

ระบบสแกนใบหน้า 3 มิติ เพื่อการระบุตัวตน

3D Face Authentication



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

ระบบสแกนใบหน้า 3 มิติ เพื่อการระบุตัวตน

3D Face Authentication



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ระบบสแกนใบหน้า 3 มิติ เพื่อการระบุตัวตน

3D Face Authentication



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา	2559
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
เรื่อง	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระบบสแกนใบหน้า 3 มิติ เพื่อการระบุตัวตน 3D Face Authentication
ผู้จัดทำ	นายนิธกร บุรีรัตน์ รหัสนักศึกษา 56010682 นายวชิรวิทย์ จันทนาวิวัฒน์ รหัสนักศึกษา 56011047

ปริญญาานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



ผศ.ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุกกิจ
อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญาานิพนธ์	ระบบสแกนใบหน้า 3 มิติ เพื่อการระบุตัวตน		
นักศึกษา	นายนิธิกร	บุริรัตน์	รหัสนักศึกษา 56010682
	นายวชิรวิรินทร์	จันทนาวิวัฒน์	รหัสนักศึกษา 56011047
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์		
ปีการศึกษา	2559		
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์	ผศ.ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ		

บทคัดย่อ

ระบบสแกนใบหน้า 3 มิติเพื่อการระบุตัวตน เป็นระบบสำหรับตรวจสอบและป้องกัน โดยใช้การจำแนกบุคคลด้วยลักษณะทางกายภาพของใบหน้า เพื่อใช้ในการอนุญาตสิทธิ์ในการเข้าถึงสิ่งต่าง ๆ เช่น ห้องส่วนตัว ห้องแลป หรือใช้ในการจำแนกบุคคลต้องสงสัย เช่น การตรวจจับบุคคลต้องสงสัยภายในสนามบิน ระบบสแกนใบหน้า 3 มิติเพื่อการระบุตัวตน พัฒนาขึ้นโดยโปรแกรม Visual Studio 2013 โดยใช้อุปกรณ์สำเร็จรูปคือ กล้อง Kinect for Xbox360 และ Kinect for Xbox One เป็นกล้องตรวจจับ โดยทำการพัฒนาโปรแกรมให้มีผลการทดลองพบว่าความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลและตรวจสอบใบหน้าได้รวดเร็วและแม่นยำ มีการทำงานประสานงานกับวงจร Arduino เพื่อสั่งงานให้ปลดล๊อคกลอนไฟฟ้าเพื่อเปิดประตูเมื่อมีการตรวจสอบว่าใบหน้าของบุคคลที่ทำการตรวจสอบ ตรงกับในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Thesis	3D Face Authentication
Student	Mr.Nitikorn Burerat Student ID 56010682 Mr.Vachirawin Chantanawiwat Student ID 56011047
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronic Engineering
Year	2016
Thesis Advisors	Asst. Prof. Dr. Pattarapong Phasukkit

ABSTRACT

3D Face Authentication is the system which using in verification and protection by analyze people face to permit access to laboratory, or using to screen doubtful people in the airport. 3D Face Authentication was developed by using Visual Studio 2013 and using Kinect for Xbox 360 และ Kinect for Xbox One as sensor. The objective of this project is improving program to authenticate efficiently and have function to collect face data and matching face with collect data. This program work with Arduino board to drive and open electrical door lock when detected face match with data in program.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงการระบบสแกนใบหน้า 3 มิติ เพื่อการระบุตัวตนสามารถเสร็จสมบูรณ์ได้
เนื่องด้วย ความกรุณาของบุคคลหลายท่านที่คอยช่วยเหลือและคอยให้คำปรึกษา รวมทั้งข้อเสนอแนะ
ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการ ทางคณะผู้จัดทำขอแสดงความขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน

ผศ.ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการผู้ที่เปิดโอกาสให้คณะผู้จัดทำได้เรียนรู้
การทำงานในโครงการนี้ และคอยให้คำปรึกษา อำนวยความสะดวกในเรื่องสถานที่และเครื่องมือ
เครื่องใช้ และคำแนะนำที่ เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

สุดท้ายผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดา ซึ่งเป็นผู้ให้โอกาสทางการศึกษาและ
คอยสนับสนุน รวมทั้งกำลังใจที่คอยมอบให้ตลอดมา



นิธิกร บุรีรัตน์

วชิรวิรินทร์ จันทนาวิวัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	V
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	1
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....	3
2.1 Kinect 360.....	3
2.1.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของ Microsoft Kinect Sensor.....	3
2.1.2 ระบบต่างๆที่ Kinect รองรับ	6
2.1.3 การทำงานของ Kinect	6
2.1.3 ความผิดปกติที่เกิดจากท่าเดิน.....	6
2.2 Kinect One.....	7
2.2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของ Microsoft Kinect Sensor	8
2.3 หลักการทำงานของ Microsoft Kinect Sensor	10
2.4 การตรวจจับมนุษย์โดยใช้ข้อมูลความลึกที่ได้จาก Kinect.....	12
2.4.1 2D Chamfer Distance Matching	12
2.4.2 3D Model Fitting	14
2.4.3 Tracking	15
2.5 Kinect สำหรับ Windows	16
2.6 Kinect software.....	16
2.7 Visual Basic.....	19
2.7.1 2D Chamfer Distance Matching	19
2.7.2 3D Model Fitting	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์อื่น การค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบและขั้นตอนการดำเนินงาน	21
3.1 การออกแบบซอฟต์แวร์	21
3.1.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน	21
3.1.2 โฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมหลัก	22
3.2 ทำการทดสอบระยะที่กล้อง Kinect for Xbox 360 สามารถทำการจับพิกัดได้ถูกต้อง	23
3.3 ทำการทดลองซ้ำ โดยใช้กล้อง Kinect for Xbox One ในการวัดความถูกต้องในพิกัด	23
3.4 ทำการวิเคราะห์จากผลการทดลองว่า กล้อง Kinect รุ่นไหน มีความถูกต้องมากกว่า.....	23
3.5 ทำการเขียนโปรแกรมสำหรับตรวจจับใบหน้า	24
3.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน	24
3.7 ขั้นตอนการตรวจความถูกต้อง	24
3.8 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมตรวจจับใบหน้า	24
บทที่ 4 ผลการทดลอง	25
4.1 ผลการทดสอบความแม่นยำ 30 จุด จาก 121 จุด (Kinect for Xbox360).....	25
4.2 ผลการทดสอบความแม่นยำ 40 จุด จาก 1347 จุด (Kinect for XboxOne).....	31
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	38
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	38
5.2 ปัญหาที่พบ	38
5.3 ข้อเสนอแนะ	39
บรรณานุกรม.....	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติของกล้อง Kinect 360.....	5
2.2 คุณสมบัติของกล้อง Kinect One.....	9
4.1 ผลการคำนวณจากการวัดค่าพิกัดบนใบหน้า 50 ครั้ง	25



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของกล้อง Kinect	3
2.2 การทำงานของตัวรับรู้ความลึกใน Kinect.....	4
2.3 ส่วนประกอบสำคัญของ Hardware ใน Kinect	5
2.4 ระบบภายในระบบของ Kinect.....	6
2.5 ภาพจากกล้อง จะได้สองภาพ	7
2.6 อุปกรณ์ Kinect และเครื่องเล่นเกม Xbox	7
2.7 ส่วนประกอบของ Kinect.....	8
2.8 แสงอินฟราเรดที่ใช้ในการหาความลึกของวัตถุ.....	8
2.9 ภาพสีและภาพระดับสีเทาแสดงความลึกของหลายๆหนึ่ง	10
2.10 แกน X,Y และ Z ของกล้อง Kinect.....	11
2.11 ภาพรวมของกระบวนการตรวจจับมนุษย์.....	12
2.12 ผลลัพธ์ขั้นต่างๆในขั้นตอน 2D Chamfer Distance Matching.....	13
2.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของหัวและความลึกของหัว	14
2.14 (a) โมเดลสามมิติของหัว.....	15
(b) ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของหัวและความลึกของหัว.....	15
2.15 Developer Toolkit Browser v1.7.0	18
2.16 Kinect Studio v1.7.0.....	18
2.17 ตัวอย่าง Application Skeleton.....	16
2.18 ภาพที่ Kinect มองเห็นในรูปความลึก	16
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ	21
3.2 แผนผังการทำงานของโปรแกรมหลัก.....	22
3.3 หน้าต่างโปรแกรม.....	23
3.4 การติดตั้งกล้อง.....	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การค้นหาและการตรวจสอบใบหน้าว่ามีความถูกต้องกับข้อมูลที่บันทึกไว้ในฐานข้อมูลหรือไม่ในรูปแบบของดิจิทัล สามารถค้นหาได้หลายรูปแบบแต่ที่จะเสนอคือ การใช้กล้อง Kinect ในการตรวจสอบใบหน้าการทำงานของกล้อง Kinect จะทำงานในรูปแบบของ 3 มิติ(3-dimensions) โดยจะมีแกน x แกน y และแกน z จะทำงานโดยตรวจสอบใบโดยใช้จุดต่างๆที่กล้อง Kinect สามารถจับได้โดยจุดต่างๆเป็นเวกเตอร์ซึ่งแสดงออกมาในเป็นแกน x , y และ z ข้อมูลจับใบหน้าสามารถนำไปใช้งานต่างๆได้ เช่น การตรวจผู้ก่อการร้ายในสถานที่ต่างๆ ได้แก่ สนามบิน สถานีรถไฟ และ สถานที่สำคัญต่างๆทางราชการ สามารถไปประยุกต์ใช้กับหุ่นยนต์

กล้อง Kinect เป็นอุปกรณ์เสริมการใช้งานเครื่องเล่นเกม Xbox 360 ที่พัฒนาโดยบริษัท Microsoft มีความสามารถในการให้ภาพสี (RGB Image) ภาพความลึก (Depth Image) ที่กล้องตรวจจับ และสามารถรับฟังเสียงของผู้ใช้ได้ เมื่อนำมาใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์เน้นที่ที่เหมาะสม จะสามารถตรวจจับใบหน้าของผู้ใช้ และสามารถจำแนกตำแหน่งของจุดต่างๆบนใบหน้าได้ โดยให้ข้อมูลพิกัดในรูปแบบสามมิติ ดังนั้นจึงสามารถใช้กับการตรวจสอบใบหน้าเพื่อระบุตัวตนได้

เมื่อใช้กล้อง Kinect ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว ข้อมูลตำแหน่งของใบหน้าได้จึงได้นำมาใช้ในการตรวจจับเพื่อระบุตัวตนของมนุษย์ โดยการตรวจจับจุดต่างๆของใบหน้า จากพิกัดสามมิติบนใบหน้าซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในหลายๆด้าน เช่น ในด้านการทหาร และในด้านวิชาการแพทย์ เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้งานกล้อง Kinect ในการตรวจจับใบหน้าของมนุษย์
2. เพื่อศึกษาการใช้ประยุกต์ใช้งานกล้อง Kinect ในการตรวจจับใบหน้าของมนุษย์ นำข้อมูลมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์เพื่อระบุตัวตน

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

กล้อง Kinect เป็นกล้องที่มีคุณสมบัติในการจับภาพ รวมถึงสามารถจับการเคลื่อนไหวของร่างกาย เช่น แขน ขา ข้อมือ ข้อเท้า รวมถึง การจับการเคลื่อนไหวและลักษณะของใบหน้าได้ ดังนั้นเราจึงน่าจะสามารถสร้างโปรแกรมที่ใช้ความสามารถในการตรวจจับใบหน้า เพื่อใช้ระบุตัวตนของแต่ละบุคคล ซึ่งมีใบหน้าที่มีเอกลักษณ์ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. ทำการเพิ่ม – ลด ความละเอียดในการตรวจสอบใบหน้า
2. สามารถตรวจจับใบหน้าได้แม่นยำขึ้น
3. สามารถตรวจจับใบหน้าได้รวดเร็วขึ้น

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ใช้ตรวจสอบและแยกแยะบุคคล
2. ใช้เพื่อระบุตัวตนโดยไม่ต้องมีการสัมผัส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Kinect 360

เป็นอุปกรณ์รับรู้การเคลื่อนไหวที่ใช้การทำงานผสมผสานกันระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ฟังก์ชันหลักของ Kinect มีสองฟังก์ชันคือ สร้างภาพเคลื่อนไหวสามมิติของวัตถุในมุมมองที่กำหนด และแยกแยะมนุษย์ออกจากวัตถุเหล่านั้นได้ ในปัจจุบัน Kinect มีความละเอียดของภาพอยู่ที่ 640x480 pixel และสามารถทำงานได้ที่ 30 frames ต่อวินาที

การทำงานของ Kinect สำหรับผู้เล่นนั้นไม่มีอะไรซับซ้อน โดยอุปกรณ์ Kinect จะประกอบด้วยกล้องรับภาพและไมโครโฟนรับเสียง เมื่อ Kinect ทำงานนั้นก็จรับภาพการเคลื่อนไหวของผู้เล่นจากกล้องเข้าสู่ชิปประมวลผลและทำการแปลงสัญญาณออกมา ดังนั้นแนวคิดของ Kinect ก็คือตัวผู้เล่นจะต้องเป็นจอยคอนโทรลเลอร์(Joy Controller) เอง ฉะนั้นเกมที่ใช้อุปกรณ์ Kinect เป็นเกมที่ต้องใช้ร่างกาย

Microsoft ระบุว่า Kinect สำหรับ Xbox 360 นั้นสามารถติดตามความเคลื่อนไหวได้สูงสุด 6 คน โดยมีผู้เล่นได้พร้อมกัน 2 คน และสามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆของร่างกายผู้เล่นได้ทั้งหมด 20 จุด ทางด้าน Prime Sense นั้นระบุว่าจำนวนคนที่ระบบสามารถตรวจจับได้นั้นไม่จำกัด แต่จะถูกจำกัดโดยพื้นที่ที่กล้องสามารถจับภาพได้

2.1.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของ Microsoft Kinect Sensor



รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของกล้อง Kinect

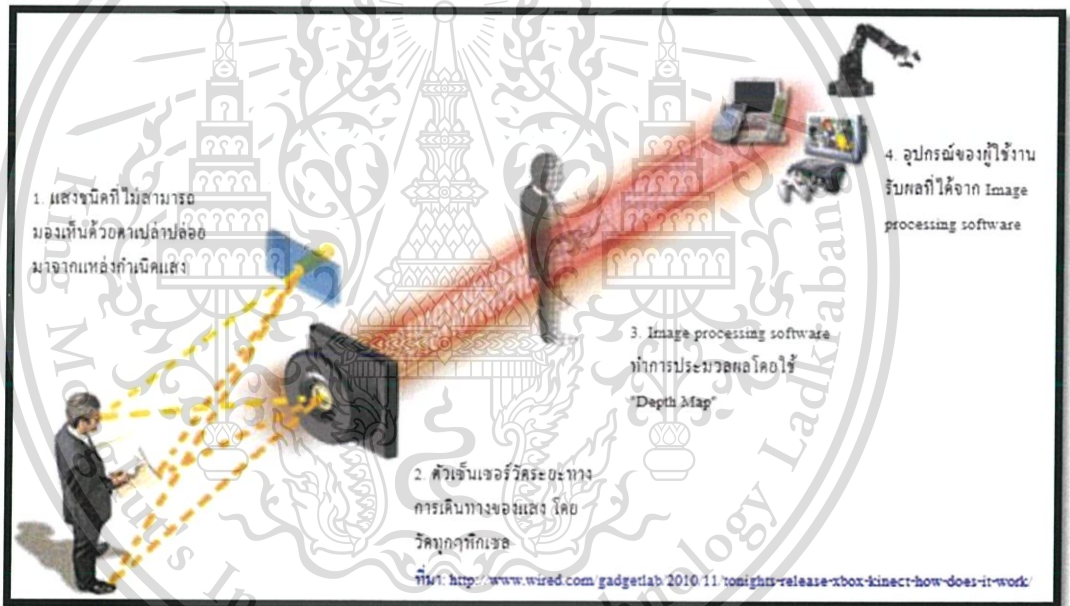
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สำหรับ Hardware ของ Kinect สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่

- Color VGA video camera เป็นกล้องถ่ายภาพเคลื่อนไหวซึ่งช่วยในการจดจำใบหน้า (Face Recognition) และการตรวจจับลักษณะเด่นอื่นๆโดยใช้ความสามารถในการตรวจจับองค์ประกอบของสีทั้งสามสีอันได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน
- Depth sensor ประกอบด้วยการทำงานร่วมกันของต้นกำเนิดแสงอินฟราเรด (Infrared Projector) และตัวรับรู้แบบ monochrome CMOS (Complimentary Metal-Oxide Semiconductor) ซึ่งทำหน้าที่รับแสงอินฟราเรดที่ถูกสะท้อนกลับมาจากวัตถุ จากนั้นทำการวัดเวลาในการเดินทาง (Time of Flight) แสงอินฟราเรดนี้ใช้หลักการทำงานเช่นเดียวกับโซนาร์คือ หากรู้ระยะเวลาที่แสงอินฟราเรดใช้ในการเดินทางไปกลับก็จะสามารถคำนวณระยะห่างระหว่างตัวรับรู้ความลึกกับวัตถุได้ โดยการทำงานด้วยความเร็วแสงหลายๆรอบทำให้สามารถระบุระยะห่างที่แน่นอนได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงสภาพแสงสว่าง



รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานของตัวรับรู้ความลึกใน Kinect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- Motorized tilt ทำหน้าที่ในการปรับการมองเห็นของ Kinect ให้เงยขึ้นหรือก้มลงได้ 27°
- Multi-array microphone เป็นอาเรย์ของไมโครโฟน 4 ตัวซึ่งสามารถแยกแยะเสียงของผู้ใช้ออกจากเสียงรบกวนภายในห้องได้



รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบสำคัญของ Hardware ใน Kinect 360

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของกล่อง Kinect 360

Kinect	Specification
Viewing angle	43° vertical by 57° horizontal field of view
Mechanized tilt range (vertical)	±27°
Frame rate (depth and color stream)	30 frames per second (FPS)
Default resolution, depth stream	VGA (640 x 480)
Default resolution, color stream	VGA (640 x 480)
Audio format	16-kHz, 16-bit mono pulse code modulation (PCM)
Audio input characteristics	A four-microphone array with 24-bit analog-to-digital converter (ADC) and Kinect-resident signal processing, such as acoustic echo cancellation and noise suppression

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

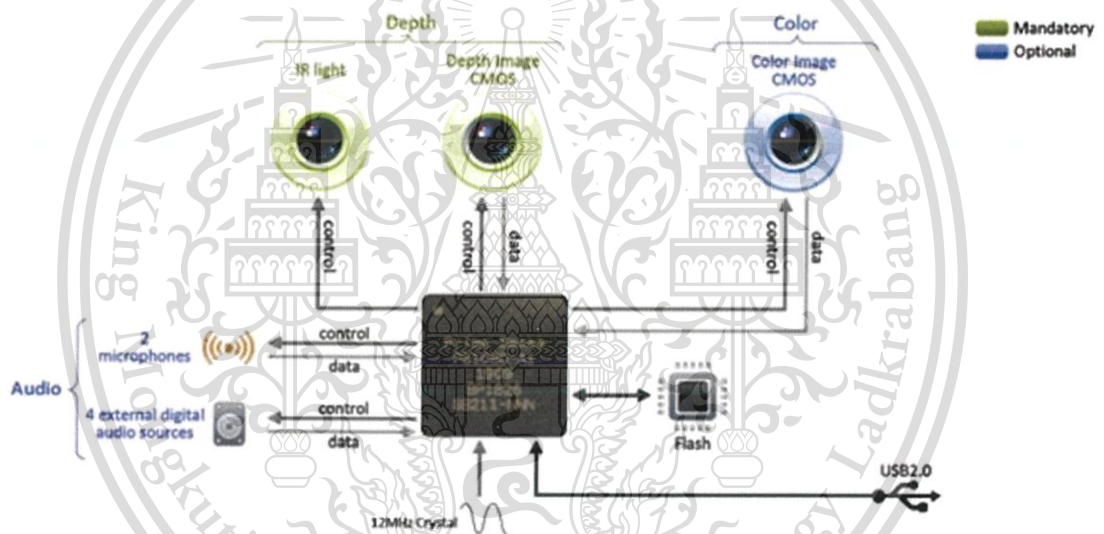
2.1.2 ระบบต่างๆที่ Kinect รองรับ

1. ตรวจจับการเคลื่อนไหว 3 มิติแบบเต็มตัว (Full-body 3D Motion Capture)
2. จดจำใบหน้า (Facial Recognition)
3. จดจำเสียง (Voice Recognition)

2.1.3 การทำงานของ Kinect

ภายใน มันประกอบด้วยอะไรบ้าง ประกอบว่าภายใน Kinect ไม่ได้มีอะไรมากกว่า แผงไอซี เลยครีบ ส่วนประกอบหลักๆ ของ Kinect ตัวนี้ ประกอบไปด้วย

1. กล้อง RGB 640x480 30fps
2. กล้อง Mono 320x240 30fps และสุดท้าย
3. Laser IR Projector และ
4. เซ็นเซอร์เสียง Microphone



รูปที่ 2.4 ระบบภายในระบบของ Kinect

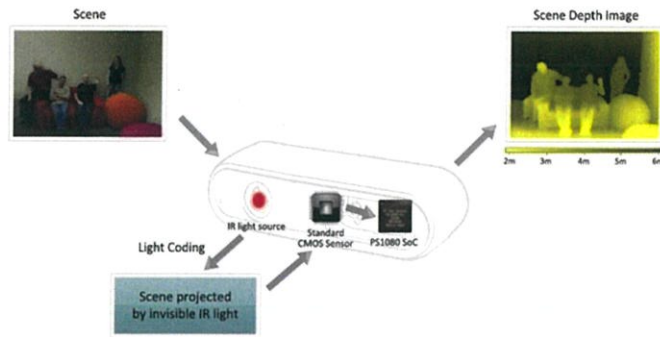
คือจะมอง Kinect เป็นกล้อง Webcam ที่แบ่งออกมา สองส่วนครับ ส่วนแรกเป็น กล้องธรรมดา เอาไว้จับภาพ อ่านค่าสี RGB ได้เหมือน webcam และ อีกส่วน เอาไว้วัด ความลึก โดยใช้ Laser IR Projector ยิงแสง Infrared ความเข้มสูง แต่ตาเรามองไม่เห็น แล้วใช้ กล้อง Mono อ่านค่าความสว่างออกมา คิดง่ายๆว่า อันนี้อยู่ใกล้ แห่่งกำเนิดแสงจะ สว่างมาก คงใช้หลักการนี้อ่านค่าความลึกนะครับ สำหรับวิธีการวัดความลึก Kinect จะใช้ หลักการ structure light คือจะใช้จะสร้าง Pattern ของแสง แล้วยังเป็นที่วัดดู คิดง่ายๆว่า เป็นภาพจุด ที่ฉายมาจาก projection ก้อได้ครับ คราวนี้ ถ้ามีวัตถุ อยู่ระดับความลึก ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากสถาบันฯ จะถือว่าผิดกฎหมาย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ดังกล่าวผ่าน USB เข้าสู่เครื่องเล่นเกมส์ หรือ คอมพิวเตอร์ต่อไป เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.5 ภาพจากกล้อง จะได้สองภาพ

2.2 Kinect ONE

Kinect One เป็นคอนโซลวิดีโอเกมที่พัฒนาขึ้นโดย Microsoft เพื่อทดแทน Kinect 360 ซึ่ง Kinect เป็นอุปกรณ์เสริมของเครื่องเล่นเกม Xbox ที่ถูกผลิตมาเพื่อเพิ่มความสมจริงและความสนุกสนานในการเล่นเกม โดย Xbox One จะให้ความสำคัญกับระบบ Cloud Computing รวมถึงการผสานรวมแอปพลิเคชันและบริการด้านความบันเทิงเข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งจะช่วยให้สามารถเชื่อมต่อับรายการโทรทัศน์สดจากกล่อง set-top box หรือจูนเนอร์ดิจิทัลสำหรับทีวีภาคพื้นดินได้ นอกจากนี้ Kinect One ยังประกอบด้วยเซ็นเซอร์ "Kinect 2.0" ซึ่งจะช่วยให้การติดตามการเคลื่อนไหวและการจดจำเสียงดีขึ้น และผู้ใช้งานยังสามารถบันทึกและแชร์คลิปจากเพลย์หรือสตรีมสดไปยัง Twitch, Ustream และแพลตฟอร์มสตรีมมิ่งอื่นๆ ได้อีกด้วย อีกทั้งยังสามารถตรวจจับอัตราการเต้นของหัวใจ การแสดงออกทางสีหน้า และการวางแนวของข้อต่อต่างๆ ได้ถึง 25 ข้อ (รวมทั้งนิ้วมือ) น้ำหนักที่วางอยู่บนแขนขา ความเร็วของการเคลื่อนไหวของผู้เล่นและท่าทางต่างๆ ด้วยตัวควบคุมมาตรฐาน

การทำงานของ Kinect เมื่อเริ่มทำงาน ผู้เล่นจะต้องสมมติตัวเองเป็นจอยคอนโทรลเลอร์ (Joy Controller) กล้องจะรับภาพการเคลื่อนไหวของผู้เล่นจากกล้องเข้าสู่ชิพประมวลผลและทำการแปลงสัญญาณออกมา โดยทุกเกมที่ใช้อุปกรณ์ Kinect จึงต้องใช้ร่างกายของผู้เล่นทุกส่วน เช่น เมื่อใช้กับเกมตีปิงปอง ผู้เล่นเพียงแค่อัปร่างกายในลักษณะของการตีปิงปอง โดยไม่ต้องถือจอยสติค ทำให้ผู้เล่นมีความรู้สึกสมจริง และมีส่วนร่วมกับการเล่นเกมมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.6 อุปกรณ์ Kinect และเครื่องเล่นเกม Xbox

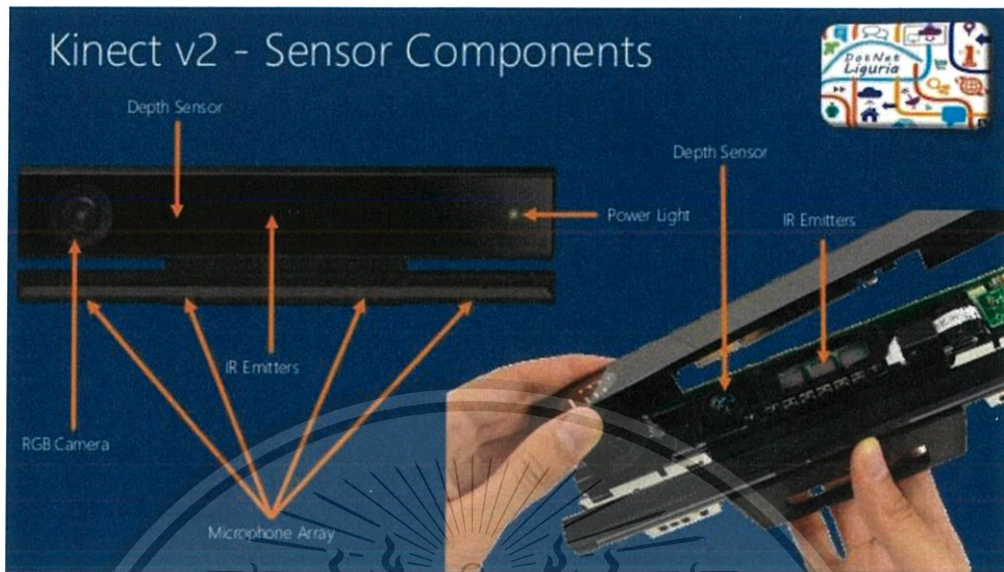
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.1 ส่วนประกอบและคุณสมบัติของ Kinect



รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบของ Kinect

1) Infrared Optics (3D Depth Sensors)

ค่าขอบเขตการมองเห็น (Field Of View) แนวตั้ง 60 องศา แนวนอน 70 องศา ใช้ในการตรวจจับตำแหน่งของผู้เล่น โดยสามารถวิเคราะห์ได้ทั้ง 3 แกน ได้แก่ กว้าง ยาว ระยะใกล้ - ไกล และตรวจจับได้มากถึง 25 ข้อต่อ (รวมนิ้วมือ) อีกทั้งยังสามารถใช้งานได้พร้อมกันถึง 6 คน ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ *Infrared Laser Projector* ทำหน้าที่จะส่งแสงอินฟราเรดไปกระทบกับวัตถุที่อยู่ในแนวรัศมีและ *Monochrome CMOS Sensor* ทำหน้าที่เป็นตัวรับ หลังจากแสงอินฟราเรดตกกระทบกับวัตถุแล้ว



รูปที่ 2.8 แสงอินฟราเรดที่ใช้ในการหาความลึกของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2) RGB Camera 1280 x 960 pixels

กล้องที่เก็บข้อมูลด้วยความละเอียด 1280x960 ทำให้สามารถจับภาพสีได้ รวมทั้งยังสามารถถ่ายภาพเคลื่อนไหวได้ ซึ่งช่วยในระบบจดจำใบหน้า

(Face recognition) และการตรวจจับลักษณะเด่นอื่นๆ โดยใช้ความสามารถในการตรวจจับองค์ประกอบของสีทั้งสามสี ได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน

3) Multi-Array Microphone จำนวน 4 ตัว 16-bit 16 kHz

ทำหน้าที่ใช้รับเสียงจากผู้เล่น สามารถบันทึกและแยกแยะเสียงของผู้เล่นและเสียงรบกวนที่อยู่บริเวณรอบๆ ได้ รวมทั้งสามารถระบุตำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียง และทิศทางคลื่นเสียงของผู้ใช้ได้

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของ Kinect One

Property	Spec
Field of View (Horizontal, Vertical, Diagonal)	70° H, 60° V
Color Camera	1920 x 1080 @30 fps
Depth Camera	512 x 424
Maximum Depth Distance	4.5 M
Minimum Depth Distance	50 cm
Skeleton Joints Defined	26 joints
Full Skeletons Tracked	6
Audio: built-in microphones	4 microphones
Data interface	USB 3.0
Power supply	USB 3.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3 หลักการทำงานของ Microsoft Kinect Sensor

หลักการในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของ Kinect ทำให้การประมวลผลภาพทำได้ง่ายยิ่งขึ้นโดยอาศัยความลึกมาเป็นอีกหนึ่งในปัจจัยในการแยกแยะวัตถุ จากรูปที่ 2.9 จะพบว่าการแยกตัวคนออกจากพื้นหลังโดยใช้คุณสมบัติความแตกต่างของสีและพื้นผิวจะทำได้ยาก เพราะสีของพื้นหลังและสีของเสื้อมีความคล้ายคลึงกันมาก แต่จะเป็นเรื่องที่ย่างมากถ้าใช้คุณสมบัติของความลึกเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง



รูปที่ 2.9 แสดงภาพสีและภาพระดับสีเทาแสดงความลึกของคณฯหนึ่ง

โดยทางบริษัท Microsoft ได้เผยแพร่ชุดพัฒนาซอฟต์แวร์บน Windows Platform สำหรับ Kinect (The Kinect for Windows SDK beta) ซึ่งเป็นชุดเครื่องมือโปรแกรมมิ่งสำหรับนักพัฒนาแอปพลิเคชัน ทำให้ผู้ที่สนใจในการพัฒนาสามารถเข้าถึงการใช้งานอุปกรณ์ Microsoft Kinect ได้อย่างง่ายดายด้วยการใช้งานเชื่อมต่อผ่านระบบปฏิบัติการ Windows 7 โดยชุดพัฒนาซอฟต์แวร์นี้มีลักษณะเด่นดังนี้

- **Raw sensor streams** ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลดิบจากตัวรับรู้ความลึก ตัวรับรู้สีของกล้อง และ Four-element Microphone Array
- **Skeletal tracking** ทำให้สามารถติดตามโครงร่างกระดูกของมนุษย์หนึ่งหรือสองคนที่กำลังเคลื่อนที่ได้ ทำให้สามารถสร้างแอปพลิเคชันที่บังคับด้วยท่าทางได้
- **Advanced audio capabilities** ทำให้สามารถประมวลผลเสียง กำจัด

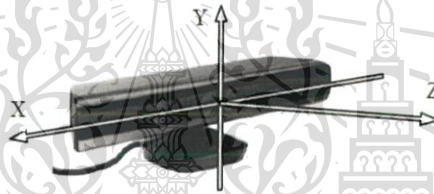
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเสียงรบกวนที่ซับซ้อนนี้ กำจัดเสียงสะท้อน ระบุแหล่งที่มาของเสียง และการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้สามารถบูรณาการร่วมกับ Windows speech recognition API ได้ การนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- **Sample code and documentation** ประกอบด้วยเอกสารเชิงเทคนิคมากกว่า 100 หน้า เอกสารตัวอย่างต่างๆ และ Built-in help files
- **Easy installation** สามารถติดตั้งได้อย่างรวดเร็ว ไม่มีการตั้งค่าที่ซับซ้อน และขนาดของตัวติดตั้งน้อยกว่า 100 MB

ตำแหน่งของจุดกำเนิด ($X=Y=Z = 0$) จะเป็นตำแหน่งของกล้องที่ใช้ในการตรวจจับ แกน Z จะเป็นทิศทางที่กล้องตรวจจับ ค่า X จะเป็นค่าแสดงระยะทางที่ห่างออกไปจากจุดกำเนิดตามแนวนอนสัมพันธ์กับกล้องที่ตรวจจับ จะมีค่าเป็นบวกเมื่อตำแหน่งที่ถูกตรวจจับได้อยู่ทางด้านขวาของกล้อง ค่า Y จะเป็นค่าแสดงระยะทางที่ห่างออกไปจากจุดกำเนิดตามแนวตั้งที่กล้องตรวจจับ จะมีค่าเป็นบวกเมื่อตำแหน่งที่ถูกตรวจจับได้อยู่สูงกว่าตำแหน่งของกล้อง และค่า Z จะเป็นระยะทางที่ห่างออกไปจากกล้องโดยจะมีค่าเป็นบวกเสมอ



รูปที่ 2.10 แสดงแกน X,Y และ Z ของกล้อง Kinect

เมื่อผู้ที่ถูกตรวจจับยื่นหน้าเข้าหากล้อง ตำแหน่งของข้อต่อข้างซ้ายและขวาจะสลับข้างกันแตกต่างจากร่างกายจริง แต่ละตำแหน่งของข้อต่อจะมีค่า X, Y และ Z ในหน่วยมิลลิเมตร และมีฟิลด์ fConfidence แสดงสถานะการตรวจจับตำแหน่งข้อต่อนั้นๆ โดยจะมีค่าระหว่าง 0 – 1 ซึ่ง 1 หมายถึง สามารถตรวจจับได้ และหากน้อยกว่า 1 หมายถึง การตรวจจับเป็นการประมาณ

ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว หากผู้ที่ถูกตรวจจับอยู่ภายในมุมกล้อง ห่างจากกล้องประมาณ 1.2 – 3.5 เมตร ค่าตำแหน่งของข้อต่อที่ถูกตรวจจับได้ จะมีค่าใกล้เคียงกับการวัดจริง และฟิลด์ fConfidence จะมีค่าเป็น 1 แต่หากมีบางข้อต่อที่กล้องไม่สามารถตรวจจับได้หรือถูกบดบัง เช่น ยืนมือโผล่หลัง เป็นต้น ค่าตำแหน่งของข้อต่อนั้นจะเป็นค่าประมาณและฟิลด์ fConfidence จะมีค่าน้อยกว่า 1 กล้องคิเนคสามารถจับระยะที่ไกลที่สุดคือ 40 cm ไกลที่สุดคือ 400 cm

ระยะการตรวจจับการเคลื่อนไหวของ Kinect นั้นจะตรวจจับได้ไกลที่สุดในระยะที่ห่างออกไป 0.8 เมตร จนถึง 4 เมตร แต่ระยะที่ทำให้การตรวจจับได้ดีที่สุดคือห่างจาก Kinect ตั้งแต่ 1.2 เมตร จนถึง 3.5 เมตร (ระยะทางอุดมคติตามที่ Microsoft แนะนำคือ

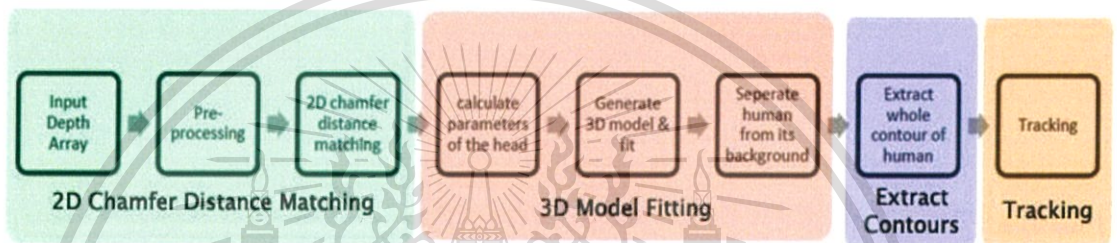
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ประมาณ 2.5 เมตร) ค่าตำแหน่งของข้อต่อที่ถูกตรวจจับได้จะมีค่าใกล้เคียงกับการวัดจริง

2.4 การตรวจจับมนุษย์โดยใช้ข้อมูลความลึกที่ได้จาก Kinect (Human Detection Using Depth Information by Kinect)

กระบวนการทำงานในการตรวจจับมนุษย์โดยใช้ข้อมูลความลึกนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1. การจับคู่ระยะทางการেলাแบบสองมิติ (2D Chamfer Distance Matching)
2. การเข้ารูปโมเดลสามมิติ (3D Model Fitting)
3. การสร้างเส้นแสดงโครงร่าง (Extract Contours)
4. การติดตามตัว (Tracking)

ซึ่งกระบวนการทำงานทั้งหมดสามารถแสดงเป็นลำดับขั้นตอนได้ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงภาพรวมของกระบวนการตรวจจับมนุษย์

2.4.1 2D Chamfer Distance Matching

1) Preprocessing

ขั้นตอนนี้ใช้ในการเตรียมข้อมูลสำหรับการประมวลผลในขั้นตอนต่อไป โดยได้รับข้อมูลนำเข้าจากตัวรับรู้ความลึกของ Kinect ในรูปแบบของอาเรย์ความลึก (Depth Array) ในบริเวณที่ตัวรับรู้ไม่สามารถวัดค่าได้ ค่าในอาเรย์ตำแหน่งนั้นจะถูกตั้งค่าเริ่มต้นให้เป็น 0 ซึ่งถือว่าเป็นสัญญาณรบกวนในการประมวลผล ดังนั้นสิ่งที่เราจำเป็นต้องทำในขั้นตอนนี้คือลดสัญญาณรบกวนให้น้อยลง เราจึงตั้งสมมติฐานว่าข้อมูลภาพมีความต่อเนื่อง และจุดภาพที่ไม่สามารถวัดค่าได้มีค่าความลึกเท่ากับจุดภาพข้างเคียง ด้วยสมมติฐานนี้เราจึงใช้กระบวนการประมาณค่าจากข้อมูลข้างเคียง (Neighbor Interpolation Algorithm) เพื่อเติมเต็มจุดที่ว่างเหล่านี้ให้มีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด หลังจากนั้นจึงใช้ตัวกรองมัธยฐาน (Median filter) ขนาด 4×4 เพื่อทำการปรับค่าข้อมูลให้มีความต่อเนื่อง และจะได้ผลลัพธ์ดังแสดงในรูปที่ 2.12 a

2) 2D Chamfer Distance Matching

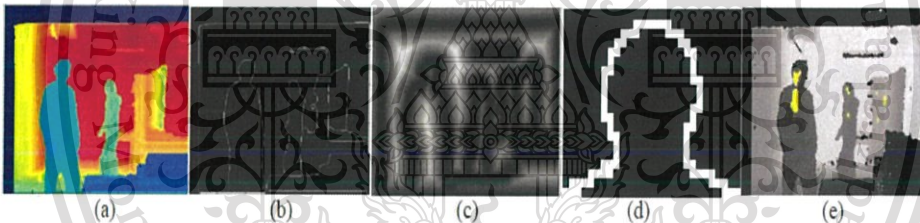
ขั้นตอนนี้ใช้ในการจับคู่รูปร่างสองมิติระหว่างเส้นขอบในภาพกับแม่แบบขาวดำรูปหัวมนุษย์ (Binary Head Template) ดังแสดงในรูปที่ 2.12d เพื่อระบุตำแหน่งที่มีความเป็นไปได้ที่จะเป็นหัว โดยเริ่มจากการใช้ Canny Edge Detector เพื่อหาเส้นขอบในอาเรย์ความลึก และทำการลบเส้นขอบที่มีขนาดเล็กกว่าค่าขีดแบ่ง (Threshold) เพื่อลดการคำนวณและลดสัญญาณรบกวนจากภายนอก จากนั้นนำข้อมูลของเส้นขอบมาใช้ในการหาตำแหน่งที่เป็นไปได้ของรูปร่างที่อาจเป็นมนุษย์

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ด้วยวิธีการตรวจจับแบบคร่าวๆ (Rough Scanning) โดยพยายามให้มีอัตราการเกิดความผิดพลาดที่ระบบตรวจจับไม่ได้ (False Negative) น้อยที่สุด แต่อาจมีอัตราการเกิดความผิดพลาดในกรณีที่ระบบตรวจจับได้แต่ผิด (False Positive) สูง ซึ่ง False Positive ที่เกิดขึ้นจะถูกจัดการในขั้นตอนถัดไป และจะได้ผลลัพธ์ดังแสดงในรูปที่ 2.12b

ขั้นตอนถัดมาคือการแปลงระยะทาง (Distance Transform) โดยแปลงจากภาพเส้นขอบมาเป็นแผนที่ระยะทาง (Distance Map) ซึ่งแต่ละจุดภาพในแผนที่ระยะทางเก็บค่าระยะห่างระหว่างจุดภาพนั้นถึงเส้นขอบที่ใกล้ที่สุดดังแสดงในรูปที่ 2.12c จากนั้นใช้แม่แบบขาวดำรูปหัวมนุษย์กำหนดตำแหน่งและเลื่อนไปบนพื้นที่บริเวณต่างๆของแผนที่ระยะทางเพื่อหาบริเวณที่มีโอกาสเป็นหัวมนุษย์ การจับคู่ถูกพิจารณาจากค่าของจุดภาพในแผนที่ระยะทางโดยถือว่ายิ่งจุดภาพมีค่าน้อยยิ่งมีความเป็นไปได้ที่จะเป็นหัว และถ้าค่าของจุดภาพในแผนที่ระยะทางมีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่ง จะสรุปว่าตรวจพบวัตถุที่มีลักษณะเช่นเดียวกับหัว อย่างไรก็ตามวัตถุที่ตรวจจับได้ในความเป็นจริงอาจจะไม่ใช่หัวมนุษย์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องกำหนดค่าขีดแบ่งให้สูงเพื่อเป็นการรับประกันว่าจะมีอัตราการเกิด false negative ที่ต่ำมาก ส่วนการพิจารณาว่าวัตถุที่พบนั้นเป็นหัวมนุษย์หรือไม่จะถูกพิจารณาในขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 2.12 แสดงผลลัพธ์ขั้นต่างๆในขั้นตอน 2D Chamfer Distance Matching

- (a) แสดงอาร์เรย์ความลึกหลังจากกระบวนการลดสัญญาณรบกวน
- (b) แสดงภาพเส้นขอบขาวดำหลังจากใช้ Canny Edge Detector และทำการกำจัดขอบเล็กๆ
- (c) แสดงแผนที่ระยะทางที่ถูกสร้างขึ้นจากภาพเส้นขอบ
- (d) แสดงแม่แบบขาวดำรูปหัวมนุษย์ (e) แสดงผลลัพธ์สุดท้ายโดยจุดสีเหลืองแสดงบริเวณที่ถูกตรวจจับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

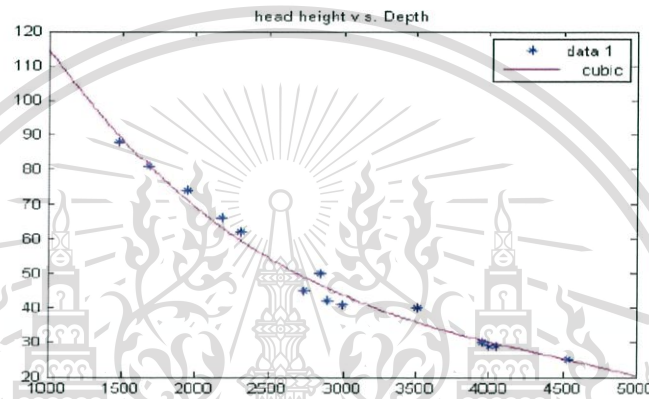
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.4.2 3D Model Fitting

ขั้นตอนนี้ใช้ในการตรวจสอบบริเวณทั้งหมดที่ถูกตรวจจับด้วยกระบวนการ 2D Chamfer Distance Matching จากขั้นตอนที่แล้ว

1) Compute the parameters of the head

ในการสร้างโมเดลสามมิติเพื่อให้พอดีกับอาเรียความลึก เราจำเป็นต้องทราบถึงพารามิเตอร์ของหัวที่ปรากฏในบริเวณที่ตรวจจับได้ โดยค่าพารามิเตอร์นั้นสามารถหาได้โดยการทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและความลึกของหัว ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของหัวและความลึกของหัว

เมื่อทราบค่ารัศมีการค้นหาแล้ว จะทำการค้นหาหัวในบริเวณวงกลมรัศมี R ในภาพเส้นขอบได้ ถ้าพบเส้นขอบวงกลมในบริเวณนี้ที่ผ่านข้อจำกัด (constraints) ทั้งหมด เราจะถือว่าเส้นขอบวงกลมนั้นคือหัวมนุษย์ จากนั้นจะทำการหาค่ารัศมีที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดด้วยการประมาณค่ารัศมีของหัวจากแผนที่ระยะทาง เนื่องจากแต่ละจุดภาพในแผนที่ระยะทางเก็บค่าของระยะทางจากจุดภาพนั้นไปถึงเส้นขอบที่ใกล้ที่สุด เมื่อพิจารณาว่าหัวเป็นรูปร่างทรงกลมและค่าจุดศูนย์กลางของหัวเป็นเพียงการประมาณค่ารัศมีของหัว ดังนั้นเราสามารถใส่ค่ารัศมีนี้เป็นค่าประมาณของค่ารัศมีที่แท้จริง R_t ได้

2) Generate 3D Model

เนื่องจากการคำนวณเพื่อสร้างโมเดลสามมิติค่อนข้างซับซ้อน จึงไม่ควรใช้โมเดลที่แตกต่างหลายโมเดลหรือใช้โมเดลเดียวแต่ต้องหมุนโมเดลและคำนวณหลายรอบ โมเดลที่สมควรนำมาใช้คือโมเดลที่สามารถครอบคลุมลักษณะเด่นของหัวจากทุกทิศทาง ได้แก่ ด้านหน้า ด้านหลัง ด้านข้าง รวมไปถึงมุมสูงและมุมต่ำในกรณีที่ได้รับรู้ถูกติดตั้งไว้สูงหรือต่ำกว่าหัว โมเดลที่ใช้จึงควรเป็นโมเดลที่เรียบง่ายที่สุดนั่นคือใช้โมเดลครึ่งทรงกลมเป็นตัวแทนของรูปทรงสามมิติของหัว ดังแสดงในรูปที่ 2.14

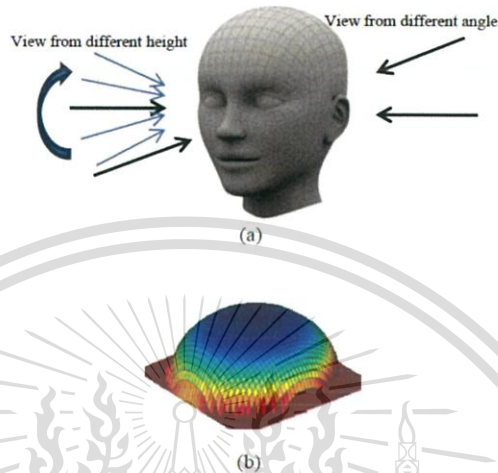
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาและข้อมูลทั้งหมด การนำเอกสารนี้ไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ย่อมผิดกฎหมายและต้องรับผิดชอบต่อเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3) Fitting

นำโมเดลที่ถูกสร้างขึ้นไปวางในบริเวณที่ถูกตรวจจับและทำการสกัดบริเวณวงกลม CR(Circular Region) ด้วยรัศมี R_t รอบๆจุดศูนย์กลางและทำการ normalize ความลึก



รูปที่ 2.14 (a) แสดงโมเดลสามมิติของหัว

(b) แสดงโมเดลครึ่งทรงกลมใช้แทนโมเดลสามมิติของหัว

2.4.3 Tracking

การติดตามคนในภาพสี RGB มักจะอยู่บนพื้นฐานของสี โดยมีสมมติฐานว่าสีของวัตถุชนิดเดียวกันในเวลาที่แตกต่างกันควรมีความคล้ายคลึงกัน แต่ในภาพของความลึกเราไม่มีข้อมูลสี สิ่งที่เรามีคือข้อมูลของวัตถุแบบสามมิติ ดังนั้นอัลกอริธึมการติดตามคนของภาพความลึกจึงอยู่บนพื้นฐานของการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยที่เราสมมติให้พิกัดและความเร็วของวัตถุเดียวกันในเฟรมภาพที่อยู่ติดกันจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างคงที่ เริ่มจากการหาจุดศูนย์กลางของวัตถุที่เราตรวจจับได้ จากนั้นคำนวณพิกัดสามมิติและความเร็วของคนในแต่ละเฟรมภาพ เราสามารถทราบข้อมูลของพิกัดสามมิติได้โดยตรงจากอาเรย์ความลึก สำหรับความเร็วนั้น เราสามารถคำนวณได้จากพิกัดของเฟรมที่อยู่ติดกัน เราจึงนิยามคะแนนพลังงาน (Energy Score) ของการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่และเวลาเป็น

ขั้นตอนแรกของการติดตามคนคือการสร้างป้ายชื่อ (label) ให้แต่ละคนตามลำดับของการตรวจจับได้ในเฟรมแรก สำหรับในเฟรมถัดมา การติดตามนั้นเลือกจากการจับคู่ของคนที่เป็นไปได้ทั้งหมดในภาพ โดยเลือกคนที่มีคะแนนพลังงานน้อยที่สุดเป็นคำตอบ กรณีพิเศษที่จำเป็นต้องได้รับการควบคุมคือเมื่อจำนวนของคนทั้งหมดในเฟรมเปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการศึกษานานาชาติ โดยผู้จัดทำเอกสารนี้ไม่ได้มีเจตนาที่จะเผยแพร่หรือขายเอกสารนี้ การค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะ และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5 Kinect สำหรับ Windows

ทางบริษัท Microsoft ได้ปล่อยชุดดีเวลลอป (Software Development Kit, SDK) สำหรับ Windows 7 เมื่อวันที่ 16 มิถุนายน 2554 ซึ่งตัว SDK นี้จะมีไดร์เวอร์ต่างๆของ Kinect สำหรับคอมพิวเตอร์ที่ซีรอมอยู่ด้วย ซึ่งโปรแกรมที่สามารถนำมาใช้พัฒนาแอปพลิเคชัน Kinect ได้แก่ C++ C# และ Visual Basic ส่วนฟีเจอร์ต่างๆที่ถูกรวมไว้ใน SDK ด้วย ได้แก่

1. Raw Sensor Streams สำหรับการนำข้อมูลดิบที่ได้จากเซ็นเซอร์ต่างๆไปใช้งาน
2. Skeletal Tracking สำหรับติดตามโครงร่างของมนุษย์ ซึ่งสามารถติดตามได้สูงสุด 2 คนพร้อมกัน ความโดดเด่นของฟีเจอร์นี้คือ สามารถนำไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันควบคุมด้วยท่าทาง (Gestures Control)
3. Advanced Audio Capabilities ใช้ในการจำแนกเสียงต่างๆ ซึ่งสามารถกำจัดเสียงรบกวนต่างๆ (Noise Suppression and Echo Cancellation) และแยกเสียงของแต่ละบุคคลได้ ซึ่งฟีเจอร์นี้สามารถนำไปพัฒนาเป็นการควบคุมด้วยเสียง (Voice Recognition)
4. โค้ดโปรแกรมตัวอย่าง และ เอกสารประกอบ

2.6 Kinect software

สำหรับการพัฒนา Application กับ Kinect นั้นมี Software Library ที่น่าสนใจอยู่ 2 อย่างคือ 1.Kinect SDK 2.Open Kinect ซึ่งแต่ละ Library ก็มีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันไป อย่างเช่น Kinect SDK ซึ่งเป็นของ Microsoft เองก็มีข้อดีคือ Hardware เป็นของตัวเองเพราะฉะนั้นชุดคำสั่งต่างๆ จะอัปเดตออกมาเสมอ แต่มีข้อเสียคือเนื่องจากเป็นของ Microsoft ดังนั้น SDK นี้จึงใช้ได้กับระบบปฏิบัติการ Windows เท่านั้น จากจุดด้วยตรงนี้จึงมาเป็นจุดเด่นของทาง Open Kinect ซึ่งสามารถใช้บนระบบปฏิบัติการไหนก็ได้ เพราะตัว Library เป็น open source โดยผู้พัฒนาสามารถนำ source code ของ library มา compile บนระบบปฏิบัติการที่ต้องการได้ และอีกจุดเด่นของ Open Kinect คือมีภาษาที่ใช้พัฒนาได้หลายภาษา เช่น C, C++, Python, Java

ซึ่งภายใน Kinect for Windows SDK v1.7 จะมีโปรแกรมที่สำคัญ อยู่ 2 โปรแกรมคือ

1. Developer Toolkit Browser v1.7.0 (Kinect for Windows)

โปรแกรมนี้จะรวบรวมเอกสารสำหรับ SDK, example code และอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับการพัฒนา software สำหรับ Kinect

2. Kinect Studio v1.7.0

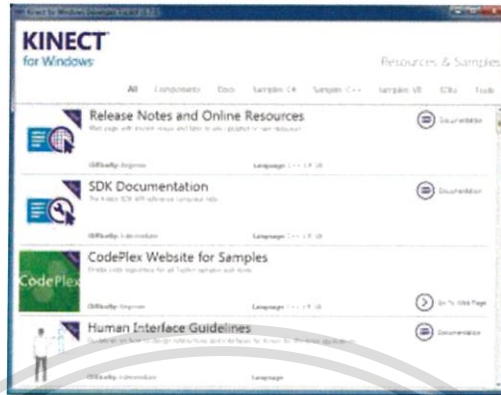
โปรแกรมนี้เป็น Tool สำหรับใช้ดูภาพและบันทึกภาพจาก Kinect โดยจะแสดงภาพที่โปรแกรมที่กำลังใช้งาน Kinect อยู่เห็นภาพอะไร ภาพนั้นจะมาแสดงที่โปรแกรมนี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานในเพื่อการพาณิชย์ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดยจะแสดงภาพ 3 แบบคือ เป็นมุมมองภาพสีธรรมดา (Color Viewer), มุมมองความลึก (Depth Viewer), มุมมองสามมิติ (3D Viewer)



รูปที่ 2.15 Developer Toolkit Browser v1.7.0



รูปที่ 2.16 Kinect Studio v1.7.0

- มุมมองภาพสีธรรมดา (Color Viewer)
เป็นมุมมองภาพสีธรรมดา
- มุมมองความลึก (Depth Viewer)
มุมมองด้านความลึก จะแยกด้วยสี คือถ้าใกล้มาจะเป็นสีดำ น้ำเงิน ฟ้ำ เขียว เหลือง ส้ม แดง ตามระยะ
- มุมมองสามมิติ (3D Viewer)
มุมมองแสดงภาพที่ Kinect มองเป็น 3 มิติ

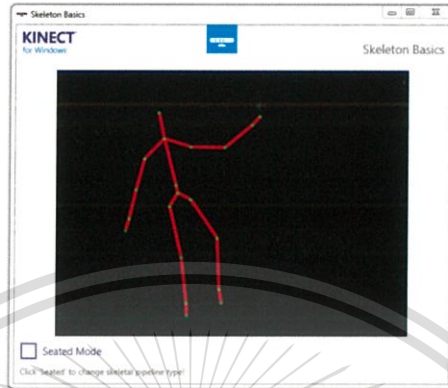
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

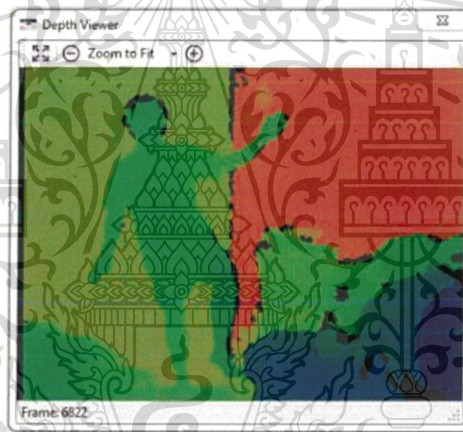
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตัวอย่าง Application Skeleton

Skeleton คือการหาข้อต่อและกระดูก ของคนเพื่อสามารถนำไปต่อยอดเพื่อการหาท่าทาง ว่าคนที่ Kinect มองเห็นแสดงท่าทางอะไร example นี้ชื่อ Skeleton Basics-WPF



รูปที่ 2.17 ตัวอย่าง Application Skeleton



รูปที่ 2.18 ภาพที่ Kinect มองเห็นในรูปความลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.7 Visual Basic 2013

แนวทางการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา VB จะเข้าไปในลักษณะการนำคอนโทรลชนิดต่างๆ เช่น Text Box, Label, Combo Box เป็นต้น นำมาวาด เพื่อออกแบบหน้าต่างแอปพลิเคชันที่เรียกว่า กราฟิกยูสเซอร์ อินเตอร์เฟซ (Graphic User Interface-GUI) คุณสามารถที่จะออกแบบ อินเตอร์เฟซได้อย่างอิสระ ให้ตรงกับจุดประสงค์และ การนำไปใช้งานของคุณก่อน แล้วจึงเริ่มเขียนโค้ด เพื่อตอบสนองการกระทำของผู้ใช้ (ใน VB เรียกว่า เหตุการณ์ event) ซึ่งถือเป็นหลักการเขียนโปรแกรมที่เรียกว่า การเขียนโปรแกรมเพื่อตอบสนองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น (Event-Driven Programming)

สิ่งต่างๆ ที่นำไปใช้ร่วมกันเพื่อเป็นแอปพลิเคชันหนึ่งๆ เช่น แถบเมนู, dialog box , toolbars, Text Box, ปุ่ม OK ฯลฯ เป็นต้น จะถูกมองเปรียบเสมือนว่า เป็นวัตถุชิ้นหนึ่งที่เรียกว่า อ็อบเจกต์ (object model) ทุกสิ่งทุกอย่าง ในแอปพลิเคชัน VB จะมองเป็นอ็อบเจกต์ ที่สามารถควบคุมพฤติกรรม, แก๊ซ และกระทำโดยตรงต่ออ็อบเจกต์นั้นได้ ด้วยการเขียนโค้ด หรือสามารถเปลี่ยนแปลง คุณสมบัติ (properties) ประจำตัวของอ็อบเจกต์นั้นได้โดยตรง ตัวคอนโทรลก็ถูกมองเป็นอ็อบเจกต์ เช่นกัน ในทุกๆ อ็อบเจกต์จะมีคุณสมบัติ (properties) และ เมธอด (methods) ประจำตัว ในแต่ละอ็อบเจกต์ อาจจะมีคุณสมบัติและเมธอดที่เหมือน หรือต่างกันได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของอ็อบเจกต์

ในการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย VB การเขียนโค้ดจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ ที่เรียกว่า โพรซีเจอร์ (procedure) แต่ละโพรซีเจอร์จะประกอบไปด้วย โค้ดที่พิมพ์เข้าไปแล้วทำให้คอนโทรลหรืออ็อบเจกต์นั้นๆ ตอบสนองการกระทำของผู้ใช้ได้โดยสมบูรณ์ในตัวเอง ซึ่งเรียกว่า การเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object Oriented Programming-OOP) แต่ตัวภาษา VB ยังไม่ถือว่าเป็น OOP อย่างแท้จริง เนื่องจากข้อจำกัดหลายๆ อย่างที่ Visual Basic ไม่สามารถทำได้เหมือนกับภาษา C++ การเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ มีข้อดีก็คือ ตัวโค้ดจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ ทำให้ง่ายต่อการตรวจสอบ และดักจับข้อผิดพลาด (debug) ซึ่งการแก้ไขดังกล่าวนี้ ไม่ได้ไปกระทบกับโค้ด ส่วนอื่นๆ ในตัวแอปพลิเคชันนั้นเลย

2.7.1 ภาษา C#

ภาษา C# (ซี-ชาร์ป) เป็นภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระดับสูงที่ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในปัจจุบัน และเป็นภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับผู้เริ่มต้นสนใจที่จะเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นอย่างดี ซึ่งภาษา C# ถูกพัฒนามาจากภาษา C++ และมีโครงสร้างแบบเชิงวัตถุ (object-oriented programming) โดยใช้โปรแกรม Visual Studio เป็นเครื่องมือสำหรับพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำให้ผู้เขียน

เอกสารนี้เป็นโปรแกรมที่สามารถพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ไม่ยากนักนั้น ไม่นับว่าอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.7.2 ข้อดีของภาษา C#

1) เป็นภาษาที่เขียนง่าย ไม่ซับซ้อนและเรียบง่าย เพราะคล้ายภาษา Java ภาษา C และ ภาษา C++ ทำให้หลายคนเข้าใจได้ไม่ยาก

2) เป็นภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ยุคใหม่ที่ถูกสร้างขึ้นมาสำหรับการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ภายใต้แนวคิด .NET Framework ซึ่งเป็นแนวคิดที่ได้รับความนิยมสูงที่สุดในปัจจุบัน

3) เป็นภาษาที่ถูกออกแบบมาให้ทำงานบน .NET Framework (ดอตเน็ต-เฟรมเวิร์ก) ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ ผู้ใช้งานสามารถใช้งานบนระบบฮาร์ดแวร์ (Hardware) หรือระบบปฏิบัติการ (Operating System) ที่แตกต่างกันได้อย่างไม่มีปัญหา เช่น เครื่องพีซีกับเครื่องแมคหรือ ระบบปฏิบัติการวินโดวส์กับระบบปฏิบัติการแมคอินทอช เป็นต้น ดังนั้น ผู้เขียนโปรแกรมจึงสามารถเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ใหม่ๆ ได้โดยง่าย รวดเร็ว และไม่ต้องติดข้อจำกัดต่างๆ อย่างเช่นการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในสมัยก่อนอีกต่อไป

4) เป็นภาษาที่แข็งแกร่ง เพราะเป็นภาษาที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องบางอย่างของ ภาษา Java ภาษา C และ ภาษา C++ เหล่านั้น ทำให้ ภาษา C# เป็นภาษาที่มีความสมบูรณ์ตามแบบฉบับของโครงสร้างแบบเชิงวัตถุ (object-oriented programming)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

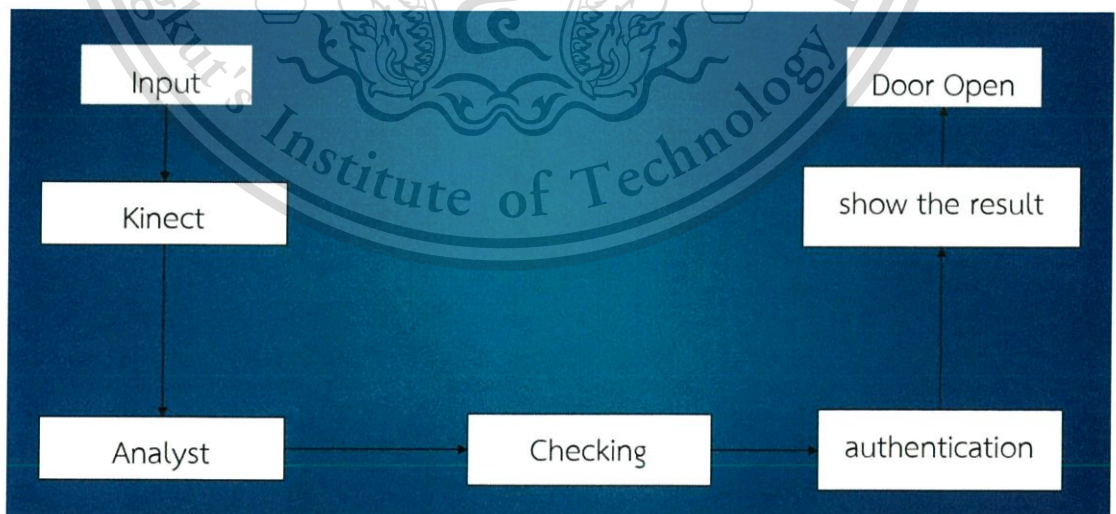
การออกแบบและขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบซอฟต์แวร์

ในการออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์ และแสดงผล สามารถเลือกใช้ได้หลากหลายโปรแกรมแต่ในโครงการนี้เลือกใช้โปรแกรม Visual Studio 2013 เนื่องจากสมารถที่จะออกแบบหน้าจอโดยเขียนโปรแกรมแยกออกจากโปรแกรมหลัก ซึ่งสามารถพัฒนาโปรแกรมไมโครซอฟต์ที่ได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อควบคุมการควบคุมการตรวจจับและวิเคราะห์ข้อมูลจากกล้อง Kinect ในโหมด Face tracking โดยในขั้นตอนแรก จะต้องทำการติดตั้งโปรแกรมที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ได้แก่ Visual Studio 2013 , Kinect SDK , Kinect Studio และโปรแกรมเพิ่มเติมที่ต้องการใช้งานร่วมกัน

3.1.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน

การทำงานของระบบนี้ใช้ กล้อง Kinect เป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับร่างกายมนุษย์ โดยสามารถตรวจจับจุดบนใบหน้าได้ถึง 120 จุดต่อในการวัดระยะหรือความลึกของวัตถุต่าง ๆ นั้นอาศัยการทำงานของอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดระยะ (Depth Sensor) ซึ่งประกอบอุปกรณ์ 2 ชนิดคือ Infrared Laser Projector และ Monochrome CMOS Sensor โดยตัว Infrared Laser Projector จะส่งแสงอินฟราเรดไปกระทบกับวัตถุที่อยู่ในแนวรัศมี เมื่อแสงอินฟราเรดกระทบกับวัตถุก็จะสะท้อนกลับมาที่ตัวรับ Monochrome CMOS Sensor ซอฟต์แวร์ก็จะคำนวณระยะทางอาศัยเวลาการเดินทางของแสงอินฟราเรดและจะส่งค่าที่ได้ไปประมวลผลบน Microsoft Visual basic 2013 และส่งข้อมูลผ่านหน้าจอแสดงผล ดังรูปที่ 3.1

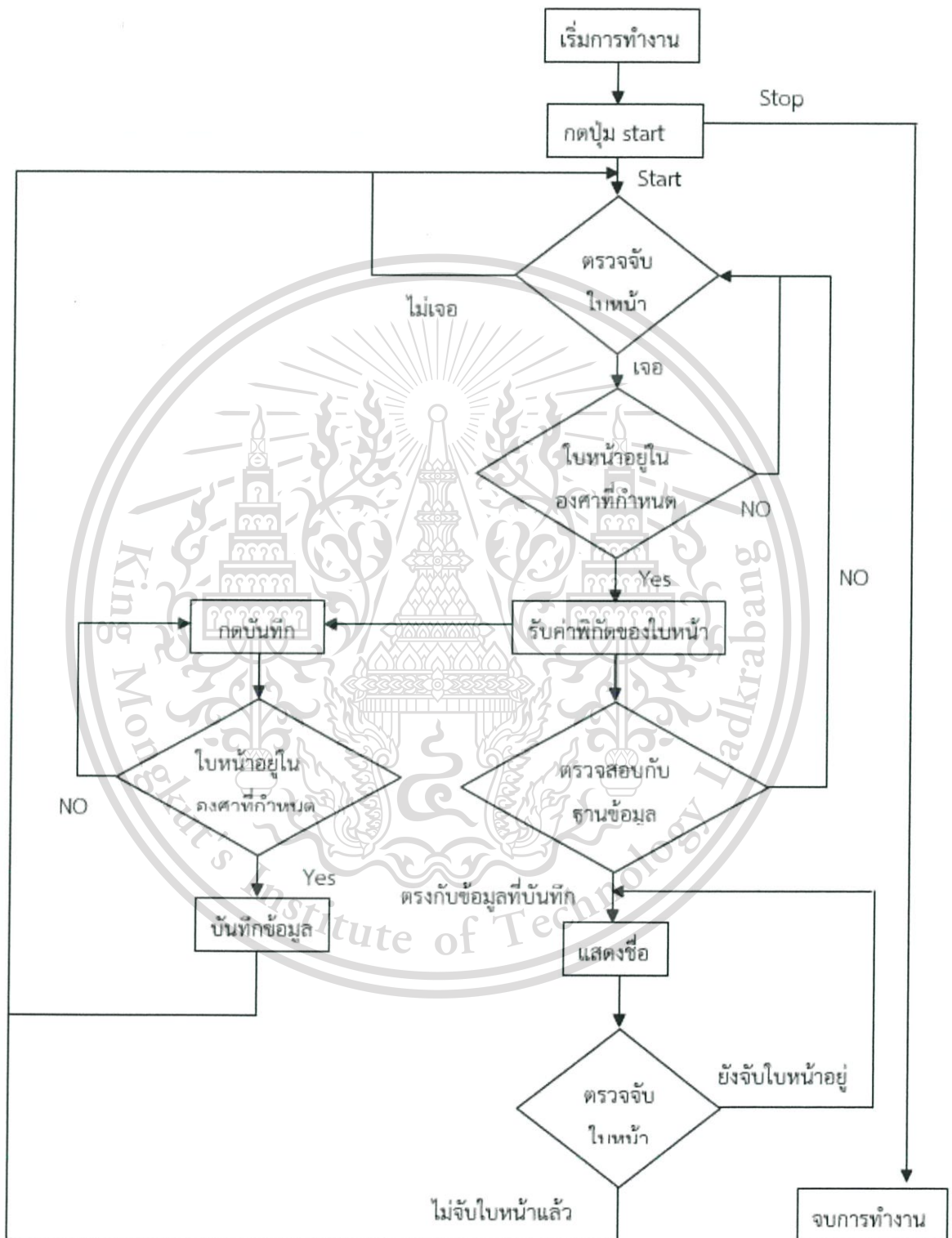


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบนี้หน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.2 โฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมหลัก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้จัดทำเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

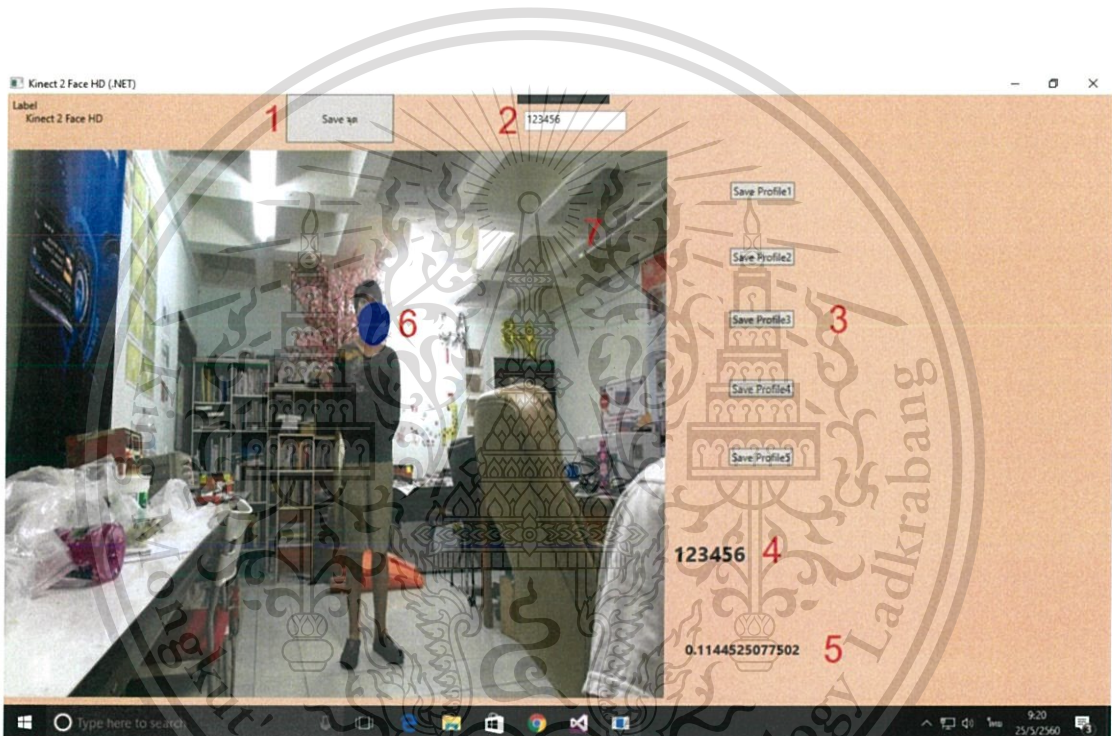
รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของโปรแกรมหลัก

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูป 3.2 การทำงานของโปรแกรม จะมีสองส่วนสำคัญคือ การตรวจสอบความถูกต้องของใบหน้าเทียบกับฐานข้อมูล และ การบันทึกค่าใบหน้า ลงในฐานข้อมูล โดยในการทำงานในขั้นตอนการตรวจจับใบหน้า จะต้องทำการกดปุ่ม Start เพื่อให้โปรแกรมเริ่มทำงาน จากนั้นโปรแกรมจะทำการตรวจจับใบหน้า เมื่อตรวจจับได้ โปรแกรมจะทำการเช็คค่า ใบหน้า อยู่ในองศาที่เหมาะสมหรือไม่ เมื่อใบหน้าอยู่ในองศาที่เหมาะสม จากนั้น จะเข้าสู่กระบวนการการบันทึกข้อมูลของใบหน้า โดยการกดปุ่ม Record และ Save และ กระบวนการตรวจสอบใบหน้าที่กับฐานข้อมูล ถ้าข้อมูลของใบหน้า ตรงกับข้อมูลที่บันทึกไว้ ก็จะแสดงชื่อเจ้าของใบหน้าออกมา

3.1.3 หน้าต่างโปรแกรม



รูปที่ 3.3 หน้าต่างโปรแกรม

จากรูป 3.3 หน้าต่างโปรแกรมจะประกอบไปด้วย 7 ส่วนหลัก คือ

1. ส่วนสำหรับการบันทึกข้อมูล – เป็นการบันทึกพิกัดของใบหน้าทีกล้องวัดได้ในขณะนั้น โดยเป็นการวัดความยาวของจุดต่าง ๆ บนใบหน้าเมื่อเทียบกับจุดอ้างอิง โดยทำการบันทึกทั้งหมด 1347 จุด
2. ช่องบันทึกชื่อ – ใช้สำหรับการบันทึกชื่อ เพื่อระบุเจ้าของ ของพิกัดบนใบหน้าทีบันทึกเพื่อเตรียมใช้ในการตรวจสอบและระบุตัวตน โดยจะเกี่ยวเนื่องกับข้อ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

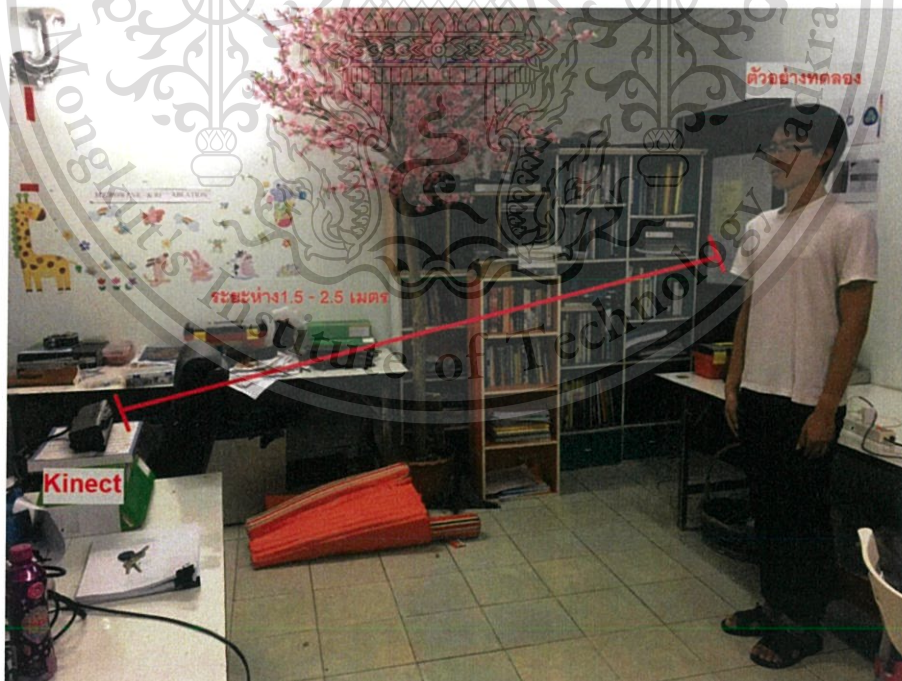
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. ปุ่มสำหรับบันทึกค่าความยาวของใบหน้า เพื่อนำไปใช้ในการระบุตัวตน – เมื่อทำการกดปุ่ม ระบบจะบันทึกใบค่าความยาวของใบหน้าเอาไว้ เพื่อเตรียมพร้อมที่จะนำไปเปรียบเทียบ โดยสามารถระบุชื่อเจ้าของข้อมูลได้ โดยการกรอกชื่อที่ต้องการบันทึกลงในข้อ 2
4. ตัวอักษรแสดงสถานะ - เมื่อระบบกำลังทำงาน จะมีการ แสดงสถานะการทำงานขึ้น หรือ เมื่อระบบสามารถระบุตัวตนได้ว่าบุคคลนี้คือใคร ตรงกับฐานข้อมูลของใคร ตรงส่วนนี้จะขึ้นชื่อของข้อมูลที่ตรวจพบ ที่ได้บันทึกไว้จากข้อ 3
5. ตัวอักษรแสดงค่าจุดอ้างอิงที่รับจาก Kinect – สร้างขึ้นเพื่อทดสอบว่า Kinect กำลังทำงานได้อย่างถูกต้อง
6. กรอบใบหน้า - เมื่อ Kinect สามารถทำการจับใบหน้า และรับค่าพิกัดได้ โปรแกรมจะแสดงหน้ากากกรอบใบหน้าของคนที่ถูกตรวจจับ เพื่อแสดงให้เห็นการทำงาน และ จุดที่ Kinect บันทึกค่ามาใช้คำนวณ
7. หน้าต่างแสดงการมองเห็นของกล้อง Kinect

3.2 การทดลองการทดสอบระยะที่กล้อง Kinect for Xbox 360 สามารถทำการจับพิกัดได้แม่นยำ โดยแบ่งเป็น 3 ระยะ

ทำการติดตั้งกล้อง โดยเว้นระยะห่าง ระหว่างกล้องถึงผู้ทดสอบ 150 เซนติเมตร , 200 เซนติเมตร และ 250 เซนติเมตร ตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ **รูปที่ 3.4 การติดตั้งกล้อง** ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ทำการทดลองบันทึกผลซ้ำกันต่อเนื่อง เพื่อเก็บข้อมูลว่า Kinect สามารถเก็บค่าจากหน้าของเราได้ โดยมีความคลาดเคลื่อนเท่าไร เพื่อนำไปทำการประมวลผล และพัฒนาโปรแกรม

หลังจากเก็บผลการจับพิกัดบนใบหน้า นำผลการทดลองที่ได้ มาทำการคำนวณเพื่อหาค่าเบี่ยงเบนของข้อมูล เพื่อค้นหาจุดพิกัดที่มีความคลาดเคลื่อนน้อย นำไปเขียนโปรแกรม และกำหนดจุด โดยเลือกจุดจากตำแหน่งที่มีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด โดยวิธีการคำนวณ จะใช้สูตรการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในการคำนวณหาจุดที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อย (มีความเบี่ยงเบนน้อย)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\mu)^2}{N}}$$

3.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการดำเนินงาน จะแบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้

- 1 ศึกษาการเขียนและพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา C#
- 2 ทำการเขียนโปรแกรมให้รับค่าจากจุดทุกจุดบนใบหน้า
- 3 ทำการประมวลผลและเปรียบเทียบข้อมูล
- 4 ทำการพัฒนาโปรแกรมในการตรวจจับใบหน้า
- 5 ทดลองและแก้ไข
- 6 เก็บข้อมูลจากผลการทดลอง และ ประมวลผล

3.7 ขั้นตอนการตรวจความถูกต้อง

- 1 ทำการเปิดโปรแกรมเพื่อตรวจจับใบหน้า
- 2 ทำการวัดระยะที่กำหนด
- 3 ทำการวัด และบันทึกค่า ลงในตาราง Excel และทำการคำนวณค่าความแม่นยำ

3.8 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมตรวจจับใบหน้า

- 1 นำข้อมูลที่ได้จากข้อ 3.6 มาเขียนเป็นโปรแกรม

- 2 นำไปติดตั้งและติดตามผลการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษายเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในส่วนของการทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับพิคตบนใบหน้าจากกล้อง Kinect for Xbox 360 และ Kinect for Xbox One ในขั้นตอนแรก ดังที่อธิบายวิธีการไว้ในบทที่ 3 จากผลการทดลองได้ทำการสรุปผลและคัดเลือกผลมา 30 จุด จาก 121 จุด และ 40 จุด จาก 1347 จุด ที่มีความแม่นยำสูงที่สุด มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยทำการสังเกตจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและนำมาเปรียบเทียบกัน ดังตารางด้านล่าง โดยวิธีการคำนวณ ได้ใช้ Microsoft Excel เป็นตัวช่วยในการคำนวณ เพื่อความสะดวกในการจัดเรียงและคำนวณข้อมูล โดยผลการทดลองในตารางด้านล่าง ได้ทำการตัดส่วนที่เป็นข้อมูลที่ยังไม่ผ่านการคำนวณออก เนื่องจากมีปริมาณมหาศาล และยากต่อการสังเกต

หลังจากได้ตำแหน่งที่เหมาะสมแก่การนำมาเป็นมาตรฐานในการเก็บค่าแล้ว ได้แก่ จุดที่

0, 1, 2, 3, 11, 12, 13, 17, 18, 21, 25, 26,
29, 30, 31, 34, 35, 36, 37, 64, 73, 74, 85, 87,
88, 94, 95, 96, 100, 101, 102, 106, 107, 108, 109, 110,
111, 112, 113, 114, 115, 119, 120, 122, 123, 124, 126, 127,
128, 129, 134, 135, 136, 138, 141, 142, 147, 148, 149, 150,
151, 152, 159, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 180, 181, 185,
186, 192, 193, 196, 197, 198, 206, 210, 214, 220, 245, 246,
247, 248, 250, 257, 259, 260, 265, 266, 267, 268, 269, 278,
279, 280, 283, 284, 285, 286, 288, 289, 290, 291, 292, 293,
294, 295, 302, 303, 304, 305, 314, 315, 316, 321, 330, 331,
332, 333, 343, 361, 362, 363, 364, 372, 373, 374, 405, 406,
414, 415, 420, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 444,
445, 446, 447, 448, 452, 453, 456, 457, 458, 459, 460, 461,
462, 463, 464, 465, 466, 467, 469, 470, 471, 472, 473, 474,
475, 476, 477, 478, 480, 481, 482, 488, 489, 490, 491, 492,
493, 494, 495, 507, 529, 530, 531, 532, 535, 536, 537, 538,
539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550,
551, 552, 553, 554, 559, 560, 561, 612, 613, 614, 669, 670,

ไม่ว่ากรณีใดก็ตามสิ่งทั้งนี้มีให้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

697, 705, 706, 707, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718,
 719, 720, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733,
 734, 735, 736, 737, 738, 739, 747, 749, 750, 751, 752, 753,
 754, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 775, 776,
 777, 778, 790, 791, 793, 799, 800, 801, 802, 815, 817, 822,
 835, 836, 837, 843, 844, 845, 846, 860, 861, 870, 871, 875,
 876, 878, 879, 884, 886, 889, 890, 891, 893, 914, 915, 916,
 917, 918, 919, 925, 926, 927, 934, 935, 943, 944, 945, 946,
 947, 948, 949, 962, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 975, 976,
 977, 978, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 990, 992, 993, 994,
 995, 1001, 1005, 1006, 1007, 1008, 1009, 1010, 1011, 1012, 1014, 1015,
 1016, 1017, 1018, 1019, 1023, 1027, 1028, 1029, 1032, 1033, 1038, 1039,
 1049, 1052, 1053, 1054, 1055, 1056, 1057, 1058, 1059, 1060, 1061, 1062,
 1063, 1064, 1065, 1066, 1067, 1068, 1069, 1070, 1071, 1088, 1089, 1090,
 1091, 1092, 1093, 1094, 1095, 1096, 1097, 1098, 1099, 1100, 1101, 1102,
 1103, 1105, 1108, 1109, 1110, 1111, 1114, 1115, 1116, 1117, 1162, 1163,
 1164, 1165, 1166, 1167, 1168, 1169, 1170, 1186, 1187, 1202, 1203, 1204,
 1205, 1206, 1207, 1208, 1213, 1215, 1216, 1217, 1218, 1229, 1230, 1231,
 1232, 1244, 1245, 1246, 1247, 1251, 1252, 1253, 1254, 1261, 1263, 1264,
 1265, 1266, 1267, 1272, 1273, 1274, 1275, 1276, 1285, 1291, 1292, 1293,
 1295, 1296, 1297 ตามลำดับ

เมื่อได้พิกัดที่ต้องการแล้ว จํานำไปใส่ลงในโปรแกรมส่วนที่ 2 เพื่อสร้างโปรแกรมส่วนสำหรับ
 จับใบหน้า แล้วจึงนำไปทดสอบ เพื่อวัดผลการทํางานของโปรแกรม ว่าสามารถทํางานได้ถูกต้อง

ในทํางานของการวัดประสิทธิภาพและความถูกต้องในการตรวจจับระบุตัวตน ผู้ทดสอบ
 จะยืนอยู่ในระยะที่กล้องสามารถจับได้ (1.5 – 2.5 เมตร โดยประมาณ) และยืนอยู่เพียงคนเดียว
 เพื่อให้ย้งต่อการตรวจจับของกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1 ผลการทดสอบความแม่นยำ 30 จุด จาก 121 จุด (Kinect for Xbox360)

ตารางที่ 4.1 ผลการคำนวณจากการวัดค่าพิสัยบนใบหน้า 50 ครั้ง ใน 60 วินาที
ของผู้ทดลอง 1 ที่ระยะ 1.5 เมตร

จุดที่	ค่าเฉลี่ย	มัธยฐาน	ค่าพิสัย	ค่ากลาง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ส่วนเบี่ยงเบนของค่ากลาง
M	0.025455	0.025393	0.000485	0.025499	2.35032E-08	0.000318978
AT	0.025455	0.025393	0.000485	0.025499	2.3504E-08	0.000318978
C	0.054591	0.054458	0.001039	0.054686	1.08099E-07	0.001467099
AJ	0.054591	0.054458	0.001039	0.054686	1.08105E-07	0.001467096
N	0.056431	0.056293	0.001074	0.056529	1.15511E-07	0.001567648
AU	0.056431	0.056293	0.001074	0.056529	1.15512E-07	0.001567648
O	0.077945	0.077754	0.001484	0.078079	2.20373E-07	0.002990774
AV	0.077945	0.077754	0.001484	0.078079	2.20376E-07	0.002990775
P	0.093833	0.093604	0.001786	0.093995	3.19374E-07	0.004334351
AW	0.093833	0.093604	0.001786	0.093995	3.19376E-07	0.00433435
E	0.109493	0.109183	0.002808	0.10976	8.64609E-07	0.005871335
D	0.083975	0.083721	0.003063	0.083977	8.82305E-07	0.003399359
AK	0.083975	0.083721	0.003063	0.083977	8.82305E-07	0.003399359
DM	0.106007	0.10566	0.002927	0.10621	9.0224E-07	0.005486764
DQ	0.106007	0.10566	0.002927	0.10621	9.02247E-07	0.005486765
CA	0.113735	0.113414	0.002919	0.114012	9.33877E-07	0.006334895
CB	0.113735	0.113414	0.002919	0.114012	9.33877E-07	0.006334891
F	0.114873	0.114547	0.002917	0.115158	9.39722E-07	0.006464728
V	0.126387	0.126033	0.003192	0.126725	1.14474E-06	0.007829844
CR	0.130832	0.130453	0.003147	0.131193	1.13769E-06	0.008401679
CP	0.133031	0.132647	0.003209	0.133396	1.18009E-06	0.00868573
CQ	0.133031	0.132647	0.003209	0.133396	1.1801E-06	0.00868573
CS	0.119345	0.118995	0.003484	0.119548	1.23709E-06	0.006940291
BC	0.126967	0.12658	0.003468	0.127206	1.26011E-06	0.007872754
AL	0.110528	0.110184	0.003626	0.110616	1.27894E-06	0.005920177
CU	0.12091	0.120556	0.003541	0.121114	1.27675E-06	0.007122593
AM	0.115939	0.115577	0.003759	0.11604	1.38031E-06	0.006517539
U	0.116169	0.115813	0.003779	0.11627	1.39351E-06	0.006542688
CT	0.119925	0.119543	0.003759	0.120028	1.39216E-06	0.006980771
CW	0.12718	0.126807	0.003725	0.127396	1.41368E-06	0.007880653

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.2 ผลการคำนวณจากการวัดค่าพิสัยบนใบหน้า 50 ครั้ง ใน 60 วินาที
ของผู้ทดลอง 1 ที่ระยะ 2 เมตร

จุดที่	ค่าเฉลี่ย	มัธยฐาน	ค่าพิสัย	ค่ากลาง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ส่วนเบี่ยงเบนของค่ากลาง
M	0.026586	0.026782	0.001781	0.026343	2.85886E-07	0.000323999
AT	0.026586	0.026782	0.001781	0.026343	2.85884E-07	0.000323999
C	0.057016	0.057437	0.003819	0.056496	1.31489E-06	0.001490191
AJ	0.057016	0.057437	0.003819	0.056496	1.31488E-06	0.001490193
N	0.058938	0.059373	0.003948	0.0584	1.40501E-06	0.001592322
AU	0.058938	0.059373	0.003948	0.0584	1.40501E-06	0.001592323
O	0.081407	0.082008	0.005453	0.080664	2.68049E-06	0.003037851
AV	0.081407	0.082008	0.005453	0.080664	2.68049E-06	0.003037852
P	0.098001	0.098724	0.006565	0.097106	3.88468E-06	0.004402571
AW	0.098001	0.098724	0.006565	0.097106	3.88467E-06	0.004402571
E	0.115398	0.116383	0.009128	0.113331	5.57129E-06	0.005916207
D	0.088543	0.089566	0.008089	0.086644	4.33126E-06	0.00341217
AK	0.088543	0.089566	0.008089	0.086644	4.33126E-06	0.00341217
DM	0.111391	0.112657	0.009173	0.109495	6.06901E-06	0.005504131
DQ	0.111391	0.112657	0.009173	0.109495	6.06901E-06	0.005504131
CA	0.11987	0.120893	0.009484	0.117722	6.01248E-06	0.006383386
CB	0.11987	0.120893	0.009484	0.117722	6.01251E-06	0.006383384
F	0.121048	0.122089	0.009547	0.118898	6.1193E-06	0.006513496
V	0.132127	0.133359	0.00998	0.130105	7.29737E-06	0.007828519
CR	0.137741	0.138976	0.010686	0.135411	7.8527E-06	0.008460441
CP	0.140062	0.141316	0.010875	0.137687	8.12292E-06	0.008746715
CQ	0.140062	0.141316	0.010875	0.137687	8.12292E-06	0.008746715
CS	0.132999	0.134546	0.011497	0.13067	9.75113E-06	0.007804669
BC	0.133192	0.134422	0.010898	0.130818	8.24789E-06	0.007860412
AL	0.116372	0.117708	0.01019	0.114087	7.10434E-06	0.005941053
CU	0.126507	0.127989	0.010345	0.124392	7.83357E-06	0.007108242
AM	0.12205	0.12345	0.010638	0.119677	7.77242E-06	0.00654036
U	0.121645	0.123089	0.010584	0.119474	8.19307E-06	0.006520517
CT	0.125939	0.1274	0.011097	0.12349	8.56146E-06	0.006956701
CW	0.133059	0.134622	0.010896	0.130849	8.7347E-06	0.007864543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.3 ผลการคำนวณจากการวัดค่าพิ้งคัตบนใบหน้า 50 ครั้ง ใน 60 วินาที
ของผู้ทดลอง 1 ที่ระยะ 2.5 เมตร

จุดที่	ค่าเฉลี่ย	มัธยฐาน	ค่าพิ้งคัต	ค่ากลาง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ส่วนเบี่ยงเบนของค่ากลาง
M	0.024896	0.024844	0.001257	0.02492	1.37456E-07	0.000295146
AT	0.024896	0.024844	0.001257	0.02492	1.37455E-07	0.000295146
C	0.053391	0.053281	0.002696	0.053443	6.32205E-07	0.001357486
AJ	0.053391	0.053281	0.002696	0.053443	6.3221E-07	0.001357484
N	0.055191	0.055076	0.002787	0.055244	6.75537E-07	0.001450523
AU	0.055191	0.055076	0.002787	0.055244	6.75535E-07	0.001450522
O	0.076231	0.076073	0.003849	0.076305	1.2888E-06	0.002767323
AV	0.076231	0.076073	0.003849	0.076305	1.28878E-06	0.002767325
P	0.091771	0.09158	0.004633	0.091859	1.86778E-06	0.004010514
AW	0.091771	0.09158	0.004633	0.091859	1.86778E-06	0.004010514
E	0.107034	0.106283	0.006091	0.107836	3.14394E-06	0.005495066
D	0.081417	0.08075	0.004789	0.082177	2.08977E-06	0.003185765
AK	0.081417	0.08075	0.004789	0.082177	2.08977E-06	0.003185765
DM	0.103105	0.102458	0.005733	0.103761	2.7054E-06	0.005093654
DQ	0.103105	0.102458	0.005733	0.103761	2.70539E-06	0.005093654
CA	0.11118	0.1104	0.006328	0.112015	3.3941E-06	0.00592918
CB	0.11118	0.1104	0.006328	0.112015	3.39411E-06	0.005929174
F	0.112293	0.111515	0.006377	0.113122	3.4326E-06	0.006047639
V	0.122601	0.12194	0.006977	0.123269	3.8563E-06	0.007178783
CR	0.1279	0.127072	0.007181	0.128761	4.27154E-06	0.007839844
CP	0.13005	0.129205	0.007306	0.130929	4.42435E-06	0.00810588
CQ	0.13005	0.129205	0.007306	0.130929	4.42434E-06	0.008105884
CS	0.115505	0.114741	0.006762	0.116293	3.69737E-06	0.006379768
BC	0.122948	0.122172	0.006818	0.12368	3.75123E-06	0.00723776
AL	0.107302	0.10649	0.006149	0.108183	3.29766E-06	0.005528746
CU	0.117009	0.116238	0.006845	0.117804	3.7869E-06	0.006546905
AM	0.11257	0.111729	0.006436	0.113479	3.59481E-06	0.006084021
U	0.112219	0.111365	0.006714	0.113111	3.74489E-06	0.00602852
CT	0.115852	0.114973	0.006603	0.116704	3.63562E-06	0.006435435
CW	0.123073	0.122275	0.007175	0.123896	4.15528E-06	0.007242874

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า.
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.4 ผลการคำนวณจากการวัดค่าพิสัยบนใบหน้า 50 ครั้ง ใน 60 วินาที
ของผู้ทดลอง 2 ที่ระยะ 1.5 เมตร

จุดที่	ค่าเฉลี่ย	มัธยฐาน	ค่าพิสัย	ค่ากลาง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ส่วนเบี่ยงเบนของค่ากลาง
M	0.023109	0.022972	0.002219	0.023378	4.12823E-07	0.000248473
AT	0.023109	0.022972	0.002219	0.023378	4.12825E-07	0.000248473
C	0.04956	0.049266	0.004759	0.050137	1.89875E-06	0.001142817
AJ	0.04956	0.049266	0.004759	0.050137	1.89874E-06	0.001142819
N	0.05123	0.050926	0.00492	0.051827	2.02886E-06	0.001221145
AU	0.05123	0.050926	0.00492	0.051827	2.02886E-06	0.001221144
D	0.075977	0.075728	0.004777	0.076021	2.24957E-06	0.002712493
AK	0.075977	0.075728	0.004777	0.076021	2.24957E-06	0.002712493
DB	0.104986	0.104717	0.006244	0.105012	3.7332E-06	0.00519353
O	0.07076	0.070341	0.006795	0.071585	3.8707E-06	0.002329712
DD	0.106437	0.106158	0.006362	0.106474	3.86521E-06	0.005337521
BF	0.109197	0.108925	0.006426	0.109225	3.92754E-06	0.005622072
DA	0.104575	0.104307	0.006686	0.10472	4.17777E-06	0.005141896
BB	0.105225	0.10498	0.006803	0.105387	4.29363E-06	0.005203921
AL	0.100052	0.099801	0.006683	0.100224	4.31261E-06	0.004696424
BW	0.105559	0.105247	0.00681	0.105687	4.32476E-06	0.005234181
DC	0.106025	0.105759	0.006806	0.10618	4.32008E-06	0.005285019
Y	0.108779	0.10847	0.006832	0.108905	4.38593E-06	0.005567341
DF	0.112263	0.111934	0.006862	0.112349	4.44308E-06	0.005934941
DH	0.112764	0.112437	0.006881	0.112846	4.47193E-06	0.00598819
DM	0.096029	0.095909	0.007134	0.09644	4.61413E-06	0.004316785
DQ	0.096029	0.095909	0.007134	0.09644	4.61412E-06	0.004316784
BD	0.107473	0.107144	0.007178	0.107669	4.72055E-06	0.005420219
U	0.104825	0.104675	0.007234	0.105103	4.77991E-06	0.005153637
BS	0.10815	0.107873	0.007235	0.10836	4.78008E-06	0.005489453
AM	0.104955	0.104704	0.007066	0.105154	4.79641E-06	0.005167175
BU	0.105149	0.104919	0.007252	0.105395	4.808E-06	0.00518241
DE	0.111847	0.111594	0.007311	0.112053	4.94193E-06	0.005878948
DG	0.112345	0.112088	0.007332	0.112548	4.97408E-06	0.00593168
BX	0.113612	0.113345	0.007349	0.113793	5.00946E-06	0.006067088

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.5 ผลการคำนวณจากการวัดค่าพิสัยบนใบหน้า 50 ครั้ง ใน 60 วินาที
ของผู้ทดลอง 2 ที่ระยะ 2 เมตร

จุดที่	ค่าเฉลี่ย	มัธยฐาน	ค่าพิสัย	ค่ากลาง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ส่วนเบี่ยงเบนของค่ากลาง
M	0.022797	0.022824	0.002228	0.02245	2.96013E-07	0.000227762
AT	0.022797	0.022824	0.002228	0.02245	2.96015E-07	0.000227762
C	0.04889	0.048949	0.004778	0.048147	1.36147E-06	0.001047561
AJ	0.04889	0.048949	0.004778	0.048147	1.36153E-06	0.001047558
N	0.050538	0.050598	0.004939	0.04977	1.45479E-06	0.001119358
AU	0.050538	0.050598	0.004939	0.04977	1.4548E-06	0.001119357
D	0.074937	0.075142	0.007562	0.073946	2.76571E-06	0.00246342
AK	0.074937	0.075142	0.007562	0.073946	2.76571E-06	0.00246342
DB	0.103751	0.104289	0.010528	0.102632	5.48622E-06	0.004744105
O	0.069804	0.069888	0.006822	0.068744	2.77548E-06	0.002135523
DD	0.105197	0.105738	0.010672	0.10406	5.63736E-06	0.004877136
BF	0.107887	0.108479	0.010951	0.106736	5.92777E-06	0.005130903
DA	0.103197	0.103471	0.010357	0.101958	5.33795E-06	0.004686729
BB	0.104085	0.104453	0.010504	0.102884	5.50622E-06	0.004769801
AL	0.098687	0.098947	0.00985	0.097323	4.83406E-06	0.004271638
BW	0.1043	0.104687	0.011378	0.102752	5.98233E-06	0.004714524
DC	0.104642	0.104917	0.010501	0.103384	5.48761E-06	0.004818776
Y	0.107322	0.107646	0.010778	0.106049	5.7628E-06	0.005070103
DF	0.110976	0.111501	0.011234	0.109755	6.25725E-06	0.005426657
DH	0.111485	0.112024	0.011292	0.110263	6.3168E-06	0.005476711
DM	0.094721	0.094793	0.009312	0.093332	4.54944E-06	0.003934321
DQ	0.094721	0.094793	0.009312	0.093332	4.54943E-06	0.003934321
BD	0.106132	0.106481	0.01182	0.104439	6.34182E-06	0.004858082
U	0.103548	0.103845	0.010338	0.10223	5.40033E-06	0.004713802
BS	0.10688	0.107233	0.011578	0.105275	6.25885E-06	0.004952709
AM	0.103523	0.103782	0.010321	0.102087	5.32533E-06	0.004700554
BU	0.103749	0.103972	0.011207	0.10208	5.8677E-06	0.00465752
DE	0.110415	0.110672	0.011061	0.109071	6.10755E-06	0.00536444
DG	0.110921	0.111191	0.011119	0.109576	6.16277E-06	0.005413901
BX	0.112387	0.112785	0.011335	0.111089	6.40535E-06	0.005561199

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.6 ผลการคำนวณจากการวัดค่าพิสัยบนใบหน้า 50 ครั้ง ใน 60 วินาที
ของผู้ทดลอง 2 ที่ระยะ 2.5 เมตร

จุดที่	ค่าเฉลี่ย	มัธยฐาน	ค่าพิสัย	ค่ากลาง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ส่วนเบี่ยงเบนของค่ากลาง
M	0.022833	0.022827	0.001982	0.023096	1.57038E-07	0.000244709
AT	0.022833	0.022827	0.001982	0.023096	1.57042E-07	0.000244709
C	0.048967	0.048956	0.00425	0.049532	7.22288E-07	0.001125509
AJ	0.048967	0.048956	0.00425	0.049532	7.22257E-07	0.001125507
N	0.050618	0.050606	0.004394	0.051201	7.71782E-07	0.001202646
AU	0.050618	0.050606	0.004394	0.051201	7.71776E-07	0.001202645
D	0.07503	0.074957	0.00365	0.075552	5.86836E-07	0.002719298
AK	0.07503	0.074957	0.00365	0.075552	5.86836E-07	0.002719298
DB	0.103744	0.103678	0.00497	0.104487	1.10739E-06	0.005204884
O	0.069915	0.069899	0.006069	0.070721	1.4724E-06	0.002294421
DD	0.105186	0.105112	0.00504	0.105932	1.1357E-06	0.005349691
BF	0.107853	0.107808	0.005151	0.108636	1.19867E-06	0.005627285
DA	0.103014	0.103043	0.004987	0.103522	1.08397E-06	0.005105625
BB	0.10415	0.104007	0.005064	0.104802	1.10668E-06	0.005232214
AL	0.098811	0.098794	0.004907	0.099333	1.03218E-06	0.004694999
BW	0.104215	0.104205	0.005541	0.104938	1.25295E-06	0.005222151
DC	0.104453	0.104496	0.005058	0.104964	1.11636E-06	0.005248752
Y	0.107109	0.107101	0.005168	0.107653	1.16371E-06	0.005522232
DF	0.11096	0.110829	0.005337	0.111706	1.25354E-06	0.00594755
DH	0.111461	0.111342	0.005354	0.112217	1.26531E-06	0.006002505
DM	0.094851	0.094887	0.005329	0.095368	1.1239E-06	0.004299514
DQ	0.094851	0.094887	0.005329	0.095368	1.1239E-06	0.004299508
BD	0.106027	0.10609	0.00583	0.106706	1.38459E-06	0.005389426
U	0.103442	0.10348	0.005115	0.103882	1.14956E-06	0.005135574
BS	0.106809	0.106816	0.0057	0.107476	1.33049E-06	0.005476359
AM	0.103654	0.10368	0.005159	0.104183	1.14367E-06	0.00516401
BU	0.103488	0.103652	0.005558	0.103977	1.32252E-06	0.005123056
DE	0.11022	0.110264	0.005355	0.110728	1.25965E-06	0.005839951
DG	0.110718	0.110762	0.005371	0.111234	1.26691E-06	0.005893908
BX	0.112435	0.11229	0.005463	0.11313	1.28811E-06	0.006096965

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 ผลการทดสอบความแม่นยำ 40 จุด จาก 1347 จุด (Kinect for Xbox One)

ตารางที่ 4.7 ผลการคำนวณจากการวัดค่าพิสัยบนใบหน้า 50 ครั้ง ใน 60 วินาที
ของผู้ทดลอง 1 ที่ระยะ 1.5 เมตร

จุดที่	ค่าเฉลี่ย	มัธยฐาน	ค่าพิสัย	ค่ากลาง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ส่วนเบี่ยงเบนของค่ากลาง
KJ	0.006544	0.006544	6.67E-06	0.013088	2.04127E-12	2.13889E-05
ADX	0.00653	0.006528	4.16E-05	0.013062	6.61378E-11	2.11907E-05
S	0.004229	0.004233	0.000215	0.008394	9.97405E-10	8.36374E-06
AB	0.005146	0.005146	8.18E-05	0.01028	1.74132E-10	1.30016E-05
EU	0.012856	0.012858	0.000112	0.025646	3.39505E-10	8.14974E-05
FS	0.011061	0.011062	0.000142	0.022137	8.58918E-10	6.04757E-05
GL	0.003923	0.003925	0.000118	0.007796	3.54026E-10	7.36788E-06
GM	0.005644	0.005647	0.000227	0.011185	9.53286E-10	1.50117E-05
KA	0.016054	0.016062	0.000105	0.032072	4.38457E-10	0.000127744
KI	0.00945	0.00945	0.000172	0.018852	8.81874E-10	4.36191E-05
CAN	0.012825	0.012824	0.000118	0.025628	4.39805E-10	8.13451E-05
ADW	0.011058	0.01106	0.000162	0.022146	8.16412E-10	6.04104E-05
AEM	0.003902	0.003903	0.000153	0.007759	7.53275E-10	7.23089E-06
AER	0.005629	0.00563	0.000201	0.011187	7.25946E-10	1.50875E-05
AJK	0.016061	0.016062	0.00017	0.032164	5.20435E-10	0.000127954
AKB	0.017901	0.017906	0.000138	0.035793	6.8725E-10	0.000158907
ARU	0.020676	0.020677	0.000118	0.041376	3.37127E-10	0.000212777
O	0.010436	0.010437	0.000222	0.020917	1.69062E-09	5.35431E-05
W	0.007905	0.0079	0.000443	0.015718	3.42408E-09	2.91734E-05
AA	0.014902	0.014908	0.000376	0.029842	5.03738E-09	0.000108542
AE	0.116973	0.116978	0.000764	0.23419	9.24771E-09	0.006811011
CI	0.036214	0.036214	0.00075	0.072502	9.8809E-09	0.000643598
DE	0.022429	0.022437	0.000345	0.044832	5.02776E-09	0.000247389
DF	0.024978	0.024992	0.000437	0.049842	5.14275E-09	0.00030511
DL	0.088627	0.088626	0.000679	0.177572	7.95259E-09	0.003911438
DM	0.083174	0.083172	0.000635	0.16659	7.03711E-09	0.003442668
DX	0.103544	0.103554	0.000606	0.207336	6.47253E-09	0.005342179
DY	0.120091	0.120111	0.000633	0.240399	9.14914E-09	0.00718602
DZ	0.122428	0.12244	0.000733	0.245075	9.15179E-09	0.007462979
EA	0.106003	0.106008	0.000632	0.212249	6.7354E-09	0.005597755
ET	0.015357	0.015361	0.000361	0.030577	3.44653E-09	0.00011413
EV	0.021828	0.021834	0.000487	0.043696	8.81077E-09	0.000233395
FO	0.012457	0.012453	0.000361	0.024906	4.26197E-09	7.53188E-05
FP	0.008011	0.008007	0.000225	0.015982	1.77649E-09	3.10377E-05
FQ	0.008483	0.008479	0.000269	0.016938	2.02812E-09	3.47371E-05
FR	0.012242	0.012232	0.000408	0.024552	5.58804E-09	7.28866E-05
FZ	0.011921	0.011903	0.000527	0.023948	8.11144E-09	6.8598E-05
GA	0.010103	0.010097	0.000606	0.020084	6.63602E-09	4.74407E-05
GZ	0.008546	0.008544	0.00051	0.016948	4.22952E-09	3.37836E-05
IO	0.119171	0.119177	0.000772	0.238583	9.50147E-09	0.007069323

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.8 ผลการคำนวณจากการวัดค่าพิสัยบนใบหน้า 50 ครั้ง ใน 60 วินาที
ของผู้ทดลอง 1 ที่ระยะ 2 เมตร

จุดที่	ค่าเฉลี่ย	มัธยฐาน	ค่าพิสัย	ค่ากลาง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ส่วนเบี่ยงเบนของค่ากลาง
KJ	0.006545	0.006545	4.62E-06	0.01309	9.66169E-13	2.14043E-05
ADX	0.006511	0.006511	1.84E-05	0.013025	1.13819E-11	2.11448E-05
S	0.004335	0.004334	4.56E-05	0.008676	1.80063E-10	9.31045E-06
AB	0.005149	0.005149	2.97E-05	0.010293	4.72864E-11	1.31666E-05
EU	0.012844	0.012845	2.7E-05	0.025688	3.88894E-11	8.23088E-05
FS	0.011093	0.011093	4.34E-05	0.022177	1.04723E-10	6.12392E-05
GL	0.003926	0.003926	3.84E-05	0.007855	6.76135E-11	7.63719E-06
GM	0.005738	0.005738	5.73E-05	0.011481	2.49858E-10	1.63117E-05
KA	0.016065	0.016063	4E-05	0.032132	6.00726E-11	0.000128734
KI	0.00942	0.009418	5.3E-05	0.018844	1.31679E-10	4.41394E-05
CAN	0.012775	0.012773	3.98E-05	0.025547	5.86587E-11	8.13293E-05
ADW	0.011085	0.011085	4.13E-05	0.022167	9.49368E-11	6.11953E-05
AEM	0.003873	0.003873	4.42E-05	0.007751	9.65463E-11	7.42544E-06
AER	0.005696	0.005696	6.07E-05	0.011402	2.46636E-10	1.60792E-05
AJK	0.016071	0.016072	4.59E-05	0.032138	7.80417E-11	0.00012874
AKB	0.01785	0.017847	9.06E-05	0.035706	3.06251E-10	0.000158556
ARU	0.020663	0.020661	7.59E-05	0.041316	2.42875E-10	0.000212597
O	0.010478	0.010479	5.87E-05	0.020946	2.01197E-10	5.45348E-05
W	0.008019	0.008019	9.76E-05	0.016032	6.28217E-10	3.17387E-05
AA	0.014978	0.014979	0.000106	0.029936	6.0257E-10	0.000111235
AE	0.116816	0.116818	0.000146	0.233637	1.20576E-09	0.006814758
CI	0.035968	0.035962	0.000164	0.071953	1.23447E-09	0.000644205
DE	0.022514	0.022515	0.000114	0.045009	6.44663E-10	0.00025194
DF	0.02494	0.024938	0.000132	0.049886	1.00167E-09	0.000309438
DL	0.088528	0.08853	0.000122	0.17705	8.62674E-10	0.003912967
DM	0.083083	0.083088	0.000127	0.166157	8.24856E-10	0.003445736
DX	0.103475	0.103477	0.000111	0.206951	8.15968E-10	0.005347813
DY	0.120014	0.12002	0.00014	0.240033	1.09926E-09	0.007193574
DZ	0.122345	0.122349	0.000143	0.244699	1.13778E-09	0.007475963
EA	0.105913	0.105917	0.000123	0.211825	8.49821E-10	0.005602217
ET	0.015285	0.015284	0.000109	0.030584	4.92933E-10	0.000116087
EV	0.021926	0.021929	0.000143	0.043823	1.09294E-09	0.000238497
FO	0.012437	0.01244	0.000155	0.024883	9.68473E-10	7.64396E-05
FP	0.007995	0.007993	9.08E-05	0.016	3.59763E-10	3.16373E-05
FQ	0.008535	0.008534	0.000101	0.017074	5.37077E-10	3.60136E-05
FR	0.012257	0.012258	0.000159	0.024519	1.31211E-09	7.41742E-05
FZ	0.011991	0.011995	0.000182	0.023973	2.14127E-09	7.07561E-05
GA	0.010214	0.010217	0.000141	0.020428	1.30066E-09	5.14425E-05
GZ	0.008663	0.008664	0.000106	0.017324	7.55793E-10	3.70563E-05
IO	0.119021	0.119023	0.000149	0.238047	1.22495E-09	0.007074413

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.9 ผลการคำนวณจากการวัดค่าพิกัดบนใบหน้า 50 ครั้ง ใน 60 วินาที
ของผู้ทดลอง 1 ที่ระยะ 2.5

เมตร

จุดที่	ค่าเฉลี่ย	มัธยฐาน	ค่าพิสัย	ค่ากลาง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ส่วนเบี่ยงเบนของค่ากลาง
KJ	0.006545	0.006545	6.74E-06	0.013091	2.09606E-12	2.13996E-05
ADX	0.00652	0.00652	1.79E-05	0.013045	1.21091E-11	2.12145E-05
S	0.004302	0.004303	7.22E-05	0.008577	1.50298E-10	9.04124E-06
AB	0.005156	0.005158	3.33E-05	0.01031	6.55467E-11	1.32001E-05
EU	0.012839	0.01284	3.74E-05	0.025682	9.23334E-11	8.2204E-05
FS	0.011078	0.011079	8.08E-05	0.022149	2.28006E-10	6.08788E-05
GL	0.003923	0.003924	5.19E-05	0.007845	1.42519E-10	7.5917E-06
GM	0.005699	0.005701	6.14E-05	0.011396	2.58621E-10	1.60588E-05
KA	0.016047	0.016046	3.97E-05	0.032096	1.11633E-10	0.000128454
KI	0.009431	0.009433	8.52E-05	0.018877	3.13002E-10	4.4142E-05
CAN	0.012787	0.012784	6.92E-05	0.025593	1.62425E-10	8.14339E-05
ADW	0.011074	0.011075	6.78E-05	0.022141	1.98884E-10	6.09033E-05
AEM	0.003878	0.003879	6.25E-05	0.007762	1.81744E-10	7.41131E-06
AER	0.005668	0.005669	6.04E-05	0.011338	1.75269E-10	1.58992E-05
AJK	0.016062	0.016061	4.21E-05	0.032128	1.15454E-10	0.00012869
AKB	0.017849	0.017844	0.000122	0.035733	5.11406E-10	0.000158521
ARU	0.020649	0.020646	8.5E-05	0.041311	2.93308E-10	0.000212451
O	0.010463	0.010464	0.000107	0.020917	4.35934E-10	5.41315E-05
W	0.007986	0.007984	0.000142	0.015951	8.43892E-10	3.12393E-05
AA	0.014944	0.014947	0.00018	0.02987	1.26826E-09	0.000110188
AE	0.116853	0.116858	0.000212	0.233726	1.96493E-09	0.006816124
CI	0.035965	0.035966	0.000185	0.071934	1.90575E-09	0.000643493
DE	0.022473	0.022479	0.000182	0.044931	1.27716E-09	0.000250305
DF	0.024901	0.024893	0.000198	0.049802	2.34882E-09	0.000307581
DL	0.088549	0.088551	0.000168	0.177086	1.49824E-09	0.003912507
DM	0.083108	0.08311	0.000184	0.166209	1.63285E-09	0.003445545
DX	0.103483	0.103488	0.000165	0.206959	1.4631E-09	0.005345502
DY	0.120013	0.120012	0.000164	0.240013	1.78691E-09	0.007190909
DZ	0.12236	0.122366	0.000194	0.244714	2.06687E-09	0.007473711
EA	0.105932	0.105934	0.000176	0.21185	1.54672E-09	0.005600712
ET	0.015287	0.015291	0.000158	0.03059	1.24999E-09	0.00011576
EV	0.02188	0.021885	0.00025	0.043737	2.30682E-09	0.000236393
FO	0.012442	0.012447	0.000205	0.024908	2.10059E-09	7.62822E-05
FP	0.00801	0.008012	0.000133	0.01604	8.04849E-10	3.16282E-05
FQ	0.008518	0.008517	0.00014	0.017046	9.71865E-10	3.57254E-05
FR	0.01224	0.012239	0.000227	0.024492	2.57903E-09	7.36048E-05
FZ	0.011932	0.011931	0.000241	0.023873	3.46734E-09	6.98113E-05
GA	0.010167	0.010169	0.000193	0.020341	2.02811E-09	5.07409E-05
GZ	0.00862	0.008618	0.00014	0.017233	1.04898E-09	3.65223E-05
IO	0.119054	0.11906	0.000215	0.238125	2.05007E-09	0.007075156

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.10 ผลการคำนวณจากการวัดค่าพิสัยบนใบหน้า 50 ครั้ง ใน 60 วินาที
ของผู้ทดลอง 2 ที่ระยะ 1.5

เมตร

จุดที่	ค่าเฉลี่ย	มัธยฐาน	ค่าพิสัย	ค่ากลาง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ส่วนเบี่ยงเบนของค่ากลาง
KJ	0.006546	0.006546	6.58E-06	0.013091	2.06802E-12	2.14014E-05
ADX	0.006525	0.006524	2.71E-05	0.013058	2.77823E-11	2.12255E-05
O	0.010435	0.010432	0.000141	0.020891	8.73858E-10	5.38199E-05
S	0.004196	0.004196	7.58E-05	0.00838	3.05998E-10	8.62086E-06
AB	0.005123	0.005121	5.56E-05	0.010248	1.54544E-10	1.29848E-05
EU	0.012862	0.012861	5.9E-05	0.025738	1.29919E-10	8.24272E-05
FS	0.011071	0.01107	9.67E-05	0.022157	4.46823E-10	6.08339E-05
GL	0.003917	0.003917	6.03E-05	0.007837	1.45108E-10	7.55909E-06
GM	0.005613	0.005611	8.9E-05	0.011225	4.59201E-10	1.55011E-05
JZ	0.017928	0.017926	0.000121	0.035874	6.72593E-10	0.000159787
KA	0.016067	0.016069	6.6E-05	0.032124	1.8516E-10	0.000128464
KI	0.00945	0.009451	0.000101	0.018899	4.64294E-10	4.41714E-05
AAL	0.023505	0.023509	0.000132	0.046986	8.95924E-10	0.000274417
CAN	0.012843	0.012841	8.87E-05	0.025699	3.00463E-10	8.1986E-05
ADW	0.011056	0.011055	9.33E-05	0.02213	4.48599E-10	6.07022E-05
AEM	0.003922	0.003925	0.000102	0.007834	4.201E-10	7.47334E-06
AER	0.005624	0.005624	0.000105	0.011255	5.61402E-10	1.55415E-05
AJK	0.016077	0.016077	5.54E-05	0.032146	1.99974E-10	0.000128726
ARU	0.02072	0.020722	0.00011	0.041439	4.76556E-10	0.000213521
ASA	0.020709	0.02071	0.000112	0.041399	4.77282E-10	0.000213084
M	0.038519	0.038498	0.000349	0.077061	8.05799E-09	0.000735616
N	0.021695	0.021696	0.000363	0.043431	6.35931E-09	0.000231865
W	0.007831	0.007831	0.00018	0.015663	2.61007E-09	2.99708E-05
AA	0.014915	0.014915	0.000239	0.029864	2.79797E-09	0.00010971
AE	0.117069	0.117057	0.000269	0.234168	5.64235E-09	0.006838597
AK	0.032808	0.032809	0.000373	0.065667	8.4632E-09	0.000532926
AL	0.128284	0.128273	0.000277	0.256546	3.96483E-09	0.008209271
AM	0.125106	0.125091	0.00041	0.250288	6.1969E-09	0.007804857
BN	0.100346	0.100341	0.000245	0.200755	2.6928E-09	0.005025525
BW	0.046445	0.046448	0.000352	0.092936	5.10624E-09	0.001071477
CI	0.036256	0.036249	0.000282	0.072646	2.65545E-09	0.000654585
CL	0.070905	0.070915	0.000363	0.141819	6.66859E-09	0.002501244
CR	0.043602	0.043589	0.000339	0.087203	5.94579E-09	0.000943173
CS	0.03923	0.03922	0.000294	0.0785	3.24496E-09	0.000764523
CT	0.049113	0.049125	0.000508	0.098098	9.59303E-09	0.001190496
CY	0.067941	0.06796	0.000444	0.135725	7.7057E-09	0.002287612
DE	0.02246	0.022464	0.000256	0.044936	3.05037E-09	0.000249545
DF	0.025007	0.025007	0.000205	0.050021	1.72192E-09	0.000310211
DG	0.043799	0.043801	0.000451	0.087603	9.24036E-09	0.000949458
DH	0.038851	0.038857	0.000444	0.077674	7.78025E-09	0.000745573

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.11 ผลการคำนวณจากการวัดค่าพิทักบนใบหน้า 50 ครั้ง ใน 60 วินาที
ของผู้ทดลอง 2 ที่ระยะ 2 เมตร

จุดที่	ค่าเฉลี่ย	มัธยฐาน	ค่าพิสัย	ค่ากลาง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ส่วนเบี่ยงเบนของค่ากลาง
KJ	0.006544	0.006542	1.45E-05	0.013091	1.4953E-11	2.1373E-05
ADX	0.006487	0.006486	2.17E-05	0.012981	2.53531E-11	2.09929E-05
O	0.010474	0.010473	0.000146	0.020938	1.42562E-09	5.4039E-05
S	0.004376	0.00438	8.35E-05	0.008727	4.61682E-10	9.33887E-06
AB	0.005099	0.005086	8.37E-05	0.010236	4.90237E-10	1.28849E-05
EU	0.012852	0.012827	0.000161	0.025774	2.37632E-09	8.20055E-05
FS	0.011122	0.011119	8.17E-05	0.022244	4.61535E-10	6.13989E-05
GL	0.003932	0.003913	0.000147	0.00791	1.89022E-09	7.53583E-06
GM	0.005774	0.005755	0.000227	0.011606	4.35483E-09	1.61886E-05
JZ	0.017975	0.017917	0.000375	0.036108	1.30223E-08	0.000159632
KA	0.01611	0.016106	0.000139	0.032236	1.71678E-09	0.000128778
KI	0.009376	0.009352	0.000205	0.018818	3.10901E-09	4.33127E-05
AAL	0.023793	0.023706	0.000497	0.047596	2.48694E-08	0.00027731
CAN	0.012845	0.012807	0.000195	0.025701	5.05226E-09	8.13239E-05
ADW	0.011085	0.011093	0.000103	0.022151	7.66311E-10	6.07626E-05
AEM	0.00392	0.0039	0.000162	0.007861	2.87183E-09	7.41192E-06
AER	0.005813	0.005797	0.000206	0.011639	3.49108E-09	1.63438E-05
AJK	0.016192	0.016158	0.000217	0.032372	4.64252E-09	0.000129248
ARU	0.020962	0.020865	0.000514	0.041934	3.09041E-08	0.000214483
ASA	0.02084	0.020787	0.000336	0.041812	1.09546E-08	0.000215052
M	0.037892	0.037886	0.000298	0.075788	4.37853E-09	0.000712364
N	0.021841	0.02185	0.000305	0.043626	6.50304E-09	0.000234585
W	0.008049	0.008046	0.000149	0.016121	7.7415E-10	3.18898E-05
AA	0.015008	0.015012	0.00021	0.029977	3.12613E-09	0.000110766
AE	0.116779	0.116787	0.000225	0.233517	1.58128E-09	0.006803172
AK	0.032729	0.032728	0.000282	0.065369	3.66375E-09	0.000529534
AL	0.128183	0.128181	0.000167	0.256345	2.03865E-09	0.008203441
AM	0.124814	0.124803	0.000815	0.249785	4.53515E-08	0.007748288
BN	0.100173	0.100193	0.000247	0.200308	4.08078E-09	0.005003046
BW	0.045752	0.045761	0.000346	0.091523	8.28256E-09	0.001039148
CI	0.036067	0.03602	0.000635	0.072258	2.8231E-08	0.000641269
CL	0.070248	0.070229	0.000379	0.140573	6.84795E-09	0.002456833
CR	0.043235	0.04323	0.000276	0.086441	4.35951E-09	0.000928061
CS	0.038933	0.0389	0.00038	0.077918	1.07115E-08	0.000751521
CT	0.048184	0.048196	0.000349	0.096411	6.13724E-09	0.001153503
CY	0.067068	0.067044	0.000328	0.134197	5.65175E-09	0.002240114
DE	0.022624	0.022634	0.000201	0.045247	2.76734E-09	0.000253639
DF	0.025127	0.02501	0.000708	0.050541	4.71484E-08	0.000310494
DG	0.043612	0.043631	0.000334	0.087234	7.71605E-09	0.000943942
DH	0.038814	0.038808	0.000436	0.077678	1.46901E-08	0.000745804

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.12 ผลการคำนวณจากการวัดค่าพิสัยบนใบหน้า 50 ครั้ง ใน 60 วินาที
ของผู้ทดลอง 2 ที่ระยะ 2.5 เมตร

จุดที่	ค่าเฉลี่ย	มัธยฐาน	ค่าพิสัย	ค่ากลาง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ส่วนเบี่ยงเบนของค่ากลาง
KJ	0.006544	0.006545	1.63E-05	0.013085	1.68944E-11	2.13475E-05
ADX	0.006507	0.006502	6.33E-05	0.013031	1.71596E-10	2.10214E-05
O	0.010389	0.010392	0.0003	0.020758	4.09737E-09	5.23189E-05
S	0.004344	0.004366	0.000249	0.008618	4.06545E-09	8.75767E-06
AB	0.005112	0.005117	0.000109	0.010231	8.33036E-10	1.2807E-05
EU	0.012853	0.012844	0.00015	0.02573	8.81792E-10	8.17967E-05
FS	0.011063	0.011074	0.00019	0.022093	1.58144E-09	5.9968E-05
GL	0.003941	0.003938	0.000128	0.007881	7.79442E-10	7.51464E-06
GM	0.005749	0.005762	0.000302	0.011496	4.8782E-09	1.56701E-05
JZ	0.017973	0.01794	0.000398	0.036011	7.98896E-09	0.000158546
KA	0.016056	0.016059	0.000174	0.032132	1.29436E-09	0.000127662
KI	0.009433	0.009424	0.000217	0.018857	1.93638E-09	4.34338E-05
AAL	0.023718	0.023708	0.000476	0.047419	1.50775E-08	0.000275481
CAN	0.012879	0.012862	0.000271	0.025832	4.74348E-09	8.16753E-05
ADW	0.01102	0.011022	0.000184	0.022041	1.50545E-09	5.9717E-05
AEM	0.003973	0.003969	0.000225	0.007972	3.0855E-09	7.50552E-06
AER	0.005813	0.005831	0.00026	0.011564	3.8606E-09	1.59743E-05
AJK	0.016152	0.016151	0.000178	0.032308	1.89357E-09	0.000129047
ARU	0.020951	0.020941	0.000597	0.041907	2.02644E-08	0.000213332
ASA	0.020786	0.020752	0.000433	0.041726	1.07625E-08	0.000213156
M	0.037902	0.037817	0.000803	0.075987	4.87409E-08	0.000706646
N	0.021594	0.021614	0.000714	0.043143	2.07435E-08	0.000225058
W	0.008111	0.008146	0.000312	0.016161	9.4426E-09	3.14012E-05
AA	0.014845	0.01486	0.000486	0.02966	9.80156E-09	0.000106403
AE	0.116688	0.116644	0.000391	0.23348	1.39889E-08	0.006791343
AK	0.032519	0.032475	0.000478	0.065217	1.34066E-08	0.000523929
AL	0.127954	0.12793	0.000501	0.25603	1.6301E-08	0.00816189
AM	0.12473	0.124727	0.000576	0.249481	2.43533E-08	0.007744276
BN	0.100142	0.100125	0.000425	0.20035	9.248E-09	0.004996259
BW	0.04609	0.046036	0.000712	0.092257	2.89293E-08	0.001047601
CI	0.036146	0.036062	0.000807	0.072506	5.16758E-08	0.000642682
CL	0.070708	0.070645	0.00077	0.141481	3.38298E-08	0.002475017
CR	0.043249	0.043271	0.000438	0.086497	1.37334E-08	0.000925771
CS	0.038975	0.038933	0.000629	0.078041	2.4943E-08	0.000749114
CT	0.048554	0.048568	0.000606	0.097126	2.2118E-08	0.001164531
CY	0.067518	0.067535	0.000643	0.135006	2.27498E-08	0.002256699
DE	0.022473	0.022493	0.000443	0.044859	9.79765E-09	0.00024661
DF	0.025075	0.024995	0.000737	0.050389	3.19137E-08	0.000308233
DG	0.04349	0.043505	0.000516	0.087019	1.59728E-08	0.000935369
DH	0.038687	0.038702	0.000753	0.077408	2.71582E-08	0.000734534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากผลการทดลอง พบว่า ค่าที่ได้จากการเก็บค่าด้วยกล้อง Kinect for Xbox 360 มีความแม่นยำในระดับ คลาดเคลื่อนไม่เกินทศนิยมตำแหน่งที่ 6 หรือ $1/(10^{-6})$ m ส่วน ค่าที่ได้จากการเก็บค่าด้วยกล้อง Kinect for Xbox One มีความแม่นยำในระดับ มีความคลาดเคลื่อนไม่เกินทศนิยมตำแหน่งที่ 7 หรือ $1/(10^{-7})$ m

โดย ระยะที่กล้อง Kinect วัดออกมา จะอยู่ในหน่วย “เมตร”

ดังนั้น จึงเลือกที่จะใช้กล้อง Kinect for Xbox One ในการพัฒนาเป็นโปรแกรมตรวจจับใบหน้า เนื่องจากมีความแม่นยำมากกว่า ความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า และมีจุดให้เลือกนำมาใช้งานได้เยอะกว่า รวมถึงอัตราการรับส่งข้อมูล ของพิกัดบนใบหน้า รวดเร็วและต่อเนื่องมากกว่า Kinect for Xbox 360

4.3 ผลการทดสอบความแม่นยำ จากจุดทั้งหมด 470 จุด จาก Kinect for XboxOne

คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ครั้งที่ 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ครั้งที่ 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ครั้งที่ 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ครั้งที่ 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ครั้งที่ 5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ครั้งที่ 6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ครั้งที่ 7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ครั้งที่ 8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ครั้งที่ 9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ครั้งที่ 10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ครั้งที่ 11	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ครั้งที่ 12	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ครั้งที่ 13	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ครั้งที่14	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
ครั้งที่15	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ครั้งที่ 6	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ครั้งที่17	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
ครั้งที่18	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓
ครั้งที่19	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
ครั้งที่20	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓
ครั้งที่21	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ครั้งที่22	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
ครั้งที่23	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✗
ครั้งที่24	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓
ครั้งที่25	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ครั้งที่26	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
ครั้งที่27	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ครั้งที่28	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ครั้งที่29	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓
ครั้งที่30	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✓

จากผลการทดลอง จากผู้ทดลอง 10 คน ทำการบันทึกข้อมูลครั้งละ 5 คน แล้วทำการตรวจสอบใบหน้าที่ตรงกับฐานข้อมูลรีโม้จำนวน 30 ครั้ง

ผลการทดลอง พบว่า ทำการตรวจสอบได้ทั้งหมด 274 ครั้ง จากทั้งหมด 300 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไปเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง $= \frac{274}{300} \times 100 = 91.33\%$ ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากผลการทดลองพบว่า Kinect for Xbox 360 นั้น Sensor มีความละเอียดที่ต่ำ รวมถึงมีจุดที่จะใช้เก็บค่าให้เลือกน้อย และมีการเก็บค่าใบหน้าที่ไม่ต่อเนื่องเท่ากับ Kinect for Xbox One ดังนั้น ถ้าหากเลือกใช้ ควรเลือกที่จะใช้ Kinect for Xbox One มากกว่าที่จะเลือกใช้ Kinect for Xbox360

สำหรับ Kinect for Xbox One นั้น มีทั้งจุดที่ให้ความแม่นยำสูง และจุดที่มีความแม่นยำต่ำ แต่มีจุดบนใบหน้าให้เลือกใช้ถึง 1347 จุด ดังนั้นจึงมีความยืดหยุ่นในการพัฒนาโปรแกรมที่มากกว่า และในส่วนของความละเอียด จากผลการทดลอง พบว่า ค่าที่ได้จากการเก็บค่าด้วยกล้อง Kinect for Xbox360 มีความแม่นยำในระดับ คลาดเคลื่อนไม่เกินทศนิยมตำแหน่งที่ 6 ส่วน ค่าที่ได้จากการเก็บค่าด้วยกล้อง Kinect for Xbox One มีความแม่นยำในระดับ มีความคลาดเคลื่อนไม่เกินทศนิยมตำแหน่งที่ 7

จากผลการทดลองของโปรแกรมที่นำผลลัพธ์ข้างต้นมาคัดเลือกจุดที่ใช้ในการตรวจสอบ พบว่า โปรแกรมมีความถูกต้อง = 91.33%

5.2 ปัญหาที่พบ

5.2.1 อาจจะมีตัวแปรอื่น ๆ ที่ทำให้การตรวจจับพิกัดบนใบหน้าคลาดเคลื่อน

5.2.2 ประสิทธิภาพของ Sensor และ Hardware ที่ทำให้บันทึกพิกัดคลาดเคลื่อน

5.2.3 ความผิดพลาด หรือ การรบกวนจากภายนอก เช่น มีสิ่งมากระหว่าง Kinect และ ใบหน้าผู้ทดลอง หรือ มีผู้ทดลองในระยะของกล้องมากกว่า 1 คน จึงจับใบหน้าไม่ถูกต้อง

5.2.4 การบันทึกระยะพิกัดบนใบหน้าในครั้งแรก มีการบันทึกคลาดเคลื่อน

5.2.5 การเลือกจุดบนใบหน้าไม่ครอบคลุม ทำให้อาจมีความคลาดเคลื่อนที่บางจุดของใบหน้า ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

5.2.6 การอ้าปาก หุบปาก หรือการแสดงท่าทางผ่านทางใบหน้า อาจจะทำให้พิกัด และระยะห่างของจุดต่างๆคลาดเคลื่อน ทำให้การตรวจจับผิดพลาด

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 อาจจะทำการศึกษาทดลอง โดยเพิ่มความแม่นยำด้วยการเขียนโปรแกรมชดเชยความคลาดเคลื่อน หรือ หาสมการในการคำนวณที่ซับซ้อนมากขึ้น เพื่อให้ความผิดพลาดมีผลกระทบน้อยลง

5.3.2 ทำการควบคุม และทดลอง เพื่อหาค่าว่าตัวแปรใด ๆ มีผลต่อโปรแกรมมากน้อยเพียงใด เพื่อป้องกัน และ ชดเชยความแม่นยำจากกล้อง

5.3.3 ทำการพัฒนาโปรแกรมเพิ่ม เพื่อลดข้อด้อยลง เช่นการเลือกจับใบหน้าไม่ได้ หรือ การอ้าปากหุบปากไม่มีผล (เปลี่ยนจุดบนใบหน้าที่ทำกรวัด)

5.3.4 ทดลองเขียนโปรแกรมกับกล้องชนิดอื่นที่มีสมรรถนะดีกว่า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

- 1 Microsoft. “คุณสมบัติของกล้อง Kinect.” [Online]. Available :
http://mcu56.learninginventions.org/?page_id=244.2257.
- 2 C-Motion. “เครื่อง Visual 3D™ ของบริษัท C-Motion.” [Online]. Available :
<http://www.c-motion.com/products/visual3d/.2553>.
- 3 Kyananut Piroonrat and Guitared Amagedon. “Microsoft Kinect Sensor.” [Online].
Available : http://mcu56.learninginventions.org/?page_id=244.2556.
- 4 angisser.wordpress. “หลักการงานและการประยุกต์ใช้งานของไคเนค(Kinect)”
[Online]. Available : <https://langisser.wordpress.com/2011/03/07/หลักการงานและการประย/>
- 5 kinectasia.wordpress.co. “Kinect” [Online]. Available :
<https://kinectasia.wordpress.com/2012/04/04/kinect/>
- 6 <https://embed57.learninginventions.org/บทความระบบควบคุมและเซิ/kinect-2-0/>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.