

ระบบห้องเรียนอัจฉริยะ
SMART CLASSROOM SYSTEM



ปรีญูญานินพณ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรีญูญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ปริญญาโทปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบห้องเรียนอัจฉริยะ

SMART CLASSROOM SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นายปริญญ์ คุ้มวงศ์ รหัสนักศึกษา 60010589
2. นายสุทธิพงษ์ แสงสว่าง รหัสนักศึกษา 60011087
3. นางสาวสุริยา อรรถเสโย รหัสนักศึกษา 60011112



อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์จรัสศักดิ์ สิทธิกร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ระบบห้องเรียนอัจฉริยะ

นายปริชญ์พี	เอี่ยมวงศ์	60010589
นายสุทธิพงษ์	แสงสว่าง	60011087
นางสาวสุริยา	อรรถเสขโย	60011112
อาจารย์จรัสศักดิ์	สิทธิกร	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2563		

บทคัดย่อ

การพัฒนาการศึกษาเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีศักยภาพ เป็นประโยชน์ต่อองค์กร ประเทศชาติ และ โลกใบนี้ การนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาช่วยเป็นส่วนหนึ่งในการจัดการระบบการศึกษา จะช่วยเพิ่มความสะดวกสบาย ความยืดหยุ่น และความรวดเร็วในการเข้าถึงการศึกษาของประชากรในประเทศ และเพื่อให้การศึกษาสามารถเข้าถึงผู้คนได้หลากหลายกลุ่ม พร้อมรับมือกับยุคสมัยและการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์โลก การบูรณาการระบบการเรียนในห้องเรียนกับระบบการเรียนแบบออนไลน์จะช่วยยกระดับการศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

โครงการนี้ทำการออกแบบและพัฒนาระบบห้องเรียนอัจฉริยะที่รองรับการสตรีมมิ่งในห้องเรียน ใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) ในการวิเคราะห์ท่าทางของผู้สอนในห้องเรียนแล้วนำผลลัพธ์จากการจำแนกการกระทำต่าง ๆ ไปควบคุมการหมุนกล้องและเลือกวิดีโอนำเข้าสำหรับบันทึกวิดีโอการสอนในห้องเรียน เพื่อนำไปจัดเก็บไว้บนเว็บแอปพลิเคชันสำหรับจัดการการเรียนการสอน ซึ่งเว็บแอปพลิเคชันรองรับการส่งงาน ส่งงานของผู้สอน ผู้เรียน และการอัปโหลดเอกสารการเรียนการสอน ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงวิดีโอ เอกสารการเรียนการสอนในห้องเรียน ส่งงานที่ได้รับมอบหมายเสมือนเรียนในห้องเรียนจากที่ไหนเวลาใดก็ได้ และหากอาจารย์ผู้สอนไม่สามารถมาสอนที่ห้องเรียน ก็สามารถสอนผ่านระบบสตรีมมิ่ง ส่งงาน และให้คะแนนงาน จากที่ใดก็ได้เพียงมีอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ตในการเข้าถึงเว็บแอปพลิเคชันจัดการการเรียนการสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

SMART CLASSROOM SYSTEM

Mr. Parinrapee Iamvong 60010589

Mr. Suttipong Sangsawang 60011087

Ms. Suriya Uttasayyo 60011112

Mr. Jirasak Sittigorn Advisor

Academic Year 2020

ABSTRACT

The development of education is a part that will help to develop human resources to have potential benefits for the organization, the country, and the world. Modern technology can help to manage the education system that will benefit in many ways that flexibility and access to education of the local population. To make education accessible to a wide range of people, Abreast of the times and the real-world circumstances. The integration of the classroom system with the online learning system will enhance the efficiency of education.

This project design and develop a smart classroom system that supports classroom streaming, control classroom video recording using machine learning technology to analyze the teacher's gestures in the classroom, and then take the action classification results to control camera rotation and select the appropriate video to store the video on the web application. Which supports assign classwork and submitting classwork for student. This allows students to study and submit classwork as if they were studying in the classroom from anywhere at any time. And if the teacher is unable to be in the classroom, they can teach through the stream, order work, check work from anywhere with just a computer device, and the internet to access the web application.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use^{II} Only, not allowed for commercial use.

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

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์จรัสศักดิ์ สิทธิกร ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาเป็นอย่างดี ตลอดจนช่วยหาทางแก้ไขปัญหา เมื่อเกิดปัญหาต่าง ๆ ซึ่งทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง และขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงาน หากความรู้ และอำนวยความสะดวกในการทำโครงการครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้คำแนะนำและคำปรึกษาตลอดการทำงาน ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่อบรมเลี้ยงดูคณะผู้จัดทำ ตลอดจนเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนตลอดมา

ปริญญานิพนธ์
สุทธิพงษ์ แสงสว่าง
สุริยา อรรถเสขโย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use^{III} Only, not allowed for commercial use.

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

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การประยุกต์ใช้ TensorFlow Lite ในการปรับปรุงโมเดล Machine learning สำหรับนำไปใช้งานบน Embedded System.....	4
2.2 แนวทางในการออกแบบ PCB ด้วยโปรแกรม Kicad.....	6
2.3 การทำ Audio Synchronization	10
2.4 การประยุกต์ใช้ RTSP G-Streaming ในการจัดทำระบบ Live Streaming	11
2.5 การประยุกต์ใช้โมเดล Pose Estimation ในการวิเคราะห์จุดสำคัญในร่างกาย	12
บทที่ 3 การออกแบบและการพัฒนา.....	15
3.1 ภาพรวมของระบบ	15
3.2 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram)	17
3.3 แผนภาพการออกแบบส่วนฮาร์ดแวร์ (Top-down Design)	29
3.4 แผนภาพแสดงการทำงานของส่วนฮาร์ดแวร์ (Cross Function Flowchart).....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 3.5 การประยุกต์ใช้โมเดล 3D ในการจัดทำระบบควบคุมการหมุนกึ่งอัตโนมัติ ประโยชน์ได้ 33 การค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use ^{IV} Only, not allowed for commercial use.

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

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6 การประยุกต์ใช้ Moodle Opensource ในการจัดทำเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการเรียนการสอน	34
บทที่ 4 แนวทางการทดสอบและการวัดประสิทธิภาพ	36
4.1 การทดสอบการจำแนกรูปแบบการกระทำของมนุษย์ในท่าทางต่าง ๆ.....	36
4.2 การทดสอบการรัน โมเดล Pose Estimation วิเคราะห์จุดสำคัญในร่างกาย	41
4.3 การทดสอบเพิ่มประสิทธิภาพโมเดล Pose Estimation	42
4.4 การทดสอบการ Live Streaming โดยใช้ RTSP G-Streaming และ โปรแกรม OBS	44
4.5 การทดสอบการบันทึกเสียงด้วย Audio Module	46
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	48
5.1 สรุปผลที่ได้จากโครงการ	48
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	49
5.3 แผนในการพัฒนาต่อ	50
บรรณานุกรม	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
2.1 การทำงานของ TensorFlow Lite	4
2.2 โค้ดส่วนการกำหนดเวอร์ชัน TensorFlow.....	5
2.3 โค้ดส่วนการ Import Library	5
2.4 โค้ดส่วนการบันทึกโมเดล.....	5
2.5 โค้ดส่วนการแปลงโมเดลเป็น TensorFlow Lite.....	5
2.6 โค้ดส่วนการดาวน์โหลด โมเดล TensorFlow Lite.....	6
2.7 ตัวอย่างการออกแบบ Schematic	7
2.8 ตัวอย่างการออกแบบ PCB	7
2.9 ตัวอย่าง 3D views.....	8
2.10 วิธีการวัด Latency ของ 2 Audio.....	10
2.11 การทำงานแบบไปป์ไลน์ของ GStreamer.....	11
2.12 ตัวอย่างการแสดงผลจุดต่าง ๆ บนร่างกายที่ผ่านการทำ Pose Estimation โดยใช้ Open Pose..	12
2.13 ตัวอย่างการเลือกโมเดลของ Open Pose ในภาพเป็นการเลือกใช้โมเดล COCO.....	13
2.14 ตัวอย่างการแสดงผลจุดที่ได้จากการประมวลผล ลงบนรูปภาพโดยใช้ OpenCV.....	13
2.15 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้รับจากการประมวลผลของ Open Pose ในรูปแบบ JSON	14
3.1 ภาพรวมของระบบห้องเรียนอัจฉริยะ	15
3.2 แผนภาพยูสเคส	17
3.3 ภาพรวมการออกแบบส่วนฮาร์ดแวร์ (Top Level).....	29
3.4 ภาพรวมส่วน Audio Module.....	30
3.5 ภาพรวมส่วน Camera Module	31
3.6 แผนภาพแสดงการทำงานของส่วนฮาร์ดแวร์	32
3.7 ตัวอย่างภาพระบบห้องเรียนที่พัฒนาโดย Moodle Opensource.....	34
3.8 ตัวอย่างภาพการกระทำในห้องเรียนที่พัฒนาโดย Moodle Opensource.....	35
3.9 ตัวอย่างภาพการกระทำในห้องเรียนที่พัฒนาโดย Moodle Opensource.....	35
4.1 การจำแนกทำขึ้นตรงหน้าด้วย โมเดล Multilayer Neural Network แบบเดิม	37
4.2 การจำแนกทำขึ้นตรงหน้าหลังด้วย โมเดล Multilayer Neural Network แบบเดิม	37
4.3 การจำแนกทำขึ้นกมือซ้ายด้วย โมเดล Multilayer Neural Network	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือสงวนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use^{VI} Only, not allowed for commercial use.

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

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.4 การจำแนกทำขึ้นตรงหันหน้าด้วยโมเดล Multilayer Neural Network ที่ทำการเพิ่มข้อมูล38	
4.5 การจำแนกทำขึ้นยกมือซ้ายด้วยโมเดล Multilayer Neural Network ที่ทำการเพิ่มข้อมูล39	
4.6 การจำแนกทำขึ้นยกมือขวาด้วยโมเดล Multilayer Neural Network ที่ทำการเพิ่มข้อมูล.....39	
4.7 การจำแนกทำขึ้นยกสองมือด้วยโมเดล Multilayer Neural Network ที่ทำการเพิ่มข้อมูล40	
4.8 การจำแนกทำขึ้นกางแขนมือด้วยโมเดล Multilayer Neural Network ที่ทำการเพิ่มข้อมูล40	
4.9 การพลอตจุด 17 จุดที่โมเดล Post Estimation ทำการวิเคราะห์ได้41	
4.10 การพลอตจุด 17 จุดที่โมเดล Post Estimation ทำการวิเคราะห์ได้42	
4.11 ตัวอย่างเวลาในการประมวลผลโมเดล Pose Estimation ด้วย CPU43	
4.12 ตัวอย่างเวลาในการประมวลผลโมเดล Pose Estimation ด้วย GPU44	
4.13 หน้าต่างเมื่อได้รับคำสั่งให้เริ่มต้นการสตรีม45	
4.14 วิดีโอที่ได้รับจากการสตรีมด้วย GStreaming45	
4.15 วิดีโอที่เปิดจากกล้องเสมือนด้วย OBS46	
4.16 ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขาอินพุตของไอซี PCM180247	
4.17 สัญญาณเสียงที่ Raspberry Pi ได้รับ47	
5.1 ชิ้นงานส่วนควบคุมกล้องและแสดงโหมดต่างๆ ของผู้สอนในห้องเรียน47	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use^{VII} only, not allowed for commercial use.

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

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน.....	3
3.1 รายละเอียดของ Use Case เข้าสู่ระบบด้วย Email สถาบันที่ทำการ Register.....	19
3.2 รายละเอียดของ Use Case เข้าสู่ระบบด้วย Google Account.....	19
3.3 รายละเอียดของ Use Case คู่มือส่วนตัว.....	19
3.3 (ต่อ) รายละเอียดของ Use Case คู่มือส่วนตัว.....	20
3.4 รายละเอียดของ Use Case แก้ไขข้อมูลส่วนตัว.....	20
3.5 รายละเอียดของ Use Case เปลี่ยนรหัสผ่าน.....	20
3.6 รายละเอียดของ Use Case สร้างรายวิชา.....	20
3.7 รายละเอียดของ Use Case แก้ไขข้อมูลรายวิชา.....	20
3.7 (ต่อ) รายละเอียดของ Use Case แก้ไขข้อมูลรายวิชา.....	21
3.8 รายละเอียดของ Use Case ลบรายวิชา.....	21
3.9 รายละเอียดของ Use Case เปิด หรือ ปิด การยืนยันการขอเข้าร่วมรายวิชา.....	21
3.10 รายละเอียดของ Use Case อนุมัติ หรือ ปฏิเสธคำขอเข้าร่วมรายวิชา.....	21
3.11 รายละเอียดของ Use Case เข้าสู่รายวิชา.....	22
3.12 รายละเอียดของ Use Case คู่มือรายวิชาที่สร้าง.....	22
3.13 รายละเอียดของ Use Case รับแจ้งเตือนจากรายวิชา.....	22
3.14 รายละเอียดของ Use Case เชิญอาจารย์เข้าสู่รายวิชา.....	22
3.15 รายละเอียดของ Use Case เชิญนักศึกษาช่วยสอนเข้าร่วมรายวิชา.....	23
3.16 รายละเอียดของ Use Case อัปโหลดเอกสารการสอน.....	23
3.17 รายละเอียดของ Use Case ลบเอกสารการสอน.....	23
3.18 รายละเอียดของ Use Case เริ่มสตรีมในรายวิชา.....	23
3.19 รายละเอียดของ Use Case เชิญผู้เรียนด้วย Class Code.....	24
3.20 รายละเอียดของ Use Case เชิญผู้เรียนเข้าสู่รายวิชาด้วยอีเมล.....	24
3.21 รายละเอียดของ Use Case เชิญผู้เรียนเข้าสู่รายวิชาด้วยลิงค์.....	24
3.22 รายละเอียดของ Use Case สร้างการบ้าน.....	24
3.23 รายละเอียดของ Use Case แก้ไขโพสต์การบ้าน.....	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
3.24 รายละเอียดของ Use Case ให้คะแนนงานของนักศึกษาที่ส่งมา	25
3.25 รายละเอียดของ Use Case ดูงานที่นักศึกษาส่งมา.....	25
3.26 รายละเอียดของ Use Case ลบโพสการบ้าน	25
3.27 รายละเอียดของ Use Case เข้าสู่รายวิชาด้วย Class Code.....	26
3.28 รายละเอียดของ Use Case เข้าสู่รายวิชาด้วยอีเมลเชิญ.....	26
3.29 รายละเอียดของ Use Case เข้าสู่รายวิชาด้วยลิงค์เชิญ.....	26
3.30 รายละเอียดของ Use Case คู่มือรายวิชาที่เข้าร่วม.....	26
3.31 รายละเอียดของ Use Case ออกจากรายวิชา.....	27
3.32 รายละเอียดของ Use Case คู่มือเอกสารการสอน.....	27
3.33 รายละเอียดของ Use Case ดาวน์โหลดเอกสารการสอน	27
3.34 รายละเอียดของ Use Case ดูรายละเอียดโพสการบ้านที่ได้รับมอบหมาย.....	27
3.35 รายละเอียดของ Use Case ส่งการบ้านที่ได้รับมอบหมาย.....	28
3.36 รายละเอียดของ Use Case แสดงความเห็นในโพสการบ้านที่ได้รับมอบหมาย	28
3.37 รายละเอียดของ Use Case เข้าร่วมการสตรีม.....	28
3.38 รายละเอียดของ Use Case ออกจากสตรีม	28
3.39 รายละเอียดของ Use Case เลือกหน้าจอหลักในการสตรีม	29
4.1 ผลการทดลองการประมวลผล โมเดล Pose Estimation โดยใช้ CPU และ GPU.....	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use^{IX} only, not allowed for commercial use.

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

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านการพัฒนาเว็บไซต์และระบบอินเทอร์เน็ต เข้ามามีบทบาทในแวดวงการศึกษา โดยมีระบบจัดการการเรียนการสอนที่ถูกพัฒนาขึ้นอย่างหลากหลายรูปแบบ เช่น ระบบส่งงานออนไลน์ ระบบจัดเก็บข้อมูลสื่อการเรียนการสอน และอื่น ๆ ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้สอน ผู้เรียน โดยทำให้ผู้สอนสามารถส่งงานหรือผู้เรียนสามารถส่งงานได้จากทุกที่ทุกเวลา เพียงเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ต

การพัฒนาสื่อการเรียนการสอนในห้องเรียนประเภทวิดีโอให้มีคุณภาพและสามารถเข้าถึงได้ตลอดเวลาจำเป็นต้องใช้คนและเวลาในการทำเป็นอย่างมาก การนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการบันทึกและจัดการวิดีโอการเรียนการสอนนั้นช่วยให้ประหยัดเวลาและแรงงานคนได้อีกด้วย

ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) และการเรียนรู้แบบเชิงลึก (Deep Learning) ซึ่งถูกพัฒนาและนำมาใช้แก้ปัญหาหรือช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานแทนแรงงานคนในรูปแบบต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง ด้วยการใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผลเพื่อตัดสินใจ ควบคุม และแก้ปัญหาต่าง ๆ

เพื่อที่จะได้วิดีโอการเรียนการสอนที่สมบูรณ์โดยไม่ต้องใช้แรงงานคนในการตัดต่อ หรือควบคุมมุมมองในการถ่ายทำ รวมทั้งนำมาพัฒนาร่วมกับระบบจัดการการเรียนการสอน ทางกลุ่มผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาพัฒนาระบบห้องเรียนอัจฉริยะ (Smart Classroom System) โดยประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

ส่วนของระบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application)

ส่วนของระบบเว็บแอปพลิเคชัน เป็นเว็บไซต์ใช้งานของผู้ใช้งาน โดยมีฟังก์ชันในการจัดการการทำงานของผู้ใช้งาน และจัดการระบบห้องเรียน พัฒนาโดยใช้ React ซึ่งเป็นไลบรารีของภาษา JavaScript ใช้สำหรับการเขียนเว็บไซต์ และมีการเก็บข้อมูลโดยใช้ระบบฐานข้อมูลที่เขียนด้วย MySQL เป็นตัวจัดการข้อมูลและระบบทางฝั่งเซิร์ฟเวอร์ทั้งหมด

ส่วนของฮาร์ดแวร์สำหรับสตรีมวิดีโอการสอนในห้องเรียน

ส่วนอุปกรณ์สำหรับบันทึกภาพและเสียงการเรียนการสอนในห้องเรียน ส่งข้อมูลวิดีโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การคัดลอกหรือการนำ

ไม่ว่ากรณีใดโดยไม่ได้รับอนุญาตจากสถาบันฯ เป็นสิ่งผิดกฎหมาย

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

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

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ที่ช่วยบันทึก ควบคุมมุกกล้อง และใช้เทคโนโลยี Machine Learning ในการวิเคราะห์ท่าทางผู้สอนเพื่อจัดการวิดีโอการสอนในห้องเรียน
- 2) เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันในการจัดการการเรียนการสอนในห้องเรียน
- 3) เพื่อพัฒนาระบบที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอน

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1) ระบบสามารถสตรีมวิดีโอในห้องเรียนไปยังเว็บแอปพลิเคชันจัดการการเรียนการสอนได้
- 2) ระบบสามารถบันทึกเสียงจากเครื่องขยายเสียงในห้องเรียนได้
- 3) ระบบสามารถจำแนกท่าทางการกระทำของผู้สอนได้ 6 ท่าทาง ได้แก่ ทำยื่นหันหน้า ยื่นหันหลัง ยื่นยกมือซ้าย ยื่นยกมือขวา ยื่นยกสองมือ และยื่นกางแขน
- 4) เว็บแอปพลิเคชันจัดการการเรียนการสอนสามารถรองรับการทำงานพื้นฐาน เช่น การสร้างชั้นเรียน การตั้งงาน การส่งงาน การอัปโหลดเอกสารการเรียนการสอน และการตรวจงาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้พัฒนาให้ระบบการเรียนการสอนในห้องเรียนมีความยืดหยุ่นและเหมาะสมกับยุคสมัยมากขึ้น
- 2) ได้รับความรู้ในการประยุกต์ใช้ Moodle Open Source ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน
- 3) ได้รับความรู้ในการออกแบบวงจรเพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ
- 4) ได้รับความรู้ในการพัฒนาโมเดลเพื่อวิเคราะห์และจำแนกท่าทางของมนุษย์
- 5) ได้รับความรู้ในการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน (User Interface)
- 6) ได้รับความรู้ในการออกแบบโครงสร้างของฐานข้อมูล (Database)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

รายการ	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	
1) กำหนดขอบเขต เป้าหมาย และ วัตถุประสงค์ของโครงการ	■									
2) ศึกษาข้อมูล เครื่องมือ และไลบรารี ที่เกี่ยวข้อง		■								
3) ออกแบบการทำงานของระบบ	■									
4) ออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface)		■								
5) ออกแบบวงจรควบคุมกล้อง และ วงจรอัดเสียง		■				■				
6) พัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน		■				■				
7) ทดสอบอุปกรณ์และวงจรที่ ออกแบบ			■				■			
8) ทดสอบการรับและส่งข้อมูลจาก อุปกรณ์ไปยังซอฟต์แวร์				■			■			
9) ปรับแก้ระบบให้สมบูรณ์						■				
10) สรุปผล และจัดทำเล่ม โครงการ							■			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

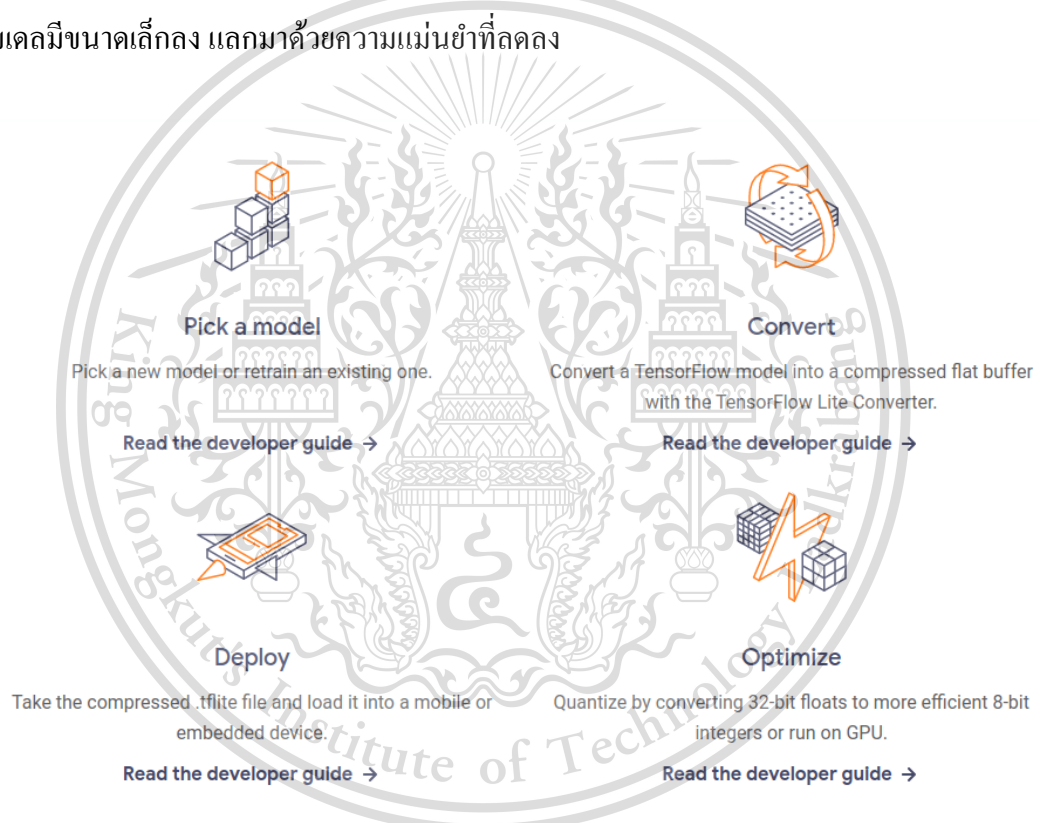
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การประยุกต์ใช้ TensorFlow Lite ในการปรับปรุงโมเดล Machine learning สำหรับนำไปใช้งานบน Embedded System

TensorFlow Lite (TFLite) เป็นเครื่องมือในการพัฒนาโมเดล TensorFlow บนอุปกรณ์ที่มีทรัพยากรจำกัด เช่น โทรศัพท์ อุปกรณ์ IOT Embedded หรือ Microcontroller เป็นต้น โดยการทำให้โมเดลมีขนาดเล็กลง แลกมาด้วยความแม่นยำที่ลดลง



รูป 2.1 การทำงานของ TensorFlow Lite

ที่มา : <https://www.tensorflow.org/lite>

โดย TensorFlow Lite ประกอบไปด้วยการทำงาน 2 ส่วน ดังนี้

- 1) TensorFlow Lite Converter สำหรับใช้ในการแปลงโมเดล TensorFlow ให้มีขนาดเล็ก ทำงานได้รวดเร็ว สำหรับรันกับ Interpreter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่วางไว้สำหรับใช้เฉพาะที่สอนเท่านั้น ไม่สามารถนำออกไปใช้โดยบุคคลอื่นการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกหนึ่งสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงคือ Hardware ที่กำหนด และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ขั้นตอนในการแปลงโมเดลมี 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) กำหนดเวอร์ชันของ TensorFlow ที่ใช้ โดยในที่นี้จะใช้เวอร์ชัน 2.x โดยทำการเขียนคำสั่งดังนี้ด้วย Google Colab

```
[ ] 1 try :
    2 | %tensorflow_version 2.x
    3 except :
    4 | pass
```

รูป 2.2 โค้ดส่วนการกำหนดเวอร์ชัน TensorFlow

- 2) Import Library ที่เกี่ยวข้อง

```
11 from pathlib import Path
12 import numpy as np
13 import tensorflow as tf
```

รูป 2.3 โค้ดส่วนการ Import Library

- 3) บันทึกโมเดลในฟอร์แมตของ TensorFlow

```
10 export_dir = 'saved_model/1'
11 tf.saved_model.save(model, export_dir)
```

รูป 2.4 โค้ดส่วนการบันทึกโมเดล

- 4) การแปลงโมเดลไปเป็นไฟล์ TensorFlow Lite

```
1 # Convert the model.
2 converter = tf.lite.TFLiteConverter.from_saved_model(export_dir)
3 tflite_model = converter.convert()

1 tflite_model_file = pathlib.Path('model.tflite')
2 tflite_model_file.write_bytes(tflite_model)
```

รูป 2.5 โค้ดส่วนการแปลงโมเดลเป็น TensorFlow Lite

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

5) ดาวน์โหลด TensorFlow Lite โมเดล เพื่อนำไปใส่ Edge Device ที่ต้องการ

```

1  try:
2      from google.colab import files
3      files.download(tflite_model_file)
4  except:
5      pass

```

รูป 2.6 โค้ดส่วนการดาวน์โหลดโมเดล TensorFlow Lite

ข้อดีของการใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) บนอุปกรณ์ที่มีทรัพยากรจำกัด

- 1) ตอบสนองได้ทันที เนื่องจากไม่ต้องส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต
- 2) มีความปลอดภัยเนื่องจากข้อมูลไม่ต้องส่งออกจากอุปกรณ์
- 3) ไม่ต้องใช้อินเทอร์เน็ตในการติดต่อเซิร์ฟเวอร์ทำให้ประหยัดพลังงาน

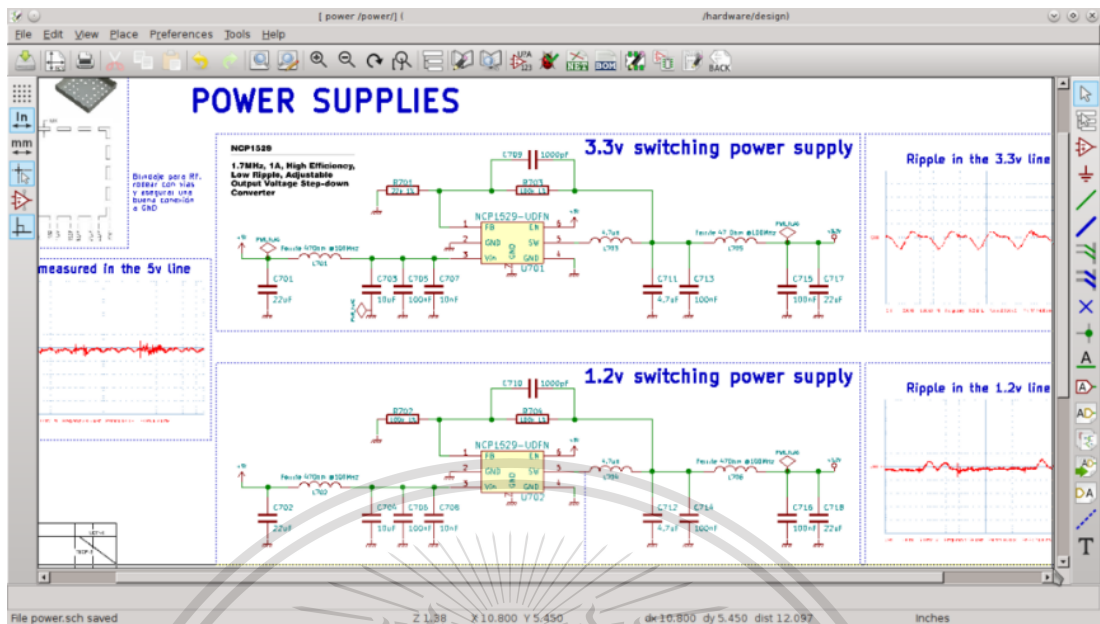
2.2 แนวทางการออกแบบ PCB ด้วยโปรแกรม Kicad

Kicad เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับออกแบบวงจรสัญลักษณ์ (Schematic) และสามารถนำวงจรสัญลักษณ์ไปออกแบบเป็นวงจรไฟฟ้าได้โดยมีเครื่องมือช่วยต่าง ๆ มากมาย เช่น Bill Of Materials (BOM) Gerber Files และ 3D Views สำหรับ PCB และอุปกรณ์ภายใน สามารถใช้ได้หลายระบบปฏิบัติการเช่น Linux Microsoft Windows และ Mac OS X อีกทั้งยังมีไลบรารีสำหรับอุปกรณ์ต่าง ๆ มากมายที่สร้างขึ้นโดยบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รายใหญ่ เช่น Digikey เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

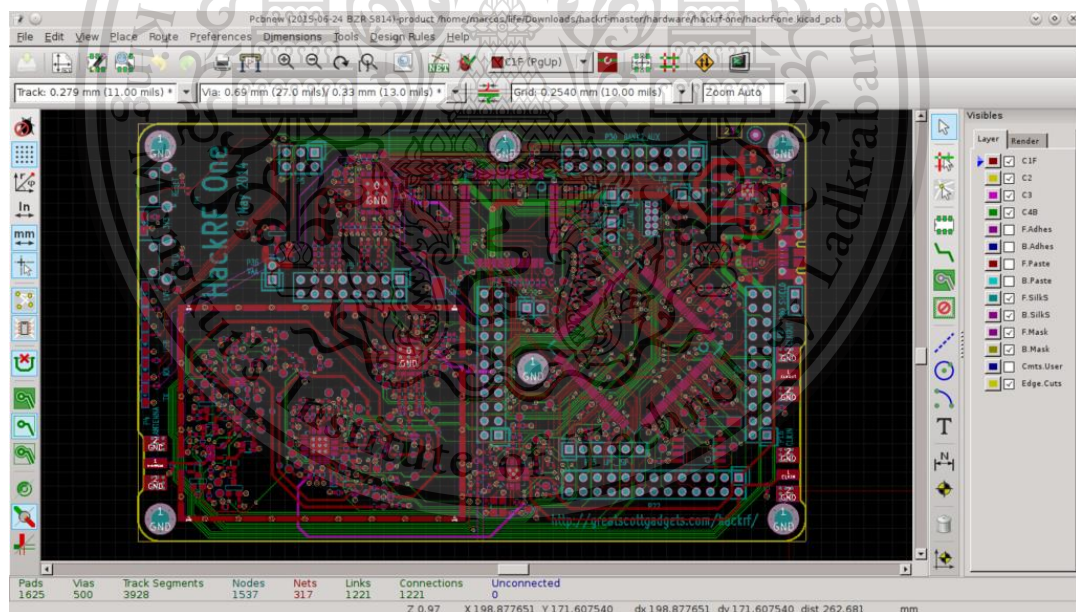
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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



รูป 2.7 ตัวอย่างการออกแบบ Schematic

ที่มา : <https://www.wikiwand.com/en/KiCad>



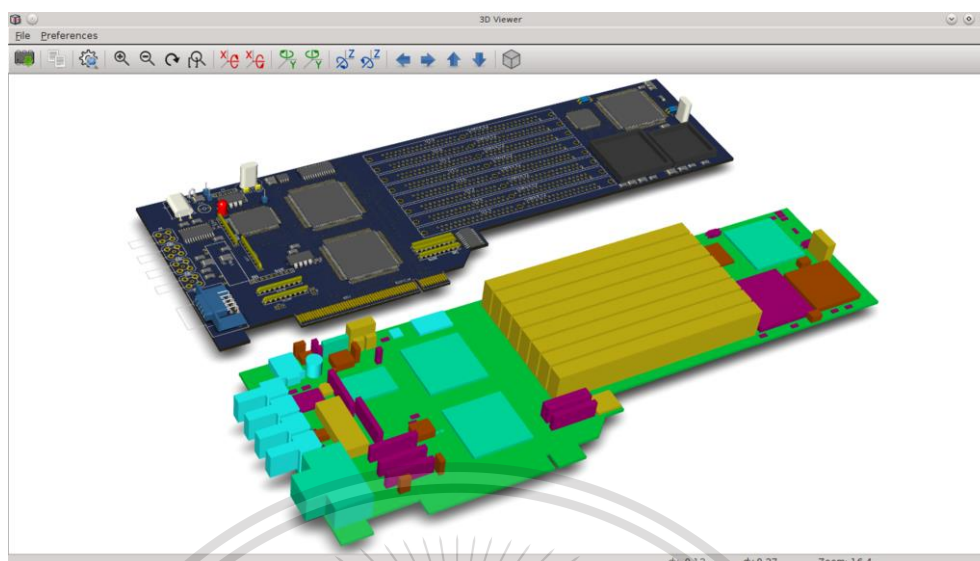
รูป 2.8 ตัวอย่างการออกแบบ PCB

ที่มา : <https://www.wikiwand.com/en/KiCad>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูป 2.9 ตัวอย่าง 3D views

ที่มา : <https://www.wikiwand.com/en/KiCad>

การออกแบบ PCB (Printed Circuit Board) คือการนำวงจรไฟฟ้าที่ออกแบบแล้วในรูปแบบสัญลักษณ์ Schematic เปลี่ยนเป็นวงจรไฟฟ้า โดย Schematic จะเป็นพิมพ์เขียวสำหรับการทำโครงสร้างและการลากเส้นวงจร การออกแบบ PCB โดยใช้โปรแกรม Kicad มีแนวทางในการออกแบบ 5 ข้อดังนี้

2.2.1 การจัดวางองค์ประกอบใน PCB มีหลักสำคัญดังนี้

- 1) วางอุปกรณ์ที่มีการทำงานคล้ายกันไว้ด้วยกัน
- 2) หลีกเลี่ยงการวางส่วนประกอบที่ด้านบดกรีของบอร์ด
- 3) จัดวางส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดพื้นผิว (SMD) ทั้งหมดไว้ที่ด้านเดียวกันของบอร์ด

2.2.2 การวางกราวด์ แหล่งกำเนิดไฟ และเส้นสัญญาณ

หลังจากวางส่วนประกอบแล้ว ควรมีแหล่งกำเนิดไฟและกราวด์ภายใน PCB และควรทำให้สมมาตร ซึ่งไม่สามารถทำได้ในบอร์ดที่มี 2 เลเยอร์ เนื่องจากมีพื้นที่ไม่เพียงพอสำหรับการวางอุปกรณ์ และเส้นสัญญาณ ดังนั้นควรวางรางสำหรับแหล่งกำเนิดไฟและกราวด์ โดยหลีกเลี่ยงการต่อพ่วงสัญญาณเป็นทอด ๆ

การเลือกขนาดของเส้นสัญญาณในการออกแบบ PCB สามารถใช้ขนาดเส้นสัญญาณ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า
ได้หลากหลายแบบเนื่องจากปริมาณกระแสที่ไหลผ่านแต่ละเส้น โดยการคำนวณขนาดของ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

เส้นสัญญาณสามารถหาเครื่องมือคำนวณได้ในอินเทอร์เน็ตหรือโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบ PCB โดยโปรแกรม Kicad ก็มีเครื่องมือสำหรับช่วยในการคำนวณเช่นกัน

2.2.3 แยกวงจรที่มีแรงดันไฟฟ้าต่างกันออกจากกัน

สำหรับวงจรไฟฟ้าที่ใช้แรงดันไฟฟ้าสูงมักจะมีการเกิดกระแสที่มีค่าผิดปกติในช่วงเวลาสั้น ๆ (Current Spikes) ซึ่งสามารถสร้างสัญญาณรบกวนให้กับส่วนอื่น ๆ โดยเฉพาะส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ควรแยกวงจรที่มีแรงดันไฟฟ้าต่างกันออกจากกัน

การวางกราวด์ในเลเยอร์กลางควรทำให้แน่ใจว่าวงลายวงจรให้มีความต้านทาน (Impedance) น้อยที่สุด เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดสัญญาณรบกวน และควรแยกแหล่งกำเนิดไฟและกราวด์สำหรับวงจรแอนะล็อกและดิจิทัล นอกจากนี้แล้วควรวางลายวงจรแอนะล็อกหรือดิจิทัลไว้บนแหล่งกำเนิดไฟและกราวด์ของสัญญาณนั้น ๆ เท่านั้น

2.2.4 การจัดการกับความร้อน

ความร้อนที่เกิดจากองค์ประกอบต่าง ๆ ในวงจรสามารถทำความเสียหายหรือทำให้เกิดการทำงานที่ผิดพลาดได้ ดังนั้นการจัดการกับการระบายความร้อนของอุปกรณ์จึงเป็นเรื่องที่สำคัญ

วิธีการจัดการกับปัญหาความร้อนของวงจรสามารถทำได้โดยเริ่มต้นจากการสังเกตค่าความต้านทานความร้อนของอุปกรณ์นั้น ๆ โดยสามารถดูได้จากคู่มือการใช้งานของอุปกรณ์ และทำตามข้อแนะนำในการจัดการที่คู่มือนั้น ๆ แนะนำ

ถ้าหากมีส่วนประกอบที่สร้างความร้อนสูงมากกว่าหนึ่งชิ้น ควรกระจายส่วนประกอบเหล่านั้น ไม่ควรที่จะรวมกันไว้เป็นกลุ่ม โดยให้ทำการสร้างความสมดุลระหว่างความยาวของลายวงจรและความร้อนที่อุปกรณ์นั้นสร้างขึ้น

2.2.5 ทำการตรวจสอบเค้าโครงกับกฎการออกแบบ PCB

สำหรับการออกแบบวงจรใด ๆ ควรเริ่มจากการกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ใน Electrical Rules Check (ERC) และ Design Rules Check (DRC) เพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของวงจรที่ออกแบบ โดยเฉพาะวงจรที่ใช้สัญญาณความถี่สูง

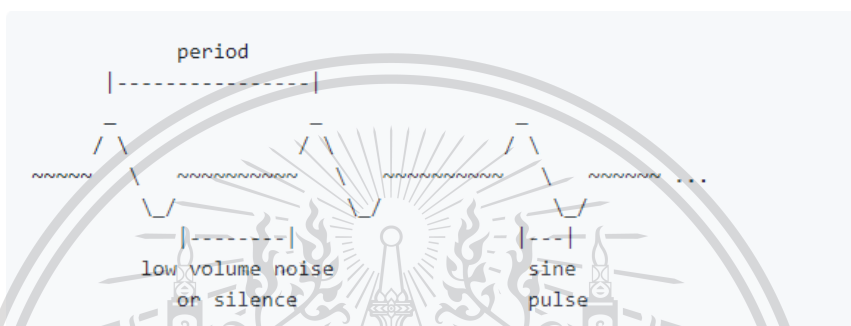
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.3 การทำ Audio Synchronization

ในการทำ Audio Synchronization จะใช้หลักการในการการตรวจจับ Pulsed of Sine Waves จากแหล่งกำเนิดเสียงที่ต่างกันแล้วทำการคำนวณหาระยะระหว่างจุดสูงสุดที่สอดคล้องกัน (Corresponding Peaks) เพื่อนำเวลาที่ได้จากการคำนวณไปชดเชยกับวิดีโอภาพที่ทำการบันทึกมาได้ โดยวิธีการวัดเวลาหน่วยของ 2 สัญญาณเสียงที่ต่างกันสามารถทำได้โดยการตรวจจับ Pulsed of Sine Waves ดังรูป 2.10



รูป 2.10 วิธีการวัด Latency ของ 2 Audio

ที่มา : <https://github.com/google/audio-sync-kit>

จากนั้นตรวจจับ Pulsed of Sine Waves จากแหล่งกำเนิดเสียงที่ต่างกันแล้วทำการคำนวณหาระยะระหว่างจุดสูงสุดที่สอดคล้องกัน (Corresponding Peaks) ตามสมการที่ 2.1

$$Latency[sec] = \frac{Location_Max_Ref - Location_Max_Act}{Sampling_Rate} \quad (2.1)$$

เมื่อ $Latency[sec]$ คือ ค่าชดเชยความล่าช้า

$Location_Max_Ref$ คือ จุดสูงสุดอ้างอิง

$Location_Max_Act$ คือ จุดที่สูงที่สุดที่อ่านได้

$Sampling_Rate$ คือ อัตราการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

การใช้เทคนิคที่กล่าวมาข้างต้นนั้นจำเป็นจะต้องใช้คลื่นเสียงที่สร้างขึ้นมาเป็นพิเศษสำหรับการทำ Synchronization เนื่องด้วยเหตุผล 2 ประการ ได้แก่

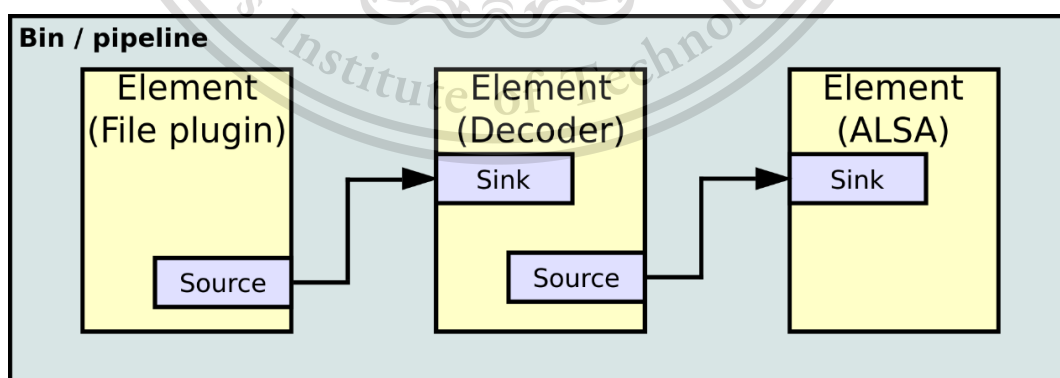
- 1) ทำให้สามารถรู้ได้ว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกเสียงมีระยะเวลาในการทำงานที่ต่างกันมากน้อยเพียงใด
- 2) ด้วยเสียงที่มีรูปแบบลักษณะเฉพาะจะสามารถทำให้ตรวจจับความผิดพลาดหรือการทำงานที่ไม่ถูกต้องของอุปกรณ์ได้

2.4 การประยุกต์ใช้ RTSP G-Streaming ในการจัดทำระบบ Live Streaming

RTSP หรือ Real Time Streaming Protocol เป็น โพรโตคอล ในการสื่อสารที่ใช้รูปแบบ Client/Server สำหรับการควบคุมการส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ ออกแบบมาสำหรับการแสดงสื่อมัลติมีเดีย โดยข้อมูลที่ทำการส่งนั้น สามารถใช้ข้อมูลได้หลากหลายประเภท เช่น ข้อมูลสดจากกล้อง หรือข้อมูลเสียงหรือภาพที่ถูกบันทึกไว้

เมื่อผู้ใช้เริ่มต้นสตรีมวิดีโอ อุปกรณ์จะส่งคำขอในรูปแบบ RTSP ไปยังเซิร์ฟเวอร์ที่สตรีมมิ่ง จากนั้นเซิร์ฟเวอร์จะทำการส่งข้อมูลวิดีโอและเสียงโดยใช้ RTP โพรโตคอล จึงสามารถเปรียบ RTSP ในแง่ของการเป็นรีโมทคอนโทรลของสื่อสตรีมมิ่ง โดยมี RTP เป็นตัวเผยแพร่วิดีโอ

GStreamer เป็นเฟรมเวิร์กมัลติมีเดียที่มีพื้นฐานการทำงานแบบไปป์ไลน์ สามารถใช้สร้างระบบที่มีข้อมูลนำเข้ามาจากไฟล์ประเภทหนึ่ง มีการประมวลผล แล้วมีการส่งออกข้อมูลเป็นอีกประเภทหนึ่ง ทั้งนี้ GStreamer มีการทำงานเป็นแบบไปป์ไลน์ จึงสามารถทำการเปลี่ยนประเภทของข้อมูลนำเข้า หรือข้อมูลส่งออกได้โดยไม่กระทบกับการประมวลผล



รูป 2.11 การทำงานแบบไปป์ไลน์ของ GStreamer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

โดยองค์ประกอบของ GStreamer แบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

- 1) เซิร์ฟเวอร์ GStreamer RTSP เป็นไลบรารีสำหรับติดตั้งเซิร์ฟเวอร์ RTSP ซึ่งเป็นแบบมัลติเทรค สามารถปรับขนาดได้ มีความยืดหยุ่น และมีการเข้ารหัสความปลอดภัย อีกทั้งยังมีการรองรับการซิงโครไนซ์กับอุปกรณ์หลายเครื่องอีกด้วย
- 2) GStreamer RTSP Client สามารถใช้เป็นองค์ประกอบแบบเสตนด้อโลนได้ หรือสามารถใช้ผ่าน RTSP URI ซึ่งสามารถกำหนดค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับการใช้งานได้

2.5 การประยุกต์ใช้โมเดล Pose Estimation ในการวิเคราะห์จุดสำคัญในร่างกาย

Pose Estimation เป็น โมเดลสำหรับตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ผ่านรูปภาพ วิดีโอ หรือกล้อง สามารถนำเข้าสู่ข้อมูลและประมวลผลเพื่อวิเคราะห์การกระทำของบุคคล และคำนวณหาพิกัดจุดสำคัญของร่างกาย โดยโมเดลจะส่งกลับค่าพิกัดของแต่ละจุดและค่าคะแนนความมั่นใจในการเห็นของจุดที่คำนวณมาด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ

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

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

ในการใช้งาน โมเดล Pose Estimation สามารถเลือกใช้งานไลบรารีได้หลากหลายตามความเหมาะสมของชิ้นงาน โดยไลบรารีที่ได้นำมาทดสอบการใช้งานได้แก่

2.5.1 Open Pose Caffe model with Python

Open Pose เป็นไลบรารีสำหรับการทำ Pose Estimation โดยใช้ไลบรารี OpenCV ในการแสดงผลจุดต่าง ๆ ลงบนรูปภาพ โดย Caffe model จะมีโมเดลสำหรับประมวลผล 2 โมเดล ได้แก่

- 1) COCO Mode เป็นโมเดลที่แสดงผลจุดบนร่างกายจำนวน 18 จุด และมีความแม่นยำสูงกว่า MPI จึงเหมาะสำหรับงานที่ต้องการความแม่นยำสูง
- 2) MPI Mode เป็นโมเดลที่จะแสดงผลจุดบนร่างกายจำนวน 15 จุด มีความแม่นยำและจำนวนจุดที่สามารถทำไปประมวลผลได้น้อยกว่า COCO แต่ใช้เวลาในการทำงานน้อยกว่า COCO ทำให้เหมาะสำหรับงานที่ให้ความสำคัญกับความเร็วของการประมวลผล

```

MODE = "COCO"

if MODE is "COCO":
    protoFile = "pose_deploy_linevec.prototxt"
    weightsFile = "pose_iter_440000.caffemodel"
    nPoints = 18
    POSE_PAIRS = [ [1,0],[1,2],[1,5],[2,3],[3,4],[5,6],[6,7],[1,8],[8,9],[9,10],[1,11],[11,12],[12,13],[0,14],[0,15],[14,16],[15,17]]

elif MODE is "MPI" :
    protoFile = "pose_deploy_linevec_faster_4_stages.prototxt"
    weightsFile = "pose_iter_160000.caffemodel"
    nPoints = 15
    POSE_PAIRS = [[0,1], [1,2], [2,3], [3,4], [1,5], [5,6], [6,7], [1,14], [14,8], [8,9], [9,10], [14,11], [11,12], [12,13] ]
  
```

รูป 2.13 ตัวอย่างการเลือกโหมดของ Open Pose ในภาพเป็นการเลือกใช้โหมด COCO

หลังจากทำการเลือกโมเดลที่จะใช้ในการประมวลผลแล้ว ต้องทำการเลือกใช้ CPU หรือ GPU ในการทำงาน เมื่อได้ผลลัพธ์จากการประมวลผลแล้ว จะนำจุดทั้งหมดที่ได้มาแสดงผลลงบนรูปภาพโดยใช้ OpenCV

```

for i in range(nPoints):
    # confidence map of corresponding body's part.
    probMap = output[0, i, :, :]
    # Find global maxima of the probMap.
    minVal, prob, minLoc, point = cv2.minMaxLoc(probMap)
    # Scale the point to fit on the original image
    x = (frameWidth * point[0]) / W
    y = (frameHeight * point[1]) / H

    if prob > threshold :
        cv2.circle(frameCopy, (int(x), int(y)), 8, (0, 255, 255), thickness=-1, lineType=cv2.FILLED)
        cv2.putText(frameCopy, "{}".format(i), (int(x), int(y)), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1, (0, 0, 255), 2, lineType=cv2.LINE_AA)
  
```

รูป 2.14 ตัวอย่างการแสดงผลจุดที่ได้จากการประมวลผล ลงบนรูปภาพโดยใช้ OpenCV

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรสายงานวิชาการ ไม่อนุญาตให้ใช้ซ้ำโดยไม่ขออนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```

{
  "response": [
    {
      "nose": 0.6262437228954102,
      "nose_score": 0.9717913269996643,
      "nose_x": 457.6521739130435,
      "nose_y": 578.3478260869565
    },
    {
      "leftEye": 0.5000000000000001,
      "leftEye_score": 0.7520277500152588,
      "leftEye_x": 409.4782608695652,
      "leftEye_y": 706.8695652173913
    },
    {
      "rightEye": 1.233177695814288,
      "rightEye_score": 0.9171450734138489,
      "rightEye_x": 313.1304347826087,
      "rightEye_y": 835.3913043478261
    },
    {
      "leftEar": 1.2574169559266817,
      "leftEar_score": 0.763950526714325,
      "leftEar_x": 264.95652173913044,
      "leftEar_y": 739.0
    },
    {
      "rightEar": 0.49999999999999994,
      "rightEar_score": 0.748367428779602,
      "rightEar_x": 602.1739130434783,
      "rightEar_y": 674.7391304347826
    },
    {
      "leftShoulder": 1.1420687843218424,
      "leftShoulder_score": 0.8699022531509399,
      "leftShoulder_x": 313.1304347826087,
      "leftShoulder_y": 835.3913043478261
    },
    {
      "rightShoulder": 0.49999999999999994,
      "rightShoulder_score": 0.748367428779602,
      "rightShoulder_x": 602.1739130434783,
      "rightShoulder_y": 674.7391304347826
    }
  ]
}

```

รูป 2.15 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้รับจากการประมวลผลของ Open Pose ในรูปแบบ JSON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

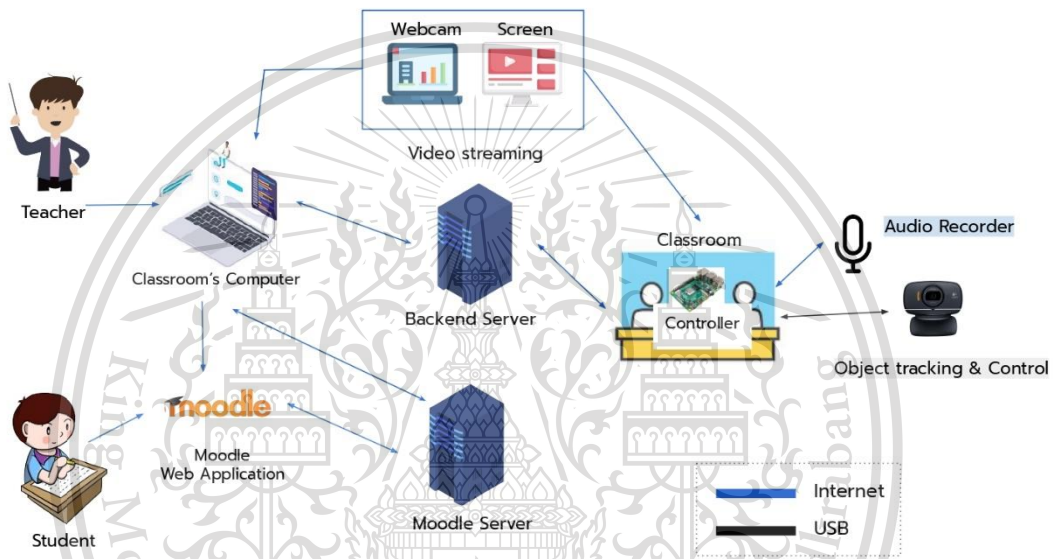
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

การออกแบบและการพัฒนา

3.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบห้องเรียนอัจฉริยะมีรายละเอียดดังรูป 3.1 ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ส่วนดังนี้



รูป 3.1 ภาพรวมของระบบห้องเรียนอัจฉริยะ

3.1.1 ส่วนของเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application)

ระบบเว็บแอปพลิเคชัน เป็นเว็บไซต์ใช้งานของผู้ใช้ มีฟังก์ชันในการจัดการการทำงานของผู้ใช้งาน และจัดการระบบห้องเรียน แบ่งการใช้งานเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.1.1.1 สำหรับผู้เรียน

ส่วนเว็บแอปพลิเคชันสำหรับผู้เรียน ใช้สำหรับการเข้าสู่รายวิชาของผู้เรียน การดู หรือดาวน์โหลดเอกสารการเรียน การส่งงานที่ได้รับมอบหมาย และการเข้าร่วมสตรีมมิ่งของผู้สอน

3.1.1.2 สำหรับผู้สอน

ส่วนเว็บแอปพลิเคชันสำหรับผู้สอน ใช้สำหรับการสร้างรายวิชา ตั้งงานเพิ่มเอกสารการสอน และสำหรับสตรีมมิ่งในห้องเรียน หรือจากที่ใดก็ได้ โดยผู้สอนสามารถเพิ่มผู้สอนคนอื่น ๆ และนักศึกษาช่วยสอน เข้าในรายวิชาได้ด้วย

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

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

3.1.2 ส่วนของฮาร์ดแวร์สำหรับสตรีมวิดีโอการสอนในห้องเรียน

เป็นระบบบันทึกเสียงและภาพซึ่งใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) และ Computer Vision ในการควบคุมการนำเข้าข้อมูลวิดีโอและเสียง ซึ่งมีการทำงานดังนี้

- 1) อุปกรณ์ IOT สำหรับบันทึกเสียง เพื่อส่งข้อมูลไปที่เซิร์ฟเวอร์
- 2) อุปกรณ์ IOT สำหรับบันทึกภาพที่ใช้สำหรับนำเข้าโมเดล Machine Learning และ Computer Vision แล้วนำผลลัพธ์กลับมาควบคุมการทำงานของกล้อง จากการวิเคราะห์ท่าทางของผู้สอน และส่งข้อมูลวิดีโอไปที่เซิร์ฟเวอร์
- 3) เซิร์ฟเวอร์สำหรับจัดเก็บข้อมูลและทำกระบวนการ Synchronization ระหว่างข้อมูลภาพและเสียง
- 4) ส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ด้วยระบบอินเทอร์เน็ต TCP/IP



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

จากแผนภาพยูสเคสสามารถอธิบายได้ดังนี้

- 1) นักศึกษาสามารถเข้าสู่ระบบด้วย Account ที่สมัครด้วยอีเมลของสถาบันได้
- 2) นักศึกษาสามารถดูและแก้ไขข้อมูลได้
- 3) นักศึกษาสามารถเปลี่ยนรหัสผ่านได้
- 4) นักศึกษาสามารถขอเข้าร่วมรายวิชาได้
- 5) นักศึกษาสามารถเข้าใช้งานรายวิชาและออกจากรายวิชาได้
- 6) นักศึกษาสามารถดูและดาวน์โหลดเอกสารการเรียนการสอนได้
- 7) นักศึกษาสามารถได้รับการแจ้งเตือนจากรายวิชาที่มีส่วนร่วมได้
- 8) นักศึกษาสามารถดูรายละเอียดและส่งงานที่ตนเองได้รับมอบหมายได้
- 9) นักศึกษาสามารถเข้าร่วมและออกจากการถ่ายทอดสดในชั้นเรียนได้
- 10) นักศึกษาสามารถแสดงความคิดเห็นในการถ่ายทอดสดได้
- 11) นักศึกษาสามารถเลือก/สลับการแสดงผลหน้าจอหลักระหว่างวิดีโอจากกล้องกับวิดีโอที่ผู้สอนทำการแชร์หน้าจอได้
- 12) อาจารย์สามารถเข้าสู่ระบบด้วย Account ที่สมัครด้วยอีเมลของสถาบันได้
- 13) อาจารย์สามารถดูและแก้ไขข้อมูลได้
- 14) อาจารย์สามารถเปลี่ยนรหัสผ่านได้
- 15) อาจารย์สามารถเปิด/ปิดการยืนยันการขอเข้าร่วมห้องเรียนได้
- 16) อาจารย์สามารถอนุมัติหรือปฏิเสธคำขอเข้าร่วมห้องเรียน
- 17) อาจารย์สามารถสร้างห้องเรียนได้
- 18) อาจารย์สามารถเชิญผู้อื่นเข้าสู่ห้องเรียนได้
- 19) อาจารย์สามารถได้รับแจ้งเตือนจากห้องเรียนที่มีส่วนร่วมได้
- 20) อาจารย์สามารถดูลิสต์ของห้องเรียนทั้งหมดที่ตนเองสร้างไว้ได้
- 21) อาจารย์สามารถเข้าสู่ห้องเรียนและลบห้องเรียนที่สร้างไว้ได้
- 22) อาจารย์สามารถเพิ่ม หรือแก้ไขข้อมูลของห้องเรียนที่สร้างไว้ได้
- 23) อาจารย์สามารถเพิ่มเอกสารและลบเอกสารประกอบการเรียนการสอนได้
- 24) อาจารย์สามารถสร้างโพสงานและกำหนดวันส่งได้
- 25) อาจารย์สามารถแก้ไขและลบโพสงานได้
- 26) อาจารย์สามารถดูและให้คะแนนงานของนักศึกษาเป็นรายบุคคลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นหากมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

- 29) อาจารย์สามารถแชร์หน้าจอของสไลด์สอนได้
- 30) ผู้ช่วยสอนสามารถเชิญผู้เรียนเข้าสู่ห้องเรียนได้
- 31) ผู้ช่วยสอนสามารถอนุมัติหรือปฏิเสธคำขอเข้าร่วมห้องเรียนได้
- 32) ผู้ช่วยสอนสามารถเข้าร่วมการถ่ายทอดสดในชั้นเรียนได้
- 33) ผู้ช่วยสอนสามารถแสดงความคิดเห็นในการถ่ายทอดสดได้
- 34) ผู้ช่วยสอนสามารถเลือก/สลับการแสดงผลระหว่างหน้าจอหลักระหว่างวิดีโอจากกล้องกับวิดีโอที่ผู้สอนทำการแชร์หน้าจอได้
- 35) ผู้ช่วยสอนสามารถดูและให้คะแนนงานของนักเรียนรายบุคคลได้

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของ Use Case เข้าสู่ระบบด้วย Email สถาบันที่ทำการ Register

Use Case Name	เข้าสู่ระบบ
Actors	นักศึกษาและอาจารย์
Description	ส่วนของนักศึกษาและอาจารย์ที่ต้องการเข้าสู่ระบบ
Pre-Condition	-
Post-Condition	เข้าสู่ระบบสำเร็จ

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของ Use Case เข้าสู่ระบบด้วย Google Account

Use Case Name	เข้าสู่ระบบด้วย Google Account
Actors	นักศึกษาและอาจารย์
Description	ส่วนของนักศึกษาและอาจารย์ที่ต้องการเข้าสู่ระบบด้วย Google Account ของสถาบัน
Pre-Condition	-
Post-Condition	เข้าสู่ระบบสำเร็จ

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดของ Use Case ดูข้อมูลส่วนตัว

Use Case Name	ดูข้อมูลส่วนตัว
Actors	นักศึกษาและอาจารย์
Description	ส่วนของนักศึกษาและอาจารย์ที่ต้องการดูข้อมูลส่วนตัว ซึ่งประกอบด้วย ชื่อ นามสกุล อีเมล

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ 3.3 (ต่อ) รายละเอียดของ Use Case ดูข้อมูลส่วนตัว

Pre-Condition	เข้าสู่ระบบ
Post-Condition	ดูข้อมูลส่วนตัว

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดของ Use Case แก้ไขข้อมูลส่วนตัว

Use Case Name	แก้ไขข้อมูลส่วนตัว
Actors	นักศึกษาและอาจารย์
Description	ส่วนของนักศึกษาและอาจารย์ที่ต้องการแก้ไขข้อมูลส่วนตัว
Pre-Condition	ดูข้อมูลส่วนตัว
Post-Condition	บันทึกการเปลี่ยนแปลงข้อมูลส่วนตัว

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดของ Use Case เปลี่ยนรหัสผ่าน

Use Case Name	เปลี่ยนรหัสผ่าน
Actors	นักศึกษาและอาจารย์
Description	ส่วนของนักศึกษาและอาจารย์ที่ต้องการเปลี่ยนรหัสผ่าน
Pre-Condition	ดูข้อมูลส่วนตัว
Post-Condition	ได้รับอีเมลสำหรับเปลี่ยนรหัสผ่าน

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดของ Use Case สร้างรายวิชา

Use Case Name	สร้างรายวิชา
Actors	อาจารย์
Description	ส่วนของอาจารย์ที่ต้องการรายวิชา
Pre-Condition	เข้าสู่ระบบ
Post-Condition	สร้างรายวิชาสำเร็จ

ตารางที่ 3.7 รายละเอียดของ Use Case แก้ไขข้อมูลรายวิชา

Use Case Name	แก้ไขข้อมูลรายวิชา
Actors	อาจารย์
Description	ส่วนของอาจารย์ที่ต้องการแก้ไขข้อมูลรายวิชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า และต้องอ้างอิงแหล่งที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ 3.7 (ต่อ) รายละเอียดของ Use Case แก้ไขข้อมูลรายวิชา

Pre-Condition	สร้างรายวิชา
Post-Condition	บันทึกการเปลี่ยนแปลงข้อมูล

ตารางที่ 3.8 รายละเอียดของ Use Case ลบรายวิชา

Use Case Name	ลบรายวิชา
Actors	อาจารย์
Description	ส่วนของอาจารย์ที่ต้องการลบรายวิชา
Pre-Condition	สร้างรายวิชา
Post-Condition	ลบรายวิชาสำเร็จ

ตารางที่ 3.9 รายละเอียดของ Use Case เปิด หรือ ปิด การยืนยันการขอเข้าร่วมรายวิชา

Use Case Name	เปิด/ปิด การยืนยันการขอเข้าร่วมรายวิชา
Actors	อาจารย์
Description	ส่วนของอาจารย์ที่ต้องการเปิด หรือ ปิด การยืนยันการขอเข้าร่วมรายวิชา
Pre-Condition	สร้างรายวิชา
Post-Condition	เปิด หรือ ปิดการยืนยันการขอเข้าร่วมรายวิชาสำเร็จ

ตารางที่ 3.10 รายละเอียดของ Use Case อนุมัติ หรือ ปฏิเสธคำขอเข้าร่วมรายวิชา

Use Case Name	อนุมัติ/ปฏิเสธคำขอเข้าร่วมรายวิชา
Actors	อาจารย์และนักศึกษาช่วยสอน
Description	ส่วนของอาจารย์และนักศึกษาช่วยสอน ในการอนุมัติ หรือ ปฏิเสธ คำขอเข้าร่วมรายวิชาของนักศึกษา
Pre-Condition	-
Post-Condition	อนุมัติ หรือ ปฏิเสธสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ 3.11 รายละเอียดของ Use Case เข้าสู่รายวิชา

Use Case Name	เข้าสู่รายวิชา
Actors	นักศึกษาและอาจารย์
Description	ส่วนของนักศึกษาและอาจารย์ที่ต้องการเข้าสู่รายวิชา
Pre-Condition	เข้าร่วม / สร้างรายวิชา
Post-Condition	เข้าสู่รายวิชาสำเร็จ

ตารางที่ 3.12 รายละเอียดของ Use Case คู่มือรายวิชาที่สร้าง

Use Case Name	คู่มือรายวิชาที่สร้าง
Actors	อาจารย์
Description	ส่วนของอาจารย์ที่ต้องการคู่มือรายวิชาที่ทำการสร้างไว้
Pre-Condition	สร้างรายวิชา
Post-Condition	แสดงคู่มือรายวิชาที่สร้างทั้งหมด

ตารางที่ 3.13 รายละเอียดของ Use Case รับแจ้งเตือนจากรายวิชา

Use Case Name	รับแจ้งเตือนจากรายวิชา
Actors	นักศึกษาและอาจารย์
Description	ส่วนของการแจ้งเตือนนักศึกษาและอาจารย์
Pre-Condition	สร้าง/เข้าร่วมรายวิชา
Post-Condition	แจ้งเตือนให้นักศึกษาและอาจารย์สำเร็จ

ตารางที่ 3.14 รายละเอียดของ Use Case เชิญอาจารย์เข้าสู่รายวิชา

Use Case Name	เชิญอาจารย์เข้าสู่รายวิชา
Actors	อาจารย์
Description	ส่วนของอาจารย์ที่ต้องการเชิญอาจารย์เข้าร่วมรายวิชา
Pre-Condition	คู่มือผู้มีส่วนร่วมในรายวิชา
Post-Condition	ส่งคำเชิญอาจารย์สำหรับเข้าร่วมรายวิชาสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ 3.15 รายละเอียดของ Use Case เชิญนักศึกษาช่วยสอนเข้ารายวิชา

Use Case Name	เชิญ TA เข้าสู่รายวิชา
Actors	อาจารย์
Description	ส่วนของอาจารย์ที่ต้องการเชิญนักศึกษาช่วยสอนเข้าสู่รายวิชา
Pre-Condition	คู่มือผู้มีส่วนร่วมในรายวิชา
Post-Condition	ส่งคำเชิญนักศึกษาช่วยสอนสำหรับเข้าร่วมรายวิชาสำเร็จ

ตารางที่ 3.16 รายละเอียดของ Use Case อัปโหลดเอกสารการสอน

Use Case Name	อัปโหลดเอกสารการสอน
Actors	อาจารย์
Description	ส่วนของอาจารย์สำหรับการอัปโหลดเอกสารการสอน
Pre-Condition	เข้าสู่รายวิชา
Post-Condition	อัปโหลดเอกสารการสอนได้สำเร็จ

ตารางที่ 3.17 รายละเอียดของ Use Case ลบเอกสารการสอน

Use Case Name	ลบเอกสารการสอน
Actors	อาจารย์
Description	ส่วนของอาจารย์ที่ต้องการลบเอกสารการสอน
Pre-Condition	อัปโหลดเอกสารการสอน
Post-Condition	ลบเอกสารการสอนสำเร็จ

ตารางที่ 3.18 รายละเอียดของ Use Case เริ่มสตรีมในรายวิชา

Use Case Name	เริ่มสตรีมในห้องเรียน
Actors	อาจารย์
Description	ส่วนของอาจารย์ในการเริ่มถ่ายทอดวิดีโอการสอนในรายวิชา
Pre-Condition	เข้าสู่รายวิชา
Post-Condition	เริ่มสตรีมในรายวิชาสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อฝ่ายวิชาการ โทร. 0-2562-0000

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

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

ตารางที่ 3.19 รายละเอียดของ Use Case เชิญผู้เรียนด้วย Class Code

Use Case Name	เชิญผู้เรียนด้วย Class Code
Actors	อาจารย์
Description	ส่วนของอาจารย์สำหรับเชิญผู้เรียนด้วย Class Code
Pre-Condition	เข้าสู่รายวิชา
Post-Condition	แสดง Class Code สำเร็จ

ตารางที่ 3.20 รายละเอียดของ Use Case เชิญผู้เรียนเข้าสู่รายวิชาด้วยอีเมล

Use Case Name	เชิญผู้เรียนเข้าสู่รายวิชาด้วยอีเมล
Actors	อาจารย์
Description	ส่วนของอาจารย์ที่ต้องการเชิญผู้เรียนด้วยอีเมล
Pre-Condition	เข้าสู่รายวิชา
Post-Condition	เชิญผู้เรียนเข้าสู่รายวิชาด้วยอีเมลสำเร็จ

ตารางที่ 3.21 รายละเอียดของ Use Case เชิญผู้เรียนเข้าสู่รายวิชาด้วยลิงค์

Use Case Name	เชิญผู้เรียนเข้าสู่รายวิชาด้วยลิงค์
Actors	อาจารย์
Description	ส่วนของอาจารย์ที่ต้องการเชิญผู้เรียนเข้าสู่รายวิชาด้วยลิงค์
Pre-Condition	เข้าสู่รายวิชา
Post-Condition	สร้างลิงค์สำหรับเข้าสู่รายวิชาสำเร็จ

ตารางที่ 3.22 รายละเอียดของ Use Case สร้างการบ้าน

Use Case Name	สร้างการบ้าน
Actors	อาจารย์
Description	ส่วนของอาจารย์สำหรับสร้างการบ้าน
Pre-Condition	เข้าสู่หน้าการบ้าน
Post-Condition	สร้างการบ้านสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ 3.23 รายละเอียดของ Use Case แก้ไขโสตการบ้าน

Use Case Name	แก้ไข โสตการบ้าน
Actors	อาจารย์
Description	ส่วนของอาจารย์ที่ต้องการแก้ไขโสตการบ้าน
Pre-Condition	สร้างการบ้าน
Post-Condition	บันทึกการเปลี่ยนแปลงสำหรับโสตการบ้านสำเร็จ

ตารางที่ 3.24 รายละเอียดของ Use Case ให้คะแนนงานของนักศึกษาที่ส่งมา

Use Case Name	ให้คะแนนงานของนักศึกษาที่ส่งมา
Actors	อาจารย์และนักศึกษาช่วยสอน
Description	ส่วนของและอาจารย์และนักศึกษาช่วยสอนที่ต้องการให้คะแนนงานที่นักศึกษาส่งมา
Pre-Condition	ดูงานที่นักศึกษาส่งมา
Post-Condition	ให้คะแนนงานที่นักศึกษาส่งมาสำเร็จ

ตารางที่ 3.25 รายละเอียดของ Use Case ดูงานที่นักศึกษาส่งมา

Use Case Name	ดูงานที่นักศึกษาส่งมา
Actors	อาจารย์และนักศึกษาช่วยสอน
Description	ส่วนของอาจารย์และนักศึกษาช่วยสอนสำหรับดูงานที่นักศึกษาส่งมาในระบบ
Pre-Condition	สร้างการบ้าน
Post-Condition	ดูงานที่นักศึกษาส่งมาสำเร็จ

ตารางที่ 3.26 รายละเอียดของ Use Case ลบโสตการบ้าน

Use Case Name	ลบโสตการบ้าน
Actors	อาจารย์
Description	ส่วนของอาจารย์ที่ต้องการลบโสตการบ้าน
Pre-Condition	สร้างการบ้าน
Post-Condition	ลบโสตการบ้านสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อฝ่ายวิชาการ โทร. 0-2321-1000

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

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

ตารางที่ 3.27 รายละเอียดของ Use Case เข้าสู่รายวิชาด้วย Class Code

Use Case Name	เข้าสู่รายวิชาด้วย Class Code
Actors	นักศึกษา
Description	ส่วนของนักศึกษาสำหรับการเข้าสู่รายวิชาด้วย Class Code
Pre-Condition	เข้าสู่ระบบ
Post-Condition	เข้าสู่รายวิชาด้วย Class Code สำเร็จ

ตารางที่ 3.28 รายละเอียดของ Use Case เข้าสู่รายวิชาด้วยอีเมลเชิญ

Use Case Name	เข้าสู่รายวิชาด้วยอีเมลเชิญ
Actors	นักศึกษา
Description	ส่วนของนักศึกษาสำหรับเข้าสู่รายวิชาด้วยอีเมล
Pre-Condition	เข้าสู่ระบบ
Post-Condition	เข้าสู่รายวิชาด้วยอีเมลเชิญสำเร็จ

ตารางที่ 3.29 รายละเอียดของ Use Case เข้าสู่รายวิชาด้วยลิงค์เชิญ

Use Case Name	เข้าสู่รายวิชาด้วยลิงค์เชิญ
Actors	นักศึกษา
Description	ส่วนของนักศึกษาสำหรับการเข้าสู่รายวิชาด้วยลิงค์เชิญ
Pre-Condition	เข้าสู่ระบบ
Post-Condition	เข้าสู่รายวิชาด้วยลิงค์เชิญสำเร็จ

ตารางที่ 3.30 รายละเอียดของ Use Case คู่มือรายวิชาที่เข้าร่วม

Use Case Name	คู่มือรายวิชาที่เข้าร่วม
Actors	นักศึกษา
Description	ส่วนของนักศึกษาสำหรับคู่มือรายวิชาที่เข้าร่วม
Pre-Condition	เข้าสู่ระบบ
Post-Condition	คู่มือรายวิชาที่เข้าร่วมสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ 3.31 รายละเอียดของ Use Case ออกจากรายวิชา

Use Case Name	ออกจากรายวิชา
Actors	นักศึกษา
Description	ส่วนของนักศึกษาที่ต้องการออกจากรายวิชา
Pre-Condition	-
Post-Condition	ออกจากรายวิชาสำเร็จ

ตารางที่ 3.32 รายละเอียดของ Use Case ดูเอกสารการสอน

Use Case Name	ดูเอกสารการสอน
Actors	นักศึกษา
Description	ส่วนของนักศึกษาที่ต้องการดูเอกสารการสอน
Pre-Condition	เข้าสู่รายวิชา
Post-Condition	ดูเอกสารการสอนที่แสดงได้

ตารางที่ 3.33 รายละเอียดของ Use Case ดาวน์โหลดเอกสารการสอน

Use Case Name	ดาวน์โหลดเอกสารการสอน
Actors	นักศึกษา
Description	ส่วนของนักศึกษาที่ต้องการดาวน์โหลดเอกสารการสอน
Pre-Condition	-
Post-Condition	ดาวน์โหลดเอกสารการสอนสำเร็จ

ตารางที่ 3.34 รายละเอียดของ Use Case ดูรายละเอียดโศสการบ้านที่ได้รับมอบหมาย

Use Case Name	ดูรายละเอียดโศสการบ้านที่ได้รับมอบหมาย
Actors	นักศึกษา
Description	ส่วนของนักศึกษาสำหรับดูรายละเอียดการบ้านที่ได้รับมอบหมาย
Pre-Condition	เข้าสู่รายวิชา
Post-Condition	ดูรายละเอียดโศสการบ้านที่ได้รับมอบหมายที่แสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามมิให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ 3.35 รายละเอียดของ Use Case ส่งการบ้านที่ได้รับมอบหมาย

Use Case Name	ส่งการบ้านที่ได้รับมอบหมาย
Actors	นักศึกษา
Description	ส่วนของนักศึกษาสำหรับส่งงานที่ได้รับมอบหมาย
Pre-Condition	ดูรายละเอียดโพสการบ้าน
Post-Condition	ส่งการบ้านที่ได้รับมอบหมายในระบบสำเร็จ

ตารางที่ 3.36 รายละเอียดของ Use Case แสดงความเห็นในโพสการบ้านที่ได้รับมอบหมาย

Use Case Name	แสดงความเห็นใน โพสการบ้านที่ได้รับมอบหมาย
Actors	นักศึกษา
Description	ส่วนของนักศึกษาสำหรับแสดงความเห็นในโพสการบ้านที่ได้รับมอบหมาย
Pre-Condition	ดูรายละเอียดโพสการบ้าน
Post-Condition	แสดงความเห็นในโพสการบ้านที่ได้รับมอบหมายสำเร็จ

ตารางที่ 3.37 รายละเอียดของ Use Case เข้าร่วมการสตรีม

Use Case Name	เข้าร่วมการสตรีม
Actors	นักศึกษา
Description	ส่วนของนักศึกษาที่ต้องการเข้าร่วมการสตรีม
Pre-Condition	เข้าสู่รายวิชา
Post-Condition	เข้าร่วมการสตรีมสำเร็จ

ตารางที่ 3.38 รายละเอียดของ Use Case ออกจากสตรีม

Use Case Name	ออกจากสตรีม
Actors	นักศึกษา
Description	ส่วนของนักศึกษาที่ต้องการออกจากสตรีม
Pre-Condition	เข้าร่วมการสตรีม
Post-Condition	ออกจากสตรีมสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับกองส่งเสริมและพัฒนาการเรียนการสอน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

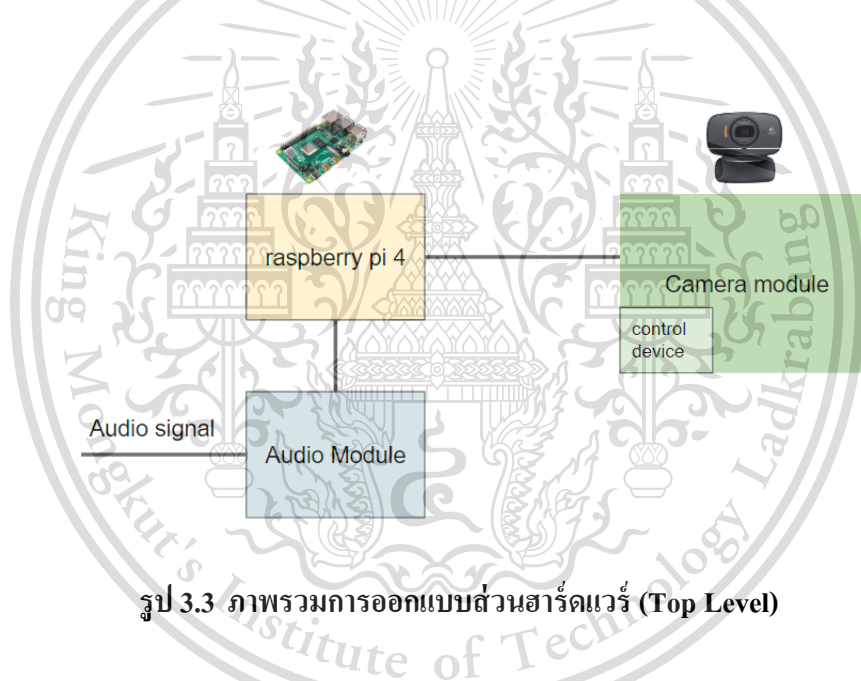
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.39 รายละเอียดของ Use Case เลือกหน้าจอหลักในการสตรีม

Use Case Name	เลือกหน้าจอหลักในการสตรีม
Actors	นักศึกษา
Description	ส่วนของนักศึกษาสำหรับเลือกหน้าจอหลักในการสตรีม
Pre-Condition	เข้าร่วมการสตรีม
Post-Condition	เลือกหน้าจอหลักในการสตรีมระหว่างเข้าร่วมการสตรีมได้

3.3 แผนภาพการออกแบบส่วนฮาร์ดแวร์ (Top-down Design)

เป็นการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกเสียงและภาพภายในห้องเรียน โดยประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก 3 ส่วน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



รูป 3.3 ภาพรวมการออกแบบส่วนฮาร์ดแวร์ (Top Level)

3.3.2 Top Level

ในระบบนี้จะใช้ Raspberry Pi 4 เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานหลักมีหน้าที่ในการส่งคำสั่งและรับข้อมูลมาประมวลผลก่อนจะส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์

โดย Raspberry Pi 4 จะสื่อสารกับ Audio Module ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต โดยมี Interface ให้เลือก 2 แบบคือ Wi-Fi และ RJ-45

Camera Module แบ่งการเชื่อมต่อเป็น 2 แบบ โดยตัวกล้องจะต่ออยู่กับ Raspberry

Pi 4 โดยตรง ระบบควบคุมจะใช้โปรโตคอล และใช้ส่วนต่อประสานแบบ SPI (Serial Peripheral Interface) ในการสื่อสารกับ Raspberry Pi 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

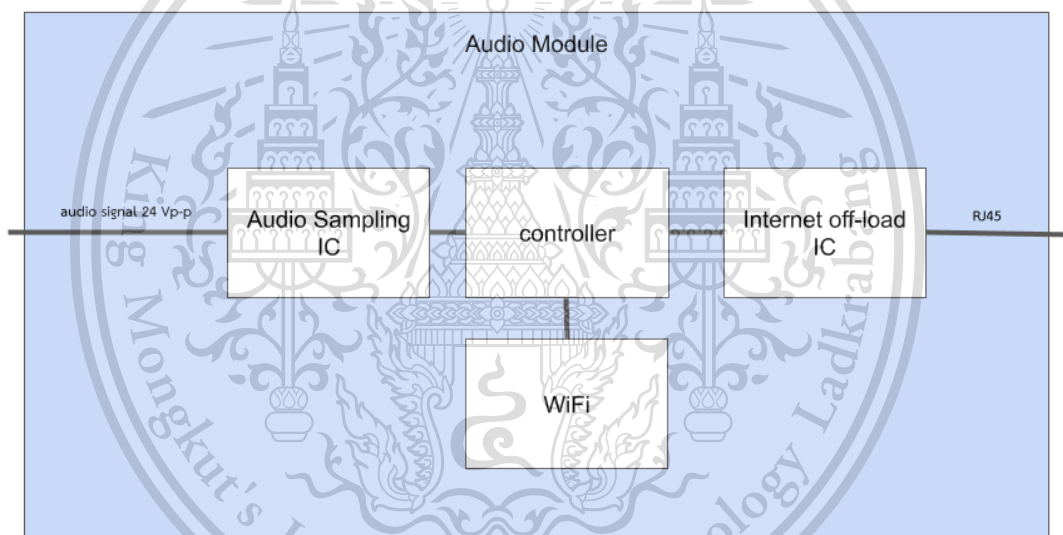
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดยแหล่งจ่ายไฟจ่ายไฟ (Power Supply) จะแยกส่วนกันอย่างสิ้นเชิงเพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานแยกกันได้อย่างอิสระ

3.3.3 Raspberry Pi 4

- 1) มีหน้าที่รับคำสั่งจากเซิร์ฟเวอร์ในการเริ่มและหยุดการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมด
- 2) มีหน้าที่ส่งคำสั่งในการทำงานให้กับอุปกรณ์อื่น ๆ ในเครือข่าย
- 3) มีหน้าที่รับข้อมูลจากอุปกรณ์ในเครือข่ายและนำมาประมวลผล
- 4) ส่งข้อมูลที่ได้จากกระบวนการ Synchronization แล้วไปให้เซิร์ฟเวอร์

3.3.4 Audio Module



รูป 3.4 ภาพรวมส่วน Audio Module

ประกอบไปด้วยวงจรย่อย 4 ส่วนคือ

- 1) ESP32 สำหรับเป็นตัวควบคุม และ ตัวรับส่งสัญญาณ Wi-Fi
- 2) Buck converter สำหรับปรับความดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับอุปกรณ์อื่น ๆ
- 3) PCM1802 สำหรับ Sampling เสียงจากอุปกรณ์ขยายเสียง
- 4) W5500 สำหรับเป็น Interface ระหว่างตัวควบคุม และ RJ-45

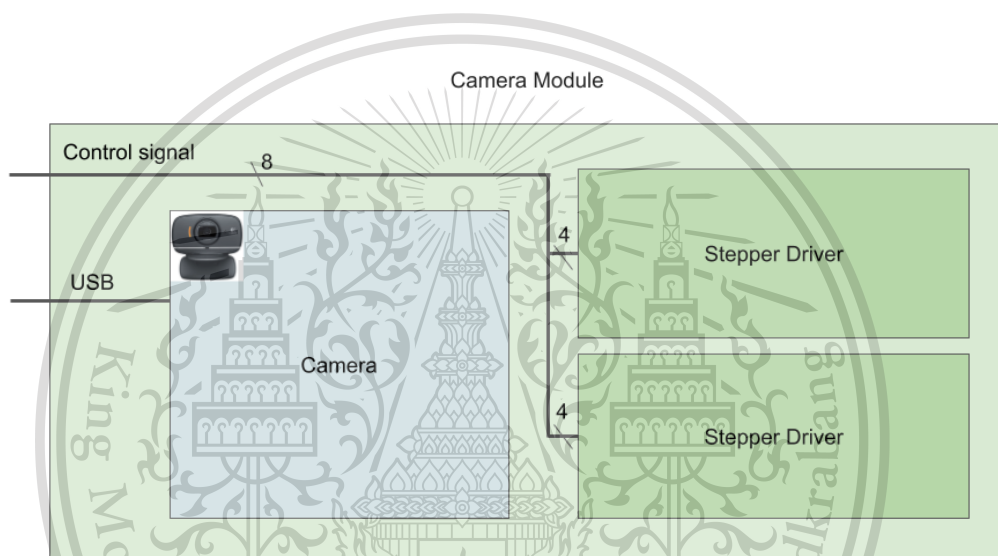
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

โดยมีหลักการทำงาน เริ่มจากการบันทึกเสียงจากอุปกรณ์ขยายเสียงและนำส่งข้อมูลเสียงไปยัง Raspberry Pi 4 โดยใช้ไอซีชื่อ PCM1802 เป็นไอซีสำหรับทำการ Sampling เสียงโดยนำอินพุตผ่านวงจรชื่อ Single-End/Differential Convertor และส่งต่อไปยังวงจรชื่อ 5th Order Delta-Sigma Modulator สามารถ Sampling ได้ที่ความถี่สูงสุด 96 kHz และความละเอียดสูงสุดที่ 24 bit/sample และส่งข้อมูล ไปยัง Raspberry Pi 4 ผ่าน โปรโตคอล I2S

3.3.5 Camera Module



รูป 3.5 ภาพรวมส่วน Camera Module

ประกอบไปด้วยวงจรย่อย 4 ส่วนคือ

- 1) Buck Converter สำหรับปรับความดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับอุปกรณ์อื่น ๆ
- 2) Step Motor Driver 2 ชุด
- 3) กล้อง

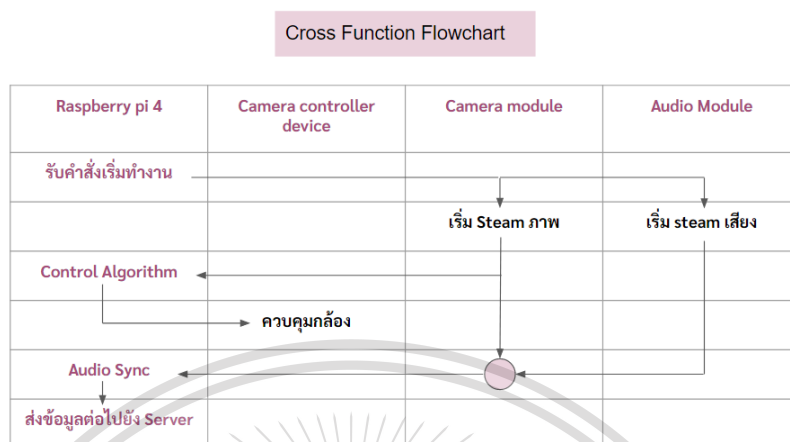
โดยมีหลักการทำงานเริ่มต้น โดยอุปกรณ์บันทึกภาพทำการเชื่อมต่อกับ Raspberry Pi 4 โดยตรง เมื่อ Raspberry Pi 4 ทำการประมวลผลภาพเสร็จจะทำการส่งคำสั่งควบคุมไปยัง Step Motor Driver เพื่อให้ได้ภาพที่เหมาะสมสำหรับการถ่ายทอดไปยังผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

3.4 แผนภาพแสดงการทำงานของส่วนฮาร์ดแวร์ (Cross Function Flowchart)



รูป 3.6 แผนภาพแสดงการทำงานของส่วนฮาร์ดแวร์

อุปกรณ์บันทึกภาพและเสียง มีรายละเอียดและขั้นตอนในการทำงานดังนี้

- 1) Raspberry Pi 4 รับคำสั่งจากเซิร์ฟเวอร์เพื่อเริ่มลำดับการทำงาน
- 2) Camera Module รับคำสั่งจาก Raspberry Pi 4 เพื่อเริ่มทำการบันทึกภาพและเสียง โดยจะแบ่งผลลัพธ์เป็น 2 Chanel ส่งไปที่ Raspberry Pi 4 ส่วนที่ 1 เป็นวิดีโอเพื่อนำเข้า Control Algorithm ส่วนที่สองเป็น วิดีโอและเสียงสำหรับการ Synchronization
- 3) Audio Module ทำการบันทึกเสียงจากเครื่องเสียง โดยตรงแล้วส่งข้อมูลไปยัง Raspberry Pi 4
- 4) Control Algorithm นำภาพที่ได้มาทำการจำแนกท่าทางแล้วทำการควบคุมกล้องตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้
- 5) Audio Synchronization ทำการวัดและชดเชยความล่าช้า (Latency) อันเนื่องมาจากการส่งข้อมูลผ่าน Ethernet แล้วส่งภาพและเสียงไปยังเซิร์ฟเวอร์

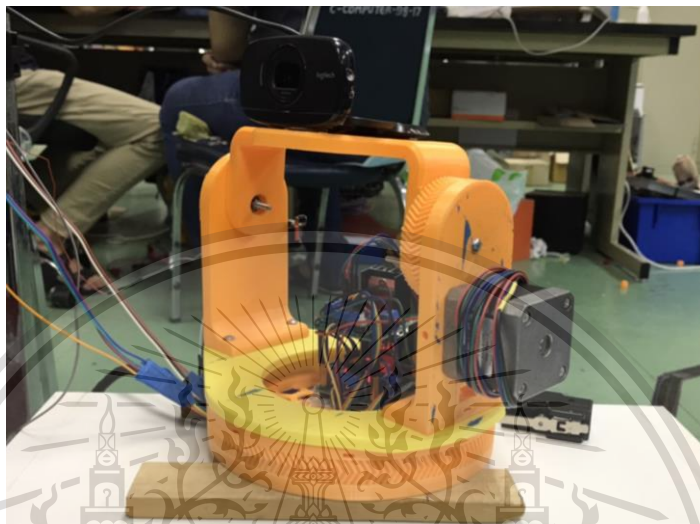
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

3.5 การประยุกต์ใช้โมเดล 3D ในการจัดทำระบบควบคุมการหมุนกลิ้ง

ในการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับควบคุมกลิ้งซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ตั้งในห้องเรียน มีการควบคุมในแนวแกนแนวตั้งและแนวนอน สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้



3.5.1 ส่วนของการพิมพ์โมเดลและประกอบชิ้นงาน

- 1) เริ่มต้นทำการหาโมเดลที่เหมาะสมกับชิ้นงานที่จัดทำ
- 2) ปรับขนาดของโมเดลและเลือกชิ้นขององค์ประกอบเพื่อทำการพิมพ์
- 3) ประกอบชิ้นงานเข้าด้วยกันและทำฐานเพื่อยึดให้ชิ้นงาน
- 4) เชื่อมต่อพินของการควบคุมอุปกรณ์กับพินของ Raspberry Pi
- 5) ทดสอบความถูกต้องของการเชื่อมต่อสายไฟต่าง ๆ

3.5.2 ส่วนการพัฒนาโปรแกรมเพื่อควบคุมกลิ้ง

- 1) ทดสอบของสการหมุนของเสตีปมอเตอร์
- 2) เขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าจากโมเดลจำแนกท่าทาง
- 3) เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการหมุนกลิ้งอิงตามท่าทางต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

3.6 การประยุกต์ใช้ Moodle Opensource ในการจัดทำเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการเรียนการสอน

ในการพัฒนาเว็บไซต์การเรียนการสอนสำหรับผู้ใช้งานในระบบ ได้ทำการนำ Moodle Opensource มาใช้งาน ทำให้สามารถจัดการระบบของเว็บแอปพลิเคชันได้ง่ายขึ้น รวมถึงการจัดการฐานข้อมูลของระบบ เนื่องจากระบบจะสร้าง โครงร่างเว็บไซต์ที่ใช้สำหรับการเรียนการสอน และสามารถปรับแต่งแก้ไขได้ ผ่านการใช้งานหน้าเว็บไซต์ และสามารถเพิ่มโค้ดในส่วนการตกแต่งหน้าเว็บไซต์ (CSS) ตามที่ต้องการได้ โดยการทำงานหลักใน Moodle Site ได้แก่

- 1) ระบบจัดการผู้ใช้งานในระบบ (User Management)
- 2) ระบบจัดการห้องเรียน (Classroom Management) โดยที่มีองค์ประกอบภายในเป็นระบบการสั่งงานในห้องเรียน การอัปโหลดเอกสารการเรียนการสอน และระบบการสตรีม
- 3) ระบบจัดการเว็บไซต์ใช้งาน (Website Management)

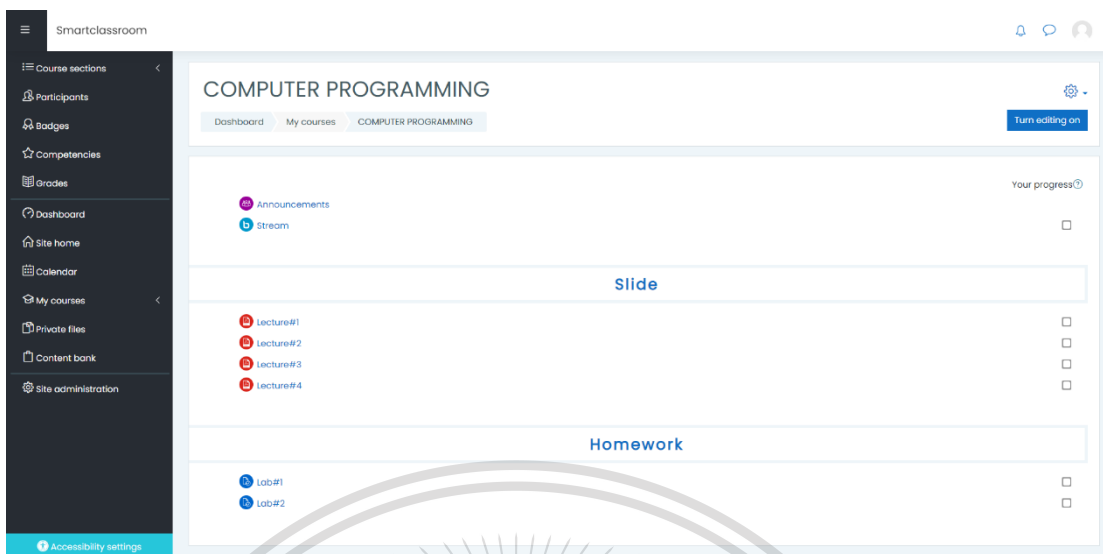


รูป 3.7 ตัวอย่างภาพระบบห้องเรียนที่พัฒนาโดย Moodle Opensource

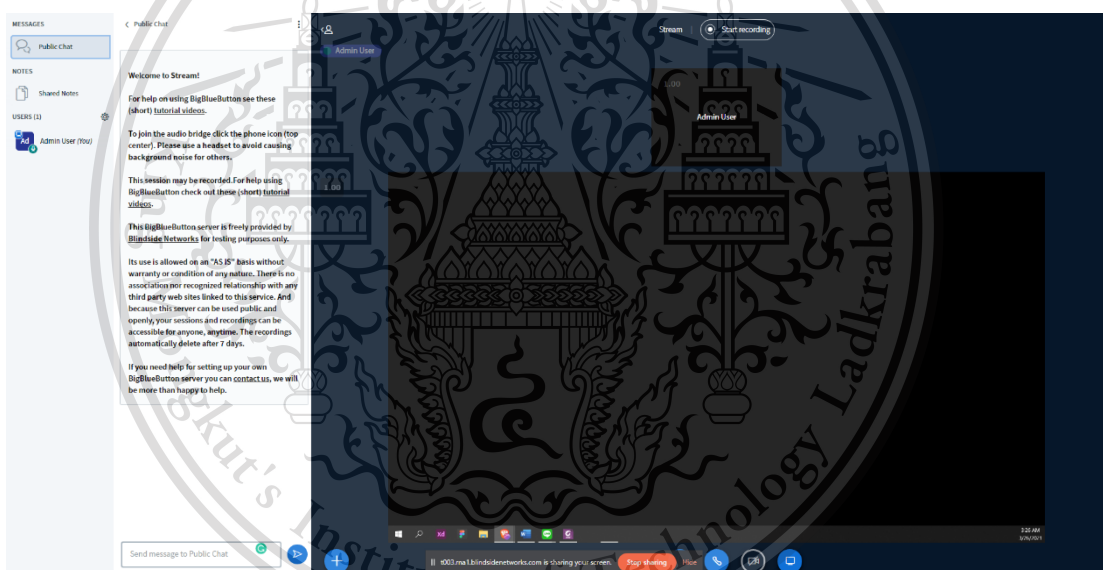
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูป 3.8 ตัวอย่างภาพการกระทำในห้องเรียนที่พัฒนาโดย Moodle Opensource



รูป 3.9 ตัวอย่างภาพการกระทำในห้องเรียนที่พัฒนาโดย Moodle Opensource

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บทที่ 4

แนวทางการทดสอบและการวัดประสิทธิภาพ

4.1 การทดสอบการจำแนกรูปแบบการกระทำของมนุษย์ในท่าทางต่าง ๆ

4.1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการจำแนกรูปแบบการกระทำของมนุษย์แบบต่าง ๆ ด้วยโมเดล Convolutional Neural Network ที่ปรับปรุงด้วย TensorFlow Lite เปรียบเทียบกับโมเดล Multilayer Neural Network และ โมเดล Multilayer Neural Network ที่ทดสอบเพิ่มข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ของโมเดล

4.1.2 วิธีการทดลอง

- 1) จับภาพจากกล้องเว็บแคม
- 2) นำภาพที่ได้ผ่านกระบวนการจำแนกท่าทางการเคลื่อนไหว (Pose-Estimation)
- 3) นำผลลัพธ์จากข้อ 2 ส่งไปยัง Service ที่สร้างไว้สำหรับการจำแนกรูปแบบการกระทำ
- 4) ทดลองจำแนกท่าทางการกระทำด้วยโมเดลต่างๆ
- 5) นำผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนก 10 ครั้งต่อท่าทาง มาตรวจสอบและเปรียบเทียบ

4.1.3 ผลการทดลอง

จากการทดลองจำแนกรูปแบบการกระทำท่าทางยืนตรงหันหน้า ยืนตรงหันหลัง ยืนยกมือซ้าย ยืนยกมือขวา ยืนยกสองมือ และยืนกางแขน จำนวนท่าทางละ 5 ครั้ง ได้ผลลัพธ์ดังนี้

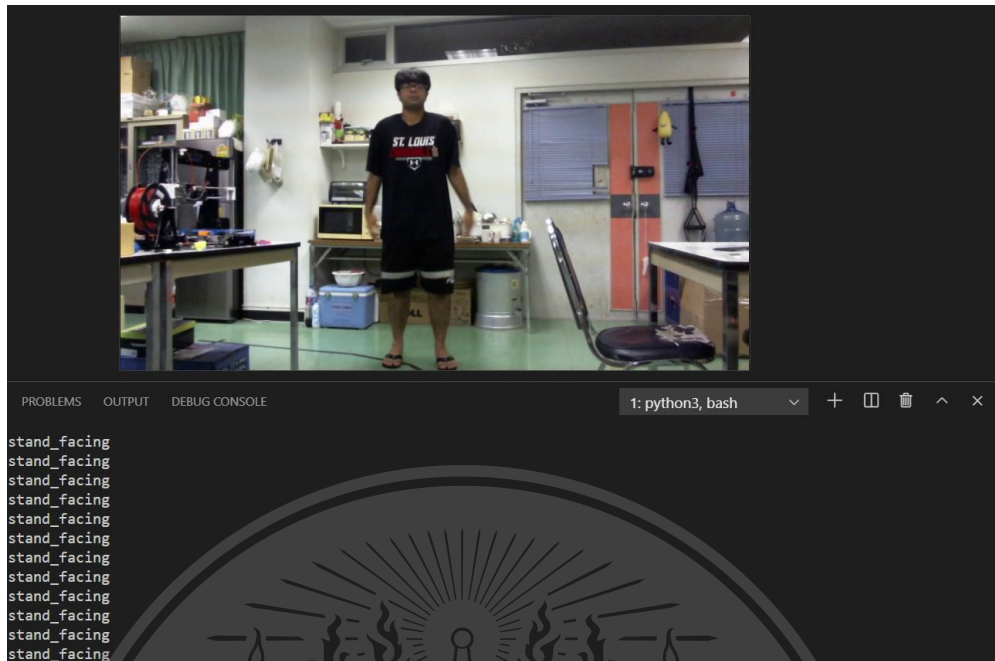
4.1.3.1 การจำแนกรูปแบบการกระทำด้วยโมเดล Convolutional Neural Network และ โมเดล Multilayer Neural Network

โมเดลสามารถจำแนกท่าทางยืนตรงหันหน้า ยืนตรงหันหลังได้อย่างถูกต้องทั้ง 10 ครั้ง จำแนกท่าทางยืนยกมือซ้าย ยืนยกมือขวา ถูกต้องเฉลี่ย 1-2 ครั้ง ใน 10 ครั้ง และจำแนกท่าทางยืนยกสองมือ และยืนกางแขน ได้ไม่ถูกต้องทั้ง 10 ครั้ง

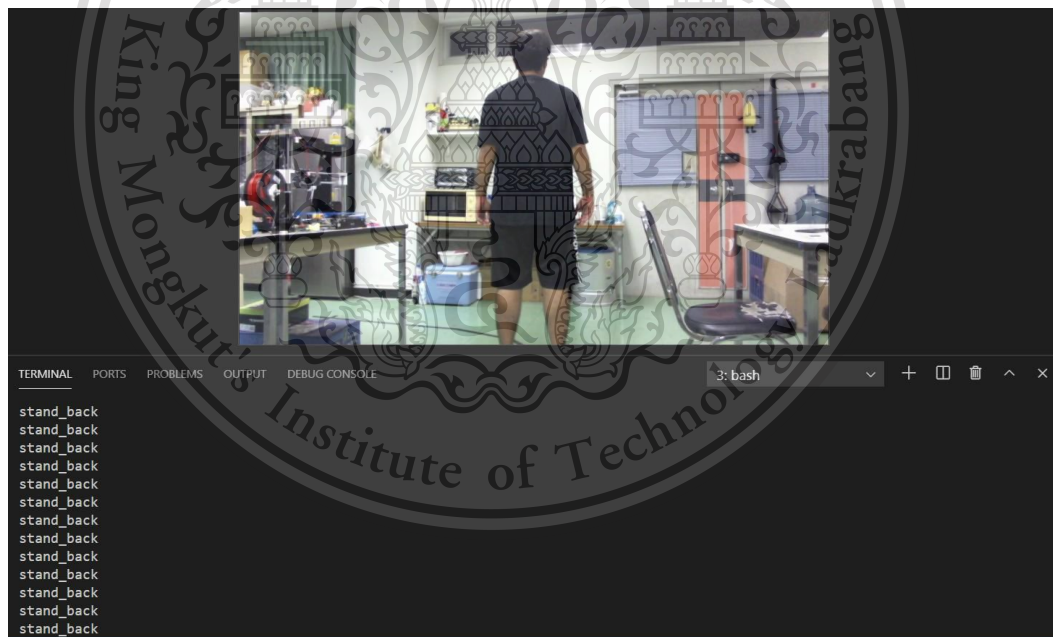
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูป 4.1 การจำแนกทำยี่นตรงหันหน้าด้วยโมเดล Multilayer Neural Network แบบเดิม

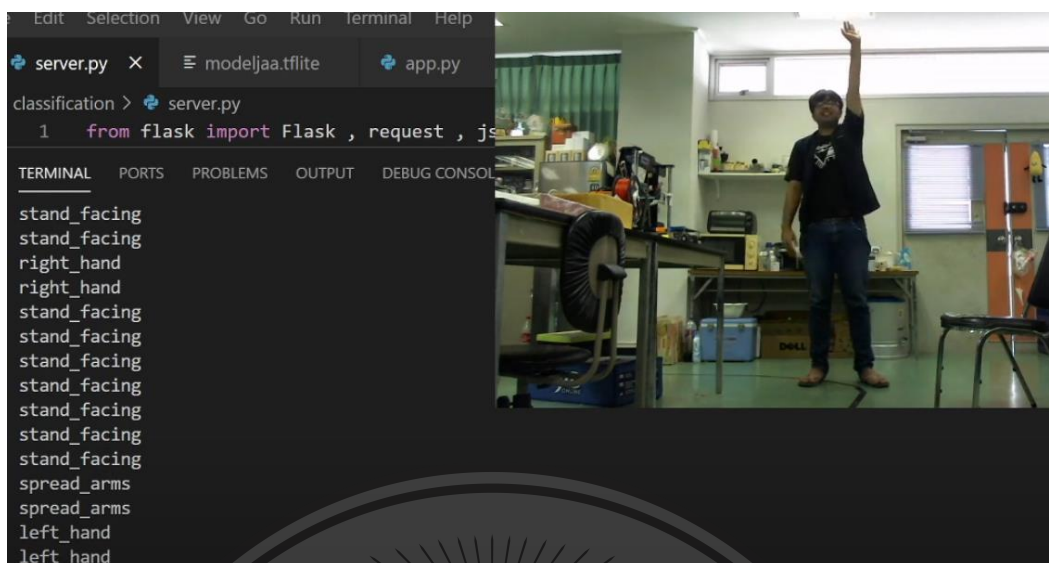


รูป 4.2 การจำแนกทำยี่นตรงหันหลังด้วยโมเดล Multilayer Neural Network แบบเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

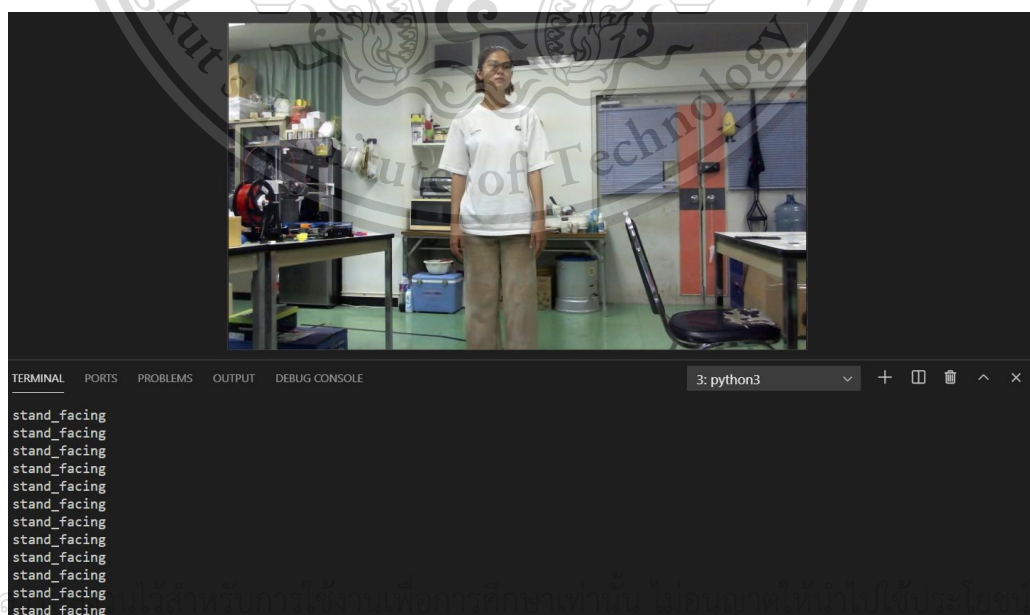
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูป 4.3 การจำแนกท่ายืนยกมือซ้ายด้วยโมเดล Multilayer Neural Network

4.1.3.2 การจำแนกรูปแบบการกระทำด้วยโมเดล Multilayer Neural Network ที่ทำการเพิ่มข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ของโมเดล

จากการเพิ่มข้อมูลผลต่างระหว่างค่าพิกัด Y ของจุดข้อมือกับจุดข้อศอก เพื่อเพิ่มข้อมูลที่มีนัยสำคัญที่ทำให้โมเดลสามารถเรียนรู้ท่าทางได้ดียิ่งขึ้น ทำให้โมเดลสามารถจำแนกท่าทางยืนตรงหันหน้า ยืนตรงหันหลัง ยืนยกมือซ้าย ยืนยกมือขวา ยืนยกสองมือ และยืนกางแขนได้อย่างถูกต้องทั้ง 10 ครั้ง



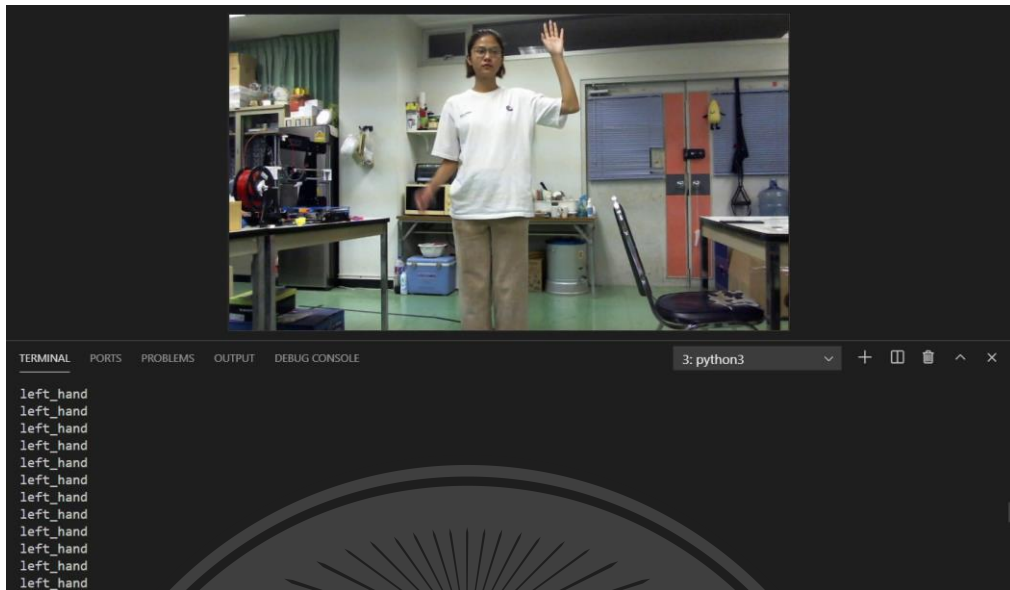
เอกสารนี้เป็นเอกสาร

ด้านการค้า

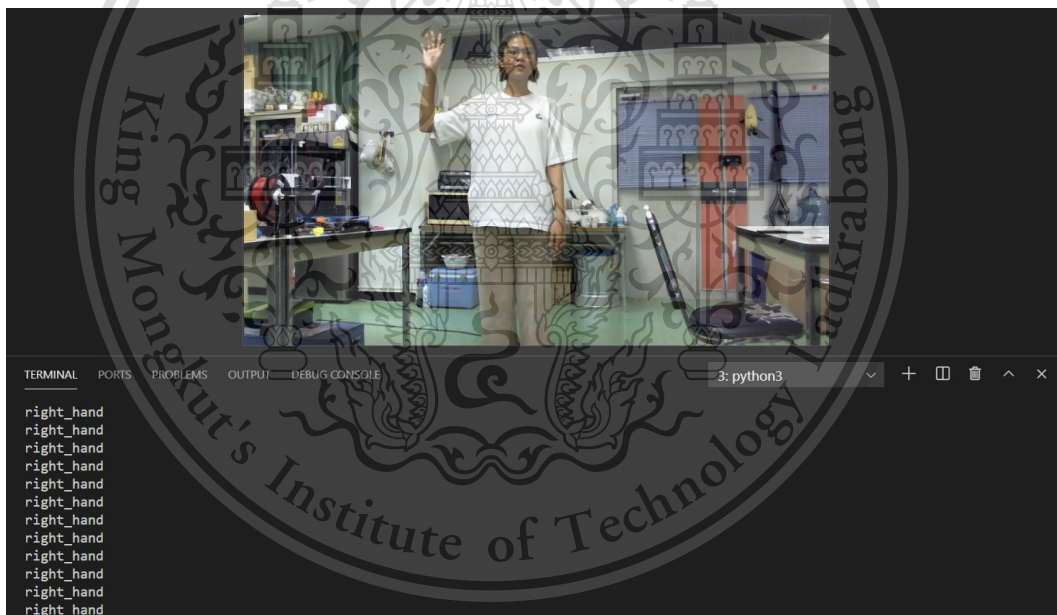
ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามคัดลอก, ผลิตซ้ำ, แก้ไข, กระจาย, หรือใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการค้าโดยไม่ได้รับอนุญาต

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

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



รูป 4.5 การจำแนกท่าเขียนยกมือซ้ายด้วยโมเดล Multilayer Neural Network ที่ทำการเพิ่มข้อมูล

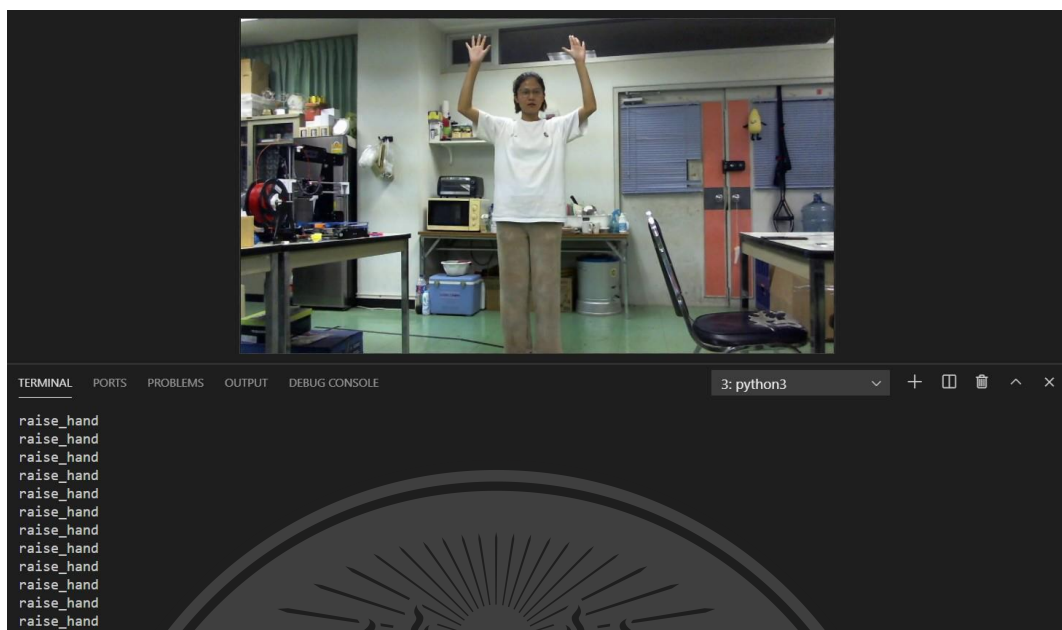


รูป 4.6 การจำแนกท่าเขียนยกมือขวาด้วยโมเดล Multilayer Neural Network ที่ทำการเพิ่มข้อมูล

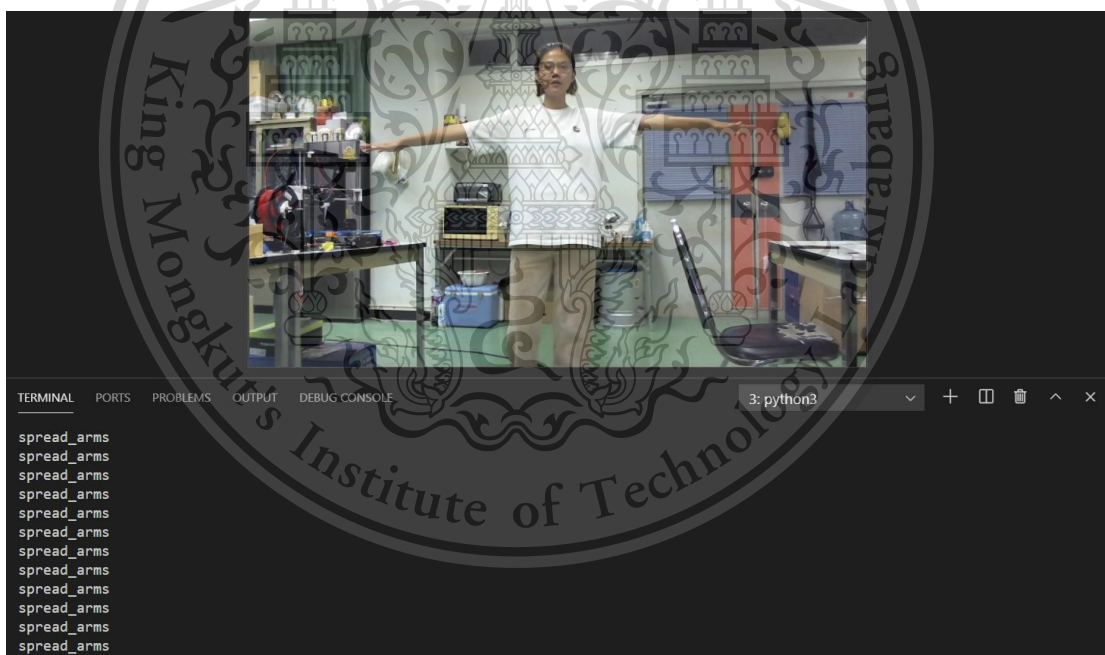
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูป 4.7 การจำแนกท่ายืนยกสองมือด้วยโมเดล Multilayer Neural Network ที่ทำการเพิ่มข้อมูล



รูป 4.8 การจำแนกท่ายืนกางแขนมือด้วยโมเดล Multilayer Neural Network ที่ทำการเพิ่มข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

4.2 การทดสอบการรันโมเดล Pose Estimation วิเคราะห์จุดสำคัญในร่างกาย

4.2.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการวิเคราะห์จุดสำคัญในร่างกาย 17 จุดด้วยโมเดล Pose Estimation สำหรับส่งไปจำแนกท่าทางการกระทำต่าง ๆ ด้วยโมเดล Convolutional Neural Network

4.2.2 วิธีการทดลอง

- 1) เตรียมรูปภาพหรือวิดีโอสำหรับการทดลอง
- 2) รันโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์จุดสำคัญในร่างกาย
- 3) นำเข้าภาพหรือวิดีโอไปยังโมเดล
- 4) สังเกตและบันทึกผล

4.2.3 ผลการทดลอง

Post Estimation สามารถวิเคราะห์จุดสำคัญในร่างกายทั้งหมดได้อย่างแม่นยำ ดังรูป 4.9 และ รูป 4.10

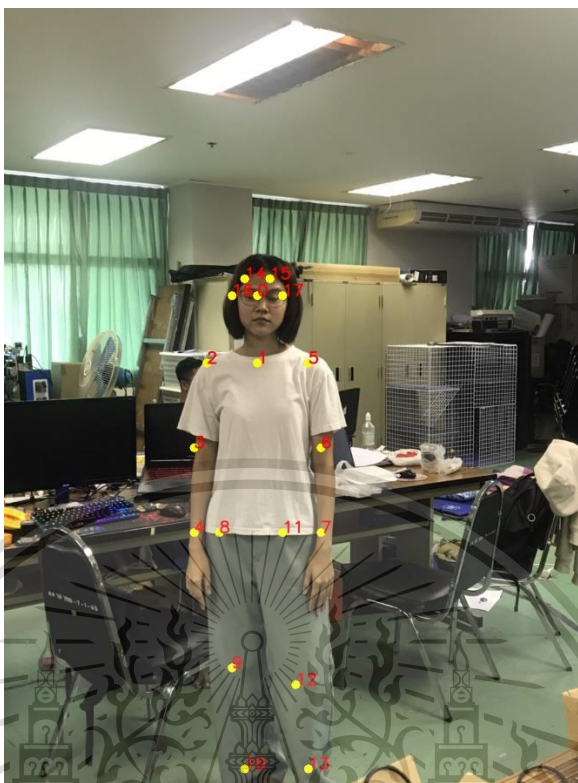


รูป 4.9 การพลอตจุด 17 จุดที่โมเดล Post Estimation ทำการวิเคราะห์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือนำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูป 4.10 การพลอตจุด 17 จุดที่โมเดล Post Estimation ทำการวิเคราะห์ให้ได้

4.3 การทดสอบเพิ่มประสิทธิภาพโมเดล Pose Estimation

4.3.1 วัตถุประสงค์

ทำให้โปรแกรมที่รันโมเดล Pose Estimation ใช้งานบน GPU เพื่อลดระยะเวลาในการประมวลผลของโมเดล Pose Estimation และเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลการจำแนกท่าทางของ Classification Model

4.3.2 วิธีการทดลอง

- 1) ติดตั้ง CUDA Toolkit และ NVIDIA cuDNN เพื่อให้โปรแกรมที่รันโมเดล Pose Estimation สามารถใช้งานบน GPU ได้
- 2) ติดตั้ง OpenCV โดยใช้ CMake เพื่อให้โมเดล Caffe ที่ใช้ในการประมวลผล Pose Estimation สามารถใช้ร่วมกับ CUDA ได้
- 3) รันโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์จุดสำคัญในร่างกาย
- 4) นำผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองใช้ GPU และ CPU ในการประมวลผลแบบละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
10 ครั้ง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

4.3.3 ผลการทดลอง

โมเดล Pose Estimation ที่ใช้งานบน GPU สามารถประมวลผลได้เร็วกว่าการใช้งานบน CPU ทำให้สามารถเพิ่มจำนวนภาพที่ผ่านการประมวลผล Pose Estimation ส่งไปจำแนกท่าทางที่โมเดล Classification ดังนั้นจึงทำให้สามารถจำแนกท่าทางได้รวดเร็วมากขึ้น

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการประมวลผลโมเดล Pose Estimation โดยใช้ CPU และ GPU

เครื่องมือที่ใช้ในการประมวลผล	เวลาเฉลี่ยในการประมวลผลจำนวน 10 ครั้ง (s)
CPU	1.018
GPU	0.165

```

Using CPU device
Total time taken : 1.030
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 20:49:19] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -
Using CPU device
Total time taken : 0.994
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 20:49:28] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -
Using CPU device
Total time taken : 0.984
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 20:49:34] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -
Using CPU device
Total time taken : 1.003
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 20:49:35] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -
Using CPU device
Total time taken : 0.991
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 20:49:37] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -
Using CPU device
Total time taken : 0.995
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 20:49:39] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -
Using CPU device
Total time taken : 1.040
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 20:49:40] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -
Using CPU device
Total time taken : 1.031
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 20:49:42] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -
Using CPU device
Total time taken : 1.081
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 20:49:43] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -
Using CPU device
Total time taken : 1.031
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 20:49:45] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -

```

รูป 4.11 ตัวอย่างเวลาในการประมวลผลโมเดล Pose Estimation ด้วย CPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้เพื่อประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```

Using GPU device
Total time taken : 0.160
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 18:44:30] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -
Using GPU device
Total time taken : 0.164
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 18:44:31] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -
Using GPU device
Total time taken : 0.160
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 18:44:31] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -
Using GPU device
Total time taken : 0.160
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 18:44:32] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -
Using GPU device
Total time taken : 0.196
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 18:44:47] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -
Using GPU device
Total time taken : 0.165
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 18:44:48] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -
Using GPU device
Total time taken : 0.160
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 18:44:49] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -
Using GPU device
Total time taken : 0.160
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 18:44:50] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -
Using GPU device
Total time taken : 0.160
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 18:44:50] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -
Using GPU device
Total time taken : 0.160
Pose Estimation Complete.
192.168.0.159 - - [29/Mar/2021 18:44:51] "POST /upload-images HTTP/1.1" 200 -

```

รูป 4.12 ตัวอย่างเวลาในการประมวลผลโมเดล Pose Estimation ด้วย GPU

4.4 การทดสอบการ Live Streaming โดยใช้ RTSP G-Streaming และ โปรแกรม OBS

4.4.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการ Live Stream ด้วยไลบรารี G-Streaming ที่มีการสื่อสารด้วย RTSP โปรโตคอลที่ประมวลผลบน Raspberry Pi และทำการส่งข้อมูลไปยังโปรแกรม OBS ที่ทำหน้าที่เป็นกล่องเสมือนสำหรับเปิดดูด้วยเว็บแอปพลิเคชัน Moodle

4.4.2 วิธีการทดลอง

- 1) ติดตั้ง G-Streaming ไลบรารีและตั้งค่าให้พร้อมใช้งาน
- 2) เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตของ Raspberry Pi และคอมพิวเตอร์ด้วย Wi-Fi เดียวกัน
- 3) สตรีมวิดีโอ และเปิดดูด้วยลิงค์ RTSP ในโปรแกรม OBS
- 4) เปิดกล่องเสมือนของโปรแกรม OBS บนเว็บแอปพลิเคชัน Moodle ที่พัฒนา

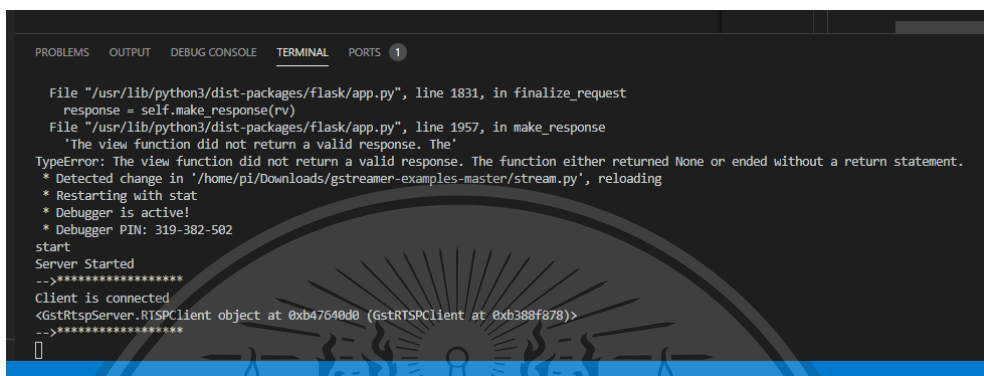
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

4.4.3 ผลการทดลอง

สามารถสตรีมวิดีโอจาก Raspberry Pi ด้วยไลบรารี G-Streaming ไปยังโปรแกรม OBS และสามารถเปิดกล้องเสมือนในเว็บแอปพลิเคชัน Moodle ได้ ดังรูป 4.13 รูป 4.14 และรูป 4.15



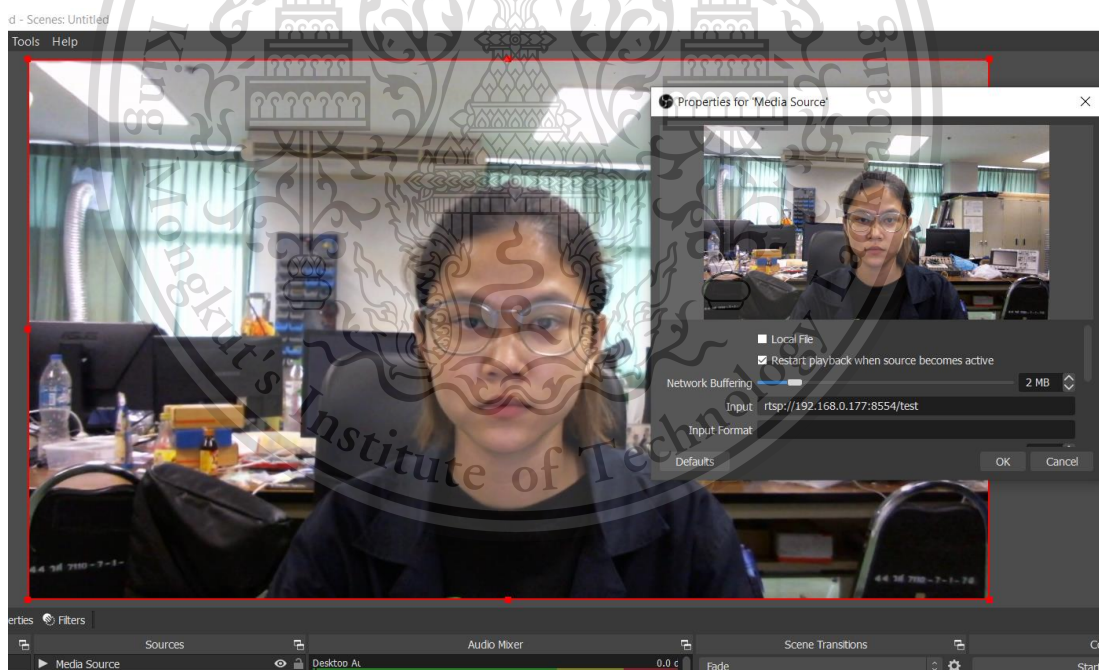
```

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS 1

File "/usr/lib/python3/dist-packages/flask/app.py", line 1831, in finalize_request
  response = self.make_response(rv)
File "/usr/lib/python3/dist-packages/flask/app.py", line 1957, in make_response
  'The view function did not return a valid response. The'
TypeError: The view function did not return a valid response. The function either returned None or ended without a return statement.
* Detected change in '/home/pi/Downloads/gstreamer-examples-master/stream.py', reloading
* Restarting with stat
* Debugger is active!
* Debugger PIN: 319-382-502
start
Server Started
->*****
Client is connected
<GstRtspServer.RTSPClient object at 0xb47640d0 (GstRTSPClient at 0xb388f878)>
->*****

```

รูป 4.13 หน้าต่างเมื่อได้รับคำสั่งให้เริ่มต้นการสตรีม

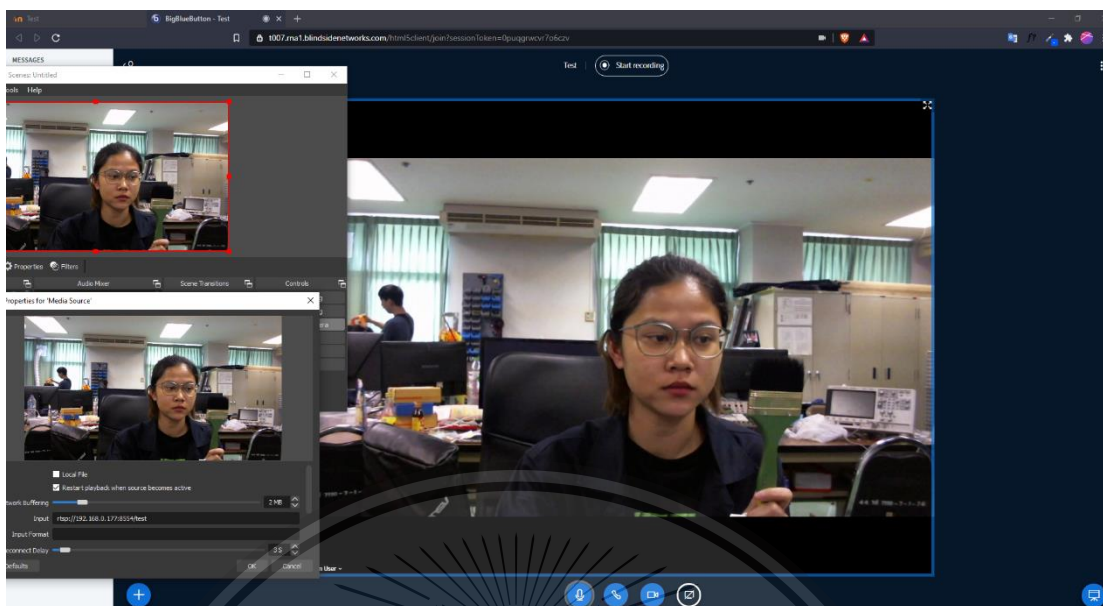


รูป 4.14 วิดีโอที่ได้รับจากการสตรีมด้วย GStreaming

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูป 4.15 วิดีโอที่เปิดจากกล้องเสมือนด้วย OBS

4.5 การทดสอบการบันทึกเสียงด้วย Audio Module

4.5.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการบันทึกเสียงจากเครื่องขยายเสียงในห้องเรียนและส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์ เพื่อทำการสตรีมข้อมูลเสียงไปยังเว็บแอปพลิเคชัน Moodle

4.5.2 วิธีการทดลอง

- 1) นำวงจรสำหรับบันทึกเสียงที่ออกแบบต่อพ่วงกับเครื่องขยายเสียงในห้องเรียน โดยทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขาอินพุตของไอซี PCM 1802
- 2) ส่งคำสั่งเริ่มทำงานเพื่อรอรับข้อมูลเสียง
- 3) พล็อตกราฟข้อมูลเสียงที่ได้เปรียบเทียบกับกราฟจาก Oscilloscope
- 4) นำข้อมูลเสียงที่ได้ เล่นออกทางลำโพงที่ต่อกับ Raspberry Pi 4 โดยตรง
- 5) ทำการสตรีมข้อมูลที่ได้รับมาส่งต่อไปยังโปรแกรม OBS

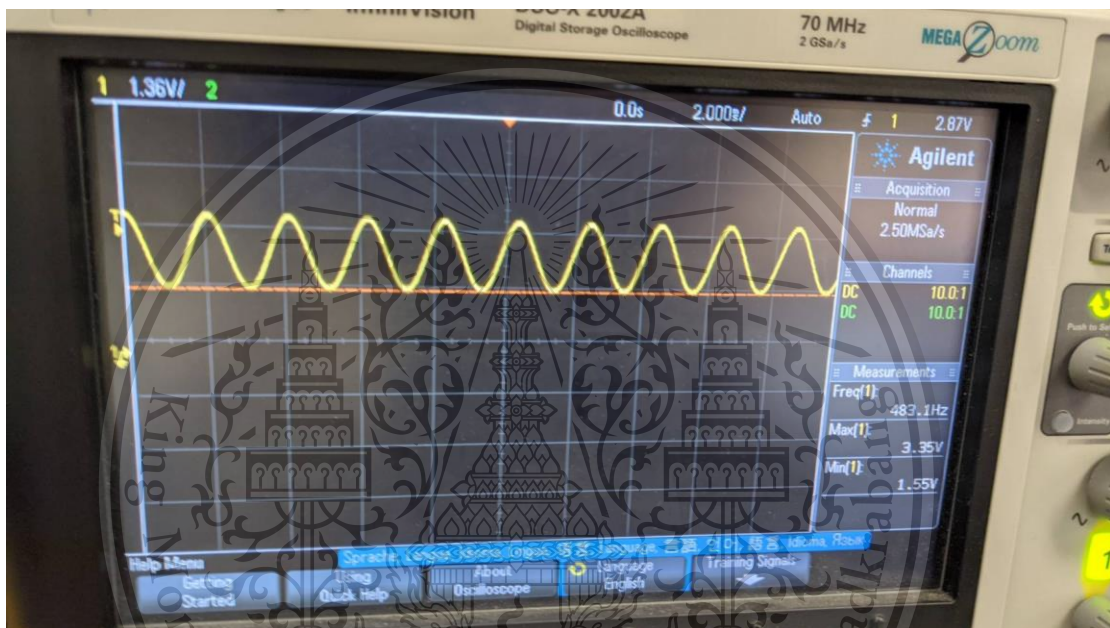
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

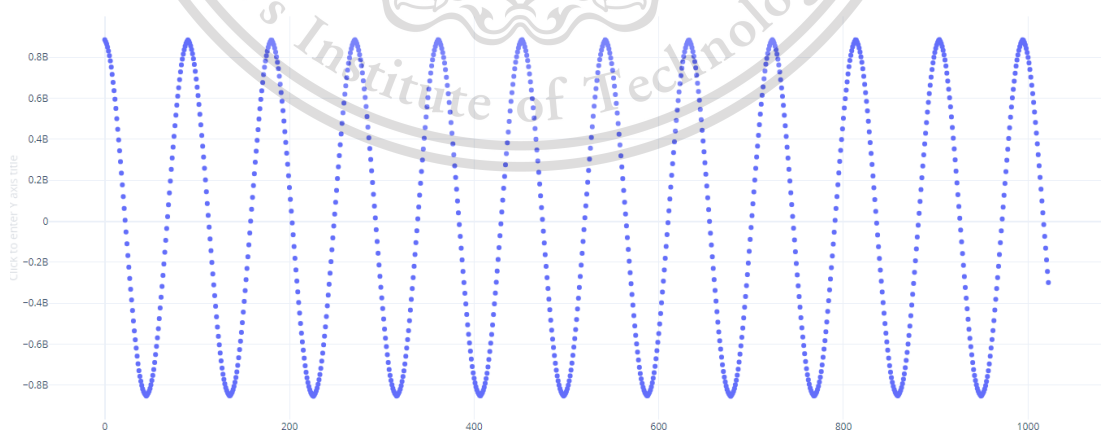
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.5.3 ผลการทดลอง

- 1) วงจรสามารถรับข้อมูลเสียงจากเอาต์พุตของเครื่องขยายเสียงได้
- 2) แรงดันไฟฟ้าที่ขาอินพุตของไอซี PCM1802 มีค่าอยู่ในช่วงที่คาดการณ์ไว้คือ 3Vp-p
- 3) Raspberry Pi 4 สามารถรับข้อมูลเสียงจากไมโครคอนโทรลเลอร์ (ESP32) ได้
- 4) เสียงที่ได้ยินตรงกันกับเสียงที่ออกทางลำโพง ทดสอบกับเครื่องเสียงห้อง811



รูป 4.16 ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขาอินพุตของไอซี PCM1802



รูป 4.17 สัญญาณเสียงที่ Raspberry Pi ได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

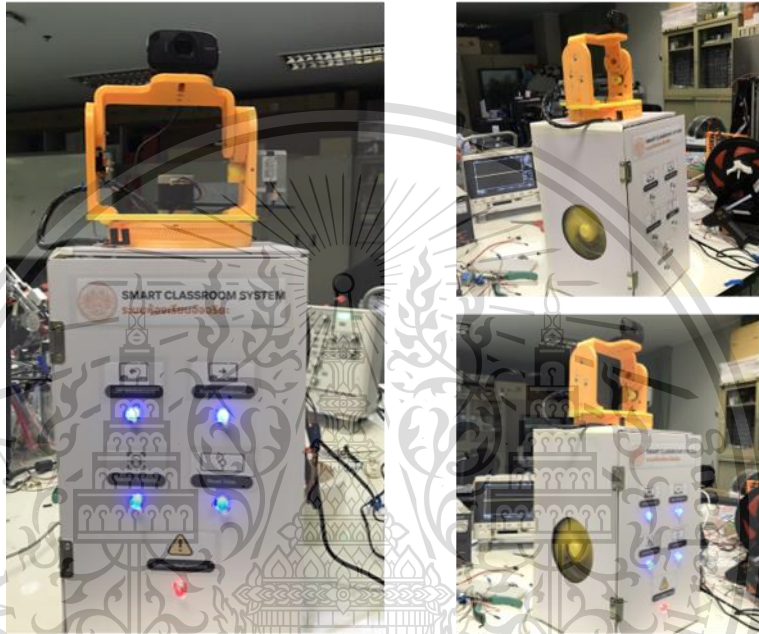
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลที่ได้จากโครงการ



รูป 5.1 ชิ้นงานส่วนควบคุมกล้องและแสดงโหมดต่าง ๆ ของผู้สอนในห้องเรียน

5.1.2 ส่วนโมเดลจำแนกการกระทำของมนุษย์

ทำการปรับปรุงโมเดลสำหรับจำแนกการกระทำของมนุษย์ให้เหมาะสมสำหรับการรันบนอุปกรณ์ Raspberry Pi 4 โดยใช้ TensorFlow Lite และเปลี่ยนโครงสร้างของโมเดลจากเดิมใช้ Convolutional Neural Network เป็น Multi-Layer Neural Network อีกทั้งเพิ่มข้อมูลของส่วนต่างระหว่างข้อศอกและข้อมือ ทำให้การจำแนกสามารถทำได้เร็วมากยิ่งขึ้น และมีความแม่นยำมากขึ้น

5.1.3 ส่วนอุปกรณ์บันทึกเสียง (Audio Module)

ได้ทำการพัฒนาวงจรที่ใช้สำหรับการบันทึกเสียงจากเครื่องขยายเสียง และส่งสัญญาณเสียงที่ได้ไปยัง Raspberry Pi แล้วทำการแปลงรูปแบบข้อมูลให้เหมาะสมกับการสตรีมด้วย RTSP โปรโตคอล และทำการส่งสตรีมไปยังโปรแกรม OBS ด้วย GStreamer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

5.1.4 ส่วนอุปกรณ์ควบคุมกล้อง (Camera Module)

ทำการเลือกโมเดล 3D Print มาแล้วนำมาปรับแต่งให้เข้ากับชิ้นงานที่ต้องการจัดทำ หลังจากนั้นทำการพิมพ์และประกอบชิ้นงาน ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการหมุนกล้องตามค่าของการจำแนกท่าทางที่ได้รับมาจากโมเดล

5.1.5 ส่วนเว็บแอปพลิเคชัน

ทำการดาวน์โหลด Opensource ของเว็บไซต์จัดการการเรียนการสอน Moodle หลังจากนั้นทำการปรับแต่งเว็บแอปพลิเคชันให้สามารถยืนยันตัวตนเข้าสู่ระบบ สมาชิก ยืนยันตัวตนโดยใช้อีเมล และลิ้มรสผ่าน การสร้างห้องเรียนโดยผู้ใช้งานที่เป็นอาจารย์ การสร้างเอกสารประกอบการเรียนในห้องเรียน การสร้างการบ้านในห้องเรียน การอัปโหลดไฟล์เข้าสู่ห้องเรียน และการสตรีมวิดีโอในห้องเรียนและการแชร์หน้าจอ

5.1.6 ส่วนการ Live Stream

ทำการสตรีมข้อมูลวิดีโอจาก Raspberry Pi 4 ด้วยความละเอียด 720 พิกเซล ด้วยไลบรารี GStreamer RTSP แล้วทำการส่งวิดีโอจากการกล้องไปยังโปรแกรม OBS หลังจากนั้นทำการเปิดกล้องเสมือนซึ่งเป็นไลบรารีของโปรแกรม OBS เพื่อทำการจำลองเป็นกล้องสำหรับเปิดบนเว็บแอปพลิเคชัน Moodle

ทำการสตรีมข้อมูลเสียงจาก Raspberry Pi 4 ไปยังโปรแกรม OBS โดยใช้ไลบรารี GStreamer Appsrc โดยใช้รูปแบบข้อมูลเป็น 32 บิต แบบลิตเติลเอนดีียน ความถี่ 44100 Hz

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

- 1) อุปกรณ์สำหรับจัดทำชิ้นงานต้องจัดซื้อจากต่างประเทศทำให้จัดทำชิ้นงานได้ล่าช้า
- 2) ส่วนของการสตรีมวิดีโอบน Moodle ต้องใช้งานด้วยปลั๊กอินของ Moodle ทำให้เราสามารถแก้ไข หรือปรับเปลี่ยนการทำงานไม่ได้ ทำให้การส่งข้อมูลวิดีโอจากการกล้องทำได้ยากขึ้น แก้ไขโดยการทำ กล้องและเสียงเสมือน โดยใช้โปรแกรม OBS ก่อนที่จะสตรีมไปยัง Moodle
- 3) การพัฒนาส่วนสตรีมต้องศึกษาไลบรารีที่ไม่ค่อยมีผู้ใช้งานอย่างแพร่หลาย ทำให้เมื่อติดปัญหาจะทำการแก้ไขได้ช้า แก้ไขโดยศึกษาโครงสร้างไลบรารีให้ละเอียดก่อนเริ่มพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 4) มีการแบ่งโครงสร้างของซอฟต์แวร์เป็นรูปแบบไมโครเซอร์วิส ประกอบไปด้วยการคำนวณที่กระจายกัน ทำให้มีปัญหาเรื่องการรวมระบบและรูปแบบของการรับ-ส่งข้อมูล

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

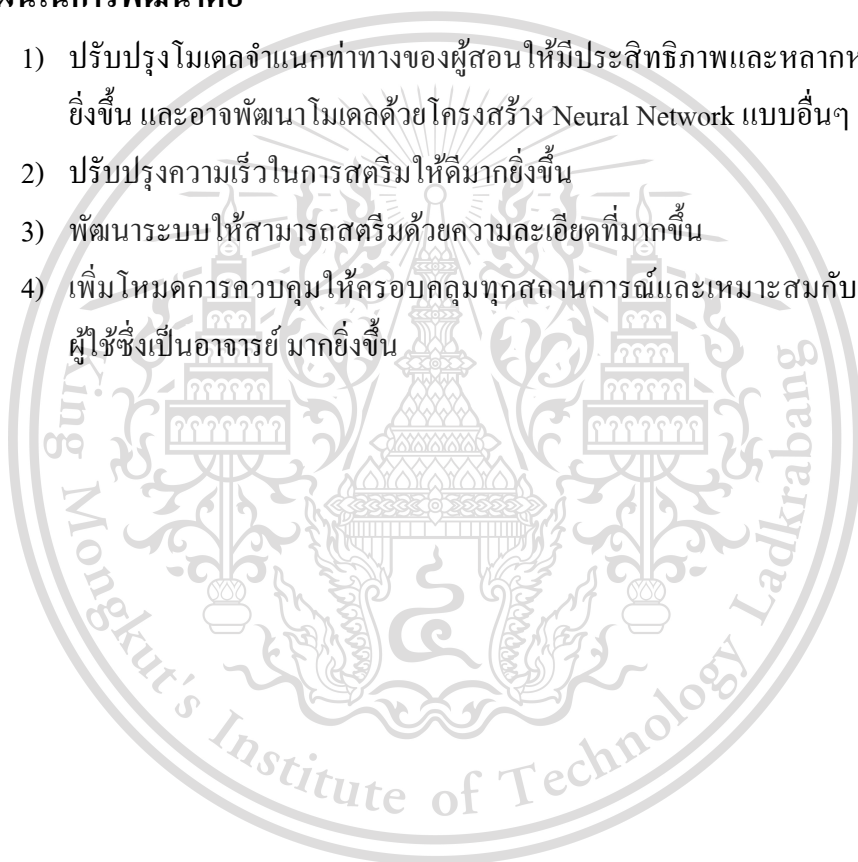
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

แก้ไขโดยสร้างเซิร์ฟเวอร์หลักสำหรับควบคุมการสั่งงานต่างๆ และปรับรูปแบบของการส่งข้อมูลให้เป็นแบบเดียวกัน

- 5) เนื่องจากอุปกรณ์ IC ที่ใช้งานเป็นอุปกรณ์ที่ Sensitive ทำให้การทำงานจรทดสอบเป็นไปได้อย่างยากลำบากและใช้เวลานาน
- 6) RaspberryPi 4 ไม่สามารถประมวลผลโมเดล CNN ได้ เนื่องจากข้อจำกัดของทรัพยากร จึงแก้ไขด้วยการนำไปประมวลผลบนเซิร์ฟเวอร์แทน

5.3 แผนในการพัฒนาต่อ

- 1) ปรับปรุงโมเดลจำแนกท่าทางของผู้สอนให้มีประสิทธิภาพและหลากหลายท่าทางมากยิ่งขึ้น และอาจพัฒนาโมเดลด้วยโครงสร้าง Neural Network แบบอื่นๆ
- 2) ปรับปรุงความเร็วในการสตรีมให้ดียิ่งขึ้น
- 3) พัฒนาระบบให้สามารถสตรีมด้วยความละเอียดที่มากขึ้น
- 4) เพิ่มโหมดการควบคุมให้ครอบคลุมทุกสถานการณ์และเหมาะสมกับการใช้งานของผู้ใช้ซึ่งเป็นอาจารย์ มากยิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บรรณานุกรม

Keng Surapong. 2020. **TensorFlow Lite (TFLite) สอนแปลงโมเดล TensorFlow ใน Python.**

[Online]. Available : <https://www.bualabs.com/archives/3562/what-is-tensorflow-lite-tflite-how-to-convert-tensorflow-python-to-run-on-edge-device-raspberry-pi-jetson-nano-arduino-sparkfun-microcontroller-tflite-ep-1/>

David Marrakchi. 2017. **Top 5 PCB Guidelines Every PCB Designer Needs to Know**

[Online]. Available: <https://resources.altium.com/p/top-5-pcb-design-guidelines-every-pcb-designer-needs-know?fbclid=IwAR14dxzhcA4XQdExHZkWIqbwtrkZZibF1mEvSITqMZDNVW3A7do2i577iAU>

Chris Kuiper. 2017. **Audio sync analysis library**

[Online]. Available: <https://github.com/google/audio-sync-kit>

GStreamer. 2020. **GStreamer RTSP**

[Online]. Available: <https://gstreamer.freedesktop.org/documentation/additional/rtp.html?gi-language=python>

Model Zoo. 2019. **Deep Learning Models and Code for Pose Estimation**

[Online]. Available: <https://modelzoo.co/blog/deep-learning-models-and-code-for-pose-estimation>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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