

การประยุกต์ใช้ LEAP MOTION CONTROLLER สำหรับแปล AMERICAN
SIGN LANGUAGE

INTERPRETATION OF AMERICAN SIGN LANGUAGE USING LEAP MOTION
CONTROLLER



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-EN-M-045-059

การประยุกต์ใช้ LEAP MOTION CONTROLLER สำหรับแปล AMERICAN
SIGN LANGUAGE

INTERPRETATION OF AMERICAN SIGN LANGUAGE USING LEAP MOTION
CONTROLLER



พลวัต ช่อผุก
PONLAWAT CHOPHUK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

KMITL-2016-EN-M-045-059

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INTERPRETATION OF AMERICAN SIGN LANGUAGE USING LEAP MOTION
CONTROLLER



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN BIOMEDECAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016
KMITL-2016-EN-M-045-059

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2016

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้ Leap Motion Controller สำหรับแปล American Sign Language
Thesis Title Interpretation of American Sign Language Using Leap Motion Controller
นักศึกษา นายพลวัต ช่อผูก
รหัสประจำตัว 57601199
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมชีวการแพทย์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.สุพันธ์ ตั้งจิตกุศลมั่น
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ (ร่วม) ผศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2016-EN-M-045-059

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.สุพันธ์	เอื้อไพบูลย์
ดร.สุรเดช	ตรีไตรลักษณะ
ผศ.ดร.อาทร	สรรพานิช
ผศ.ดร.ภัทรพงษ์	ผาสุขกิจ
ผศ.ดร.สุพันธ์	ตั้งจิตกุศลมั่น

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพุธที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2559 เวลา 13.00 -15.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 5

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
วันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2559

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้ Leap Motion Controller สำหรับแปล American Sign Language
นักศึกษา	นายพลวัต ช่อผูก
รหัสประจำตัว	57601199
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมชีวการแพทย์
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.สุพันธุ์ ตั้งจิตกุศลมั่น
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เป็นการแปลท่าทางมือในภาษามือแบบอเมริกันโดยใช้เซ็นเซอร์สามมิติ (Leap Motion Controller) เซ็นเซอร์นี้สามารถใช้ตรวจจับกระดูกนิ้วมือและรายงานผลข้อมูลการเคลื่อนที่เช่น ตำแหน่งและทิศทาง สองวิธีการที่ถูกใช้เพื่อสร้างตัวอักษรในภาษามือแบบอเมริกัน วิธีที่หนึ่ง การคำนวณมุมของการงอนิ้ว วิธีการที่สอง มุมของการงอนิ้วถูกผสมด้วยฟังก์ชันของเซ็นเซอร์สามมิติ (Leap Motion Controller) นั่นคือ ท่าทางการเคลื่อนที่ของมือเช่น ท่าทางครึ่งวงกลมและท่าทางการปิด ซึ่งจะถูกใช้สร้างตัวอักษรที่มีการเคลื่อนไหว นั่นคือตัวอักษร J และ Z ระบบถูกคำนวณบนแล็ปท็อปคอมพิวเตอร์ (Laptop computer) ใช้เวลาสำหรับการแปลประมาณ 5 วินาทีต่อตัวอักษร การทดลองถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่หนึ่งคือเปรียบเทียบค่ามุมระหว่างเครื่องวัด Goniometer กับระบบ ส่วนที่สองคือการวัดค่ามุมทั้งหมดที่ใช้สร้างตัวอักษร C ส่วนที่สามคือการทดสอบความถูกต้องของการแปลตัวอักษรภาษามือแบบอเมริกันและส่วนสุดท้ายทดสอบสะกดตัวอักษรเป็นคำและประโยคและแปลสัญลักษณ์ภาษามือที่ใช้ในชีวิตประจำวัน สำหรับการเปรียบเทียบค่ามุมระหว่างเครื่องวัด Goniometer กับระบบ ใช้ท่าทางเพื่อสร้างมุมขึ้นมา 3 มุม จากจำนวนผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ผลสรุปความแตกต่างระหว่างระบบและ Goniometer ไม่เกิน 5 องศา การทดสอบความถูกต้องของการแปลตัวอักษรภาษามือแบบอเมริกันใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน และทดสอบจำนวน 20 ครั้งต่อตัวอักษร ซึ่งมุมอ้างอิงเกิดจากการเก็บข้อมูลเฉลี่ยจำนวน 20 คน สำหรับการทดสอบจากผลสรุปมีค่าความถูกต้องเฉลี่ย 82.23 % งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบสะกดตัวอักษรเป็นคำและประโยคและแปลสัญลักษณ์ภาษามือที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งถูกทดสอบโดยผู้วิจัย การทดลองนี้สะกดตัวอักษรเป็นคำจำนวน 5 คำ มีร้อยละความถูกต้อง 100 % และเป็นประโยคจำนวน 5 ประโยค มีร้อยละความถูกต้อง 100 % และแปลท่าทางสัญลักษณ์ของภาษามือทั่วไป มีร้อยละความถูกต้อง 100 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Interpretation of American Sign Language using Leap Motion Controller
Student	Mr. Ponlawat Chophuk
Student ID.	57601199
Degree	Master of Engineering
Program	Biomedical Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Asst. Prof.Dr. Supan Tungjitkusolmun
Thesis Co-Advisor	Asst. Prof.Dr. Pattarapong Phasukkit

ABSTRACT

The objective of this thesis is to translate the hand gestures for American Sign Language using the Leap Motion Controller. This device can be used to detect the finger bones and provide motion information such as position and direction. Two patterns were used to separate the alphabet in ASL: 1) a bent finger's angle calculation using the dot product equation, 2) the bent finger's angle was mixed with inherent algorithms of Leap Motion Controller; i.e. hand movement gestures such as a semicircle gesture and swipe gesture. They are used to make the movement alphabets such as J and Z alphabet. This system is calculated by laptop. The program is set to detect a new alphabet approximately every 5 seconds. This method is natural as the user does not need to wear an intricate instrument. The experiment in this study were divided into 4 parts including: 1) comparison of the value of angles were measured by this system and the goniometer, 2) the measure of all angles were used to make C alphabet, 3) Checking accuracy of translating the hand gesture into American Sign Language and 4) spelling test the alphabet into words and sentence, translation of Sign Language Symbols sample in present. In the comparison, the values of angles were measured by this system and the goniometer using 3 angles from 20 subjects. The discrepancies experiment results between the proposed system and the Goniometer no more than five degrees. In checking accuracy of translating the hand gesture into American Sign Language 20 subjects were used and we conducted 20 trials for each alphabet. The all subject had the average accuracy of translation of approximately 82.23 %. We also conducted the spelling test of the alphabets into words and sentence. These experiments have 5 samples in words, sentences and Sign Language Symbols. The average accuracy of spelling test the alphabet into word, sentence and sign language symbols are approximately 100 %, 100 % and 100 % respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีด้วยความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. สุพันธุ์ ตั้งจิตกุศลมั่น และผศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับการทำวิจัย การทดลอง ตลอดจนการเป็นท่วงเป็นใยในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ อีกทั้งยังให้ความรู้ และประการณ์ที่ดีต่อข้าพเจ้า ผู้ทำวิจัยรู้สึกซาบซึ้งในการอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ ที่ช่วยทำการทดลอง และถ่ายภาพ และคณะกรรมการสอบทุกท่านที่กรุณาแนะนำและชี้แนะแนวทาง

ขอขอบคุณ คุณสุศวรรค์ ตรีโชติ ที่ช่วยเรียบเรียงถ้อยคำให้สละสลวยยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดมา ผู้วิจัยหวังว่าบทความวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆได้

พลวัต ช่อผูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต่ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย	2
1.6 โครงสร้างวิทยานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....	4
2.1 บุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน.....	4
2.1.1 ลักษณะของความบกพร่องทางการได้ยิน.....	5
2.1.2 สาเหตุของความบกพร่องทางการได้ยิน	5
2.1.3 ลักษณะของบุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน	6
2.1.4 วิธีสอนเฉพาะสำหรับคนที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน	6
2.2 ภาษามือ	7
2.2.1 ภาษามือแบบอเมริกัน (ASL).....	7
2.3 Leap Motion 3D Sensor.....	8
2.3.1 ส่วนประกอบภายในของ Leap Motion Controller	9
2.3.2 แกนอ้างอิงและระยะการตรวจจับ	9
2.3.3 การตรวจจับวัตถุ	10
2.3.4 การตรวจจับท่าทาง (gesture).....	11
2.4 The dot product equation	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตัด IV อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของข้อ the finger goniometer	14
2.5.1 รายละเอียดของ the finger goniometer	14
2.5.2 ความผิดพลาดของการวัดด้วย goniometer เกิดขึ้นได้เนื่องจาก.....	14
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
2.6.1 American Sign Language Interpreter	15
2.6.2 Design of an Assistive Communication Glove using Combined Sensory Channels	15
2.6.3 Arabic Sign Language Recognition using the Leap Motion Controller... 15	
2.6.4 Decision-tree-based Algorithm for 3D Sign Classification	15
2.6.5 American Sign Language Recognition Using Leap Motion Sensor	16
2.6.6 Algorithm Design for Hand Sing Language of English Characters Translation by using Geometric Invariant Feature.....	16
บทที่ 3 การออกแบบระบบ	17
3.1 การออกแบบซอฟต์แวร์.....	17
3.1.1 คุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ใช้งานในระบบ	17
3.1.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน	19
3.1.3 โพล์ชาร์ตของโปรแกรม.....	19
3.2 กระบวนการในการสร้างตัวอักษร	22
3.2.1 รูปแบบของมุมที่ใช้ในระบบ.....	23
3.2.2 ตัวแปรของค่ามุมทั้งหมดในระบบ	24
3.2.3 ลักษณะการทำท่าทางตัวอักษร ASL เพื่อเก็บค่ามุมของแต่ละตัวอักษร	26
3.3 การออกแบบการทดลอง	37
3.3.1 การทดลองที่ 1 ทดสอบความถูกต้องของระบบ.....	37
3.3.2 การทดลองที่ 2 การวัดค่ามุมที่ใช้สำหรับสร้างตัวอักษร C โดยผู้วิจัย	38
3.3.3 การทดลองที่ 3 ทดสอบความถูกต้องของการแปล 26 ตัวอักษรแบบอเมริกัน.....	39
3.3.4 การทดลองที่ 4 ทดสอบความถูกต้องของการสะกดตัวอักษรเป็นคำ เป็นประโยค และแปลท่าทางเป็นประโยคโดยผู้สร้างระบบ	39
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	42
4.1 การทดลองที่1 เปรียบเทียบค่ามุมของตัวอย่างมุมที่นำมาใช้ในระบบเพื่อสร้างตัวอักษร ASL ระหว่างเครื่องวัด Goniometer กับระบบ	42
4.1.1 เปรียบเทียบค่ามุมระหว่างหัวนิ้วโป้งและนิ้วชี้	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต่อVอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.1.2 เปรียบเทียบค่ามุมระหว่างหัวนี้วโป่งและนี้วซี่	44
4.1.3 เปรียบเทียบค่ามุมระหว่างหัวนี้วโป่งและนี้วซี่	46
4.2 การทดลองที่ 2 การวัดค่ามุมทั้งหมดที่ถูกใช้สำหรับสร้างตัวอักษร C.....	48
4.3 การทดลองที่ 3 ทดสอบความถูกต้องของการแปลตัวอักษรแบบอเมริกัน.....	50
4.4 การทดลองที่ 4 ทดสอบตัวอย่างก้ำและประโยคที่เกิดจากการสะกดคำแบบอเมริกันและ การแปลทำทางสัญลักษณ์ภาษามือทั่วไป.....	83
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	85
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	85
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	85
อ้างอิง.....	86
ภาคผนวก ก.....	89
ประวัติผู้เขียน.....	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตัดVIอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงสูตรผลคูณเชิงสเกลาร์ระหว่างเวกเตอร์สองมิติและเวกเตอร์สามมิติ	13
4.1 แสดงผลเปรียบเทียบการวัดมุมของนิ้วนางระหว่างข้อ Distal และ Intermediate ระหว่างระบบเทียบกับเครื่องวัด Finger Goniometer.....	43
4.2 แสดงผลเปรียบเทียบการวัดมุมองของนิ้วโป้งระหว่างข้อ Distal และ Intermediate ระหว่างระบบเทียบกับเครื่องวัด Finger Goniometer.....	45
4.3 แสดงผลเปรียบเทียบการวัดมุมองระหว่างนิ้วโป้งข้อ Intermediate และ นิ้วชี้ข้อ Proximal ระหว่างระบบเทียบกับเครื่องวัด Finger Goniometer	47
4.4 แสดงค่ามุมที่ถูกใช้ในระบอบทั้งหมดของการสร้างตัวอักษร C.....	49
4.5 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 1	50
4.6 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 2	52
4.7 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 3	53
4.8 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 4	55
4.9 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 5	56
4.10 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 6	58
4.11 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 7	59
4.12 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 8	61
4.13 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 9	62
4.14 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 10	64
4.15 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 11	65
4.16 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 12	67
4.17 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 13	68
4.18 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 14	70
4.19 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 15	71
4.20 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 16	73
4.21 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 17	74
4.22 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 18	76
4.23 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 19	77
4.24 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 20	79
4.25 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ที่ถูกแบ่งเป็นสามกลุ่ม เฉลี่ยจากผู้ ทดสอบจำนวน 20 คน	80
4.26 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z เฉลี่ยของผู้ทดสอบทั้งหมด.....	81
4.27 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการสะกดตัวอักษรเป็นคำ	83
4.28 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการสะกดตัวอักษรเป็นประโยค	83
4.29 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลสัญลักษณ์ภาษามือ.....	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และตัดVIอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงลักษณะความบกพร่องทางการได้ยิน.....	4
2.2 แสดงลักษณะภาษามือ.....	7
2.3 แสดงลักษณะภาษามือแบบอเมริกัน (ASL).....	7
2.4 แสดงอุปกรณ์ Leap Motion Controller.....	8
2.5 แสดงภาพ IR Camera	9
2.6 แสดงภาพ LED ของ Leap Motion Controller.....	9
2.7 แสดงแกนอ้างอิงของ Leap Motion Controller	10
2.8 แสดงระยะการตรวจจับของ Sensor ในอุปกรณ์ Leap Motion Controller	10
2.9 แสดงการตรวจจับวัตถุของ Leap Motion Controller	10
2.10 แสดงภาพทิศทางของมือโดย Leap Motion Controller.....	11
2.11 แสดงภาพการตรวจจับนิ้วมือโดย Leap Motion Controller.....	11
2.12 แสดงภาพการทำนิ้วมือเป็นท่าทางวงกลม (circle).....	12
2.13 แสดงภาพการทำนิ้วมือเป็นท่าทางการปัด (swipe)	12
2.14 แสดงภาพการทำนิ้วมือเป็นท่าทางการแตะ (tap).....	12
2.15 แสดงเวกเตอร์สามมิติ	13
2.16 แสดงภาพ The finger goniometer.....	14
3.1 แสดงภาพ SAMSUNG รุ่น R478.....	17
3.2 แสดงคุณสมบัติของ Laptop SAMSUNG รุ่น R478.....	17
3.3 แสดงหน้าต่างของโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2013	18
3.4 แสดงตัวโปรแกรม Leap Motion software.....	18
3.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ.....	19
3.6 แสดงFlow chart ของระบบ.....	20
3.7 แสดงFlow chart ฐานข้อมูลตรวจตัวอักษร	21
3.8 แสดงกายวิภาคจำลองของกระดูกมือ สำหรับ Leap Motion Controller.....	22
3.9 แสดงการ Dot product สำหรับหาค่ามุม	22
3.10 แสดงการใช้ Dot product ภายในนิ้วเดียวกัน.....	23
3.11 แสดงการใช้ Dot product ต่างนิ้วมือกัน.....	24
3.12 แสดงแผนภาพต้นไม้ของมุมทั้งหมดที่ใช้ในการสร้างตัวอักษร.....	24
3.13 แสดงท่าทางตัวอักษร A จาก Visualizer.....	26
3.14 แสดงท่าทางตัวอักษร B จาก Visualizer.....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตั้งชื่ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.15 แสดงท่าทางตัวอักษร C จาก Visualizer.....	26
3.16 แสดงท่าทางตัวอักษร D จาก Visualizer	27
3.17 แสดงท่าทางตัวอักษร E จาก Visualizer.....	27
3.18 แสดงท่าทางตัวอักษร F จาก Visualizer.....	27
3.19 แสดงท่าทางตัวอักษร G จาก Visualizer.....	28
3.20 แสดงท่าทางตัวอักษร H จาก Visualizer	28
3.21 แสดงท่าทางตัวอักษร I จาก Visualizer	28
3.22 แสดงท่าทางตัวอักษร J จาก Visualizer	29
3.23 แสดงท่าทางตัวอักษร K จาก Visualizer.....	29
3.24 แสดงท่าทางตัวอักษร L จาก Visualizer.....	29
3.25 แสดงท่าทางตัวอักษร M จาก Visualizer.....	30
3.26 แสดงท่าทางตัวอักษร N จาก Visualizer.....	30
3.27 แสดงท่าทางตัวอักษร O จาก Visualizer.....	30
3.28 แสดงท่าทางตัวอักษร P จาก Visualizer.....	31
3.29 แสดงท่าทางตัวอักษร Q จาก Visualizer.....	31
3.30 แสดงท่าทางตัวอักษร R จาก Visualizer.....	31
3.31 แสดงท่าทางตัวอักษร S จาก Visualizer.....	32
3.32 แสดงท่าทางตัวอักษร T จาก Visualizer.....	32
3.33 แสดงท่าทางตัวอักษร U จาก Visualizer	32
3.34 แสดงท่าทางตัวอักษร V จาก Visualizer.....	33
3.35 แสดงท่าทางตัวอักษร W จาก Visualizer.....	33
3.36 แสดงท่าทางตัวอักษร X จาก Visualizer.....	33
3.37 แสดงท่าทางตัวอักษร Y จาก Visualizer.....	34
3.38 แสดงท่าทางตัวอักษร Z จาก Visualizer.....	34
3.39 แสดงตัวอย่างท่าทางตัวอักษร A.....	35
3.40 แสดงหน้าต่าง command ที่แสดงค่ามุมของแต่ละข้อนิ้ว	35
3.41 แสดงตัวอย่าง source code	36
3.42 การแสดงผลพัทธ์เป็นตัวอักษร	36
3.43 แสดงการวัดมุมของนิ้วนางระหว่างข้อ Distal และ Intermediate	37
3.44 แสดงการวัดมุมของนิ้วโป่งระหว่างข้อ Distal และ Intermediate.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และดัดแปลงอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.45 แสดงการวัดมุมองระหว่างนิ้วโป้งข้อ Intermediate และ นิ้วชี้ข้อ Proximal	38
3.46 แสดงตัวอักษร C.....	38
3.47 แสดงตัวอักษร ASL	39
3.48 แสดงสัญลักษณ์มือ I LOVE YOU	40
3.49 แสดงสัญลักษณ์มือ PLEASED	40
3.50 แสดงสัญลักษณ์มือ GOOD.....	41
3.51 แสดงสัญลักษณ์มือ STOP	41
3.52 แสดงสัญลักษณ์มือ NO	41
4.1 แสดงการวัดมุมของนิ้วนางระหว่างข้อ Distal และ Intermediate ของ skeleton.....	42
4.2 กราฟวงกลมแสดงค่ามุมความแตกต่างระหว่างระบบเทียบกับ Finger Goniometer ของ ตารางที่ 4.1.....	44
4.3 แสดงการวัดมุมองของนิ้วโป้งระหว่างข้อ Distal และ Intermediate ของ skeleton	44
4.4 กราฟวงกลมแสดงค่ามุมความแตกต่างระหว่างระบบเทียบกับ Finger Goniometer ของ ตารางที่ 4.2.....	46
4.5 แสดงการวัดมุมองระหว่างนิ้วโป้งข้อ Intermediate และ นิ้วชี้ข้อ Proximalของ Skeleton...46	46
4.6 กราฟวงกลมแสดงค่ามุมความแตกต่างระหว่างระบบเทียบกับ Finger Goniometer ของ ตารางที่ 4.3.....	48
4.7 แสดงมุมของตัวอักษร C	48
4.8 กราฟแสดงมุมต่างๆของการสร้างตัวอักษร C ของตารางที่ 4.4.....	50
4.9 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 1.....	51
4.10 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 2.....	53
4.11 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 3.....	54
4.12 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 4.....	56
4.13 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 5.....	57
4.14 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 6.....	59
4.15 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 7.....	60
4.16 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 8.....	62
4.17 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 9.....	63
4.18 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 10	65
4.19 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 11	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต่อXอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.20 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 12	68
4.21 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 13	69
4.22 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 14	71
4.23 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 15	72
4.24 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 16	74
4.25 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 17	75
4.26 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 18	77
4.27 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 19	78
4.28 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 20	80
4.29 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรที่ถูกแบ่งเป็นสามกลุ่ม เฉลี่ยจากผู้ทดสอบ 20 คน	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และตัดXไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา สาระสำคัญที่เป็นปัจจัยหลัก รวมทั้งวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมุติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการทำวิจัย ขอบเขตของ และรวมทั้งโครงสร้างปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันในสังคมไทยมีบุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยินเป็นจำนวนไม่น้อย ซึ่งบุคคลเหล่านี้มีปัญหาทางการสื่อสารไม่สามารถพูดคุยกับบุคคลทั่วไปได้ จึงจำเป็นต้องใช้ภาษามือในการสื่อสารในชีวิตประจำวัน เพื่อที่จะให้บุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยินสื่อสารกับบุคคลทั่วไปได้จากสถิติทางการแพทย์พบว่า ผู้บกพร่องทางการได้ยินทั่วโลก [1] ประมาณ 70 ล้านคน โดยพบในเด็กแรกคลอดจำนวน 3 : 1,000คน และในประชากรทั่วไป 1 : 3,000 คน เป็นเรื่องที่น่าเศร้าของคนที่มีความบกพร่องทางการได้ยินหรือคนพิการทางการได้ยินตั้งแต่กำเนิดที่จะต้องสูญเสียการได้ยินไปตลอดชีวิต จึงส่งผลให้ผู้พิการทางการได้ยินไม่สามารถเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ในสังคมได้ เนื่องจากไม่สามารถสื่อสารกับคนปกติได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ต้องการช่วยเหลือคนพิการให้สามารถสื่อสารกับคนทั่วไปได้ โดยใช้อุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กและสามารถพกพาได้สะดวก

ในงานวิจัยนี้จะใช้อุปกรณ์ Leap Motion Sensor ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของมือมาใช้เพื่อแปลภาษามือแบบอเมริกันให้เป็นตัวอักษร โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ใด ๆ ติดไว้กับมือขณะที่ทำการวัด และการแปลภาษามือจะใช้เวลาน้อยลง ซึ่งสะดวกต่อการใช้งาน โดยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะสามารถทำให้ผู้บกพร่องทางการได้ยินมีความสะดวกยิ่งขึ้นในการดำรงชีวิตประจำวัน

งานวิจัยนี้เลือกแปลภาษามือแบบอเมริกัน เพราะมีท่าทางที่ไม่ซับซ้อน และหากมีผู้สนใจในอนาคตสามารถนำไปประยุกต์ในการแปลภาษามือแบบไทยได้ เพื่อเป็นการจุดประกายให้นักวิจัยเล็งเห็นความสำคัญในการพัฒนางานวิจัยในด้านนี้ต่อไป

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

สังคมหมายถึงการอยู่ร่วมกันของคนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ดังนั้นการติดต่อสื่อสารจึงมีความสำคัญในการใช้ชีวิตประจำวัน เนื่องจากการสื่อสารทำให้รับรู้ข่าวสารต่าง ๆ และรู้ทันเกี่ยวกับทุก ๆ เรื่องในสังคม แต่สำหรับบุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยินจะใช้ภาษามือเท่านั้นในการสื่อสาร ซึ่งจะเห็นว่าภาษามือมีความสำคัญต่อการใช้ชีวิตของบุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยินเป็นอย่างมาก แต่บุคคลทั่วไปส่วนใหญ่ไม่มีความรู้ความเข้าใจในภาษามือ จึงเป็นอุปสรรคสำคัญในการสื่อสาร และเพื่อให้การสื่อสารไม่มีอุปสรรคอีกต่อไป งานวิจัยนี้จึงสร้างอุปกรณ์ที่จะช่วยให้ผู้บกพร่องทางการได้ยินสามารถสื่อสารกับคนทั่วไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบการแปลภาษามือแบบอเมริกัน โดยการใช้ Leap Motion Controller ตรวจสอบการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ

1.2.2 ระบบต้องไม่สร้างความรำคาญต่อการใช้งาน ไม่ต้องมีผู้เชี่ยวชาญมาดูแล อุปกรณ์มีขนาดเล็กและสามารถพกพาได้สะดวก และที่สำคัญสามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว

1.2.3 ระบบสามารถเป็นเครื่องมือสื่อสารระหว่างบุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยินด้วยกัน และรวมทั้งกับบุคคลทั่วไปได้

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

จากการศึกษาเรื่องการออกแบบอุปกรณ์ในการแปลภาษามือและจากข้อมูลที่ได้รับพบว่า อุปกรณ์ที่ถูกสร้างขึ้นสำหรับเป็นตัวช่วยในการสื่อสารของบุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน ส่วนใหญ่จะไม่สามารถนำไปใช้กับบุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยินทั่ว ๆ ไปได้ เช่นการออกแบบถุงมือสำหรับแปลภาษามือพบว่ามือของแต่ละคนมีขนาดไม่เท่ากัน ดังนั้นเมื่อนำไปใช้กับผู้บกพร่องทางการได้ยินคนอื่น ๆ จะต้องเปลี่ยนถุงมือเกือบทุกครั้ง เพราะฉะนั้นงานวิจัยนี้ต้องการให้ผู้ที่มีความบกพร่องทางการได้ยินใช้อุปกรณ์ที่ออกแบบขึ้นมาที่สามารถใช้ได้กับทุก ๆ คนโดยไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของนิ้วมือ ดังนั้นจึงใช้เซ็นเซอร์ 3 มิติ (Leap Motion Controller) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กแบบไม่สัมผัสผิว และผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการคำนวณค่ามุมในการงอนิ้วมือของการทำท่าทางต่าง ๆ เพราะจะเห็นว่าแต่ละตัวอักษรในภาษามือแบบอเมริกันมีท่าทางที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้ค่ามุมที่ออกมามีความแตกต่างกัน เพราะฉะนั้นทางผู้วิจัยจึงได้นำค่ามุมของการงอนิ้วมือมาระบุเป็นตัวอักษร

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ทางผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะใช้มุมที่เกิดจากการงอนิ้วมือของแต่ละท่าทางมาระบุเป็นตัวอักษร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ทฤษฎีเวกเตอร์ 3 มิติ ในการคำนวณมุมของข้อต่อต่าง ๆ ของนิ้วมือ เพื่อนำค่ามุมที่ได้มาอ้างอิงเพื่อสร้างตัวอักษรแบบอเมริกัน ทฤษฎีนี้คือการคูณเวกเตอร์แบบ dot product ดังนั้นจึงเลือกใช้ใช้อุปกรณ์ Leap Motion Controller เนื่องจากเซ็นเซอร์นี้สามารถตรวจจับกระดูกมือได้ และที่สำคัญเมื่อเซ็นเซอร์นี้ตรวจจับมือแล้วจะบอกข้อมูลของนิ้วมือเช่น ทิศทางและตำแหน่งของนิ้วมือแบบสามมิติ เราสามารถนำข้อมูลนี้มาคำนวณหาค่ามุมของท่าทางแต่ละตัวอักษรได้

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ทำการศึกษาออกแบบและพัฒนาโปรแกรมด้วย VB 2013

1.5.2 ใช้อุปกรณ์ Leap Motion Controller 1 ตัว เพื่อตรวจจับข้อต่อต่างๆของมือ

1.5.3 ผู้ใช้ต้องให้ระยะของมืออยู่ห่างจากตัวเซ็นเซอร์ระหว่าง 10 cm – 50 cm

1.5.4 ระบบนี้สามารถใช้ได้ครั้งละ 1 คน

1.5.5 ระบบนี้สามารถแปลตัวอักษรภาษามือแบบอเมริกันได้ สามารถสะกดตัวอักษรภาษามือแบบอเมริกันเป็นคำและประโยค และสามารถแปลสัญลักษณ์ภาษามือพื้นฐานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 โครงสร้างวิทยานิพนธ์

ระบบแปลภาษามือแบบอเมริกันโดยใช้เซ็นเซอร์ 3 มิติ (Leap Motion Controller) ได้อธิบายถึงขั้นตอนและวิธีการออกแบบ โดยมีเนื้อหาในบทต่าง ๆ ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ ในบทนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญ วัตถุประสงค์ของการศึกษา แนวความคิดที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ ขอบเขตของการศึกษา ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขั้นตอนในการจัดทำโครงงาน รวมทั้งโครงสร้างวิทยานิพนธ์ เป็นต้น

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ ในบทนี้จะกล่าวถึง ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับคนที่พิการทางการได้ยิน ความรู้เกี่ยวกับภาษามือแบบอเมริกัน เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ หรือ Leap Motion Controller เครื่องวัดมุมโกนิโอมิเตอร์ การคำนวณเวกเตอร์ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 การออกแบบระบบ ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบซอฟต์แวร์ การเลือกอุปกรณ์ที่นำมาใช้กับระบบ วิธีการคำนวณมุมที่ข้อมือบริเวณนิ้วมือ และการออกแบบการทดลอง

บทที่ 4 ผลการทดลอง ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองการแปลภาษามือแบบอเมริกัน โดยใช้เซ็นเซอร์ 3 มิติ ชนิดไม่สัมผัส ซึ่งสามารถแบ่งการทดลองออกได้เป็น 4 การทดลองคือ 1). เปรียบเทียบค่ามุมของตัวอย่างมุมที่นำมาใช้ในระบบเพื่อสร้างตัวอักษร ASL ระหว่างเครื่องวัด Goniometer กับระบบ 2). การวัดค่ามุมทั้งหมดที่ถูกใช้สำหรับสร้างตัวอักษร ตัวอย่างค่ามุมของการสร้างตัวอักษร C 3). การทดสอบความถูกต้องของการแปลตัวอักษรแบบอเมริกัน 26 ตัวอักษร 4). ทดสอบตัวอย่างคำและประโยคที่เกิดจากการสะกดคำแบบอเมริกันและแปลสัญลักษณ์ภาษามือ

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ ในบทนี้จะกล่าวถึง สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ รวมไปถึงแนวทางในการพัฒนาต่อไป

บทที่ 2

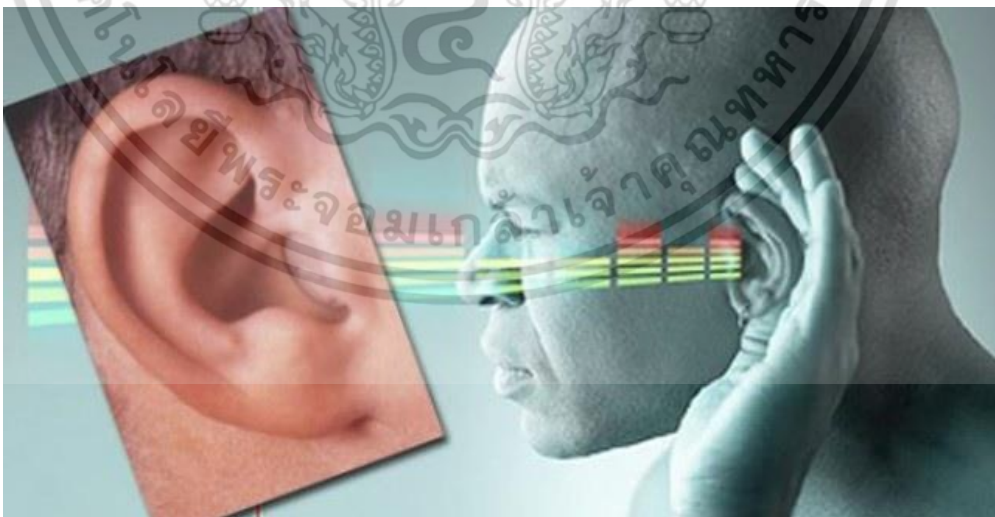
ทฤษฎีและหลักการ

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ในบทนี้จะกล่าวถึง ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับบุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยินและวิธีการเรียนรู้ของบุคคลที่บกพร่องทางการได้ยิน อุปกรณ์เช่นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของมือแบบ 3 มิติ หรือ Leap Motion Controller เครื่องวัดมุมโกนิโอมิเตอร์ การคำนวณเวกเตอร์ เป็นต้น

2.1 บุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน [2]

ผู้ที่สูญเสียสมรรถภาพทางการได้ยินตั้งแต่ระดับหูตึงน้อยจนถึงหูหนวก เนื่องจากมีความผิดปกติในส่วนของอวัยวะทางการได้ยินเช่น ประสาทหูเสื่อมหรือพิการทำให้ไม่ได้ยินเสียงต่างๆ รอบตัว หรืออาจจะได้ยินแต่ไม่ชัด จึงทำให้เกิดผลเสียต่อการดำรงชีวิตของบุคคลนั้น

โดยปกติเสียงของมนุษย์สามารถรับรู้จะมีความถี่ในช่วง 20 – 20,000 เฮิรต (Hertz) ซึ่งความถี่เสียงที่พบได้ปกติทั่วไปในชีวิตประจำวันอยู่ในช่วง 125 – 8,000 เฮิรต แต่ช่วงความถี่ของการพูดคุยสื่อสารอยู่ในช่วงความถี่ระหว่าง 500 – 2,000 เฮิรต เท่านั้น โดยความถี่ที่หูจะตอบสนองได้ดีที่สุดอยู่ในช่วง 3,000 – 4,000 เฮิรต เนื่องจากมี Amplify Mechanism มากที่สุดภายในช่องหู ดังนั้นเสียงกระตุ้นที่อยู่ในช่วงความถี่ดังกล่าวมีผลทำให้ hair cell ที่ทำงานในช่วงความถี่นี้ถูกทำลายได้มากที่สุด จึงอธิบายได้ว่าเหตุใดการสูญเสียการได้ยินที่เกิดจากสัญญาณรบกวนจึงเริ่มเสียหายที่ความถี่ 3,000 – 4,000 เฮิรต



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะความบกพร่องทางการได้ยิน

ที่มา : http://salamthailand.blogspot.com/2013/09/blog-post_7126.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ลักษณะของความบกพร่องทางการได้ยิน [3]

สามารถแบ่งลักษณะของความบกพร่องทางการได้ยิน เป็น 2 ประเภทได้แก่

2.1.1.1 หูตึง (Hard of Hearing) คือบุคคลที่มีการได้ยินเหลืออยู่เพียงพอที่จะได้ยินเสียงพูดผ่านทาง การได้ยิน โดยทั่วไปที่พบในสังคมจะใส่เครื่องช่วยฟัง เพื่อช่วยให้สามารถได้ยินดีขึ้น หูตึงอาจแบ่งตามระดับการได้ยินได้ 4 กลุ่ม คือ

1. หูตึงระดับที่ 1 มีการได้ยินเฉลี่ยระหว่าง 26-40 dB จะเป็นแบบตึงเล็กน้อย จะมีปัญหาเมื่อได้ยินเสียงเบา ๆ
2. หูตึงระดับที่ 2 มีการได้ยินเฉลี่ยระหว่าง 41-55 dB ตึงปานกลาง จะมีปัญหาในการฟังเสียงพูดคุยธรรมดาทั่ว ๆ ไปในสังคม ดังนั้นเมื่อพูดคุยก็อาจจะไม่ได้ยิน หรืออาจจะได้ยินแต่ไม่ชัด
3. หูตึงระดับที่ 3 มีการได้ยินเฉลี่ยระหว่าง 56-70 dB ตึงมาก มีปัญหาในการได้ยินเสียงพูดที่ดังกว่าปกติ ถึงแม้ว่าจะฟังดังกว่าปกติ ก็อาจจะได้ยินแต่ไม่ชัดเจน
4. หูตึงระดับที่ 4 มีการได้ยินเฉลี่ยระหว่าง 71-90 dB ตึงรุนแรง การพูดคุยอาจจะต้องตะโกนอย่างรุนแรง หรือใช้เครื่องขยายเสียงในการสื่อสาร ซึ่งเป็นการสื่อสารที่เข้าใจได้ยาก

2.1.1.2 หูหนวก (Deafness) หมายถึงบุคคลที่สูญเสียการได้ยินมากจนไม่สามารถเข้าใจการพูดผ่านทาง การได้ยินไม่ว่าจะใส่หรือไม่ใส่เครื่องช่วยฟัง ซึ่งหากการตรวจวัดการได้ยินจะมีการสูญเสียการได้ยินน้อยกว่า 90 เดซิเบล ลงมาถึง 26 เดซิเบล ซึ่งจะมีผลต่อการดำรงชีวิตในสังคม เพราะอาจจะเกิดอุบัติเหตุได้ง่ายมากกว่าคนทั่วไป

2.1.2 สาเหตุของความบกพร่องทางการได้ยิน

สำหรับสาเหตุของความบกพร่องทางการได้ยินนั้นถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

2.1.2.1 ความบกพร่องทางการได้ยินก่อนคลอด หมายถึงทารกที่จะเกิดมานั้นมีความพิการของอวัยวะรับเสียงตั้งแต่อยู่ในครรภ์มารดา เมื่อคลอดออกมาแล้ว ก็ปรากฏอาการบกพร่องทางการได้ยินตั้งแต่แรกเกิด ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. หูหนวกตามกรรมพันธุ์ (Hereditary Deafness) เป็นอาการหูหนวกของทารกที่มีความพิการสืบพันธุ์ จากบิดาหรือมารดาหรือบรรพบุรุษ เช่น พ่อแม่หูหนวก ลูกอาจหูหนวก หรือหลานอาจหูหนวก เป็นต้น
2. หูหนวกที่ไม่ใช่กรรมพันธุ์ (Sporadic Deafness) มีหลายสาเหตุมาก เช่น หูหนวกจากการคลอด การทานยาของมารดา เป็นต้น

2.1.2.2 ความบกพร่องทางการได้ยินหลังคลอด (Acquired Deafness) หมายถึงทารกที่เกิดมีอวัยวะและประสาทหูปกติ แต่ต่อมาภายหลังปรากฏว่าหูหนวกขึ้น เราเรียกหูหนวกหลังคลอด หรืออาจจะเกิดอุบัติเหตุหลังคลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ลักษณะของบุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน

โดยทั่วไปสามารถสังเกตได้ในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

2.1.3.1 บุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยินอาจจะมีปัญหาในการพูด จะเป็นคนที่พูดได้น้อย หรือพูดไม่ชัดต้องใช้ภาษาท่าทาง และจะไม่ชอบเข้าสังคมเนื่องจากพูดไม่เก่ง

2.1.3.2 บุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยินอาจจะมีปัญหาในการใช้ภาษาค่อนข้างมาก ส่วนมากจะไม่ถูกหลักไวยากรณ์ ไม่สามารถนำคำศัพท์มาเรียบเรียงเป็นคำพูดที่เป็นประโยค เนื่องจากรู้คำศัพท์น้อย และเมื่อนำมาใช้ อาจจะมีการสลับคำในข้อความที่ต้องการสื่อออกมา

2.1.3.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน บุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน ส่วนใหญ่จะมีผลการเรียนต่ำ เนื่องจากเวลาที่คุณครูสอน เด็กที่บกพร่องทางการได้ยินมักจะไม่เข้าใจ และไม่กล้าถามจึงทำให้กลายเป็นเด็กไม่ชอบสังคม

2.1.3.4 การปรับตัวเข้าสังคม บุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยินมีปัญหาในการปรับตัวเข้าสังคม และส่งผลต่อพฤติกรรมที่แสดงออกมาลักษณะอื่นๆ ได้แก่

1. เวลาฟังมักจะจ้องมองปากหรือจ้องหน้าผู้พูด
2. เสียงพูดแปลก อาจสูงบ้างต่ำบ้าง
3. ไม่สามารถปฏิบัติตามคำสั่งได้
4. ไม่มีปฏิกิริยาต่อเสียงดังๆ ในสิ่งแวดล้อม เช่น เสียงเพลง เป็นต้น

2.1.4 วิธีสอนเฉพาะสำหรับคนที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน

2.1.4.1 การสอนการใช้ภาษามือ เด็กที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน จำเป็นต้องใช้ภาษามือในการสื่อสาร เพราะว่าการสื่อสารมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต ดังนั้นการเรียนรู้ภาษามือของบุคคลพิการทางการได้ยินจึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยผู้สอนอาจจะสอนเกี่ยวกับการสะกดคำหรือประโยค ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการสื่อสารระหว่างบุคคลพิการทางการได้ยินด้วยกัน ซึ่งภาษามือจะเป็นภาษาที่แสดงออกด้วยการใช้มือในการแสดงท่าทางต่าง ๆ ประกอบกับสีหน้า และกิริยาท่าทาง ประกอบในการสื่อความหมาย โดยแต่ละประเทศนั้นจะมีความแตกต่างกัน

2.1.4.2 การสอนอ่านริมฝีปาก เป็นวิธีที่เด็กที่มีความบกพร่องทางการได้ยินเริ่มมีการเรียนก่อนเรียนรู้เกี่ยวกับภาษามือ เนื่องจากการอ่านริมฝีปากสามารถรู้ได้โดยการแปลความหมายจากการสังเกตการเคลื่อนไหวของอวัยวะในการพูด เช่น ใบหน้า ลิ้น ขากรรไกร และจะทำให้สามารถรู้ว่าผู้พูดมีความรู้สึกอย่างไร เนื่องจากความรู้สึกจะแสดงออกทางใบหน้า

2.2 ภาษามือ [4]

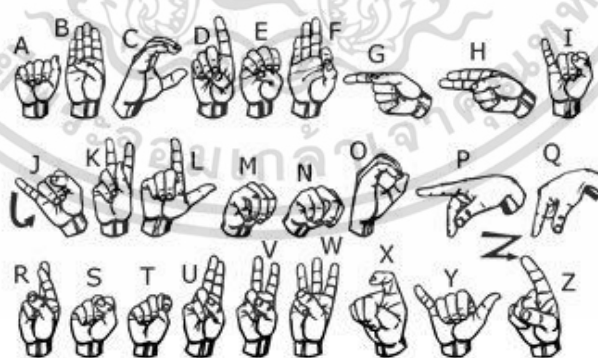


รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะภาษามือ

ที่มา : <http://www.catdumb.com/santa-signing-to-child-093/>

จากการศึกษาของ พญ.เพ็ญมาศ ธรรมศรีณู, 2554 ภาษาสำหรับคนหูหนวก ใช้มือ สีหน้า และกิริยาท่าทาง ประกอบในการสื่อความหมาย และถ่ายทอดอารมณ์แทนการพูด ภาษามือของแต่ละชาติมีความแตกต่างกันเช่นเดียวกับภาษาพูด ซึ่งแตกต่างกันตามขนบธรรมเนียม ประเพณี วัฒนธรรม และลักษณะภูมิศาสตร์ เช่น ภาษามือจีน ภาษามืออเมริกัน และภาษามือไทย เป็นต้น ภาษามือเป็นภาษาที่นักการศึกษาทางการศึกษาของคนหูหนวกตกลงและยอมรับกันแล้วว่า เป็นภาษาหนึ่งสำหรับติดต่อ สื่อความหมาย ระหว่างคนหูหนวกกับคนหูหนวกด้วยกัน และระหว่างคนหูหนวกกับคนหูดี ภาษาอังกฤษเรียกการสื่อสารด้วยมือนี้ว่า Sign Language หรือ Manual Communication

2.2.1 ภาษามือแบบอเมริกัน (ASL) [5]



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะภาษามือแบบอเมริกัน (ASL)

ที่มา : <http://coloringpagesjos.net/341983-sign-language-alphabet>

ชื่อเต็มคือ American Sign Language เป็นภาษาที่บุคคลที่บกพร่องทางการได้ยิน ใช้ติดต่อสื่อสารในสังคมชาวอเมริกันและชาวแคนาดาบางส่วน แตกต่างจากภาษาพูดที่นิยมใช้กันทั่วไปอย่างแพร่หลายเป็นภาษาสากลดังตัวอย่าง จะมีทั้งหมด 26 ตัวอักษร ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็นสามเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มดังนี้ กลุ่มแรกคือตัวอักษรที่คล้ายคลึงกัน ประกอบด้วย A, E, M, N, S, T, U, V, R, K, P, C และ O กลุ่มที่สองคือตัวอักษรที่มีการเคลื่อนไหว ประกอบด้วย I และ J กลุ่มที่สามคือตัวอักษรธรรมดา ประกอบด้วย B, D, F, G, H, L, Q, W, X และ Y สิ่งที่สำคัญคือเรื่องการใช้คำและไวยากรณ์มีดังนี้

2.2.1.1 เรื่องการใช้คำ

ภาษาอังกฤษ: Time files

ภาษามือ: TIME ZOOM

2.2.1.2 เรื่องไวยากรณ์

ภาษาอังกฤษ : Subject + Verb + Object + Time

ภาษามือ : Time + Object + Subject + Verb

เช่น English : Bau went to the market yesterday.

ASL: YESTERDAY MARKET BAU GO

2.2.1.3 ไวยากรณ์ของภาษามืออเมริกันยังมีความยืดหยุ่น จะไม่มีคำนำหน้านาม a, an, the และไม่มี verb to be แล้วก็ไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงรูปคำตามกาลของประโยค

เช่น English : I am a student.

ASL: STUDENT I

2.3 Leap Motion 3D Sensor [6]

Leap Motion เป็นบริษัทเกิดใหม่ก่อตั้งเมื่อปี ค.ศ. 2010 โดย David Holz พัฒนาอุปกรณ์ชื่อ “Leap Motion Controller” ขนาดเพียง 3 นิ้ว เป็นอุปกรณ์ที่ตรวจจับการเคลื่อนไหวของนิ้วมือเพื่อนำมาใช้งานในการพัฒนาแอปพลิเคชันต่างๆ โดยอาศัยหลักการคล้ายกับ Kinect [7] จาก Microsoft แต่ต่างกับที่ Kinect นั้นจะตรวจจับร่างกายของมนุษย์ได้ทั้งตัว และมีระยะที่ไกล (ระยะราว 1-5 เมตร) ส่วนตัว Leap Motion นั้นจะเป็นอุปกรณ์ที่วางหงายหน้าอยู่บนโต๊ะ เป็นอุปกรณ์เซนเซอร์สามมิติเชื่อมต่อด้วย USB ทำหน้าที่ตรวจจับการเคลื่อนไหวของมือหรือรูปทรงกระบอกต่างๆ มีความสามารถจับภาพ 300 เฟรมต่อวินาที มีความแม่นยำในระดับ 0.01 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.4 แสดงอุปกรณ์ Leap Motion Controller

ที่มา : [http://www.amazon.co.uk/Leap-Motion-Controller-Interacts-](http://www.amazon.co.uk/Leap-Motion-Controller-Interacts-Airspace/dp/B00C66Z9ZC)

[Airspace/dp/B00C66Z9ZC](http://www.amazon.co.uk/Leap-Motion-Controller-Interacts-Airspace/dp/B00C66Z9ZC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ส่วนประกอบภายในของ Leap Motion Controller

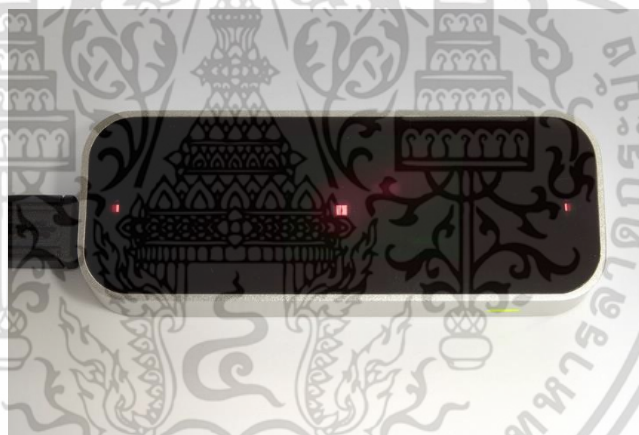
2.3.1.1 กล้องอินฟราเรด มีจำนวน 2 ตัว ใช้ในการรับภาพจากสิ่งของที่มาตกกระทบบนแสงอินฟราเรดที่ปล่อยออกมาและสะท้อนกลับมาที่ตัวอุปกรณ์ ทำให้เกิดภาพขึ้นมา



รูปที่ 2.5 แสดงภาพ IR Camera

ที่มา : <http://ashlandtech.org/2014/04/02/product-comparison-kinect-and-leap-motion/>

2.3.1.2 LED จะมีลักษณะเป็นแท่งแบนๆ ด้านบนเป็นกระจกสีดำ ใต้กระจกมีหลอด LED แสงอินฟราเรดจำนวน 3 หลอด สูง 0.5 นิ้ว กว้าง 1.2 นิ้ว ยาว 3 นิ้ว น้ำหนัก 0.1 ปอนด์

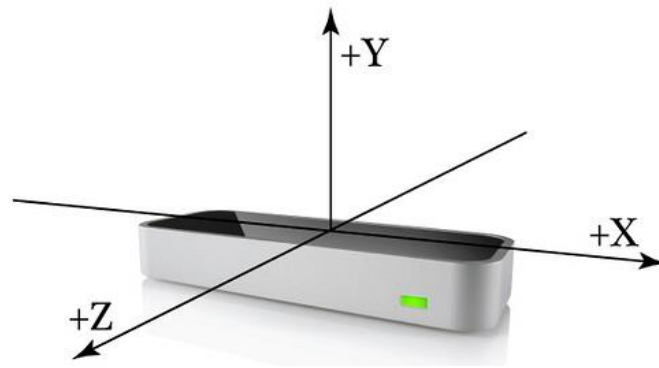


รูปที่ 2.6 แสดงภาพ LED ของ Leap Motion Controller

2.3.2 แกนอ้างอิงและระยะการตรวจจับ

2.3.2.1 แกนอ้างอิง สามารถตรวจจับตำแหน่งของวัตถุต่างๆ เป็นสามมิติ คือตามแกนแนวยาว (X) แกนความสูง (Y) และแกนแนวขวาง (Z) มีจุด origin อยู่ตรงกลางของตัวอุปกรณ์ดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงแกนอ้างอิงของ Leap Motion Controller

ที่มา : <https://developer.leapmotion.com/getting-started/javascript/developer-guide>

2.3.2.2 ระยะการตรวจจับ รอบตัวอุปกรณ์จะมีพื้นที่ทำงานแบบพีระมิด ขนาด 2 ฟุต (60.96 เซนติเมตร) จากตัวอุปกรณ์ และทำมุม 150 องศา ในด้านกว้าง มุม 120 องศา ในด้านลึก



รูปที่ 2.8 แสดงระยะการตรวจจับของ Sensor ในอุปกรณ์ Leap Motion Controller

ที่มา : <http://blog.peteshand.net/project/cba-product-demo/>

2.3.3 การตรวจจับวัตถุ

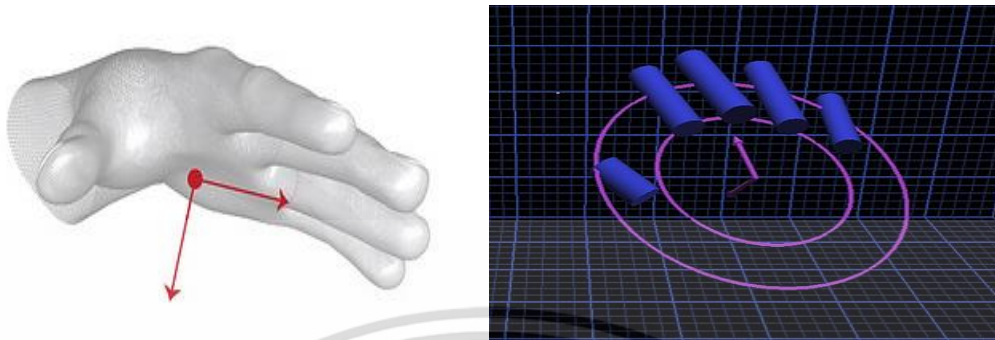


รูปที่ 2.9 แสดงการตรวจจับวัตถุของ Leap Motion Controller

ที่มา : <https://www.blognone.com/node/42237>

อย่างที่กล่าวไปแล้วในข้างต้นว่าตัวอุปกรณ์นั้นสามารถตรวจจับมือ นิ้วมือ โดยการตรวจจับวัตถุแต่ละชนิดก็จะให้ข้อมูลที่ต่างกัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.1 มือ เมื่อตัวอุปกรณ์ตรวจจับมือได้ จะส่งค่าแสดงตำแหน่ง ทิศทางของมือ และความเร็วมือ



รูปที่ 2.10 แสดงภาพทิศทางของมือโดย Leap Motion Controller
ที่มา : <https://www.blognone.com/node/42237>

2.3.3.2 นิ้วมือ เมื่อตัวอุปกรณ์ตรวจจับนิ้วมือได้ ก็จะส่งค่าตำแหน่งของปลายนิ้วมือ ทิศทาง ความเร็ว รวมไปถึงความยาวและความกว้างโดยเฉลี่ยของนิ้วมือด้วย

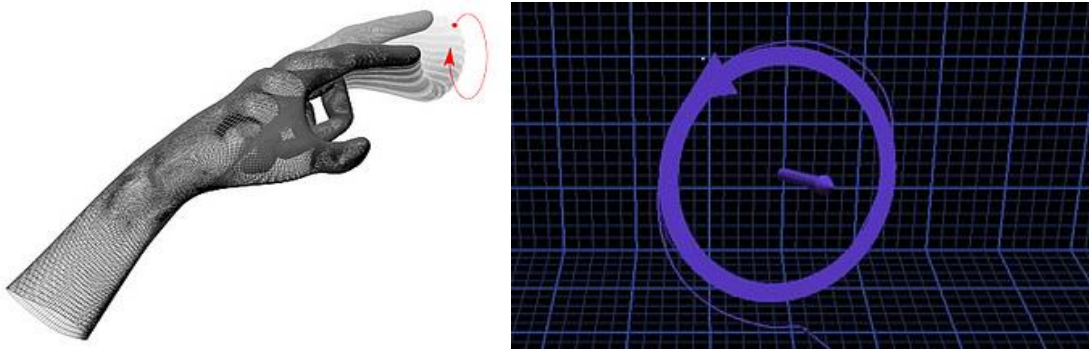


รูปที่ 2.11 แสดงภาพการตรวจจับนิ้วมือโดย Leap Motion Controller
ที่มา : <https://www.blognone.com/node/42237>

2.3.4 การตรวจจับท่าทาง(gesture)

สำหรับ SDK ของ Leap Motion Controller นั้นมี API ที่ทำให้สามารถดึงเอา ลักษณะท่าทาง (gesture) ต่างๆ ออกมาใช้งานได้โดยที่นักพัฒนาไม่ต้องลงทุนเขียนขึ้นเอง จึงทำให้มีความสะดวกในการใช้งาน โดยท่าทางที่สามารถนำมาใช้ได้มีอยู่ 3 ลักษณะ

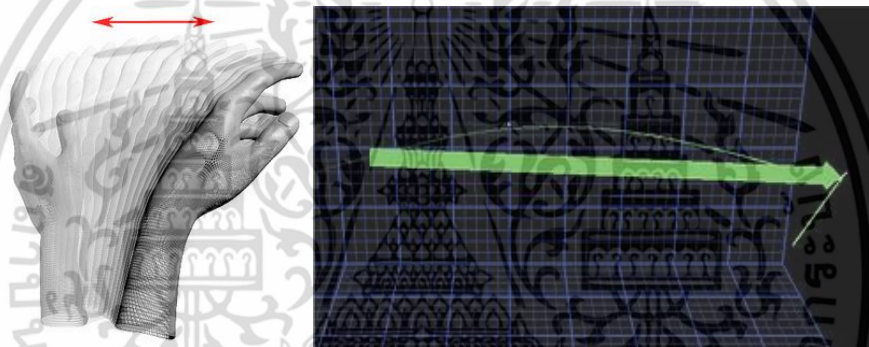
2.3.4.1 วงกลม (circle) คือการวาดนิ้วในลักษณะวงกลม ซึ่งจะเห็นในรูปที่ 2.12 จะเห็นว่าใช้นิ้วชี้ในการวาด ซึ่งทุก ๆ นิ้วสามารถใช้ในการวาดวงกลมได้



รูปที่ 2.12 แสดงภาพการทำนิ้วมือเป็นท่าทางวงกลม (circle)

ที่มา : <https://www.blognone.com/node/42237>

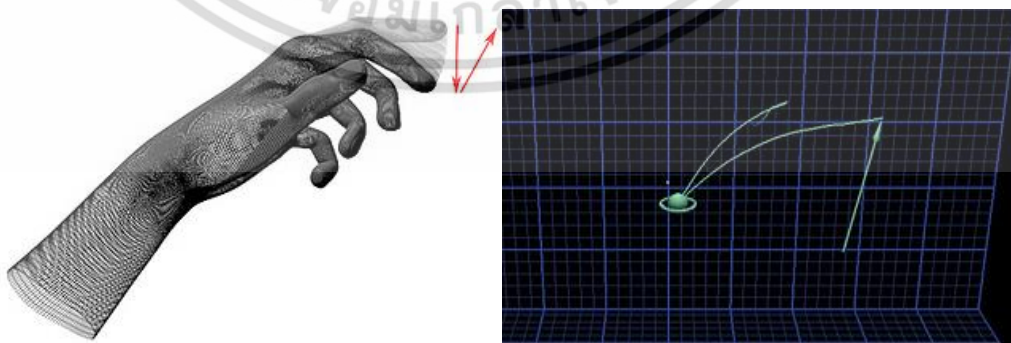
2.3.4.2 การปัด (swipe) คือการปัดนิ้วอย่างรวดเร็วในรูปแบบที่เป็นเส้นตรงดังรูปที่ 2.13 ซึ่งจะเห็นว่าเป็นการปัดนิ้วเป็นเส้นตรงจากซ้ายไปขวา



รูปที่ 2.13 แสดงภาพการทำนิ้วมือเป็นท่าทางการปัด (swipe)

ที่มา : <https://www.blognone.com/node/42237>

2.3.4.3 การแตะ (tap) คือการใช้นิ้วเคลื่อนที่ลงแล้วขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังรูปที่ 2.14 ซึ่งจะเห็นว่าใช้นิ้วใช้ในการแตะ



รูปที่ 2.14 แสดงภาพการทำนิ้วมือเป็นท่าทางการแตะ (tap)

ที่มา : <https://www.blognone.com/node/42237>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 The dot product equation [8]

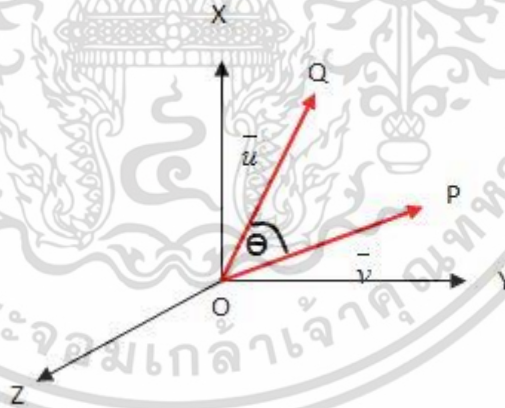
การคูณเวกเตอร์มี 2 ชนิดได้แก่ ผลคูณที่ได้เป็นปริมาณสเกลาร์ เรียกว่าผลคูณแบบดอท (dot product) หรือผลคูณสเกลาร์ (scalar product) และ ผลคูณที่ได้เป็นปริมาณเวกเตอร์ เรียกว่าผลคูณแบบครอส (cross product) หรือผลคูณเวกเตอร์ (vector)

แต่สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้ผลคูณเชิงสเกลาร์ (scalar product or dot product) บทนิยาม ผลคูณเชิงสเกลาร์ของ \vec{u} และ \vec{v} เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\vec{u} \cdot \vec{v}$ โดยที่

ตารางที่ 2.1 แสดงสูตรผลคูณเชิงสเกลาร์ระหว่างเวกเตอร์สองมิติและเวกเตอร์สามมิติ

สองมิติ	สามมิติ
$\vec{u} = a_1\vec{i} + b_1\vec{j}$	$\vec{u} = a_1\vec{i} + b_1\vec{j} + c_1\vec{k}$
$\vec{v} = a_2\vec{i} + b_2\vec{j}$	$\vec{v} = a_2\vec{i} + b_2\vec{j} + c_2\vec{k}$
$\vec{u} \cdot \vec{v} = a_1a_2 + b_1b_2$	$\vec{u} \cdot \vec{v} = a_1a_2 + b_1b_2 + c_1c_2$

ในบทนิยามดังกล่าวจะใช้ \cdot แทนเครื่องหมาย โดยจะเรียกผลคูณที่ได้อีกอย่างหนึ่งว่าผลคูณจุด (dot product)



รูปที่ 2.15 แสดงเวกเตอร์สามมิติ

จากทฤษฎี ให้ \vec{u} และ \vec{v} เป็นเวกเตอร์ และ θ เป็นมุมระหว่าง \vec{u} กับ \vec{v} โดยที่ $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ จะทำได้จากสมการที่ 2.1

$$\vec{u} \cdot \vec{v} = |\vec{u}||\vec{v}|\cos\theta \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ต้องการหามุมระหว่าง \vec{u} กับ \vec{v} จะได้ หาได้จาก สมการ 2.2

$$\cos\theta = \frac{\vec{u} \cdot \vec{v}}{\|\vec{u}\| \|\vec{v}\|}$$

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{\vec{u} \cdot \vec{v}}{\|\vec{u}\| \|\vec{v}\|} \right) \quad (2.2)$$

2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของข้อ the finger goniometer

The finger goniometer [9] เป็นวิธีวัดอ้างอิงค่ามุมที่ใช้ในทางการแพทย์ ถูกใช้วัดค่ามุมทุกส่วนของนิ้วมือ เช่น นักกายภาพบำบัดใช้สำหรับตรวจสอบผู้ป่วยโรคนิ้วล็อก เป็นต้น



รูปที่ 2.16 แสดงภาพ The finger goniometer

เครื่องมือที่ใช้วัดมุมของนิ้วมือหลายแบบ ชนิดตั้งแต่สลับซับซ้อนมากในห้องปฏิบัติการ เพราะต้องการความละเอียดอ่อนมาก แต่สำหรับชนิดที่เรียบง่ายจะถูกใช้ในคลินิกหรือโรงพยาบาล และควรมีคุณสมบัติดังนี้คือ เรียบง่าย ทนทาน สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก มีความแม่นยำ เมื่อใช้วัดซ้ำจากผู้วัดหลาย ๆ คนที่ฝึกมาเหมือนกัน เครื่องมือที่ใช้กันมากคือ The finger goniometer ซึ่งทำให้ได้ผลไม่แม่นยำเสมอไป ดังนั้นจึงอนุโลมผลของการวัดให้ผิดพลาดได้ 5 ถือว่าเชื่อถือได้

2.5.1 รายละเอียดของ the finger goniometer

ขนาด: 50 mm x130 mm x1.2 mm

น้ำหนักสุทธิ: 9 g/pc

วัสดุ: พีวีซี

2.5.2 ความผิดพลาดของการวัดด้วย goniometer เกิดขึ้นได้เนื่องจาก

2.5.2.1 การจัดวางเครื่องมือ และการอ่านของผู้วัด

2.5.2.2 ความชำนาญของผู้วัด

2.5.2.3 ความชัดเจนของส่วนที่จะวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 American Sign Language Interpreter [10]

ในปี 2012 Kadam และคณะ ได้นำเสนอล่ามภาษามือแบบอเมริกัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ เกี่ยวเนื่องกับประสิทธิภาพของการใช้ถุงมือในการโต้ตอบสำหรับสร้างโปรแกรมสอนภาษามือสำหรับผู้ ที่สนใจ ผู้วิจัยใช้ถุงมือเพื่อสร้างตัวอักษรได้ความถูกต้องที่มากกว่าและดีกว่า ถุงมือสอนภาษามือ น่าจะเป็นประโยชน์อย่างมาก เพื่อช่วยในการสื่อสารกับคนหูหนวกระบบนี้ใช้ถุงมือสำหรับสร้างการ เรียนรู้ตัวอักษรที่แตกต่างกัน ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกใช้เพื่อควบคุมการทำงานของระบบนี้และ หน่วยเก็บความจำ EEPROM ถูกใช้เพื่อเก็บบันทึกตัวอักษรต่างๆ เช่นเซอร์จะติดตั้งอยู่บนนิ้วของถุง มือ ซึ่งที่จะเปลี่ยนความต้านทานตามตำแหน่งของนิ้วมือและตรวจสอบท่าทางและหน้าจอ LCD จะใช้ เพื่อตรวจสอบว่าท่าทางที่เราทำถูกต้องหรือไม่ และในงานวิจัยนี้ใช้ keypad สำหรับเลือกตัวอักษร วิธีการนี้จะมี ความถูกต้องต่อสัญญาณของ 94%

2.6.2 Design of an Assistive Communication Glove using Combined Sensory Channels [11]

ในปี 2012 Tanyawiwat และคณะได้นำเสนอวิธีการใหม่โดยการใช้ถุงมือเซ็นเซอร์ แบบไร้สายโดยการใช้ wireless เพื่อพัฒนาการจดจำท่าทางการสะกดนิ้วภาษามือแบบอเมริกัน เช่น เซอร์แบบสัมผัสถูกติดตั้งไว้บนถุงมือแล้วเพิ่มเซ็นเซอร์แบบยื่นหยุ่นบนนิ้วมือ เช่น เซอร์ทั้งสอง รวมกันเป็น BSN node เพื่อวัดแรงดันที่ออกมา และติดตั้ง a 3D accelerometer บนหลังของมือ ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดความแรงของการเคลื่อนที่ของวัตถุ ดังนั้นทั้งสองวิธีนี้ถูกใช้เพื่อระบุท่าทางการ สะกดนิ้วมือของภาษามือแบบอเมริกัน สำหรับความถูกต้องของระบบนี้คือ 77.9%

2.6.3 Arabic Sign Language Recognition using the Leap Motion Controller [12]

ในปี 2013 Mohandes และคณะได้นำเสนอระบบการจดจำภาษามือแบบอาหรับ โดยใช้ Leap Motion Controller ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์สามมิติแบบไม่สัมผัสสำหรับตรวจจับมือและนิ้ว มือสำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้ 12 ฟังก์ชันที่มากับเซ็นเซอร์นี้เช่น ความยาวนิ้วมือ, ความกว้างของนิ้ว, ตำแหน่งของนิ้ว x, y, z และอื่น ถูกใช้เพื่อระบุท่าทางมือ ของตัวอักษรแบบอาหรับ ความถูกต้องของ ระบบคือ 98%

2.6.4 Decision-tree-based Algorithm for 3D Sign Classification [13]

ในปี 2014 Yao และคณะได้นำเสนอออกกาลิที่มีพื้นฐาน 3 การตัดสินใจสำหรับการ จัดหมวดหมู่ตัวอักษร 3D สำหรับการแปลท่าทางมือเป็น 1,203 Chinese SL สำหรับทำงานของ ระบบนี้ประกอบด้วย การคำนวณทิศทางเคลื่อนที่, รูปแบบของมือและทิศทางของฝ่ามือ โดยการใช้ Leap Motion Controller สำหรับความถูกต้องของระบบ 95.8%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5 American Sign Language Recognition using Leap Motion Sensor [14]

ซึ่งในปี 2014 Chuan และคณะ ได้นำเสนอการจดจำภาษามือแบบอเมริกันโดยการใช้ Leap Motion Controller สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ The Scalar product เป็นวิธีสำหรับแยกแยะตัวอักษรและใช้ฟังก์ชันจากเซ็นเซอร์นี้บางส่วนเช่น ความยาวของนิ้ว ตำแหน่งของปลายนิ้ว เป็นต้น สำหรับความถูกต้องของระบบประมาณ 72.78%

2.6.6 Algorithm Design for Hand Sing Language of English Characters Translation by using Geometric Invariant Feature [15]

ซึ่งในปี 2015 Tangsuksant ได้ออกแบบถุงมือที่มีมาร์คเกอร์จำนวน 6 จุด และอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับแปลภาษามือ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ขั้นตอนที่หนึ่งการจำแนกประเภทท่าทางจากสัญญาณการเคลื่อนไหว ขั้นตอนที่สองคือการตรวจสอบจับตำแหน่งของมาร์คเกอร์ด้วยวิธีการแปลงวงกลมของฮัฟ ขั้นตอนที่สามคือการคำนวณคุณสมบัติเฉพาะของแต่ละท่าทางด้วยวิธีคำนวณพื้นที่สามเหลี่ยมที่เป็นไปได้ทั้งหมด จากมาร์คเกอร์ทั้งหมด 6 จุด ขั้นตอนสุดท้ายคือการจำแนกท่าทางด้วยวิธีการของโครงข่ายประสาทเทียม โดยผลการทดลองแสดงร้อยละความแม่นยำของอัลกอริทึมเท่ากับ 95.96 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบระบบ

การออกแบบระบบ ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบ software การออกแบบวิธีการคำนวณ มุมที่ข้อมือสำหรับอ้างอิงเพื่อสร้างตัวอักษร และการออกแบบการทดลองดังนี้

3.1 การออกแบบซอฟต์แวร์

3.1.1 คุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ใช้งานในระบบ

3.1.1.1 งานวิจัยนี้เลือกใช้ระบบปฏิบัติการ windows ซึ่งคือเลือกใช้ Laptop ของ SAMSUNG รุ่น R478 [16] ซึ่งถูกใช้สำหรับแปลภาษามือ และมีคุณสมบัติดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงภาพ SAMSUNG รุ่น R478

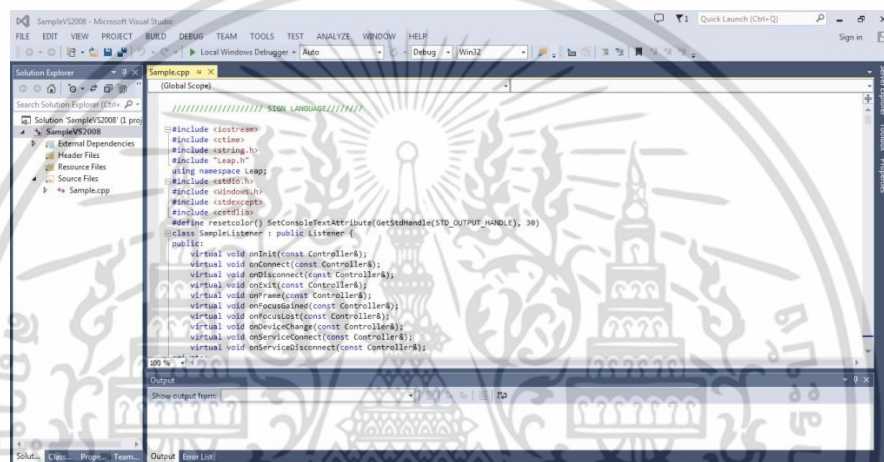
Samsung R478-DT02TH/Core i5 430M	
ซีพียู	Inter Core i5-430M (2.26GHz, 3MB L2 cache)
ชิปเซต	Mobile Inter HM55 Express Chipset
แรม	4 GB DDR3
การ์ดแสดงผล	NVidia GeForce GT 330M (1 GB DDR3)
จอภาพ	14 inch WXGA (1366x768) LED 16:9 Gloss
ฮาร์ดดิสก์	500 G 5400 RPM
Wireless	WLAN 802.11b/g/n
Card Reader	3 in 1
USB	USB 2.0.3 พอร์ต
บลูทูธ	Built-in Bluetooth V2.1+EDR
Battery	6-Cell
OS	Window 7 Home Premium 64 bit

รูปที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติของ Laptop SAMSUNG รุ่น R478

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

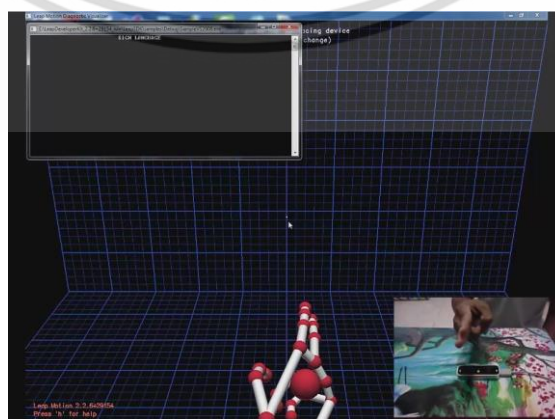
3.1.1.2 โปรแกรมที่ใช้ในระบบ จะมี 2 โปรแกรมที่ถูกติดตั้ง นั่นคือการติดตั้งโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2013 และโปรแกรม Leap Motion software ซึ่งทั้งสองโปรแกรมถูกใช้ในการแปลภาษามือแบบ ASL

1. โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2013 [17] พัฒนาขึ้นโดยไมโครซอฟท์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยนักพัฒนาซอฟต์แวร์พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เว็บไซต์ เว็บแอปพลิเคชัน และ เว็บเซอร์วิส ระบบที่รองรับการทำงานนั้นมีไมโครซอฟท์ วินโดวส์ พ्ल็อตเทตพีซี Smartphone และ เว็บเบราว์เซอร์ ในปัจจุบัน Visual Studio นั้นสามารถใช้ภาษาโปรแกรมที่เป็นภาษาดอตเน็ต ในโปรแกรมเดียวกัน เช่น VB.NET C++ C# J# เป็นต้น สำหรับระบบนี้ใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2013 สำหรับระบบนี้ใช้ภาษา C++



รูปที่ 3.3 แสดงหน้าต่างของโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2013

2. โปรแกรม Leap Motion Controller [18] สำหรับ Leap Motion Controller เป็นเซ็นเซอร์จับการเคลื่อนไหว ที่ใช้ตรวจจับวัตถุทรงแท่งแบบ 3 มิติ ที่ไม่ว่าจะเป็นนิ้วมือ ปากกา หรือตะเกียบก็สามารถทำได้ ด้วยความแม่นยำระดับ 0.01 มิลลิเมตร ซึ่งอาศัยการทำงานของสัญญาณอินฟราเรด

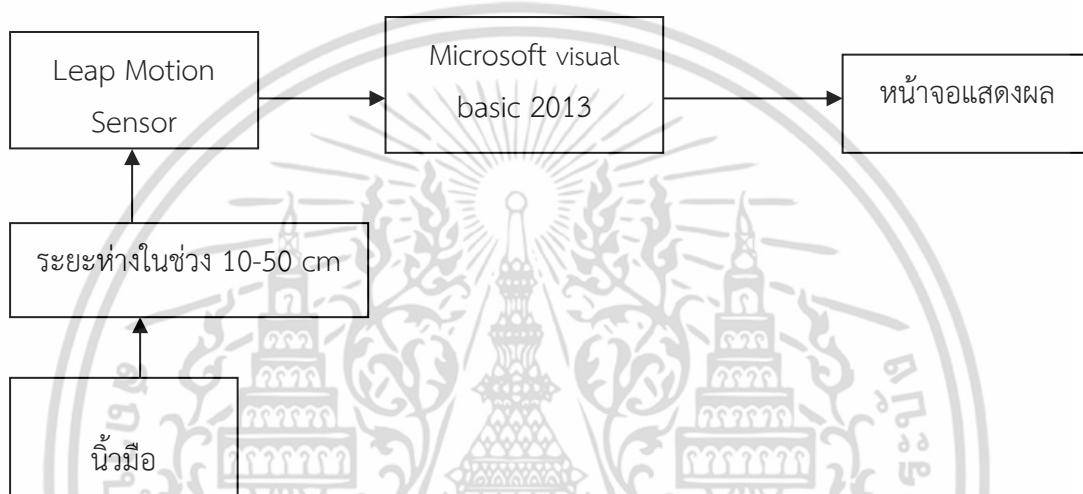


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ส่วนตัวเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่ได้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้จัดทำเอกสารนี้
รูปที่ 3.4 แสดงตัวโปรแกรม Leap Motion software

ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน

การทำงานของระบบนี้ใช้อุปกรณ์ Leap Motion Controller เป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ อาศัยการทำงานของอุปกรณ์ 2 ชนิดคือ Infrared LEDs และ monochromatic IR cameras โดยตัว Infrared LEDs จะส่งแสงอินฟราเรดไปกระทบกับวัตถุที่อยู่ในแนวรัศมี เมื่อแสงอินฟราเรดกระทบกับวัตถุก็จะสะท้อนกลับมาที่ตัวรับ monochromatic IR cameras ระยะของมือต้องอยู่ในช่วง 10-50 เซนติเมตร เพราะว่าจะสามารถตรวจจับได้ดี จากนั้นซอฟต์แวร์ก็จะคำนวณตำแหน่งของนิ้วมือบน Microsoft Visual basic 2013 เพื่อคำนวณหามุมและแสดงตัวอักษรที่ได้รับจากท่าทางมือเป็นคำ ประโยคและประโยคสัญลักษณ์ แสดงผลผ่านจอแสดงผล

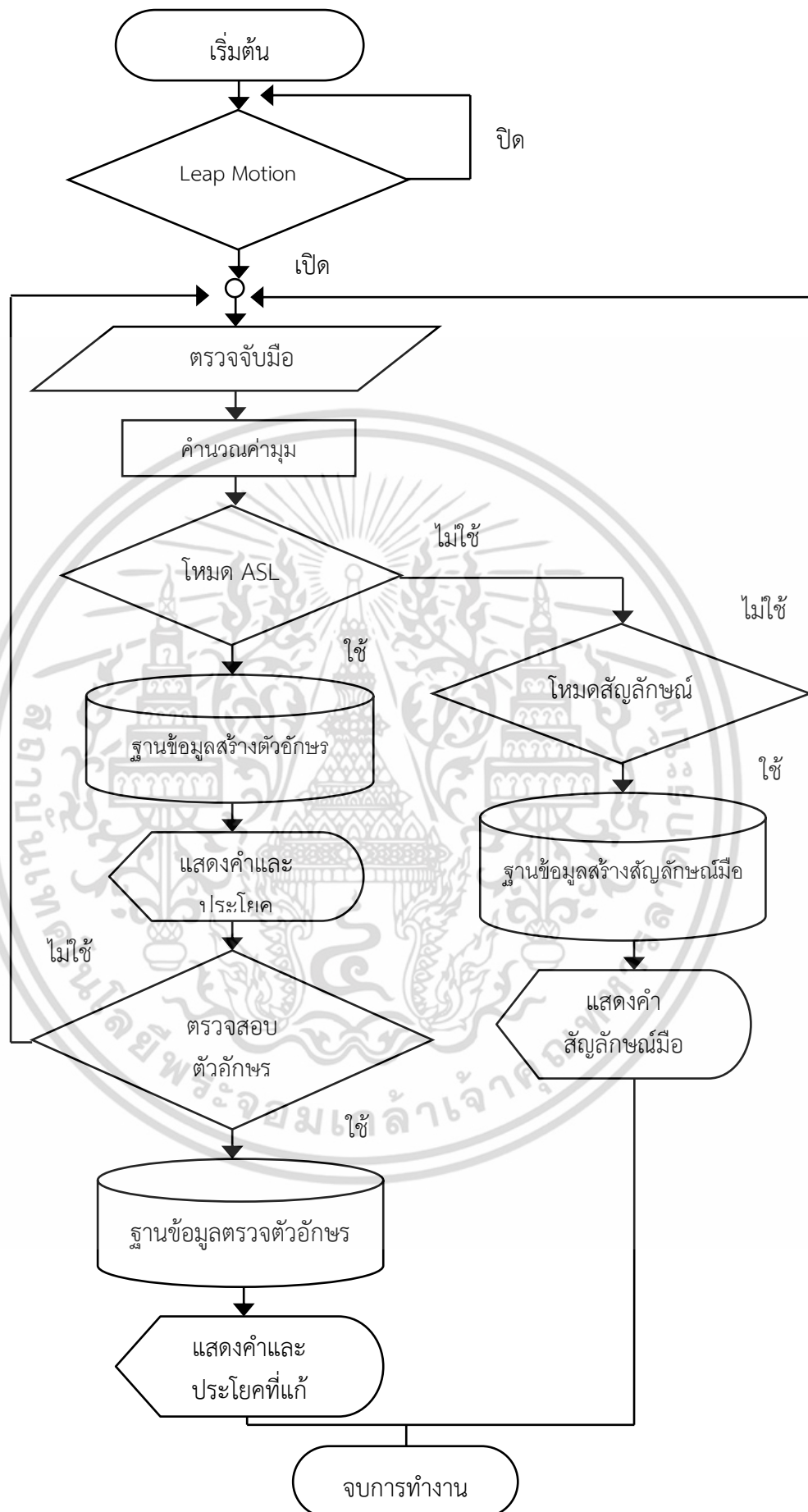


รูปที่ 3.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ

3.1.3 โฟลว์ชาร์ตของโปรแกรม

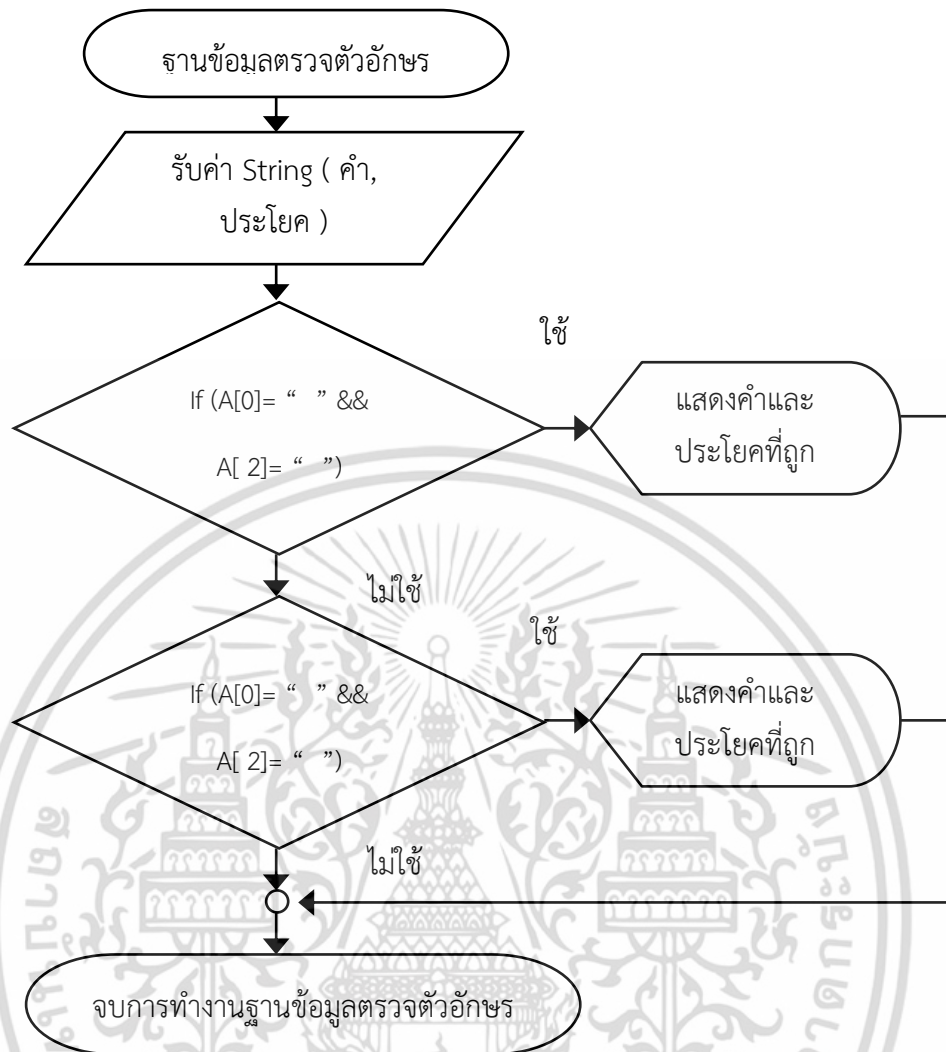
เริ่มต้นจากผู้ใช้งานเปิดใช้งานตัวเซ็นเซอร์ Leap Motion Controller จากนั้นผู้ใช้งานวางมือบนเซ็นเซอร์ระยะห่างในช่วง 10-50 cm ระบบจะตรวจจับมือและคำนวณค่ามุม ระบบจะมีสองโหมดให้เลือก เราจะกำหนดท่าทางมือเพื่อสำหรับเลือกโหมดการใช้งาน ถ้าเลือกโหมดภาษามือ ASL ระบบจะเข้าไปในฐานข้อมูลที่ใช้สำหรับสร้างตัวอักษรแบบอเมริกัน จากนั้นระบบจะทำการแสดงตัวอักษรผ่าน command windows ต่อไปเมื่อผู้ใช้ทำท่าทางสะกดตัวอักษรเป็นคำและประโยคเสร็จแล้ว ระบบจะให้เลือกว่าต้องการตรวจสอบตัวอักษรหรือไม่ เมื่อเลือกตรวจสอบตัวอักษรแล้ว ระบบจะทำการตรวจสอบในฐานข้อมูล จากนั้นระบบจะแสดงคำและประโยคที่ถูกแก้ไขถูกต้อง และสำหรับโหมดสัญลักษณ์ เมื่อเลือกโหมดนี้ระบบจะเข้าประมวลผลในฐานข้อมูลสัญลักษณ์ และแสดงผลออกมาเป็นคำหรือประโยคสัญลักษณ์ จะเห็นว่าระบบนี้จะแยกฐานข้อมูลออกจากการสร้างตัวอักษรแบบอเมริกันเพื่อความแม่นยำของระบบดังรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดง Flow chart ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน ไม่ควรเผยแพร่ให้ผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

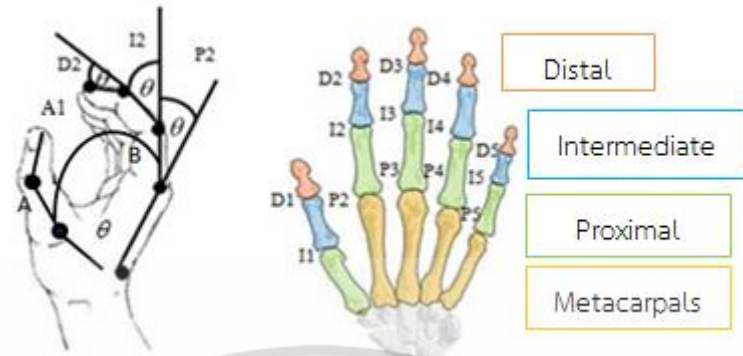


รูปที่ 3.7 แสดงFlow chart ฐานข้อมูลตรวจตัวอักษร

สำหรับฐานข้อมูลตรวจตัวอักษรนั้นมีความสำคัญต่อระบบนี้เป็นอย่างมากดังรูปที่ 3.7 เพราะเราใช้สำหรับตรวจสอบตัวอักษรว่าถูกต้องหรือไม่ในรูปของคำและประโยค ที่สำคัญคือโครงสร้างประโยคระหว่างภาษามือที่ใช้กับบุคคลที่บกพร่องทางการได้ยินกับภาษาอังกฤษที่ใช้กับบุคคลทั่วไปมีความแตกต่างกัน แต่ระบบนี้สามารถแก้ปัญหานี้ได้คือจะสร้างประโยคสำหรับบุคคลที่บกพร่องทางการได้ยินและบุคคลทั่วไปในเวลาเดียวกัน ดังนั้นแสดงว่าระบบนี้สามารถใช้ในการสื่อสารระหว่างบุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยินด้วยกัน และรวมทั้งกับบุคคลทั่วไปได้ สำหรับการทำงานของฐานข้อมูลตรวจตัวอักษร เริ่มต้นด้วยจะรับข้อมูล string จากฐานข้อมูลสร้างตัวอักษร ซึ่งอยู่ในรูปของคำและประโยค จากนั้นระบบจะใช้อาร์เรย์ในการตรวจสอบตัวอักษรโดยใช้ตัวอักษรที่มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูง ตัวอย่างเช่น ตัวอักษร L มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูง 89.25 ดังนั้นเราสามารถนำมาเป็นตัวอ้างอิงสำหรับตรวจสอบตัวอักษรอื่นๆในคำหรือประโยคได้ เมื่อตรวจสอบแล้วก็จะแสดงคำหรือประโยคที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 กระบวนการในการสร้างตัวอักษร

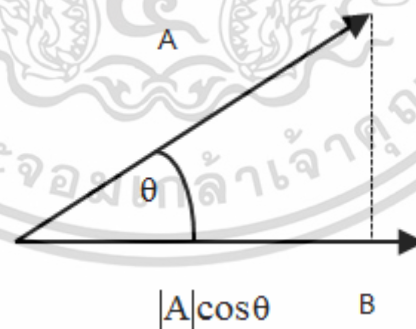


รูปที่ 3.8 แสดงกายวิภาคจำลองของกระดูกมือ สำหรับ Leap Motion Controller

จากรูปที่ 3.8 ทางด้านขวามือประกอบด้วยนิ้วจำนวน 5 นิ้ว[19] แต่ละนิ้ว มีกระดูกนิ้วจำนวน 4 ชิ้น ยกเว้น นิ้วหัวแม่มือที่มีแค่ 3 นิ้วโดยกระดูกนิ้วมือแต่ละส่วนมีชื่อว่า

- Distal phalanges
- Intermediate phalanges
- Proximal phalanges
- Metacarpals

จากรูปที่ 3.11 ทางด้านซ้ายมือคือวิธีการสร้างตัวตัวอักษรภาษามือแบบอเมริกันโดยการใช้วิธีการวัดมุมของแต่ละท่าทางเพื่อระบุตัวอักษรดังกล่าว โดยประยุกต์ใช้สมการ Dot product เพื่อหามุมระหว่างกระดูกนิ้วมือ



รูปที่ 3.9 แสดงการ Dot product สำหรับหาค่ามุม

การคูณแบบ Dot Product หรือสเกลาร์ Product เป็นผลคูณของค่าขนาดของเวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ใดๆ และคูณกับค่า COSINE ของมุมเวกเตอร์ทั้งสองนั้น เช่น ถ้าเวกเตอร์ A และ B

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}}{|\mathbf{A}| |\mathbf{B}|} \right) \quad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A คือเวกเตอร์ A

B คือเวกเตอร์ B

$|A|$ คือขนาดของเวกเตอร์ A

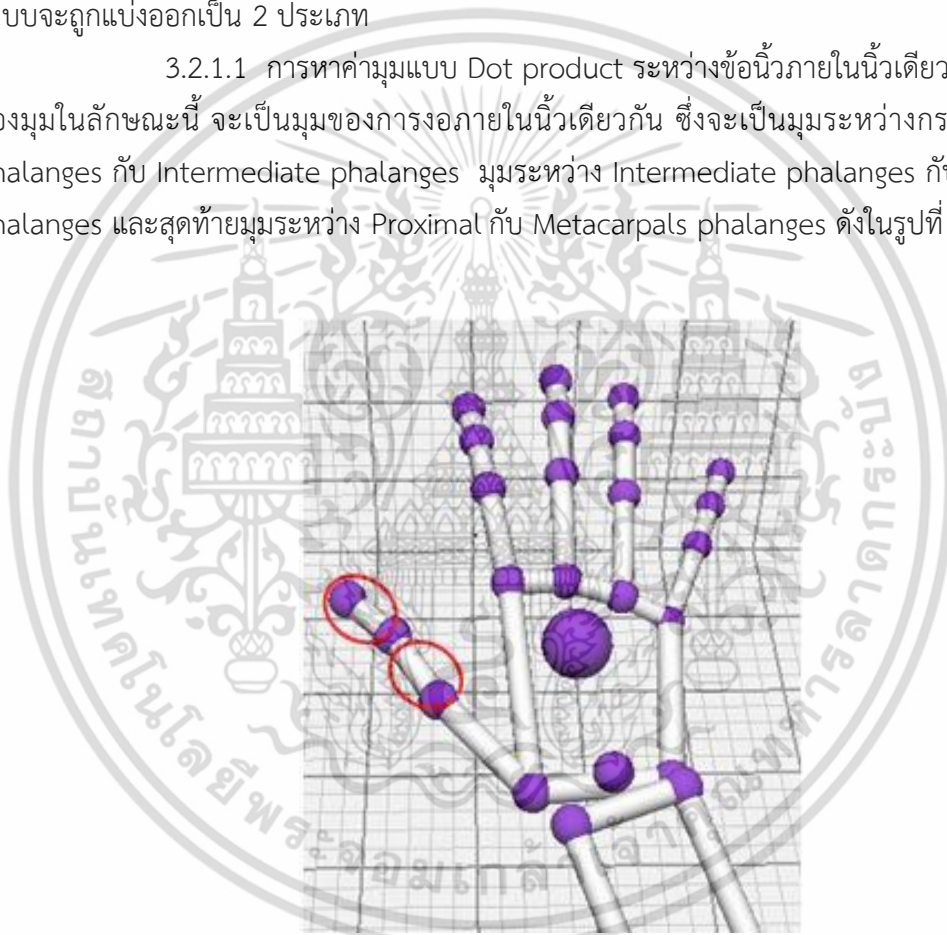
$|B|$ คือขนาดของเวกเตอร์ B

θ คือมุมระหว่างเวกเตอร์ A และ B

3.2.1 รูปแบบของมุมที่ใช้ในระบบ

รูปแบบของมุมที่ใช้ในระบบสำหรับแปลภาษามือ จะมีลักษณะเป็นมุมของการงอของนิ้วและมุมของการกางระหว่างนิ้ว ซึ่งเรามีการวัดมุมทุกมุมของข้อต่อระหว่างนิ้วและมุมที่ใช้ในระบบจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

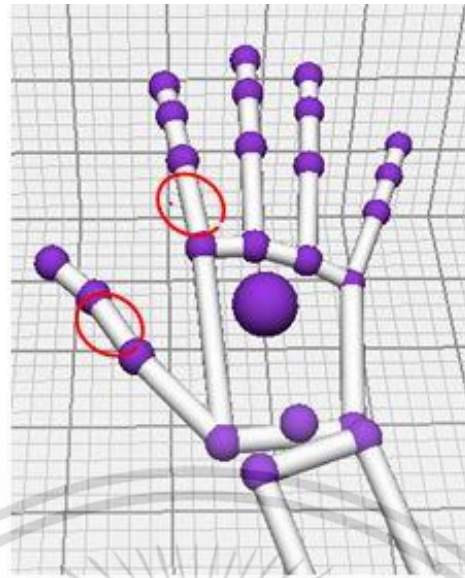
3.2.1.1 การหาค่ามุมแบบ Dot product ระหว่างข้อนิ้วภายในนิ้วเดียวกัน รูปแบบของมุมในลักษณะนี้ จะเป็นมุมของการงอภายในนิ้วเดียวกัน ซึ่งจะเป็นมุมระหว่างกระดูก Distal phalanges กับ Intermediate phalanges มุมระหว่าง Intermediate phalanges กับ Proximal phalanges และสุดท้ายมุมระหว่าง Proximal กับ Metacarpals phalanges ดังในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงการใช้ Dot product ภายในนิ้วเดียวกัน

3.2.1.2 การหาค่ามุมแบบ Dot product ระหว่างข้อนิ้วระหว่างนิ้วมือ รูปแบบของมุมในลักษณะนี้ จะเป็นมุมของการกางนิ้วมือ ตัวอย่างในรูปที่ 3.11 คือมุมระหว่าง Proximal phalanges ของนิ้วชี้ กับ Proximal phalanges ของนิ้วโป้ง เป็นต้น

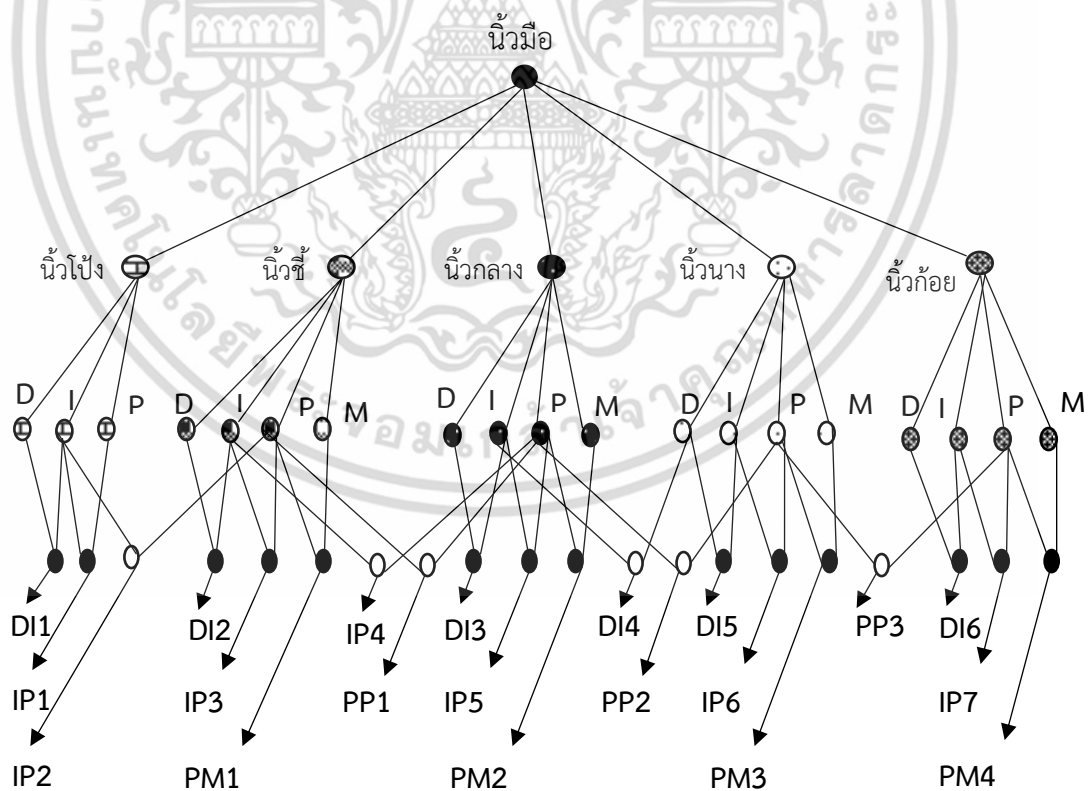
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงการใช้ Dot product ต่างนิ้วมือกัน

3.2.2 ตัวแปรของค่ามุมทั้งหมดในระบบ

สำหรับการแสดงมุมทั้งหมดที่ใช้ในการอ้างอิงในการสร้างตัวอักษร ซึ่งแสดงเป็นแผนภาพต้นไม้ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงแผนภาพต้นไม้ของมุมทั้งหมดที่ใช้ในการสร้างตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.12 จะมีมุมทั้งหมด 20 มุม ซึ่งจะเห็นว่ามือประกอบด้วย นิ้วโป้ง นิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง นิ้วก้อย ซึ่งแต่ละนิ้วจะประกอบไปด้วยข้อต่อมื่อดังรูป จะเห็นว่ามีสัญลักษณ์ในแผนภาพต้นไม้ ดังต่อไปนี้ ตัว D คือข้อ Distal phalanges ของนิ้วมือ ส่วนตัว I คือข้อ Intermediate phalanges ตัว P คือข้อ Proximal phalanges และตัว M คือข้อ Metacarpals phalanges และต่อไปจะแสดง รายละเอียดของมุมทั้งหมดที่ใช้ในระบบดังแผนภาพข้างต้น

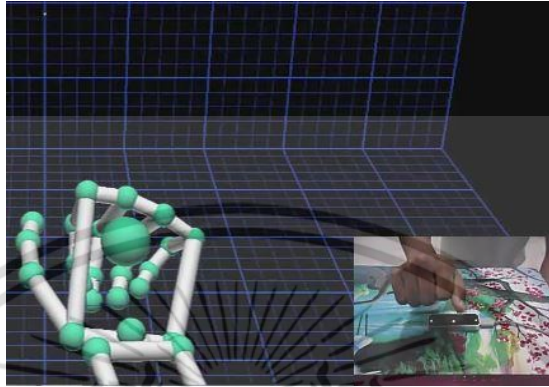
Angle DI1 = Dot product ระหว่างข้อ Distal กับ Intermediate ของนิ้วโป้ง
 Angle IP1 = Dot product ระหว่างข้อ Intermediate กับ Proximal ของนิ้วโป้ง
 Angle IP2 = Dot product ระหว่างนิ้วโป้งข้อ Intermediate และ นิ้วชี้ข้อ Proximal
 Angle DI2 = Dot product ระหว่างข้อ Distal กับ Intermediate ของนิ้วชี้
 Angle IP3 = Dot product ระหว่างข้อ Intermediate กับ Proximal ของนิ้วชี้
 Angle PM1 = Dot product ระหว่างข้อ Proximal กับ Metacarpals ของนิ้วชี้
 Angle IP4 = Dot product ระหว่างนิ้วชี้ข้อ Intermediate และ นิ้วกลางข้อ Proximal
 Angle PP1 = Dot product ระหว่างนิ้วชี้ข้อ Proximal และ นิ้วกลางข้อ Proximal
 Angle DI3 = Dot product ระหว่างข้อ Distal กับ Intermediate ของนิ้วกลาง
 Angle IP5 = Dot product ระหว่างข้อ Intermediate กับ Proximal ของ นิ้วกลาง
 Angle PM2 = Dot product ระหว่างข้อ Proximal กับ Metacarpals ของนิ้วกลาง
 Angle DI4 = Dot product ระหว่างนิ้วนางข้อ Distal และ นิ้วกลางข้อ Intermediate
 Angle PP2 = Dot product ระหว่างนิ้วกลางข้อ Proximal และ นิ้วนางข้อ Proximal
 Angle DI5 = Dot product ระหว่างข้อ Distal กับ Intermediate ของนิ้วนาง
 Angle IP6 = Dot product ระหว่างข้อ Intermediate กับ Proximal ของนิ้วนาง
 Angle PM3 = Dot product ระหว่างข้อ Proximal กับ Metacarpals ของนิ้วนาง
 Angle PP3 = Dot product ระหว่างนิ้วนางข้อ Proximal และ นิ้วก้อยข้อ Proximal
 Angle DI6 = Dot product ระหว่างข้อ Distal กับ Intermediate ของนิ้วก้อย
 Angle IP7 = Dot product ระหว่างข้อ Intermediate กับ Proximal ของนิ้วก้อย
 Angle PM4 = Dot product ระหว่างข้อ Proximal กับ Metacarpals ของนิ้วก้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ลักษณะการทำท่าทางตัวอักษร ASL เพื่อเก็บค่ามุมของแต่ละตัวอักษร

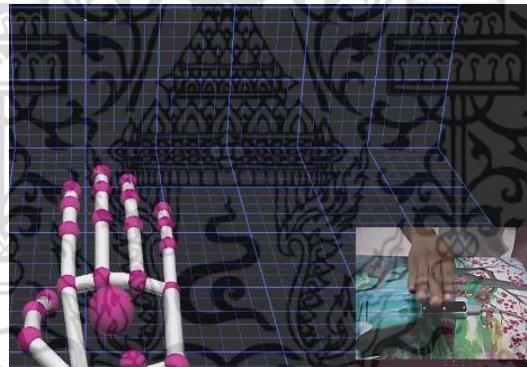
จะเป็นการใช้ภาษามือแสดงท่าทางแทนตัวอักษรภาษามือแบบอเมริกัน ซึ่งจะมีทั้งหมด 26 ตัวอักษร โดยแต่ละอักษรจะมีท่าทางที่แตกต่างกันดังนี้

ตัวอักษร A กำมือและนำนิ้วหัวแม่มือเหยียดตรง



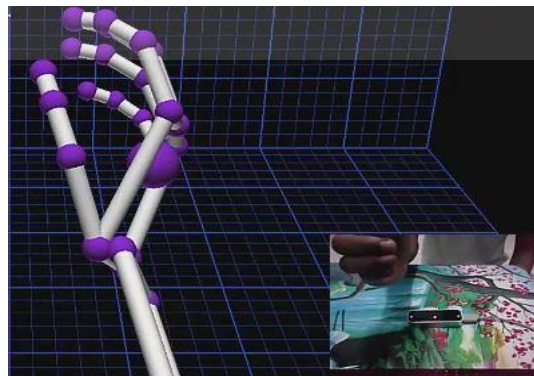
รูปที่ 3.13 แสดงท่าทางตัวอักษร A จาก Visualizer

ตัวอักษร B คว่ำมือและนำนิ้วหัวแม่มือหุบเข้าไปคล้ายการแสดงสัญลักษณ์เลข 4



รูปที่ 3.14 แสดงท่าทางตัวอักษร B จาก Visualizer

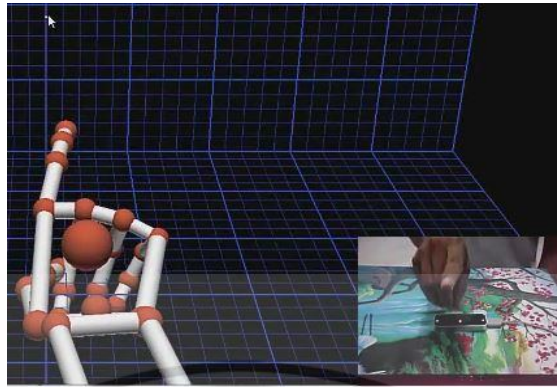
ตัวอักษร C งอนิ้วมือทั้ง 5 ทำเป็นรูปตัว C



รูปที่ 3.15 แสดงท่าทางตัวอักษร C จาก Visualizer

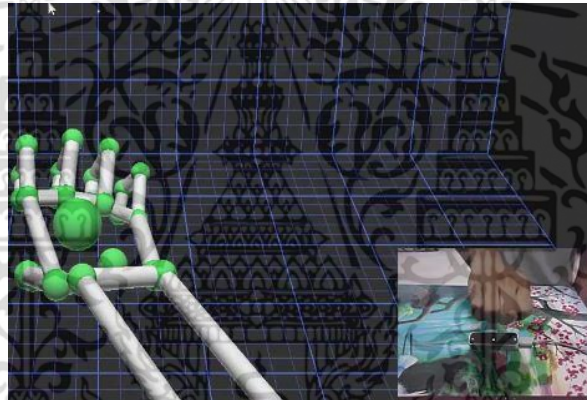
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอนในเพื่อให้นักศึกษาได้เข้าใจและเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการสื่อสารและการประมวลผลข้อมูลเพื่อใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต อย่างไรก็ตามเอกสารนี้ไม่ได้มีไว้เพื่อการค้า และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษร D นิ้วหัวแม่มือประกบระหว่างนิ้วกลางและนิ้วนาง นิ้วชี้เหยียดออก



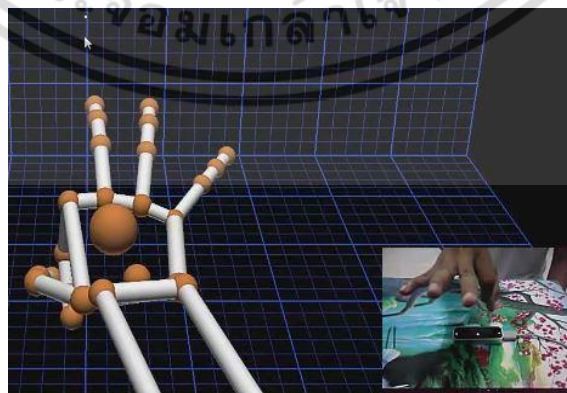
รูปที่ 3.16 แสดงท่าทางตัวอักษร D จาก Visualizer

ตัวอักษร E งอนิ้วทั้ง 5 นิ้วเข้าหากัน



รูปที่ 3.17 แสดงท่าทางตัวอักษร E จาก Visualizer

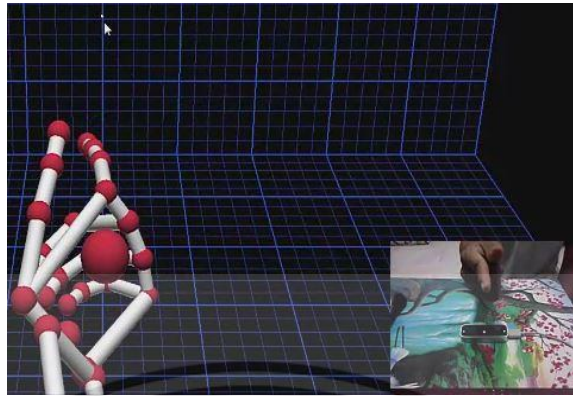
ตัวอักษร F นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้ประสานกันเป็นวงกลม 3 นิ้วที่เหลือเหยียดออก



รูปที่ 3.18 แสดงท่าทางตัวอักษร F จาก Visualizer

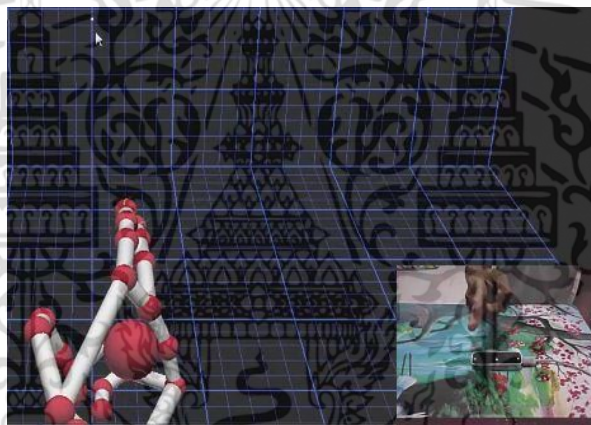
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษร G นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้ ทำท่าคืบแคบๆ ส่วนนิ้วอื่นๆ กำแน่น



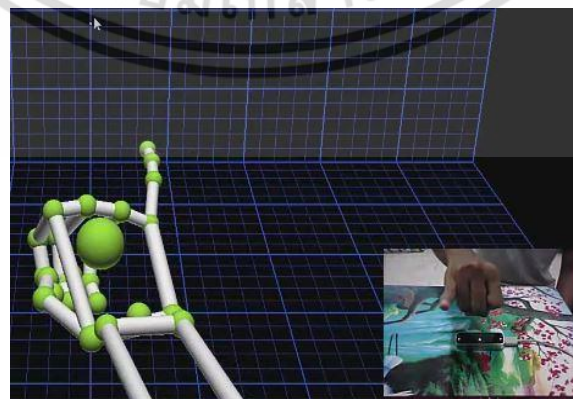
รูปที่ 3.19 แสดงท่าทางตัวอักษร G จาก Visualizer

ตัวอักษร H ซู 2 นิ้วเอียงไปด้านข้าง นิ้วหัวแม่มือวางบนนิ้วนาง



รูปที่ 3.20 แสดงท่าทางตัวอักษร H จาก Visualizer

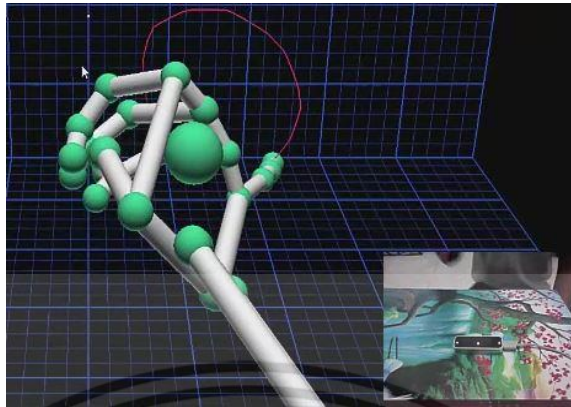
ตัวอักษร I กำมือ เขี่ยดนิ้วก้อย



รูปที่ 3.21 แสดงท่าทางตัวอักษร I จาก Visualizer

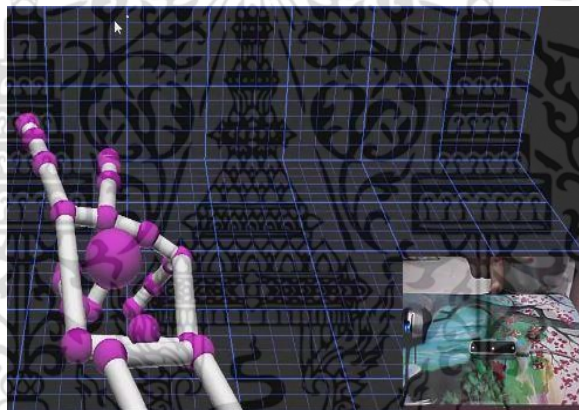
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษร J ทำทางเหมือนตัวอักษร I แต่นำนิ้วก้อยวนเป็นรูปครึ่งวงกลม



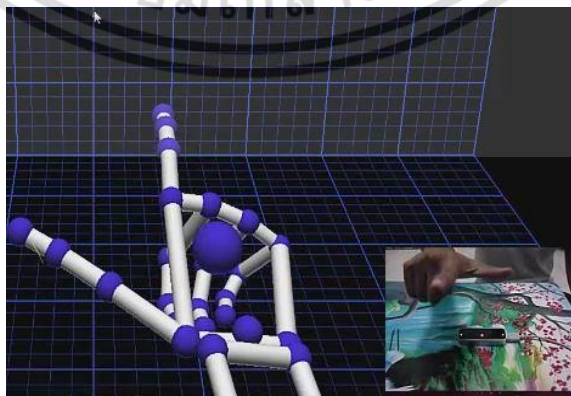
รูปที่ 3.22 แสดงท่าทางตัวอักษร J จาก Visualizer

ตัวอักษร K ชูสองนิ้ว นิ้วหัวแม่มือแนบติดระหว่างนิ้วชี้และนิ้วกลาง



รูปที่ 3.23 แสดงท่าทางตัวอักษร K จาก Visualizer

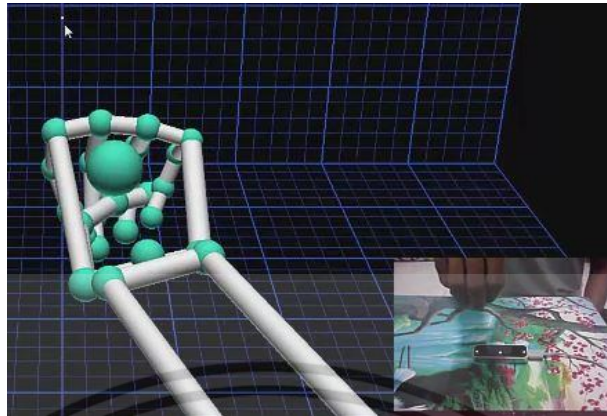
ตัวอักษร L กำมือ กางนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ เป็นรูปร่างคล้ายตัว L



รูปที่ 3.24 แสดงท่าทางตัวอักษร L จาก Visualizer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษร M กำมือ นิ้วหัวแม่มืออยู่ตรงกลางระหว่างนิ้วนางและนิ้วก้อย



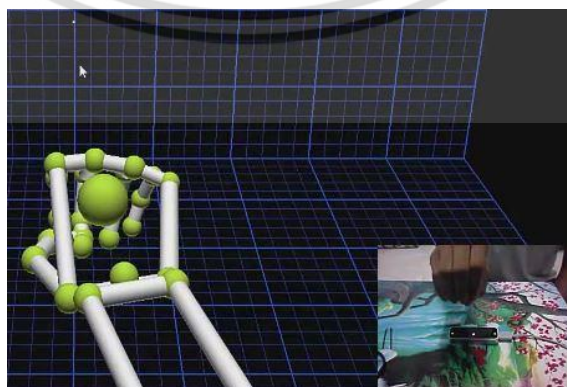
รูปที่ 3.25 แสดงท่าทางตัวอักษร M จาก Visualizer

ตัวอักษร N กำมือ นิ้วหัวแม่มืออยู่ตรงกลางระหว่างนิ้วกลางและนิ้วนาง



รูปที่ 3.26 แสดงท่าทางตัวอักษร N จาก Visualizer

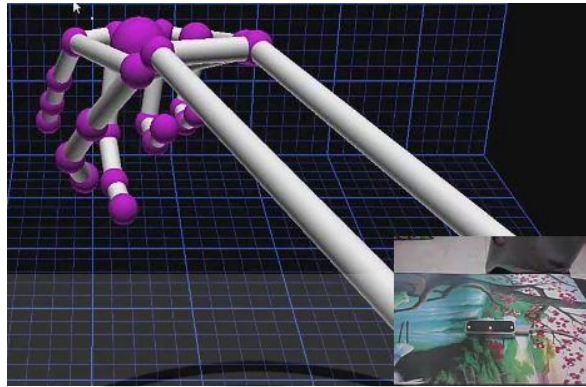
ตัวอักษร O กำมือแน่น



รูปที่ 3.27 แสดงท่าทางตัวอักษร O จาก Visualizer

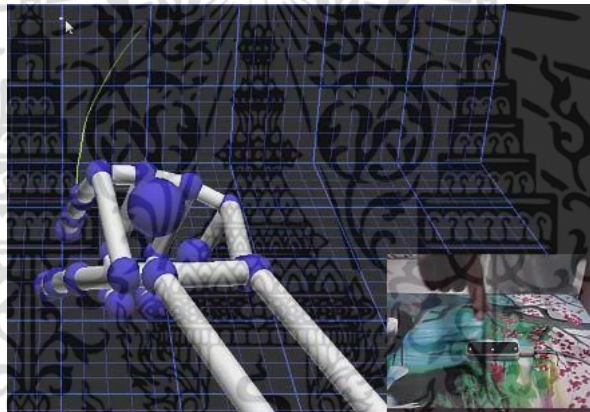
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษร P กำมือ ทั้งนิ้วกลางลง นิ้วหัวแม่มือพุ่งไปข้างหน้าแนบกับนิ้วกลาง



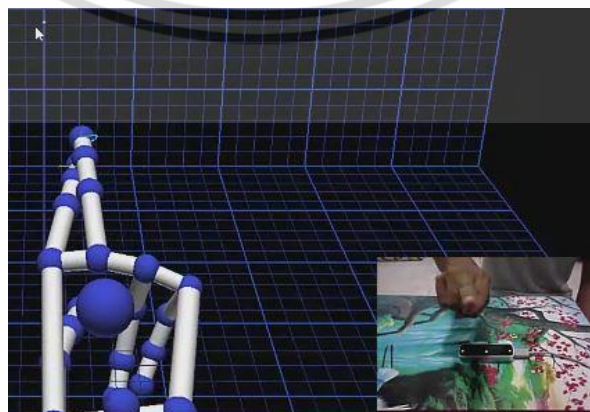
รูปที่ 3.28 แสดงท่าทางตัวอักษร P จาก Visualizer

ตัวอักษร Q กำมือ นิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ทำเหมือนคิ๊บแต่กว้างกว่า ตัว G



รูปที่ 3.29 แสดงท่าทางตัวอักษร Q จาก Visualizer

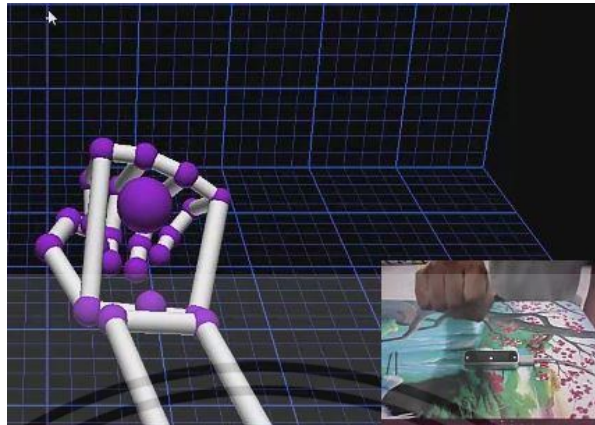
ตัวอักษร R ชูสองนิ้ว ไขว้กัน นิ้วกลางอยู่ด้านบน



รูปที่ 3.30 แสดงท่าทางตัวอักษร R จาก Visualizer

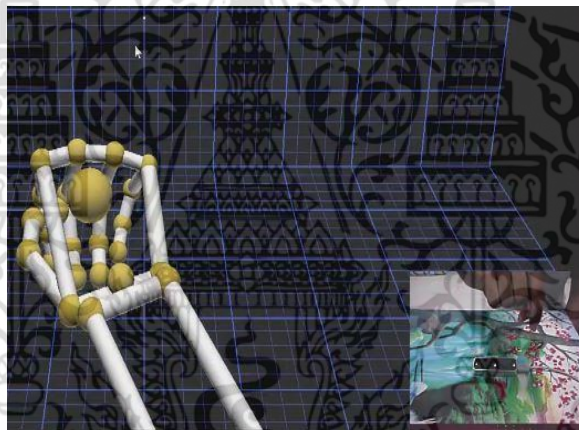
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษร S กำมือนิ้วหัวแม่มือแนบนิ้วชี้และนิ้วกลาง



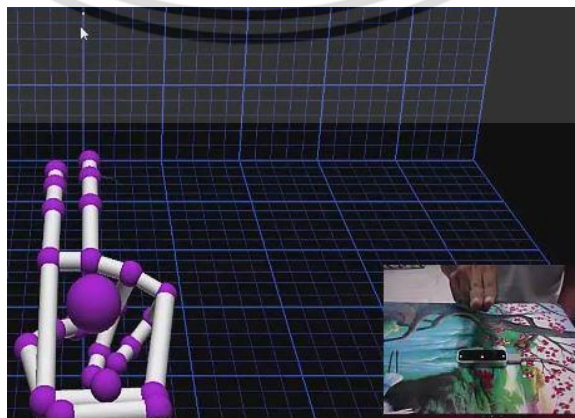
รูปที่ 3.31 แสดงท่าทางตัวอักษร S จาก Visualizer

ตัวอักษร T กำมือนิ้วหัวแม่มืออยู่ตรงกลางระหว่างนิ้วชี้และนิ้วกลาง



รูปที่ 3.32 แสดงท่าทางตัวอักษร T จาก Visualizer

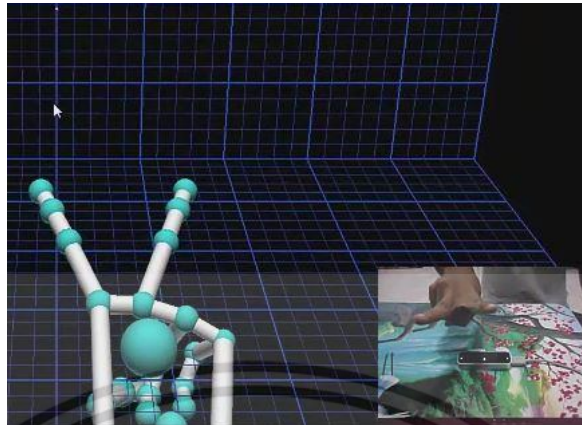
ตัวอักษร U ชูสองนิ้ว นิ้วชี้กับนิ้วกลางติดกัน



รูปที่ 3.33 แสดงท่าทางตัวอักษร U จาก Visualizer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษร V ชูสองนิ้ว แยกกัน



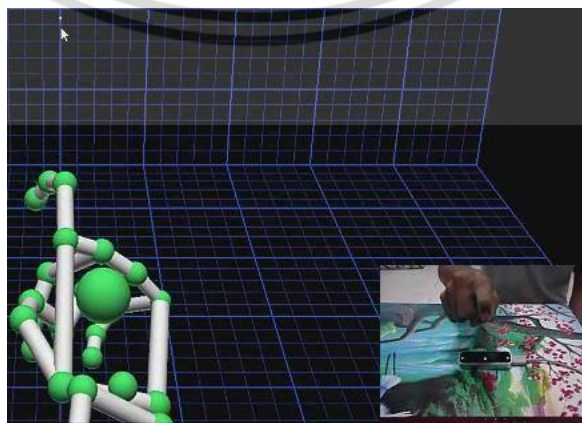
รูปที่ 3.34 แสดงท่าทางตัวอักษร V จาก Visualizer

ตัวอักษร W ชูสามนิ้ว แยกกันตาม



รูปที่ 3.35 แสดงท่าทางตัวอักษร W จาก Visualizer

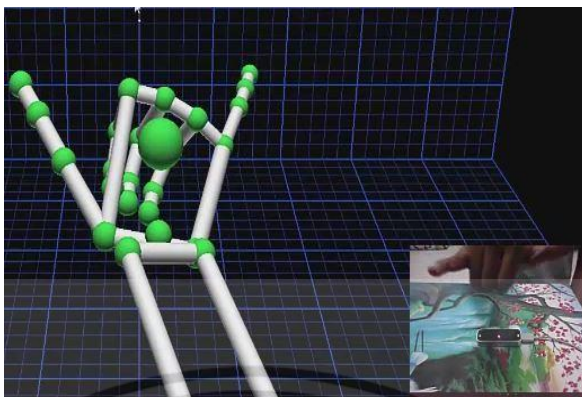
ตัวอักษร X กำมือ เขี่ยคิ้วชี้ตรงแล้วงอข้อต่อแรก



รูปที่ 3.36 แสดงท่าทางตัวอักษร X จาก Visualizer

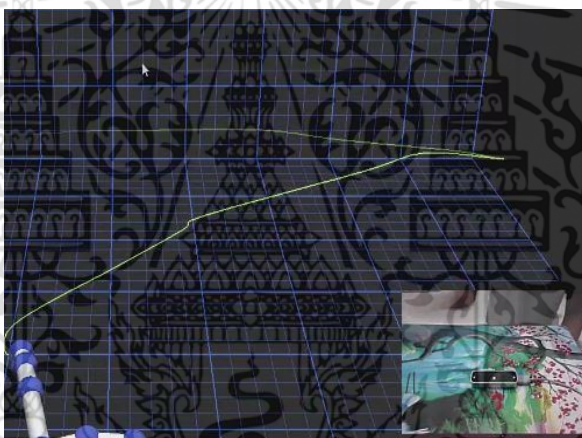
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษร Y กำมือ เขี่ยนิ้วหัวแม่มือและนิ้วก้อยออก



รูปที่ 3.37 แสดงท่าทางตัวอักษร Y จาก Visualizer

ตัวอักษร Z กำมือ นิ้วชี้เหยียดตรง วาดเป็น ตัว Z



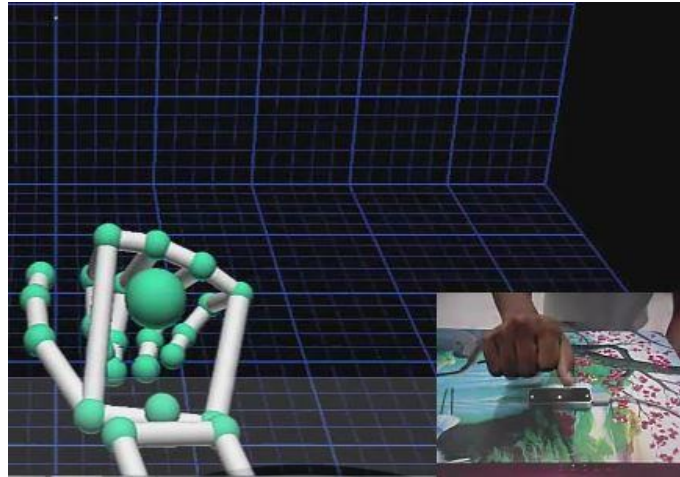
รูปที่ 3.38 แสดงท่าทางตัวอักษร Z จาก Visualizer

ตัวอักษรแบบอเมริกัน 26 ตัว จะเกิดค่ามุมขึ้น ซึ่งสามารถแยกแยะลักษณะเฉพาะของตัวอักษรแต่ละตัวได้ ดังนั้นเราจึงนำค่ามุมที่ได้ไปสร้างตัวอักษรแต่ละตัว

3.2.3.1 ตัวอย่างการสร้างตัวอักษร A

1. Run Program ของ Leap Motion Controller ตัวอย่างเช่น การเก็บค่าตัวอักษร A ในภาษามือแบบอเมริกัน ซึ่งแต่ละตัวอักษรจะเก็บค่ามุม 30 ครั้ง เพื่อนำค่าไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.39 แสดงตัวอย่างท่าทางตัวอักษร A

2. เมื่อ Run program หลังจากทำท่าทางแล้วจะได้ค่ามุมของแต่ละนิ้ว ซึ่งจะแสดงผลออกมาโดยใช้หน้าจอ Command

```

D:\Work\LeapDeveloperKit_2.2.4+26750_win\LeapSDK\samples\Debug\SampleVS2008.exe
B0::11.6493C0::7.83584
A1::8.84826B1::4.30539C1::3.62304
A2::13.4489B2::4.18577C2::3.55809
A3::9.04876B3::3.71821C3::3.132
A4::11.5926B4::11.5926C4::3.41025
AA1::17.0485
BB1::2.4524
CC1::15.3485
DD1::40.5012
B0::11.6493C0::7.83584
A1::8.84826B1::4.30539C1::3.62304
A2::13.4489B2::4.18577C2::3.55809
A3::9.04876B3::3.71821C3::3.132
A4::11.5926B4::11.5926C4::3.41025
AA1::17.0485
BB1::2.4524
CC1::15.3485
DD1::40.5012
B0::11.6493C0::7.83584
A1::8.84826B1::4.30539C1::3.62304
A2::13.4489B2::4.18577C2::3.55809
A3::9.04876B3::3.71821C3::3.132
A4::11.5926B4::11.5926C4::3.41025
AA1::17.0485
BB1::2.4524
  
```

รูปที่ 3.40 แสดงหน้าต่าง command ที่แสดงค่ามุมของแต่ละข้อนิ้ว

3. เมื่อเก็บค่าครบ 30 ครั้งต่อตัวอักษร ในงานวิจัยนี้จะเก็บค่ามุมจาก 10 คน แล้วนำค่าต่ำสุด สูงสุด ไปเขียนในโปรแกรม source code เพื่อใช้ในการแปลตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

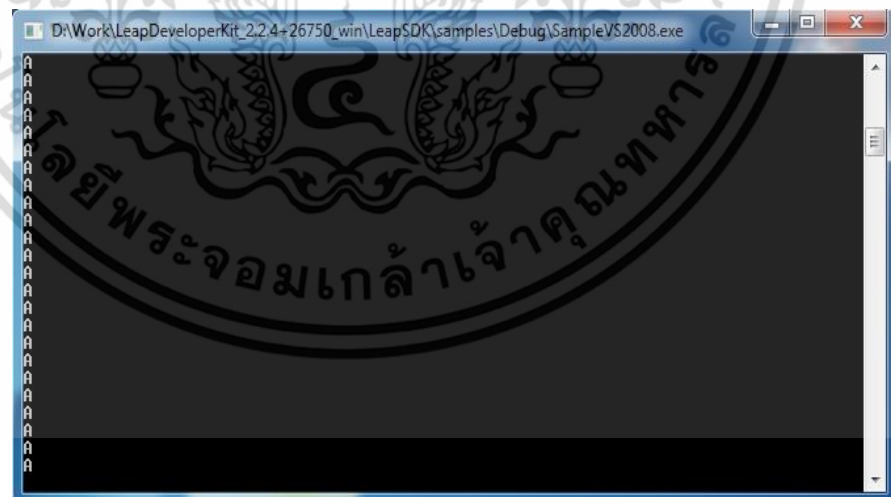
```

//***** KEEP VALUE OF CHARACTER OF A*****\\
if (B0 >= 0 && B0 <= 26 && C0 >= 0.5 && C0 <= 29 &&
A1 >= 49 && A1 <= 84 && B1 >= 54 && B1 <= 90 &&
C1 >= 25 && C1 <= 45 && A2 >= 60 && A2 <= 90 &&
B2 >= 70 && B2 <= 90 && C2 >= 28 && C2 <= 45 &&
A3 >= 59 && A3 <= 90 && B3 >= 69 && B3 <= 90 &&
C3 >= 25 && C3 <= 46 && A4 >= 59 && A4 <= 90 &&
B4 >= 69 && B4 <= 89 && C4 >= 26 && C4 <= 46 &&
AA1 >= 2 && AA1 <= 10 && BB1 >= 2 && BB1 <= 10 &&
CC1 >= 4 && CC1 <= 15)
{
    std::cout
    << "A"
    << std::endl;
}

```

รูปที่ 3.41 แสดงตัวอย่าง source code

4. เมื่อนำค่ามุมที่ได้ไปเขียนในโปรแกรม source code เรียบร้อยแล้วต่อไป Run program เพื่อทดสอบท่าทางของตัวอักษรในภาษามือแบบอเมริกัน โดยตัวอย่างจากรูปภาพที่ 3.42 เป็น output ในการทำท่าทางมือของตัวอักษร A



รูปที่ 3.42 การแสดงผลพัทธ์เป็นตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบการทดลอง

3.3.1 การทดลองที่ 1 ทดสอบความถูกต้องของระบบ

3.3.1.1 วิธีการทดลองที่ 1

1. กำหนดตำแหน่งที่จะติดตั้ง Leap Motion Sensor ซึ่งในการทำท่าทางมือต้องอยู่ห่างจากตัว Sensor ประมาณ 10-50 เซนติเมตร
2. ให้ผู้เข้าร่วมทดสอบแสดงท่าทางดังรูปที่ 3.43-3.45 ที่ละท่าพร้อมโดยใช้เครื่องวัด Goniometer วัดมุมในส่วนที่ต้องการเก็บค่าพร้อมจดบันทึกไว้ และอ่านค่ามุมที่ได้จากระบบพร้อมจดบันทึก
3. จากข้อที่ 3 ทำการบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในตาราง เพื่อหาค่าความถูกต้องของมุมระหว่างเครื่อง วัดgoniometer กับระบบ

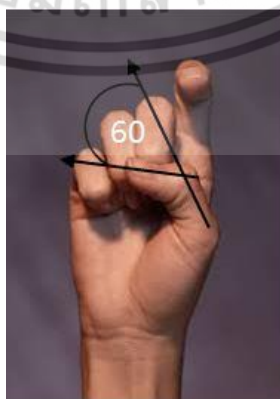
3.3.1.2 ท่าทางที่ใช้ทดลอง

ในการทดลองนี้เราจะเลือกมา 3 มุม ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันดังนี้



รูปที่ 3.43 แสดงการวัดมุมของนิ้วนางระหว่างข้อ Distal และ Intermediate

จากรูปที่ 3.43 เป็นท่าทางที่แสดงการวัดมุมของนิ้วนางระหว่างข้อ Distal และ Intermediate ซึ่งจะเห็นว่าค่ามุมมีค่า 0 องศา



รูปที่ 3.44 แสดงการวัดมุมของนิ้วโป้งระหว่างข้อ Distal และ Intermediate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.44 เป็นท่าทางการวัดมุมองของนิ้วโป้งระหว่างข้อ Distal และ Intermediate ซึ่งจากรูปจะมีค่ามุม 60 องศา



รูปที่ 3.45 แสดงการวัดมุมองระหว่างนิ้วโป้งข้อ Intermediate และ นิ้วชี้ข้อ Proximal

จากรูปที่ 3.45 เป็นท่าทางการวัดมุมองระหว่างนิ้วโป้งข้อ Intermediate และ นิ้วชี้ข้อ Proximal ซึ่งมีค่ามุม 40 องศา

3.3.2 การทดลองที่ 2 การวัดค่ามุมที่ใช้สำหรับสร้างตัวอักษร C โดยผู้วิจัย

3.3.2.1 วิธีการทดลองที่ 2

1. กำหนดตำแหน่งที่จะติดตั้ง Leap Motion Sensor ซึ่งในการทำท่าทางมือต้องอยู่ห่างจากตัว Sensor ประมาณ 10-50 เซนติเมตร
2. ให้ผู้ออกแบบแสดงท่าทางดังรูปที่ 3.46 โดยใช้เครื่องวัด Goniometer วัดมุมในส่วนที่ต้องการเก็บค่าพร้อมจดบันทึกไว้ และอ่านค่ามุมที่ได้จากระบบพร้อมจดบันทึก
3. จากข้อที่ 2 ทำการบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในตาราง

3.3.2.2 ท่าทางที่ใช้ทดลอง

สำหรับท่าทางที่ใช้ในการทดลอง เราจะเลือกตัวอักษร C จากทั้งหมด 26 ตัวอักษร



รูปที่ 3.46 แสดงตัวอักษร C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การทดสอบที่ 3 ทดสอบความถูกต้องของการแปล 26 ตัวอักษรแบบอเมริกัน

3.3.3.1 วิธีการทดลองที่ 3

1. กำหนดตำแหน่งที่จะติดตั้ง Leap Motion Sensor ซึ่งในการทำท่าทางมือต้องอยู่ห่างจากตัว Sensor ประมาณ 10-50 เซนติเมตร
2. เก็บข้อมูลผู้เข้าร่วมทดสอบจำนวน 20 คน
3. ให้ผู้เข้าร่วมทดสอบแสดงท่าทางของตัวอักษร A-Z ดังรูป 3.47 ที่ละท่า และอ่านค่าจากระบบพร้อมจดบันทึก
4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

3.3.3.2 ท่าทางที่ใช้ทดลอง

สำหรับท่าทางที่ใช้ในการทดลอง มีทั้งหมด 26 ตัวอักษร



รูปที่ 3.47 แสดงตัวอักษร ASL

ที่มา : <http://www.lifefprint.com/asl101/topics/wallpaper1.htm>

3.3.4 การทดสอบที่ 4 ทดสอบความถูกต้องของการสะกดตัวอักษรเป็นคำ เป็นประโยค และแปลท่าทางเป็นประโยคโดยผู้สร้างระบบ

3.3.4.1 วิธีการทดลองที่ 4.1

1. กำหนดตำแหน่งที่จะติดตั้ง Leap Motion Sensor ซึ่งในการทำท่าทางมือต้องอยู่ห่างจากตัว Sensor ประมาณ 10-50 เซนติเมตร
2. ผู้สร้างระบบทดสอบสะกดตัวอักษรเป็นคำจำนวน 5 คำ ดังนี้ 1). LOVE 2). FATHER 3). YOU 4). CHOPHUK 5). HAPPY
3. จากข้อที่ 3 ทำการบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในตาราง

3.3.4.2 วิธีการทดลองที่ 4.2

1. กำหนดตำแหน่งที่จะติดตั้ง Leap Motion Sensor ซึ่งในการทำท่าทางมือต้องอยู่ห่างจากตัว Sensor ประมาณ 10-50 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผู้สร้างระบบทดสอบสะกดตัวอักษรเป็นประโยค 5 ประโยคสำหรับ
ภาษามือแบบอเมริกัน 1). YOU | LOVE 2). EGG | COOK 3). RICE | EAT 4). BALL |
CHASE 5). BOOK | READ

3. จากข้อที่ 2 ทำการบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในตาราง

3.3.4.3 วิธีการทดลองที่ 4.3

1. กำหนดตำแหน่งที่จะติดตั้ง Leap Motion Sensor ซึ่งในการทำท่าทาง
ของมือต้องอยู่ห่างจากตัว Sensor ประมาณ 10-50 เซนติเมตร

2. ผู้สร้างระบบทดสอบแปลท่าทางสัญลักษณ์จำนวน 5 ท่าทางดังนี้
สัญลักษณ์มือ | LOVE YOU



รูปที่ 3.48 แสดงสัญลักษณ์มือ | LOVE YOU

สัญลักษณ์มือ PLEASED



รูปที่ 3.49 แสดงสัญลักษณ์มือ PLEASED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์มือ GOOD



รูปที่ 3.50 แสดงสัญลักษณ์มือ GOOD

สัญลักษณ์มือ STOP



รูปที่ 3.51 แสดงสัญลักษณ์มือ STOP

สัญลักษณ์มือ NO



รูปที่ 3.52 แสดงสัญลักษณ์มือ NO

3. จากข้อที่ 3 ทำการบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

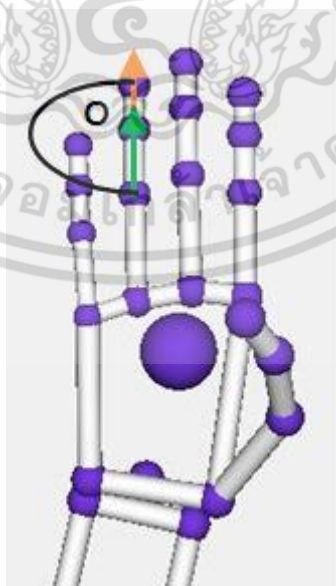
ผลการทดลอง

ในบทนี้จะอธิบายถึงผลการทดลองในการแปลภาษามือแบบอเมริกัน (American Sign Language ; ASL) ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 4 การทดลอง คือ 1). การวัดมุมของนิ้วนางระหว่างข้อ Distal และ Intermediate การวัดมุมของนิ้วโป้งระหว่างข้อ Distal และ Intermediate และ การวัดมุมของนิ้วโป้งข้อ Intermediate และ นิ้วชี้ข้อ Proximal โดยระบบเทียบกับเครื่องมือวัด goniometer 2). การวัดค่ามุมของนิ้วมือที่นำมาอ้างอิงเพื่อสร้างตัวอักษรแบบอเมริกัน ในการทดลองนี้ยกตัวอย่าง ตัวอักษร C 3). การทดสอบแปลท่าทางมือแบบอเมริกัน 26 ตัวอักษรโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน 4). ตัวอย่างประโยคที่เกิดจากการสะกดตัวอักษรให้เป็นคำและประโยค และ แปลท่าทางสัญลักษณ์ภาษามือ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การทดลองที่1 เปรียบเทียบค่ามุมของตัวอย่างมุมที่นำมาใช้ในระบบเพื่อสร้างตัวอักษร ASL ระหว่างระบบเทียบกับเครื่องวัด Goniometer

การทดลองที่ 1 เปรียบเทียบค่ามุมระหว่างระบบเทียบกับเครื่องวัด Goniometer เพื่อตรวจสอบความถูกต้องค่ามุมที่ได้จากระบบ โดยใช้ระบบวัดค่ามุมของนิ้วมือและนำมาเปรียบเทียบกับค่ามุมที่วัดจากเครื่องมือวัดมาตรฐาน (Finger Goniometer) โดยจะทดสอบกับผู้เข้าทดสอบจำนวน 20 คน

4.1.1 เปรียบเทียบค่ามุมของนิ้วนางระหว่างข้อ Distal และ Intermediate



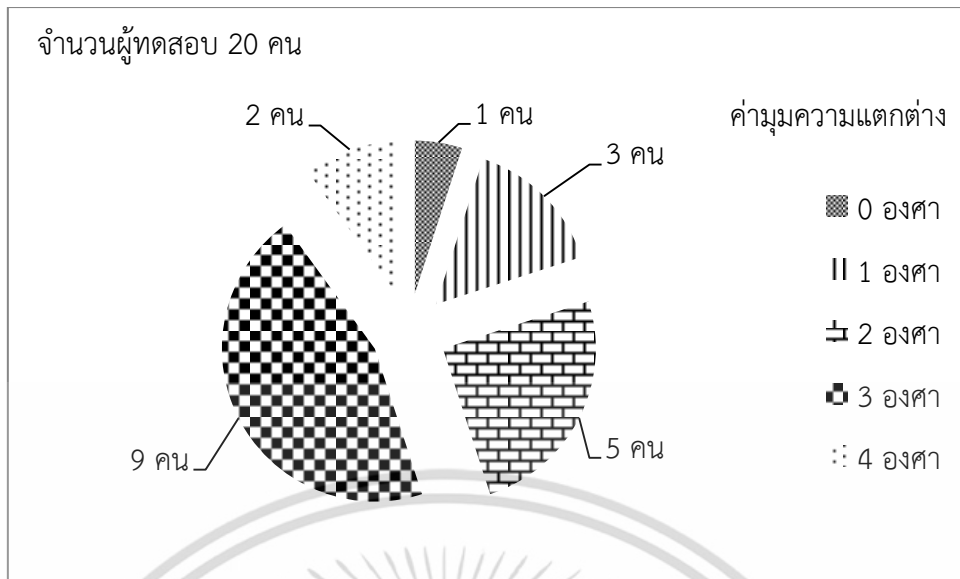
รูปที่ 4.1 แสดงการวัดมุมของนิ้วนางระหว่างข้อ Distal และ Intermediate ของ skeleton

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลเปรียบเทียบการวัดมุมของนิ้วนางระหว่างข้อ Distal และ Intermediate ระหว่างระบบเทียบกับเครื่องวัด Finger Goniometer

คนที่	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กก.)	ส่วนสูง (ซม.)	ค่ามุม		ค่าความ แตกต่าง
				Goniometer (องศา)	ระบบ (องศา)	
1	19	43	160	0	2	2
2	20	90	176	1	1	0
3	21	75	173	0	4	4
4	24	64	164	3	4	1
5	24	81	174	0	3	3
6	18	47	151	2	4	2
7	18	73	184	1	5	4
8	18	74	174	1	4	3
9	24	89	184	0	2	2
10	20	72	171	2	4	2
11	19	57	174	1	4	3
12	20	77	171	0	3	3
13	19	84	177	3	2	1
14	21	63	175	0	3	3
15	18	82	176	0	2	2
16	22	60	167	1	4	3
17	20	57.5	174	4	5	1
18	21	86	173	0	3	3
19	19	95	185	1	4	3
20	22	52	156	0	3	3

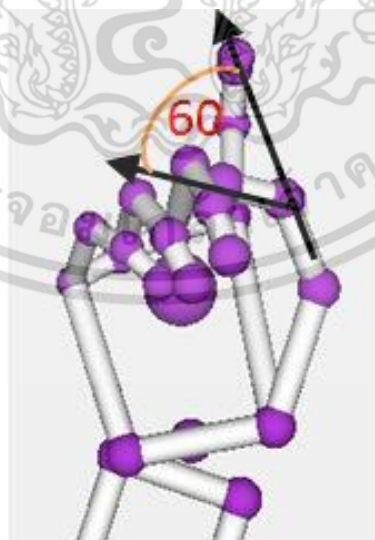
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟวงกลมแสดงค่ามุมความแตกต่างระหว่างระบบเทียบกับ Finger Goniometer ของตารางที่ 4.1

จากรูปที่ 4.2 พบว่าค่ามุมของนิ้วนางระหว่างข้อ Distal และ Intermediate ที่วัดจากระบบมีค่าใกล้เคียงกับ Goniometer มีความแตกต่างเพียง 0-4 องศา ซึ่งจะเป็นค่าที่ยอมรับได้ในทางการแพทย์ โดยจะเห็นว่าจากจำนวนผู้ทดสอบ 20 คน มีจำนวนผู้ทดสอบ 9 คน ที่มีค่ามุมที่วัดจากระบบเทียบกับ Goniometer ต่างกัน 3 องศา มีจำนวนผู้ทดสอบ 1 คน มีค่ามุมเท่ากับระหว่างระบบและ Finger Goniometer

4.1.2 เปรียบเทียบค่ามุมของนิ้วโป้งระหว่างข้อ Distal และ Intermediate



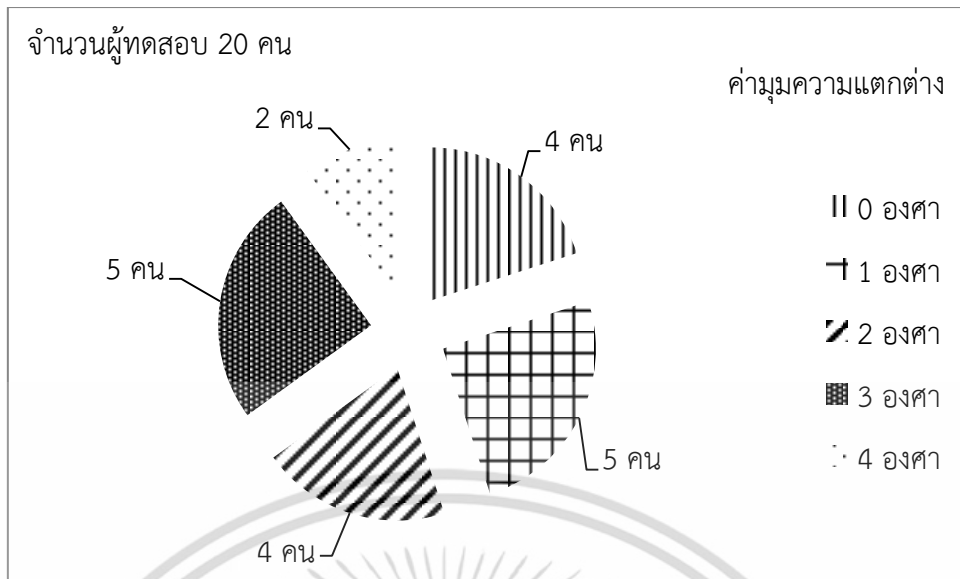
รูปที่ 4.3 แสดงการวัดมุมของนิ้วโป้งระหว่างข้อ Distal และ Intermediate ของ skeleton

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลเปรียบเทียบการวัดมุมของนิ้วโป้งระหว่างข้อ Distal และ Intermediate ระหว่างระบบเทียบกับเครื่องวัด Finger Goniometer

คนที่	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กก.)	ส่วนสูง (ซม.)	ค่ามุม		ค่าความ แตกต่าง
				Goniometer (องศา)	ระบบ (องศา)	
1	19	43	160	60	62	2
2	20	90	176	60	61	1
3	21	75	173	60	59	1
4	24	64	164	60	58	2
5	24	81	174	60	63	3
6	18	47	151	60	60	0
7	18	73	184	60	61	1
8	18	74	174	60	63	3
9	24	89	184	60	62	2
10	20	72	171	60	64	4
11	19	57	174	60	63	3
12	20	77	171	60	64	4
13	19	84	177	60	60	0
14	21	63	175	60	61	1
15	18	82	176	60	62	2
16	22	60	167	60	63	3
17	20	57.5	174	60	60	0
18	21	86	173	60	59	1
19	19	95	185	60	60	0
20	22	52	156	60	63	3

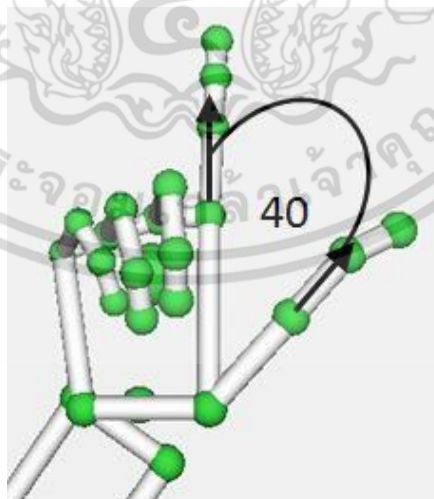
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟวงกลมแสดงค่ามุมความแตกต่างระหว่างระบบเทียบกับ Finger Goniometer ของตารางที่ 4.2

จากรูปที่ 4.4 พบว่าค่ามุมของนิ้วโป้งระหว่างข้อ Distal และ Intermediate ที่วัดจากระบบมีค่าใกล้เคียงกับ Goniometer แตกต่างกันเพียง 0-4 องศา ซึ่งเป็นค่าที่เชื่อถือได้ โดยจะเห็นว่าจากจำนวนผู้ทดสอบ 20 คน มีจำนวนผู้ทดสอบ 2 คน ที่มีค่ามุมที่วัดจากระบบเทียบกับ Goniometer ต่างกัน 4 องศา และมีจำนวนผู้ทดสอบ 4 คน มีค่ามุมเท่ากันระหว่างระบบและ Finger Goniometer

4.1.3 เปรียบเทียบค่ามุมระหว่างหัวนิ้วโป้งและนิ้วชี้



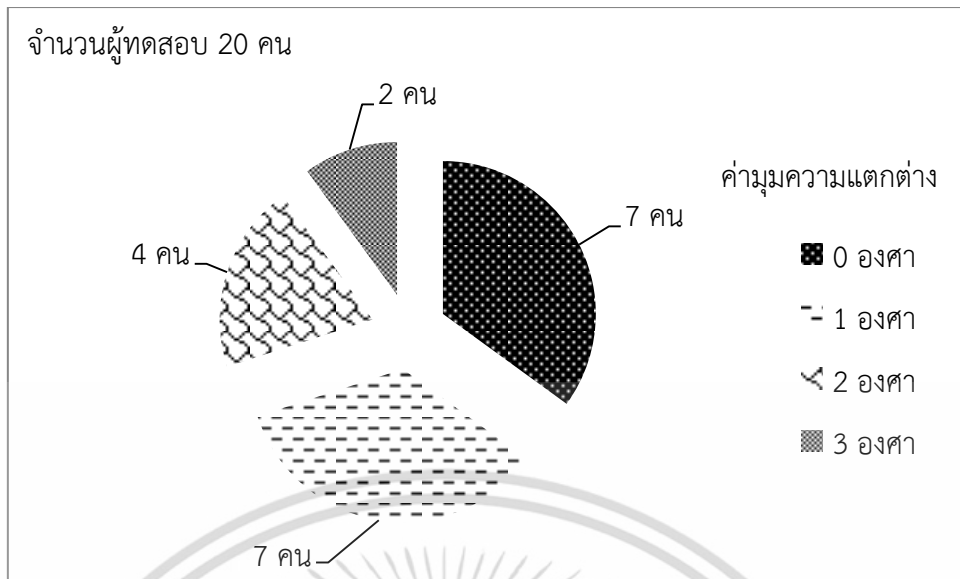
รูปที่ 4.5 แสดงการวัดมุมระหว่างนิ้วโป้งข้อ Intermediate และ นิ้วชี้ข้อ Proximal ของ Skeleton

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลเปรียบเทียบการวัดมุมระหว่างนิ้วโป้งข้อ Intermediate และ นิ้วชี้ข้อ Proximal ระหว่างระบบเทียบกับเครื่องวัด Finger Goniometer

คนที่	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กก.)	ส่วนสูง (ซม.)	ค่ามุม		ค่าความ แตกต่าง
				Goniometer (องศา)	ระบบ (องศา)	
1	19	43	160	40	43	3
2	20	90	176	40	42	2
3	21	75	173	40	40	0
4	24	64	164	40	41	1
5	24	81	174	40	43	3
6	18	47	151	40	39	1
7	18	73	184	40	40	0
8	18	74	174	40	41	1
9	24	89	184	40	40	0
10	20	72	171	40	40	0
11	19	57	174	40	40	0
12	20	77	171	40	41	1
13	19	84	177	40	42	2
14	21	63	175	40	42	2
15	18	82	176	40	41	1
16	22	60	167	40	40	0
17	20	57.5	174	40	41	1
18	21	86	173	40	42	2
19	19	95	185	40	41	1
20	22	52	156	40	40	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

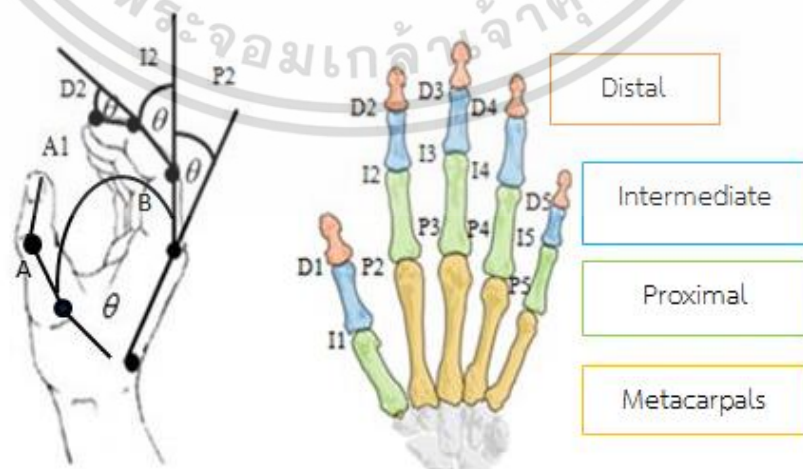


รูปที่ 4.6 กราฟวงกลมแสดงค่ามุมความแตกต่างระหว่างระบบเทียบกับ Finger Goniometer ของตารางที่ 4.3

จากรูปที่ 4.6 พบว่าค่ามุมของการวัดมุมระหว่างนิ้วโป้งข้อ Intermediate และ นิ้วชี้ข้อ Proximal ที่วัดจากระบบ มีค่าใกล้เคียงกับ Goniometer แตกต่างเพียง 0-3 องศา ซึ่งจะเป็นค่าที่ยอมรับได้ โดยจะเห็นว่า จากจำนวนผู้ทดสอบ 20 คน มีจำนวนผู้ทดสอบ 3 คน ที่มีค่ามุมที่วัดจากระบบเทียบกับ Goniometer ต่างกัน 3 องศา และมีจำนวนผู้ทดสอบ 7 คน มีค่ามุมเท่ากัน

4.2 การทดลองที่ 2 การวัดค่ามุมทั้งหมดที่ถูกใช้สำหรับสร้างตัวอักษร C

การทดลองที่ 2 จะเป็นรูปแบบของการสร้างตัวอักษรภาษามือแบบอเมริกัน ซึ่งเราใช้ค่ามุมของนิ้วมือสำหรับสร้างตัวอักษรของแต่ละตัว สำหรับตัวอักษร C ใช้ค่ามุมของนิ้วมือเพื่อสร้างตัวอักษร 14 มุม จากทั้งหมด 20 มุม



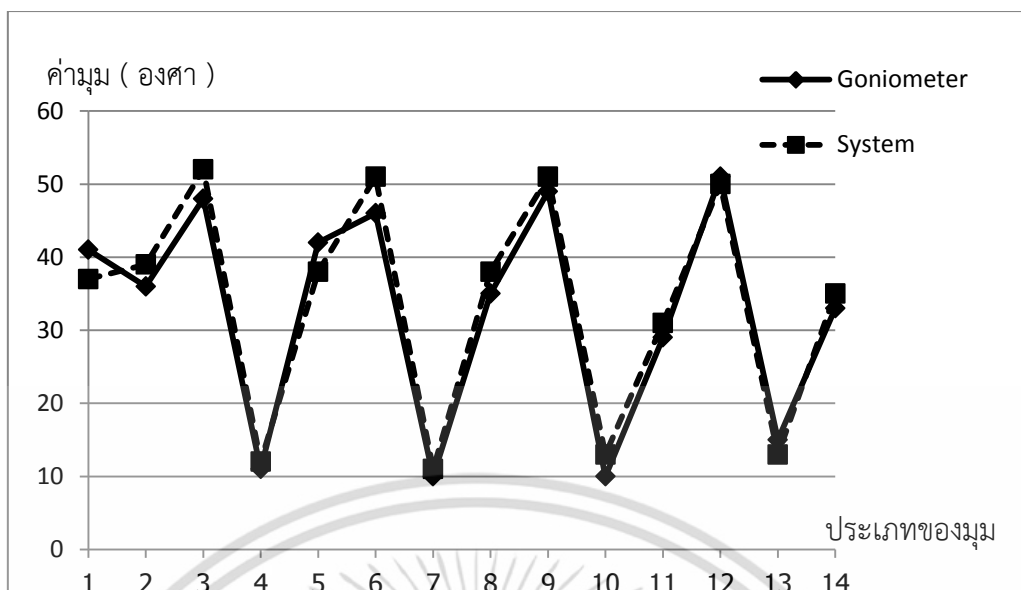
รูปที่ 4.7 แสดงมุมของตัวอักษร C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงค่ามุมที่ถูกใช้ในระบอบทั้งหมดของการสร้างตัวอักษร C

ลำดับ	ประเภทของมุมที่ใช้ในการสร้างตัวอักษร C	Goniometer (องศา)	ค่ามุมของระบบ	% ความแตกต่าง
1	มุมของนิ้วโป้งระหว่างข้อ Distal และ Intermediate	41	37	4
2	มุมของนิ้วชี้ระหว่างข้อ Distal และ Intermediate	36	39	3
3	มุมของนิ้วชี้ระหว่างข้อ Intermediate และ Proximal	48	52	4
4	มุมของนิ้วชี้ระหว่างข้อ Proximal และ Metacarpals	11	12	1
5	มุมของนิ้วกลางระหว่างข้อ Distal และ Intermediate	42	38	4
6	มุมของนิ้วกลางระหว่างข้อ Intermediate และ Proximal	46	51	5
7	มุมของนิ้วกลางระหว่างข้อ Proximal และ Metacarpals	10	11	1
8	มุมของนิ้วนางระหว่างข้อ Distal และ Intermediate	35	38	3
9	มุมของนิ้วนางระหว่างข้อ Intermediate และ Proximal	49	51	2
10	มุมของนิ้วนางระหว่างข้อ Proximal และ Metacarpals	10	13	3
11	มุมของนิ้วก้อยระหว่างข้อ Distal และ Intermediate	29	31	2
12	มุมของนิ้วก้อยระหว่างข้อ Intermediate และ Proximal	51	50	1
13	มุมของนิ้วก้อยระหว่างข้อ Proximal และ Metacarpals	15	13	2
14	มุมระหว่างนิ้วโป้งข้อ Intermediate และ นิ้วชี้ข้อ Proximal	33	35	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงมุมต่างๆของการสร้างตัวอักษร C ของตารางที่ 4.4

จากรูปที่ 4.8 พบว่าค่ามุมของท่าทางตัวอักษร C ที่วัดจากระบบมีค่าใกล้เคียงกับ Goniometer ซึ่งต่างกันไม่เกิน 5 องศา ดังนั้นจะเห็นว่าค่ามุมที่วัดออกมาจึงมีค่าแน่นอน สามารถนำมาเปรียบเทียบค่ามุมของท่าทางเพื่อสร้างตัวอักษรต่างๆได้ และตัวอักษร C ใช้มุมเพียง 14 มุม จากทั้งหมด 26 มุม

4.3 การทดลองที่ 3 ทดสอบความถูกต้องของการแปลตัวอักษรแบบอเมริกัน

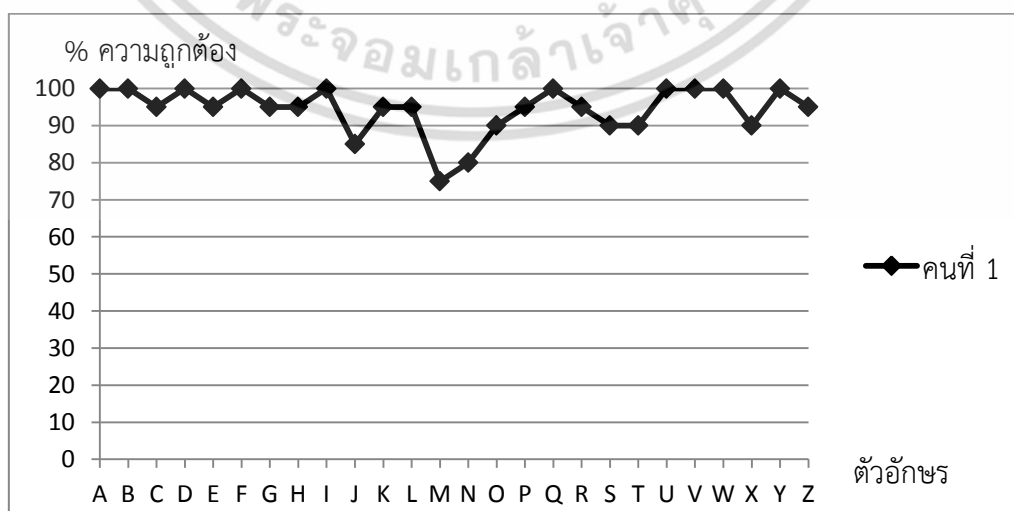
สำหรับการทดลองนี้จะทดสอบความถูกต้องของการแปลภาษามือแบบอเมริกัน 20 ครั้งต่อตัวอักษร โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน โดยผลการทดลองสามารถแสดงได้ตามตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 1

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด , จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	% ร้อยละของ ความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	20	-	-	-	100
B	20	-	-	-	100
C	19	1	-	1	95
D	20	-	-	-	100
E	19	1	-	1	95
F	20	-	-	-	100
G	19	1	-	1	95
H	19	1	-	1	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด , จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	% ร้อยละของ ความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
I	20	-	-	-	100
J	17	3	(I, 2)	1	85
K	19	1	-	1	95
L	19	1	-	1	95
M	15	5	(N, 1), (S, 1)	3	75
N	16	4	(T, 2), (S, 1)	1	80
O	18	2	(C, 1)	1	90
P	19	1	-	1	95
Q	20	-	-	-	100
R	19	1	-	1	95
S	18	2	(T, 1)	1	90
T	18	2	-	2	90
U	20	-	-	-	100
V	20	-	-	-	100
W	20	-	-	-	100
X	18	2	-	2	90
Y	20	-	-	-	100
Z	19	1	-	1	95
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกทำทาง					94.42



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 1

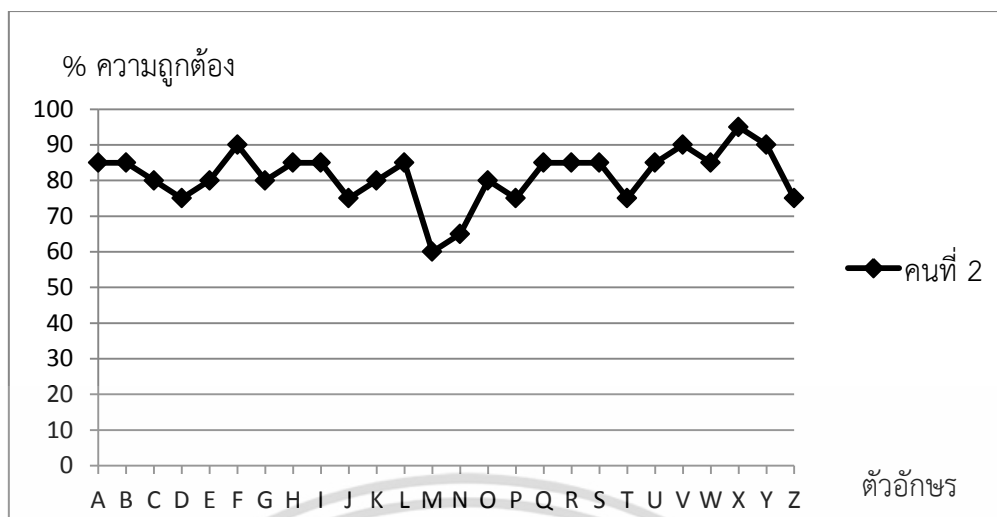
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 พบว่าเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของคนี่ 1 มีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 94.42 เปอร์เซ็นต์ และจะเห็นว่า 10 ตัวอักษรที่มีความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 2

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด, จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	% ร้อยละของ ความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	17	3	-	3	85
B	17	3	-	3	85
C	16	4	(E, 1)	3	80
D	15	5	(P, 1)	4	75
E	16	4	(O, 2)	2	80
F	18	2	-	2	90
G	16	4	-	4	80
H	17	3	-	3	85
I	17	3	-	3	85
J	15	5	(I, 4)	1	75
K	16	4	-	4	80
L	17	3	-	3	85
M	12	8	(N, 4), (S, 2)	2	60
N	13	7	(M, 3), (T, 4)	-	65
O	16	4	(C, 1)	3	80
P	15	5	(P, 3)	2	75
Q	17	3	-	3	85
R	17	3	-	3	85
S	17	3	(T, 2)	1	85
T	15	5	(S, 2), (N, 1)	2	75
U	17	3	-	3	85
V	18	2	-	2	90
W	17	3	-	3	85
X	19	1	-	1	95
Y	18	2	-	2	90
Z	15	5	-	5	75
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง					81.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 2

จากรูปที่ 4.10 จากเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 2 จะเห็นว่าตัวอักษร M และ N มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง 60 และ 65 ตามลำดับ และมีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 81.34 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 3

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด, จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	% ร้อยละของ ความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	20	-	-	-	100
B	18	2	-	2	90
C	17	3	(E, 2)	1	85
D	18	2	(P, 1)	1	90
E	17	3	(O, 2),(C, 1)	-	85
F	19	1	-	1	95
G	19	1	-	1	95
H	17	3	-	3	85
I	18	2	-	2	90
J	13	7	(I, 6)	1	65
K	17	3	-	3	85
L	19	1	-	1	95
M	12	8	(N, 6)	2	60
N	10	10	(M, 4), (T, 2)	4	50
O	16	4	-	4	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษรที่ทำการทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด, จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดงตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	% ร้อยละของความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
P	16	4	(D, 1)	3	80
Q	17	3	-	3	85
R	18	2	-	2	90
S	16	4	(A, 1), (N, 1)	2	80
T	12	8	(A, 2), (S, 1)	5	60
U	19	1	-	1	95
V	18	2	-	2	90
W	17	3	-	3	85
X	17	3	-	3	85
Y	18	2	-	2	90
Z	17	3	-	3	85
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง					83.65



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 3

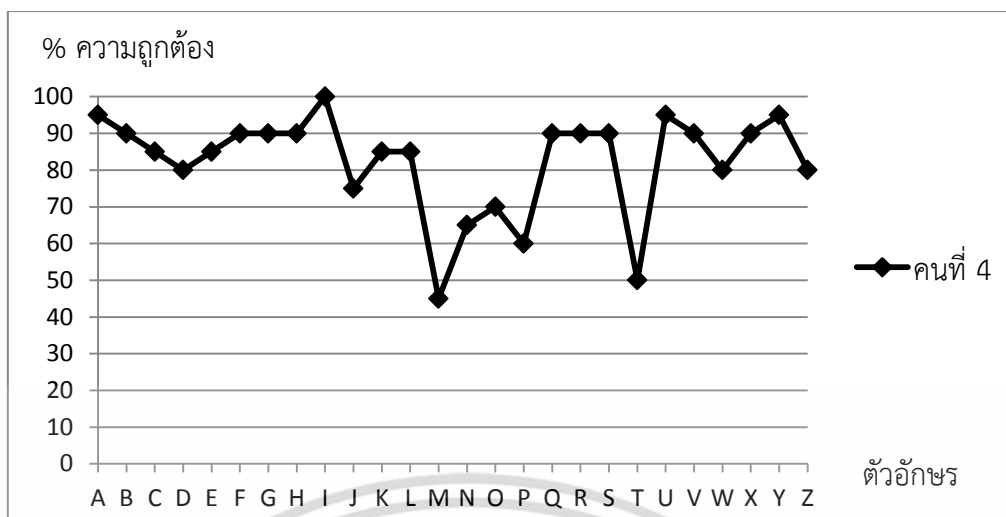
จากรูปที่ 4.11 พบว่าเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 3 มีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 83.65 เปอร์เซ็นต์ และตัวอักษร M และ N มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง 60 และ 50 ตามลำดับ จากกราฟจะเห็นว่า 1 ตัวอักษรที่มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือตัวอักษร A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 4

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด, จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	% ร้อยละของ ความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	19	1		1	95
B	18	2	-	2	90
C	17	3	-	3	85
D	16	4	(P, 1)	3	80
E	17	3	(O, 1)	2	85
F	18	2	-	2	90
G	18	2	-	2	90
H	18	2	-	2	90
I	20	-	-	-	100
J	15	5	(I, 4)	1	75
K	17	3	-	3	85
L	17	3	-	3	85
M	9	11	(N, 7), (S, 2)	2	45
N	13	7	(M, 3), (T, 2)	2	65
O	14	6	(C, 2)	4	70
P	12	8	(D, 3)	5	60
Q	18	2	-	2	90
R	18	2	-	2	90
S	18	2	(T, 1)	1	90
T	10	10	(S, 3), (N, 3)	4	50
U	19	1	-	1	95
V	18	2	-	2	90
W	16	4	-	4	80
X	18	2	-	2	90
Y	19	1	-	1	95
Z	16	4	-	4	80
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง					82.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 4

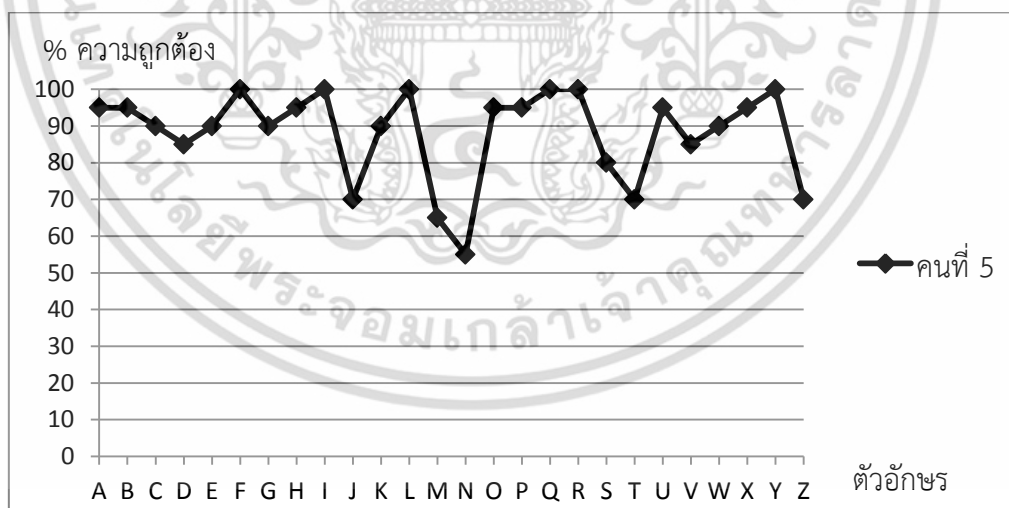
จากรูปที่ 4.12 พบว่าเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 4 มีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 82.30 เปอร์เซ็นต์ และตัวอักษร M มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องน้อยที่สุดคือ 45 เปอร์เซ็นต์ จากกราฟตัวอักษร I มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูงสุดคือ 100 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 5

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด , จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	% ร้อยละของ ความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	19	1	-	1	95
B	19	1	-	1	95
C	18	2	-	2	90
D	17	3	(P, 1)	2	85
E	18	2	(O, 1)	1	90
F	20	-	-	-	100
G	18	2	-	2	90
H	19	1	-	1	95
I	20	-	-	-	100
J	14	6	(I, 5)	1	70
K	18	2	-	2	90
L	20	-	-	-	100
M	13	7	(N, 5), (T, 1)	1	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด , จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	% ร้อยละของ ความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
N	11	9	(S, 2), (M, 4), (T, 2)	1	55
O	19	1	-	1	95
P	19	1	-	1	95
Q	20	-	-	-	100
R	20	-	-	-	100
S	16	4	(T, 1), (A, 2)	1	80
T	14	6	(S, 3), (A, 1)	2	70
U	19	1	-	1	95
V	17	3	-	3	85
W	18	2	-	2	90
X	19	1	-	1	95
Y	20	-	-	-	100
Z	14	6	-	6	70
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง					88.26



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 5

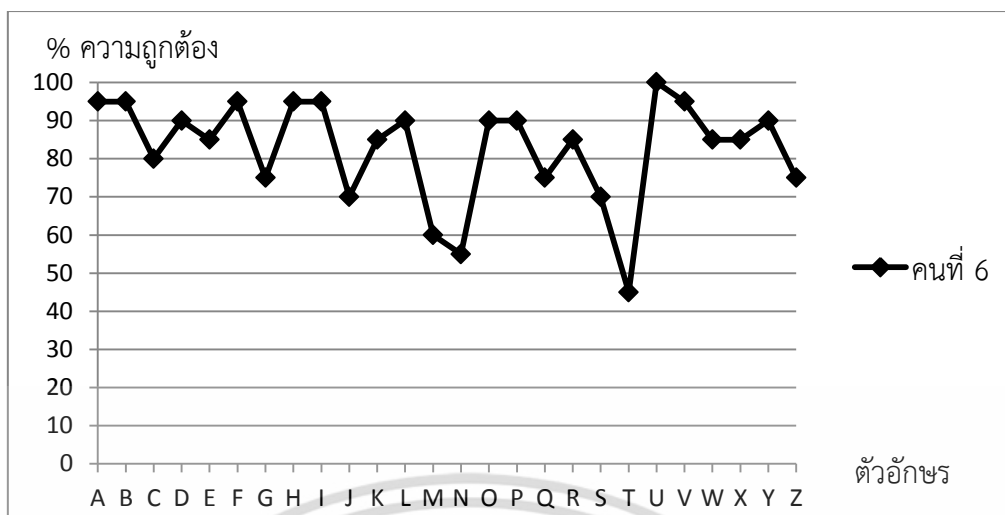
จากรูปที่ 4.13 พบว่าเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 5 มีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 88.25 เปอร์เซ็นต์ และตัวอักษร N มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องน้อยที่สุดคือ 55 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 6

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด , จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	ร้อยละของความ ถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	19	1	-	1	95
B	19	1	-	1	95
C	16	4	(E, 1)	3	80
D	18	2	-	2	90
E	17	3	-	3	85
F	19	1	-	1	95
G	15	5	-	5	75
H	19	1	-	1	95
I	19	1	-	1	95
J	14	6	(I, 5)	1	70
K	17	3	-	3	85
L	18	2	-	2	90
M	12	8	(N, 4)	4	60
N	11	9	(M, 2), (T, 4)	3	55
O	18	2	-	2	90
P	18	2	-	2	90
Q	15	5	(L, 2)	3	75
R	17	3	(U, 1)	2	85
S	14	6	(T, 1)	5	70
T	9	11	(S, 3)	8	45
U	20	-	-	-	100
V	19	1	-	1	95
W	17	3	-	3	85
X	17	3	-	3	85
Y	18	2	-	2	90
Z	15	5	-	5	75
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง					82.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 6

จากรูปที่ 4.14 คือเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 6 จะเห็นว่าตัวอักษร T มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องน้อยที่สุดคือ 45 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 82.69 เปอร์เซ็นต์ จากกราฟตัวอักษร U มีค่าร้อยละความถูกต้องสูงสุด

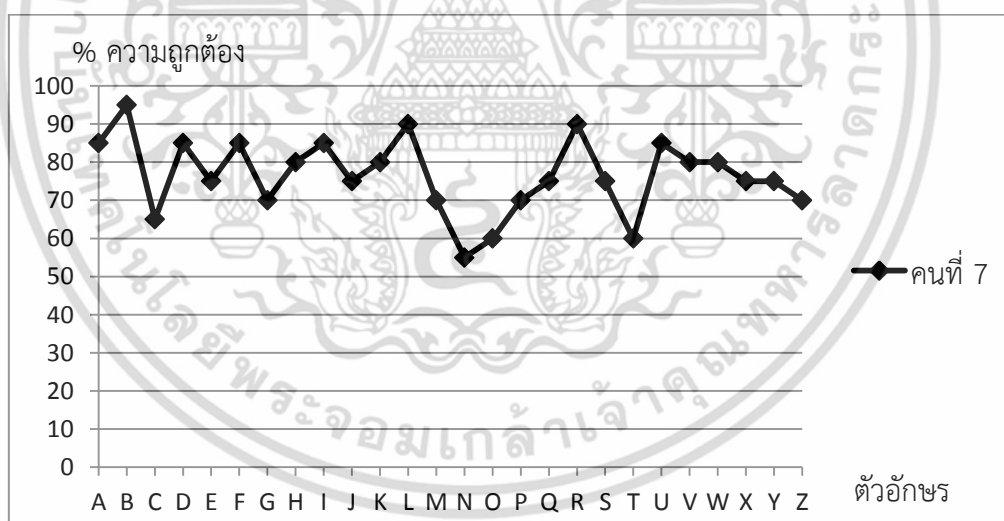
ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 7

ตัวอักษรที่ทำการทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด , จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	ร้อยละของความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	17	3	(S, 1)	2	85
B	19	1	-	1	95
C	13	7	(E, 2), (O, 2)	3	65
D	17	3	(P, 2)	1	85
E	15	5	(O, 2)	3	75
F	17	3	-	3	85
G	14	6	-	6	70
H	16	4	-	4	80
I	17	3	-	3	85
J	15	5	(I, 3)	2	75
K	16	4	-	4	80
L	18	2	-	2	90
M	14	6	(N, 2), (T, 1)	3	70
N	11	9	(M, 2), (T, 3), (S, 1)	3	55
O	12	8	(C, 3)	5	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด , จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	ร้อยละของความ ถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
P	14	6	(D, 4)	2	70
Q	15	5	-	5	75
R	18	2	-	2	90
S	15	5	(T, 1)	4	75
T	12	8	(S, 4), (N, 2)	2	60
U	17	3	-	3	85
V	16	4	(U, 1)	3	80
W	16	4	-	4	80
X	15	5	-	5	75
Y	15	5	-	5	75
Z	14	6	-	6	70
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง					76.53



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 7

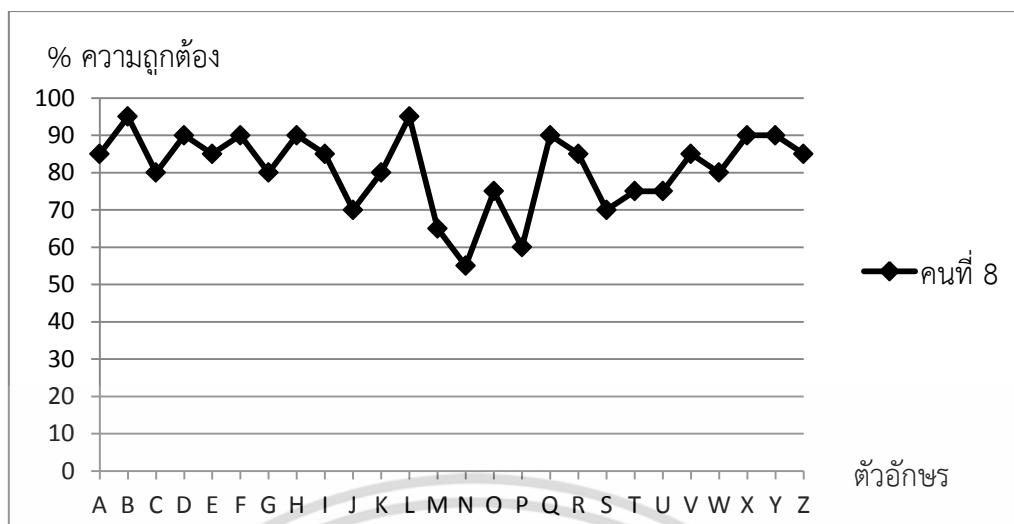
จากรูปที่ 4.15 แสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 7 จะเห็นว่าตัวอักษร N มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง 55 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 76.53 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 8

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด , จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	ร้อยละของความ ถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	17	3	-	3	85
B	19	1	-	1	95
C	16	4	(E, 2)	2	80
D	18	2	(P, 1)	1	90
E	17	3	(O, 2)	1	85
F	18	2	-	2	90
G	16	4	-	4	80
H	18	2	-	2	90
I	17	3	-	3	85
J	14	6	(I, 3)	3	70
K	16	4	-	4	80
L	19	1	-	1	95
M	13	7	(N, 4),(T, 1)	2	65
N	11	9	(M, 3), (T, 3), (S, 1)	2	55
O	15	5	(C, 2)	3	75
P	12	8	(D, 2)	6	60
Q	18	2	-	2	90
R	17	3	-	3	85
S	14	6	(T, 2)	4	70
T	15	5	(S, 3)	2	75
U	15	5	-	5	75
V	17	3	-	3	85
W	16	4	-	4	80
X	18	2	-	2	90
Y	18	2	-	2	90
Z	17	3	-	3	85
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง					80.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 8

จากรูปที่ 4.16 แสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 8 จะเห็นว่าตัวอักษร N มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง 55 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 80.96 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 9

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด, จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	ร้อยละของความ ถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	14	6	-	-	70
B	16	4	-	-	80
C	14	6	(E, 2)	4	70
D	16	4	(P, 1)	3	80
E	15	5	(O, 2), (C, 2)	1	75
F	17	3	-	3	85
G	15	5	-	5	75
H	18	2	-	2	90
I	18	2	-	2	90
J	15	5	(I, 4)	1	75
K	17	3	-	3	85
L	16	4	-	4	80
M	9	11	(N, 6)	5	45
N	13	7	(M, 3), (T, 2)	2	65
O	14	6	(C, 1), (E, 2)	3	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด, จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	ร้อยละของความ ถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
P	14	6	(D, 2)	4	70
Q	15	5	-	5	75
R	14	6	-	6	70
S	15	5	(T, 2)	3	75
T	13	7	(S, 4)	3	65
U	16	4	-	4	80
V	17	3	-	3	85
W	16	4	-	4	80
X	15	5	-	5	75
Y	18	2	-	2	90
Z	14	6	-	6	70
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง					75.76



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 9

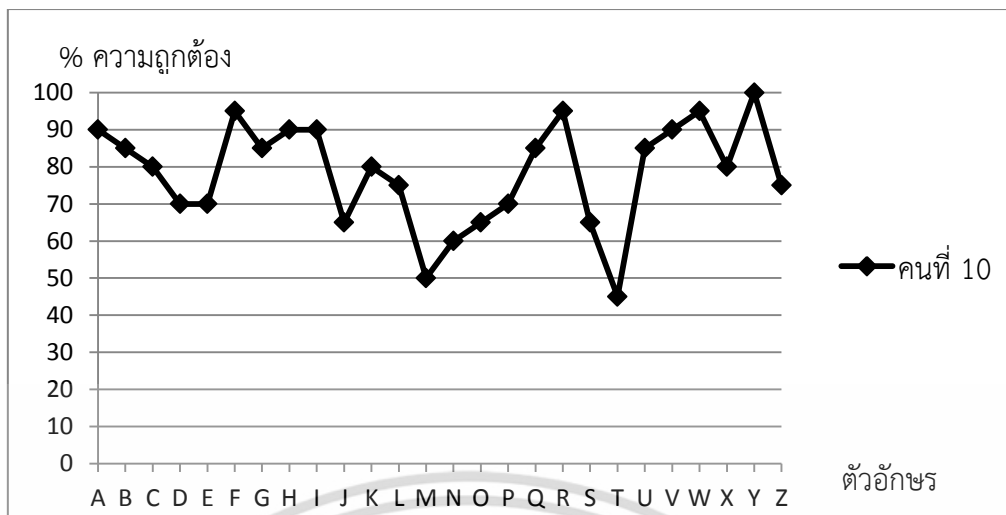
จากรูปที่ 4.17 พบว่าเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 9 มีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 75.76 เปอร์เซ็นต์ และตัวอักษร N และ T มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเท่ากันคือ 65 เปอร์เซ็นต์ สำหรับตัวอักษร M มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องน้อยที่สุดคือ 45 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 10

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด , จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	ร้อยละของความ ถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	18	2	-	2	90
B	17	3	-	3	85
C	16	4	(E, 1), (O, 1)	2	80
D	14	6	(P, 2)	4	70
E	14	6	-	6	70
F	19	1	-	1	95
G	17	3	-	3	85
H	18	2	-	2	90
I	18	2	-	2	90
J	13	7	(I, 4)	3	65
K	16	3	(V, 1)	2	80
L	15	5	-	5	75
M	10	10	(N, 3)	7	50
N	12	8	(M, 2), (T, 3)	3	60
O	13	7	(C, 3)	4	65
P	14	6	(D, 2)	4	70
Q	17	3	-	3	85
R	19	1	-	1	95
S	13	7	(T, 1), (A, 2)	4	65
T	9	11	(S, 4), (N, 2)	5	45
U	17	3	-	3	85
V	18	2	-	2	90
W	19	1	-	1	95
X	16	4	-	4	80
Y	20	-	-	-	100
Z	15	5	-	5	75
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง					78.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 10

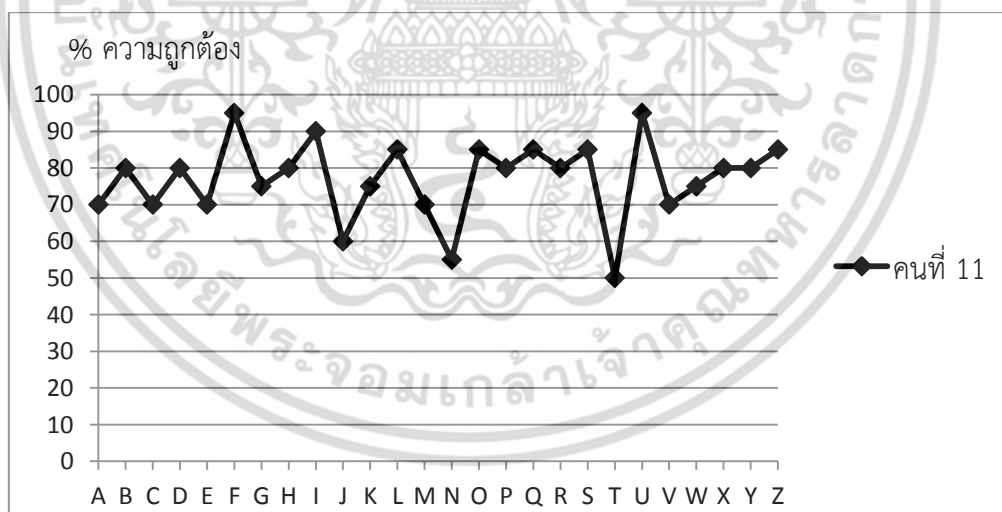
จากรูปที่ 4.18 พบว่าเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 10 มีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 78.26 เปอร์เซ็นต์ และตัวอักษร T มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องน้อยสุดคือ 45 เปอร์เซ็นต์ จากกราฟตัวอักษร Y มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องมากที่สุดคือ 100 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 11

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด, จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	% ร้อยละของ ความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	14	6	-	6	70
B	16	4	-	4	80
C	14	6	(E, 2)	4	70
D	16	4	(P, 2)	2	80
E	14	6	(O, 2)	4	70
F	19	1	-	1	95
G	15	5	-	5	75
H	16	4	-	4	80
I	18	2	-	2	90
J	12	8	(I, 5)	3	60
K	15	5	-	5	75
L	17	3	-	3	85
M	14	6	(N, 4)	2	70
N	11	9	(M, 3)	6	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด, จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	% ร้อยละของ ความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
O	17	3	-	3	85
P	16	4	-	4	80
Q	17	3	-	3	85
R	16	4	(V, 1)	3	80
S	17	3	(A, 1)	2	85
T	10	10	(A, 4), (S, 1), (N, 2)	3	50
U	19	1	-	1	95
V	14	6	(R, 2)	4	70
W	15	5	-	5	75
X	16	4	-	4	80
Y	16	4	-	4	80
Z	17	3	-	3	85
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง					77.11



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 11

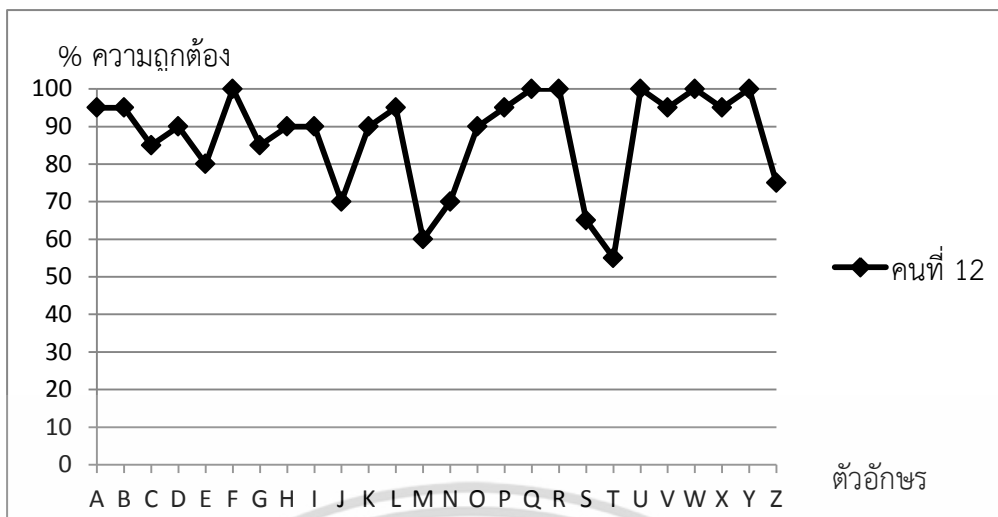
จากรูปที่ 4.19 พบว่าเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องเฉลี่ยรวมสำหรับการแปลตัวอักษรของผู้ทดสอบคนที่ 11 มีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 77.11 เปอร์เซ็นต์ จากกราฟจะเห็นว่าตัวอักษร T มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องน้อยที่สุดคือ 50 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลภาษาเมื่อ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 12

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด , จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	ร้อยละของความ ถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	19	1	-	1	95
B	19	1	-	1	95
C	17	3	-	3	85
D	18	2	-	2	90
E	16	4	-	4	80
F	20	-	-	-	100
G	17	3	-	3	85
H	18	2	-	2	90
I	18	2	-	2	90
J	14	6	(I, 3)	3	70
K	18	2	-	2	90
L	19	1	-	1	95
M	12	8	(N, 5)	3	60
N	14	6	(S, 2), (M, 1), (T, 2)	1	70
O	18	2	-	2	90
P	19	1	-	1	95
Q	20	-	-	-	100
R	20	-	-	-	100
S	13	7	(T, 1), (A, 2)	4	65
T	11	9	(S, 2), (A, 1)	6	55
U	20	-	-	-	100
V	19	1	-	1	95
W	20	-	-	-	100
X	19	1	-	1	95
Y	20	-	-	-	100
Z	15	5	-	5	75
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง					87.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 12

จากรูปที่ 4.20 พบว่าเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องเฉลี่ยรวมสำหรับการแปลตัวอักษรของผู้ทดสอบคนที่ 12 มีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 87.11 เปอร์เซ็นต์ และตัวอักษร T มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องน้อยสุด 55 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 13

ตัวอักษรที่ทำการทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด , จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	ร้อยละของความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	18	2	-	2	90
B	17	3	-	3	85
C	16	4	(E, 1)	3	80
D	15	5	(P, 3)	2	75
E	13	7	(O, 4)	3	65
F	19	1	-	1	95
G	14	6	-	6	70
H	17	3	-	3	85
I	16	4	-	4	80
J	14	6	(I, 2)	4	70
K	16	4	-	4	80
L	18	2	-	2	90
M	10	10	(N, 6)	4	50
N	12	8	(M, 2), (T, 2)	4	60
O	12	8	-	8	60
P	14	6	(D, 4)	2	70
Q	13	7	-	7	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด , จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	ร้อยละของความ ถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
R	17	3	-	3	85
S	15	5	(T, 1)	4	75
T	14	6	(S, 3)	3	70
U	17	3	-	3	85
V	16	4	(U, 1)	3	80
W	16	4	-	4	80
X	17	3	-	3	85
Y	14	6	-	6	70
Z	14	6	-	6	70
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง					75.76



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 13

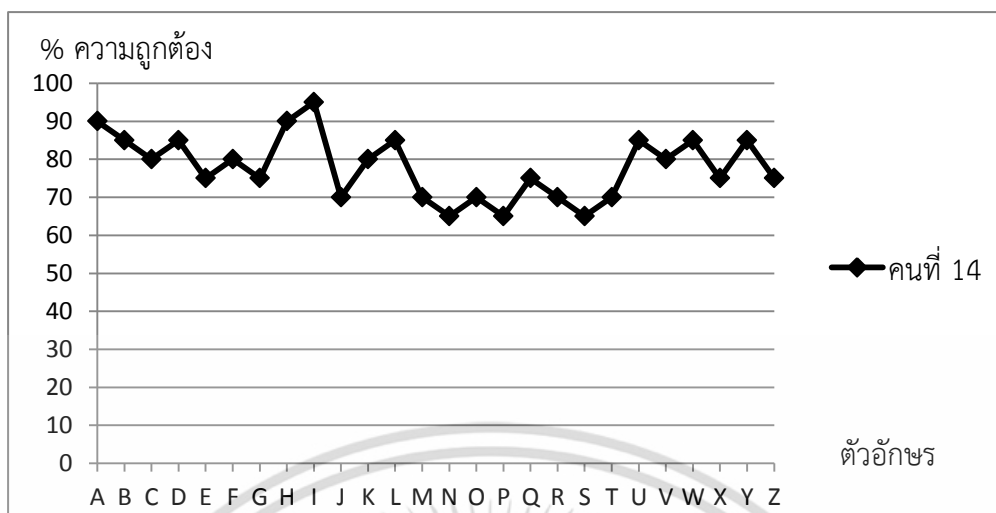
จากรูปที่ 4.21 พบว่าเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องเฉลี่ยรวมสำหรับการแปลตัวอักษรของผู้ทดสอบคนที่ 13 มีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 75.76 เปอร์เซ็นต์ จากกราฟตัวอักษร M มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องน้อยสุดคือ 50 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลภาษาเมื่อ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 14

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด , จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	ร้อยละของความ ถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	18	2	-	2	90
B	17	3	-	3	85
C	16	4	(E, 2)	2	80
D	17	3	(P, 1)	2	85
E	15	5	(O, 2), (C, 1)	2	75
F	16	4	-	4	80
G	15	5	-	5	75
H	18	2	-	2	90
I	19	1	-	1	95
J	14	6	(I, 4)	2	70
K	16	4	-	4	80
L	17	3	-	3	85
M	14	6	(N, 5)	1	70
N	13	7	(T, 3), (S, 2)	2	65
O	14	6	(C, 2), (E, 1)	3	70
P	13	7	(D, 2)	5	65
Q	15	5	-	5	75
R	14	6	-	6	70
S	13	7	(T, 2)	5	65
T	14	6	(S, 3)	3	70
U	17	3	-	3	85
V	16	4	-	4	80
W	17	3	-	3	85
X	15	5	-	5	75
Y	17	3	-	3	85
Z	15	5	-	5	75
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง					77.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 14

จากรูปที่ 4.22 พบว่าเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องเฉลี่ยรวมสำหรับการแปลตัวอักษรของผู้ทดสอบคนที่ 14 มีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 77.88 เปอร์เซ็นต์ และตัวอักษร N มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องน้อยสุด 65 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.19 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 15

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด , จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	ร้อยละของความ ถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	18	2	(S, 1)	1	90
B	20	-	-	-	100
C	18	2	-	2	90
D	18	2	-	2	90
E	18	2	-	2	90
F	20	-	-	-	100
G	17	3	-	3	85
H	19	1	-	1	95
I	20	-	-	-	100
J	13	7	(I, 5)	2	65
K	18	2	-	2	90
L	20	-	-	-	100
M	11	9	(N, 5), (T, 1)	3	55
N	14	6	(S, 2), (M, 3)	1	70
O	18	2	-	2	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษรที่ทำการทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด , จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	ร้อยละของความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
P	19	1	-	1	95
Q	17	3	-	3	85
R	18	2	-	2	90
S	13	7	(A, 2)	5	65
T	11	9	(S, 3), (A, 1)	5	55
U	19	1	-	1	95
V	18	2	-	2	90
W	18	2	-	2	90
X	19	1	-	1	95
Y	17	3	-	3	85
Z	14	6	-	6	70
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง					85.57



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 15

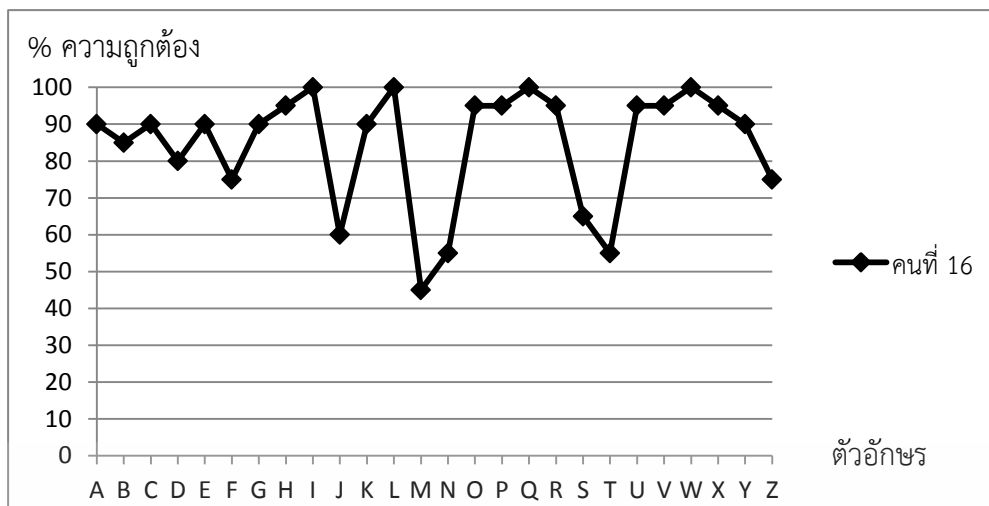
จากกราฟที่ 4.23 พบว่าเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องเฉลี่ยรวมสำหรับการแปลตัวอักษรของผู้ทดสอบคนที่ 15 มีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 85.57 เปอร์เซ็นต์ และตัวอักษร M และ T มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องน้อยสุดและเท่ากันคือ 55 เปอร์เซ็นต์ จากกราฟมี 4 ตัวอักษรที่มีค่าร้อยละความถูกต้องสูงสุดคือ 100 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลภาษาเมื่อ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 16

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด , จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	ร้อยละของความ ถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	18	2	-	2	90
B	17	3	-	3	85
C	18	2	-	2	90
D	16	4	(P, 2)	2	80
E	18	2	-	2	90
F	15	5	-	5	75
G	18	2	-	2	90
H	19	1	-	1	95
I	20	-	-	-	100
J	12	8	(I, 6)	2	60
K	18	2	-	2	90
L	20	-	-	-	100
M	9	11	(N, 5)	6	45
N	11	9	(S, 2), (M, 4)	3	55
O	19	1	-	1	95
P	19	1	-	1	95
Q	20	-	-	-	100
R	19	1	-	1	95
S	13	7	(T, 1), (A, 2), (M, 1)	3	65
T	11	9	(S, 3), (A, 1)	5	55
U	19	1	-	1	95
V	19	1	-	1	95
W	20	-	-	-	100
X	19	1	-	1	95
Y	18	2	-	2	90
Z	15	5	-	5	75
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง					84.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 16

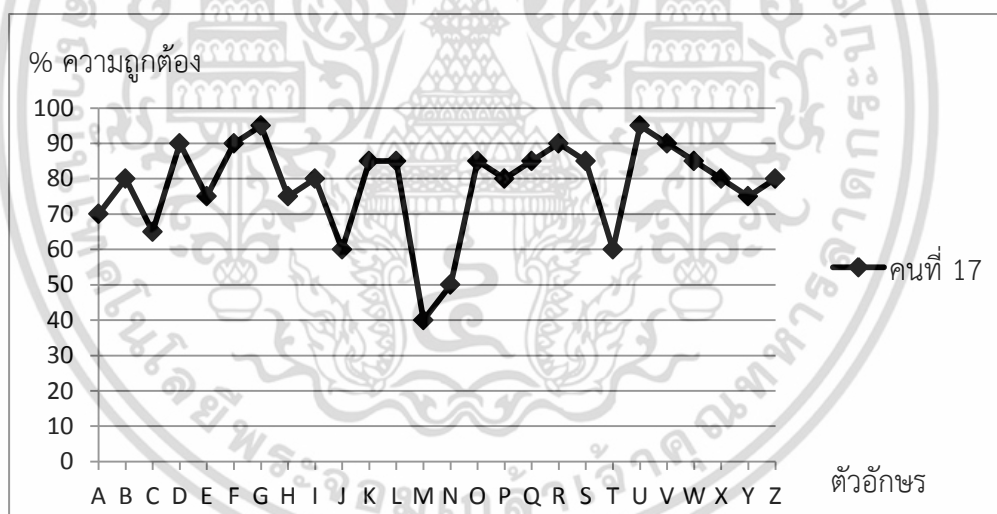
จากรูปที่ 4.24 พบว่าเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องเฉลี่ยรวมสำหรับการแปลตัวอักษรของผู้ทดสอบคนที่ 16 มีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 84.61 เปอร์เซ็นต์ และตัวอักษร M มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องน้อยที่สุดคือ 45 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.21 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 17

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด, จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	% ร้อยละของ ความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	14	6	-	6	70
B	16	4	-	4	80
C	13	7	(E, 3)	4	65
D	18	2	(P, 1)	1	90
E	15	5	(O, 1), (C, 1)	3	75
F	18	2	-	2	90
G	19	1	-	1	95
H	15	5	-	5	75
I	16	4	-	4	80
J	12	8	(I, 5)	3	60
K	17	3	-	3	85
L	17	3	-	3	85
M	8	12	(N, 6)	6	40
N	10	10	(M, 4), (T, 3)	3	50
O	17	3	-	3	85
P	16	4	(D, 1)	3	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษรที่ทำการทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด, จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	% ร้อยละของความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
Q	17	3	-	3	85
R	18	2	-	2	90
S	17	3	-	3	85
T	12	8	(A, 3), (S, 2)	3	60
U	19	1	-	1	95
V	18	2	-	2	90
W	17	3	-	3	85
X	16	4	-	4	80
Y	15	5	-	5	75
Z	16	4	-	4	80
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง					78.07



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 17

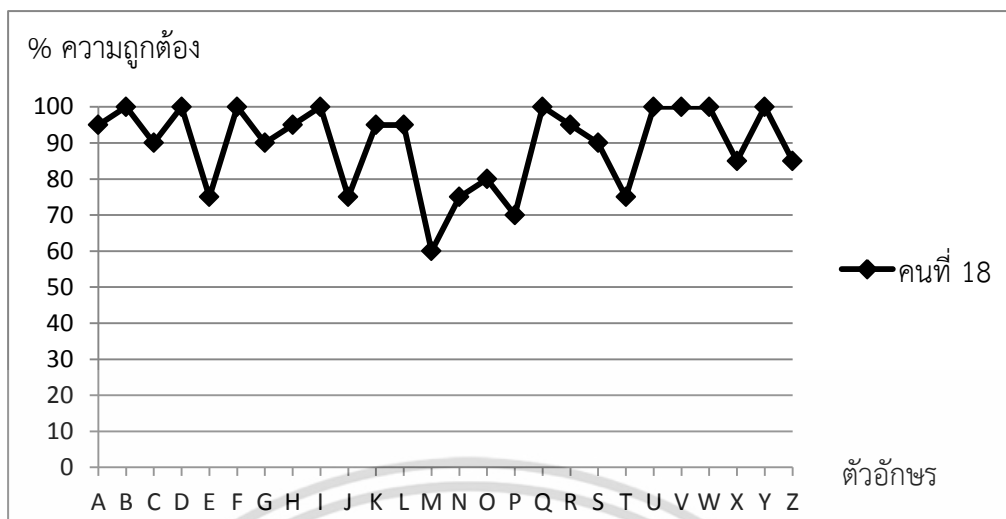
จากรูปที่ 4.25 พบว่าเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องเฉลี่ยรวมสำหรับการแปลตัวอักษรของผู้ทดสอบคนที่ 17 มีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 78.07 เปอร์เซ็นต์ ตัวอักษร M มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องน้อยที่สุดคือ 40 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลภาษาเมื่อ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 18

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด, จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	% ร้อยละของ ความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	19	1	-	1	95
B	20	-	-	-	100
C	18	2	-	2	90
D	20	-	-	-	100
E	15	5	(C, 3)	2	75
F	20	-	-	-	100
G	18	2	-	2	90
H	19	1	-	1	95
I	20	-	-	-	100
J	15	5	(I, 3)	2	75
K	19	1	-	1	95
L	19	1	-	1	95
M	12	8	(N, 3)	5	60
N	15	5	(T, 2), (S, 1)	2	75
O	16	4	-	4	80
P	14	6	(K, 2)	4	70
Q	20	-	-	-	100
R	19	1	-	1	95
S	18	2	(T, 1)	1	90
T	15	5	(N, 3)	2	75
U	20	-	-	-	100
V	20	-	-	-	100
W	20	-	-	-	100
X	17	3	-	3	85
Y	20	-	-	-	100
Z	17	3	-	3	85
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง					89.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 18

จากรูปที่ 4.26 พบว่าเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องเฉลี่ยรวมสำหรับการแปลตัวอักษรของผู้ทดสอบคนที่ 18 มีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 89.42 เปอร์เซ็นต์และตัวอักษร M มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องน้อยที่สุด 60 เปอร์เซ็นต์

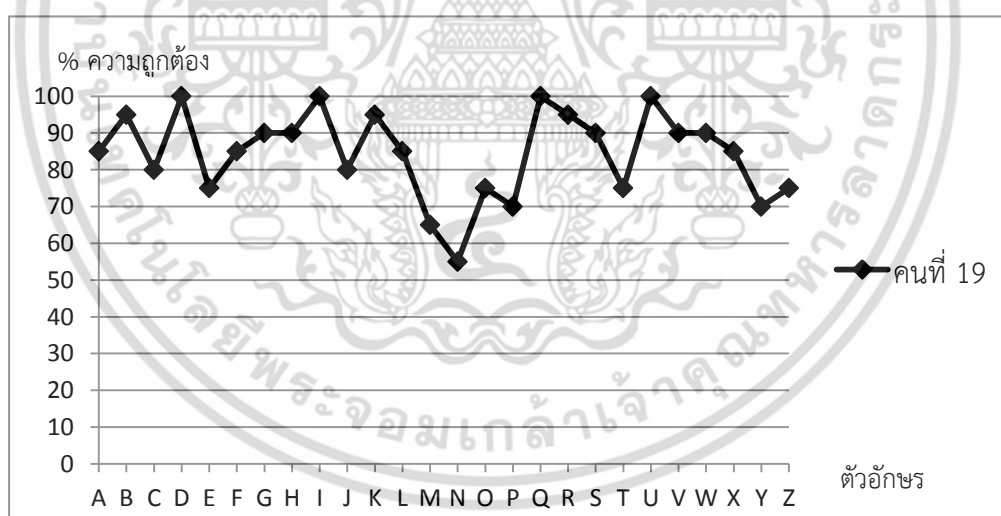
ตารางที่ 4.23 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 19

ตัวอักษรที่ทำการทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด, จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	% ร้อยละของความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	17	3	(S, 1)	2	85
B	19	1	-	1	95
C	16	4	(O, 2)	2	80
D	20	-	-	-	100
E	15	5	(C, 3)	2	75
F	17	3	-	3	85
G	18	2	-	2	90
H	18	2	-	2	90
I	20	-	-	-	100
J	16	4	(I, 2)	2	80
K	19	1	-	1	95
L	17	3	-	3	85
M	13	7	(N, 5)	2	65
N	11	9	(T, 3), (S, 2), (M, 2)	2	55
O	15	5	(C, 3)	2	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด, จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	% ร้อยละของ ความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
P	14	6	-	6	70
Q	20	-	-	-	100
R	19	1	-	1	95
S	18	2	(T, 1), (A, 1)	-	90
T	15	5	(N, 2)	3	75
U	20	-	-	-	100
V	18	-	-	-	90
W	18	-	-	-	90
X	17	3	-	3	85
Y	14	6	-	6	70
Z	15	5	-	5	75
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง					84.42



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 19

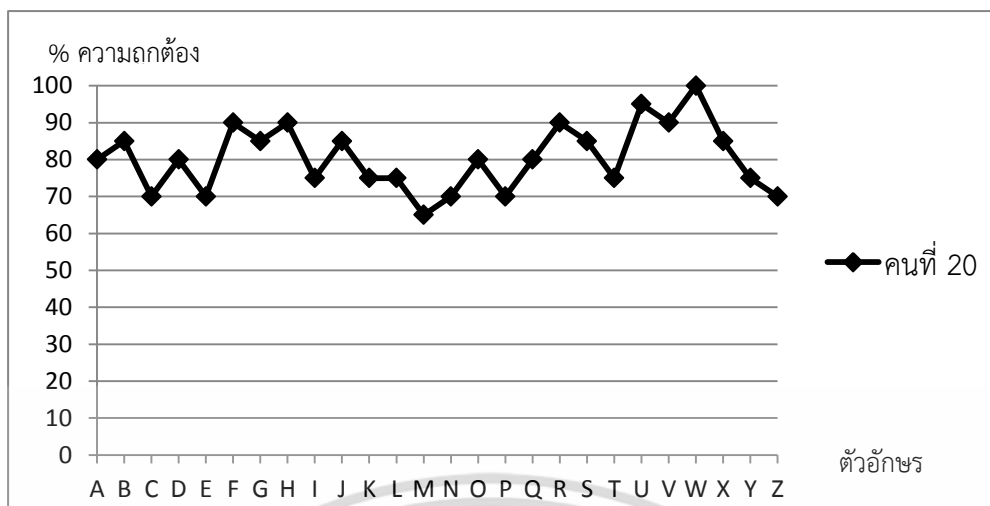
จากรูปที่ 4.27 พบว่าเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องเฉลี่ยรวมสำหรับการแปลตัวอักษรของผู้ทดสอบคนที่ 19 มีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 84.42 เปอร์เซ็นต์ และตัวอักษร N มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องน้อยที่สุดคือ 55 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ของผู้ทดลองคนที่ 20

ตัวอักษรที่ทำ การทดสอบ	จำนวน 20 (ครั้ง)		(ตัวอักษรที่ผิดพลาด, จำนวนครั้ง)	(ไม่แสดง ตัวอักษร, จำนวนครั้ง)	% ร้อยละของ ความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด			
A	16	4	-	4	80
B	17	3	-	3	85
C	14	6	(O,2)	4	70
D	16	4	-	4	80
E	14	6	(C, 2)	4	70
F	18	2	-	2	90
G	17	3	-	3	85
H	18	2	-	2	90
I	15	5	-	5	75
J	17	3	-	3	85
K	15	5	(P, 1)	4	75
L	15	5	-	5	75
M	13	7	(N, 3), (S, 2)	2	65
N	14	6	(T, 2), (S, 1)	3	70
O	16	4	(C, 3)	1	80
P	14	6	(K, 3)	3	70
Q	16	4	-	4	80
R	18	2	-	2	90
S	17	3	(T, 1)	2	85
T	15	5	(N, 2), (S, 1)	2	75
U	19	1	-	1	95
V	18	2	-	2	90
W	20	-	-	-	100
X	17	3	-	3	85
Y	15	5	-	5	75
Z	14	6	-	6	70
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง					80.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



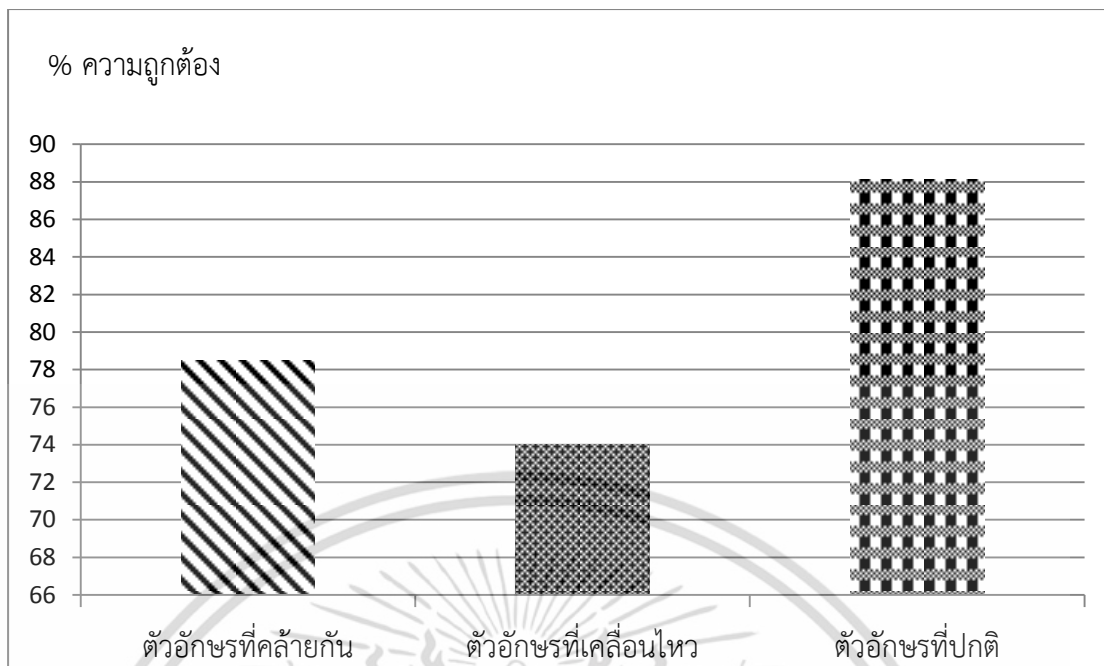
รูปที่ 4.28 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรคนที่ 20

จากรูปที่ 4.28 พบว่าเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องเฉลี่ยรวมสำหรับการแปลตัวอักษรของผู้ทดสอบคนที่ 20 มีค่าร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง 80.38 เปอร์เซ็นต์ และตัวอักษร M มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องน้อยที่สุด 65 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.25 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z ที่ถูกแบ่งเป็นสามกลุ่มเฉลี่ยจากผู้ทดสอบจำนวน 20 คน

กลุ่มที่ 1 ตัวอักษรที่ คล้ายคลึงกัน	ร้อยละความ ถูกต้องเฉลี่ย	กลุ่มที่ 2 ตัวอักษรที่มี การเคลื่อนไหว	ร้อยละความ ถูกต้องเฉลี่ย	กลุ่มที่ 3 ตัวอักษรที่ ธรรมดา	ร้อยละความ ถูกต้องเฉลี่ย
A	87.75	J	71	B	90
E	79.5	Z	77	D	85.75
M	58.75			F	91.75
N	61.5			G	83.75
S	77.5			H	89
T	63.75			I	91.5
U	92			L	89.25
V	88.5			Q	86.75
R	88.75			W	88.25
K	85			X	86
P	77.75			Y	87.5
C	80.5				
O	79.25				
เฉลี่ยรวม	78.5	เฉลี่ยรวม	74	เฉลี่ยรวม	88.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องของการแปลตัวอักษรที่ถูกแบ่งเป็นสามกลุ่มเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ 20 คน

จากกราฟที่ 4.29 เป็นผลสรุปของตารางที่ 4.25 ซึ่งจะเห็นว่าตัวอักษรในอเมริกันถูกแบ่งเป็นสามกลุ่ม สำหรับการทดลองใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คนเพื่อทดสอบแปลภาษามือแบบอเมริกัน จากผลการทดลองจะเห็นว่าตัวอักษรปกติมีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูงสุดประมาณ 88.13 เปอร์เซ็นต์ เพราะว่ามีท่าทางไม่ซ้ำกับตัวอักษรอื่นๆ รวมทั้งมีท่าทางที่แตกต่างกันส่งผลให้ความมั่นใจแตกต่างกันด้วย และกลุ่มตัวอักษรที่เคลื่อนไหวมีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องน้อยสุดประมาณ 74 เปอร์เซ็นต์ เพราะท่าทางของกลุ่มนี้มีการเคลื่อนไหวเมื่อมีการทำท่าทาง จึงทำให้มีความซับซ้อนมากกว่าตัวอักษรปกติ สำหรับกลุ่มตัวอักษรที่คล้ายกันจะเห็นว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูงสุดประมาณ 78.5 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.26 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลภาษามือ A – Z เฉลี่ยของผู้ทดสอบทั้งหมด

ตัวอักษรที่ทำการทดสอบ	ร้อยละของความถูกต้องเฉลี่ยจาก 20 คน
A	87.75
B	90
C	80.5
D	85.75
E	79.5
F	91.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษรที่ทำการทดสอบ	ร้อยละของความถูกต้องเฉลี่ยจาก 20 คน
G	83.75
H	89
I	91.5
J	71
K	85
L	89.25
M	58.75
N	61.5
O	79.25
P	77.75
Q	86.75
R	88.75
S	77.5
T	63.73
U	92
V	88.5
W	88.25
X	86
Y	87.5
Z	77
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ยของทุกท่าทาง	82.23

จากกราฟที่ 4.26 พบว่าเปอร์เซ็นต์ร้อยละของความถูกต้องเฉลี่ยรวมทุกตัวอักษรสำหรับการแปลภาษามือแบบอเมริกันของผู้ทดสอบ 20 คน มีค่า 82.23 % จากตารางจะเห็นว่าตัวอักษร M มีค่าความถูกต้องเฉลี่ย 58.75 เปอร์เซ็นต์ และตัวอักษร U มีความถูกต้องเฉลี่ยสูงสุด 92 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองที่ 4 ทดสอบตัวอย่างคำและประโยคที่เกิดจากการสะกดคำแบบอเมริกันและการแปลท่าทางสัญลักษณ์ภาษามือทั่วไป

การทดลองที่ 4 จะเป็นการสะกดตัวอักษรแบบอเมริกันเป็นคำและประโยค และแปลท่าทางเป็นสัญลักษณ์ในภาษามือที่มีใช้ในปัจจุบัน ซึ่งจะถูกทดสอบโดยผู้วิจัย

ตารางที่ 4.27 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการสะกดตัวอักษรเป็นคำ

ลำดับ	ตัวอย่างคำ	เวลาของการทดสอบ (วินาที)	จำนวน 20 ครั้ง		% ความ ถูกต้อง
			ถูกต้อง	ผิดพลาด	
1	LOVE	20	20	-	100
2	FATHER	35	20	-	100
3	YOU	15	20	-	100
4	CHOPHUK	37	20	-	100
5	HAPPY	25	20	-	100
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ย					100

ตารางที่ 4.28 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการสะกดตัวอักษรเป็นประโยค

ลำดับ	ตัวอย่างประโยค	เวลาของการทดสอบ (วินาที)	จำนวน 20 ครั้ง		% ความ ถูกต้อง
			ถูกต้อง	ผิดพลาด	
1	YOU I LOVE	50	20	-	100
2	EGG I COOK	60	20	-	100
3	RICE I EAT	50	20	-	100
4	BALL DOG CHASE	75	20	-	100
5	BOOK I READ	50	20	-	100
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ย					100

ตารางที่ 4.29 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลสัญลักษณ์ภาษามือ

ลำดับ	ตัวอย่างประโยค	เวลาของการทดสอบ (วินาที)	จำนวน 20 ครั้ง		% ความ ถูกต้อง
			ถูกต้อง	ผิดพลาด	
1	I LOVE YOU	2	20	-	100
2	PLEASED	4	20	-	100
3	GOOD	2	20	-	100
4	STOP	2	20	-	100
5	NO	6	20	-	100
ร้อยละความถูกต้องเฉลี่ย					100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองทั้ง 4 การทดลองในงานวิจัยนี้เราสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้ว่า จากผลการทดลองที่ 1 เปรียบเทียบค่ามุมของตัวอย่างมุมที่นำมาใช้ในระบบเพื่อสร้างตัวอักษร ASL ระหว่างเครื่องวัด Goniometer กับระบบ พบว่าความแตกต่างระหว่าง 2 เครื่องมือ แตกต่างกันไม่เกิน 5 องศา ซึ่งค่ามุมที่วัดได้จากระบบก็มีค่าใกล้เคียงกับที่วัดได้จาก goniometer

จากผลการทดลองที่ 2 การวัดค่ามุมทั้งหมดที่ถูกใช้สำหรับสร้างตัวอักษร C ซึ่งทดสอบโดยเจ้าของระบบ จะเห็นว่ามุมสำหรับการสร้างตัวแปร C จะมีทั้งหมด 14 มุม จากผลค่ามุมที่วัดจากระบบจะมีค่าใกล้เคียงกับ Goniometer ซึ่งมีค่าต่างกันไม่เกิน 4 องศา

จากผลการทดลองที่ 3 ทดสอบความถูกต้องของการแปลตัวอักษรแบบอเมริกัน 26 ตัวอักษร โดยให้ผู้ทดสอบ 20 คน ซึ่งตัวอักษร M และ N จะมีความผิดพลาดมากในการแปล ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง 58.75 และ 61.5 ตามลำดับ เนื่องจากตัวอักษรสองตัวนี้มีความซ้ำซ้อน ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยรวม 20 คน 82.23 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองที่ 4 ทดสอบตัวอย่างคำและประโยคที่เกิดจากการสะกดคำแบบอเมริกัน และการแปลท่าทางสัญลักษณ์ภาษามือทั่วไปโดยเจ้าของระบบ ซึ่งในแต่ละแบบจะเก็บผลการทดลอง 20 ครั้ง จากผลการทดลองจะเห็นว่า ระบบนี้สามารถนำไปใช้เพื่อสะกดตัวอักษรเป็นคำและประโยครวมทั้งแปลท่าทางสัญลักษณ์ภาษามือ จากผลการทดลองการทดสอบสะกดตัวอักษรเป็นคำมีร้อยละความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ การทดสอบสะกดตัวอักษรเป็นคำมีร้อยละความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ และการแปลสัญลักษณ์ภาษามือมีร้อยละความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นระบบนี้มีความแม่นยำสูงเพราะว่า การสะกดตัวอักษรเป็นคำและประโยคนั้น จะมีระบบสำหรับตรวจสอบความถูกต้องของตัวอักษร สำหรับการแปลสัญลักษณ์ภาษามือ จะแยกฐานข้อมูลระหว่างตัวอักษรและสัญลักษณ์จึงทำให้ความแม่นยำสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการแปลภาษามือแบบอเมริกัน โดยใช้อุปกรณ์ คือ Leap Motion Controller ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์ 3 มิติ ชนิดไม่สัมผัส ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า หลังจากใช้เซ็นเซอร์ชนิดนี้ทำการตรวจจับพิกัดตำแหน่งของข้อมือ สามารถใช้คำนวณมุมจากการงอของนิ้ว ด้วยสมการ Dot product equation ซึ่งค่ามุมที่ได้จากการคำนวณจะถูกนำไปอ้างอิงสำหรับสร้างตัวอักษร เพื่อแยกแยะตัวอักษรแต่ละตัว เพราะท่าทางของตัวอักษรแต่ละตัวนั้นมีความแตกต่างกัน เพราะฉะนั้นงานวิจัยนี้ถือว่าบรรลุตามเป้าหมายดังนี้

การใช้อุปกรณ์ Leap Motion Controller ตรวจจับการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ จะเห็นว่าการทดลองนี้มีความแม่นยำสูง สามารถสรุปได้ว่า การนำค่ามุมจากการงอของนิ้วในท่าทางต่าง ๆ มาอ้างอิงเพื่อสร้างตัวอักษรขึ้นทำให้สามารถแยกแยะตัวอักษรได้ และที่สำคัญเซ็นเซอร์ตัวนี้แสดงให้เห็นมือที่จำลองขึ้นในรูปแบบ 3 มิติบนหน้าจอแสดงผล เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบท่าทางของมือว่ามีความถูกต้องหรือไม่

ระบบนี้เป็นระบบแบบไม่สัมผัสคือไม่มีสิ่งใด ๆ ติดอยู่กับมือ จึงทำให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นไม่จำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญมาดูแลเพราะผู้ใช้สามารถใช้งานได้ด้วยตัวเอง และอุปกรณ์ตัวนี้มีขนาดเล็กทำให้สามารถพกพาได้สะดวก นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนจากการใช้โน้ตบุ๊กในการประมวลผลโปรแกรมไปเป็นแท็บเล็ตที่มีขนาดเล็กกว่าได้ จึงทำให้สามารถนำไปใช้ได้สะดวกยิ่งขึ้น

โครงสร้างประโยคในภาษามือแบบอเมริกันและโครงสร้างประโยคในภาษาอังกฤษของบุคคลทั่วไปนั้นมีความแตกต่างกัน จึงมีผลทำให้การสื่อสารด้วยภาษามือระหว่างบุคคลพิการทางการได้ยินกับบุคคลทั่วไปเป็นเรื่องที่ยาก แต่ระบบนี้สามารถทำให้ปัญหานี้เป็นเรื่องที่ง่ายขึ้นได้โดยสามารถใช้เป็นเครื่องมือสื่อสารระหว่างบุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยินด้วยกัน รวมทั้งกับบุคคลทั่วไปได้ เพราะระบบนี้สามารถสร้างประโยคที่บุคคลทั่วไปเข้าใจและประโยคที่ผู้บกพร่องทางการได้ยินสามารถเข้าใจในเวลาเดียวกัน

5.2 ข้อจำกัดในการทำงานวิจัย

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ คือไม่สามารถนำอุปกรณ์นี้ไปใช้ในขณะที่มีแสงแดด เนื่องจากแสงแดดมีช่วงแสงอินฟราเรดที่มีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ Leap Motion Controller ทำให้ความแม่นยำจากการใช้งานลดลง

วิธีการแก้ไข หากต้องการใช้อุปกรณ์นี้ขณะมีแสงแดดควรใช้กล่องใส่อุปกรณ์เพื่อป้องกันแสงแดด

5.3 ข้อเสนอแนะ

การเลือกซอฟต์แวร์ที่ใช้ร่วมกับอุปกรณ์ Leap Motion Controller จะต้องเลือกรุ่นล่าสุด เพราะจะได้รับการพัฒนาจนมีความเสถียรมากที่สุด จะทำให้งานวิจัยมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น สำหรับ

งานวิจัยนี้ใช้ซอฟต์แวร์รุ่น LeapDeveloperkit 2.3.1+31549 ซึ่งเป็นล่าสุดที่สุดในขณะนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] The World Federation of the Deaf. “FAQ.” [Online]. Available : <https://wfdeaf.org/faq>. Accessed on December 7, 2014.
- [2] Salam thailand, “ขีดจำกัดการได้ยินของมนุษย์.” [Online]. Available : http://salamthailand.blogspot.com/2013/09/blog-post_7126.html. Accessed on December 14, 2014.
- [3] ศูนย์การศึกษาพิเศษประจำจังหวัดชัยนาท. “บุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน.” [Online]. Available:<http://www.chainatspecial.com/wall/data/handicapped%20hear.pdf>. Accessed on December 7, 2014.
- [4] พ.ญ. เพ็ญมาศ ธรรมศรีณยู. “Noise-Induced Hearing Loss.” [Online]. Available: <http://ent.md.chula.ac.th/doc/Collective%20Review/2553/NIHL.pdf>. Accessed on December 18, 2014.
- [5] Yodiagrace, “ASL.” [Online]. Available: <http://yodiagrace.wordpress.com/2012/05/06/มารู้จัก-asl-กันดีกว่า>. Accessed on September 18, 2014.
- [6] “Leap Motion.” [Online]. Available : <http://pantip.com/topic/30833642>. Accessed on October 18, 2014.
- [7] Microsoft, “คุณสมบัติของกล้อง Kinect.” [Online]. Available : http://mcu56.learninginventions.org/?page_id=244.2257. Accessed on March 20, 2015.
- [8] P.E. Lewis and J.P. Ward. **Vector Analysis for Engineers and Scientists**. Addison-Wesley Publishing Company, Inc 1990.
- [9] Wikipedia, “Goniometer.” [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Goniometer>. Accessed on July 20, 2015.
- [10] K. Kadam, R. Ganu, A. Bhosekar and S. D. Bhosekar, “American Sign Language Interpreter.”, IEEE Fourth International Conference on Technology for Education, pp. 157-159, 2012.
- [11] N. Tanyawiwat and S. Thiemjarus, “Design of an Assistive Communication Glove using Combined Sensory Channels.”, IEEE Ninth International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks, pp. 34-39, 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

- [12] M. Mohandes, S. Aliyu and M. Deriche, “**Arabic Sign Language Recognition using the Leap Motion Controller.**”, IEEE 23rd International Symposium on Industrial Electronics, pp. 960-965, 2014.
- [13] D. Yao, M. Jiang, A. Abulizi and X. You, “**Decision-tree-based Algorithm for 3D Sign Classification.**”, IEEE 12th International Conference on Signal Processing, pp. 1200-1204, 2014.
- [14] C. Chuan, E. Regina and C. Gardin, “**American Sign Language Recognition Using Leap Motion Sensor.**”, IEEE 13th International Conference on Machine Learning and Applications, pp. 541-544, 2014.
- [15] วชิรินทร์. “การออกแบบอัลกอริทึมสำหรับแปลภาษามือของตัวอักษรภาษาอังกฤษโดยใช้คุณสมบัติที่ไม่แปรผันตามเรขาคณิต.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2558.
- [16] Rarkar.com. “**Samsung R480 (R478-DT02TH).**” [Online]. Available : <http://rarkar.com/th/product/1002089-Samsung-R480-R478-DT02TH>. Accessed on September 2, 2014.
- [17] Microsoft. “**Welcome to Visual Studio 2013.**” [Online]. Available : [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd831853\(v=vs.120\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd831853(v=vs.120).aspx). Accessed on December 1, 2015.
- [18] “**Leap Motion.**” [Online]. Available : <http://www.leapmotion.com>. Accessed on October 13, 2014.
- [19] Wikipedia, “**Hand.**” [Online]. Available : <https://en.wikipedia.org/wiki/Hand>. Accessed on December 6, 2014.

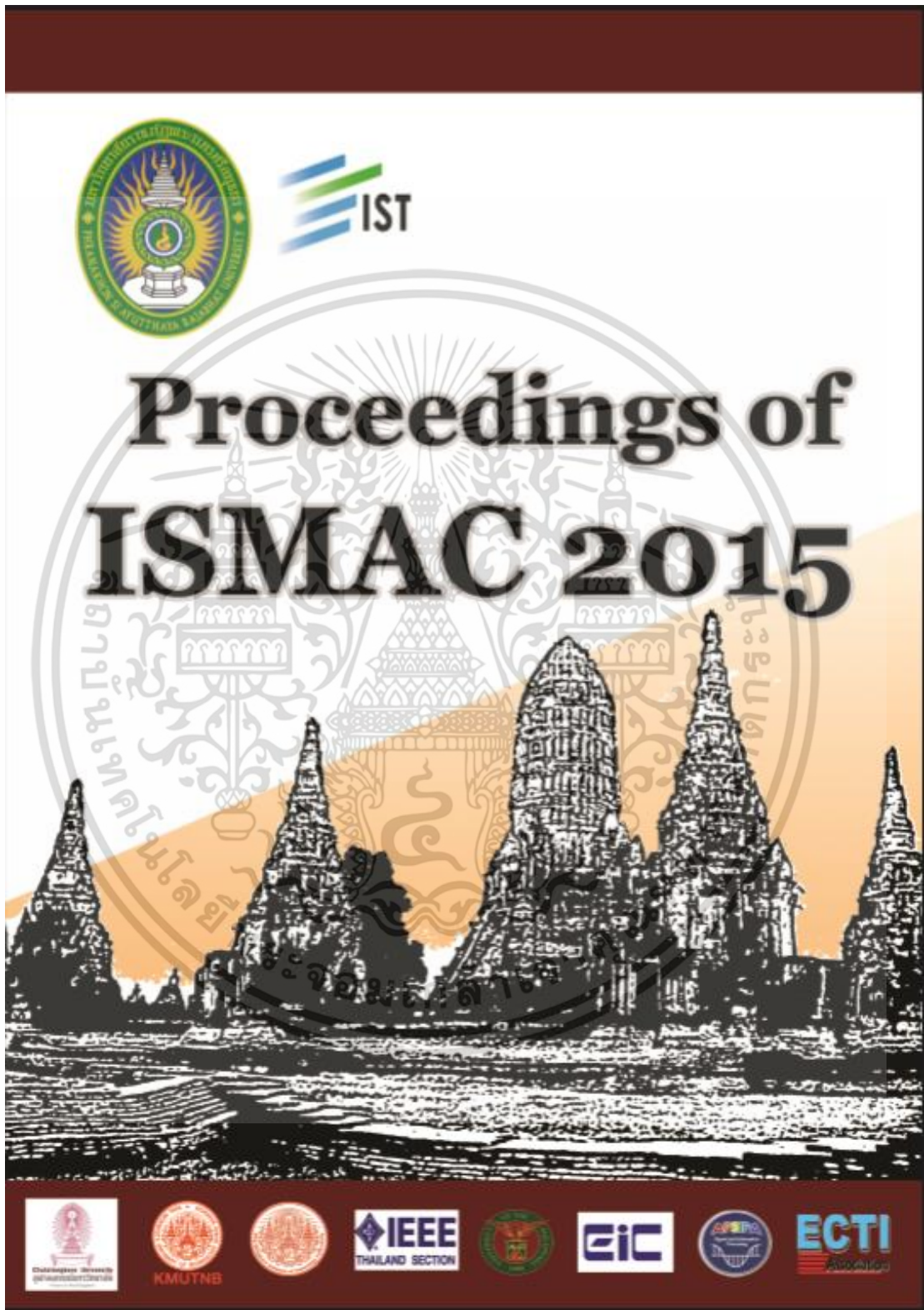
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Simple American Sign Language Alphabet Using Leap Motion Controller

Ponlawat Chophuk, Supan Tungjitkusolmun and Pattarapong Phasukkit*

Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand.

*kppattar@gmail.com

Abstract— The objective of this research is to translate the hand gestures for American Sign Language using the Leap Motion Controller. This device can be used to detect the finger bones and provide motion information such as position and direction. Two patterns were used to separate the alphabet in ASL: 1) a bent finger's angle calculation using the dot product equation, 2) the bent finger's angle was mixed with inherent algorithms of Leap Motion Controller; i.e. hand movement gestures such as a semicircle gesture and swipe gesture. The program is set to detect a new alphabet approximately every 5 seconds. The motion trajectory is calculated on a laptop. This method is natural as the user does not need to wear an intricate instrument. The results showed the 26 alphabets in ASL using the researcher's hand. The accuracy of the method proposed is approximately 87.17%.

Keywords—Leap Motion Controller; American Sign Language; Finger bones

I. INTRODUCTION

A sign language is a language which uses manual communication and body language to convey meaning. It is used by people with hearing disability for communication in society. Signing is not only used by the deaf, it is also used by people who can hear, but cannot physically speak. It is important to them because the best ways to become more naturally expressive in society. The main advantage of this development is an affordable and reliable ASL recognition system. This sensor is used to capture the hand signs in 3D digital data. There is no need for additional devices e.g. markers, a glove, cameras etc. We propose this easy-to-use system.

For translating the hand gestures into alphabets, Kunal Kadam et al. presented American Sign Language Interpreter in 2012[1]. The glove was created for learning the different signs and saving the signs into the EEPROM of the microcontroller using the flex sensors mounted on the fingers of the glove which will change their resistance according to the finger positions and detect the gesture and the LCD display is used as a reference for how much more or less you need to bend each finger to correctly sign a letter. This method had a per sign accuracy of 94%. Then, Netchanok Tanyawiwat and Surapa Thiemjarus presented about Design of an Assistive Communication Glove using Combined Sensory Channels [2]. The wireless sensor glove was developed for American Sign Language fingerspelling gesture recognition. The five contact

sensors were installed on the glove and a 3D accelerometer was placed on the back of the hand for measuring the signal. the accuracy can be further improved to 77.9%. In 2013, Arabic Sign Language Recognition using the Leap Motion Controller was presented by M. Mohandes, S. Aliyu and M. Deriche [3]. The 12 most relevant features from the information of this device were selected to identify the differences for a hand gestures. These include: finger length, finger width, average tip position with respect to x, y, and z-axis, hand sphere radius, palm position with respect to x, y, and z-axis, hand pitch, roll and yaw. This system on the Arabic sign alphabets gives 98% classification accuracy. In 2014, Dengfeng Yao, Minghu Jiang et al. [4] presented decision-tree-based algorithm for 3D sign classification by computing the motion direction, hand shape, and palm direction by using the Leap Motion sensor. Their experimental results show that 1,203 Chinese SLs were signed, and 1,152 were successfully recognized. Thus, the recognition rate reached 95.8%. Recently, Ching-Hua Chuan, Eric Regina, Caroline Guardino [5] reported American Sign Language Recognition Using Leap Motion Sensor. They applied k-nearest neighbor and support vector machine to classify the 26 alphabets of the English alphabet in American Sign Language using the derived features from the sensory data such as Palm related features including normal (a unit direction vector), position (the center position of the palm), and velocity (in millimeter per second). The experiment result showed that the highest average classification rate of 72.78% and 79.83% was achieved by k-nearest neighbor and support vector machine respectively.

Therefore, the objective of this work is to translate the hand gesture into American Sign Language using Leap Motion Controller. The researcher tested 26 samples and had the following differences: 1) the J and Z were made by a different method, 2) the bent finger's angle was similar to other methods but the equation was changed.

This paper is composed as follows, an introduction then a background on Leap Motion Controller is presented in section I and II respectively. Next, Section III shows hand tracking method. Section IV shows our results for this system. The conclusion is proposed in Section V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

II. THE LEAP MOTION CONTROLLER

The Leap Motion Controller is a motion-sensor [6] as seen in Fig. 1. This device creates a 3D interaction space and can track hands, fingers, finger bones and report the position and motion of finger bones to user. Its ability can track the movement at a rate of over 300 frames per second. Its sensory field, however, is limited to a narrow dome that extends above and around the tiny unit 2 feet above the controller, 2 feet wide, 2 feet deep and 8 cubic feet. It consists of two cameras and three infrared sensors hidden under a protective sheet of dark plexiglass. It has a little connector port for its included USB cable. The origin is the center of the device. The x- and z-axes lie in the horizontal plane, with the x-axis running parallel to the long edge of the device. The y-axis is vertical, with positive values increasing upwards. The z-axis has positive values increasing away from the computer screen. This information about its ability is supported by Vendors "https://www.leapmotion.com".

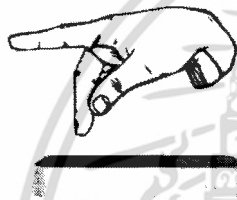


Fig. 1. 3D picture of the leap motion

III. HAND TRACKING METHOD

The ASL gestures [7] are illustrated via Fig.2, which show twenty-six signs. There are two alphabets that were divided differently from the other alphabets because its gestures had movements. The two alphabets are J and Z. The bent finger's angle calculation using the dot product equation was applied for all alphabets except J and Z. The bent finger's angle mixed with inherent algorithms of Leap Motion Controller was applied for alphabets J and Z. A semicircle gesture and swipe gesture was used for alphabets J and Z as seen below.

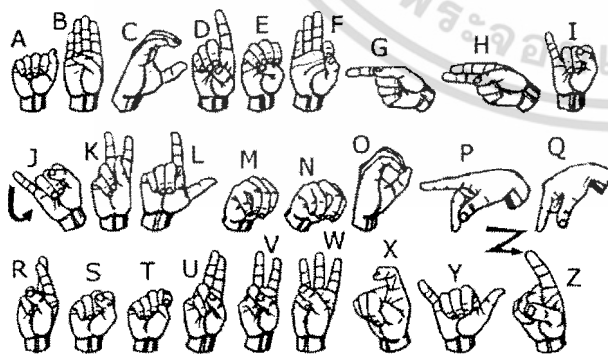


Fig. 2. ASL sign

The skeletons of the hand [8] are divided into four parts namely Distal phalanges, Intermediate phalanges, Proximal phalanges and Metacarpal phalanges as is seen in Fig.3 on the right. The left image in Fig.3 shows the calculation of the angle between finger bones using the dot product equation below [9].

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{A \cdot B}{|A| \times |B|} \right) \quad (1)$$

Where

A = vector A

B = vector B

|A| = the modulus of a vector A

|B| = the modulus of a vector B

θ = the angle between the vector A and B (degree)

The direction of all finger bones were used in this equation. The bending of all fingers had 25 angles in this method e.g. D2, I2, A1, P2 and etc in Fig.3 on the right. For example, the P2 is the angle between Proximal phalanges bone and Metacarpal bone of Index finger.

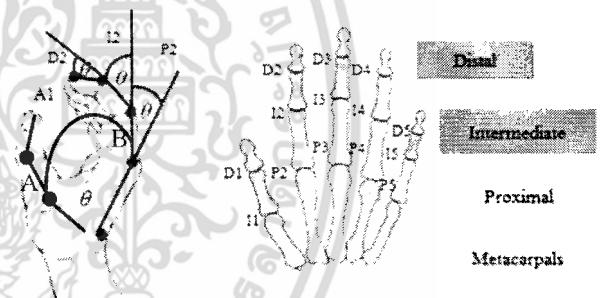


Fig. 3. The finger bones structure

The two alphabets, J and Z, used both bent finger's angle calculation and hand movement gestures from the device, i.e. a semicircle gesture and swipe gesture respectively. These alphabets have extra movements when translated, which directly impacts the gesture separation of its signs. Hence this method, which is different from other ASL signs, was used with these two alphabets as seen in Fig 4.

The overall working of the system is depicted in Fig. 5. A hand gesture of ASL sign was detected by Leap Motion Controller sensor. Its output reported all of a bent finger's angle and hand movement gestures. A laptop was used for calculating. Next, its output was used to compare object with ASL sign databases. The gestures of the twenty-six alphabets in the ASL signs were kept in databases, which were divided into two parts. Finally, the output of comparing was displayed by command screen on a laptop.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

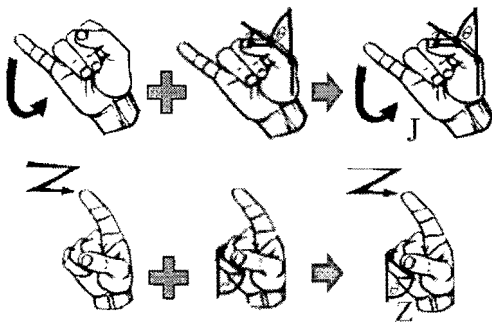


Fig. 4. Method to make special alphabets

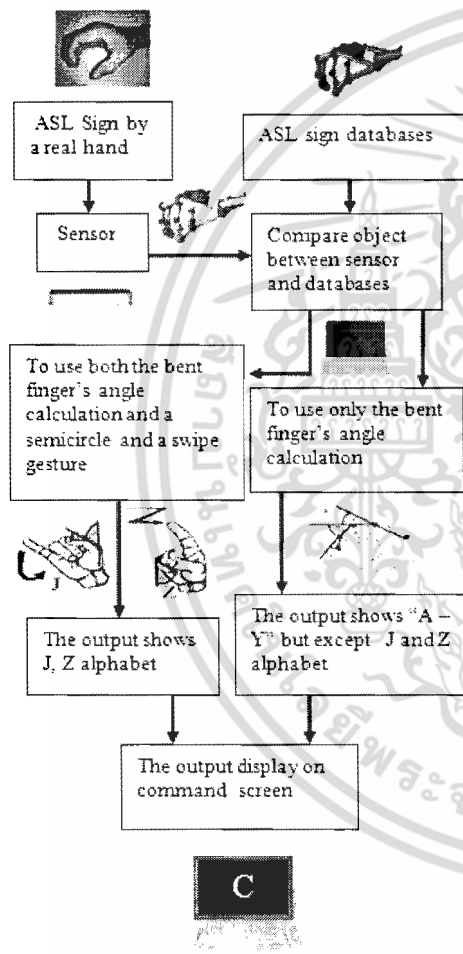


Fig. 5. Overall Working of the System

IV. RESULT

Figure 6(a) across the top shows the four gesture samples of ASL alphabets by researcher's real hand, A, B, C and D alphabet was used as input for Leap Motion Controller which senses your hands and fingers and follows their every gesture. Figure 6(b) across the bottom shows output images from this sensor in the experiment, the hand and finger data

can be sent to user designed programs to use the sensor via the API which can be developed by user.

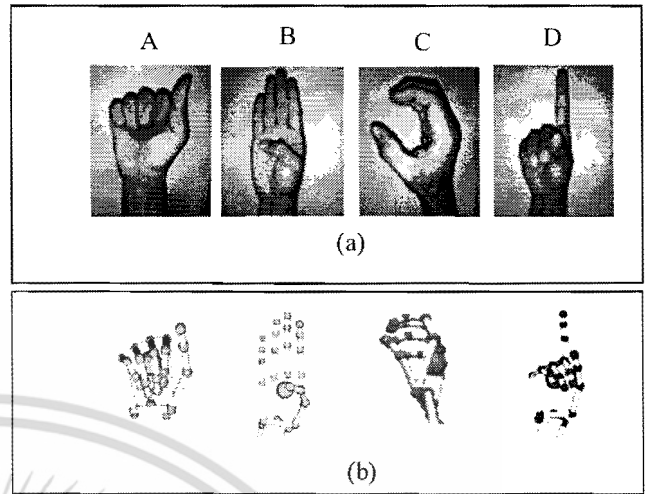


Fig. 6. (a) An alphabet images from real hand (b) an alphabet images from Leap Motion by real hand

Figure 7 shows the separation of four different gesture samples in ASL alphabet; these are A, B, C and D alphabet. The bent finger's angle calculation chose six angles from twenty-five angles in this paper, i.e. I1, D1, P2, I2, D2 and D3. The information of these angles are shown in Figure 3. This information is used to separate of ASL because ASL alphabet have had different angle.

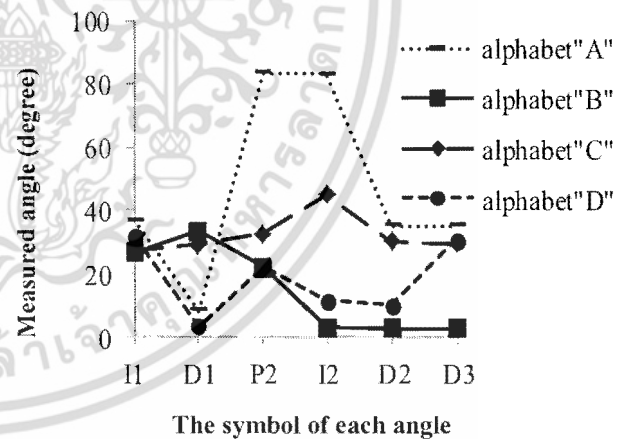


Fig. 7. Separation of each alphabet measured the bent finger's angle

Table 1 shows the results of this paper. The twenty-six alphabets in ASL signs were measured 30 times for each alphabet. Prediction of the alphabet was divided into two parts – the number of times correct and the number of times wrong. For wrong prediction, it was divided into two further categories – no show and show. The output is not displayed on the command screen for the category of no show because the input data does not match the database. For the category of show, the alphabet and the number of times for wrong prediction.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE1. INFORMATION ABOUT TRANSLATION

ASL alphabet	To translate in 30 times			Accuracy percent (%)
	Correct times	Wrong		
		No show the alphabet	(show the alphabet, times)	
A	30	-	-	100
B	30	-	-	100
C	21	6	(O, 3)	70
D	30	-	-	100
E	22	4	(C, 4)	73.33
F	30	-	-	100
G	30	-	-	100
H	29	1	-	96.66
I	30	-	-	100
J	25	-	(I, 5)	83.33
K	28	2	-	93.33
L	28	2	-	93.33
M	7	13	(N, 8),(S, 2)	23.33
N	8	11	(T, 6), (S, 5)	26.66
O	21	5	(C, 4)	70
P	25	2	(K, 3)	83.33
Q	30	-	-	100
R	29	1	-	96.66
S	28	-	(T, 2)	93.33
T	23	2	(N,5)	76.66
U	30	-	-	100
V	30	-	-	100
W	30	-	-	100
X	28	2	-	93.33
Y	30	-	-	100
Z	28	2	-	93.33

V. CONCLUSION

The proposed system is a hand gesture recognition system in ASL sign using Leap Motion Controller. This system is used to translate hand gestures into the ASL signs by bent finger's angle calculation and hand movement gestures checking because this sensor can track hands, fingers, finger bones and reports data such as position and direction of palm and fingers. This method could be used to solve installation of components such as camera and marker because it only needs bare-hands. This system was, therefore, applied to translate the twenty-six alphabet in ASL signs.

This method can separate different hand gestures of ASL signs. The maximum and minimum percent of this experiment were 100% and 23.33% respectively. In future we will find another method to make M and N alphabet better than this method by still using this sensor and extend our work to translate a hand gesture of the ASL sign into full sentences.

ACKNOWLEDGMENT

We would like to thanks also pedagogical supervisor associate professor Supan Tungjitkusolum and Pattarapong Phasukkit for their time and effort.

REFERENCES

- [1] K. Kadam, R. Ganu, A. Bhosekar and S. D. Bhosekar, "American Sign Language Interpreter", IEEE Fourth International Conference on Technology for Education, pp. 157-159, 2012.
- [2] N. Tanyawiwat and S. Thiemjarus, "Design of an Assistive Communication Glove using Combined Sensory Channels", IEEE Ninth International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks, pp. 34-39, 2012.
- [3] M. Mohandes, S. Aliyu and M. Deriche, "Arabic Sign Language Recognition using the Leap Motion Controller", IEEE 23rd International Symposium on Industrial Electronics, pp. 960-965, 2014.
- [4] D. Yao, M. Jiang, A. Abulizi and X. You, "Decision-tree-based Algorithm for 3D Sign Classification", IEEE 12th International Conference On Signal Processing, pp. 1200-1204, 2014.
- [5] C. Chuan, E. Regina and C. Guardin, "American Sign Language Recognition Using Leap Motion Sensor", IEEE 13th International Conference On Machine Learning and Applications, pp. 541-544, 2014.
- [6] Leap Motion, <http://www.leapmotion.com> (last access: May 2015)
- [7] ASL, https://en.wikipedia.org/wiki/American_Sign_Language (last access: May 2015)
- [8] Hand, <https://en.wikipedia.org/wiki/Hand> (last access: December 2014)
- [9] Dot product, https://en.wikipedia.org/wiki/Dot_product (last access: November 2014)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



BME *i*CON 2015

November 25-27, 2015
Pattaya, Thailand

PROGRAM AND ABSTRACTS

The 8th Biomedical Engineering International Conference

IEEE CATALOG NUMBERS (USB): CFP1558R-USB
ISBN: 978-1-4673-9157-3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hand Postures for Evaluating Trigger Finger Using Leap Motion Controller

P.Chophuk, S.Chumpen, S.Tungjitkusolmun and P.Phasukkit*

Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand.

*kppattar@gmail.com

Abstract— The purpose of this research reported here is to evaluate an abnormal finger motion of trigger finger using Leap Motion Controller to measure finger joint angles by the dot product equation. This sensor is 3D non-contact motion sensor which can detect finger bones. It is estimated positions and directions for fingers and bones. Four postures are used to evaluate an abnormal finger motion that has been used by physical therapist: 1) a flexion of thumb IP joint, 2) neutral position of finger PIP joint, 3) flexion of finger MP Joint, 4) thumb radial abduction. A finger goniometer is used as a reference method to measure the bent fingers' angle. The results showed that an average degree different value of a finger's angle measured by the finger goniometer and this system was 5.73 degrees.

Keywords—Leap Motion Controller; Trigger finger; Finger goniometer

I. INTRODUCTION

Many people have been confused that a trigger finger should come from a long history of hard work, but hard labor does not seem to be very related. It can come from an episode of overuse, but is usually not associated with any period of heavy use. It usually comes on gradually. If you have the trigger finger, it is evaluated by a physical therapist. So, you will have to pay the money to see a doctor to evaluate an abnormal finger motion. Therefore, the main advantage of this system can help a patient who has trigger finger to evaluate an abnormal finger motion by yourself. Four postures are applied in this method. Generally, These posters have been used by a physical therapist for evaluating the abnormal finger motion in patients using the finger goniometer to measure the finger's angle. The physical therapist calls that direct method.

In 2011, J. Li, R. Zheng, Y. Zhang et al. [1] found an interactive exoskeleton device for both active and passive hand rehabilitation motions. Distant actuation modules are used to drive these exoskeletons through a cable transmission mechanism for thumb and index finger rehabilitation which had eight DOFs. The exoskeleton for each finger has 4 degrees of freedom (DOF), providing independent control for all finger joints which the joint motion is accomplished by a parallelogram mechanism. The results prove that the device has low inertia which is critical in order to obtain good backdrivability because Experimental analysis shows that the

influence of friction accounts for a large portion of the driving torque. Then, In 2013, J. Ngeo, T. Tamei et al. [2] reported control of an optimal finger exoskeleton based on continuous joint angle estimation of EMG signals for patients suffering from loss of hand functions. This system gave the desired joint angle positions by the predicted output of an artificial neural network with an EMG-to-Muscle Activation model to control the patient's finger exoskeleton. So, this method made up optimally designed finger exoskeleton continuously controlled by a user's surface electromyographic (sEMG) signals. For the results, sEMG-based control strategy worked well in controlling the exoskeleton, accurately obtaining the intended position of the device. In 2014, the measurement of rehabilitation in thumb MP joint subluxation due to rheumatoid arthritis was presented by K. Kitano, N. Tsujiuchi et al [3]. This system measured two kinds of rehabilitation using motion capture and a contact force sensor. Therefore, markers and cameras were used to create a finger model. For result, this system could measure rehabilitation from hand therapy, force, point of action and displacement. In 2015, Yeongyu Park, Jeongsoo Lee et al. [4] presented the development of a wearable sensing glove for measuring the motion of fingers using linear potentiometers and flexible wires. This method calculated the joint angles of fingers by measuring the change in length of the flexible wires in response to flexion or extension of the fingers. Therefore, a glove, linear potentiometers, flexible wires and linear springs were used in this system. A flexible wire is attached to the back of each finger. Ten linear potentiometers and springs were attached to a glove to maintain the tension of the wires in order to measure the wire length change consistently. So, this system can be applied to virtual reality or teleoperation systems.

Therefore, the aim of this work is to measure the finger's angle from four postures for evaluating the trigger finger using the Leap Motion Controller by the dot product equation. The researcher had the following differences: 1) a non-contact real-time measurement system, 2) the different types of sensors.

This paper is composed as follows, an introduction, then overview is presented in section I and II respectively. Section IV shows our results for this system. The conclusion is proposed in Section V.

II. OVERVIEW

A. Trigger finger

The trigger finger is a condition that affects the tendons in the finger become inflamed. [5]. When the affected finger or thumb is bent towards the palm, the tendon gets stuck and the finger clicks or locks. It can affect one or more fingers. The symptoms can include pain, stiffness, clicking and a small lump in the palm at the base of the affected finger or thumb.



Fig. 1. Trigger finger.

B. A Leap motion Controller

A Leap Motion Controller is actually quite simple [6]. This sensor recognizes and tracks hands, fingers and finger-like tools. The device operates in an intimate proximity with high precision and tracking frame rate and reports discrete positions, gestures, and motion. The heart of the device consists of two stereo cameras and three infrared LEDs. These tracks infrared light with a wavelength of 850 nanometers, which is outside the visible light spectrum. The origin is centered at the top of this sensor. The x- and z-axes lie in the horizontal plane, with the x-axis running parallel to the long edge of the device. The y-axis is vertical, with positive values increasing upwards (in contrast to the downward orientation of most computer graphics coordinate systems). The z-axis has positive values increasing toward the user as seen in Fig. 1.

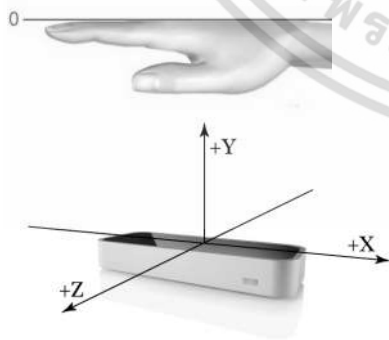


Fig. 2. 3D picture of the leap motion sensor

The device has a large interaction space of eight cubic feet, which takes the shape of an inverted pyramid - the intersection of the binocular cameras' fields of view. It's viewing range is limited to roughly 2 feet (60 cm) above the device as is seen in Fig.2. This range is limited by LED light propagation through space, since it becomes much harder to infer your hand's position in 3D beyond a certain distance. LED light intensity is ultimately limited by the maximum current that can be drawn over the USB connection. The LEDs generate pattern-less IR light and the cameras generate almost 300 frames per second of reflected data.

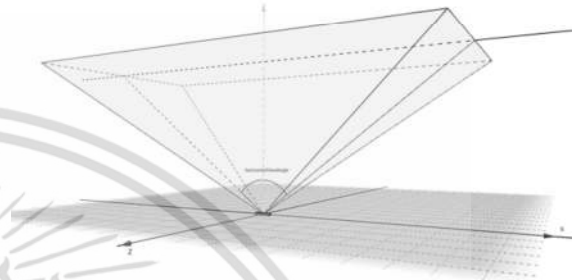


Fig. 3. Interaction area of the leap motion sensor

C. Finger goniometer

Figure 3 shows the term goniometry [7] is derived from two Greek words, Gonia means angle, and Metron, meaning measure. Thus, it is an instrument used to measure angles. Within the field of physical therapy, it is used to measure the total amount of available motion at a specific joint. It can be used to measure both active and passive range of motion. They are produced in a variety of sizes and shapes and are usually constructed of either plastic or metal. The two most common types of instruments used to measure joint angles are the bubble inclinometer and the traditional goniometer. In this paper, this device is used to measure the joint angle as the reference angle with the measurement from the Leap Motion Sensor.



Fig. 4. Baseline finger (small joint) goniometer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

III. EVALUATING AN ABNORMAL FINGER MOTION

a. Four Postures

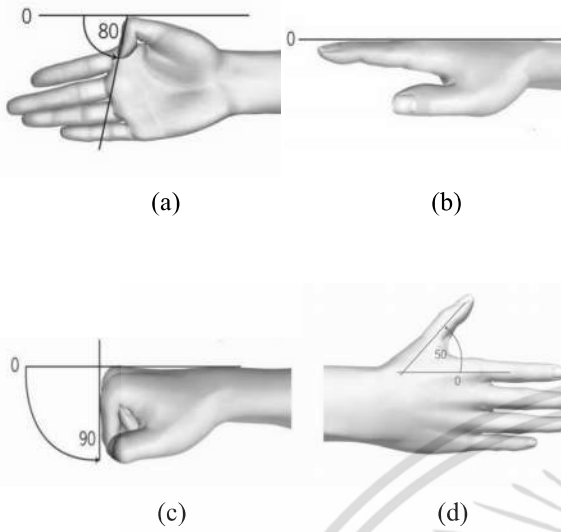


Fig. 5. Four postures for evaluating.

Four postures [8] have been used to evaluate abnormal finger motion by a physical therapist for people who have trigger finger. Postures of this system are divided into four postures, including 1) Flexion of Thumb IP joint (a), the active range of motion of the IP joint of the thumb is 80°, 2) Neutral Position of Finger PIP Joint (b), the range of motion of the IP joint of the thumb is 0°, 3) Flexion of Finger MP Joint (c), the base of the finger movement range is 90° and 4) Thumb Radial Abduction (d) measures in degrees the angle of separation formed between the Thumb and Index Metacarpal in the coronal plane. Generally, the angle value is 50°. For thumb adduction, the angle value is 15°.

B. Formula

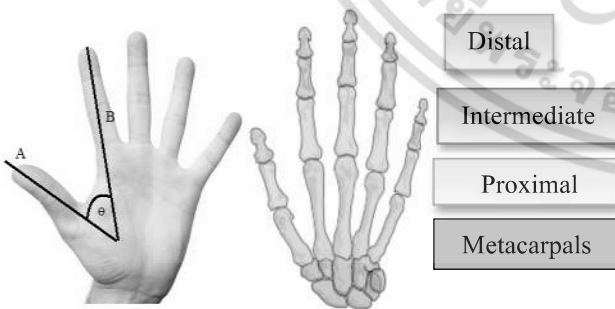


Fig. 6. The finger bones structure

The skeleton of the hand has 27 bones. The skeletons of the hand [9] are divided into four parts, namely Distal phalanges, Intermediate phalanges, Proximal phalanges and Metacarpal phalanges as is seen in Fig.6 on the right. The left image in Fig.6 shows the calculation of the angle between fingers using the dot product equation below [10].

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{A \cdot B}{|A| \times |B|} \right) \quad (1)$$

Where

A = vector A

B = vector B

|A| = the modulus of a vector A

|B| = the modulus of a vector B

θ = the angle between the vector A and B (degree)

The direction of finger bones was used in this equation. For example in fig. 6 on the right. That is the angle between the Thumb and Index Metacarpal in the Coronal Plane.

C. Process system

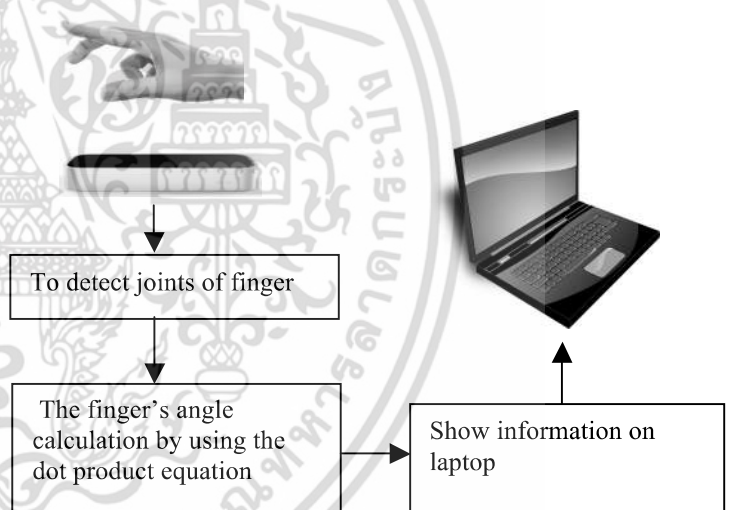


Fig. 7. Overall Working on the System

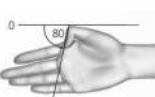



The diagram of this process is depicted in Fig. 7. First step, a hand posture was detected by the Leap Motion sensor which can detect finger bones and reports a position, direction and motion information of finger bones to the user. Next, the direction vectors of finger bones are used to calculate the finger's angle using the dot product equation. A laptop was used for calculating a finger's angle. Its output reported a finger's angle of each posture. Finally, the output was displayed. Therefore, this system is applied to measure four postures for evaluating trigger finger.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IV. RESULT

According to the standard method, the measurement of a finger's angle must be evaluated by using the finger goniometer which was acceptable in most of physical therapists. The comparison of standard method with this system was performed in order to analyze the difference of measured values. Table 1. Shows a finger angle measured by the standard and this method.

Table 1. A finger's angle measured by the finger goniometer and this system

Four postures	Fingers	A finger's angle measurement in 30 times		Average Degree Different
		Goniometer (Degree)	System (Degree)	
 Flexion of Thumb IP joint	Thumb	80°	76.66°	4.25%
 Neutral Position of Finger PIP Joint	Index	0°	5.11°	5.11°
	Middle	0°	5.01°	5.01°
	Ring	0°	6.74°	6.74°
	Pinky	0°	6.646°	6.646°
 Flexion of Finger MP Joint	Index	90°	83.95°	6.05
	Middle	90°	84.34	5.66
	Ring	90°	83.34°	6.66
	Pinky	90°	80.98°	9.02
 Thumb Radial Abduction	Thumb and Index	50°	47.75°	2.25

There are 4 postures of a finger angle measurement in all experiments. First posture, this posture is the flexion of thumb finger. The measured value of the finger goniometer is 80 degrees and this system is 76.66 degrees and an average degree different value of 4.25 degrees. Second posture, it is the Neutral Position of Finger PIP Joint. The maximum of an average degree different value of second posture is less than 7 degrees. Third posture, it is the Flexion of Finger MP Joint. The maximum of an average degree different value of third posture is less than 10 degrees. Fourth posture, it is the Thumb Radial Abduction. An average degree different value of fourth posture is 2.25 degrees.

V. CONCLUSION

In this paper, we have developed a system for evaluating an abnormal finger motion using the newly introduced leap motion sensor to detect finger bones which are used to calculate the finger's angle such as interphalangeal joint angle and Metacarpophalangeal Joint angle. It is hoped that this system may be useful for the physical therapist. From the results presented four postures, the finger's angle of the leap motion sensor, the maximum and minimum value of an average degree different were 9.02% and 2.25% respectively. These postures have been used by physical therapists to evaluate abnormal finger motion of patients using the finger Goniometer to measure the finger's angle. In the future, we will improve an average degree different better than this result. Then, this system will be applied to evaluate abnormal finger motion basic for general people.

ACKNOWLEDGMENT

We would like to thank also pedagogical supervisor, associate professor Supan Tungjitkusolum and Pattarapong Phasukkit, for their time and effort.

REFERENCES

- [1] J. Li, R. Zheng, Y. Zhang et al, "iHandRehab: an Interactive Hand Exoskeleton for Active and Passive Rehabilitation", IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics, pp. 1-6, 2011.
- [2] J. Ngeo, T. Tamei et al, "Control of an Optimal Finger Exoskeleton based on Continuous Joint Angle Estimation from EMG signals", IEEE 35th Annual International Conference of the EMBS.
- [3] K. Kitano, N. Tsujiuchi et al, "Measurement of Rehabilitation in Thumb MP Joint Subluxation due to Rheumatoid Arthritis", IEEE 16th Annual International Conference of Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), pp. 5308-5311, 2014.
- [4] Y. Park, J. Lee, and J. Bae, "Development of a Wearable Sensing Glove for Measuring the Motion of Fingers Using Linear Potentiometers and Flexible Wires", IEEE Transactions on Industrial Informatics, pp. 198-206, 2015.
- [5] Trigger-Finger, <http://www.nhs.uk/conditions/trigger-finger/Pages/Introduction.aspx> (last access: December 2014)
- [6] Leap Motion, <http://www.leapmotion.com> (last access: May 2015)
- [7] Goniometer, <https://en.wikipedia.org/wiki/Goniometer> (last access: December 2014)
- [8] http://www.sso.go.th/sites/default/files/WYSIWYG%20Web%20Builder/sso.html/Table_of_Contents_2.html (last access: June 2014)
- [9] Hand, <https://en.wikipedia.org/wiki/Hand> (last access: March 2014)
- [10] Dot product, https://en.wikipedia.org/wiki/Dot_product (last access: November 2014)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายพลวัต ช่อผูก
 วัน เดือน ปีเกิด 25 กันยายน 2534
 ที่อยู่ 83 หมู่ 2 ตำบลท่าพญา อำเภอปากพนัง
 จังหวัดนครศรีธรรมราช 80140
 เบอร์โทรศัพท์ต่อ 083-392-6174
 E-mail ponlawat65@hotmail.com
 ประวัติการศึกษา 2552 มัธยมศึกษาตอนปลาย สาขาวิทย์-คณิต
 โรงเรียนปากพนัง
 2556 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ (เกียรตินิยมอันดับ1)
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับ
 ปี ค.ศ. 2015: P. Chophuk, S. Tungjtkusolmun and P. Phasukit “*Simple American Sign Language Alphabet Using Leap Motion Controller*” The 5th Symposium on Communication Technology International Conference (ISMAC 2015), Ayutthaya, Thailand.
 P. Chophuk, S. Chumpen, S. Tungjtkusolmun and P. Phasukit “*Hand Postures for Evaluating Trigger Finger using Leap Motion Controller*” The 8th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON 2015), Pattaya, Thailand.