

การควบคุมระบบแสงสีด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

IOT BASED STAGE LIGHTING



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

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

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

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมระบบแสงสีด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

IOT BASED STAGE LIGHTING

ผู้จัดทำ

1. นายจิรายุ โอ่วเจริญ รหัสนักศึกษา 60010154
2. นายชินาริป ลาวัลย์สุข รหัสนักศึกษา 60010235
3. นายณวิษ สัจจาดี รหัสนักศึกษา 60010521



อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สรยุทธ กลมกล่อม)

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.

การควบคุมระบบแสงสีด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

นายจิรายุ	โอ่วเจริญ	60010154
นายชินาธิป	ลาวัลย์สุข	60010235
นายณวิษ	สัจจาดี	60010521
อาจารย์สรยุทธ กลมกล่อม	อาจารย์ที่ปรึกษา	
ปีการศึกษา 2563		

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน การจัดการระบบแสงสีมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย แต่การใช้งานระบบยังค่อนข้างซับซ้อนและเป็นระบบที่ใช้สายสัญญาณในการสื่อสารผ่าน protocol DMX บนมาตรฐาน TIA 385 ซึ่งตัวระบบมีการใช้งานที่ยุ่งยากและมีต้นทุนสูงทั้งจากค่าสายสัญญาณ ค่าขนส่ง ค่าแรงติดตั้ง และค่าบำรุงรักษา โครงการชิ้นนี้ จึงทำการศึกษา ออกแบบ และพัฒนาระบบควบคุมระบบแสงสีที่สามารถทำงานได้แบบไร้สาย ใช้งานได้ง่าย และช่วยลดต้นทุนในการติดตั้งระบบแสงสี โดยระบบทำงานในรูปแบบ Client-Server โดยพัฒนา Server บน Raspberry Pi 3 Model B พัฒนา Client บน NodeMCU (ESP8266) ใช้การสื่อสารผ่าน Wireless LAN โดยใช้ Protocol UDP และพัฒนาส่วนควบคุมการทำงาน (Controller) บน 2 แพลตฟอร์ม คือ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และสมาร์ทโฟน ซึ่งในงานนี้ ได้ทดสอบการควบคุมโดยทดสอบในพื้นที่โล่งแจ้ง ใช้ Private Wireless LAN และข้อมูลทดสอบขนาด 513 bytes จำนวน 50 packet พิจารณาใช้ค่า RTT/2 เป็นเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพ พบว่า ในระยะ 5 m., 10 m., และ 15 m. รอบตัวกระจายสัญญาณ ระบบสามารถทำงานได้ปกติ โดยมีค่า RTT/2 เป็น 14.84 ms., 15.86 ms., และ 16.92 ms. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าคาบของ Maximum refresh rate (40 Hz. 25 ms. Period) โดยสรุปแล้ว ระบบที่พัฒนาขึ้น สามารถทำงานได้เป็นอย่างดี สามารถทดแทนระบบควบคุมแบบดั้งเดิมและสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์เดิมที่มีอยู่ได้ ในส่วนของการพัฒนาเพิ่มเติม สามารถพัฒนาประสิทธิภาพของ Server ได้ด้วยการทำงานแบบ Multiprocessing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

IoT Based Stage Lighting

Mr.Jirayu	Aowcharoen	60010154
Mr.Chinatip	Lawansuk	60010235
Mr.Nawis	Sajjadee	60010521
Mr.Sorayut	Glomglome	Advisor

Academic year 2020

Abstract

Nowadays, stage lighting is gradually gaining popularity. But the stage lighting system which relies on DMX protocol over the RS485 standard is still complicated to use and has high cost due to wire cost, installation cost, and maintenance cost. This project is designing and developing the IoT based stage lighting system which can control wirelessly, easy to use, and reduce the overall cost. The system works on Server-Client Architecture. In the system, Raspberry Pi 3 Model B is used as a server, NodeMCU is used as a client and the controller is developed for 2 platforms: PC and Smartphone. The performance of this project is evaluated using the RTT/2 value between server and client with 513 bytes/packet for 50 packets on the private wireless LAN. In the testing process, at 5 m., 10 m., and 15 m. from the access point, the system works properly. The RTT/2 is 14.84 ms., 15.86 ms., and 16.92 ms. respectively which is smaller than the period of the maximum refresh rate period (40 Hz, 25 ms. period). In conclusion, the developed system performs the task well. It is able to replace the old system and able to work with the old devices seamlessly. In further development, the server performance is improvable by using a multiprocessing programming paradigm instead of multithreading.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
Abstract.....	II
สารบัญ.....	III
สารบัญรูป.....	V
สารบัญตาราง.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา (Motivation).....	1
1.2. วัตถุประสงค์.....	1
1.3. เป้าหมายของโครงการ.....	2
1.4. ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.5. ข้อจำกัดของโครงการ.....	3
1.6. แผนการดำเนินโครงการ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Theoretical Background).....	6
2.1.1. DMX512.....	6
2.1.2. Flutter.....	8
2.1.3. Qt GUI Framework.....	8
2.1.4. Transmission Control Protocol (TCP).....	9
2.1.5. User Datagram Protocol (UDP).....	10
2.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Related Works).....	10
2.2.1. Intelligent Stage LED light Control System Based On Android Smartphone.....	10
2.2.2. Real Time Bidirectional Wireless Digital Multiplexer (WiDMX512).....	11
บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนา.....	13
3.1. การออกแบบการทำงาน.....	13
3.2. ภาพรวมการทำงานของระบบ.....	15
3.2.1. Specification.....	15
3.3. Hardware Design.....	16
3.4. Software Design.....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังขอแจ้งข้อดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

3.4.1. Firmware Design.....	17
3.4.2. Controller Design.....	18
3.4.3. Server Design.....	20
บทที่ 4 การทดลองและบันทึกผล	25
4.1. Hardware, Server และการเชื่อมต่อ.....	25
4.2. Desktop Application.....	31
4.2.1. เปลี่ยนค่าของ Channel	31
4.2.2. บันทึกข้อมูลลงเอกสาร	32
4.2.3. อ่านข้อมูลลงโปรแกรม	33
4.2.4. แสดงตัวอย่างสีของไฟตามค่า RGB.....	33
4.2.5. การทำงานแบบ Scanner.....	34
4.2.6. ทดลองการส่งข้อมูลไปยัง NodeMCU	35
4.2.7. ส่งไฟล์เข้า Server.....	36
4.3. Mobile Application.....	38
4.3.1. เปลี่ยนค่าของ Channel	38
4.3.2. การเปลี่ยนแปลงค่าของข้อมูล	39
4.3.3. การแบ่ง Address ของสัญญาณ	39
4.3.4. การจัดลำดับการแสดงผล.....	40
4.3.5. การบันทึกการจัด Scene	40
4.3.6. การเรียกข้อมูลที่ถูกบันทึก.....	41
4.4. การทดสอบใช้งานจริง	42
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน	44
5.1. ผลการดำเนินงาน	44
5.2. ปัญหา และอุปสรรค.....	45
5.3. แนวทางการพัฒนาต่อ	45
เอกสารอ้างอิง	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

สารบัญรูป

หน้า

รูป 1.1 PAR LED RGBW	2
รูป 1.2 Moving Head PAR LED RGBW	2
รูป 1.3 ตารางการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 1.....	5
รูป 1.4 ตารางการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 2.....	5
รูป 2.1 Timing Diagram แสดงข้อมูล 1 slot โดยประกอบด้วย Start bit + 8 DATA bit (LSB First) + 2 STOP bit [3].....	6
รูป 2.2 Timing Diagram แสดงข้อมูล 1 packet [3].....	7
รูป 2.3 โลโก้ของ Flutter	8
รูป 2.4 โลโก้ของ Qt	9
รูป 2.5 หน้าต่างโปรแกรม Qt Designer ที่ใช้ออกแบบโปรแกรม.....	9
รูป 2.6 รูปแบบของ Datagram ที่ใช้ใน UDP [7]	10
รูป 2.7 Structure Diagram ที่ Chaohui และคณะได้ออกแบบ [8].....	11
รูป 2.8 Block Diagram ของ Master [9].....	12
รูป 2.9 Block Diagram ของ Slave [9]	12
รูป 3.1 Use Case Diagram ของระบบควบคุมระบบแสงสีด้วยอินเทอร์เนตในทุกสิ่ง.....	13
รูป 3.2 System Diagram ของระบบควบคุมระบบแสงสีด้วยอินเทอร์เนตในทุกสิ่ง.....	15
รูป 3.3 Hardware Design โดยประกอบด้วย NodeMCU, I2C LCD16x2, RS485 Interface และ ปุ่มกด.....	16
รูป 3.4 Flowchart แสดงการทำงานของฟังก์ชันหลัก.....	18
รูป 3.5 ภาพหน้าต่างโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้ (สำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล)	19
รูป 3.6 ภาพหน้าต่างโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้ (สำหรับสมาร์ตโฟน).....	20
รูป 3.7 Flowchart ของการทำงานของ DMX.....	21
รูป 3.8 Flowchart การอ่านไฟล์และสร้าง Scene Object โดยมีการ Validate ข้อมูลที่นำเข้ามา	22
รูป 3.9 Flowchart การทำงานการรับส่งไฟล์ของ Client โดยจะส่ง Packet เฉพาะเพื่อค้นหา Server ในเครือข่าย เมื่อได้รับ Packet ที่ตอบ IP กลับมา จึงนำ IP มาระบุเป็นผู้รับ	23
รูป 3.10 Flowchart การทำงานการรับไฟล์ของ Server โดยเมื่อได้รับ Packet ที่เข้ากับ Pattern ที่ กำหนดไว้ จะทำการส่ง IP กลับไปเพื่อระบุผู้รับ	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับงานที่ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

รูป 4.1 Timing diagram ของสัญญาณที่ส่งจาก NodeMCU มีระยะห่างระหว่าง Packet อยู่ที่ 25 ms มี Refresh Rate 40 Hz	25
รูป 4.2 แผนภาพแสดงการทำงานการทดสอบ ซึ่งจะใช้อ้างอิงตลอดการทดลอง.....	27
รูป 4.3 การทดสอบระยะการส่งสัญญาณต่ออุปกรณ์เดียว	30
รูป 4.4 การทดสอบระยะการส่งสัญญาณและจำนวนอุปกรณ์ในระบบ ส่งผลต่อความสามารถของระบบ.....	30
รูป 4.5 หน้าต่างโปรแกรมก่อนเปลี่ยนค่า	32
รูป 4.6 หน้าต่างโปรแกรมหลังเปลี่ยนค่า.....	32
รูป 4.7 ตำแหน่งปุ่ม Save.....	33
รูป 4.8 หน้าต่างเลือกเอกสารเพื่อนำเข้าข้อมูล	33
รูป 4.9 หน้าต่างสำหรับเลือก Channel เพื่อแสดงสี.....	34
รูป 4.10 Textbox ก่อนเปลี่ยนค่า.....	34
รูป 4.11 Textbox หลังเปลี่ยนค่า	34
รูป 4.12 หน้าต่างโปรแกรมก่อนการปรับค่า.....	35
รูป 4.13 หน้าต่างโปรแกรมหลังการปรับค่า	35
รูป 4.14 หน้าต่างโปรแกรมเมื่อปรับค่า.....	36
รูป 4.15 โคมไฟถูกควบคุมตามที่สั่งการ.....	36
รูป 4.16 หน้า UI ที่มีฟังก์ชันการส่งไฟล์และบันทึกไฟล์.....	37
รูป 4.17 การรับค่าผ่าน Mobile	38
รูป 4.18 ทดลองส่งข้อความบน Mobile “Foo1234” ผ่าน UDP	38
รูป 4.19 หน้าจอที่สามารถเปลี่ยนค่าได้	39
รูป 4.20 Debug Console	39
รูป 4.21 การกรอก Address	40
รูป 4.22 การเพิ่ม Scene.....	40
รูป 4.23 การบันทึกเอกสาร	41
รูป 4.24 อ่านข้อมูลเก่า.....	41
รูป 4.25 การจัดสถานที่สำหรับทดลอง ในสนามขนาด 25 x 15 เมตร	42
รูป 4.26 การควบคุมการทำงาน โคมไฟ	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 4.1 ค่าหน่วงเวลาของการส่งข้อมูล โดยผ่าน Protocol ที่ต่างกัน	26
ตาราง 4.2 ผลของระยะทางจาก Router ต่อระยะเวลาในการส่งข้อมูล	28
ตาราง 4.3 ผลของระยะทางและจำนวนอุปกรณ์ในระบบต่อเวลาในการส่งสัญญาณ	31



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

VII

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

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา (Motivation)

ระบบแสงสี คือระบบไฟส่องสว่างที่ออกแบบสำหรับพื้นที่หนึ่ง (เช่น เวที ลานจัดแสดง) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่องสว่าง สร้างความสวยงาม สร้างบรรยากาศให้สภาพแวดล้อม และตอบสนองความต้องการใช้งาน [1] ในปัจจุบันระบบแสงสี เป็นที่สนใจของบุคคลทั่วไปมากขึ้นเนื่องจากเริ่มมีการใช้งานแพร่หลายในระดับมือสมัครเล่น อีกทั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ยังมีราคาถูกลงกว่าสมัยก่อน และสามารถตั้งค่าให้ทำงานตามรูปแบบที่กำหนดไว้จากโรงงานโดยไม่ต้องควบคุม (Standalone scene) [2] ได้

แต่ในการนำมาใช้งานจริงในงานต่าง ๆ การทำงานแบบ Standalone ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน จึงต้องมีการ โปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงาน แต่การ โปรแกรมควบคุมการทำงานค่อนข้างซับซ้อน และในอุปกรณ์ระดับมือสมัครเล่นจะฟังก์ชันอำนวยความสะดวกไม่มาก เนื่องจากต้องลดต้นทุนในการผลิต อีกทั้งอุปกรณ์ระดับมืออาชีพอาจมีราคาสูงมาก และการอัปเดตระบบอาจจะเกิดเหตุการณ์ที่ระบบใหม่ไม่รองรับอุปกรณ์เก่า ซึ่งทำให้อุปกรณ์เก่าไม่สามารถใช้ได้ โดยปกติแล้วระบบแสงสีจะทำงานผ่านระบบสื่อสารด้วย Protocol ที่เรียกว่า DMX512 [3] ซึ่งเป็นระบบสื่อสารแบบมีสายเชื่อมต่อระหว่างตัวควบคุมและอุปกรณ์ ในการใช้งานจริง พื้นที่ที่ใช้งานระบบมักจะเป็นเวทีหรือเป็นพื้นที่กว้าง ทำให้ต้องใช้สายสัญญาณเป็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้เปลืองทรัพยากรและแรงงานในการติดตั้ง อีกทั้งอาจจะมีปัญหาจากสัญญาณรบกวนจากภายนอกสายสัญญาณ สภาพอากาศ รวมถึงปัญหาสายไฟขาดภายใน ทำให้ตรวจสอบและแก้ไขได้ยาก

ผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะพัฒนาระบบควบคุมแสงสีด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (IoT) เพื่อที่จะพัฒนาระบบแสงสี ให้สามารถทำงานแบบไร้สายเพื่อลดปัญหาที่เกิดจากสาย สามารถรองรับอุปกรณ์เก่าและอุปกรณ์ใหม่ได้ และสามารถใช้งานได้ง่ายด้วยราคาที่ไม่สูงมาก

1.2. วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อพัฒนาระบบควบคุมแสงสีด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง
- 2) เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ต่อพ่วงที่สามารถเชื่อมต่อระหว่างตัวควบคุมและอุปกรณ์เก่าและสามารถควบคุมอุปกรณ์เก่าผ่านระบบควบคุมได้
- 3) เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบการส่งข้อมูลแบบไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูผู้สอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และอ้างถึงลิขสิทธิ์เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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) เพื่อศึกษาการทำงานของ Protocol DMX512

1.3. เป้าหมายของโครงการงาน

- 1) อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น สามารถทดแทนการทำงานของระบบควบคุมแบบเก่าได้
- 2) สามารถนำอุปกรณ์ที่พัฒนาไปใช้ในสถานที่จริงได้
- 3) ทำระบบที่สามารถควบคุมที่สามารถควบคุมอุปกรณ์ที่ใช้ Protocol DMX512 แบบไร้สายผ่าน Desktop Application และ Mobile Application ได้

1.4. ขอบเขตของโครงการงาน

- 1) Access Point ใช้ Private Router เพื่อประสิทธิภาพการใช้งานที่ดีที่สุด
- 2) ตัวรับสัญญาณใช้ Node MCU V1.0
- 3) Server ใช้ Raspberry Pi 3 Model B
- 4) ใช้โคมไฟ 2 แบบ คือ PAR LED RGBW (ไฟฉายพื้นหลังแบบผสมสีได้) และ Moving Head PAR LED RGBW (ไฟฉายพื้นหลังแบบผสมสีชนิดปรับองศาได้)



รูป 1.1 PAR LED RGBW¹



รูป 1.2 Moving Head PAR LED RGBW²

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลึกทั้งห้าฉบับให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มาภาพ: https://www.pngfind.com/mpng/ibwxmxw_36x10w-rgbw-super-bright-led-par-zoom-stage/

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

ที่มาภาพ: <https://audiocity.co.th/brand/acme/acme-cm-300zr.html>

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

1.5. ข้อจำกัดของโครงการ

- 1) ระยะของการควบคุมอุปกรณ์จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของ Access Point
- 2) ความเร็วของการควบคุมอุปกรณ์จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของ Access Point และตัวรับสัญญาณ

1.6. แผนการดำเนินโครงการ



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.

ที่จัดกิจกรรม	วิชาการ				พัฒนา				ดูแล				พละศึกษา			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ออกแบบสถาปัตยกรรม																
1.1 เก็บความต้องการใช้โปรแกรม																
1.2 สรุปขอบเขตสถาปัตยกรรม																
1.3 สรุปที่จัดระบบสถาปัตยกรรม																
2. ศึกษาโครงสร้างเครื่อง																
2.1 ไปรษณีย์สถาปัตยกรรมเครื่อง																
2.2 การศึกษาข้อมูล																
2.3 การแปลงข้อมูลเป็นคอมพิวเตอร์																
2.4 การส่งข้อมูลเครื่อง																
2.5 THE 32-BIT Characteristic																
3. Hardware Design																
3.1 Find all part																
3.2 Design																
3.3 Test																
4. NEW Research Title Model EN 75066 RTOS and M-RTOS																
4.1 Language and System Structure																
4.2 Instruction Set																
4.3 Register																
4.4 C system style																
4.5 I/O																
4.6 Peripheral																
4.7 Bus																
4.8 Window Connection																
4.9 Integration																
4.10 Speed and Performance																
5. Connectivity method: RTOS and M-RTOS																
5.1 Integration between Win32 and RTOS																
5.2 Test the integration of Win32																
5.3 Test the compatibility of Win32																
5.4 Test the performance of the method																
6. Software design and development																
6.1 Desktop Program Development																
6.1.1 ศึกษา บท																
6.1.2 ควบคุมให้ใช้ภาษาซี																
6.1.3 สามารถควบคุมสถาปัตยกรรมเครื่อง control ให้																
6.1.4 สามารถเชื่อมโยงให้ใช้ภาษาซี																
6.1.5 สามารถบันทึกข้อมูลเครื่องให้ใช้																
6.1.6 นำข้อมูลเครื่องที่บันทึกมา ข้อมูลให้																

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.

หัวข้อกิจกรรม	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
6.2 Mobile Application Development																
6.2.1 ทบทวน																
6.2.2 การออกแบบให้ใช้หลายสี																
6.2.3 การออกแบบหน้าจอภาพที่สามสี (color) ให้ใช้																
6.2.4 การออกแบบหน้าจอที่สี่ (color) ให้ใช้																
6.2.5 การออกแบบหน้าจอที่ห้า (color) ให้ใช้																
6.2.6 สอนใช้ภาษาสคริปต์ที่บังคับใช้บนระบบ (สี) ของหลายสี																
6.3 ทบทวนการออกแบบที่ห้า (color) สำหรับการใช้งาน (สี) ของหลายสี																
6.4 ทบทวนการออกแบบที่ห้า (color) ของหลายสี																
7. วิชาการ																
7.1 บทที่ 1																
7.2 บทที่ 2																
7.3 บทที่ 3																

รูป 1.3 ตารางการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 1

หัวข้อกิจกรรม	มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Software design and development																
1.1 เชื่อมต่อ Application กับ Server																
1.2 ฝั่งรับเก็บข้อมูลโดยแบ่งเป็น Scene																
1.3 ฝั่งรับส่งข้อมูลระหว่าง Scene																
1.4 แก้ไข UI ให้ใช้งานง่ายขึ้น																
2. เพิ่มประสิทธิภาพของระบบ																
2.1 ทาบัส หรือจุดที่เพิ่มประสิทธิภาพได้ในระบบ																
2.2 แก๊บค และจุดบกพร่องที่พบ																
3. รายงาน																
4. Server																
4.1 เขียนส่งสัญญาณคอมพิวเตอร์																
4.2 เชื่อมต่อกับ Client																
4.3 ตั้งค่าระบบ																
4.4 อ่านไฟล์-ประมวลผลไฟล์																

รูป 1.4 ตารางการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 2

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.

บทที่ 2

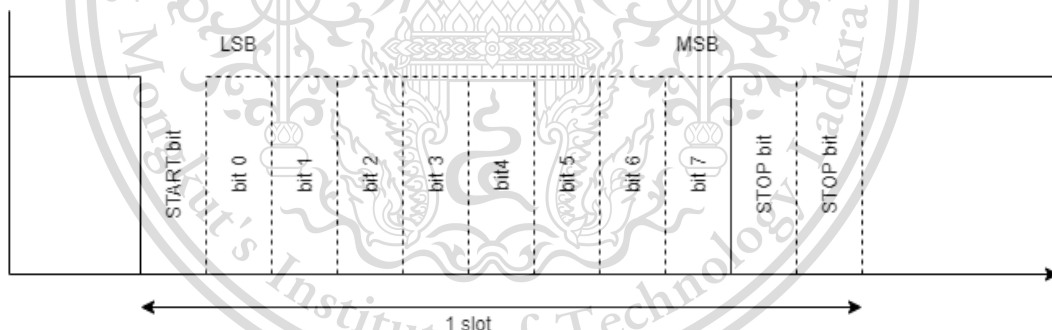
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Theoretical Background)

2.1.1. DMX512

Entertainment Service and Technology Association [3] ได้กำหนดมาตรฐานการส่งข้อมูลด้วย Protocol DMX512 ไว้ใน American National Standard ANSI E1.11 – 2008 (R2018) Entertainment Technology—USITT DMX512-A Asynchronous Serial Digital Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessories ดังนี้

- ทำงานบนมาตรฐาน Hardware EIA485-A เป็นแบบ Balance Transmission Technique มีสายข้อมูล 2 สาย (เรียกว่า D+ และ D-) ความต่างศักย์อยู่ที่ 6 V
- Protocol ส่งข้อมูลแบบ UART 8-bit ที่ความเร็ว 250 Kbit/s
- ไม่มี Error checking
- ข้อมูลหนึ่งชุดจะแบ่งเป็น 513 slots โดยข้อมูล slot แรกจะเป็น Start Code



รูป 2.1 Timing Diagram แสดงข้อมูล 1 slot โดยประกอบด้วย Start bit + 8 DATA bit (LSB First) + 2 STOP bit

[3]

จากรูปที่ 2.1 สังกัดว่า

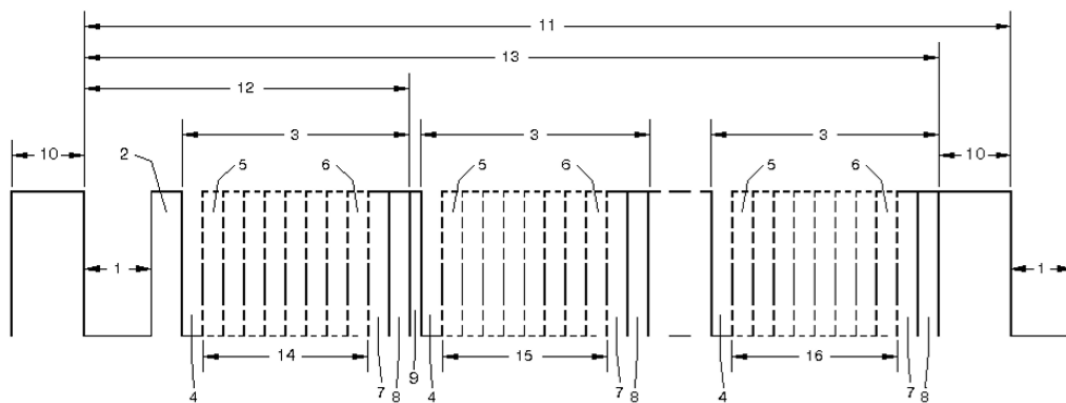
- ข้อมูล 1 slot ไม่มี Parity bit
- ข้อมูล 0 โดยทั่วไปจะเรียกว่า Space ข้อมูล 0 ที่ส่งเพื่อระบุนการเริ่มส่งข้อมูลจะเรียกว่า Break

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น 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 2.2 Timing Diagram แสดงข้อมูล 1 packet³ [3]

Figure Key

- 1 - "SPACE" for BREAK
- 2 - "MARK" After BREAK (MAB)
- 3 - Slot Time
- 4 - START Bit
- 5 - LEAST SIGNIFICANT Data Bit
- 6 - MOST SIGNIFICANT Data Bit
- 7 - STOP Bit
- 8 - STOP Bit
- 9 - "MARK" Time Between slots
- 10 - "MARK" Before BREAK (MBB)
- 11 - BREAK to BREAK Time
- 12 - RESET Sequence (BREAK, MAB, START Code)
- 13 - DMX512 Packet
- 14 - START CODE (SLOT 0 Data)
- 15 - SLOT 1st DATA
- 16 - SLOT nth DATA (Maximum 512)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 3 ที่ม 1117; Entertainment Service and Technology Association (ESTA), "American National Standard ANSI E1.11 – 2008
 ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม อีกร่างหมายมีเหตุดเปลี่ยนแปลง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มาไปใช้
 (R2018) Entertainment Technology—USITT DMX512-A Asynchronous Serial Digital Data Transmission Standard for Controlling

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

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

จากรูป 2.2 สังเกตว่า

- ข้อมูล 1 Packet จะประกอบด้วยสูงสุด 1 Start Code + 512 Slots รวมเป็นสูงสุด 513 Slots
- Break จะเป็นตัวบอกเริ่มต้น Packet
- MAB จะเป็นตัวแยก Break กับ Start Bit

2.1.2. Flutter

Flutter เป็นชุดพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ มีลิขสิทธิ์แบบโอเพนซอร์ส โดยชุดพัฒนาซอฟต์แวร์นี้สามารถพัฒนาแอปพลิเคชันได้ทั้งสำหรับระบบปฏิบัติการ Android และ iOS ด้วยชุดคำสั่งชุดเดียวกัน เริ่มเปิดตัวตั้งแต่ปี 2015 และเปิดตัวอย่างเป็นทางการในเดือนธันวาคมปี 2018 [4]

แอปพลิเคชันที่พัฒนาบน Flutter จะมีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากถูกพัฒนาบนภาษา Dart และจะถูกแปลงเป็นภาษาดั้งเดิมของระบบเป้าหมาย นอกจากนี้ผู้พัฒนายังสามารถพัฒนาแอปพลิเคชันจาก Flutter ได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากสามารถทำงานแบบ Hot Reload ได้ กล่าวคือเมื่อทำการทดสอบแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์จำลอง ระบบสามารถแสดงผลการเปลี่ยนแปลงได้ทันทีหลังแก้ไขชุดคำสั่งโดยไม่ต้องเริ่มการทำงานแอปพลิเคชันใหม่ [4]



รูป 2.3 โลโก้ของ Flutter⁴

2.1.3. Qt GUI Framework

Qt (ออกเสียงว่าคิวท์) เป็นเฟรมเวิร์คแบบโอเพนซอร์สสำหรับสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้แบบกราฟิก โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้หลากหลายระบบปฏิบัติการโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลีททั้งหมดนี้ให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is for educational purposes only. It is not intended for commercial use.

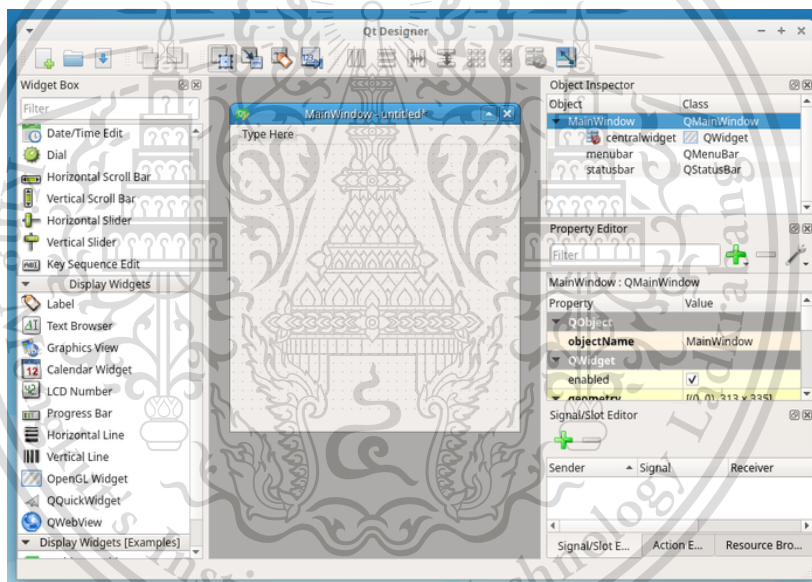
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ใช้ชุดคำสั่งเพียงชุดเดียว นิยมใช้พัฒนาโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ที่สามารถรองรับได้หลายระบบปฏิบัติการ [5]

จุดเด่นของ Qt คือ เป็นเฟรมเวิร์คที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษา C++ และรองรับการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาที่หลากหลาย โดยที่เป็นที่นิยมจะมี Python, Java, Go และ C# [6] ซึ่งทำให้สามารถพัฒนาได้ง่าย รองรับนักพัฒนาหลากหลายกลุ่ม



รูป 2.4 โลโก้ของ Qt⁵



รูป 2.5 หน้าต่างโปรแกรม Qt Designer ที่ใช้ออกแบบโปรแกรม⁶

2.1.4. Transmission Control Protocol (TCP)

Transmission Control Protocol (TCP) เป็นวิธีในการส่งข้อมูลสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ที่เน้นความน่าเชื่อถือ ในรูปแบบของ Packet ข้อมูล [7]

TCP เป็นการส่งข้อมูลในเชิงการเชื่อมต่อ คือเน้นพิจารณาพิเศษในเรื่องการเชื่อมต่อ หากการเชื่อมต่อไม่ถูกต้องหรือมีปัญหาจะทำงานไม่สำเร็จ มีการตรวจสอบความสำเร็จใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มาภาพ: https://miro.medium.com/max/1050/1*qtAvxb9Oz-9d3IIs_W1tcQ.png

This material ⁶ที่มาภาพ: <https://www.learnpyqt.com/tutorials/qt-designer-gui-layout/qt-designer-gui.png> for commercial use.

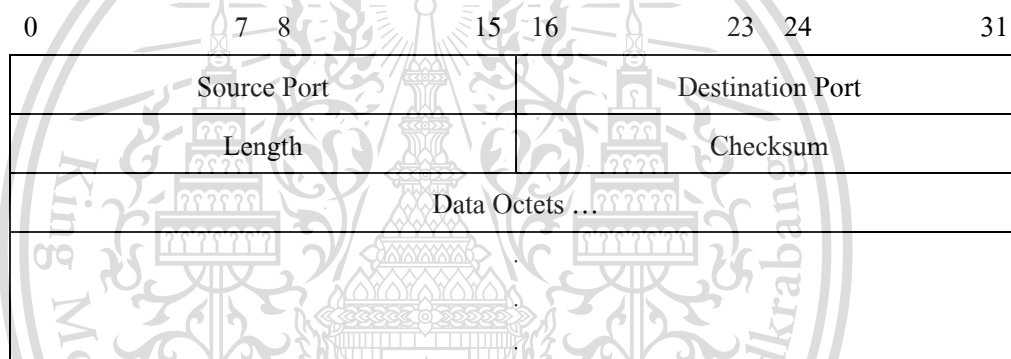
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การส่งข้อมูล มีกระบวนการควบคุมในการการแบ่งส่วนข้อมูล การควบคุมความถูกต้องของข้อมูล จึงเป็น Protocol ที่น่าเชื่อถือ ซึ่งต่างจาก UDP

2.1.5. User Datagram Protocol (UDP)

User Datagram Protocol (UDP) เป็นวิธีการในการส่งข้อมูลในการสื่อสารของคอมพิวเตอร์ในเครือข่าย โดยจะทำงานบน Internet Protocol อีกที โดยการส่งข้อมูลด้วยวิธีนี้ พยายามอาศัยกระบวนการทำงานที่ง่ายที่สุด จึงทำให้ไม่ซับซ้อน มีข้อมูลส่วนเกินน้อย ทำให้สามารถส่งข้อมูลได้รวดเร็วและไม่เปลืองทรัพยากรมาก แต่จะไม่รับประกันความถูกต้อง ความล่าช้า การสูญหายของข้อมูล หรือความซ้ำซ้อน [8]

ในการทำงานที่ต้องการความถูกต้องของข้อมูล แนะนำให้ใช้ Transfer Control Protocol (TCP) แทนการใช้ UDP



รูป 2.6 รูปแบบของ Datagram ที่ใช้ใน UDP⁷ [7]

2.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Related Works)

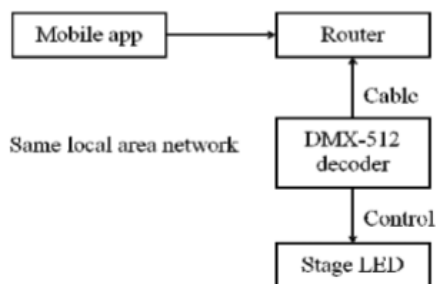
2.2.1. Intelligent Stage LED light Control System Based On Android Smartphone

Chaohui Lv, Yu Hao และ Mengyuan Xie พัฒนาระบบควบคุมแสงสีผ่านโทรศัพท์ Android [8] โดยระบบที่พัฒนาขึ้นในส่วนประกอบไปด้วย ตัวควบคุม (Smartphone) เรดาห์เตอร์ ตัวรับสัญญาณ และ โคมไฟ โดยตัวรับสัญญาณที่เลือกใช้ เป็น DMX512 Decoder ที่รับสัญญาณจากเรดาห์เตอร์ผ่านสาย LAN แล้วแปลงสัญญาณเป็น DMX512 และตัวโคมไฟเป็นชนิด PAR LED RGBW (ไฟฉายพื้นหลังแบบผสมสีได้) ซึ่งใช้การควบคุมทั้งหมด 7 channel (1 channel หมายถึง ข้อมูล 1 slot ใน DMX512)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is for personal use only, not allowed for commercial use.

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



รูป 2.7 Structure Diagram ที่ Chaohui และคณะ ได้ออกแบบ⁸ [8]

ในส่วนของตัวระบบ การส่งข้อมูล Chaohui และคณะ ได้เลือกใช้ Protocol UDP ในการส่งข้อมูลและส่งผ่าน Datagram Socket ไปยัง IP ของตัวรับสัญญาณโดยเฉพาะ โดยได้ระบุ IP ของตัวรับสัญญาณไว้เป็นแบบ Fixed ที่ 192.168.0.23 และเมื่อ Smartphone เชื่อมต่อกับเราเตอร์แล้ว จะได้ IP แบบสุ่มมา

โดยในที่นี้จะเป็น 192.168.0.100 ถ้า IP ไม่ตรงกับที่กล่าวมาข้างต้น จะต้องทำการตั้งค่าด้วยตนเองให้เป็นตามที่ระบุไว้อีกครั้ง

ระบบที่ Chaohui และคณะ ได้พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ผลตรงตามที่คาด คือสามารถควบคุมระบบผ่าน Smartphone ได้อย่างถูกต้อง แต่ยังไม่สามารถทำงานแบบตามเวลาจริง (Realtime) ได้ กล่าวคือ ยังต้องมีการกดยืนยันเพื่อเปลี่ยนค่า ไม่สามารถเปลี่ยนโดยอัตโนมัติได้

ในส่วนของการเสนอแนะ Chaohui และคณะ ได้เสนอแนะเพิ่มเติมว่า งานถัดไปในอนาคต สามารถทำระบบให้รองรับได้หลากหลายอุปกรณ์มากขึ้น ใช้อุปกรณ์ที่ใช้งานง่ายมากขึ้น และลดความซับซ้อนของระบบลง

2.2.2. Real Time Bidirectional Wireless Digital Multiplexer (WiDMX512)

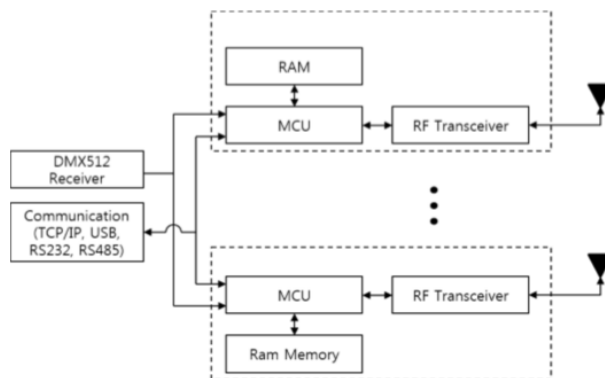
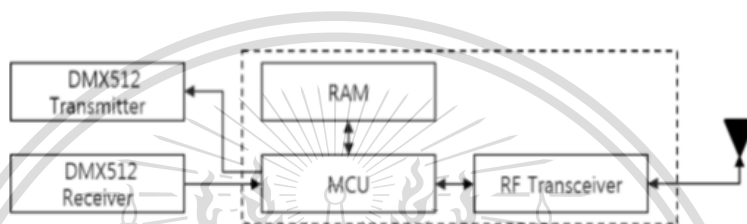
Heekwon Yang, Arbab Waheed Ahmad, Gul Shahzad และ Chankil Lee พัฒนาระบบไร้สายสำหรับส่งสัญญาณ DMX512 สองทิศทางแบบตามเวลาจริง (Real time) [9]

ในงานของ Heekwon และคณะ ได้เลือกใช้ Module ส่งสัญญาณ CC1110 RF ของ Texas Instrument (TI) ซึ่งเป็นตัวส่ง/รับสัญญาณในย่านความถี่ 915 MHz ISM Unlicensed Band

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
⁸ ที่มาภาพ: C, Lv, Y. Hao and M. Xie, "Intelligent Stage LED light Control System Based On Android Smartphone," 2016
 9th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI), pp. 1201-1205,

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 2.8 Block Diagram ของ Master⁹ [9]รูป 2.9 Block Diagram ของ Slave¹⁰ [9]

โดยฝั่งตัวส่ง (Master) ได้มีการแบ่งข้อมูล 512 slot เป็น 2 ส่วนจากนั้นจึงอาศัย Transceiver 2 ตัว สลับกันส่งข้อมูล เนื่องจากถ้าส่งข้อมูลทั้งหมดในคราวเดียว จะใช้เวลานานเกินไป

ในส่วนของตัวรับ จะมีการตรวจสอบ Address ก่อน จึงประมวลผลและส่งข้อมูล จากนั้นจึงส่งสัญญาณตอบรับ (Acknowledge) กลับไป

โดยสรุปแล้ว ระบบที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้เส้นทางเลือกสำหรับทดแทน DMX512 แบบใช้สายได้ ละยังคงรูปแบบ Master-Slave ไว้ตามมาตรฐานเดิม ระบบที่ได้ มีความยืดหยุ่นสูง ในแง่การขยายระบบ มีความคล่องตัวมากกว่า และลดค่าใช้จ่ายจากระบบเดิมได้

⁹ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มาจาก: H. Yang, A. W. Ahmad, G. Shahzad and C. Lee, "Real time bidirectional wireless digital multiplexer (WiDMX512)," 2015 17th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), pp. 111, 2015.

¹⁰ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลักขงห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This m (WiDMX512)," 2015 17th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), pp.111, 2015al use.

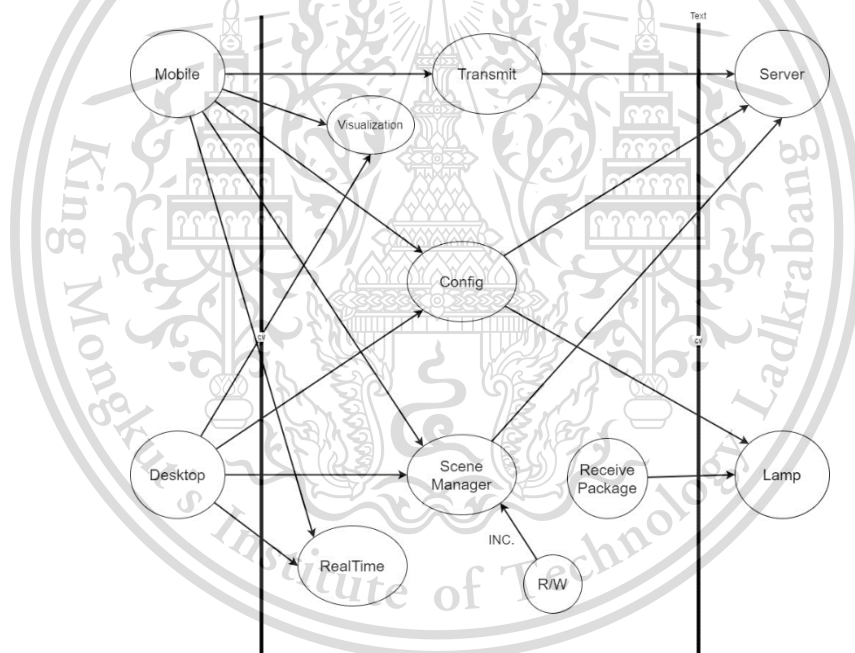
บทที่ 3

การออกแบบและพัฒนา

3.1. การออกแบบการทำงาน

การควบคุมระบบแสงสีด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง มีจุดประสงค์ในการพัฒนาระบบที่สามารถควบคุมระบบแสงสีแบบไร้สายได้ เพื่อช่วยลดต้นทุนในการจัดระบบแสงสี ทั้งค่าขนย้าย ค่าติดตั้ง ค่าสายสัญญาณ รวมถึงเพิ่มความสะดวกในการควบคุมระบบแสงสี โดยออกแบบให้สามารถควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและสมาร์ทโฟนได้ สามารถบันทึกค่าการแสดงผลลงเอกสารได้ และสามารถนำเอกสารที่บันทึกค่าการแสดงผลมาใช้งานภายหลังได้

ทางผู้วิจัยได้สรุปการทำงานของระบบออกมา เป็น Use Case Diagram ในรูปที่ 3.1 ด้านล่างนี้



รูป 3.1 Use Case Diagram ของระบบควบคุมระบบแสงสีด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

จากรูป 3.1 ระบบจะมี Actor ทั้งหมด 4 ส่วน ดังนี้

- 1) Mobile Application User

ผู้ใช้งานระบบที่ใช้งานผ่านสมาร์ทโฟน

- 2) Desktop Application User

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ผู้ใช้งานระบบที่ใช้งานผ่านคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้ดัดแปลงเนื้อหา 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) Server

อุปกรณ์ส่วนกลางที่สั่งการ Client และทำงานจากการประมวลผลเอกสารที่เก็บคำสั่งไว้ หรือ รับคำสั่งการทำงานจาก Mobile/Desktop Application User โดยตรง

4) Client

อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับ Server และทำหน้าที่รับคำสั่งจาก Server แล้วจากนั้นจึงส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อไว้ เช่น โคมไฟ

และระบบมี Use Case ดังนี้

1) Realtime Controller

ทำงานแบบทันที กล่าวคือสามารถควบคุมไฟได้ตลอดเวลา ตามเวลาจริง

2) Scene Manager

ทำงานแบบปรับแต่งการแสดงผลล่วงหน้า และสามารถสร้างเอกสารเพื่อบันทึกค่าการแสดงผลไว้เพื่อนำมาใช้ภายหลังได้

3) Transfer file

สามารถเลือกเอกสารที่บันทึกค่าจาก Scene Controller ที่ได้บันทึกไว้ล่วงหน้า ส่งไปยัง Server แล้วให้ Server เป็นตัวประมวลผลคำสั่งที่บันทึกไว้

4) Transmit

ส่งข้อมูลเป็น UDP แบบ Broadcast ได้

5) Receive Packet

สามารถอ่าน Packet ที่ถูกส่งมาได้

6) Visualization

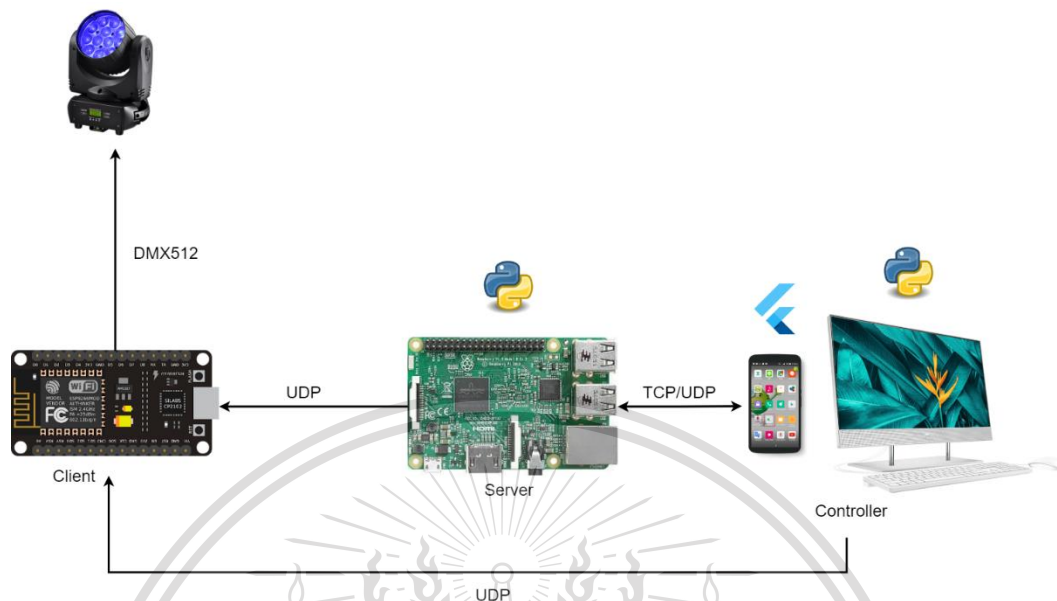
สามารถแสดงผลตัวอย่างสีได้

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.

3.2. ภาพรวมการทำงานของระบบ



รูป 3.2 System Diagram ของระบบควบคุมระบบแสงสีด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

จากรูป 3.2 ระบบจะมีส่วนประกอบดังนี้

- 1) Client ในส่วนนี้จะทำงานเป็นตัวแปลงข้อมูลการควบคุมเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่สามารถสื่อสารกับอุปกรณ์แสงสีได้ (ทำงานผ่าน Protocol DMX512) เป็น End point ของระบบ
- 2) Server ในส่วนนี้จะควบคุมการทำงานส่วนกลาง การส่งสัญญาณควบคุมให้กับ Client การอ่านเอกสารควบคุมการทำงาน การตั้งค่าระบบ รวมถึงเป็นตัวกลางการสื่อสารระหว่าง Controller และ Client
- 3) Controller ในส่วนนี้จะทำหน้าที่ออกแบบการทำงานของระบบแสงสี โดยผู้ใช้จะออกแบบการแสดงผลผ่านโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) หรือสมาร์ตโฟน (Tablet) บันทึกการแสดงผลลงเอกสาร ส่งเอกสารบันทึกการแสดงผลให้ Server เพื่อนำไปประมวลผลต่อ และการส่งคำสั่งการทำงานแบบ Realtime ไปยัง Client

3.2.1. Specification

3.2.1.1. Client

3.2.1.1.1. ใช้ NodeMCU เป็นตัวประมวลผล

3.2.1.1.2. ใช้ IC Max485 เป็น DMX512 Interface (EIA-485-A Data transmission Technique Standard) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเอกสารนี้อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.1.3. สามารถรับข้อมูลแบบไร้สายได้

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

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

- 3.2.1.1.4. สามารถแปลงข้อมูลที่ได้รับเป็นสัญญาณไฟฟ้าได้
- 3.2.1.1.5. สามารถเชื่อมต่อกับระบบส่วนกลางได้
- 3.2.1.1.6. สามารถมีการตรวจสอบการเชื่อมต่อกับระบบส่วนกลางได้
- 3.2.1.1.7. สามารถเลือกและตั้งค่าการเชื่อมต่อแบบไร้สายได้

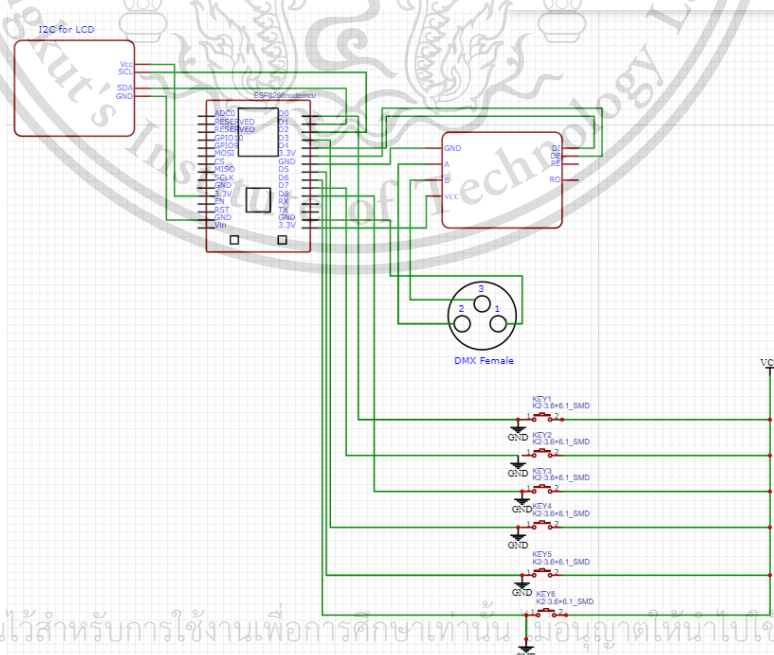
3.2.1.2. Server

- 3.2.1.2.1. ใช้ Raspberry Pi 3 model B เป็น Server
- 3.2.1.2.2. สามารถอ่านไฟล์เพื่อแปลงสัญญาณเพื่อนำไปใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ต่อได้
- 3.2.1.2.3. ตรวจสอบสถานะเชื่อมต่อกับ Client ได้
- 3.2.1.2.4. ส่งสัญญาณควบคุมการทำงานของ Client ได้

3.2.1.3. Controller

- 3.2.1.3.1. เป็นโปรแกรมบน Windows และ แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน
- 3.2.1.3.2. สามารถบันทึกข้อมูลของการควบคุมอุปกรณ์ลงเอกสารได้
- 3.2.1.3.3. สามารถส่งข้อมูลแบบไร้สายเพื่อควบคุมอุปกรณ์ได้แบบ Realtime
- 3.2.1.3.4. สามารถอ่านเอกสารข้อมูลการควบคุมอุปกรณ์เพื่อทำงานซ้ำได้
- 3.2.1.3.5. สามารถแสดงตัวอย่างของสีของไฟที่ตั้งค่าเอาไว้ได้

3.3. Hardware Design



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น รูป 3.3 Hardware Design โดยประกอบด้วย NodeMCU, I2C LCD16x2, RS485 Interface และปุ่มกด

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

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

ในส่วนการออกแบบฝั่ง Hardware ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้ NodeMCU เป็นตัวประมวลผลฝั่ง Client โดย NodeMCU เป็น Microcontroller ที่มีตัวประมวลผลเป็น ESP8266 ซึ่งมีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย ประสิทธิภาพสมราคา และมีผู้ใช้งานจำนวนมาก ซึ่งทำให้มีข้อมูลในการพัฒนาและแก้ปัญหา [10]

สำหรับการสื่อสารของระบบแสงสี โดยทั่วไปแล้ว สินค้าในท้องตลาดนิยมใช้ Protocol DMX512 ในการควบคุม ซึ่งมี IC มาตรฐานสำหรับ Protocol DMX512 คือ MAX485 ในงานนี้จึงเลือกใช้ IC MAX485 เป็น RS485 Interface

ในการเชื่อมต่อ NodeMCU ได้กำหนดให้ขา D4 เป็นขา TX เพื่อส่งข้อมูลให้ RS485 Interface โดยไม่จำเป็นต้องต่อขา RX กลับ เนื่องจากไม่มีการส่งข้อมูลกลับจากคอมไฟ

มีการเชื่อมต่อแบบ I2C ไปยังจอแสดงผล LCD 16x2 โดยต่อผ่านขา D1 เป็น SDA และ D2 เป็น SCL

มีการเชื่อมต่อปุ่มต่าง ๆ เพื่อใช้ควบคุมการทำงานโดยต่อที่ขา D0, D3, D5, D6, D7 และ D8 โดยปุ่มเหล่านี้จะทำงานแบบ Interrupt

3.4. Software Design

3.4.1. Firmware Design

เนื่องจากการส่งข้อมูล DMX ต้องอาศัยความรวดเร็ว ต่อเนื่อง และแม่นยำ เนื่องจากสัญญาณ DMX ต้องการการ Refresh สัญญาณอย่างต่อเนื่องและการ Refresh จะต้องเกิดขึ้นอย่างแม่นยำภายในเวลาไม่เกินค่า Time out ของ Protocol ในส่วนของการรับข้อมูลผ่าน UDP ก็ต้องการความรวดเร็ว ดังนั้น การทำงานทั้ง 2 ส่วนจึงต้องไม่ขึ้นตรงต่อกัน ทางผู้วิจัยจึงเลือกพัฒนาฟังก์ชันการส่งข้อมูล DMX ด้วยการทำงานแบบ Interrupt โดยจะมีการทำงานดังนี้

3.4.1.1.UDP Receive function

ทำงานแบบ Polling ใน Main loop function เพื่อทำการ Track สถานะการรับ UDP Packet อยู่ตลอดเวลา

3.4.1.2.DMX Transfer function

ทำงานแบบ Interrupt โดยใช้เป็น Timer Interrupt มี Trigger ทุก 25 ms เพื่อให้

ได้ Refresh rate อยู่ที่ 40 Hz ตามมาตรฐาน [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเชิงวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

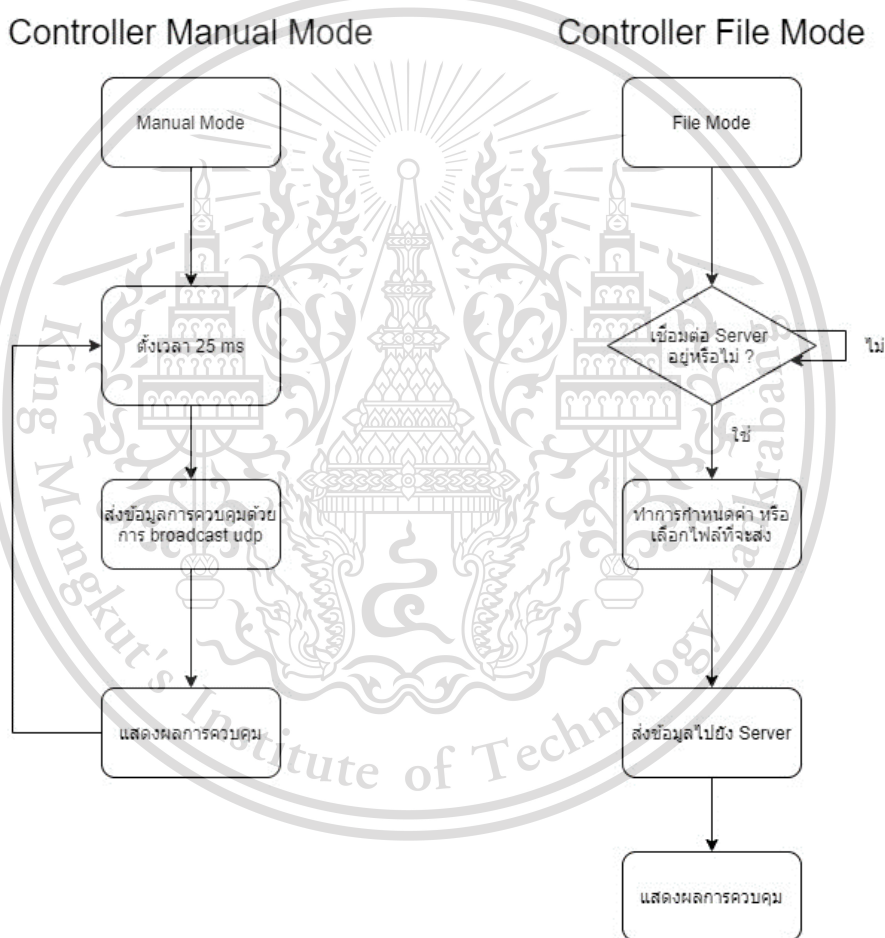
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4.1.3. User Interface function

ทำงานในส่วนการระบุสถานะการทำงาน รับการควบคุมจาก User เช่น สถานะตั้งค่า สถานะส่งข้อมูล การเชื่อมต่อ โดยทำงานแบบสั่งการด้วย External Interrupt เพื่อลด CPU Time ให้ได้มากที่สุดและการทำงานหลักจะถูกระบุไว้ใน Main loop

3.4.2. Controller Design

เนื่องจาก Desktop Application กับ Mobile Application ต้องทำงานได้เหมือนกัน จึงมีขั้นตอนทำงานที่เหมือนกัน ดังรูป 3.4



รูป 3.4 Flowchart แสดงการทำงานของฟังก์ชันหลัก

จากรูป 3.4 มีรายละเอียดการทำงานดังนี้

3.4.2.1. Manual Mode

เป็นการตรวจสอบว่าสถานะการเชื่อมต่อกับ Server หากไม่ได้เชื่อมต่อจะไม่สามารถใช้งานฟังก์ชันอื่นได้จนกว่าจะตรวจสอบพบว่าได้ทำการเชื่อมต่อกับ Server แล้ว

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

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

3.4.2.1.1. ส่งข้อมูลตามค่าทุกช่วงเวลา

เป็นการทำงานทุกช่วงเวลาที่กำหนดโดยจะส่งค่าของแสงสีที่ปรับไว้ แม้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงก็จะมีส่งข้อมูล โดยส่งข้อมูล 40 ครั้ง/วินาที

3.4.2.1.2. ปรับการแสดงผล

เป็นส่วนการปรับค่าแสงสีต่าง ๆ โดยไม่แสดงผลออกมาโดยสามารถ จัดลำดับการแสดงผลแสงสีที่กำหนด ระยะเวลาในการแสดงผล และการแสดงอื่น ๆ ได้ โดยสามารถดูตัวอย่างการปรับการแสดงผลนี้ได้เช่นกัน

3.4.2.2. File Mode

บันทึกการปรับการแสดงผลโดยในส่วนของ Desktop Application จะบันทึก เป็นเอกสารนามสกุล txt และส่วนของ Mobile Application จะบันทึกข้อมูลลง ฐานข้อมูล SQLite

3.4.2.2.1. เลือกไฟล์

เลือกเอกสารที่ได้ทำการบันทึกไว้หรือเข้ากันได้กับแอปพลิเคชัน แล้ว ส่งไปยัง Server เพื่อทำการแสดงผล

3.4.2.2.2. ส่งข้อมูลให้ Server

ทำการส่งข้อมูลเอกสาร ไปยัง Server เพื่อให้ Server ประมวลผลต่อไป ผ่าน Protocol TCP

โดยในส่วนของการพัฒนา Desktop Application ใช้ภาษา Python และ Qt Library และ ในส่วนของ Mobile Application ใช้ภาษา Dart และ Flutter Framework ในการพัฒนา โดย ได้ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้เบื้องต้นไว้ดังรูป

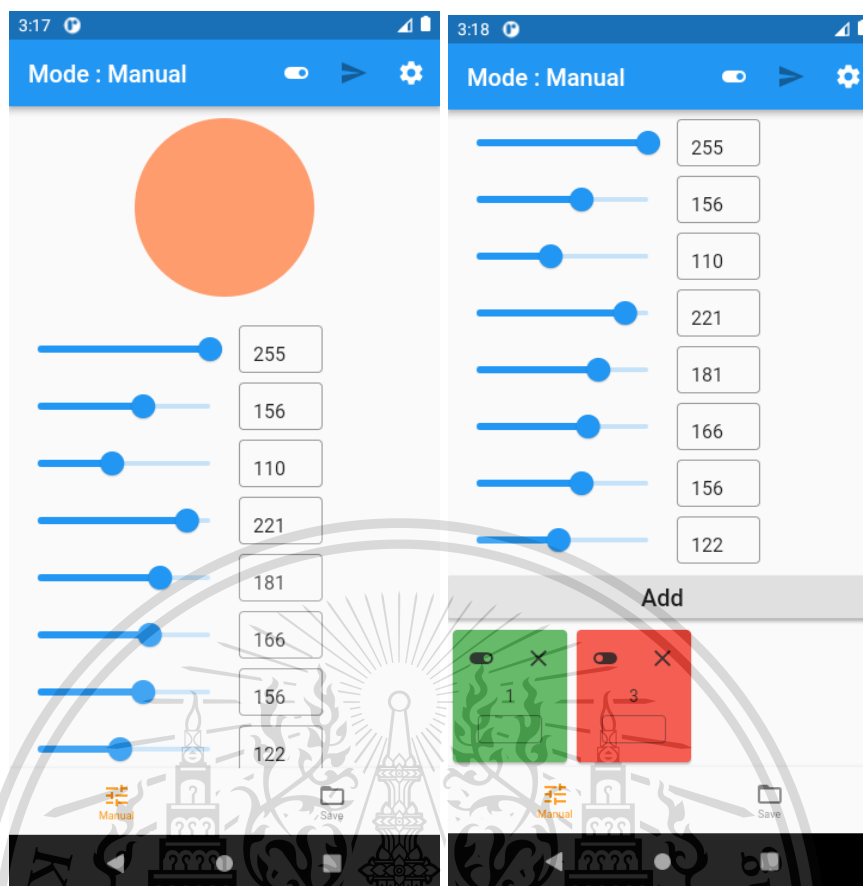


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเงื่อนไขอื่น ๆ อีกมากมายและต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขของทางผู้ผลิตที่มีการนำไปใช้

รูป 3.5 ภาพหน้าต่างโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้ (สำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล)

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 3.6 ภาพหน้าจอต่างโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้ (สำหรับสมาร์ตโฟน)

3.4.3. Server Design

Server ถูกพัฒนาขึ้นบนภาษา Python และทำงานบนระบบปฏิบัติการ UNIX บน Raspberry Pi 3 Model B (เลือกใช้ Raspbian Buster OS) โดยมีส่วนติดต่อผู้ใช้งานแบบกราฟิก พัฒนาขึ้นด้วย Qt5 Framework มีฟังก์ชันการทำงานดังนี้

3.4.3.1.Connectivity

เป็นส่วนที่รวมการควบคุมการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและการส่งข้อมูลไว้ทั้งหมด มีการประกาศฟังก์ชันสำหรับส่งข้อมูลภายในโปรแกรม การตั้งค่าการเชื่อมต่อ การค้นหาที่อยู่สำหรับการกระจายข้อมูล

3.4.3.2.Scene Manager

เป็นส่วนที่ควบคุมการสร้างข้อมูล DMX จากไฟล์ และการจัดรูปแบบข้อมูลเพื่อบันทึกลงไฟล์ มีโครงสร้างเป็น Scene Object ซึ่งประกอบด้วย Scene Data และ Scene Time สำหรับระบุพฤติกรรมการทำงานของไฟในระบบ

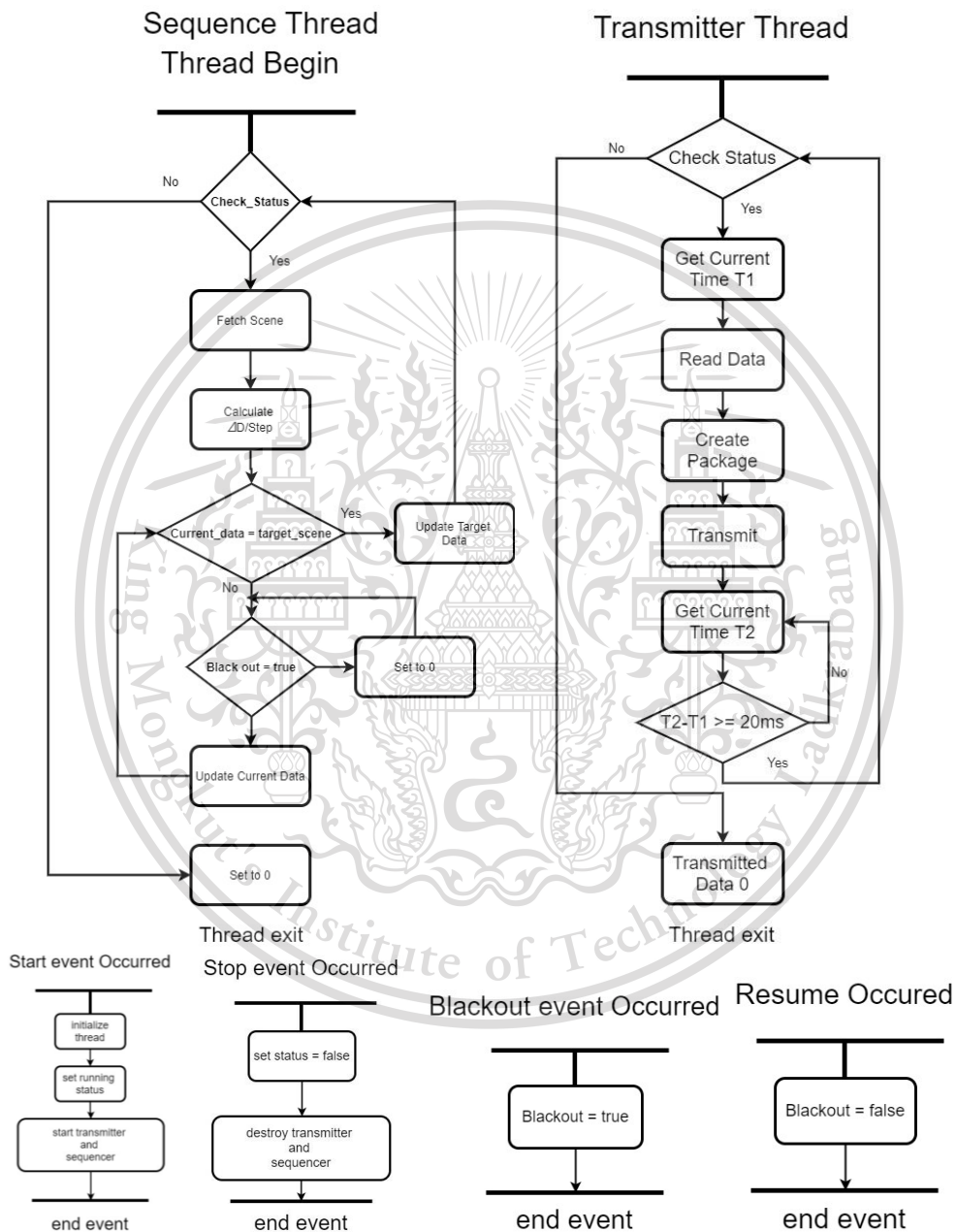
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

3.4.3.3.DMX Controller

เป็นส่วนที่รวมการควบคุมการส่งข้อมูล DMX ผ่าน UDP Protocol แบ่งการทำงานเป็นสองส่วนคือส่วนเปลี่ยนค่าและส่วนส่งค่า โดยมีการเรียกใช้งาน Connectivity



รูป 3.7 Flowchart ของการทำงานของ DMX

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.

3.4.3.4. File Manager

เป็นส่วนที่ดูแลเกี่ยวกับการจัดการไฟล์ทั้งการอ่านไฟล์ การเขียนไฟล์รวมถึงตรวจสอบความถูกต้องของไฟล์

Read file event occurred



รูป 3.8 Flowchart การอ่านไฟล์และสร้าง Scene Object โดยมีการ Validate ข้อมูลที่นำเข้ามา

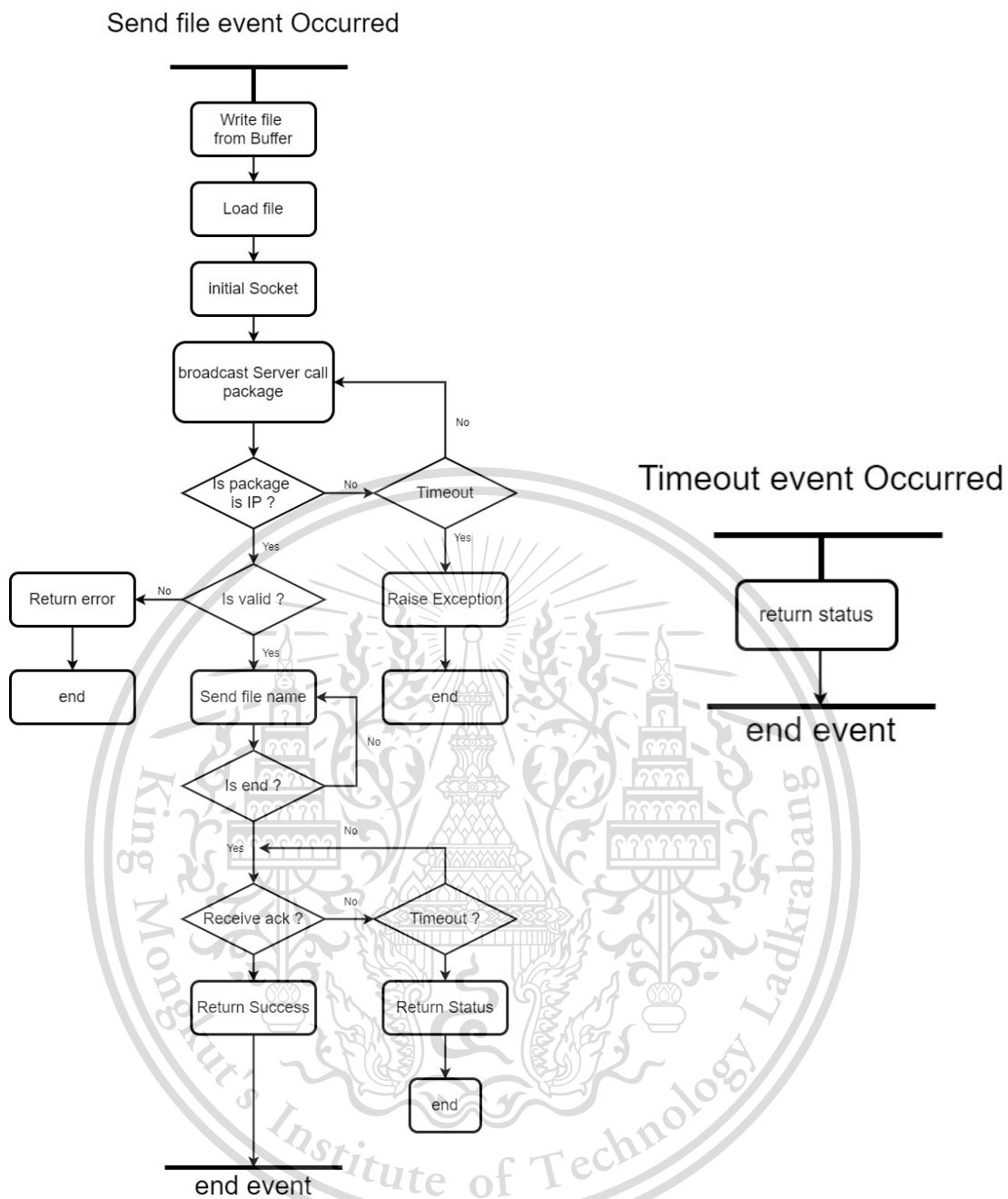
3.4.3.5. File Transmission

เป็นส่วนที่ควบคุมการส่งไฟล์ผ่านอินเทอร์เน็ต โดยการส่งไฟล์จะทำการส่งผ่าน Protocol TCP ซึ่งออกแบบให้รวมฟังก์ชันการทำงานของทั้งฝั่ง Controller และ Server ไว้ ถูกเรียกใช้จากทั้งสองฝั่ง โดยมีฟังก์ชันการรับและการส่งไฟล์ ที่สามารถหาเป้าหมายที่ต้องการส่งให้ได้อัตโนมัติ

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.

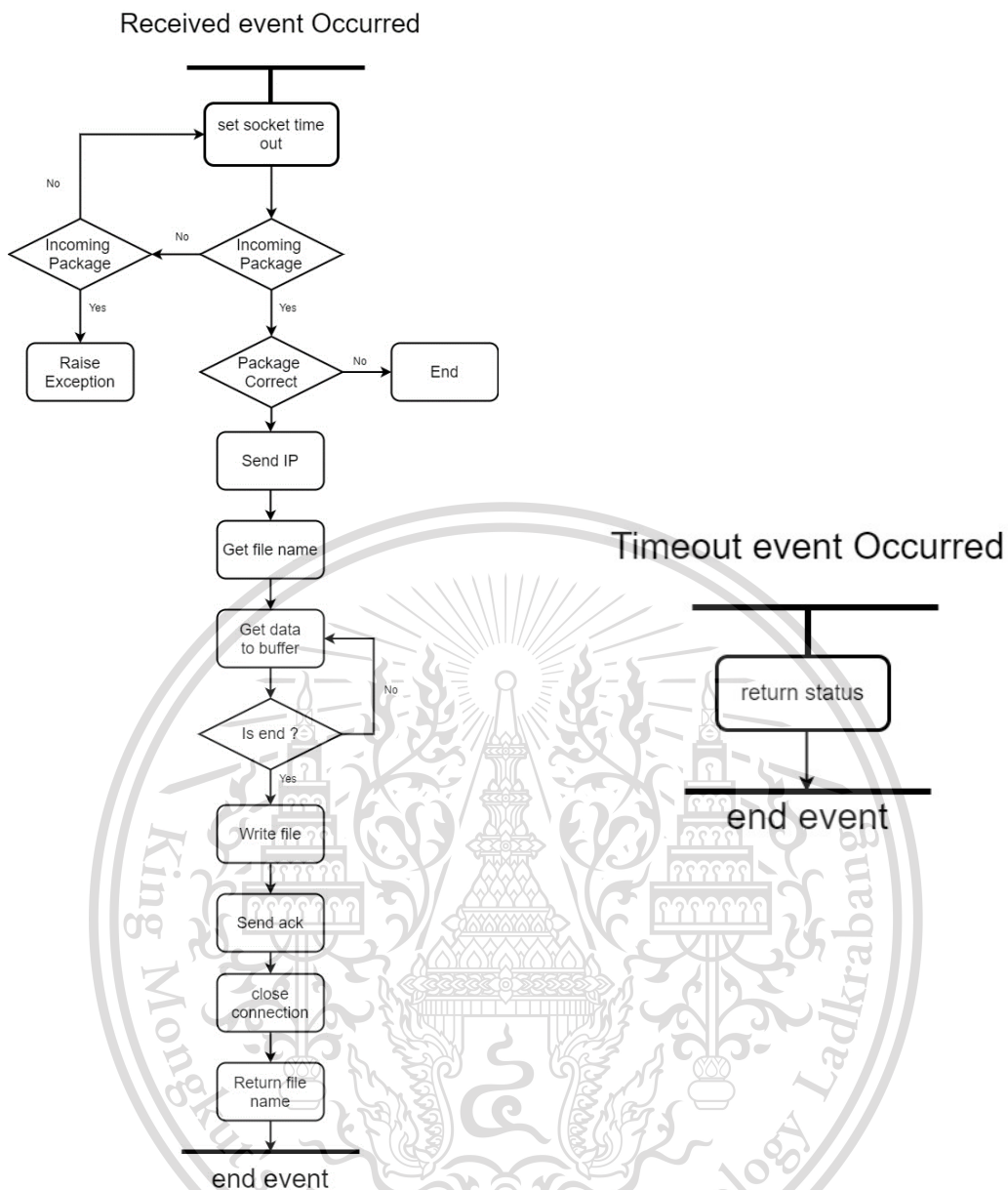


รูป 3.9 Flowchart การทำงานการรับส่งไฟล์ของ Client โดยจะส่ง Packet เฉพาะเพื่อค้นหา Server ในเครือข่าย เมื่อได้รับ Packet ที่ตอบ IP กลับมา จึงนำ IP มาระบุเป็นผู้รับ

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.



รูป 3.10 Flowchart การทำงานการรับไฟล์ของ Server โดยเมื่อได้รับ Packet ที่เข้ากับ Pattern ที่กำหนดไว้ จะทำการส่ง IP กลับไปเพื่อระบุผู้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

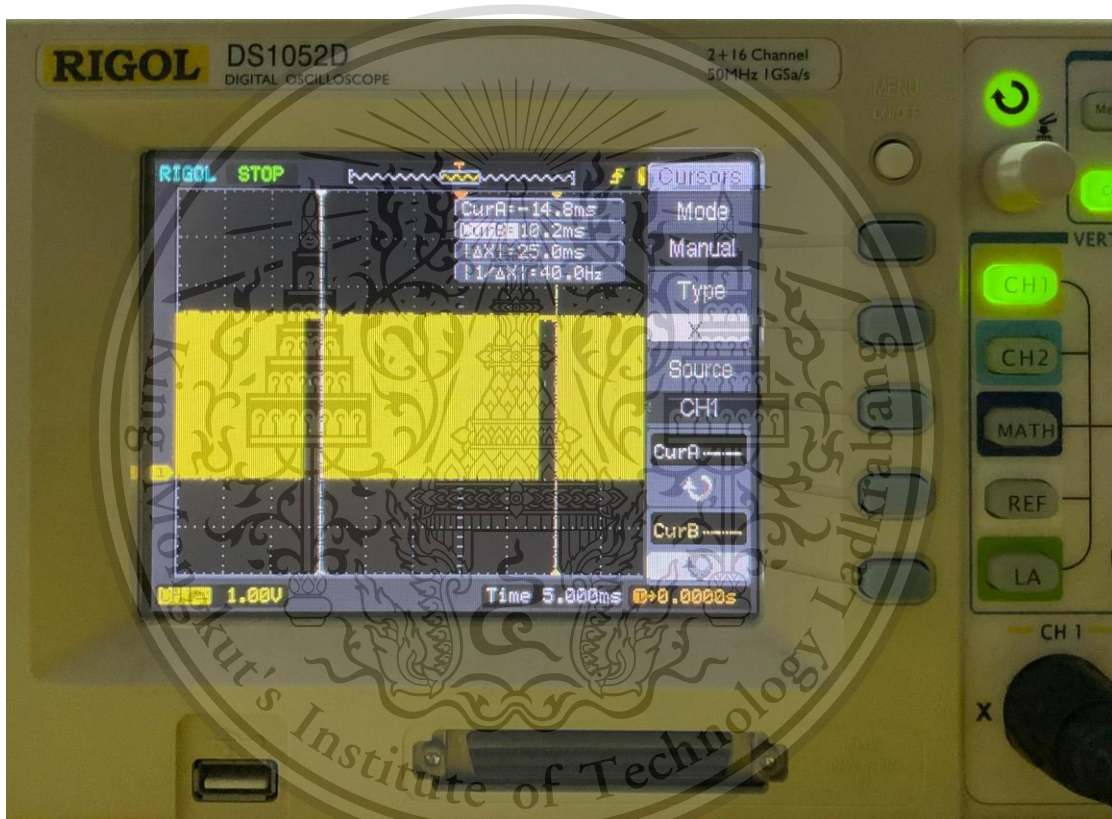
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

การทดลองและบันทึกผล

4.1. Hardware, Server และการเชื่อมต่อ

ทดลองเชื่อมต่อ NodeMCU กับ MAX485 จากนั้นจึงเขียนการส่งข้อมูล โดยเขียนข้อมูลผ่าน UART Interface พบว่าสามารถส่งการโคมไฟได้ โดยมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใช้แผงควบคุมปกติ สามารถส่งข้อมูลได้ มี Refresh Rate ที่ 40 HZ



รูป 4.1 Timing diagram ของสัญญาณที่ส่งจาก NodeMCU มีระยะห่างระหว่าง Packet อยู่ที่ 25 ms มี Refresh Rate 40 Hz

เมื่อสามารถควบคุมไฟได้แล้ว จึงพัฒนาระบบการเชื่อมต่อ โดยได้ทดลองเทียบประสิทธิภาพการส่งข้อมูลระหว่าง 2 Protocol คือ MQTT และ UDP โดยทดสอบ Latency ของข้อมูล ได้ผลดังนี้

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.

ตาราง 4.1 ค่าหน่วยเวลาของการส่งข้อมูล โดยผ่าน Protocol ที่ต่างกัน

Period (1 s. Interval)	MQTT Latency (ms.)	UDP Latency (ms.)
1	20.35	13.01
2	21.51	13.41
3	20.82	17.92
4	21.20	14.99
5	21.65	14.52
6	23.54	15.89
7	22.48	16.96
8	21.76	16.25
9	22.49	14.52
10	21.71	14.30
11	22.04	17.16
12	22.67	15.51
13	22.35	16.44
14	22.58	15.85
15	20.86	16.40
16	22.36	16.91
17	21.52	16.96
18	20.70	16.65
19	23.54	16.55
20	21.00	14.97
21	20.61	15.06
22	21.02	16.12
23	22.21	16.86
24	20.24	15.28
25	22.00	14.71
26	21.10	16.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และทำซ้ำอย่างอื่นถึงเจ้าของเอกสารฉบับนี้ที่มีการนำไปใช้

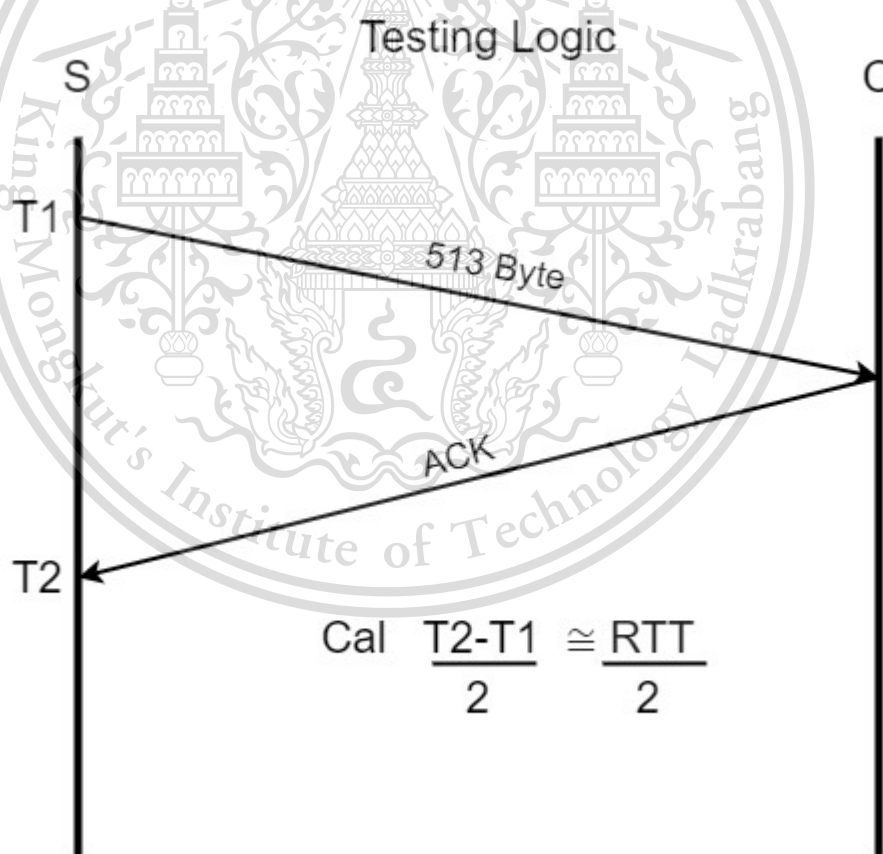
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

Period (1 s. Interval)	MQTT Latency (ms.)	UDP Latency (ms.)
27	20.90	15.77
28	21.46	14.75
29	22.64	14.63
30	21.35	17.04

จากการทดสอบ พบว่า UDP มี Latency น้อยต่ำกว่า MQTT อย่างมีนัยสำคัญ จึงใช้ UDP Protocol ในการทำงาน

จากนั้นจึงทดสอบความเร็วในการส่งข้อมูลตามระยะที่ต่างกัน พิจารณาจาก RTT/2 (Round Trip Time) ซึ่งจะพิจารณาจากช่วงส่งไปอย่างเดียว จึงต้องหาร RTT ด้วย 2 โดยทดสอบเริ่มจากการส่งข้อมูล UDP จาก Server ขนาดเท่ากับ 513 bytes ตามขนาดข้อมูลจริง และเมื่อ Client ได้รับแล้วให้ส่งข้อมูลกลับมาเป็น Ack ผ่าน UDP ดังภาพ



รูป 4.2 แผนภาพแสดงการทำงานการทดสอบ ซึ่งจะใช้อ้างอิงตลอดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ร่วมเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ในการทดสอบ จะทดสอบทั้งหมด 3 ระยะ คือ 5 m., 10 m., และ 15 m. ที่การส่งข้อมูล 50 Packet พบว่ามีระยะเวลา RTT ดังนี้

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

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

ตาราง 4.2 ผลของระยะทางจาก Router ต่อระยะเวลาในการส่งข้อมูล

Nth Packet	5 m.		10 m.		15 m.	
	RTT (ms.)	RTT/2 (ms.)	RTT	RTT/2 (ms.)	RTT	RTT/2 (ms.)
1	26.43	13.21	32.95	16.48	32.18	16.09
2	30.17	15.08	30.18	15.09	35.04	17.52
3	29.55	14.77	29.15	14.58	32.13	16.06
4	26.90	13.45	32.54	16.27	32.86	16.43
5	31.44	15.72	31.56	15.78	33.65	16.82
6	31.46	15.73	30.53	15.27	30.51	15.25
7	31.14	15.57	32.09	16.05	34.29	17.14
8	24.31	12.15	31.36	15.68	33.46	16.73
9	28.95	14.47	32.40	16.20	33.11	16.56
10	29.58	14.79	29.93	14.97	35.26	17.63
11	28.24	14.12	31.50	15.75	35.62	17.81
12	30.83	15.42	30.83	15.42	34.84	17.42
13	30.59	15.30	32.19	16.10	35.09	17.55
14	32.27	16.14	32.25	16.13	34.72	17.36
15	29.69	14.85	32.33	16.17	33.65	16.83
16	32.77	16.39	31.72	15.86	32.79	16.40
17	29.03	14.52	32.44	16.22	35.46	17.73
18	28.65	14.33	30.89	15.45	33.38	16.69
19	32.06	16.03	32.77	16.39	35.46	17.73
20	28.59	14.30	30.14	15.07	33.29	16.65
21	31.63	15.82	32.76	16.38	32.08	16.04
22	28.07	14.04	31.37	15.69	33.72	16.86
23	30.62	15.31	31.05	15.53	36.54	18.27
24	29.93	14.97	32.86	16.43	32.77	16.39
25	30.12	15.06	30.30	15.15	32.54	16.27
26	31.24	15.62	32.14	16.07	34.30	17.15
27	28.72	14.36	33.49	16.75	33.98	16.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานในสถานศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ลิขสิทธิ์นี้ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และทำซ้ำหรือแจกจ่ายข้อมูลซึ่งมีลิขสิทธิ์นี้ไปใช้

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

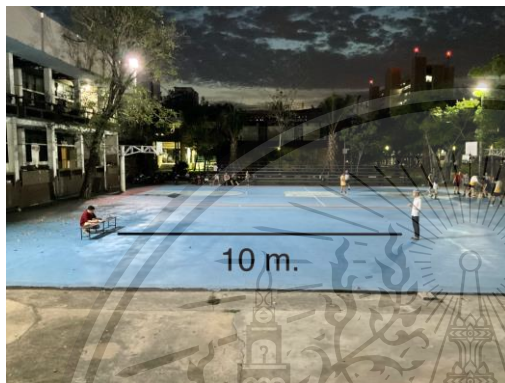
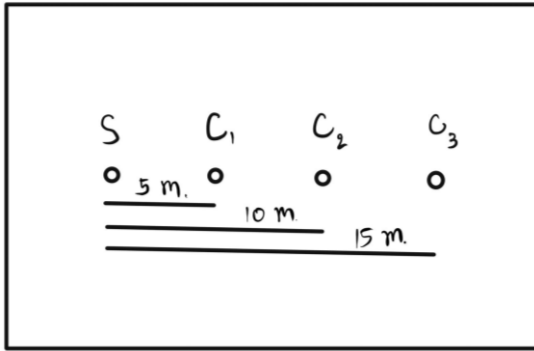
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Nth Packet	5 m.		10 m.		15 m.	
	RTT (ms.)	RTT/2 (ms.)	RTT	RTT/2 (ms.)	RTT	RTT/2 (ms.)
28	29.72	14.86	33.79	16.90	33.51	16.76
29	28.32	14.16	30.89	15.45	33.88	16.94
30	30.35	15.18	30.96	15.48	34.46	17.23
31	30.71	15.36	29.24	14.62	35.32	17.66
32	29.68	14.84	30.11	15.06	32.33	16.17
33	29.09	14.55	31.61	15.81	35.71	17.86
34	28.50	14.25	30.18	15.09	34.44	17.22
35	30.76	15.38	33.19	16.60	33.36	16.68
36	29.58	14.79	33.31	16.66	32.05	16.03
37	30.43	15.22	33.41	16.71	33.26	16.63
38	29.64	14.82	30.50	15.25	34.16	17.08
39	27.79	13.90	31.99	16.00	34.42	17.21
40	28.92	14.46	31.98	15.99	34.77	17.39
41	31.66	15.83	32.19	16.10	35.31	17.66
42	28.99	14.50	31.96	15.98	31.17	15.59
43	29.12	14.56	33.46	16.73	38.28	19.14
44	29.27	14.64	33.12	16.56	31.26	15.63
45	30.70	15.35	33.07	16.54	35.58	17.79
46	31.15	15.58	31.31	15.66	34.38	17.19
47	27.98	13.99	33.18	16.59	32.94	16.47
48	28.79	14.40	31.30	15.65	32.57	16.29
49	30.63	15.32	31.91	15.96	32.24	16.12
50	30.11	15.06	29.90	14.95	34.63	17.32
Average	29.70	14.85	31.73	15.86	33.86	16.93
SD.	1.55	0.77	1.18	0.59	1.47	0.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

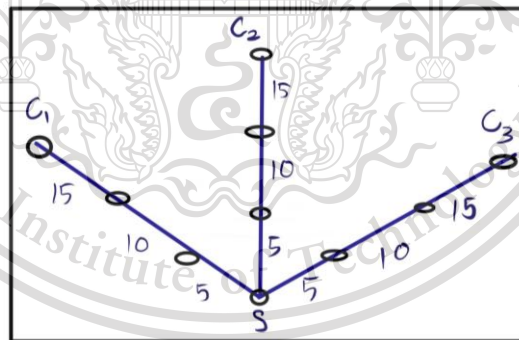
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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



รูป 4.3 การทดสอบระยะการส่งสัญญาณต่ออุปกรณ์เดียว

จากนั้นจึงทดสอบความเร็วสำหรับระบบที่มีอุปกรณ์มากกว่า 1 ตัว และอุปกรณ์อยู่ต่างระยะกัน โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาประสิทธิภาพตามด้านบน โดยการทดสอบ จะมีรูปแบบการทดสอบดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ ห้ามการเชิงพาณิชย์

ด้านการค้า

รูป 4.4 การทดสอบระยะการส่งสัญญาณและจำนวนอุปกรณ์ในระบบ ส่งผลต่อความสามารถของระบบ นำไปใช้

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

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

ทดสอบโดยใช้อุปกรณ์ 3 ตัวรับค่า แล้วส่ง Ack กลับ ตัวแรก อยู่ตรงกลาง ตัวที่สอง อยู่เฉียงทางซ้าย 60 องศาจากกึ่งกลาง ตัวที่สาม อยู่เฉียงทางขวา 60 องศาจากกึ่งกลาง โดยทุกตัวจะห่างจาก Server เท่ากัน ทดสอบทั้ง 3 ระยะ คือ 5, 10 และ 15 เมตร โดยค่าที่แสดงต่อไปนี้จะเป็ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลองส่งข้อมูลจำนวน 50 Packet ทั้งหมด 3 รอบ ได้ผลดังนี้

ตาราง 4.3 ผลของระยะทางและจำนวนอุปกรณ์ในระบบต่อเวลาในการส่งสัญญาณ

Distance	Client 1 (Mid) RTT/2 (ms.)		Client 2 (Left) RTT/2 (ms.)		Client 3 (Right) RTT/2 (ms.)	
	Avg	SD	Avg	SD	Avg	SD
5	15.87	0.30	15.99	0.28	16.01	0.28
10	16.67	0.51	16.86	0.50	16.49	0.54
15	17.11	0.59	17.43	0.75	17.26	0.66

โดยตลอดการทดลอง ได้เลือกใช้ Private Wireless Lan ที่ไม่มีการเชื่อมต่อ Internet ภายนอกในการเชื่อมต่อ เพื่อลดปริมาณ Traffic ในระบบให้มากที่สุด

4.2. Desktop Application

ผู้วิจัยได้พัฒนาการทำงานดังนี้

4.2.1. เปลี่ยนค่าของ Channel

ผู้ใช้งานสามารถเปลี่ยนค่าของ Channel ต่าง ๆ ได้ โปรแกรมสามารถอัปเดตค่าใหม่ได้

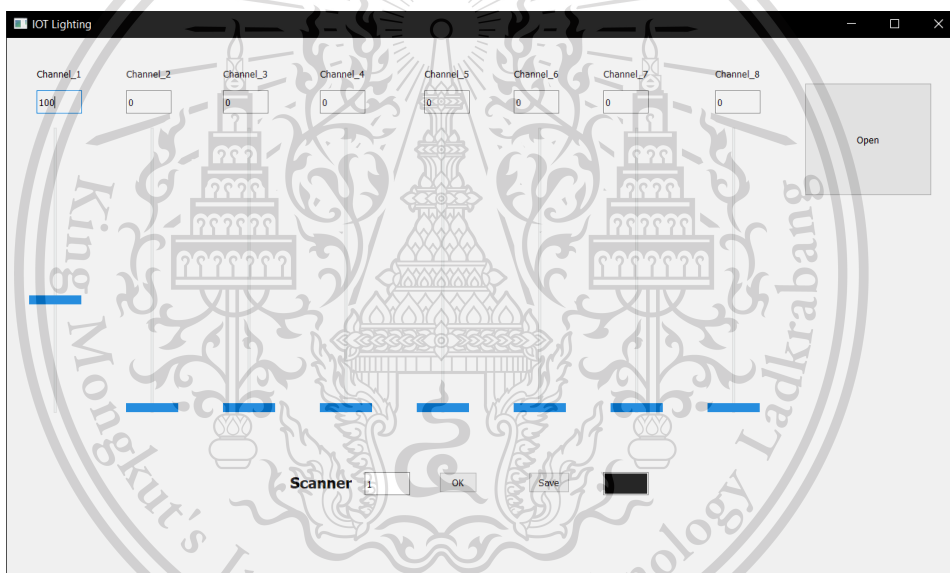
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 4.5 หน้าต่าง โปรแกรมก่อนเปลี่ยนค่า



รูป 4.6 หน้าต่าง โปรแกรมหลังเปลี่ยนค่า

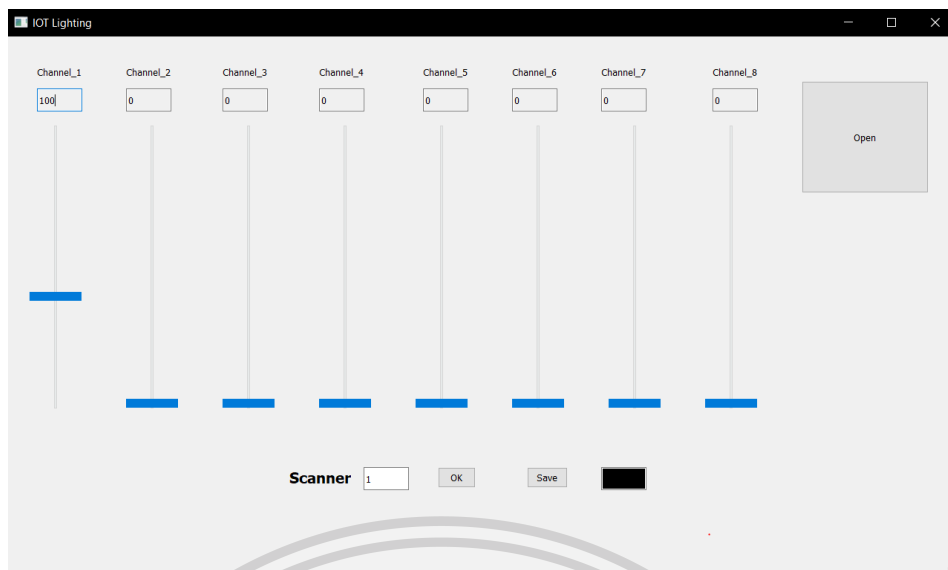
จากรูป 4.2 เมื่อได้ทำการพิมพ์ค่าใน Textbox ใด ๆ จะทำให้ค่าใน Slider ของช่องนั้น ๆ เปลี่ยนแปลงค่าตามไปด้วย

4.2.2. บันทึกข้อมูลลงเอกสาร

ในส่วนของการบันทึกข้อมูลลงไฟล์ ทางผู้วิจัยได้ทำการทดลองสร้างปุ่ม Save ขึ้นในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า หน้าจอ แล้วเมื่อกดไปที่ปุ่ม Save โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลของทุก Channel ลงในไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังทำให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้เอกสารที่ได้กำหนดไว้

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

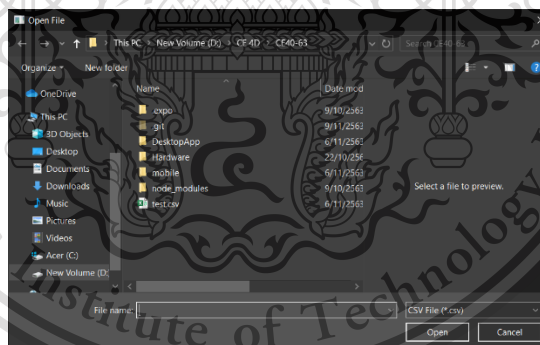
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูป 4.7 ตำแหน่งปุ่ม Save

4.2.3. อ่านข้อมูลลงโปรแกรม

ในส่วนของการอ่านข้อมูลจากเอกสาร ทางผู้วิจัยสร้างปุ่ม Open ขึ้นในหน้าจอ เมื่อกดไปที่ปุ่ม Open โปรแกรมจะทำการแสดง Location ของเอกสารมาให้เลือก เมื่อทำการเลือกแล้วกด OK โปรแกรมก็จะทำการอ่านข้อมูลและนำค่าที่ได้ลงโปรแกรม



รูป 4.8 หน้าต่างเลือกเอกสารเพื่อนำเข้าข้อมูล

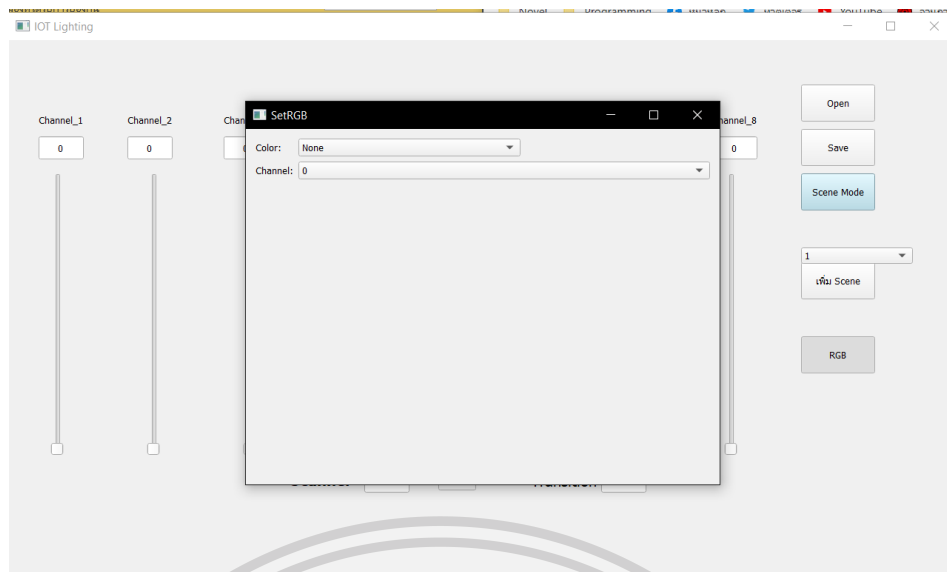
4.2.4. แสดงตัวอย่างสีของไฟตามค่า RGB

การแสดงผลตัวอย่างสีของไฟตามค่า RGB ทางผู้วิจัยได้ทำการทดลองสร้าง Textbox สำหรับแสดงสีขึ้นในหน้าจอ ดังภาพ และกำหนดให้ข้อมูลจาก Channel 1,2,3 แทนค่า RGB โดยได้ทดลองกำหนดให้ Channel 1 มีค่า 255 จะทำให้ Textbox กลายเป็นสีแดงดังรูป

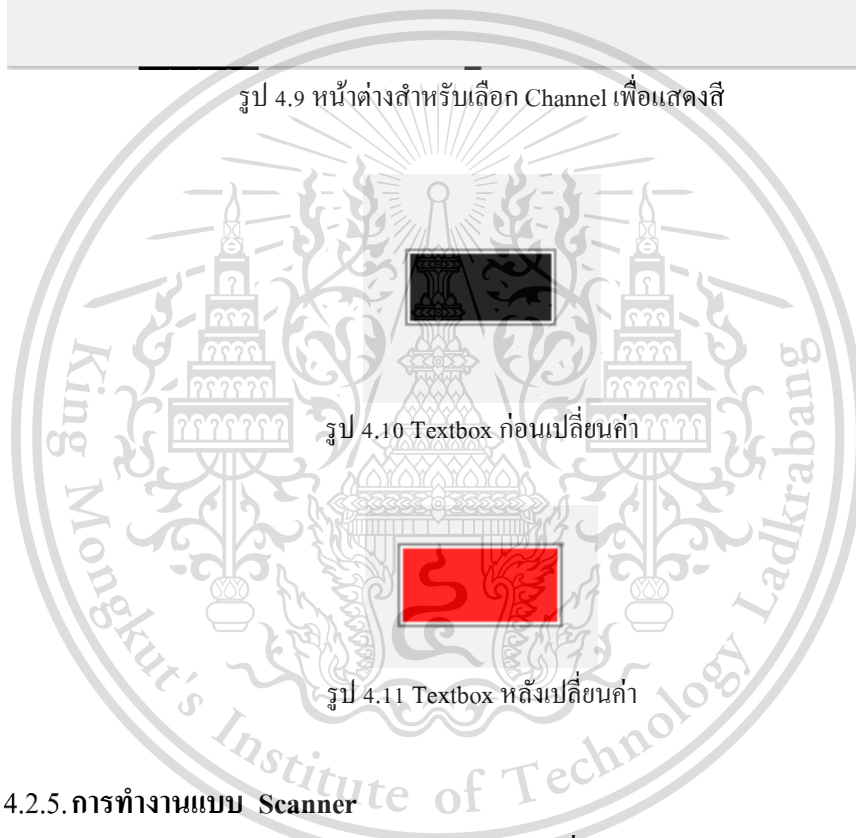
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูป 4.9 หน้าต่างสำหรับเลือก Channel เพื่อแสดงสี



รูป 4.10 Textbox ก่อนเปลี่ยนค่า

รูป 4.11 Textbox หลังเปลี่ยนค่า

4.2.5. การทำงานแบบ Scanner

Scanner คือ การปรับ offset ของ channel เพื่อให้ควบคุมได้สะดวก ลดความซ้ำซ้อน
 ลง โดยได้พัฒนา Scanner ให้สามารถปรับค่าได้ง่ายขึ้น และมีการแสดงค่าให้ตรวจสอบ

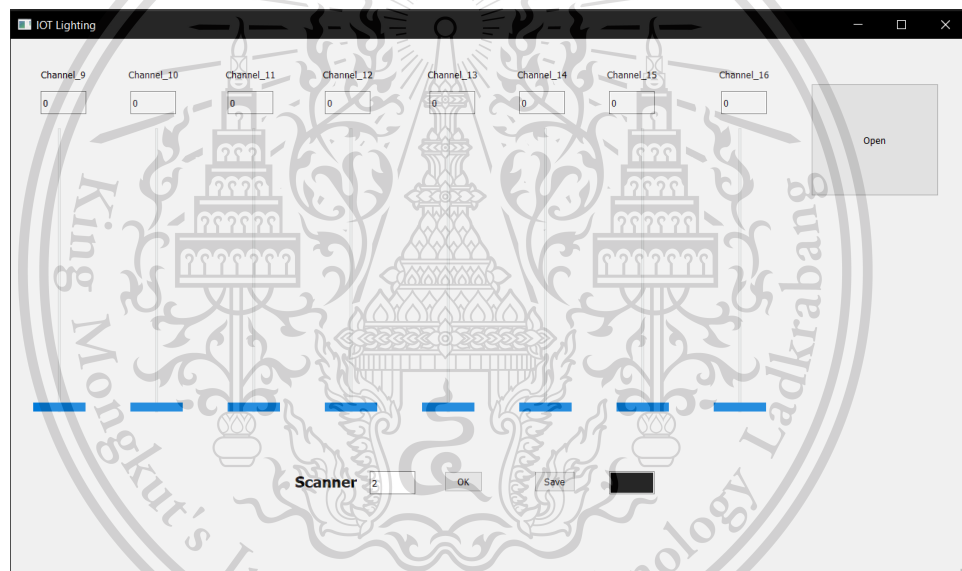
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 4.12 หน้าต่างโปรแกรมก่อนการปรับค่า



รูป 4.13 หน้าต่างโปรแกรมหลังการปรับค่า

4.2.6. ทดลองการส่งข้อมูลไปยัง NodeMCU

การส่งข้อมูล เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าจะทำให้โปรแกรมจะส่งข้อมูลไปยัง NodeMCU เพื่อทำการควบคุมไฟ โดยทดลองเปลี่ยนแปลงค่าใน Channel 20 และ 21 เป็น 255 ดังรูป 4.10 โดย Channel 20 จะทำหน้าที่กำหนดความสว่างของหลอดไฟ และ Channel 21 จะกำหนดความสว่างของสีแดง แล้วโปรแกรมจะส่งข้อมูลไปไปยัง NodeMCU ทำให้เกิดผลลัพธ์ดังรูป 4.11

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 4.14 หน้าต่างโปรแกรมเมื่อปรับค่า



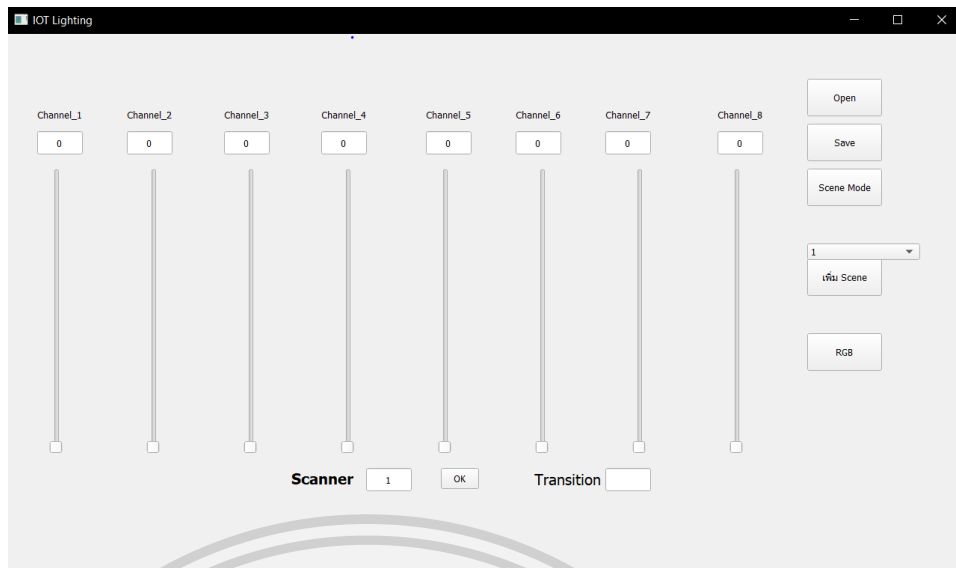
รูป 4.15 โคมไฟถูกควบคุมตามที่สั่งการ

4.2.7. ส่งไฟล์เข้า Server

เมื่อผู้ใช้งานปุ่ม Scene Mode จะเป็นการบันทึกข้อมูลปัจจุบันลงไฟล์แล้วส่งไปที่ Server 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.



รูป 4.16 หน้า UI ที่มีฟังก์ชันการส่งไฟล์และบันทึกไฟล์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

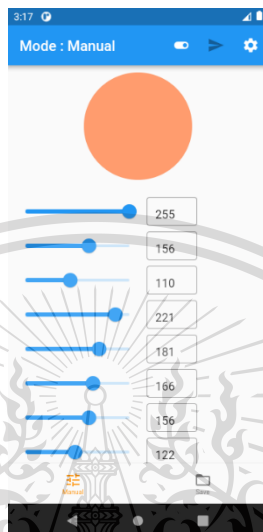
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3. Mobile Application

ผู้วิจัยได้พัฒนาการทำงานดังนี้

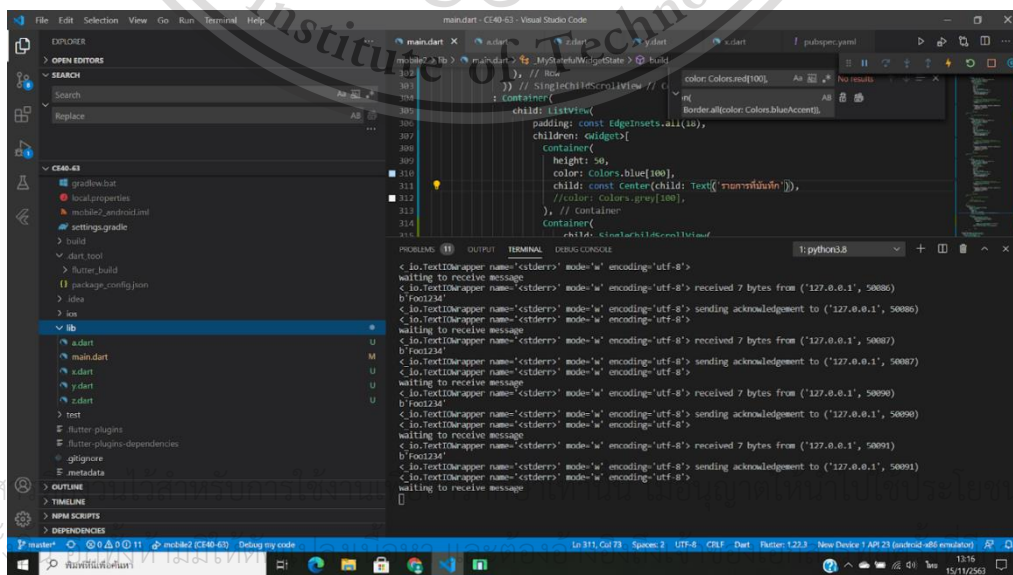
4.3.1. เปลี่ยนค่าของ Channel

ผู้ใช้งานสามารถเปลี่ยนค่าของ Channel ต่าง ๆ ได้ โปรแกรมสามารถอัปเดตค่าใหม่ได้



รูป 4.17 การรับค่าผ่าน Mobile

จากการพัฒนาในตอนแรกได้ใช้ React Native แต่พบปัญหาไม่สามารถส่ง UDP โดยตัว Application จึงเลือกเปลี่ยนมาพัฒนาบน Flutter ทำให้เสียเวลาจะการหาข้อมูล และพัฒนาเพิ่มขึ้น แต่ยังพบปัญหาที่ทำให้ในส่วนของเชื่อมต่อกับ Hardware ไม่สามารถทำได้ แต่จากการทดสอบส่งข้อมูลด้วย UDP Protocol พบว่าสามารถส่งข้อมูลตามที่กำหนดได้



รูป 4.18 ทดลองส่งข้อความบน Mobile "Foo1234" ผ่าน UDP

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสาร
ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม

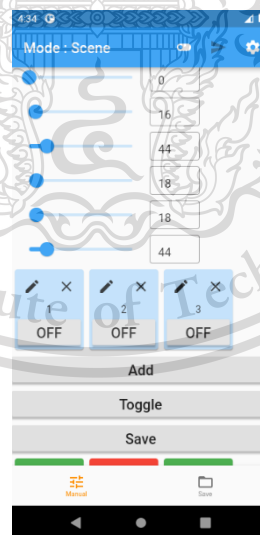
ด้านการค้า
นำไปใช้



รูป 4.21 การกรอก Address

4.3.4. การจัดลำดับการแสดงผล

สามารถจัดลำดับการแสดงผลของระบบแสงสีได้โดยการเพิ่ม Address ที่ต้องการ และปรับค่าสีที่ต้องการจากนั้นกดปุ่ม “Toggle” เพื่อทำการเพิ่ม Scene ขึ้นมา และสามารถทำซ้ำได้เรื่อยๆ เพื่อจัดลำดับการแสดงผลที่ต้องการ จากกดที่ไอคอน “Send” ที่มุมบนขวามือเพื่อทำการส่งผลการควบคุมไฟ ดังรูป



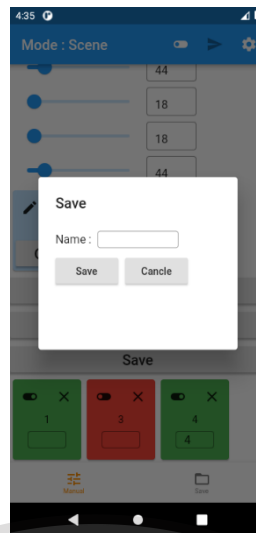
รูป 4.22 การเพิ่ม Scene

4.3.5. การบันทึกการจัด Scene

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สามารถกดปุ่ม “Save” เพื่อทำการบันทึกการจัด Scene ลงฐานข้อมูล sqlite เพื่อให้สามารถการค้นไม่ว่ากรณีใดนำมาใช้ได้ในครั้งต่อไป โดยการกรอกรหัสของการจัด Scene และกดปุ่ม “Save” เพื่อทำการบันทึกนำไปใช้

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

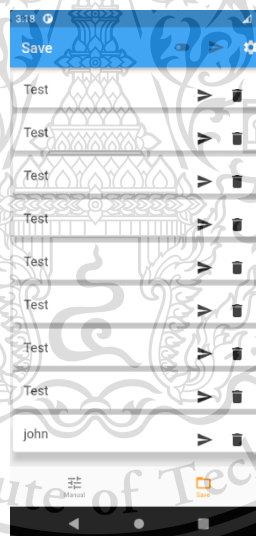
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูป 4.23 การบันทึกเอกสาร

4.3.6. การเรียกข้อมูลที่ถูกบันทึก

สามารถเลือกข้อมูลที่ถูกบันทึก และกดไอคอน “Send” เพื่อทำการแสดงผลได้ทันที



รูป 4.24 อ่านข้อมูลเก่า

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.

4.4. การทดสอบใช้งานจริง

ผู้วิจัยได้ทดลองนำชิ้นงานไปใช้งานจริง โดยทดลองกับสภาพแวดล้อมที่มีข้อกำหนดคือ เป็นสนามโล่งแจ้ง มีขนาด 25 เมตร × 15 เมตร และไม่มีสิ่งกีดขวาง ตัวควบคุมและ Router อยู่กึ่งกลางสนามด้าน 25 เมตร และ โคมไฟ อยู่ทแยงมุมสนามด้านตรงข้ามทั้งสองมุม ดังรูป



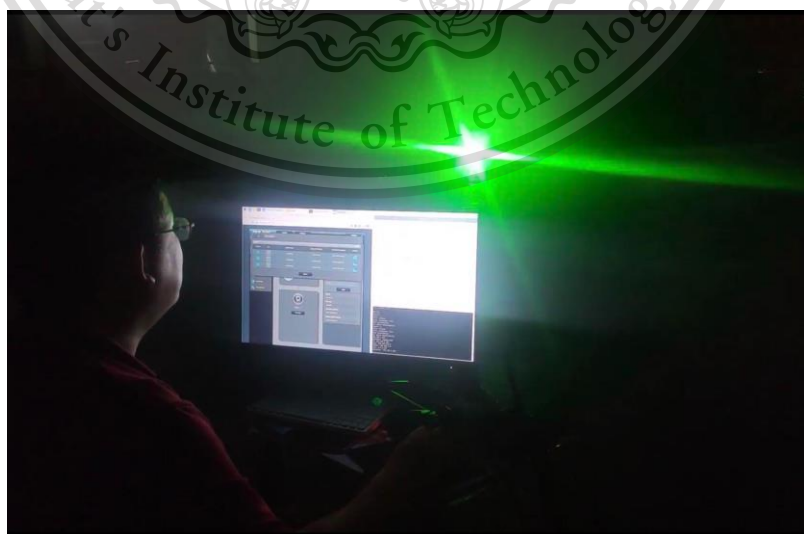
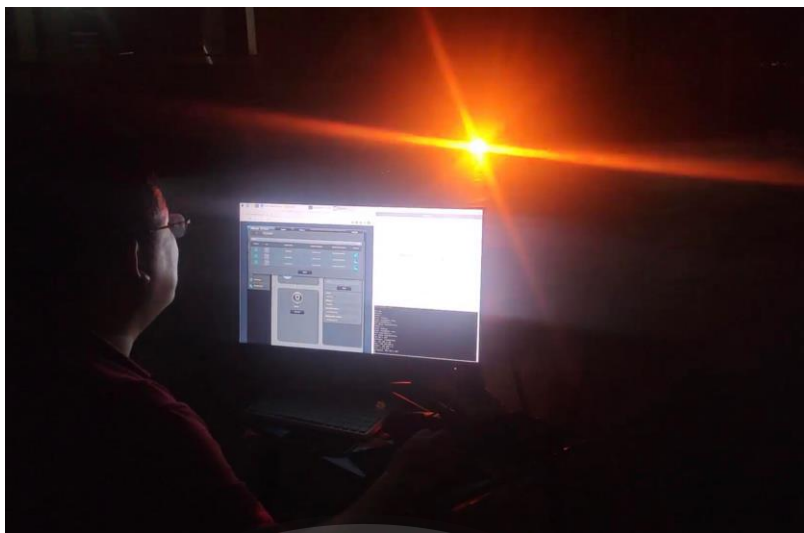
รูป 4.25 การจัดสถานที่สำหรับทดลอง ในสนามขนาด 25 x 15 เมตร

ผลจากการทดสอบ พบว่าระบบที่พัฒนาขึ้น สามารถทำงานได้อย่างดี สามารถควบคุมอุปกรณ์ให้แสดงผลได้ถูกต้อง Server สามารถทำงานได้ปกติ ไม่ติดขัด

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.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการใช้งานเฉพาะองค์กรสงวนลิขสิทธิ์โดยไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 รูป 4.26 การควบคุมการทำงานคอมพิวเตอร์

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

สรุปผลการดำเนินงาน

5.1. ผลการดำเนินงาน

โครงการ การควบคุมระบบแสงสีด้วยอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง มีวัตถุประสงค์จัดทำเพื่อลดความซับซ้อนในการควบคุมไฟเวทีโดยให้สามารถทำการควบคุมระบบแสงสีแบบไร้สายได้ โดยมีการทดลองควบคุมระบบไฟเวทีโดยแบ่งเป็น 2 แพลตฟอร์ม คือ desktop application และ mobile application ซึ่งสามารถทำการควบคุมไฟเวทีแบบไร้สายได้ และเข้ากันได้กับอุปกรณ์รุ่นเก่าสามารถใช้ทดแทนอุปกรณ์ควบคุมดั้งเดิม และสามารถนำไปใช้งานในสถานที่จริงได้ โดยการทำงานมี 3 ส่วนหลัก คือ Controller , Server และ Client

- ส่วน Controller
 - o สามารถควบคุมระบบแสงสีแบบไร้สายได้โดยการ broadcast ข้อมูล
 - o สามารถควบคุมระบบแสงสีแบบไร้สายโดยรับการส่งข้อมูลลำดับการควบคุมผ่าน
- ส่วน Server
 - o สามารถบันทึกข้อมูลการจัดแสงสีในอุปกรณ์ได้
- ส่วน Client
 - o สามารถรับข้อมูลจากส่วน Controller และกระจายข้อมูลไปยังส่วนของ Client ได้
 - o สามารถโอนไฟล์ควบคุมการทำงานจาก Controller มายัง Server ได้
- ส่วน Client
 - o สามารถทำการควบคุมระบบแสงสีโดยรับข้อมูลจากส่วน Controller
 - o สามารถทำการควบคุมระบบแสงสีโดยรับข้อมูลจากส่วน Server

โดยประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ จากการพิจารณาด้วย RTT/2 พบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ทำงานได้ดี เนื่องจากในการทดลอง พบว่าค่า RTT/2 เฉลี่ย มีค่าต่ำกว่า 20 ms. น้อยกว่าระยะเวลาของข้อมูล (Packet Duration) ที่กำหนดไว้ที่ 25 ms. (ซึ่งทำให้มี Refresh rate 40 Hz) ดังนั้น ข้อมูลจึงมีโอกาสผิดพลาดต่ำ มีความรวดเร็วเพียงพอที่จะทำงานได้ถูกต้อง

ในชิ้นงานนี้ ได้ทดสอบประสิทธิภาพของระบบในพื้นที่โล่ง และระยะทดสอบสูงสุดอยู่ที่

15 เมตรรอบ Router เมื่อพิจารณาเป็นพื้นที่แล้วพบว่าครอบคลุมพื้นที่วงกลมขนาด 176.71 ตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

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.

5.2. ปัญหา และอุปสรรค

- ส่วน desktop application มีปัญหาเมื่อเปลี่ยน scanner แล้วค่าแต่ในละ channel มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมก่อนจะทำการเปลี่ยน scanner
- ส่วน mobile application ในการควบคุมแบบ manual มีปัญหาในการเขียนแบ่งเซรคการทำงานแบบ desktop application จึงเลือกที่ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงข้อมูลแล้วค่อยส่งข้อมูลไปแทน
- Wireless Lan Interface ของ Raspberry Pi 3 มีประสิทธิภาพไม่สูงมากนัก ทำให้ขัดข้องในบางครั้ง

5.3. แนวทางการพัฒนาต่อ

- พัฒนาระบบให้สามารถควบคุมแบบ multi universe เพื่อควบคุมอุปกรณ์แบบไม่ซ้ำให้ได้มากกว่า 64 อุปกรณ์ หรือให้สามารถควบคุมได้ละเอียดมากขึ้น
- พัฒนาให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ได้แบบเฉพาะเจาะจง
- พัฒนาประสิทธิภาพในการทำงานของ Server ให้ทำงานแบบ Multiprocessor ได้ จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น



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.

เอกสารอ้างอิง

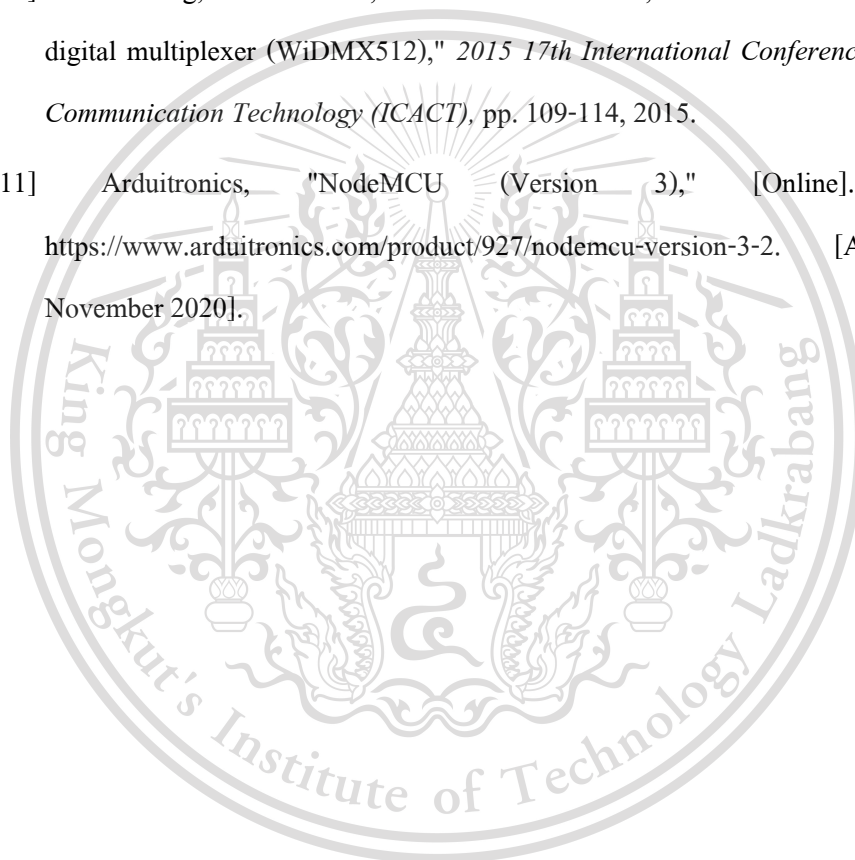
- [1] Assessment and Qualifications Alliance (AQA), "Teaching guide: lighting design," 2019. [Online]. Available: <https://filestore.aqa.org.uk/resources/drama/AQA-7261-LD-TG.PDF>. [Accessed 27 April 2020].
- [2] Martin™ HARMAN, "RUSH PAR 2 RGBW Zoom | Martin Lighting," HARMAN International, [Online]. Available: <https://www.martin.com/en/products/rush-par-2-rgbw-zoom#features>. [Accessed 27 April 2020].
- [3] Entertainment Service and Technology Association (ESTA), "American National Standard ANSI E1.11 – 2008 (R2018) Entertainment Technology—USITT DMX512-A Asynchronous Serial Digital Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessories," 31 May 2018. [Online]. Available: https://tsp.esta.org/tsp/documents/docs/ANSI-ESTA_E1-11_2008R2018.pdf. [Accessed 23 April 2020].
- [4] Concise Software, "What is Flutter? Here is everything you should know," 26 August 2019. [Online]. Available: <https://medium.com/@concisesoftware/what-is-flutter-here-is-everything-you-should-know-faed3836253f>. [Accessed 15 November 2020].
- [5] Y. BENAFFANE, "Why we should use Qt framework and QML," 18 November 2019. [Online]. Available: <https://medium.com/@yacine.benaffane/why-we-should-use-the-qt-framework-and-the-qml-f01c4edb13cd>. [Accessed 15 November 2020].
- [6] Qt Wiki, "Language Bindings - Qt Wiki," 22 August 2020. [Online]. Available: https://wiki.qt.io/Language_Bindings. [Accessed 15 November 2020].
- [7] "RFC 761 - DoD standard Transmission Control Protocol," [Online]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc761>.

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.

- [8] Internet Engineering Task Force (IETF), "RFC 768 - User Datagram Protocol," 28 August 1980. [Online]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc768>. [Accessed 15 November 2020].
- [9] C. Lv, Y. Hao and M. Xie, "Intelligent Stage LED light Control System Based On Android Smartphone," *2016 9th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI)*, pp. 1201-1205, 2016.
- [10] H. Yang, A. W. Ahmad, G. Shahzad and C. Lee, "Real time bidirectional wireless digital multiplexer (WiDMX512)," *2015 17th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, pp. 109-114, 2015.
- [11] Arduitrronics, "NodeMCU (Version 3)," [Online]. Available: <https://www.arduitronics.com/product/927/nodemcu-version-3-2>. [Accessed 15 November 2020].



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.