วิเคราะห์ท่าทางมือแบบเรียลไทม์

VR Hand Gesture

กฤตพงศ์ พุ่มสวัสดิ์

Kritpong Pumsawat

นาย ชญานิน เชื้อประทุม

Chayanin cheapratum

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ท่าทางมือแบบเรียลไทม์

VR Hand Gesture

กฤตพงศ์ พุ่มสวัสดิ์

Kritpong Pumsawat

นาย ชญานิน เชื้อประทุม

Chayanin cheapratum

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง วิเคราะห์ทางมือแบบเรียลไทม์

VR Hand Gesture

ผู้จัดทำ นาย กฤตพงศ์ พุ่มสวัสดิ์ รหัสประจำตัว 61010027

นาย ชญานิน เชื้อประทุม รหัสประจำตัว 61010184

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(ผศ.ดร. ยุทธนา คิดใจเดียว)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงาน	วิเคราะห์ทางมือแบบเรียลไทม์	
นักศึกษา	นายกฤตพงศ์ พุ่มสวัสดิ์	รหัสนักศึกษา 61010027
	นายชญานิน เชื้อประทุม	รหัสนักศึกษา 61010184
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต	
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
ปีการศึกษา	2565	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ยุทธนา คิดใจเดียว	

บทคัดย่อ

การใช้ตัวควบคุมทางกายภาพ เช่น เมาส์ แป้นพิมพ์สำหรับการโต้ตอบกับคอมพิวเตอร์ของมนุษย์เป็นอุปสรรคต่ออินเทอร์เฟซตามธรรมชาติ เนื่องจากมีสิ่งกีดขวางที่แน่นหนาระหว่างผู้ใช้และคอมพิวเตอร์ ในบทความนี้ เราได้ออกแบบระบบการรู้จำท่าทางมือแบบไร้เครื่องหมายที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถติดตามท่าทางมือทั้งแบบคงที่และแบบไดนามิกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบของเราแปลท่าทางที่ตรวจพบเป็นการกระทำ เช่น การเปิดเว็บไซต์และการเปิดใช้แอปพลิเคชัน เช่น VLC Player และ PowerPoint ท่าทางไดนามิกใช้เพื่อสลับสไลด์ในงานนำเสนอ ผลลัพธ์ของเราแสดงให้เห็นว่า HCI ที่ใช้งานง่ายสามารถทำได้ด้วยข้อกำหนดขั้นต่ำของฮาร์ดแวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	VR Hand Gesture
Student	Mister Kritpong Pumsawat Student ID 61010027
	Mister Chayanin Cheapratum Student ID 61010184
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2022
Project Advisor	Assistant Professor Dr. Yutthana Kidjaidure

ABSTRACT

The use of a physical controller like mouse, keyboard for human computer interaction hinders natural interface as there is a strong barrier between the user and computer. In this paper, we have designed a robust marker-less hand gesture recognition system which can efficiently track both static and dynamic hand gestures, Our systems translate the detected gesture into actions such as opening websites and launching applications like VLC Player and PowerPoint. The dynamic gesture is used to shuffle through the slides in presentation. Our results show that an intuitive HCI can be achieved with minimum hardware requirement.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่องวิเคราะห์ทางมือแบบเรียลไทม์สามารถสำเร็จลุลวงไปได้ด้วยดี ทั้งนี้ต้อง ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ยุทธนา คิดใจเดียว อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่คอยให้ความรู้ คำแนะนำ และชี้แนะแนวทางในการปฏิบัติงาน รวมไปถึงการให้คำปรึกษาในเรื่องของทฤษฎี ตลอดจนการตาม ผลชิ้นงาน ความคืบหน้าในทุกสัปดาห์ ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ท่านอื่นที่มี ความเกี่ยวของ ซึ่งคอยช่วยแนะนำแก้ไขจุดบกพร่องในชิ้นงาน ทั้งโดยตรงและโดยอ้อมทุกท่าน ขอบคุณนักศึกษาปริญญาโทในภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่านที่คอยสนับสนุนเรื่องอุปกรณ์ ในการ ทดลองและวิธีการทดสอบ รวมไปถึงการเตรียมความพร้อมในการตอบคำถามต่าง ๆ ที่จะต้องเกิดขึ้น ในการสอบ

สุดท้ายนี้ต้องขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ของข้าพเจ้า ที่อยู่เบื้อหลังความสำเร็จ พร้อม ทั้งสนับสนุนในด้านต่าง ๆ ทั้งสถานที่ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ไม่มากก็น้อยต่อผู้ที่สนใจในภายภาคหน้า

กฤพงศ์ พุ่มสวัสดิ์

ชญานิน เชื้อประทุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง หน้า

บทคัดย่อ.....I

ABSTRACT.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญรูป.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1

1.3 ทฤษฎี และ สมมุติฐานของการศึกษา.....1

1.4 ขอบเขตในการจัดทำโครงงาน.....1

1.5 ระยะเวลาในการทำโครงงาน.....2

บทที่ 2 หลักการทำงานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 หลักการทำงานของ VR Hand Tracking.....3

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....3

2.2.1 Hand Tracking.....3

2.2.1.1 ตำแหน่งของ landmark ของ Hand Tracking.....3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 MediaPipe.....4
2.2.3 IP Address.....4
2.2.3.1 รูปแบบของ IP Address.....4
2.2.4 ภาษา HTML.....5
2.2.5 ภาษา CSS.....6
2.2.5.1 ประโยชน์ของ CSS.....6
2.2.6 ภาษา JavaScript.....7
2.2.6.1 JavaScript คืออะไร.....7
2.2.6.2 JavaScript นำไปใช้ทำอะไร.....8
2.2.7 ภาษา Python.....8
2.2.7.1 Python คืออะไร.....8
2.2.7.2 ข้อดีของ Python.....9
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....10
3.1 Block Diagram.....10
3.2 โปรแกรมที่ใช้.....10
3.2.1 IP CAMERA.....10
3.2.2 VS Code.....11
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....12
4.1 ตอนที่ 1 ทดลองเขียนโค้ด Hand Tracking.....12
4.1.1 การทดลองตอนที่ 1.....12
4.1.2 ผลการทดลองตอนที่ 1.....12
4.2 ตอนที่ 2 รับภาพจากมือถือส่งไปที่เว็บเบราว์เซอร์.....13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การทดลองตอนที่ 2.....13

4.2.2 ผลการทดลองตอนที่ 2.....15

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....16

5.1 สรุปผลการทดลอง.....16

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน.....16

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา.....16

เอกสารอ้างอิง.....17

ภาคผนวก.....18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 1.1 แสดงระยะเวลาในการทำโครงงาน.....2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

รูปที่ 2.1 Landmark Hand Tracking.....3

รูป 2.2 HTML.....5

รูปที่ 2.3 CSS.....6

รูปที่ 2.4 JavaScript.....7

รูปที่ 2.5 Python.....8

รูปที่ 3.1 Block Diagram แสดงการทำงานของ VR Hand Tracking.....9

รูปที่ 3.2 หน้าตาแอพพลิเคชั่น IP CAMERA.....10

รูปที่ 3.3 หน้าตาแอพพลิเคชั่น VS Code.....11

รูปที่ 4.1 Hand Tracking Code.....12

รูปที่ 4.2 ผลการทดลอง Hand Tracking.....13

รูปที่ 4.3 ส่งภาพจากสมาร์ทโฟนไปที่เว็บเบราว์เซอร์.....13

รูปที่ 4.4 สร้างเว็บเบราว์เซอร์.....14

รูปที่ 4.5 กำหนด IP Address.....14

รูปที่ 4.6 หน้าเว็บเบราว์เซอร์.....15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านการแพทย์ได้มีการพัฒนาอย่างมาก เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่แพทย์โดยปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีหลายอย่างมากได้แก่ เครื่อง MRI , Hybrid Operation Room เป็นต้น เราจึงศึกษาการทำงานของ VR กับ Hand Tracking เพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นการจำลองการผ่าตัดโดยดูบนเครื่อง VR ผ่านสมาร์ทโฟน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 สามารถประยุกต์ใช้ Hand Tracking ร่วมกับ VR

1.2.2 ฝึกการใช้งานภาษา python

1.2.3 เพื่อนำความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้งานจริง

1.2.4 สามารถนำความรู้ที่ได้ศึกษาไปต่อยอดได้

1.3 ทฤษฎี และ สมมุติฐานการศึกษา

VR Hand Tracking สามารถจำลองการผ่าตัดได้โดยผ่านตัวแว่น VR แล้วเราสามารถหยิบจับเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ผ่าตัดโดยผ่านมือเรา

1.4 ขอบเขตในการจัดทำโครงงาน

1.4.1 สามารถสร้างเครื่อง VR Hand tracking ได้

1.4.2 สามารถสร้างแอพพลิเคชั่นเพื่อใช้งานในสมาร์ทโฟนได้

1.4.3 สามารถควบคุมการทำงานโดยการใช้ Hand tracking ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ระยะเวลาในการจัดทำโครงงาน

ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงงาน เริ่มต้นตั้งแต่ 31 มกราคม 2566 ถึง 19 พฤษภาคม 2566

ตารางที่ 1.1 แสดงระยะเวลาในการทำโครงงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	สัปดาห์ที่																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1.ทฤษฎี/ซื้ออุปกรณ์	←	—	—	—	→				สอบกลางภาค									สอบปลายภาค	
2.ทดสอบและแก้ไขชิ้นงาน										←	—	—	—	—	—	—	→		
3.เก็บผลการทดลอง										←	—	—	—	—	→				
4.สรุปผลการทดลอง														←	—	—	→		
5. เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์															←	—	→		→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการทำงานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำงานของ VR hand Tracking

การใช้งาน VR hand Tracking ได้โดยเริ่มจากเปิดแอพพลิเคชั่นที่เราสร้างขึ้นแล้วเปิดใช้งานบนสมาร์ทโฟน จากนั้นทำการนำเอาสมาร์ทโฟนไปประกอบเข้ากับ VR Hand Tracking แล้วพอเราประกอบตัวสมาร์ทโฟนกับ VR Hand Tracking เรียบร้อยแล้ว ตัวแอพพลิเคชั่นจะทำการจำลองห้องผ่าตัดแล้วมีคนไข้ที่เราต้องรักษาและยังมีเครื่องมือทางการแพทย์ให้เราได้ใช้ด้วย โดยการควบทั้งหมดสามารถควบคุมผ่านด้วยมือเราเท่านั้น

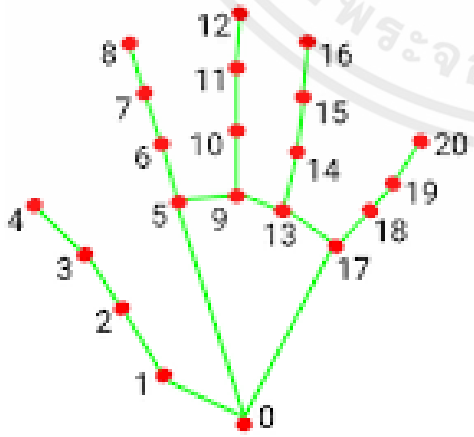
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 Hand Tracking

การตรวจจับท่าทางมือเราว่ามือทำลักษณะท่าทางอย่างไร แล้วตัวโปรแกรมจะแปลงลักษณะท่าทางมือเราให้กลายเป็นคำสั่งที่เราทำการบันทึกค่าไว้ เพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้งานอย่างอื่นได้อีก

2.2.1.1 ตำแหน่งของ landmark ของ Hand Tracking

โดยตัวโค้ดของ MediaPipe จะเริ่มทำการระบุตำแหน่งสำคัญของมือจำนวน 21 จุด โดยการตรวจจับภาพที่ได้รับเข้ามาดังรูปที่ 2.1



0. WRIST
1. THUMB_CMC
2. THUMB_MCP
3. THUMB_IP
4. THUMB_TIP
5. INDEX_FINGER_MCP
6. INDEX_FINGER_PIP
7. INDEX_FINGER_DIP
8. INDEX_FINGER_TIP
9. MIDDLE_FINGER_MCP
10. MIDDLE_FINGER_PIP
11. MIDDLE_FINGER_DIP
12. MIDDLE_FINGER_TIP
13. RING_FINGER_MCP
14. RING_FINGER_PIP
15. RING_FINGER_DIP
16. RING_FINGER_TIP
17. PINKY_MCP
18. PINKY_PIP
19. PINKY_DIP
20. PINKY_TIP

รูปที่ 2.1 Landmark Hand Tracking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 MediaPipe

MediaPipe เป็น Machine Learning หรือ Deep Learning โดยทาง Google เป็นผู้สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการตรวจจับท่าทางของมือหรือเรียกว่า Hand Tracking โดยข้อดีของ MediaPipe คือมันสามารถตอบสนองแบบ Real time และยังมีความเรียบง่ายในการใช้งาน แล้วสุดท้ายตัว MediaPipe ก็ยังมีความแม่นยำระดับหนึ่ง

2.2.3 IP Address

IP Address เปรียบเสมือนได้กับเลขที่บ้าน โดย IP Address จะเป็นตัวบ่งบอกตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ แล้ว IP Address ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ก็จะไม่ซ้ำกัน เพราะถ้าอุปกรณ์ 2 เครื่องหรือมากกว่านั้นมี IP Address ที่ซ้ำกันการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอาจเกิดข้อผิดพลาดได้ ชื่อเรียกแบบเต็มของ IP Address คือ Internet Protocol Address ตัว IP Address

จะประกอบไปด้วยตัวเลข 4 ชุด ในปัจจุบันมาตรฐานของ IP Address คือ IPv4 และ IPv6 จะเป็นเลข 32 บิต และ IPv6 เป็นเลข 128 บิต

2.2.3.1 รูปแบบของ IP Address

การแบ่งรูปแบบของ IP Address แบ่งได้เป็น 2 รูปแบบได้แก่

1.Network Address หมายเลข IP สำหรับเครือข่าย จะถูกตั้งด้วย Router

2.Computer Address หมายเลข IP ประจำเครื่องในระบบเครือข่าย

แล้วเรายังสามารถแบ่ง IP Address เป็นตาม class จะได้ดังนี้

1. Class A มีตัวเลข 0.0.0.0 ถึง 127.255.255.255 เหมาะสำหรับองค์กรขนาดใหญ่ มีผู้ใช้งานจำนวนมาก สามารถกำหนดเลข IP Address ได้ถึง 16 ล้านหมายเลข
2. Class B มีตัวเลข 128.0.0.0 ถึง 191.255.255.255 เหมาะสำหรับองค์กรขนาดกลาง กำหนดเลขสำหรับผู้ใช้งานประมาณ 65,000 หมายเลข
3. Class C มีตัวเลข 192.0.0.0 ถึง 223.255.255.255 เหมาะสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ภายในเครื่องข่ายได้จำนวนหมายเลข 254 หมายเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Class D มีตัวเลข 224.0.0.0 ถึง 239.255.255.255 จะใช้ในเครือข่ายแบบ Multitask เท่านั้น
5. Class E เป็น Class สำหรับอนาคต จึงยังไม่ได้กำหนดการใช้งาน

2.2.4 ภาษา HTML

HTML ถูกย่อมาจากคำว่า Hyper Text Markup Language เป็น ภาษาคอมพิวเตอร์ในอีกภาษาหนึ่งที่ใช้ในการแสดงผลของเอกสารบนเว็บเบราว์เซอร์ ที่ถูกพัฒนาและกำหนดมาตรฐานโดยองค์กร World Wide Web Consortium (W3C) และจากการพัฒนาทางด้านซอฟต์แวร์ของ Microsoft ทำให้ภาษา HTML เป็นอีกภาษาหนึ่งที่ใช้เขียนโปรแกรมได้ หรือที่เรียกว่า HTML Application HTML เป็นภาษาประเภท Markup สำหรับการสร้างเว็บเพจ โครงสร้างของ HTML จะเป็นในรูปแบบของ Tag ต่างๆ และ เว็บเบราว์เซอร์จะแปลความของ Tag แต่ละ Tag ออกมาเป็นหน้าตาเว็บไซต์ เพราะรูปแบบของภาษา HTML นั้นเป็นภาษาที่เหมาะสำหรับการสร้างหน้าเว็บ ที่มีลักษณะเป็นเอกสารแบบไฮเปอร์เท็กซ์ซึ่งมีคุณสมบัติที่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลต่างๆไปยัง หน้าเว็บอื่นๆตามที่เราต้องการได้

รูป 2.2 HTML

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ภาษา CSS

CSS เป็น ภาษาที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการตกแต่งเอกสาร HTML/XHTML ให้มีหน้าตา สีสัน ระยะห่าง พื้นหลัง เส้นขอบและอื่นๆ ตามที่ต้องการ CSS ถูกย่อมาจากคำว่า Cascading Style Sheets มีลักษณะเป็นภาษาที่มีรูปแบบในการเขียน Syntax แบบเฉพาะและได้ถูกกำหนดมาตรฐานโดย W3C เป็นภาษาหนึ่งในการตกแต่งเว็บไซต์

รูปที่ 2.3 CSS

2.2.5.1 ประโยชน์ของ CSS

1.ช่วยทำให้เนื้อหาภายในเอกสาร HTML มีความเข้าใจง่ายมากขึ้นแล้วในการแก้ไขเอกสารของภาษา HTML สามารถที่จะทำง่ายมากขึ้นกว่าเดิม สาเหตุที่ทำให้เอกสาร HTML ทำได้ง่ายเพราะการที่เราใช้ภาษา CSS จะช่วยลดการใช้ภาษา HTML ลงในระดับหนึ่ง และยังช่วยแยกระหว่างเนื้อหากับรูปแบบในการแสดงผลได้อย่างชัดเจน

2.ทำให้เวลาเราดาวน์โหลดไฟล์ได้เร็ว เนื่องจากโค้ดในเอกสาร HTML ลดลง จึงทำให้แต่เดิมภาษา HTML มีขนาดไฟล์ที่ใหญ่ แต่พอเราใช้ภาษา CSS เข้าไปช่วยเลยทำให้ไฟล์มีขนาดที่เล็กลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.สามารถกำหนดรูปแบบการแสดงผลจากคำสั่ง style sheet ชุดเดียวกัน ให้มีการแสดงผลในเอกสารแบบเดียวทั้งหน้าหรือในทุกๆหน้าได้ ทำให้ช่วยลดเวลาการทำเอกสารหรือแก้ไขเอกสารบนเว็บมีความสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมการแสดงผลให้คล้ายหรือเหมือนกันได้ในหลายเว็บเบราว์เซอร์

4.ช่วยในการกำหนดรูปแบบการแสดงผลให้มีความเหมาะกับสื่อต่างๆได้เป็นอย่างดี

5.ทำให้เว็บไซต์ที่เราทำมีมาตรฐานมากขึ้นและมีความทันสมัย

2.2.6 ภาษา JavaScript

2.2.6.1 JavaScript คืออะไร

JavaScript เป็นภาษาโปรแกรมที่นักพัฒนาใช้ในการสร้างหน้าเว็บแบบอินเทอร์แอคทีฟ ตั้งแต่การรีเฟรชฟีดสื่อโซเชียลไปจนถึงการแสดงภาพเคลื่อนไหวและแผนที่แบบอินเทอร์แอคทีฟ ฟังก์ชันของ JavaScript สามารถปรับปรุงประสบการณ์ที่ผู้ใช้จะได้รับจากการใช้งานเว็บไซต์ และในฐานะที่เป็นภาษาในการเขียนสคริปต์ฝั่งไคลเอ็นต์ จึงเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีหลักของ World Wide Web ยกตัวอย่างเช่น เมื่อคุณท่องเว็บแล้วเห็นภาพสไลด์ เมนูดร็อปดาวน์แบบคลิกให้แสดงผล หรือสองค์ประกอบที่เปลี่ยนแบบไดนามิกบนหน้าเว็บ นั่นคือคุณเห็นเอฟเฟกต์ของ JavaScript

รูปที่ 2.4 JavaScript

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6.2 JavaScript นำไปใช้ทำอะไร

แต่ก่อนเว็บเพจเป็นแบบคงที่คล้ายกับหน้าหนังสือ โดยหลักแล้วหน้าเพจคงที่แสดงข้อมูลในเค้าโครงที่ตายตัว และไม่ได้ทำทุกอย่างที่ตอนนี้เราคาดหวังจากเว็บไซต์สมัยใหม่ JavaScript เกิดขึ้นในฐานะเทคโนโลยีฝั่งเบราว์เซอร์เพื่อทำให้เว็บแอปพลิเคชันมีความเป็นไดนามิกมากขึ้น เมื่อใช้ JavaScript เบราว์เซอร์จะสามารถตอบสนองต่อการโต้ตอบของผู้ใช้และเปลี่ยนแปลงเค้าโครงเนื้อหาบนเว็บเพจได้

2.2.7 ภาษา Python

2.2.7.1 Python คืออะไร

Python เป็นภาษาอีกหนึ่งภาษาที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในแอพพลิเคชั่น โดยตัวภาษา Python นั้นเป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์วิทยาศาสตร์ และแมชชีนเลิร์นนิง (ML) ที่นักพัฒนาใช้ Python เนื่องจากตัวภาษามีประสิทธิภาพ เรียนรู้ได้ง่าย และสามารถทำงานได้บนแพลตฟอร์มต่างๆ ได้มากมาย

รูปที่ 2.5 Python

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7.2 ข้อดีของ Python

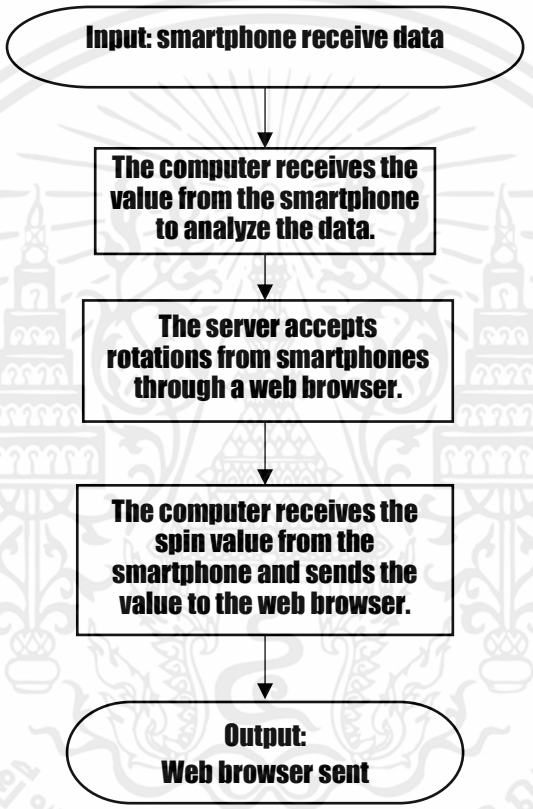
1. นักพัฒนาสามารถอ่านและทำความเข้าใจโปรแกรม Python ได้อย่างง่ายดาย เนื่องจากมีไวยากรณ์พื้นฐานเหมือนภาษาอังกฤษ
2. Python ทำให้นักพัฒนาทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากพวกเขาสามารถเขียนโปรแกรม Python ได้โดยใช้โค้ดน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับภาษาอื่นๆ อีกมากมาย
3. Python มีไลบรารีมาตรฐานขนาดใหญ่ที่มีโค้ดที่ใช้ซ้ำได้สำหรับเกือบทุกงาน ด้วยเหตุนี้ นักพัฒนาจึงไม่ต้องเขียนโค้ดขึ้นใหม่ทั้งหมด
4. โดยนักพัฒนาสามารถใช้ Python ร่วมกับภาษาการเขียนโปรแกรมยอดนิยมอื่นๆ เช่น Java, C และ C++ ได้อย่างง่ายดาย
5. ทั้งนี้ชุมชน Python ในปัจจุบันมีนักพัฒนาที่พร้อมให้การสนับสนุนหลายล้านคนทั่วโลก หากประสบปัญหา คุณสามารถรับการสนับสนุนอย่างรวดเร็วได้จากชุมชน
6. โดยมีแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์มากมายบนอินเทอร์เน็ต หากคุณต้องการเรียนรู้ Python ตัวอย่างเช่น คุณสามารถค้นหาวิดีโอ บทแนะนำสอนการใช้งาน เอกสารประกอบ และคู่มือนักพัฒนาได้อย่างง่ายดาย
7. Python สามารถใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ต่างๆ เช่น Windows, macOS, Linux และ Unix

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 Block Diagram



รูปที่ 3.1 Block Diagram แสดงการทำงานของ VR Hand Tracking

3.2 โปรแกรมที่ใช้

3.2.1 IP CAMERA

IP CAMERA เป็นโปรแกรมของสมาร์ทโฟนที่ทำให้เราสามารถเปลี่ยนสมาร์ทโฟนของเราเป็นกล้องวงจรปิดแบบพกพาได้ โดยหลักการของแอปนี้จะสามารถทำให้เราแสดงผลแบบเรียลไทล์ผ่านกล้องมือถือของเราลงบนเซิร์ฟเวอร์อินเตอร์เน็ต และบอก ID Address เซิร์ฟเวอร์นั้นๆแก่เรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 หน้าตาแอพพลิเคชั่น IP CAMERA

3.2.2 VS Code

Visual Studio Code หรือ VSCode เป็นโปรแกรม Code Editor ที่ใช้ในการแก้ไขและปรับแต่งโค้ด จากค่ายไมโครซอฟท์ มีการพัฒนาออกมาในรูปแบบของ OpenSource จึงสามารถนำมาใช้งานได้แบบฟรี ๆ ที่ต้องการความเป็นมืออาชีพ

ซึ่ง Visual Studio Code นั้น เหมาะสำหรับนักพัฒนาโปรแกรมที่ต้องการใช้งานข้ามแพลตฟอร์ม รองรับการใช้งานทั้งบน Windows, macOS และ Linux สนับสนุนทั้งภาษา JavaScript, TypeScript และ Node.js สามารถเชื่อมต่อกับ Git ได้ นำมาใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน มีเครื่องมือส่วนขยายต่าง ๆ ให้เลือกใช้อย่างมากมาก ไม่ว่าจะเป็น 1.การเปิดใช้งานภาษาอื่น ๆ ทั้ง ภาษา C++, C#, Java, Python, PHP หรือ Go 2.Themes 3.Debugger 4.Commands เป็นต้น

รูปที่ 3.3 หน้าตาแอพพลิเคชั่น VS Code

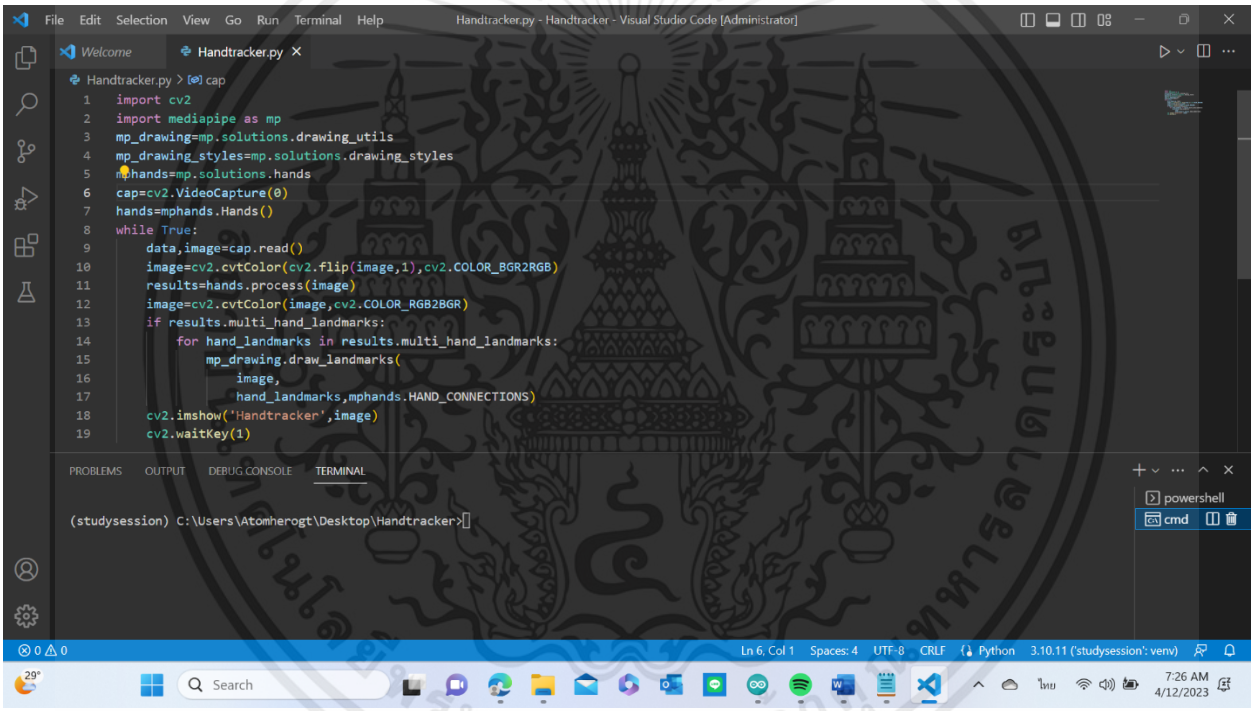
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ตอนที่ 1 ทดลองเขียนโค้ด Hand Tracking

4.1.1 การดำเนินงานตอนที่ 1

ทำการเขียนโค้ด Hand Tracking ลงไปในโปรแกรม VS Code (Visual Studio Code) พอเราเขียนโค้ดเรียบร้อยจะได้ดังรูปที่ 4.1

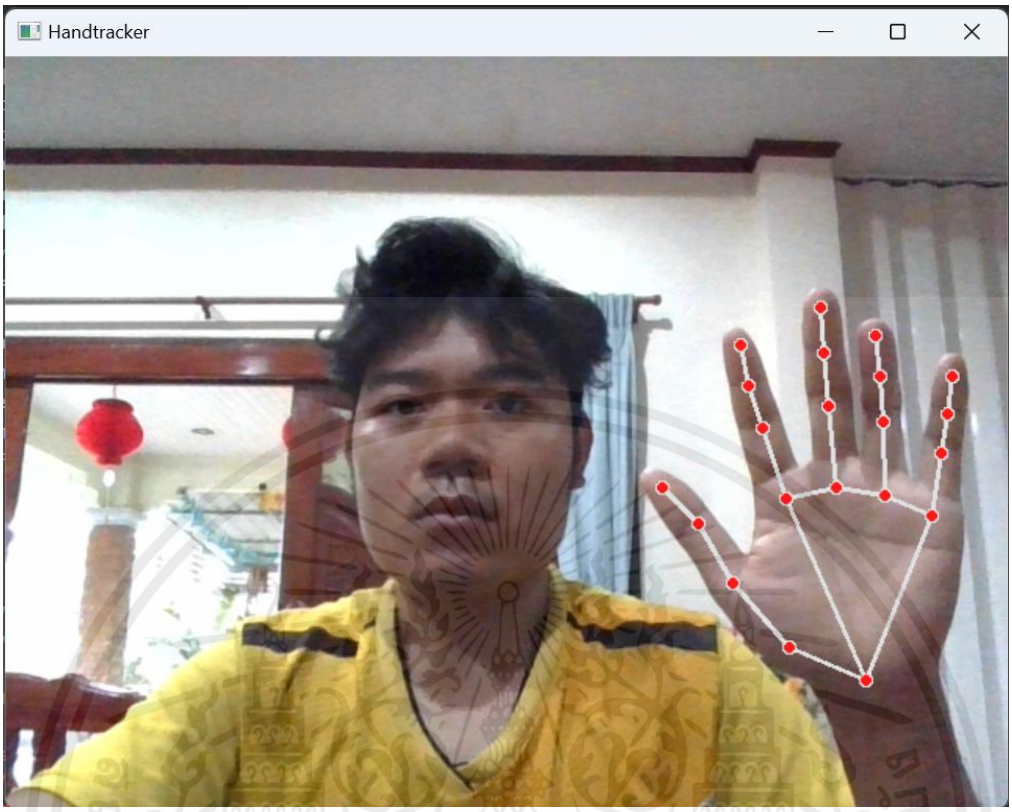


รูปที่ 4.1 Hand Tracking Code

3.1.2 ผลการดำเนินงานตอนที่ 1

เมื่อเราทำการกดรันโค้ดที่ VS Code จะมีภาพขึ้นที่หน้าต่างป๊อปอัพ โดยภาพที่ปรากฏขึ้นมาจะบอกตำแหน่งจุด Landmark ของมือเรา ดังรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ผลการทดลอง Hand Tracking

3.2 ตอนที่ 2 รับภาพจากมือถือส่งไปที่เว็บเบราว์เซอร์

.2.1 การดำเนินงานตอนที่ 2

เริ่มทำการเขียนโค้ดดังรูปที่ 4.3 เพื่อส่งภาพจากสมาร์ทโฟนไปที่เว็บเบราว์เซอร์ จากนั้นทำการเขียนโค้ดเพื่อสร้างเว็บเบราว์เซอร์ขึ้นมาดังรูปที่ 4.4 และสุดท้ายเขียนโค้ดเพื่อทำการกำหนด IP Address ดังรูปที่ 4.5

```
@app.route("/video_feed")
def video_feed():
    # return the response generated along with the specific media
    # type (mime type)
    return Response(generate(),
        mimetype = "multipart/x-mixed-replace; boundary=frame")
```

รูปที่ 4.3 ส่งภาพจากสมาร์ทโฟนไปที่เว็บเบราว์เซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<!DOCTYPE html>

<html lang="en" >
<head>
    <meta charset="utf-8" />
    <title>Pi Video Surveillance</title>
</head>
<body>
    <h1>Pi Video Surveillance</h1>
    <img src="{{ url_for('video_feed') }}">

</body>
</html>
```

รูปที่ 4.4 สร้างเว็บเบราว์เซอร์

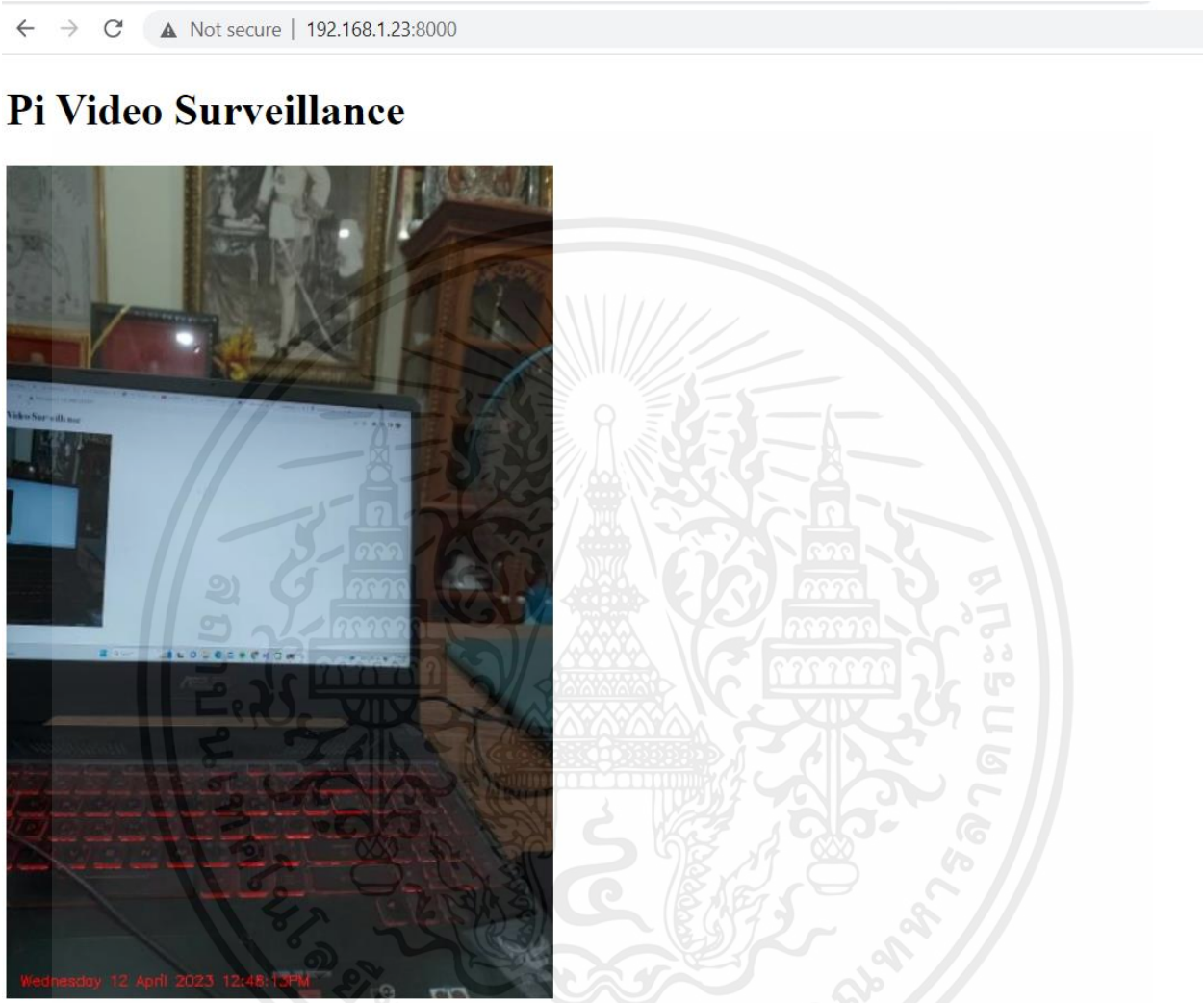
```
if __name__ == '__main__':
    # construct the argument parser and parse command line arguments
    ap = argparse.ArgumentParser()
    ap.add_argument("-i", "--ip", type=str, default="0.0.0.0",
        help="ip address of the device")
    ap.add_argument("-o", "--port", type=int, default=8000,
        help="ephemeral port number of the server (1024 to 65535)")
    ap.add_argument("-f", "--frame-count", type=int, default=32,
        help="# of frames used to construct the background model")
    args = vars(ap.parse_args())
    # start a thread that will perform motion detection
    t = threading.Thread(target=detect_motion, args=(
        args["frame_count"],))
    t.daemon = True
    t.start()
    # start the flask app
    app.run(host=args["ip"], port=args["port"], debug=True,
        threaded=True, use_reloader=False)#"ip" "port"
```

รูปที่ 4.5 กำหนด IP Address

3.2.2 ผลการดำเนินงานตอนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราทำการกดรันโปรแกรม VS Code เราจะมีหน้าต่างป๊อปอัพขึ้นมาดังรูปที่ 4.6 โดยผ่านที่ได้จะถูกถ่ายโดยสมาร์ทโฟน แล้วภาพจากสมาร์ทโฟนจะไปขึ้นที่เว็บเบราว์เซอร์



รูปที่ 4.6 หน้าเว็บเบราว์เซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ตอนที่ 3 นำสตรียมมิ่งที่ได้จากตอนที่2ไปวิเคราะห์สัญลักษณ์ท่าทางมือและส่งไปที่เว็บเบราว์เซอร์

โดยเป็นการเปรียบเสมือนรวมโค้ดในตอนที่1 กับตอนที่2เข้าด้วยกันการเขียนโค้ดเพิ่มเติมตามภาพด้านล่างโดยผ่านตัวแปรหลักที่ชื่อว่า “frame”

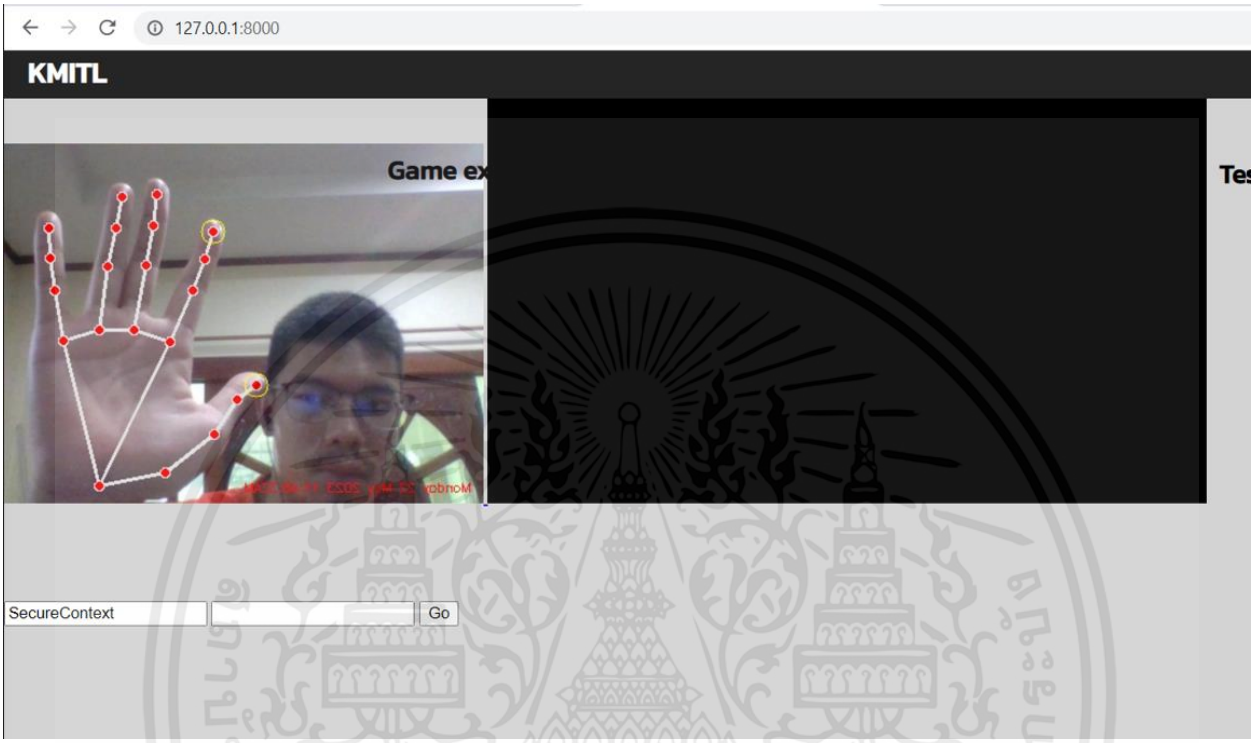
```
#loop_time=time()
# loop over frames from the video stream
while True:
    # read the next frame from the video stream, resize it,
    # convert the frame to grayscale, and blur it
    frame = vs.read()
    frame = imutils.resize(frame,width=400)
    gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    gray = cv2.GaussianBlur(gray, (7, 7), 0)
    # grab the current timestamp and draw it on the frame
    timestamp = datetime.datetime.now()
    cv2.putText(frame, timestamp.strftime(
        "%A %d %B %Y %I:%M:%S%p"), (10, frame.shape[0] - 10),
        cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.35, (0, 0, 255), 1)
```

```
frame=cv2.cvtColor(cv2.flip(frame,1),cv2.COLOR_BGR2RGB)
results=hands.process(frame)
frame=cv2.cvtColor(frame,cv2.COLOR_RGB2BGR)
if results.multi_hand_landmarks:
    for hand_landmarks in results.multi_hand_landmarks:
        mp_drawing.draw_landmarks(
            frame,
            hand_landmarks,mphands.HAND_CONNECTIONS)
        landmarks=hand_landmarks.landmark
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ผลการดำเนินงานตอนที่ 3

ภาพด้านล่างเป็นการสตรียมมิ่งสดจากหน้าเว็ปเซิฟเวอร์ของเรา



3.4 ตอนที่ 4 ทำการเขียนโค้ดให้สามารถถ่ายทอดสดจากแทปใดแทปหนึ่งที่ใช้งานอยู่จากคอมพิวเตอร์

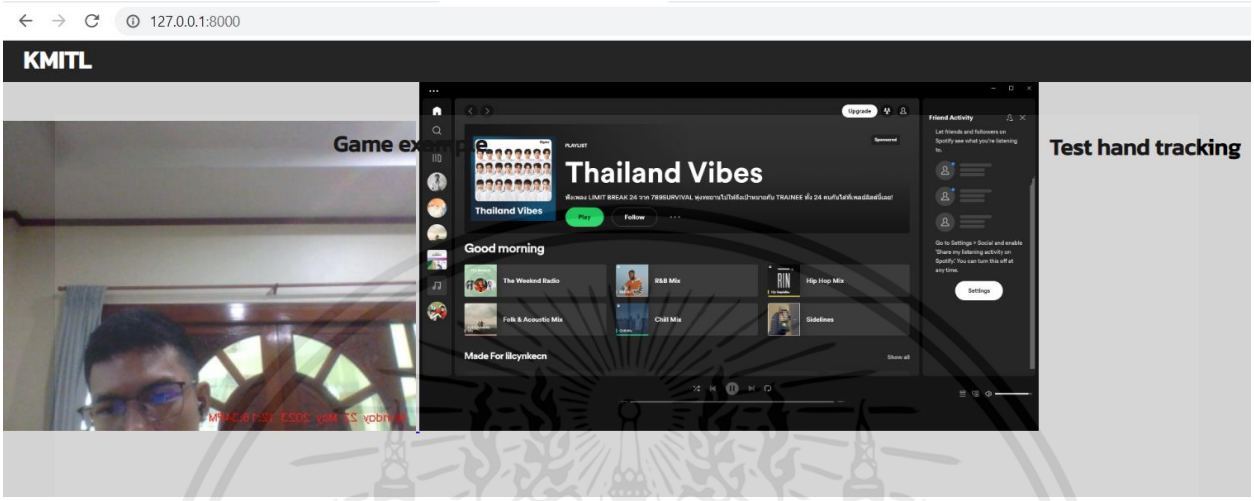
โดยเราเลือกแทปจากแทปที่เราต้องการจะควบคุมผ่านหน้าเว็ปเพื่อดูการสตรียมมิ่งสดแทปนั้นจากหน้าเว็ปได้เลย ในที่นี้เพื่อความง่ายจะทำการทดลองโดยการเลือกให้จับหน้าจอโปรแกรม “Spotify free” ก่อนโดยการเขียนโค้ดเพิ่มเติมไปดังนี้

```
wincap=WindowCapture('Spotify Free')
screenshot=wincap.get_screenshot()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ผลการดำเนินงานตอนที่ 4

โดยเราจะได้ผลการทดลองดังนี้ โดยการดูผ่านหน้าเว็ปเซิฟเวอร์ของเรา



3.5 การดำเนินงานตอนที่ 5

ทำการเขียนโค้ดเพื่อให้เอาพุตต์จากตอนที่3 สามารถใช้สัญลักษณ์ท่าทางมือในการควบคุมเมาส์เพื่อไปควบคุมเอาพุตต์จากตอนที่4 และแสดงผลผ่านเว็ปเซิฟเวอร์ของเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

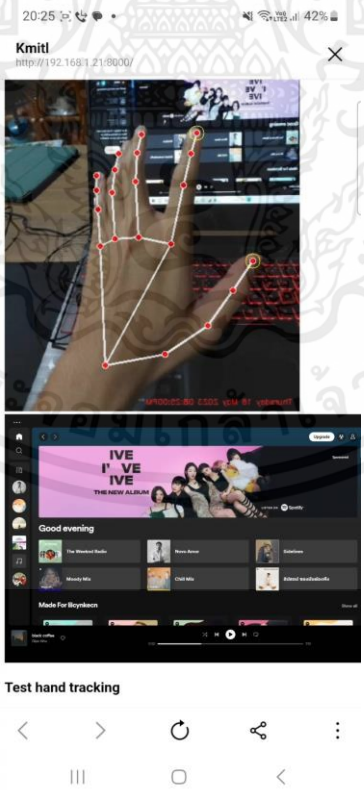
บทที่4

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองตอนที่1

ทำการทดลองรันโค้ดทุกส่วนเข้าด้วยกันและทำการทดลองใช้งานผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อควบคุมหน้าจอแทปที่เรากำหนดในคอมพิวเตอร์โดยใช้ท่าทางมือโดยเมื่อเราทำการขยับมือเมาส์ก็จะขยับตามและเราสามารถสั่งการคลิกได้โดยนำเอานิ้วโป้งและนิ้วชี้สัมผัสกัน เพื่อนำไปพัฒนาใช้ในงานด้านVR ต่อไป

ผลการทดลองตอนที่1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการจำลองการใช้งาน VR ผ่านทางสมาร์ทโฟน โดยเราจะใช้กล้องมือถือจับ ท่าทางมือแบบเรียวไทม์ เพื่อเราสามารถควบคุมโปรแกรมที่ใช้งานผ่านอุปกรณ์ VR โดยที่ไม่ต้องมี VR Controller และแสดงผลบนบราวเซอร์

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

การทดลองนี้เป็นการเชื่อมต่อกันและส่งข้อมูลไปมาหากันผ่านเซิร์ฟเวอร์อินเทอร์เน็ตดังนั้นจึงมีการไม่เสถียรของข้อมูล และ เวลาในการแสดงผลอาจมีความล่าช้าตามสัญญาณอินเทอร์เน็ต

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา

พยายามทำให้ขั้นตอนการเชื่อมต่อและส่งของข้อมูลระหว่างกันมีขั้นตอนน้อยที่สุดและพยายามทำให้ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลข้อมูลมีขั้นตอนน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Hand Tracking คืออะไร . [ออนไลน์] . 22 พฤษภาคม 2566 . เข้าถึงได้จาก :

ตรวจจับมือผ่าน webcam 10 บรรทัด Python Hand Tracking (ultimatepython.co)

[2] MediaPipe คืออะไร . [ออนไลน์] . 22 พฤษภาคม 2566 . เข้าถึงได้จาก :

ตรวจจับมือผ่าน webcam 10 บรรทัด Python Hand Tracking (ultimatepython.co)

[3] IP Address คืออะไร . [ออนไลน์] . 22 พฤษภาคม 2566 . เข้าถึงได้จาก :

ip address คืออะไร วิธีการตรวจสอบแบบง่าย ๆ ด้วยตัวเอง ทำได้อย่าง (quickserv.co.th)

[4] HTML คืออะไร .[ออนไลน์] . 10 พฤษภาคม 2566 . เข้าถึงได้จาก :

HTML คืออะไร เอชทีเอ็มแอล ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างเว็บเพจ ใช้เขียนโปรแกรม ย่อมาจากอะไร (mindphp.com)

[5] CSS คืออะไร . [ออนไลน์] . 10 พฤษภาคม 2566 . เข้าถึงได้จาก :

CSS คืออะไร มีประโยชน์ อย่างไร | blog.sogoodweb.com

[6] JavaScript คืออะไร . [ออนไลน์] . 10 พฤษภาคม 2566 . เข้าถึงได้จาก :

JavaScript คืออะไร - คำอธิบายเกี่ยวกับ JavaScript (JS) - AWS (amazon.com)

[7] VS Code คืออะไร . [ออนไลน์] . 10 พฤษภาคม 2566 . เข้าถึงได้จาก :

รู้จักกับ Visual Studio Code (วิชวล สตูดิโอ โค้ด) โปรแกรมฟรีจากค่ายไมโครซอฟท์ (mindphp.com)

[8] Hand Tracking คืออะไร . [ออนไลน์] . 11 มีนาคม 2566 . เข้าถึงได้จาก :

ตรวจจับมือผ่าน webcam 10 บรรทัด Python Hand Tracking (ultimatepython.co)

[9] Python คืออะไร . [ออนไลน์] . 22 พฤษภาคม 2566 . เข้าถึงได้จาก :

Python คืออะไร - คำอธิบายเกี่ยวกับภาษา Python - AWS (amazon.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

โค้ดที่ใช้ในการดำเนินการ

----Webstreaming.py----

```
from imutils.video import VideoStream
from flask import Response
from flask import Flask
from flask import render_template,request
import threading
import argparse
import datetime
import imutils
import time
import pyautogui
import cv2
import mediapipe as mp
from PyImageSearch.LiveGameCapture.LiveGameCapture import WindowCapture

# initialize the output frame and a lock used to ensure thread-safe
# exchanges of the output frames (useful when multiple browsers/tabs
# are viewing the stream)
outputFrame = None
outputFrame2 = None
username2=None
lock = threading.Lock()
# initialize a flask object
app = Flask(__name__)
# initialize the video stream and allow the camera sensor to
# warmup
#vs = VideoStream(usePiCamera=1).start()
vs = VideoStream(src=0).start()
#"http://192.168.1.20:6677/videofeed?username=&password="
#vs = VideoStream("http://192.168.134.181:6677/videofeed?username=&password=").start()

#######ประกาศตัวแปรของ HandGesture############
mp_drawing=mp.solutions.drawing_utils
mp_drawing_styles=mp.solutions.drawing_styles
mphands=mp.solutions.hands
hands=mphands.Hands()
################################################
################ ตัวแปรของ HandControlPC ####
#hands=mphands
#hand_detector=mphands
screen_width, screen_height = pyautogui.size()
index_y = 0
################################################
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
###############ตัวแปร Live Screen ############
#หา window ชื่อ.....
wincap=WindowCapture('Spotify Free')
#wincap=WindowCapture('Skydive into paradise with me | 360 Degree Skydiving Experience - YouTube - Work - Microsoft Edge')
#########################################


time.sleep(2.0)

@app.route("/", methods=['GET', 'POST'])
def index():
        global username2
        #Receive input from html
        if request.method == 'POST':
                #name = request.form.get('name')
                #username = request.form.get('username')
                x=request.form.get('OrientX')
                y=request.form.get('OrientY')
                #return f'{name}, your username is {username}'
                username2=x



        # return the rendered template
        return render_template("index.html")



#def detect_motion(frameCount):
#    global vs, outputFrame, lock
#        # grab global references to the video stream, output frame, and
#        # lock variables
#    md = SingleMotionDetector(accumWeight=0.1)
#    total = 0
def drawHandGesture(frameCount):
        global vs, outputFrame,outputFrame2, lock,username2,index_y,screen_width,screen_height
#        # initialize the motion detector and the total number of frames
#        # read thus far

        #loop_time=time()
        # loop over frames from the video stream
        while True:
                # read the next frame from the video stream, resize it,
                # convert the frame to grayscale, and blur it
                frame = vs.read()
                frame = imutils.resize(frame,width=400)
                gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
                gray = cv2.GaussianBlur(gray, (7, 7), 0)
                # grab the current timestamp and draw it on the frame
                timestamp = datetime.datetime.now()
                cv2.putText(frame, timestamp.strftime(
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                "%A %d %B %Y %I:%M:%S%p"), (10, frame.shape[0] - 10),
                cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.35, (0, 0, 255), 1)

        frame_heigth, frame_width, _ = frame.shape #Variable for Hand Control Pc


        ########## Motion Detect ####################
        # if the total number of frames has reached a sufficient
        # number to construct a reasonable background model, then
        # continue to process the frame
        #if total > frameCount:
        #       # detect motion in the image
        #       motion = md.detect(gray)
        #       # check to see if motion was found in the frame
        #       if motion is not None:
        #               # unpack the tuple and draw the box surrounding the
        #               # "motion area" on the output frame
        #               (thresh, (minX, minY, maxX, maxY)) = motion
        #               cv2.rectangle(frame, (minX, minY), (maxX, maxY),
        #                       (0, 0, 255), 2)

        ## update the background model and increment the total number
        ## of frames read thus far
        #md.update(gray)
        #total += 1
        # acquire the lock, set the output frame, and release the
        # lock
        ############################################################


        ############# HandGesture #########################
        frame=cv2.cvtColor(cv2.flip(frame,1),cv2.COLOR_BGR2RGB)
        results=hands.process(frame)
        frame=cv2.cvtColor(frame,cv2.COLOR_RGB2BGR)
        if results.multi_hand_landmarks:
                for hand_landmarks in results.multi_hand_landmarks:
                        mp_drawing.draw_landmarks(
                                frame,
                                hand_landmarks,mphands.HAND_CONNECTIONS)
                        landmarks=hand_landmarks.landmark

        #cv2.waitKey(1)

#################### Hand Control PC ############################

                        for id, landmark in enumerate(landmarks):
                                x = int(landmark.x*frame_width)
                                y = int(landmark.y*frame_heigth)
                                if id == 8:
                                                cv2.circle(img=frame, center=(x,y), radius=10, color=(0, 255, 255))
                                                index_x = screen_width/frame_width*x
                                                index_y = screen_height/frame_heigth*y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                                        pyautogui.moveTo(index_x,index_y)
                                if id == 4:
                                        cv2.circle(img=frame, center=(x,y), radius=10, color=(0, 255, 255))
                                        thumb_x = screen_width/frame_width*x
                                        thumb_y = screen_height/frame_heigth*y
                                        #print('outside',abs(index_y - thumb_y))
                                        if abs(index_y - thumb_y) < 20:
                                                pyautogui.click()
                                                pyautogui.sleep(1)
                                                #print('click')

                        #######Window Capture##########################
                        screenshot=wincap.get_screenshot()
                        #screenshot=imutils.resize(screenshot,width=400)

                        #cv2.imshow('Real Time Streamming',screenshot)

                        #print('FPS {}'.format(1/(time()-loop_time)))
                        #loop_time=time()

                        if cv2.waitKey(1)== ord('q'):
                                cv2.destroyAllWindows()
                        #break
                        #print('Done')
                        #print(f'{username2}')

                        ####################################################
                        with lock:
                                outputFrame = frame.copy()
                                outputFrame2=screenshot

def generate():
        # grab global references to the output frame and lock variables
        global outputFrame,lock
        # loop over frames from the output stream
        while True:
                # wait until the lock is acquired
                with lock:
                        # check if the output frame is available, otherwise skip
                        # the iteration of the loop
                        if outputFrame is None:
                                continue
                        # encode the frame in JPEG format
                        (flag, encodedImage) = cv2.imencode(".jpg", outputFrame)
                        # ensure the frame was successfully encoded
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        if not flag:
                                continue
                # yield the output frame in the byte format
                yield(b'--frame\r\n' b'Content-Type: image/jpeg\r\n\r\n' +
                        bytearray(encodedImage) + b'\r\n')

#Generate real-time window
def generate2():
        # grab global references to the output frame and lock variables
        global outputFrame2,lock
        # loop over frames from the output stream
        while True:
                # wait until the lock is acquired
                with lock:
                        # check if the output frame is available, otherwise skip
                        # the iteration of the loop
                        if outputFrame is None:
                                continue
                        # encode the frame in JPEG format
                        (flag, encodedImage) = cv2.imencode(".jpg", outputFrame2)
                        # ensure the frame was successfully encoded
                        if not flag:
                                continue
                # yield the output frame in the byte format
                yield(b'--frame\r\n' b'Content-Type: image/jpeg\r\n\r\n' +
                        bytearray(encodedImage) + b'\r\n')

#Streaming HandGesture
@app.route("/video_feed")
def video_feed():
        # return the response generated along with the specific media
        # type (mime type)
        # MIME stands for Multi-purpose Internet Mail Extensions. MIME types form a standard way of classifying file types on the Internet
        return Response(generate(),
                mimetype = "multipart/x-mixed-replace; boundary=frame")

#Streaming Window
@app.route("/video_feed2")
def video_feed2():
        # return the response generated along with the specific media
        # type (mime type)
        # MIME stands for Multi-purpose Internet Mail Extensions. MIME types form a standard way of classifying file types on the Internet
        return Response(generate2(),
                mimetype = "multipart/x-mixed-replace; boundary=frame")



# check to see if this is the main thread of execution
if __name__ == '__main__':
        # construct the argument parser and parse command line arguments
        ap = argparse.ArgumentParser()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ap.add_argument("-i", "--ip", type=str, default="0.0.0.0",
                help="ip address of the device")
        ap.add_argument("-o", "--port", type=int, default=8000,
                help="ephemeral port number of the server (1024 to 65535)")
        ap.add_argument("-f", "--frame-count", type=int, default=32,
                help="# of frames used to construct the background model")
        args = vars(ap.parse_args())

        # start a thread that will perform motion detection
        t = threading.Thread(#target=detect_motion,
                                target=drawHandGesture,
                                                args=(args["frame_count"],))

        t.daemon = True
        t.start()
        # start the flask app
        app.run(host=args["ip"], port=args["port"], debug=True,
                threaded=True, use_reloader=False)#"ip" "port"
# release the video stream pointer
vs.stop()
```

---Hand Gesture.py---

```
mp_drawing=mp.solutions.drawing_utils
mp_drawing_styles=mp.solutions.drawing_styles
mphands=mp.solutions.hands
cap=cv2.VideoCapture(0)
hands=mphands.Hands()
```

---LiveGameCapture.py---

```
import cv2
import numpy as np
import os
from time import time
import win32gui,win32ui,win32con


class WindowCapture:

    #Properties
 w = 0 # set this
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
h = 0 # set this
bmpfilenamename = "out.bmp" #set this
hwnd=None

#Constructor
def __init__(self,window_name):

    self.hwnd = win32gui.FindWindow(None,window_name)
    if not self.hwnd:
        raise Exception('Window not found:{}'.format(window_name))
    self.w=1920
    self.h=1080

def get_screenshot(self):


        wDC = win32gui.GetWindowDC(self.hwnd)
        dcObj=win32ui.CreateDCFromHandle(wDC)
        cDC=dcObj.CreateCompatibleDC()
        dataBitMap = win32ui.CreateBitmap()
        dataBitMap.CreateCompatibleBitmap(dcObj, self.w, self.h)
        cDC.SelectObject(dataBitMap)
        cDC.BitBlt((0,0),(self.w, self.h) , dcObj, (0,0), win32con.SRCCOPY)


        #Save Screenshot
        #dataBitMap.SaveBitmapFile(cDC, bmpfilenamename)
        signedIntsArray = dataBitMap.GetBitmapBits(True)
        img = np.fromstring(signedIntsArray, dtype='uint8')
        img.shape = (self.h,self.w,4)


        # Free Resources
        dcObj.DeleteDC()
        cDC.DeleteDC()
        win32gui.ReleaseDC(self.hwnd, wDC)
        win32gui.DeleteObject(dataBitMap.GetHandle())

        img=img[...,:3]
        img=np.ascontiguousarray(img)
        return img

def list_allwindow_name():
    def winEnumHandler( hwnd, ctx ):
        if win32gui.IsWindowVisible( hwnd ):
            print ( hex( hwnd ), win32gui.GetWindowText( hwnd ) )

    win32gui.EnumWindows( winEnumHandler, None )
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

--- index.html---

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
    <meta charset="utf-8">

    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
    <title>Kmitl</title>
    <link rel="preconnect" href="https://fonts.googleapis.com">
    <link rel="preconnect" href="https://fonts.gstatic.com" crossorigin>
    <link href="https://fonts.googleapis.com/css2?family=Kanit:wght@100;500&display=swap" rel="stylesheet">
    <link rel="stylesheet"  type="text/css" href="../../styles.css">

    <style>
        html, body {
            background-color: lightgray;
            font-family: 'Kanit', sans-serif;
            margin: 0;
            padding: 0;
        }

        .top-head {
            background-color: rgb(37, 37, 37);
            height: 40px;
            margin: 0;
        }

        .menu {
            color: white;
            display: inline-block;
            text-decoration: none;
            padding: 20px;
            transform: translate(0,-40px);
        }

        .bigbox {
            position: relative;
        }

        .box {
            font-size: larger;
            color: black;
            text-decoration: none;
            display: inline block;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            padding: 20px;
            position: absolute;
            left: 300px;
        }

        .hand {
            font-size: larger;
            color: black;
            text-decoration: none;
            display: inline-block;
            padding: 20px;
            position: absolute;
            right: 300px;
            top: 3px;
        }



        .img2 {
            width: 100%;
        }


        .bottom {
            background-color: rgb(37, 37, 37);
            transform: translate(0,500px);
        }

        .cotent-bottom {
            color: white;
            text-align: center;
            padding: 10px;
            height: 20px;
        }

    </style>



</head>
<body>
    <header class="top-head">
        <h2 class="menu">KMITL</h2>
    </header>
    <div class="bigbox">
        <div class="box">
            <h3>Game example</h3>
        </div>
        <a class="img2" href="url_for('video_feed')">
            <img class="img1" src="{{ url_for('video_feed') }}">
        </a>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    <img data-enlargable width="600" src="{{ url_for('video_feed2') }}">

    <div class="hand">
        <h3>Test hand tracking</h3>
    </div>
</div>
<footer class="bottom">
    <p class="cotent-bottom">Power by Atom&Neck<p>
</footer>

<form action="" method="post">

    <input type="text" id="OrientX">

    <input type="text" id="OrientY">
    <input type="submit" value="Go">
</form>

<script>
    if (window.isSecureContext) { document.getElementById("OrientX").value = "SecureContext" }
    else { document.getElementById("OrientX").value = "NotSecureContext" }
</script>


<script type="text/javascript">
    window.addEventListener('deviceorientation', handleOrientation);

    function handleOrientation(event) {
        const alpha = event.alpha;
        const beta = event.beta;
        const gamma = event.gamma;
        // Do stuff...

        let x = event.beta; // In degree in the range [-180,180)
        let y = event.gamma; // In degree in the range [-90,90)

        OrientX = x.toString();
        OrientY = y.toString();
        document.getElementById("OrientX").value = OrientX
        document.getElementById("OrientY").value = OrientY

        output.textContent = `beta : ${x}\n`;
        output.textContent += `gamma: ${y}\n`;
    }
</script>

<pre class="output"></pre>



</body>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
</html>
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้