 แสดงท่าทางการเคลื่อนไหวกของผู้ใช้งาน



ภาพที่ 37 แสดงภาพหน้าต่างโปรแกรมในงานวิทยานิพนธ์นี้

4.2 การเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรดทีละชุด

จากผลการทำงานของรูปแบบการเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรดทีละจุดจะพบว่าเมื่อหลอดที่ตำแหน่งใดได้ปล่อยแสงอินฟราเรดแล้ว จะต้องรอไปอีกเป็นระยะเวลาหนึ่ง ถึงจะสามารถปล่อยแสงอินฟราเรดได้อีกครั้ง การรอกหลอดสว่างทีละจุดจึงทำให้การตรวจจับการเคลื่อนไหวทำได้ไม่รวดเร็วนัก ซึ่งโดยพื้นฐานความสามารถของตัววีโมทนั้นสามารถรับแสงอินฟราเรดได้พร้อมกัน 4 จุด ความสามารถส่วนนี้ช่วยแก้ปัญหานี้ได้ โดยการเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรดทีละชุด (1 ชุด = 4 จุด) แทน โดยวิธีการใช้งานจะสามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 38 ซึ่งถ้าใช้การจับความสว่างดังภาพที่ 38 แล้ว จะสามารถจับตำแหน่งและบอกถึงแขนซ้ายและขวาได้โดยไม่ต้องอาศัยการตรวจเวลา



ภาพที่ 38 แสดงขั้นตอนการเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรดแบบเป็นชุด

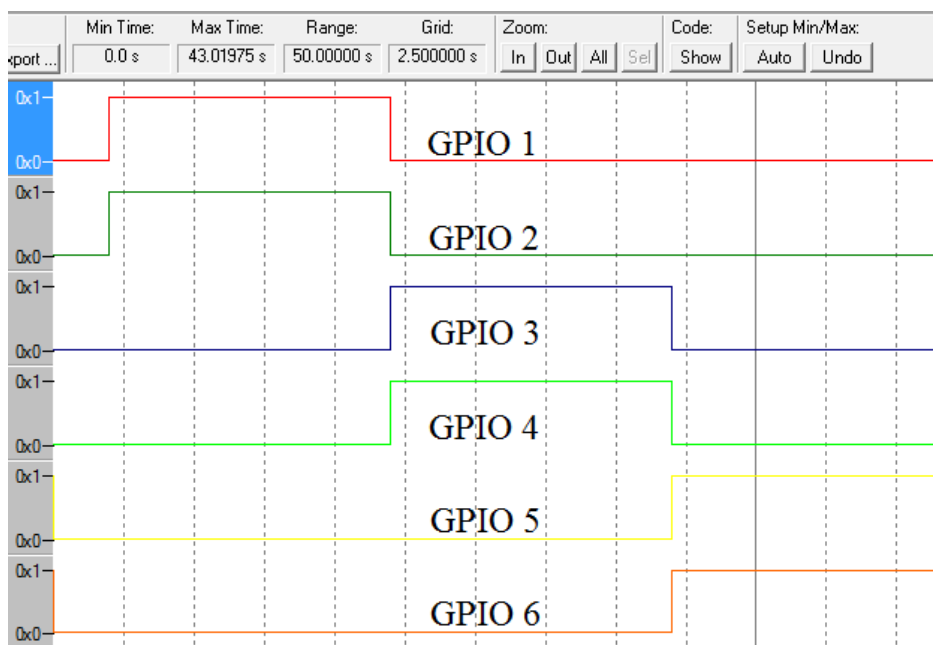
เริ่มแรกโปรแกรมจะเริ่มเก็บค่าตำแหน่งของหลอดอินฟราเรดทีละคู่ โดยเริ่มจาก 1. คู่ของหัวไหล่ 2. คู่ของข้อศอก 3. คู่ของข้อมือ โดยระยะเวลาที่แต่ละคู่จะติดเพื่อกำหนดข้อมูลเริ่มต้น คือ คู่ละ 10 วินาที ภาพที่ 40 จะแสดงกราฟการปล่อยไฟเลี้ยงของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ให้กับหลอดอินฟราเรด ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะใช้เป็นข้อมูลในการเริ่มต้นโปรแกรม เพราะโปรแกรมจะคอยตรวจดูว่าแสงอินฟราเรดที่เห็นนี้ใกล้เคียงกับจุดใดที่สุด รวมถึงเมื่อโปรแกรมเกิดทำงานผิดพลาด ผู้ใช้งานจะสามารถแก้ไขได้โดยการทำให้เหมือนกับท่าที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเริ่มต้น จากนั้นโปรแกรมก็จะทำการเรียงตำแหน่งของแสงอินฟราเรดที่เห็นใหม่ โดยอัลกอริทึมการเปรียบเทียบตำแหน่งเริ่มต้นนั้นแสดงในภาพที่ 39 ทั้งนี้ ข้อจำกัดของอัลกอริทึมที่ใช้คือ ผู้ใช้งานต้องไม่เปลี่ยนที่ยืน

```

// Pseudo code for resetting all positions
for (int ind = 0; ind < 6; ind++) // นำค่าจริงที่ได้จากWii remote มาใช้
{
    for (int ind2 = 0; ind2 < 6; ind2++) // นำค่าเริ่มต้นที่เก็บไว้มาใช้เปรียบเทียบ
    {
        // นำค่าทั้งสองมาเทียบกัน โดยจะนับว่าใกล้เคียงก็ต่อเมื่อ ค่าต่างกันไม่เกิน 2 cm ในทุกแกน
        // จำเป็นต้องเทียบจุดหนึ่งกับจุดทั้งหมดเนื่องจากไม่ทราบว่าจุดแต่ละจุดที่รับมาอยู่ตำแหน่งใดกันแน่
        if (Math.Abs(ActualX[ind] - InitialX[ind2]) < 2 &&
            Math.Abs(ActualY[ind] - InitialY[ind2]) < 2 &&
            Math.Abs(ActualZ[ind] - InitialZ[ind2]) < 2)
        {
            resetC++;
            if (ind2 == 5) reset5 = true; // ตำแหน่งของข้อมือจะมีผลมากเป็นพิเศษ
            if (ind2 == 4) reset4 = true; // ตำแหน่งของข้อมือจะมีผลมากเป็นพิเศษ
        }
    }
}
//ทำการรีเซ็ตตำแหน่งกลับเป็นท่าเริ่มต้นเมื่อมีจุดใกล้เคียงกัน 3จุดขึ้นไป หรือเกิน 2จุดถ้าจุดที่ข้อมือทั้งสองใกล้เคียง
if (resetC > 3 || (resetC > 2 && reset4 && reset5))
{
    //นำค่าเริ่มต้นที่เก็บไว้ของแต่ละจุดมาใช้
    autoResetting();
}

```

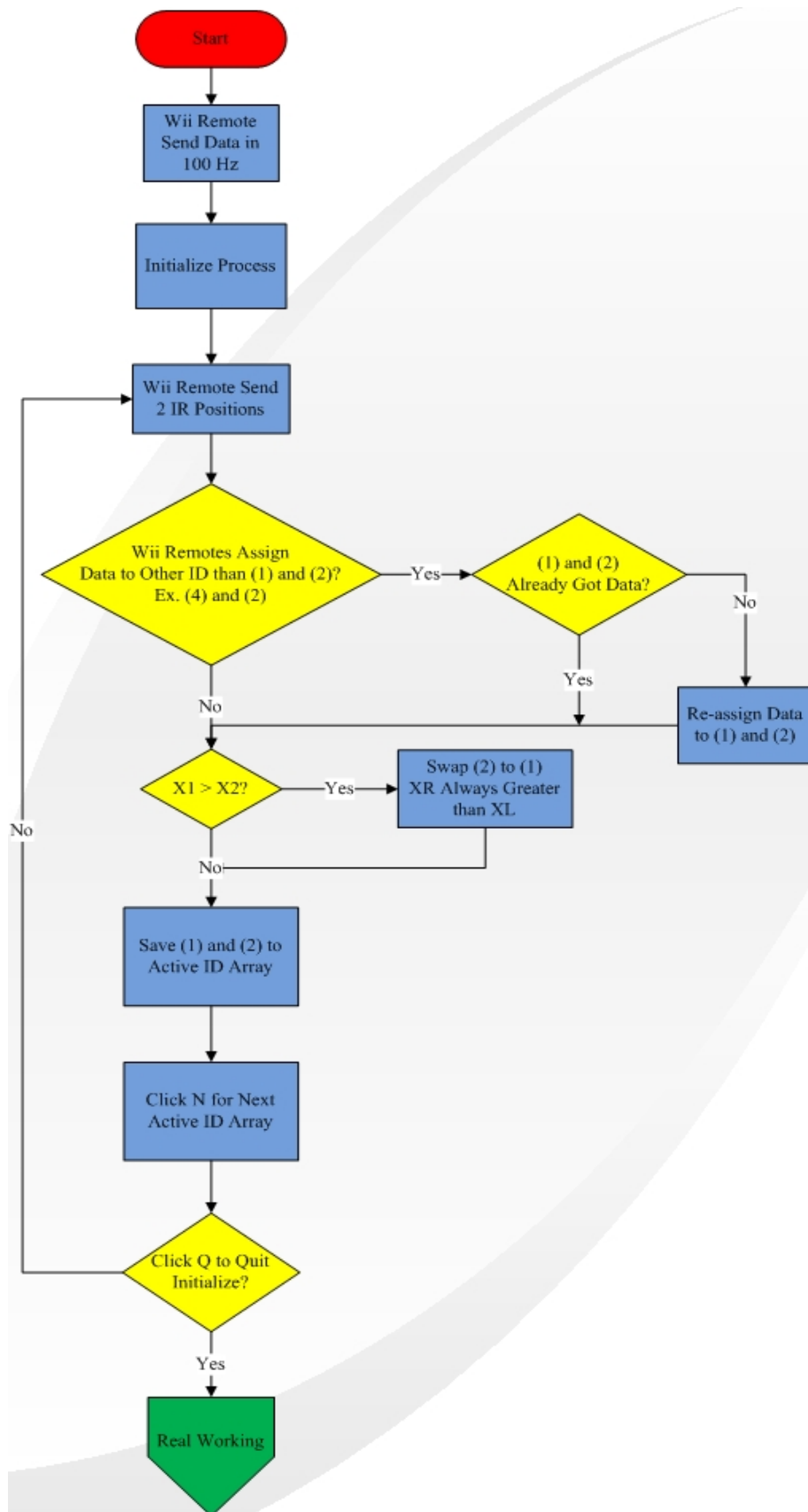
ภาพที่ 39 แสดงวิธีการตรวจสอบเพื่อให้เกิดการเริ่มต้นใหม่



ภาพที่ 40 ลักษณะสัญญาณที่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ในการกำหนดการเปิด-ปิด หลอดอินฟราเรด สำหรับการเริ่มต้นใช้งาน

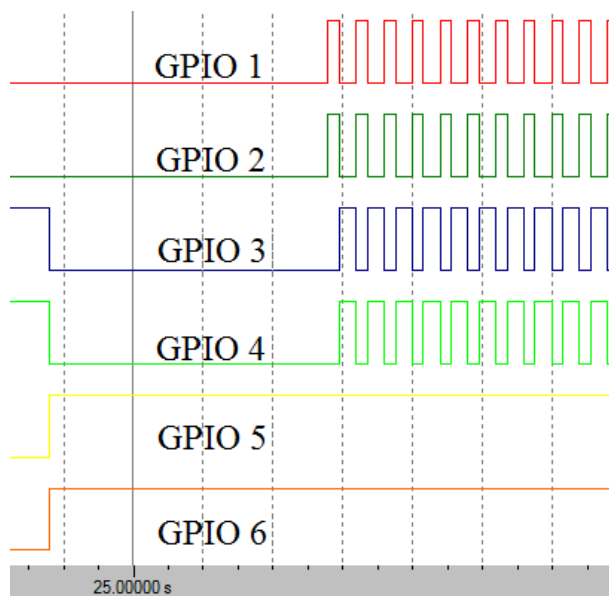
โดยในช่วงเวลาเริ่มต้นนี้โปรแกรมตรวจจับการเคลื่อนไหวจะทำงานควบคู่ไปด้วยดังภาพที่ 41 ซึ่งในช่วงเวลานี้ผู้ใช้งานจะต้องทำการบันทึกค่าเอง โดยมีวิธีการดังนี้

- การกดปุ่ม “S” เพื่อทำการเก็บค่าที่วิธีโมทส่งมา
- การกดปุ่ม “I” -> “N” เพื่อเลื่อนตัวชี้ของอาเรย์ไปข้างหน้า เพื่อที่จะสามารถกด “S” ในการเก็บค่าตำแหน่งต่อไปในช่องของอาเรย์ถัดไป
- การกดปุ่ม “I” -> “P” เพื่อเลื่อนตัวชี้ของอาเรย์ไปข้างหลัง เพื่อที่จะสามารถกด “S” ในการเก็บค่าตำแหน่งต่อไปในช่องของอาเรย์ก่อนหน้า
- การกดปุ่ม “Q” เพื่อออกจากกระบวนการเก็บค่าตั้งต้น แล้วเข้าสู่การใช้งานจริง



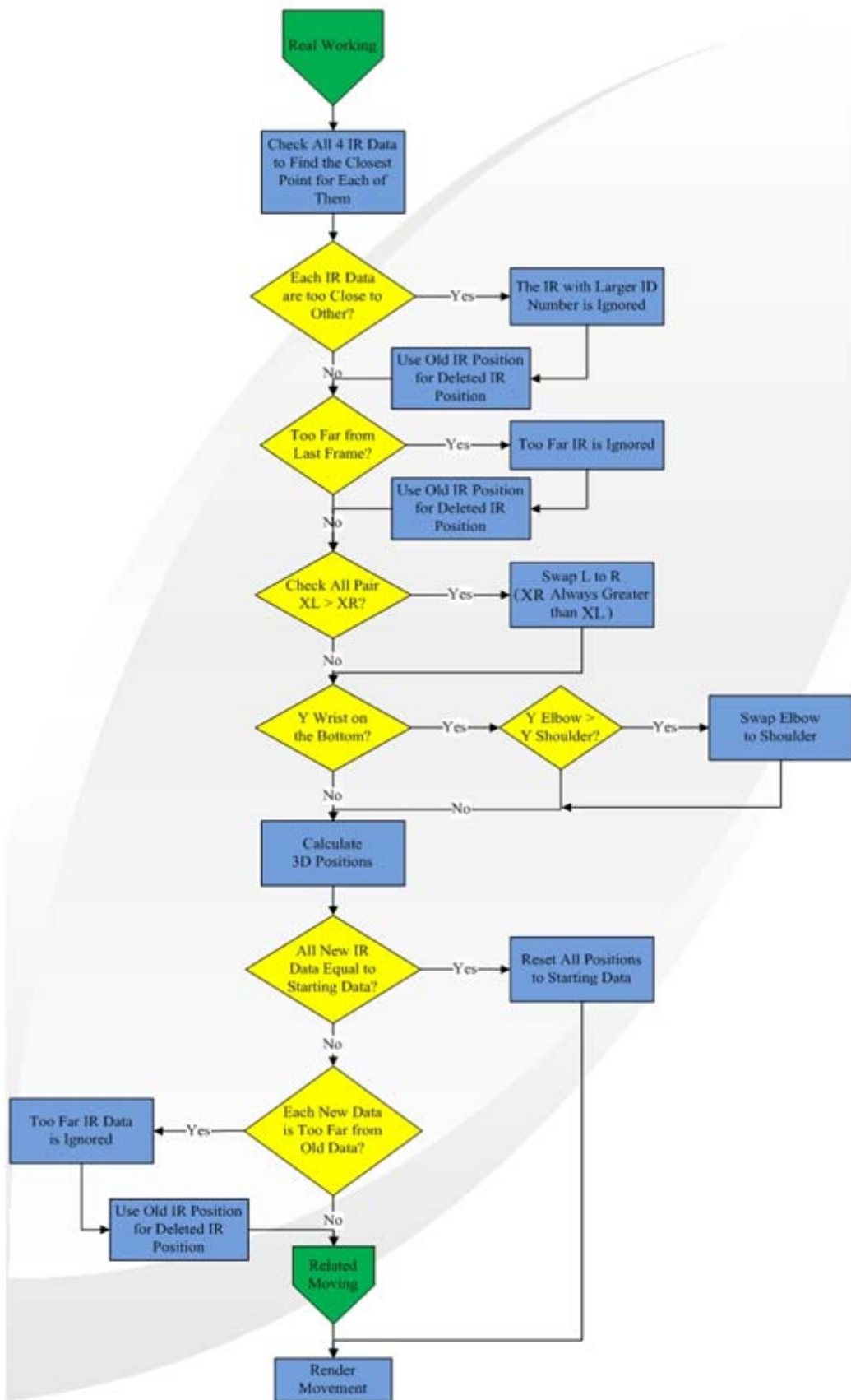
ภาพที่ 41 การทำงานของโปรแกรมในช่วงของการเริ่มต้น

หลังจากโปรแกรมเก็บค่าเริ่มต้นของแต่ละคู่ได้แล้ว ตัวบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มปล่อยไฟเลี้ยงให้กับหลอดอินฟราเรดที่ละ 4 จุด ดังภาพที่ 38 ซึ่งภาพที่ 42 จะแสดงกราฟการปล่อยไฟเลี้ยงของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ให้กับหลอดอินฟราเรด



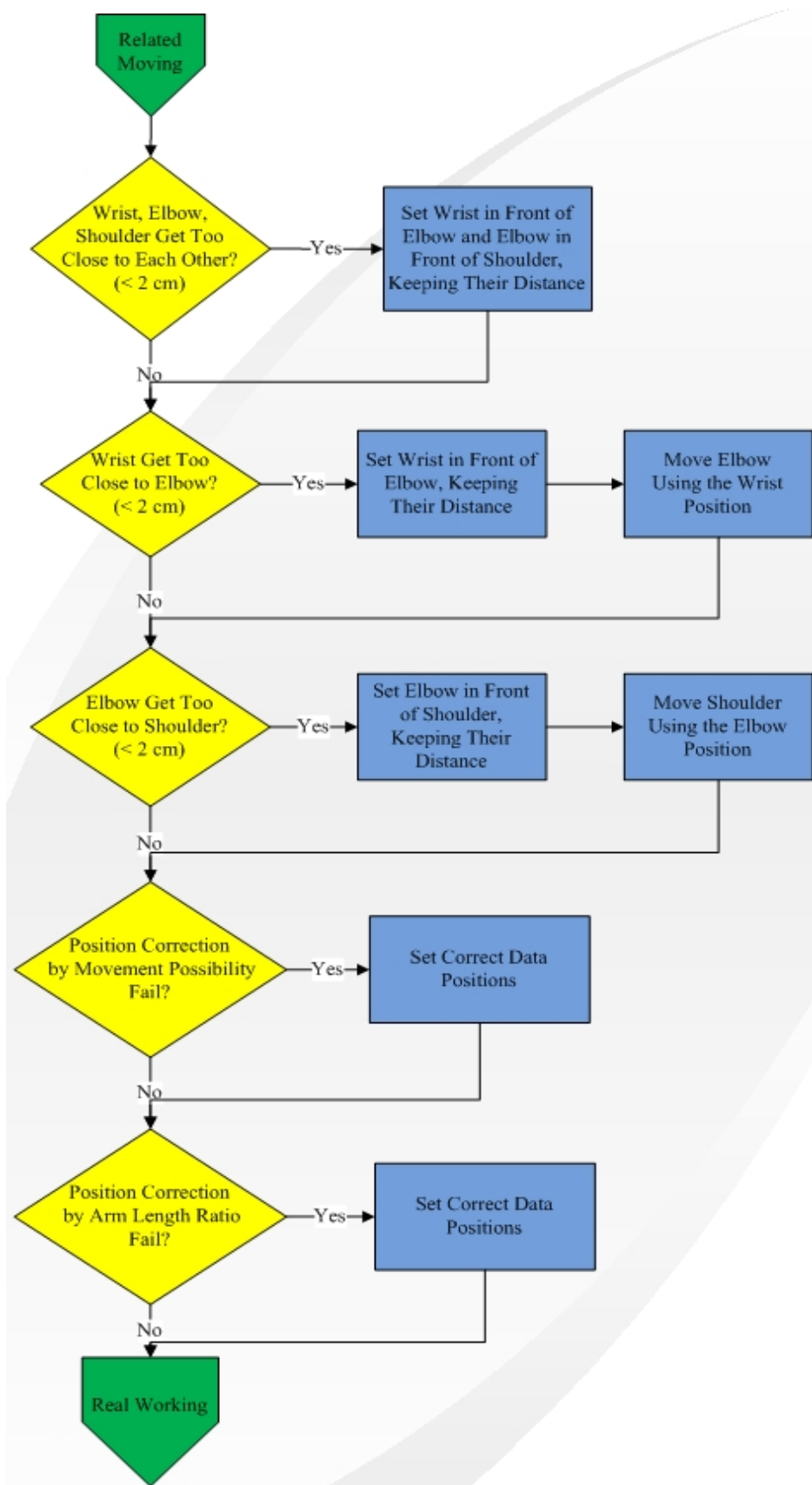
ภาพที่ 42 ลักษณะสัญญาณที่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ในการกำหนดการเปิด-ปิดหลอดอินฟราเรด หลังจากกำหนดค่าที่ใช้ในการเริ่มต้นเสร็จแล้ว

จากภาพที่ 42 จะเห็นได้ว่าจุดที่ 5 กับ 6 จะมีการปล่อยแสงอินฟราเรดอยู่ตลอดเวลา และจุดที่ 1 กับ 2 จะดับและติดสลับกับจุดที่ 3 กับ 4 อยู่ตลอดเวลา ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าจุดที่ 3 กับ 4 จะติดนานกว่าจุดที่ 1 กับ 2 โดยคิดเป็นเวลา 0.6 วินาที และ 0.4 วินาที ตามลำดับ สาเหตุที่งานวิทยานิพนธ์นี้กำหนดให้จุดที่ 3 กับ 4 ติดนานกว่า ก็เพราะว่าโดยปกติจุดที่ 1 กับ 2 มักจะไม่ค่อยขยับเท่าไร ต่างกับจุดที่ 3 กับ 4 ที่มีโอกาสขยับบ่อยกว่ามาก ดังนั้นการกำหนดให้จุดที่ 3 กับ 4 ติดนานมากขึ้น ก็ยังทำให้การเคลื่อนไหวดูราบเรียบมากขึ้นไปด้วย โดยในช่วงเวลานี้โปรแกรมตรวจจับการเคลื่อนไหวจะทำงานควบคู่ไปด้วยดังภาพที่ 43



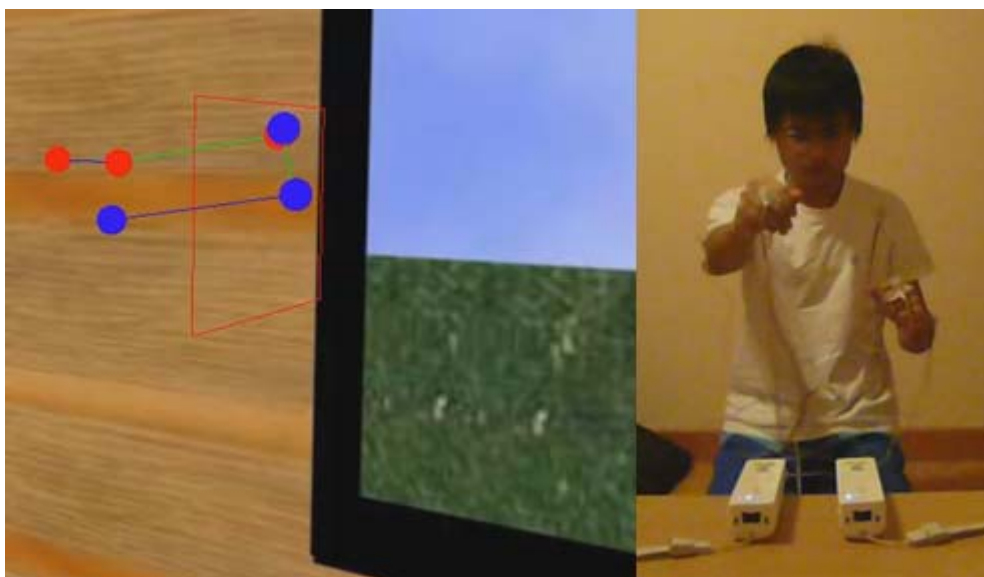
ภาพที่ 43 การทำงานของโปรแกรมในช่วงของการใช้งาน

เมื่อผู้ใช้งานขยับตามท่าทางของการเล่นเกมในรูปแบบต่างๆ โปรแกรมก็จะใช้กระบวนการจัดการกับแสงอินฟราเรดที่มองเห็นและมองไม่เห็น ซึ่งประกอบไปด้วยการรักษาสัดส่วนของแขนคน และการเดาตำแหน่งโดยใช้ลักษณะของการเคลื่อนไหวในท่านั้นๆ กระบวนการทั้งหมดนี้สามารถรวบรวมและอธิบายได้ดังภาพที่ 44 ซึ่งจะใช้อัลกอริทึมในภาพที่ 29 และ 30 ในการตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งต่างๆ ของแขน (Position Correction)



ภาพที่ 44 การทำงานของโปรแกรมในการเดาตำแหน่ง

กระบวนการประมวลผลค่าตำแหน่งจะถูกเรียกใช้งานอยู่ตลอดเวลาไม่ว่า วิถีโมท จะสามารถรับแสงอินฟราเรดได้หรือไม่ก็ตาม ในภาพที่ 45 จะแสดงท่าทางการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งาน โดยจะสามารถเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการตอบสนองของโปรแกรมนั้นจะเร็วขึ้นอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมการตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบที่ละจุดและถูกต้องมากขึ้นเมื่อใช้กระบวนการดังภาพที่ 44 เข้ามาช่วย โดยกระบวนการตรวจสอบและแก้ไขอัตราส่วนของแขนก็ยังใช้กระบวนการเดียวกันกับโปรแกรมการตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบที่ละจุด



ภาพที่ 45 แสดงท่าทางการเคลื่อนไหวแบบรวดเร็วของผู้ใช้งาน

บทที่ 5

วิธีการทดลอง และผลการทดลอง

5.1 วิธีการทดลอง และการวัดผล

สำหรับการทดลอง ได้ทำการทดลองโดยเลือกรูปแบบการเคลื่อนไหวตามชนิดของเกมที่ผู้เล่นเกมส่วนใหญ่นิยม ซึ่งรูปแบบเกมที่เลือกมาก็คือ

เกมขับรถ ผู้เล่นจะทำท่าทางเหมือนกับการจับพวงมลัยขับรถจริงๆ

เกมพินดาดบ ผู้เล่นจะทำท่าทางเหมือนกับว่ากำลังถือดาบไว้ แล้วก็จะพินไปตามจุดต่างๆ โดยผู้เล่นอาจจะทำท่าเหมือนกำลังถือมือเดียว หรือสองมือก็ได้

เกมต่อยมวย ผู้เล่นจะทำท่าทางเหมือนกับการต่อมวยจริงๆ

เกมกดปุ่มต่างๆ ผู้เล่นจะเคลื่อนไหวเพื่อที่จะพยายามสัมผัสปุ่ม หรือจุดที่สนใจตามจุดต่างๆบนหน้าจอ

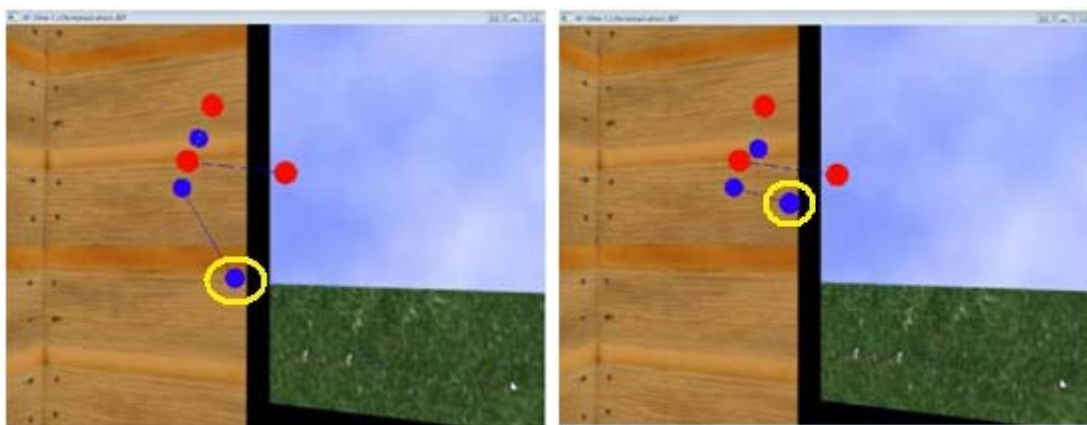
จากนั้นในการวัดผลจะให้ผู้ร่วมทดลอง 10 คนมาร่วมลงความเห็นด้วยการให้คะแนนในรูปแบบสอบถาม สำหรับการตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ใช้ในเกมแต่ละประเภท โดยคะแนนเต็ม 10 หมายถึง การเคลื่อนไหวที่จับได้จากโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวมีความเหมือนการเคลื่อนไหวจริงทุกประการ ส่วนคะแนน 0 หมายถึงการเคลื่อนไหวที่จับได้จากโปรแกรมไม่มีความเหมือนกับการเคลื่อนไหวจากการกระทำจริงอยู่เลย

5.2 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.2.1 การทดลองกับโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวแบบตรวจจับที่ละจุด

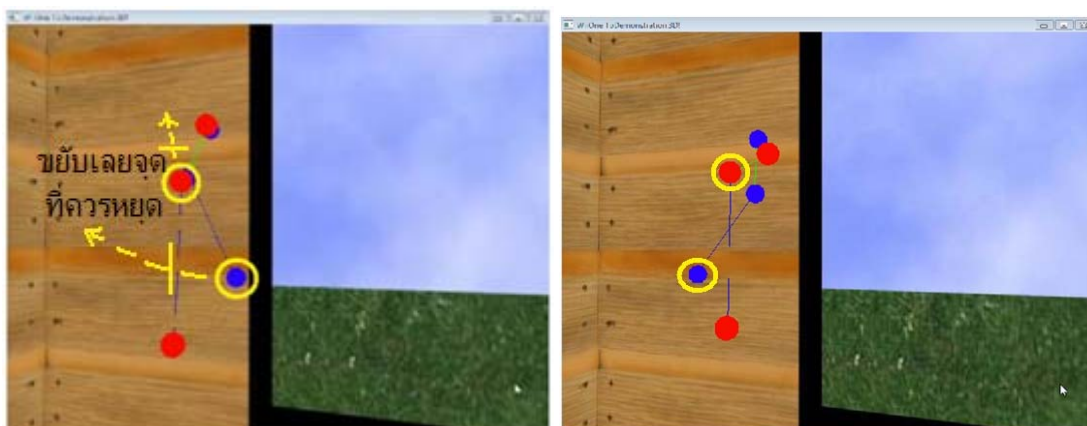
จากการทดลองการเคลื่อนไหวตามท่าทางต่างๆตามรูปแบบของเกมต่างๆที่ผู้เล่นเกมนิยมเล่น กับโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวแบบตรวจจับที่ละจุดจะพบได้ว่าการเคลื่อนไหวของแขนจำลองจะสามารถแสดงตำแหน่งได้ค่อนข้างถูกต้อง แต่ว่าการตอบสนองการเคลื่อนไหวของแขนจำลองในโปรแกรมจะค่อนข้างช้าเมื่อเทียบกับการเคลื่อนไหวจริง เมื่อผู้ใช้งานเคลื่อนไหวเร็วเกินไปก็จะทำให้โปรแกรมนำแสงอินฟราเรดที่กล้องวีโรมมองเห็นไปใส่ให้กับจุดอื่นที่ใกล้เคียงที่สุดซึ่งอาจจะไม่ใช่ตัวมัน จึงต้องนำความรู้ทางสัดส่วนของแขนคน และการเคลื่อนไหวที่เป็นไปได้เข้ามาช่วยในการแก้ไขให้สามารถนำแสงอินฟราเรดที่มองเห็นไปใส่ให้กับจุดที่ถูกต้อง ส่วนในเรื่องของความช้า

ในการตอบสนองซึ่งเกิดเนื่องจากการใช้การเปิด-ปิดไฟของหลอดอินฟราเรดที่ละจุดนั้นทำให้เมื่อจุดใดจุดหนึ่งดับลง จุดๆนั้นจะต้องรออีกเป็นเวลานานกว่าที่มันจะติดขึ้นมาอีกครั้ง ดังภาพที่ 46 จุดที่วงกลมสีเหลืองจะขยับไม่ราบเรียบ เพราะไฟจะติดไม่ต่อเนื่อง



ภาพที่ 46 การตอบสนองที่ค่อนข้างช้า ทำให้การเคลื่อนไหวไม่ราบเรียบ

การเดาตำแหน่งของแต่ละจุดนั้นมีความจำเป็นที่จะต้องนำมาใช้เมื่อกล้องวีธีโมทไม่สามารถมองเห็นแสงอินฟราเรดจากจุดนั้นๆไม่ว่าจะเกิดจากการรอเวลาการเปิด-ปิดไฟ หรือเกิดจากการบังก็ตาม ซึ่งการเดาตำแหน่งในงานวิทยานิพนธ์นี้จะใช้ความเป็นไปได้ที่จุดนั้นๆจะสามารถเคลื่อนไปได้รวมกับการนำคาลแมนฟิลเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณตำแหน่ง ถ้าไม่มีการใช้คาลแมนฟิลเตอร์ จุดที่ไม่ได้ปล่อยแสงก็จะไม่เคลื่อนไหวเลย ทำให้การจับการเคลื่อนไหวดูไม่ราบเรียบ อย่างไรก็ตามผลลัพธ์ที่ได้จากคาลแมนฟิลเตอร์จะได้ผลที่ถูกต้องก็ต่อเมื่อการเคลื่อนไหวของจุดต่างๆเป็นไปในเชิงเส้น หรือมีความเร็วในการเคลื่อนไหวกคงที่ แต่ว่าในการเคลื่อนไหวจริงของแขนเวลาเล่นเกม นั้นจะไม่ได้เคลื่อนไหวด้วยความเร็วคงที่ตลอดเวลา การเดาตำแหน่งจึงยังมีความผิดพลาดอยู่มาก ดังภาพที่ 47



ภาพที่ 47 แสดงความผิดพลาดของการใช้คาลแมนฟิลเตอร์มาช่วยในการคำนวณ

จากภาพที่ 47 จะเห็นได้ว่าเมื่อผู้ใช้งานขยับแขนซ้าย (สีน้ำเงิน) จากตอนแรกแขนขนานกับพื้นมาเป็นแขนแนบลำตัว จะเห็นได้ว่าจุดที่ข้อมือขยับเลยแนวลำตัวออกไป ซึ่งเป็นผลมาจากคาลแมนฟิลเตอร์ เพราะคาลแมนฟิลเตอร์จะเดาตำแหน่งจากภาพเก่าๆ ซึ่งจากภาพเก่าๆ นั้นจะเห็นว่าจุดที่ข้อมือจะขยับเข้าหาลำตัวไปเลย คาลแมนฟิลเตอร์จะเดาต่อว่าจุดนี้น่าจะขยับเลยออกไปทางข้างหลังของลำตัวต่อไป แต่ในความเป็นจริงแล้วการเคลื่อนไหวนั้นหยุดอยู่แค่การแนบลำตัว

ตารางที่ 1 แสดงผลคะแนนจากแบบสอบถาม สำหรับการเล่นเกมแต่ละเกม เมื่อใช้การจับการเคลื่อนไหวแบบตรวจจับทีละจุด

ตารางที่ 1 สรุปคะแนนจากการทดลองของโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวแบบตรวจจับทีละจุด

Tester	Sword	Drive	Boxing	Touch
1	6	6	5	5
2	5	5	4	5
3	5	5	4	4
4	4	5	4	4
5	4	6	4	4
6	4	6	4	4
7	5	6	5	4
8	3	5	3	3
9	3	4	3	3
10	5	5	4	5
Avg	4.4	5.3	4	4.1
SD	0.966092	0.674949	0.666667	0.737865

5.2.1.1 สรุปผลการทดลองการเคลื่อนไหวกแบบเกมพื้นดาบ

ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการทำแบบสำรวจคือ 4.4/10 และมีค่าความแปรปรวนคือ 0.96 ซึ่งหมายความว่า การตรวจจับการเคลื่อนไหวกแบบนี้ยังไม่สามารถที่จะสามารถนำมาเล่นเกมประเภทนี้ได้ โปรแกรมสามารถจับการเคลื่อนไหวกของผู้ใช้งานได้ เหมือนกับการเคลื่อนไหวกจริง แต่จะสามารถเคลื่อนไหวกได้ด้วยความเร็วที่ช้าเท่านั้น ซึ่งทำให้ไม่เพียงพอกับการนำมาใช้ในการเล่นเกมจริงๆ เพราะเกมชนิดนี้ผู้เล่นจะต้องทำท่าฟันดาบ ซึ่งโดยปกติจะต้องฟันอย่างต่อเนื่อง แต่ในโปรแกรมแบบนี้จะสามารถตอบสนองได้เพียงการฟันทีละครั้งเท่านั้น

5.2.1.2 สรุปผลการทดลองการเคลื่อนไหวกแบบเกมขับรถ

ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการทำแบบสำรวจคือ 5.3/10 และมีค่าความแปรปรวนคือ 0.67 ซึ่งหมายความว่า การตรวจจับการเคลื่อนไหวกแบบนี้ยังไม่สามารถนำมาเล่นเกมประเภทนี้ได้จริง สิ่งที่สังเกตได้จากการทดลองคือ โปรแกรมสามารถจับการเคลื่อนไหวกของผู้ใช้งานได้ เหมือนกับการเคลื่อนไหวกจริง แต่จะสามารถเคลื่อนไหวกได้ด้วยความเร็วที่ช้าเท่านั้น จึงทำให้อาจใช้โปรแกรมนี้ได้บ้างในเกมประเภทที่ไม่ได้เน้นที่การตอบสนองมากนัก เช่น เกมประเภทสื่อการเรียนการสอน แต่ถ้าเป็นเกมขับรถทั่วไปนั้น วิธีการตรวจจับทีละจุดไม่สามารถใช้ได้แน่นอน

5.2.1.3 สรุปผลการทดลองการเคลื่อนไหวกแบบเกมต่ออยมวย

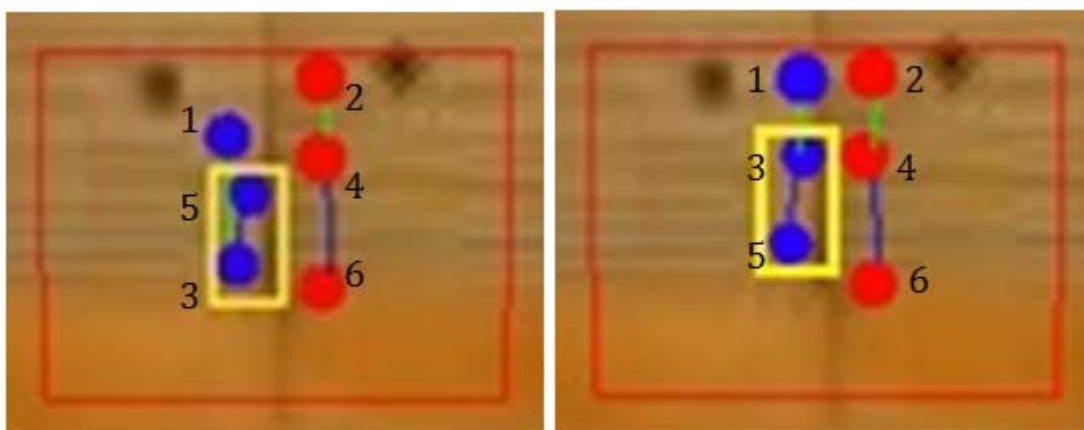
ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการทำแบบสำรวจคือ 4.0/10 และมีค่าความแปรปรวนคือ 0.66 ซึ่งหมายความว่า การตรวจจับการเคลื่อนไหวกแบบนี้ยังไม่สามารถนำมาเล่นเกมประเภทนี้ได้ จากการสังเกตพบว่า โปรแกรมสามารถจับการเคลื่อนไหวกของผู้ใช้งานได้ เหมือนกับการเคลื่อนไหวกจริง แต่จะสามารถเคลื่อนไหวกได้ด้วยความเร็วที่ช้าเท่านั้น ซึ่งทำให้ไม่เพียงพอกับการนำมาใช้ในการเล่นเกมจริงๆ เพราะเกมชนิดนี้ผู้เล่นจะต้องทำท่าต่ออยจริงๆ ซึ่งแน่นอนว่าหมัดที่ออกไปจะต้องออกไปด้วยความเร็ว และดึงกลับมาด้วยความเร็ว

5.2.1.4 สรุปผลการทดลองการเคลื่อนไหวกแบบเกมกดปุ่มต่างๆ

ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการทำแบบสำรวจคือ 4.1/10 และมีค่าความแปรปรวนคือ 0.73 ซึ่งหมายความว่า การตรวจจับการเคลื่อนไหวกแบบนี้ยังไม่สามารถนำมาเล่นเกมประเภทนี้ได้จริง ซึ่งจากการสังเกตพบว่าโปรแกรมสามารถจับการเคลื่อนไหวกของผู้ใช้งานได้เหมือนกับการเคลื่อนไหวกจริง แต่จะสามารถเคลื่อนไหวกได้ด้วยความเร็วที่ช้าเท่านั้น ซึ่งอาจไม่เพียงพอกับการนำมาใช้ในการเล่นเกมจริงๆ เพราะเกมชนิดนี้ผู้เล่นจะต้องใช้ความรวดเร็วในการเคลื่อนไหวกไปกดปุ่มต่างๆบนหน้าจอ

5.2.2 การทดลองกับโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวกแบบตรวจจับทีละจุด

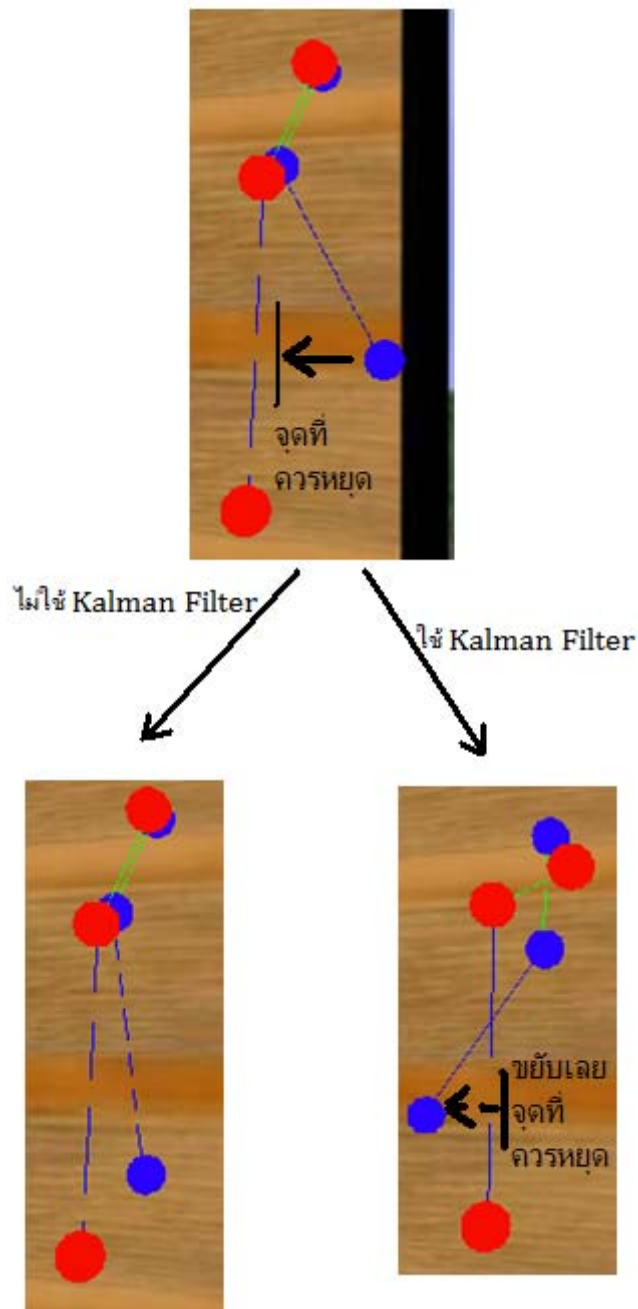
จากการทดลองการเคลื่อนไหวกตามท่าทางต่างๆตามรูปแบบของเกมต่างๆที่ผู้เล่นเกมนิยมเล่น กับโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวกแบบตรวจจับทีละจุด จะพบได้ว่าเมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมา และเริ่มรอรับค่าตำแหน่งของหลอดอินฟราเรดที่กล้องวีริโมทมองเห็น ค่าที่ได้จากวีริโมทของทั้งสี่จุดจะสลับกันไปมาอยู่ตลอดเวลา กล่าวคือบางครั้งค่าแรกที่วีริโมทส่งมาอาจจะเป็นค่าตำแหน่งของจุดที่ข้อมือ แต่เมื่อเวลาผ่านไปค่าแรกที่ส่งมาอาจจะเป็นค่าตำแหน่งของจุดข้อศอกก็เป็นได้ ดังภาพที่ 48 ในรูปเส้นสีเขียวคือเส้นที่ใช้เชื่อมระหว่างหัวไหล่กับข้อศอก และสีน้ำเงินใช้เชื่อมข้อศอกกับข้อมือ



ภาพที่ 48 ตัวอย่างเมื่อวีริโมทส่งค่าตำแหน่งของบางจุดสลับกัน

การที่ค่าตำแหน่งสลับกันได้ตลอดเวลานั้น จะแตกต่างจากโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวกแบบตรวจจับทีละจุด เพราะถ้าตรวจจับทีละจุดค่าที่ส่งมาจะเป็นค่าตำแหน่งของจุดเดียวเสมอ ทำ

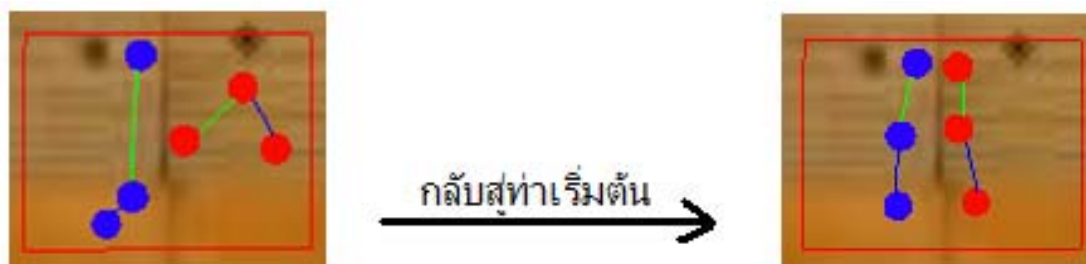
ให้โปรแกรมการตรวจแบบที่ละเอียดต้องมีกระบวนการจัดการว่าค่าตำแหน่งของแต่ละจุดของทั้งสี่ค่าที่วิธีโมทส่งมานั้น ค่าแต่ละค่าที่อ่านได้นั้นเป็นของจุดใดกันแน่ ซึ่งวิธีการที่ได้นำมาใช้เพื่อแยกแยะจุดนั้นอาศัยความรู้ทางลักษณะสัดส่วนของแขน และลักษณะที่แขนสามารถเคลื่อนไหวได้จริง โดยจะใช้เรื่องของมุมของข้อต่อต่างๆของแขนที่สามารถเคลื่อนไหวได้จริง ซึ่งสามารถคำนวณได้จากระยะแกน Z ของข้อมือที่จะไม่มีทางมากกว่าข้อศอก ถ้าข้อศอกไม่มากกว่าหัวไหล่ด้วย รวมกับตำแหน่งของทุกจุดในเฟรมเก่า ในตอนใช้งานจริงนั้น จะพบว่า การเคลื่อนไหวของแขนจำลองจะตอบสนองได้รวดเร็วกว่าการตรวจจับที่ละเอียด แต่โอกาสที่โปรแกรมจะรับค่าไปใส่ผิดจุดนั้นมีมากกว่า และก็ยังมีความเสี่ยงที่การตอบสนองยังเร็วไม่เพียงพอกับการเคลื่อนไหวจริง จึงทำให้เกิดความผิดพลาดในการติดตามจุดที่สนใจ การเดาตำแหน่งยังคงจำเป็นต้องใช้ในโปรแกรมแบบนี้ด้วย การเดาตำแหน่งที่ใช้จะเน้นไปที่การรักษาสัดส่วนของแขนให้คงที่ กับการเคลื่อนไหวที่เป็นไปได้ของแต่ละจุด ส่วนคาลแมนฟิลเตอร์จะไม่ได้ถูกนำมาใช้เลย สาเหตุที่โปรแกรมแบบนี้ไม่มีการใช้คาลแมนฟิลเตอร์ก็เพราะการตอบสนองที่รวดเร็วอยู่แล้ว ภาพที่เห็นจึงค่อนข้างที่จะต่อเนื่อง ประกอบกับในการทดลองเบื้องต้นนั้นได้ลองเปิดการใช้งานในส่วนของคาลแมนฟิลเตอร์ซึ่งพบว่าคาลแมนฟิลเตอร์จะทำให้เกิดความผิดพลาดมากกว่าเดิม ตัวอย่างเช่น บางครั้งผู้ใช้เคลื่อนไหวไปเพียงนิดเดียว แต่คาลแมนฟิลเตอร์จะคำนวณว่าเกิดการเคลื่อนไหวมากเกินไป ดังภาพที่ 49



ภาพที่ 49 แสดงการเปรียบเทียบการเปิดใช้งานกับไม่ใช้งานคาลแมนฟิลเตอร์จากการเปิด
หลอดอินฟราเรดทีละชุด

อีกหนึ่งปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในขณะใช้งานก็คือ ความผิดพลาดในการกำหนดแสงอินฟราเรดที่มองเห็นกับจุดจริงของมันในระหว่างการใช้งาน ซึ่งผู้ใช้จะต้องทำท่าเหมือนกับท่าเริ่มต้น โปรแกรมจะทำการกำหนดค่าให้ใหม่ทันทีเมื่อมองเห็นว่าตำแหน่งของจุดต่างๆใกล้เคียงกับ

ค่าเริ่มต้น ดังภาพที่ 50 ในรูปเมื่อเกิดความผิดพลาดของการแสดงผลของจุดต่างๆผู้ใช้จะต้อง ทำท่าเริ่มต้น เพื่อให้โปรแกรมเริ่มตั้งค่าตำแหน่งต่างๆใหม่ ในรูปจะแสดงให้เห็นว่าตอนแรก โปรแกรมคำนวณตำแหน่งไม่ตรงกับความจริงเลย แต่เมื่อผู้ใช้ทำท่าเริ่มต้น โปรแกรมก็จะทำการตั้ง ค่าตำแหน่งใหม่ทั้งหมด ทำให้การใช้งานเป็นไปได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถใช้ได้กับเกมทุกรูปแบบ



ภาพที่ 50 โปรแกรมจะคอยตรวจสอบความใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น เพื่อแก้ไขเมื่อเกิดความผิดพลาด

สำหรับผลการทดลองเมื่อตรวจจับหลอดอินฟราเรดที่ละชุดนั้น แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปคะแนนจากการทดลองของโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวแบบตรวจจับที่ละชุด

tester	Sword	Drive	Boxing	Touch
1	6	9	6	5
2	9	7	8	9
3	8	9	8	10
4	7	10	7	7
5	8	8	8	8
6	8	6	9	7
7	5	7	10	9
8	8	7	7	9
9	6	7	6	6
10	9	8	9	10
Avg	7.4	7.8	7.8	8
SD	1.349897	1.229273	1.316561	1.699673

5.2.2.1 สรุปผลการทดลองการเคลื่อนไหวแบบเกมฟันดาบ

ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการทำแบบสำรวจคือ 7.4/10 และมีค่าความแปรปรวนคือ 1.35 ซึ่งหมายความว่า การตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบนี้สามารถนำมาเล่นเกมประเภทนี้ได้ในระดับดี แต่ค่าความแปรปรวนจากความคิดเห็นของผู้เล่นนั้นชี้ให้เห็นว่าการตรวจจับยังคงมีความผิดพลาดอยู่บ้าง ซึ่งจากการสังเกตพบว่าโปรแกรมสามารถจับการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งานได้เหมือนกับการเคลื่อนไหวจริง รวมไปถึงมีความสามารถในการตอบสนองที่รวดเร็วด้วย ทำให้สามารถใช้งานได้ดีกับเกมประเภทนี้ แต่ก็ยังมีข้อผิดพลาดอยู่บ้างเมื่อเกิดการซ้อนทับกันของจุดอินฟราเรด ซึ่งผู้ใช้จะต้องทำท่าทางเริ่มต้น เพื่อให้โปรแกรมสามารถแก้ไขการจับภาพให้ถูกต้องได้

5.2.2.2 สรุปผลการทดลองการเคลื่อนไหวแบบเกมขับรถ

ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการทำแบบสำรวจคือ 7.8/10 และมีค่าความแปรปรวนคือ 1.23 ซึ่งหมายความว่า การตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบนี้สามารถนำมาเล่นเกมประเภทนี้ได้ในระดับดี แต่ค่าความแปรปรวนก็บ่งชี้ถึงการมีความผิดพลาดในการตรวจจับอยู่บ้างเช่นเดียวกับในการทดลองที่แล้ว ซึ่งจากการสังเกตนั้นพบว่าโปรแกรมสามารถจับการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งานได้เหมือนกับการเคลื่อนไหวจริง รวมไปถึงมีความสามารถในการตอบสนองที่รวดเร็วด้วย ทำให้สามารถใช้งานได้ดีมากกับเกมประเภทนี้ โดยอาจเกิดข้อผิดพลาดอยู่เพียงเล็กน้อยเมื่อเกิดการซ้อนทับกันของจุดอินฟราเรด ซึ่งผู้ใช้จะต้องทำท่าทางเริ่มต้น เพื่อให้โปรแกรมสามารถแก้ไขการจำลองภาพให้ถูกต้อง

5.2.2.3 สรุปผลการทดลองการเคลื่อนไหวแบบเกมต่อยมวย

ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการทำแบบสำรวจคือ 7.8/10 และมีค่าความแปรปรวนคือ 1.31 ซึ่งหมายความว่า การตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบนี้สามารถนำมาเล่นเกมประเภทนี้ได้ในระดับดี แต่ยังคงมีความผิดพลาดในการตรวจจับอยู่บ้าง ซึ่งจากการสังเกตในระหว่างการทดลองนั้นพบว่าโปรแกรมสามารถจับการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งานได้เหมือนกับการเคลื่อนไหวจริง รวมไปถึงมีความสามารถในการตอบสนองที่รวดเร็วด้วย ทำให้สามารถใช้งานได้ดีกับเกมประเภทนี้ โดยอาจจะเกิดข้อผิดพลาดอยู่บ้างเมื่อเกิดการซ้อนทับกันของจุดอินฟราเรด ซึ่งจากการทดลองพบว่าเกิดค่อนข้างบ่อยในเกมประเภทนี้ ทำให้ผู้ใช้จะต้องทำท่าทางเริ่มต้นทุกครั้งที่เกิดการผิดพลาด เพื่อให้โปรแกรมสามารถแก้ไขการจำลองภาพให้ถูกต้อง

5.2.2.4 สรุปผลการทดลองการเคลื่อนไหวแบบเกมกดปุ่มต่างๆ

ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการทำแบบสำรวจคือ 8.0/10 และมีค่าความแปรปรวนคือ 1.70 ซึ่งหมายความว่า การตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบนี้สามารถนำมาเล่นเกมประเภทนี้ได้ในระดับดี แต่ค่าความแปรปรวนมีค่าค่อนข้างมาก ซึ่งหมายถึงการมีข้อผิดพลาดในการตรวจจับตำแหน่งอยู่บ้าง จากการสังเกตระหว่างการทดลองพบว่า โปรแกรมสามารถจับการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งานได้เหมือนกับการเคลื่อนไหวจริง รวมไปถึงมีความสามารถในการตอบสนองที่รวดเร็วด้วย ทำให้สามารถใช้งานได้ดีกับเกมประเภทนี้ นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่าแทบจะไม่เกิดข้อผิดพลาดเมื่อเกิดการซ้อนทับกันของจุดอินฟราเรดเลย แต่ถ้าเกิดขึ้นผู้ใช้ก็ต้องทำท่าทางเริ่มต้น เพื่อให้โปรแกรมสามารถแก้ไขการจำลองภาพให้ถูกต้อง

การทดลองทุกชิ้นสำหรับการเปิดปิดหลอดไฟที่ละจุดนั้น มีค่าความแปรปรวนจำนวนหนึ่ง ซึ่งบอกถึงความไม่แน่นอนของผลการทดลอง ค่าความแปรปรวนนี้อาจลดลงได้ถ้าเพิ่มจำนวนผู้ทดลอง แต่เนื่องจากจำนวนผู้ทดลองมีจำกัด ทางผู้เขียนวิทยานิพนธ์จึงมีความจำเป็นต้องสรุปผลการทดลองจากจำนวนผู้ทดลองดังกล่าว

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

วัตถุประสงค์ของงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คือการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์ที่มีราคาถูก เพื่อนำมาทำเป็นอุปกรณ์สำหรับให้ผู้ใช้งานสามารถใช้ในการสั่งการโปรแกรม หรือใช้ในการเล่นเกมในรูปแบบ 3 มิติได้ โดยในงานวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนได้สร้างโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวของผู้ใช้ในรูปแบบ 3 มิติ ซึ่งจะต้องนำองค์ความรู้ต่างๆมาใช้ควบคู่กับการคำนวณระยะทางในรูปแบบ 3 มิติ เพื่อให้ได้การเคลื่อนไหวที่คงความสมจริงแม้เมื่อเกิดความผิดพลาด จากแนวคิดและการทดลองสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้คือ

โปรแกรมจับการเคลื่อนไหวแบบตรวจจับที่ละจุดจะทำงานได้ดีเฉพาะกับการเคลื่อนไหวแบบซ้ำๆ โดยที่ไม่จำเป็นต้องใช้กระบวนการจัดเรียงจุดต่างๆที่ซับซ้อนมากเท่ากับโปรแกรมจับการเคลื่อนไหวแบบตรวจจับที่ละชุด แต่เนื่องจากโปรแกรมตอบสนองช้า การเคลื่อนไหวบางท่าที่ใช้ในเกมจึงไม่สามารถทำได้ ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้กับเกมจริงๆได้

โปรแกรมจับการเคลื่อนไหวแบบตรวจจับที่ละชุด จะทำงานได้ดีกับการเคลื่อนไหวแบบเร็วๆ โดยจะต้องใช้กระบวนการที่ซับซ้อนกว่า ซึ่งจากการทดลองพบว่าการตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบนี้สามารถที่จะนำไปใช้ในการเล่นเกมได้ดี แต่ยังไม่สมบูรณ์แบบ ทั้งนี้เพราะว่ายังคงมีความผิดพลาดในการกำหนดแสงอินฟราเรดที่มองเห็นกับจุดจริงของมันในระหว่างการใช้งาน เมื่อเกิดความผิดพลาดนี้ ผู้ใช้จะต้องให้ระบบจัดการตัวเองใหม่ ซึ่งผู้ใช้อาจจะต้องทำท่าเหมือนกับท่าเริ่มต้น โปรแกรมจะทำการกำหนดค่าให้ใหม่ทันทีเมื่อมองเห็นว่าตำแหน่งของจุดต่างๆใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น

ในการนำเอาแนวคิดและวิธีการของวิทยานิพนธ์นี้ไปใช้กับการควบคุม หรือเล่นเกมจริงๆที่มีในท้องตลาดนั้น สามารถนำไปใช้ได้ แต่ว่าควรปรับเปลี่ยนให้เป็นการขยับโครงกระดูกจำลองในตัวโปรแกรมแทนที่จะขยับจุดอย่างอิสระ ทั้งนี้เพื่อใช้โครงกระดูกในการจำกัดการเคลื่อนไหวที่ผิดธรรมชาติ ซึ่งจะได้ความผิดพลาดที่น้อยลงกว่าการทดลองในงานวิทยานิพนธ์นี้ เนื่องจากโปรแกรมของงานวิทยานิพนธ์นี้ นำค่าระยะทาง 3 มิติ ที่ได้ไปแสดงตำแหน่งของแต่ละจุดเลย โดยใช้เพียงค่าสัดส่วนความยาวแขนและมุมอย่างไม่ละเอียดนักในการจำกัดการเคลื่อนไหวไม่ให้ผิดธรรมชาติ การที่ความผิดพลาดน้อยลง จะทำให้จำนวนการทำท่าเริ่มต้นลดลงไปด้วย ซึ่งจะทำให้การเล่นเกมนั้นลื่นไหลขึ้น

อย่างไรก็ตามปัญหาที่ใหญ่ที่สุดที่จะทำให้เกิดความผิดพลาดก็คือ กล้องวีริโมทนั้นบางที่ไม่สามารถมองเห็นแสงอินฟราเรดของแต่ละจุดได้ ไม่ว่าจะมีการบังเกิดขึ้นหรือไม่ก็ตาม ทั้งนี้เพราะตัวหลอดอินฟราเรดนั้นมีมุมของการส่องแสงที่ค่อนข้างจะจำกัดอยู่มาก แม้ว่าแต่ละจุดจะใช้หลอดอินฟราเรดมากถึง 9 หลอดแล้วก็ตาม และอีกปัจจัยหนึ่งก็คือ ระยะทางระหว่างตัวผู้ใช้กับกล้องวีริโมท ในงานวิทยานิพนธ์นี้ต้องใช้ระยะห่างประมาณ 80-90 เซนติเมตร เพื่อให้กล้องวีริโมทมองเห็นครอบคลุมการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งาน โดยระยะห่างที่มากนี้เองที่จะทำให้กล้องวีริโมทสามารถมองเห็นแสงอินฟราเรดยากยิ่งขึ้น ในการทดลองระยะไม่เกิน 50 เซนติเมตร จะเป็นระยะทางที่เหมาะสมมากที่สุดที่จะทำให้กล้องวีริโมทสามารถมองเห็นแสงอินฟราเรดได้อย่างชัดเจน แต่ว่าจะไม่สามารถมองเห็นการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งานได้ครบถ้วน ซึ่งการจะแก้ปัญหาการจับตำแหน่งไม่ถูกเพราะมองไม่เห็นนี้ แม้จะได้ใช้วิธีกาลแมนฟิลเตอร์ หรือการตรวจสอบสัดส่วนของแขนมาใช้แล้วก็ตาม ก็ยังไม่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ทั้งหมด ถ้าหลอดไฟอินฟราเรดยังคงเป็นชนิดเดิม จำเป็นต้องใช้เซ็นเซอร์ชนิดอื่น เช่นเซ็นเซอร์ความเร่ง หรือเซ็นเซอร์ตรวจจับความงอของแขนเข้ามาช่วย

การตรวจจับแสงอินฟราเรดของกล้องวีริโมทนั้นถือว่ามีคุณสมบัติที่ดี คือ สามารถตอบสนองได้รวดเร็ว และมีความละเอียดที่สูง แต่ในช่วงระหว่างการเขียนวิทยานิพนธ์นี้ มีเครื่องมือตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ออกมาใหม่ คือ ไมโครซอฟท์ คิเน็คซ์ ซึ่งสามารถตรวจจับจุดต่างๆได้ทั้งแขนและขา มีการตอบสนองที่รวดเร็ว ซึ่งสามารถประมวลผลในความเร็ว 30 เฮอร์ซ และมีความละเอียดอยู่ที่ 320x240 พิกเซล สามารถตรวจจับได้ในระยะที่อยู่ในช่วง 1.2-3.5 เมตร และมีมุมมองอยู่ที่ 57 องศาในแนวนอนและ 43 องศา ในแนวตั้ง [18] แม้ว่าจะยังมีปัญหาการตรวจจับตำแหน่งผิดเพี้ยนเมื่อส่วนของร่างกายถูกบัง แต่ปัญหาเรื่องมุมของหลอดอินฟราเรดและระยะการตรวจจับที่จำกัดนั้นสามารถถูกกำจัดไปได้ ในตารางที่ 3 จะเปรียบเทียบข้อแตกต่างของกล้องวี กับกล้องคิเน็คซ์

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบข้อแตกต่างของกล้องวี กับ กล้องคิเน็กซ์

	Frame Rate (Hz)	Resolution (Pixel x Pixel)	Horizontal View (Degrees)	Vertical View (Degrees)	Depth Range (cm)
Wii	100	1024 x 768	45	45	100-300
Kinect	30	320 x 240	57	43	120-350

	Power Source	Data Transfer by	Tracking Point	Cost
Wii	2 x AA battery	Bluetooth	4 points	1500 Baht
Kinect	USB	USB	20 joints/player x 2 players	4000 Baht

จากการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างวีรีเมท กับคิเน็กซ์ จะพบว่ามีข้อมูลหลายอย่างที่วีรีเมท ดีกว่าแต่ว่าคุณสมบัติที่สำคัญของการใช้งานในรูปแบบของการตรวจจับและติดตามวัตถุ นั้น คิเน็กซ์สามารถทำได้ดีกว่ามาก กล่าวคือ คิเน็กซ์สามารถติดตามจุดที่สนใจได้มากถึง 20 จุดต่อผู้ใช้งาน 1 คน และสามารถติดตามได้พร้อมกัน 2 คน นั้นหมายความว่า คิเน็กซ์สามารถติดตามจุดที่สนใจได้ถึง 40 จุดในเวลาจริง แต่วีรีเมททำได้เพียง 4 จุด และอีกเรื่องที่สำคัญก็คือ ระยะเวลาในการใช้งาน คิเน็กซ์สามารถใช้งานได้ไกลมากถึง 3.5 เมตร แต่ในงานวิจัยนี้พบว่าแม้ว่าตามคุณสมบัติที่นินเทนโดแจ้งไว้ วีรีเมทจะสามารถใช้งานได้ไกลถึง 3 เมตร ในการทำงานจริงกลับใช้ได้ไกลสูงสุดเพียงแค่ประมาณ 1.5 เมตร เท่านั้น แต่สาเหตุหนึ่งอาจจะเป็นเพราะในงานวิจัยนี้ไม่ได้ใช้เซนเซอร์บาร์ที่มาพร้อมกับวีรีเมทในการใช้งานแต่ได้ใช้หลอดอินฟราเรดที่ทำขึ้นเองแทน ซึ่งระยะที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในงานวิจัยนี้ก็คือ 50 – 90 เซนติเมตร

จากผลการทดลองด้วยวีรีเมท ผู้จัดทำงานวิจัยนี้แนะนำให้เลือกใช้คิเน็กซ์แทนสำหรับงานวิจัยอื่น ๆ ที่ต้องการใช้งานอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติในลักษณะเช่นนี้ แม้ว่าความจริงแล้วเราสามารถที่จะนำเอาอุปกรณ์ตรวจจับความงอหรือความเร่งเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาการคำนวณการเคลื่อนไหวเมื่อวีรีเมทไม่สามารถมองเห็นแสงอินฟราเรด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบการใช้งานระหว่างอุปกรณ์ในระบบของงานวิจัยนี้ต้องมีหลอดอินฟราเรด และอาจมีตัวตรวจจับอื่นติดตัว กับการใช้งานของคิเน็กซ์ที่ได้ผลตำแหน่งสามมิติโดยไม่ต้องมีอะไรติดตัวเลย การใช้คิเน็กซ์แทนย่อมสะดวกมากกว่า

รายการอ้างอิง

- [1] Lee, J.C. Hacking the Nintendo Wii Remote. **IEEE CS Pervasive Computing** (July - September 2008): 39-45.
- [2] Hay, S., Newman, J., and Harle, R. Optical Tracking Using Commodity Hardware. **IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augment Reality** (September 2008): 159-160.
- [3] Schreiber, M., von Wilamowitz-Moellendorff, M., and Bruder R. New Interaction Concepts by Using the Wii Remote. **Human-Computer Interaction, Part II Springer-Verlag** (2009): 261-270.
- [4] Fahn, C.S. and Sun, H. Development of a Data Glove with Reducing Sensors Based on Magnetic Induction. **IEEE Trans. Industrial Electronics** (2005): 585-594.
- [5] Deller, M., Ebert, A., Bender M., and Hagen, H. Flexible Gesture Recognition for Immersive Virtual Environments. **IEEE Proceedings of the Information Visualization** (2006).
- [6] Slyper, R. and Hodgins, J. K. Action Capture with Accelerometers. **ACM SIGGRAPH Symposium on Computer Animation** (2008): 193-199.
- [7] Corrales, J.A., Candelas, F.A., and Torres, F. Hybrid Tracking of Human Operators using IMU/UWB Data Fusion by a Kalman Filter. **ACM** (March 2008): 193-200.
- [8] Sko, T. and Gardner, H. 2009. The Wiimote with Multiple Sensor Bars. **ACM Creating an Affordable, Virtual Reality Controller** (July 2009): 41-44.
- [9] Gonzalez, R.C., Cancelas, J.A., Alvarez, J.C., Fernandez, J.A., and Alvarez, I. Dynamic Programming Stereo Vision Algorithm for Robotic Applications. **Vision Interface** (May 1999): 117-124.
- [10] Okutomi, M. and Kanade, T. A Multiple-Baseline Stereo. **IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence** (April 1993): 353-363.
- [11] Domae, Y., Takauji, H., Kaneko, S., Tanaka, T., Okuda, H., and Hashimoto, M. 3D Measurement of Flexible Objects by Robust Motion Stereo. **SICE Annual Conference, Japan, 2007**, pp.740-743. Japan: SICE, 740-743.

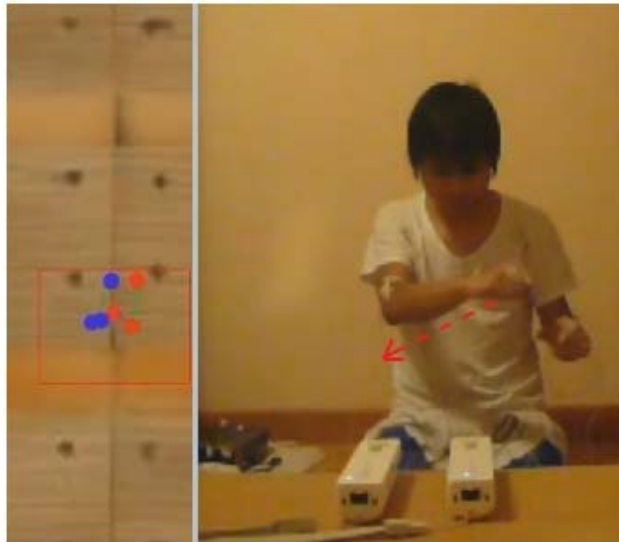
- [12] Fujiyoshi, H., Shimizu, S., and Nishi, T. Fast 3D Position Measurement with Two Unsynchronized Cameras. **IEEE International Symposium on Computation Intelligence in Robotics and Automation** (July 2003): 1239-1244.
- [13] Grosso, E. and Tistarelli, M. Active/Dynamic Stereo Vision. **IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence** (September 1995): 868-879.
- [14] Welch, G. and Bishop, G. **An Introduction to the Kalman Filter**. North Carolina: Department of Computer Science University of North Carolina at Chapel Hill, 2006.
- [15] Aristidon, A., Cameron, J., and Lasenby, J. Predicting Missing Markers to Drive Real-Time Centre of Rotation Estimation. **Springer-Verlag AMDO, 2008**, pp.238-247. Berlin and Heidelberg: Springer, 2008.
- [16] NINTENDO. **Nintendo Wii Home Page** [Online]. 2010. Available from : <http://www.nintendo.com/wii> [2010, January]
- [17] Vishay. **Vishay TSAL 7400 Data Sheet Page** [Online]. 2011. Available from : <http://www.vishay.com/docs/81014/tsal7400.pdf> [2011, September]
- [18] Kinect. **Microsoft Xbox 360 Kinect Spec Page** [Online]. 2011. Available from : <http://x360.affiliatepartnerships.info/kinect-spec/> [2011, December]

ภาคผนวก

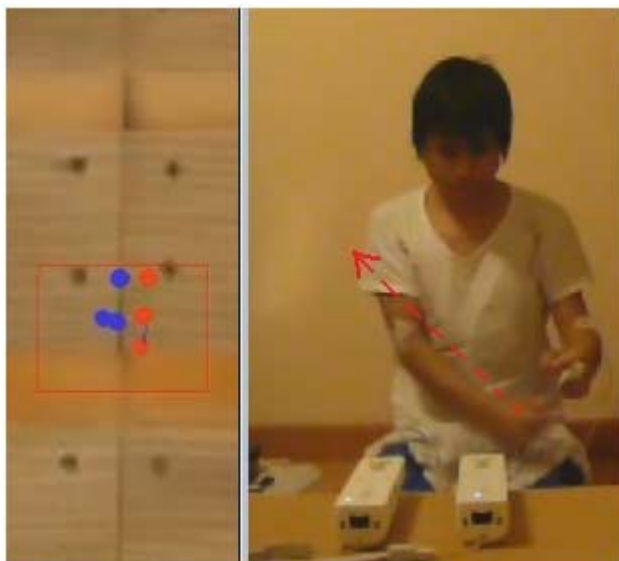
ภาคผนวก ก

รายละเอียดของแต่ละท่าทางที่ใช้ในแต่ละรูปแบบของเกมที่ใช้ในการทดสอบ

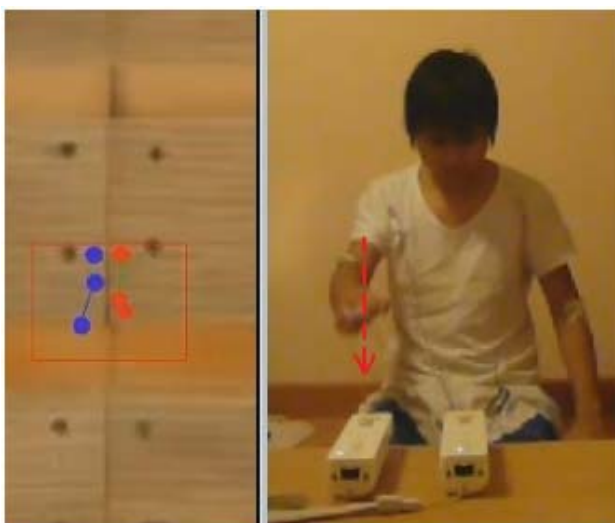
1. เกมพินดาบ



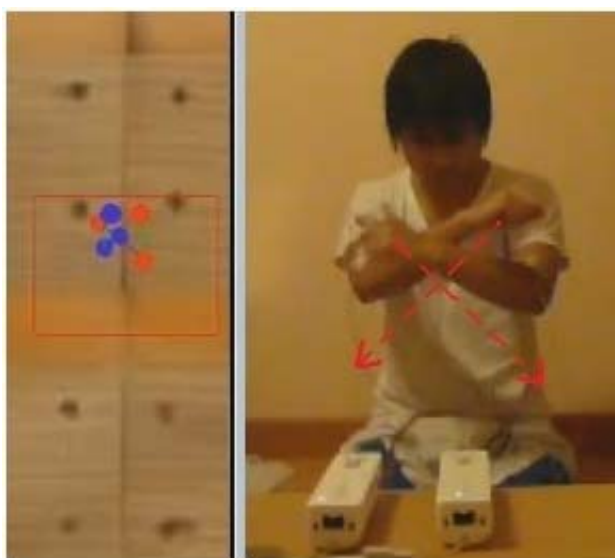
ภาพที่ 51 ตัวอย่างที่ 1 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมพินดาบ



ภาพที่ 52 ตัวอย่างที่ 2 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมพินดาบ



ภาพที่ 53 ตัวอย่างที่3 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมพันดาบ

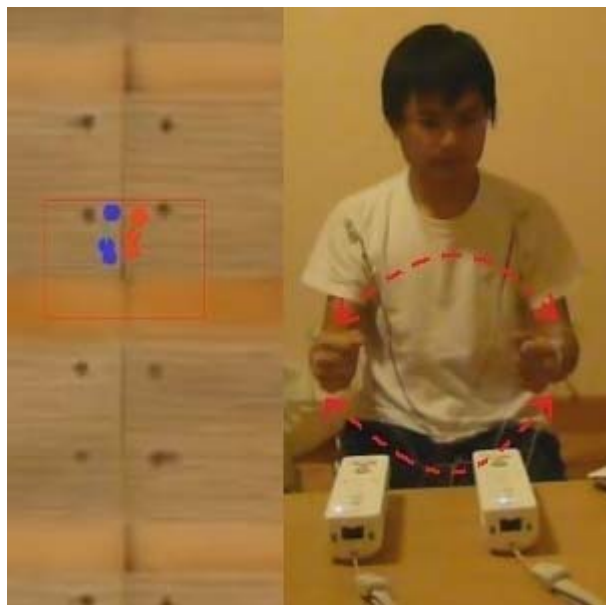


ภาพที่ 54 ตัวอย่างที่4 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมพันดาบ

2. เกมขับรถ

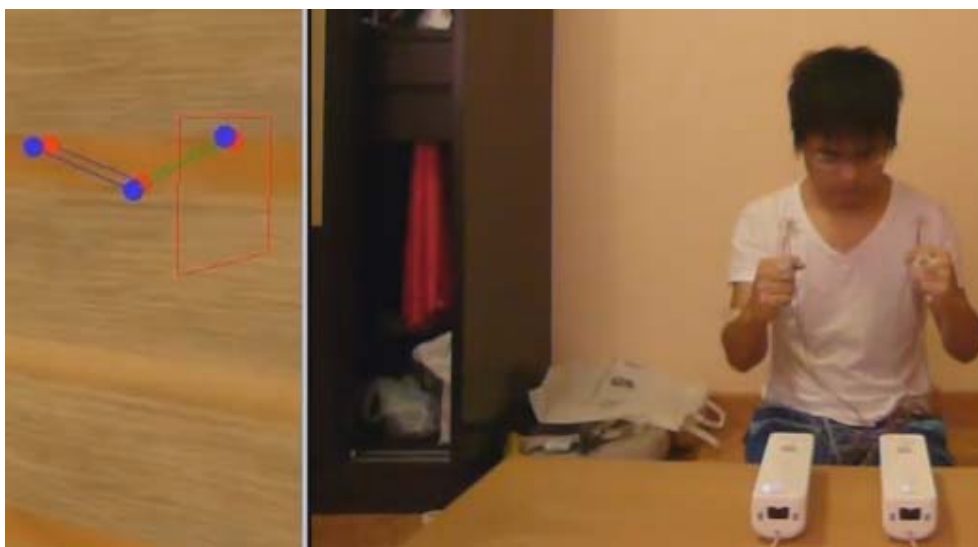


ภาพที่ 55 ตัวอย่างที่ 1 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมขับรถ



ภาพที่ 56 ตัวอย่างที่ 2 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมขับรถ

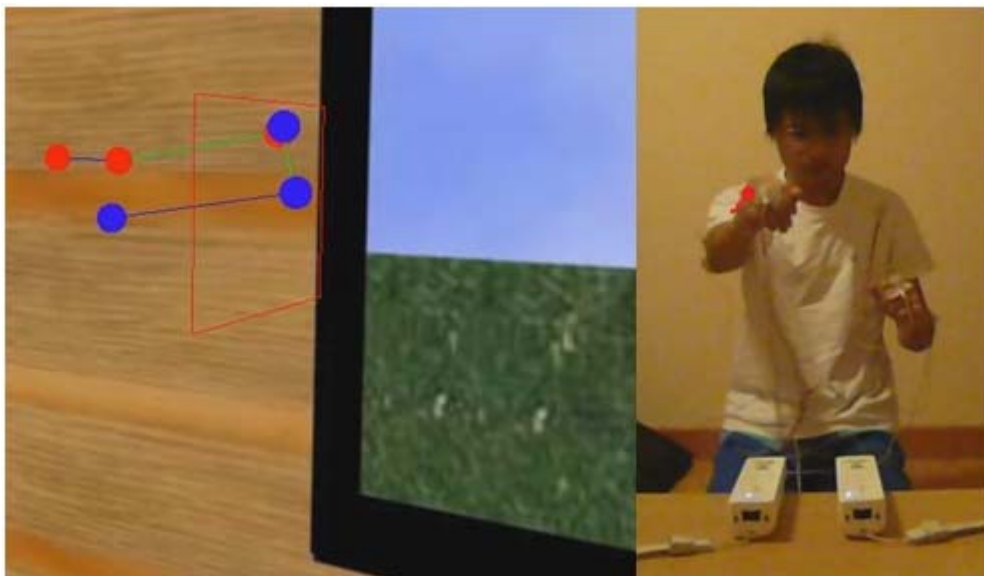
3. เกมต่อยมวย



ภาพที่ 57 ตัวอย่างที่1 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมต่อยมวย



ภาพที่ 58 ตัวอย่างที่2 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมต่อยมวย



ภาพที่ 59 ตัวอย่างที่3 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมต่ออวมวย



ภาพที่ 60 ตัวอย่างที่4 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมต่ออวมวย



ภาพที่ 61 ตัวอย่างที่ 5 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมต๋อยมววย

4. เกมกดปุ่มต่างๆ



ภาพที่ 62 ตัวอย่างที่ 1 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมกดปุ่มต่างๆ



ภาพที่ 63 ตัวอย่างที่ 2 ของการเคลื่อนไหวแบบเกมกดปุ่มต่างๆ

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามที่ใช้ในการทดลอง

กลุ่มคำถามทั่วไป										
1. อายุ										
2. เคยเล่นเกมบนเครื่องวีหรือไม										
3. เคยเล่นเกมกีฬาบนเครื่องวีหรือไม										
4. มีเครื่องวีหรือไม										
5. ครั้งสุดท้ายที่เล่นเกมกีฬาบนเครื่องวี คือเมื่อไร										
6. ช่วงที่เล่นเกมบนเครื่องวี เล่นบ่อยแค่ไหน										
7. ช่วงที่เล่นเกมกีฬาบนเครื่องวี เล่นบ่อยแค่ไหน										
8. การตอบสนองของวีวีโมท กับเกมกีฬาของวีเป็นอย่างไร	ระดับความสามารถ (10 = ใช้ได้ดีมาก, 5 = พอใช้เล่นได้)									
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
กลุ่มคำถามของโปรแกรมจัดการเคลื่อนไหว แบบตรวจจับที่ละจุด										
9. การตอบสนองของโปรแกรม เพียงพอที่จะเล่นเกมที่มีลักษณะเหมือนการฟันดาบ แค่ไหน	ระดับความสามารถ (10 = ใช้ได้ดีมาก, 5 = พอใช้เล่นได้)									
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
10. การตอบสนองของโปรแกรม เพียงพอที่จะเล่นเกมที่มีลักษณะเหมือนการขับรถ แค่ไหน	ระดับความสามารถ (10 = ใช้ได้ดีมาก, 5 = พอใช้เล่นได้)									
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
11. การตอบสนองของโปรแกรม เพียงพอที่จะเล่นเกมที่มีลักษณะเหมือนการต่อยมวย แค่ไหน	ระดับความสามารถ (10 = ใช้ได้ดีมาก, 5 = พอใช้เล่นได้)									
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

ภาคผนวก ค

อภิธานศัพท์สำหรับตัวแปรในสมการที่ใช้ในระบบ

Z	=	ระยะห่างจากกล้องของวัตถุในแกน Z
B	=	ระยะห่างของที่วางกล้องทั้งสอง (10 เซนติเมตร)
F	=	ระยะโฟกัส (1312.437867 เซนติเมตร)
X_l	=	ระยะห่างจริงจากกล้องของวัตถุในแกน X ของกล้องซ้าย
X_r	=	ระยะห่างจริงจากกล้องของวัตถุในแกน X ของกล้องขวา
D	=	ความแตกต่างในแกน X ของภาพจากกล้องทั้งสอง
K	=	ค่าขนาดจุดพิกเซลต่อระยะทาง
C	=	ค่าคงของการปรับค่า (Calibration Constant) (41.92337074)
Ω	=	มุมที่เปลี่ยนไปของวัตถุ
X	=	ระยะที่เปลี่ยนไปจริงในแกน X ของวัตถุ
x	=	ระยะห่างในแกน X ที่กล้องมองเห็นในระยะภาพ
x_t	=	ค่าตำแหน่งตามเวลา t
u	=	เวกเตอร์การเคลื่อนไหวตามเวลา t
A	=	เมตริกค่าลักษณะแต่ละจุดของวัตถุ
B	=	เมตริกค่าลักษณะการเคลื่อนไหวในแต่ละจุดของวัตถุ
w	=	ค่าความผิดพลาดจากสิ่งรบกวน (Noise)
v_t	=	ความเร็วที่เวลา t (pixel/frame)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ผู้เขียนเกิดที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จากภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ ในปีการศึกษา 2550 หลังจากนั้นได้เข้าทำการศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551 และมีผลงานตีพิมพ์ 1 ผลงาน ได้แก่

- Prasertamporn, P. and Kotrajaras, V. Overcoming Tracking Points Limitation for Human Motion Detection with The Wii Camera. **Computer Games, Multimedia, and Allied Technology Conference, Singapore, 2010**, pp.356-361. Singapore: CGAT, 2010.