



เอกสารเสนอหัวข้อโครงการและการรับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา
วิชา 01076014 Computer Project Preparation
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

1. ชื่อหัวข้อโครงการ (ไทย)การควบคุมระบบแสงสีด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง.....
2. ชื่อหัวข้อโครงการ (อังกฤษ)IoT based Stage Lighting.....
3. คำสำคัญ 3 คำ (3 keywords)IoT, Lighting, DMX512.....
4. ชื่อผู้ทำโครงการ
 - 4.1. นายชินาธิป ลาวัลย์สุข รหัสนี้ 60010235
5. อาจารย์ที่ปรึกษา
 - 5.1. อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อ.สรยุทธ กลมกล่อม

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา (Motivation)

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



รูปที่ 1 รูปเวทีงาน Art Street 2077 เวทีที่มีระบบแสงสี ทำให้ดูสวยงาม ช่วยเพิ่มบรรยากาศและสร้างอารมณ์ให้กับการแสดง¹

แต่ในการนำมาใช้งานจริงในงานต่าง ๆ การทำงานแบบ Standalone ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน จึงต้องมีการโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงาน แต่การโปรแกรมควบคุมการทำงานค่อนข้างซับซ้อน และในอุปกรณ์ระดับมือสมัครเล่นจะฟังก์ชันอำนวยความสะดวกไม่มาก เนื่องจากต้องลดต้นทุนในการผลิต อีกทั้งอุปกรณ์ระดับมืออาชีพมีราคาสูงมาก และการอัปเดตระบบอาจเกิดเหตุการณ์ที่ระบบใหม่ไม่รองรับอุปกรณ์เก่า ซึ่งทำให้อุปกรณ์เก่าไม่สามารถใช้ได้

โดยปกติแล้ว ระบบแสงสี จะทำงานผ่านระบบสื่อสารด้วย Protocol ที่เรียกว่า DMX512 [3] ซึ่งเป็นระบบสื่อสารแบบมีสายเชื่อมต่อระหว่างตัวควบคุมและอุปกรณ์ ในการใช้งานจริง พื้นที่ที่ใช้งานระบบมักจะเป็นเวทีหรือเป็นพื้นที่กว้าง ทำให้ต้องใช้สายสัญญาณเป็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้เปลืองทรัพยากร

¹ ที่มาภาพ: <https://web.facebook.com/artstreetcycle56/photos/a.257703897631004/2795154007219301/?type=3&theater>

และแรงงานในการติดตั้ง อีกทั้งอาจจะมีปัญหาจากสัญญาณรบกวนจากภายนอกสายสัญญาณ สภาพอากาศ รวมถึงปัญหาสายไฟขาดภายใน ทำให้ตรวจสอบและแก้ไขได้ยาก

ผู้จัดทำจึงมีความคิดที่จะพัฒนาระบบควบคุมแสงสีด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (IoT) เพื่อที่จะพัฒนาระบบแสงสี ให้สามารถทำงานแบบไร้สายเพื่อลดปัญหาที่เกิดจากสาย สามารถรองรับอุปกรณ์เก่าและอุปกรณ์ใหม่ได้ และสามารถใช้งานได้ง่ายด้วยราคาที่ไม่สูงมาก

2. วัตถุประสงค์ (Objectives)

- เพื่อพัฒนาระบบควบคุมแสงสีด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง
- เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ต่อพ่วงที่สามารถเชื่อมต่อระหว่างตัวควบคุมและอุปกรณ์เก่า และสามารถควบคุมอุปกรณ์เก่าผ่านระบบควบคุมได้

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Theoretical Background)

3.1 DMX512

DMX512 เป็น Protocol ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบแสงสี ซึ่งหลัก ๆ จะประกอบไปด้วยคอมพิวเตอร์ชนิดต่าง ๆ เครื่องสร้างคว้น รอกไฟฟ้า และอื่น ๆ



รูปที่ 2 คอมพิวเตอร์ ชนิดหลอด LED แบบปรับสีได้²

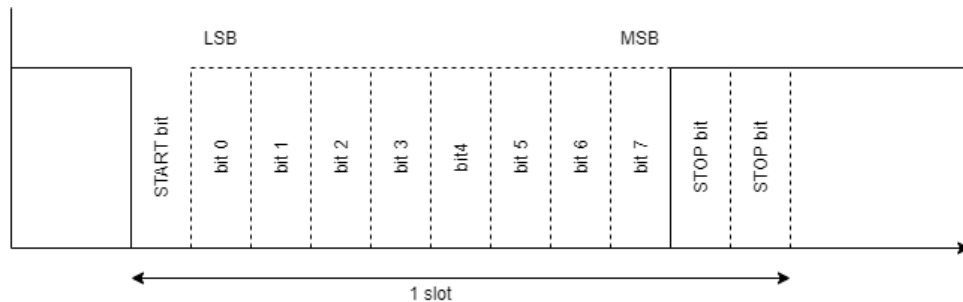
รูปที่ 3 สายส่งสัญญาณ DMX512 โดยมีหัวเชื่อมต่อแบบ XLR³

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

² ที่มาภาพ: <http://starlighting.com.cn/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=53&id=20>

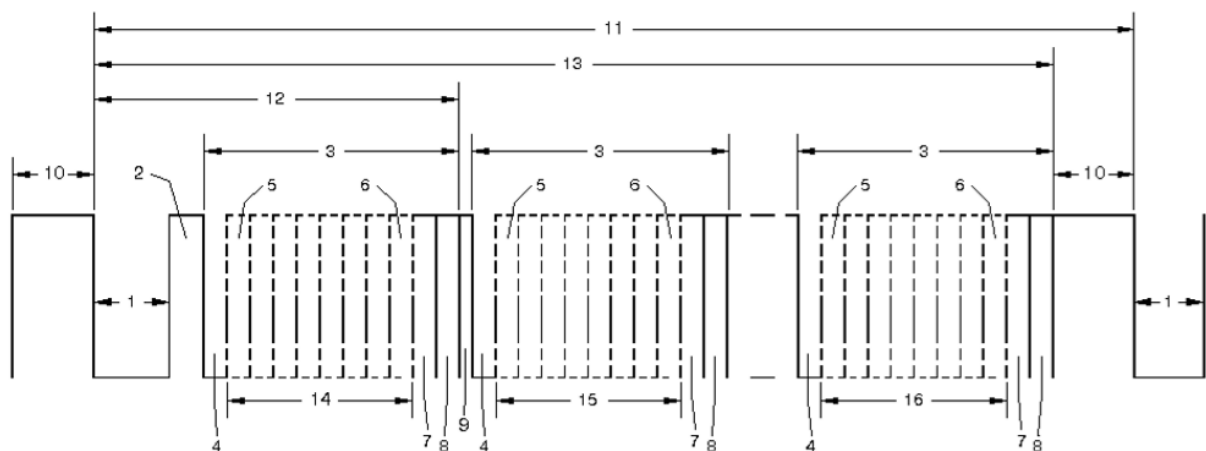
³ ที่มาภาพ: http://www.cablek.com/client_file/upload/image/DMX%205%20PIN%20MF.jpg

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



รูปที่ 4 Timing Diagram แสดงข้อมูล 1 slot โดยประกอบด้วย Start bit + 8 DATA bit (LSB First) + 2 STOP bit

- สังเกตว่าข้อมูล 1 slot ไม่มี Parity bit
- ข้อมูล 0 โดยทั่วไปจะเรียกว่า Space ข้อมูล 0 ที่ส่งเพื่อระบุการเริ่มส่งข้อมูลจะเรียกว่า Break ข้อมูล 1 จะเรียกว่า Mark



รูปที่ 5 Timing Diagram แสดงข้อมูล 1 packet⁴ [3]

Figure Key

1 - "SPACE" for BREAK

2 - "MARK" After BREAK (MAB)

⁴ ที่มาภาพ: 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 Pg. 17

- 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 1 DATA
- 16- SLOT n DATA (Maximum 512)

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

3.2 ArtDMX Packet Over Ethernet

ArtDMX เป็น Packet ข้อมูลที่สามารถส่งข้อมูลสัญญาณ DMX512 ผ่านทาง Ethernet ได้ โดยถูกระบุไว้ให้เป็นส่วนหนึ่งของ Protocol Art-Net ซึ่งถูกกำหนดโดย Artistic Licence Holdings Ltd. [4] โดยระบุไว้เบื้องต้นดังนี้

- สื่อสารผ่าน UDP Protocol
- ใช้ UDP Port 6454 เท่านั้น
- สำหรับการส่งข้อมูล DMX512 ให้ใช้ ArtDMX Packet ซึ่งระบุด้วย Op Code 0x5000
- มี Header 18 bytes



รูปที่ 6 ตัวแปลงสัญญาณจาก Ethernet Art-Net เป็น DMX512⁵

ตารางที่ 1 รูปแบบข้อมูลใน ArtDMX Packet (สีแดงหมายถึงส่วนที่เป็น Header)

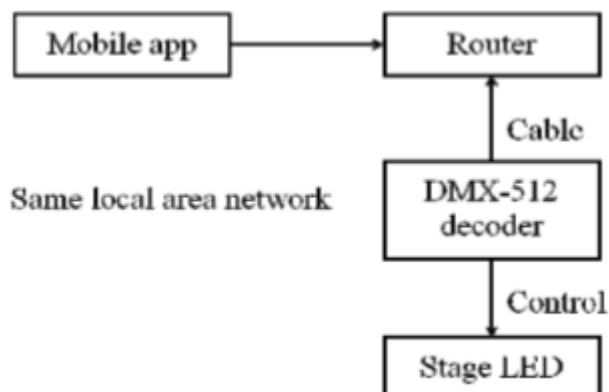
offset	0	1	2	3
0	A	r	t	-
4	N	e	t	0x00
8	0x00 (Op Lo)	0x50 (Op Hi)	Prot Ver. Hi	Prot Ver. Lo
12	Sequence	Physical	Sub Universe	Net
16	Length (Hi byte)	Length	Slot 1	Slot 2
:
:	...	(Max. Slot 512)		

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Related Works)

4.1 Intelligent Stage LED light Control System Based On Android Smartphone

Chaohui Lv, Yu Hao และ Mengyuan Xie พัฒนาระบบควบคุมแสงสีผ่านโทรศัพท์ Android [5] โดยระบบที่พัฒนาขึ้นในส่วนประกอบไปด้วย ตัวควบคุม (Smartphone) เราท์เตอร์ ตัวรับสัญญาณ และโคมไฟ โดยตัวรับสัญญาณที่เลือกใช้ เป็น DMX512 Decoder ที่รับสัญญาณจากเราท์เตอร์ผ่านสาย LAN แล้วแปลงสัญญาณเป็น DMX512 และตัวโคมไฟเป็นชนิด PAR LED RGBW (ไฟฉายพื้นหลังแบบผสมสีได้) ซึ่งใช้การควบคุมทั้งหมด 7 channel (1 channel หมายถึง ข้อมูล 1 slot ใน DMX512)

⁵ ที่มาภาพ: <http://th.guodaconsole.com/artnet-controller/4-dmx-ports-artnet.html>



รูปที่ 7 Structure Diagram ที่ Chaohui และคณะได้ออกแบบ⁶ [5]

ในส่วนของตัวระบบ การส่งข้อมูล Chaohui และคณะได้เลือกใช้ 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 และคณะได้พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ผลตรงตามที่คาด คือสามารถควบคุมระบบผ่าน Smartphone ได้อย่างถูกต้อง แต่ยังไม่สามารถทำงานแบบตามเวลาจริง (Real time) ได้ กล่าวคือ ยังต้องมีการกดยืนยันเพื่อเปลี่ยนค่า ไม่สามารถเปลี่ยนโดยอัตโนมัติได้

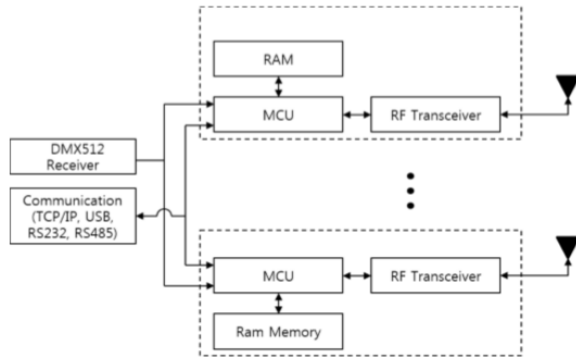
ในส่วนของการข้อเสนอแนะ Chaohui และคณะได้เสนอแนะเพิ่มเติมว่า งานถัดไปในอนาคต สามารถทำระบบให้รองรับได้หลากหลายอุปกรณ์มากขึ้น ใช้อุปกรณ์ที่ใช้งานง่ายมากขึ้น และลดความซับซ้อนของระบบลง

4.2 Real Time Bidirectional Wireless Digital Multiplexer (WiDMX512)

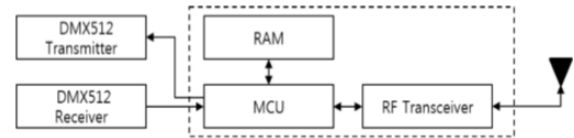
Heekwon Yang, Arbab Waheed Ahmad, Gul Shahzad และ Chankil Lee พัฒนาระบบไร้สายสำหรับส่งสัญญาณ DMX512 สองทิศทางแบบตามเวลาจริง (Real time) [6]

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

⁶ 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, 2016.



รูปที่ 8 Block Diagram ของ Master⁷ [6]



รูปที่ 9 Block Diagram ของ Slave⁸ [6]

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

ในส่วนของตัวรับ จะมีการตรวจสอบ Address ก่อน จึงประมวลผลและส่งข้อมูล จากนั้นจึงส่งสัญญาณตอบรับ (Acknowledge) กลับไป

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

5. ขอบเขตของโครงการ (Scope)

- มีแอปพลิเคชันที่สามารถควบคุมไฟผ่านอินเทอร์เน็ตได้
- Server ใช้ Raspberry Pi 3
- Access Point ใช้ Built-in ของ Raspberry Pi 3
- ตัวรับสัญญาณใช้ Node MCU
- ใช้โคมไฟ 2 แบบ คือ PAR LED RGBW (ไฟฉายพื้นหลังแบบผสมสีได้) และ Moving Head PAR LED RGBW (ไฟฉายพื้นหลังแบบผสมสีชนิดปรับองศาได้)

6. การพัฒนาโครงการ (Project Development)

6.1 ขั้นตอนการพัฒนา (Methodology)

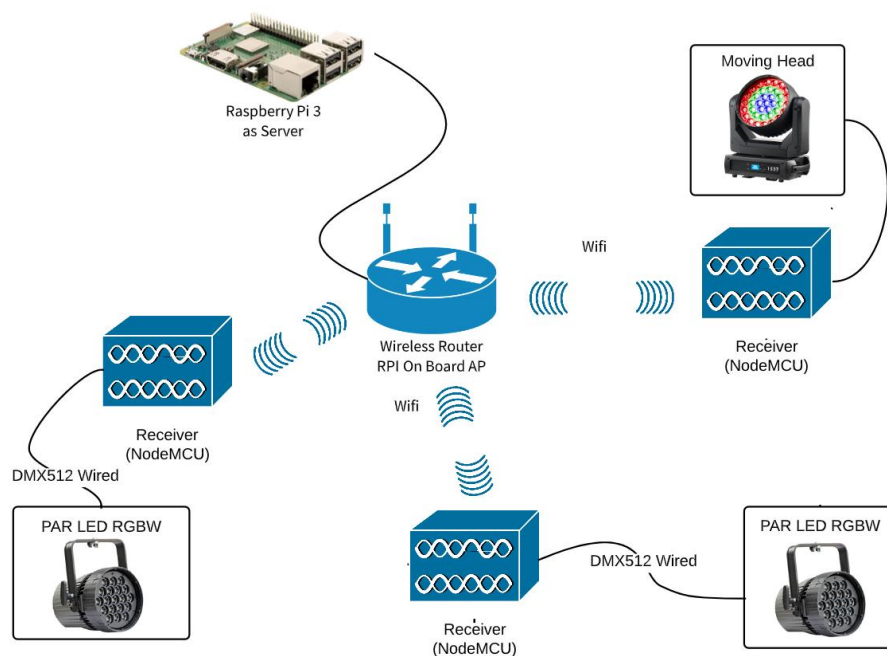
- กำหนดขอบเขตชิ้นงาน
- ค้นหาข้อมูลด้านสถาปัตยกรรมของระบบ

⁷ ที่มาภาพ: 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.

⁸ ที่มาภาพ: 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.

- ออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ
- คำนวณรายละเอียดปลีกย่อย
- ออกแบบ Hardware
- ออกแบบ Software
- ทดสอบความถูกต้องของระบบ
- ทดสอบความถูกต้องของการทำงานและผลลัพธ์
- สรุปผล

6.2 การออกแบบ (Design)

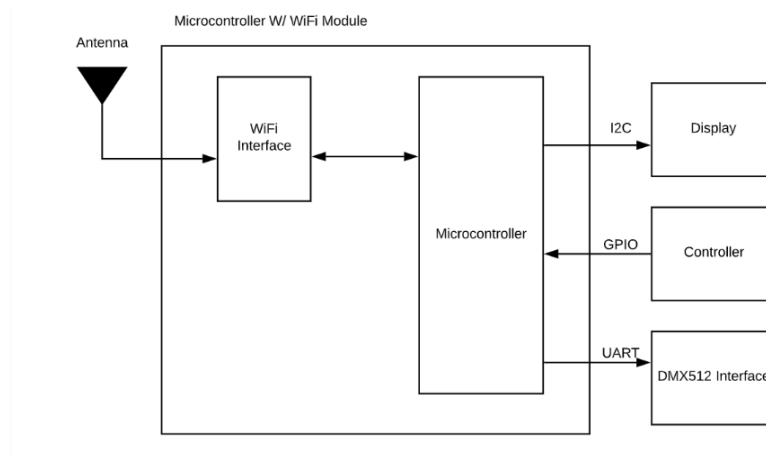


รูปที่ 10 Structure Diagram ของระบบ

ระบบจะประกอบไปด้วย

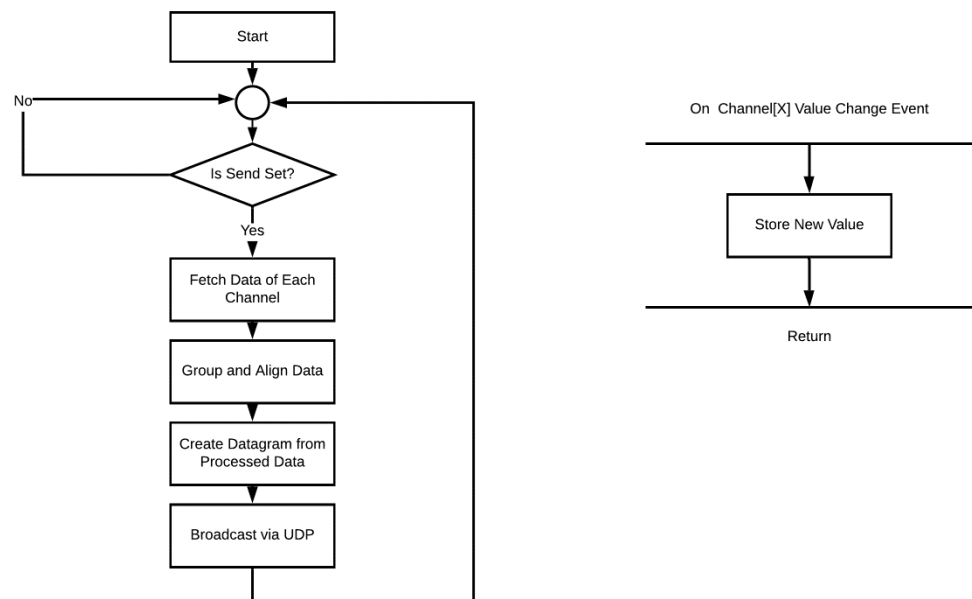
1. ส่วนควบคุม ซึ่งคือตัว Server โดยจะใช้ Raspberry Pi 3 ในการทำงาน
2. ส่วนกระจายสัญญาณ ในที่นี้จะใช้ Built-in Access Point ใน Raspberry Pi 3
3. ส่วนรับสัญญาณ ใช้ Node MCU เป็นตัวรับข้อมูลจาก Server แต่ละตัวจะแยกกันทำงาน
4. ส่วนแสดงผล คือโคมไฟ อุปกรณ์ระบบแสงสีต่าง ๆ ที่นำมาต่อพ่วง

ในส่วนของ Hardware ฝั่ง Server อาจจะมีการเพิ่มตัวควบคุมภายนอก เพื่อให้สามารถควบคุมได้สะดวกยิ่งขึ้น ส่วน ฝั่ง Receiver ได้ออกแบบไว้ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 Block Diagram ของ Receiver

ด้าน Software ฝั่ง Server จะมีขั้นตอนการทำงานหลักดังรูปที่ 12



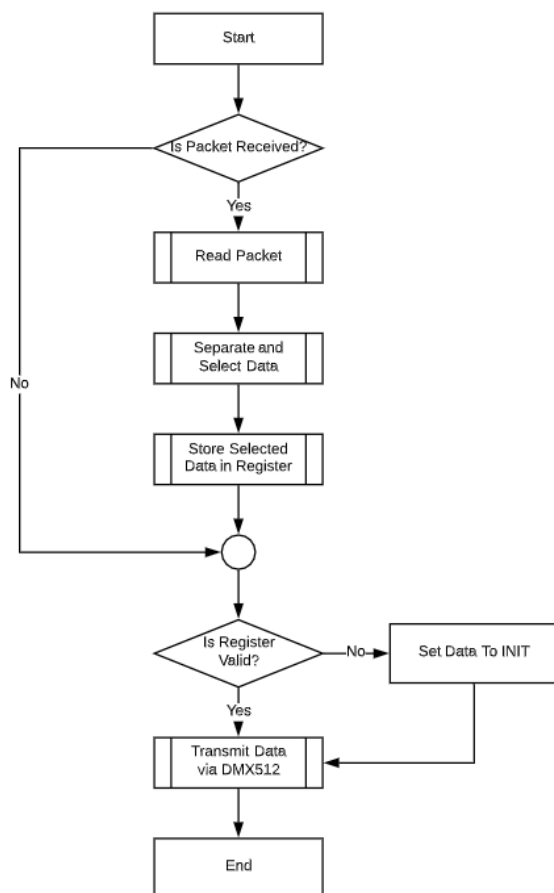
รูปที่ 12 Flow chart การทำงานหลักของฝั่ง Server

Server จะเน้นหน้าที่หลักไปที่การเปลี่ยนแปลงข้อมูลและการส่งข้อมูล โดยจะใช้ Event Driven Base Programming มาทำงาน และจะมี GUI เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

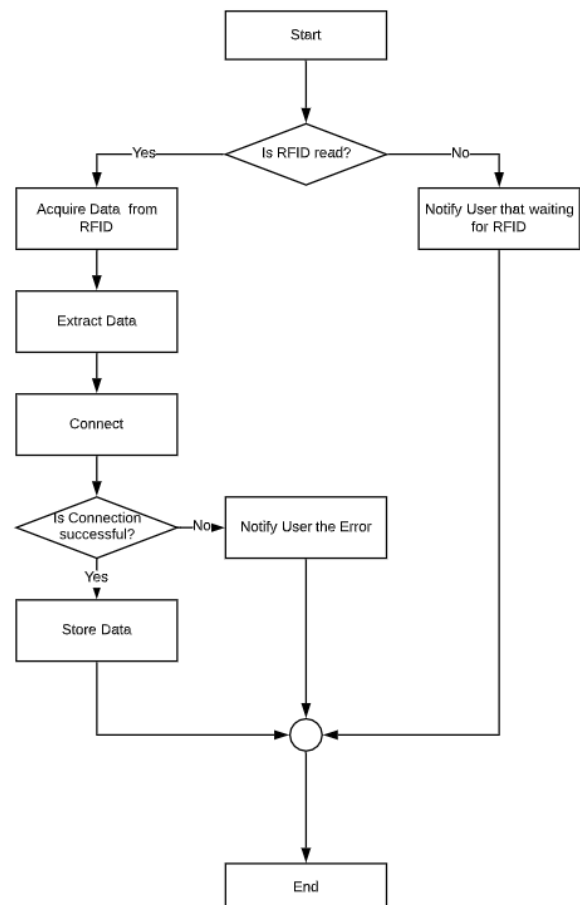
ด้านฝั่ง Receiver จะมีการทำงาน 3 State ดังนี้

1. State ส่งข้อมูล Receiver จะคอยรับข้อมูลผ่าน Wi-Fi และอ่านค่าที่ได้จาก Packet แล้วบันทึกค่าและส่งข้อมูลผ่านทาง DMX512 Interface หากไม่มีข้อมูลใหม่เข้ามา จะส่งค่าเดิมที่มีออกไป และหากค่าไม่ได้ถูก Initialize ก็จะมี Initialize ไว้ที่ 0 ทั้งหมด ดังรูปที่ 13

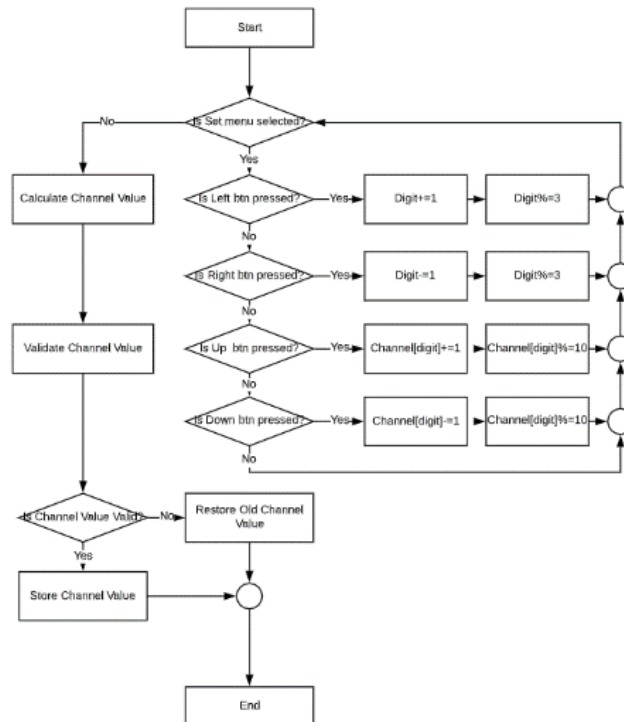
2. State เชื่อมต่อ Receiver จะเชื่อมต่อกับ Server โดยการใช้ RFID Tag มาสัมผัสกับตัว Receiver จากนั้นจะอ่านค่าที่เก็บไว้ใช้ RFID มาแปลงเป็น SSID และ Password สำหรับเชื่อมต่อ หากเชื่อมต่อไม่สำเร็จจะแจ้งเตือน หากสำเร็จจะบันทึกค่าไว้ ดังรูปที่ 14
3. State ตั้งค่า Receiver จะแสดงส่วนตั้งค่า ให้ผู้ใช้ได้เลือกปรับ Channel ให้ตรงกับอุปกรณ์ที่มาต่อ โดยปรับค่าได้ตาม Channel ของ DMX512 (1-512) โดยค่านี้จะเป็นตัวระบุตำแหน่งข้อมูลที่ตัวอุปกรณ์จะรับ ดังรูปที่ 15



รูปที่ 13 State ส่งข้อมูล



รูปที่ 14 State เชื่อมต่อ



รูปที่ 15 State ตั้งค่า

6.3 แนวทางการทดสอบและการวัดประสิทธิภาพ (Test and Performance Evaluation Approaches)

- พิจารณาความถูกต้องในการแสดงผล
- พิจารณาความเร็วในการทำงาน ไม่เกิด Delay มากเกินมาตรฐานที่ Protocol DMX512 กำหนดจนกระทบต่อการทำงาน
- พิจารณาความสะดวกและง่ายในการใช้งาน โดยเปรียบเทียบกับการใช้การควบคุมแบบดั้งเดิม

7. แผนการดำเนินโครงการ (Timeline)

<div>ช่วงเวลา</div> <div>งาน</div>	2563												2564																
	5		6		7		8		9		10		11		12		1		2		3		4		5				
	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3			
กำหนดขอบเขตชิ้นงาน	↔																												
ค้นคว้าข้อมูลสถาปัตยกรรม	↔																												
ออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ			↔																										
ค้นคว้ารายละเอียดปลีกย่อย			↔																										
ออกแบบ Hardware					↔																								
ทดสอบความถูกต้องของ Hardware									↔																				
ออกแบบ Software							↔																						
ทดสอบความถูกต้องของ Software												↔																	
รวมระบบส่วน Hardware และ Software														↔															
ทดสอบความถูกต้องของระบบ															↔														
ทดสอบความถูกต้องของการทำงานผลลัพธ์															↔														
สรุปผล																	↔												

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Benefits)

- ต้นทุนในการใช้งานระบบแสงสีลดลง เช่น ค่าบำรุงรักษาสายไฟ ค่าแรงติดตั้งระบบ
- สามารถใช้งานระบบแสงสีได้ง่ายขึ้นผ่านโปรแกรม
- อุปกรณ์เก่าสามารถนำกลับมาใช้ได้

9. เอกสารอ้างอิง (Reference)

- [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] Artistic Licence Holdings Ltd., "Specification for the Art-Net 4 Ethernet Communication Protocol," 22 January 2017. [Online]. Available: <https://artisticlicence.com/WebSiteMaster/User%20Guides/art-net.pdf>. [Accessed 22 April 2020].
- [5] 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.
- [6] 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.