การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้การสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็น สำหรับระบบนำทางเพื่อช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา

VISIBLE LIGHT COMMUNICATION FOR VISUALLY IMPAIRED PEOPLE

โดย

นายพีรวัส แจ่มกระจ่าง

นายสัณหณัฐ เชียงทอง

นายสุพศิน เฉลิมพูนทรัพย์

นายอัครวุฒิ เวียงทอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้การสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็น สำหรับระบบนำทางเพื่อช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา

VISIBLE LIGHT COMMUNICATION FOR VISUALLY IMPAIRED PEOPLE

โดย

นายพีรวัส แจ่มกระจ่าง

นายสัณหณัฐ เชียงทอง

นายสุพศิน เฉลิมพูนทรัพย์

นายอัครวุฒิ เวียงทอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VISIBLE LIGHT COMMUNICATION FOR VISUALLY IMPAIRED PEOPLE

PEERAWAT JAMKRAJANG
SUNHANUT CHIANGTONG
SUPASIN CHALERMPOONSUP
AKARAWUT WIANGTONG

THIS PROJECT SUMMITED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE
BACHELOR IN ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING
MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2559

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้การสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็น สำหรับระบบนำทางเพื่อช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา
VISIBLE LIGHT COMMUNICATION FOR VISUALLY IMPAIRED PEOPLE

โดย

นายพีรวัส แจ่มกระจ่าง
นายสัณหณัฐ เชียงทอง
นายสุพศิน เฉลิมพูนทรัพย์
นายอัครวุฒิ เวียงทอง

อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร.อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาความเป็นไปในการใช้การสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็นสำหรับระบบนำทางเพื่อช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา

ผู้จัดทำ

1. นายพีรวัส แจ่มกระจ่าง
2. นายสัณหณัฐ เชียงทอง
3. นายสุพศิน เฉลิมพูนทรัพย์
4. นายอัครวุฒิ เวียงทอง

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยันต์ เจตนาเสน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาความเป็นไปในการใช้การสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็น สำหรับระบบนำทางเพื่อช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา

นาย พีรวัส แจ่มกระจ่าง
นาย สัณหณัฐ เชียงทอง
นาย สุพศิน เฉลิมพูนทรัพย์
นาย อัครวุฒิ เวียงทอง
รศ.ดร. อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบไม้เท้านำทางสำหรับช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา โดยอาศัยเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่สามารถมองเห็นได้มาประยุกต์ใช้ร่วมกับไม้เท้า สำหรับการออกแบบไม้เท้าดังกล่าวนั้นใช้ภาคตัวรับซึ่งติดอยู่กับไม้เท้า ประกอบด้วยโฟโต้ไดโอดและอาดูโน่เพื่อใช้ในการรับข้อมูลจากภาคตัวส่งผ่านทางแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง แล้วแปลงสัญญาณออกเป็นเสียงผ่านทางหูฟัง ภาครับใช้เป็นหลอดไดโอดเปล่งแสงประจำตำแหน่งแต่ละตำแหน่งภายในอาคารและมีอาดูโน่ขนาดเล็กระบุข้อมูลประจำตำแหน่งติดอยู่กับแต่ละหลอดไดโอด ข้อมูลที่ทำการส่งเป็นข้อมูลพิกัดตำแหน่ง ถูกส่งผ่านรูปของสัญญาณพัลส์ควบคุมการติดดับไปยังหลอดไดโอดเปล่งแสง ไม้เท้านำทางสามารถใช้ประโยชน์ในการให้ความช่วยเหลือผู้พิการทางสายตาในการรับรู้ตำแหน่งภายในอาคารและนำทางไปยังจุดหมายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VISIBLE LIGHT COMMUNICATION FOR VISUALLY IMPAIRED PEOPLE

Peerawat Jamkrajang
Sunhanut Chiangtong
Supasin Chalermpoonsup
Akarawut Wiangtong
Assoc.Prof.Dr.Attapol Ngaopitakkul Advisor

ABSTRACT

This project aims to present the design of guiding stick for the visually impaired people which applying Visible Light Communication knowledge into this design. The design can be split into two parts, transmitter and receiver. Receiver consists of Photodiode and Arduino in order to attain positioning information , then transform this into sound via headphone. Using Light Emitting Diodes (LEDs) and small Arduinos as the transmitter , one LED and one Arduino for each position. The positioning information of each indoor position is transfer in PWM pulse form to control on-off of light in LEDs. This guiding stick could make visually impaired people more comfortable to reach their destination when going out indoor places.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่านซึ่งไม่อาจนำมากล่าวได้ทั้งหมด ผู้มีพระคุณที่ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณคือ รศ.ดร.อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล และ ผศ.ดร.ชัยยันต์ เจตนาเสน อาจารย์ที่ปรึกษาผู้ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ การตรวจทาน และแก้ไขปัญหารวมถึงข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นด้วยความเอาใจใส่ในทุกขั้นตอน เพื่อให้การทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ที่สุด ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ผู้ศึกษาต้องขอขอบคุณ รุ่นพี่ที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาโทและปริญญาเอกทั้งหลายที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการให้คำแนะนำและข้อมูลต่าง ๆ ในการจัดทำปริญญานิพนธ์ รวมถึงเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการที่มีความกรุณาให้เบิกใช้และสนับสนุนอุปกรณ์เครื่องมือในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ท้ายที่สุดผู้ศึกษาต้องขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาที่อยู่เบื้องหลังในความสำเร็จที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดเวลาตั้งแต่ต้นจบปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	7
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	7
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	7
1.5 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็น	11
2.1.1 พื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็น	11
2.1.2 มาตรฐานของการสื่อสารทางแสง	12
2.2 เทคนิคของการระบุตำแหน่งวัตถุเป้าหมายภายในอาคาร	12
2.2.1 เทคนิคการระบุตำแหน่งเป้าหมายโดยใช้เรขาคณิตของรูปสามเหลี่ยม	13
2.2.2 เทคนิคการระบุตำแหน่งเป้าหมายแบบฟิงเกอร์ปริ้น	13
2.2.3 เทคนิคการระบุตำแหน่งเป้าหมายโดยอ้างอิงจากตำแหน่งใกล้เคียง	14
2.3 แสง	14
2.4 โฟโต้ไดโอด (Photo Diode)	15
2.4.1 โฟโต้ไดโอด (Photo Diode)	15
2.4.2 โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor)	16
2.4.3 โฟโต้ดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์ (Photo DaringtonTransistor)	16
2.4.4 โฟโต้ไดโอดโมดูล	17
2.5 หลอดไดโอดเปล่งแสง	17
2.5.1 หลักการทำงานของหลอดไดโอดเปล่งแสง	17
2.5.2 ส่วนประกอบของหลอดไดโอดเปล่งแสง	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5.3 การต่อวงจรของหลอดไดโอดเปล่งแสง	18
2.5.4 ค่าความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสง	18
2.6 Arduino	19
2.6.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	19
2.6.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด Arduino	19
2.6.3 โปรแกรม Arduino 1.6.12	20
2.7 การผสมสัญญาณเชิงแสง	21
2.7.1 การผสมสัญญาณเชิงแสง	21
2.7.2 รูปแบบการผสมสัญญาณเชิงแสง	22
บทที่ 3 หลักการออกแบบและการคำนวณ	
3.1 หลักการออกแบบไม้เท้านำทาง	24
3.2 วงจรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล	26
3.2.1 วงจรภาคตัวส่งด้วยสัญญาณแสง	26
3.2.2 วงจรภาครับข้อมูล	27
3.2.3 ตัวจ่ายกำลังทางไฟฟ้า (220 V_{ac} to 12 V_{dc}, 2.1 A)	28
3.2.4 การเขียนโปรแกรมลงอาดูโน่	28
3.2.5 การแสดงผลออกทางเสียง	29
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 ทดลองรับค่าการแสดงข้อความผ่านทางจอแอลซีดี	32
4.2 ตรวจสอบระยะห่างจากหลอดไฟถึงวงจรภาครับทั้งแนวดิ่งและแนวระนาบ	36
4.3 ตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเดินผ่านบริเวณที่มีการซ้อนทับกันของแสง	38
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	40
5.2 ปัญหาที่พบ	40
5.3 แนวทางการพัฒนา	40
เอกสารอ้างอิง	42
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก บทความทางวิชาการ	46
ประวัติผู้เขียน	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 (ก) ระบบของการสื่อสารกันระหว่างยานพาหนะ	4
1.1 (ข) ส่วนประกอบของหุ่นยนต์ที่มีชื่อว่า“HOSPI”	4
1.1 (ค) ตัวอย่างการส่งสัญญาณเสียงด้วยแสงที่ตามองเห็น	4
1.1 (ง) ต้นแบบของระบบที่ใช้ในการระบุตัวตน	4
1.2 แสดงหลักการทำงานของระบบช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็น	6
2.1 การนำเทคโนโลยีการสื่อสารแสงที่ตามองเห็นไปประยุกต์ใช้	11
2.2 เทคนิคการระบุตำแหน่งของวัตถุเป้าหมายภายในอาคาร	13
2.3 ขั้นตอนการระบุตำแหน่งเป้าหมายด้วยวิธีฟิงเกอร์ปริ้น	13
2.4 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละชนิด	14
2.5 โฟโต้ไดโอด (Photo Diode)	15
2.6 สัญลักษณ์ และการไบอัสใช้งาน	15
2.7 สัญลักษณ์ โครงสร้างและวงจรสมมูล ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์	16
2.8 สัญลักษณ์ และโครงสร้างของโฟโต้ดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์	16
2.9 โฟโต้ไดโอดโมดูล	17
2.10 ภาพตัวอย่างทิศทางของแสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสง	18
2.11 การต่อตัวต้านทานของหลอดไดโอดเปล่งแสง	18
2.12 บอร์ด Arduino ต่อกับ XBee Shield	19
2.13 บอร์ด Arduino Uno	20
2.14 โปรแกรม Arduino 1.6.12	20
2.15 รูปแบบการผสมสัญญาณเชิงแสงโดยใช้การตรวจจับแบบโดยตรง	21
2.16 รูปแบบการส่งสัญญาณแบบ On-off Keying	22
2.17 รูปแบบการส่งสัญญาณแบบพัลส์โพสิชันมอดูเลชัน	23
2.18 รูปแบบการส่งสัญญาณแบบ Multi-pulse Pulse Position Modulation	23
3.1 การระบุตำแหน่งภายในอาคาร	24
3.2 ไดอะแกรมภาพรวมของวงจรภาคส่งและวงจรภาครับ	25
3.3 แผนภาพวงจรภาคส่ง	26
3.4 วงจรภาคตัวส่ง	26
3.5 แผนภาพวงจรภาครับ	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 วงจรภาคตัวรับ	27
3.7 การจ่ายแรงดันให้อาดูโน่แต่ละตัว	28
3.8 วงจรทดสอบการแสดงผลทางเสียง	29
3.9 ไม้เท้านำทาง	29
4.1 รูปวงจรภาคส่งที่ใช้จริงในการทดลอง	31
4.2 วงจรภาครับที่ใช้จริงในการทดลอง	31
4.3 รูปการทดลองที่ 1	32
4.4 สัญญาณพัลส์ความถี่ 300 เฮิรตซ์ (จุด A)	33
4.5 ผลของค่าที่รับได้ผ่านทางจอแอลซีดี (จุด A)	33
4.6 สัญญาณพัลส์ความถี่ 500 เฮิรตซ์ (จุด C)	34
4.7 ผลของค่าที่รับได้ผ่านทางจอแอลซีดี (จุด C)	34
4.8 สัญญาณพัลส์ความถี่ 700 เฮิรตซ์ (จุด E)	35
4.9 ผลของค่าที่รับได้ผ่านทางจอแอลซีดี (จุด E)	35
4.10 รูปการทดลองที่ 2	36
4.11 รูปการทดลองที่ 3	38
4.12 ผลของค่าที่รับได้ผ่านทางจอแอลซีดีเมื่อเดินผ่านจุดบริเวณที่มีการซ้อนทับกันของแสงจากหลอดไฟ	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน	9
2.1 ความยาวคลื่น ความถี่และพลังงานของสเปคตรัมแต่ละสี	14
4.1 ผลการทดลองโดยใช้หลอดไฟขนาด 3 วัตต์	37
4.2 ผลการทดลองโดยใช้หลอดไฟขนาด 4 วัตต์	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบัน ทุกประเทศทั่วโลกต่างให้ความสำคัญกับแนวคิดในการพัฒนาเมืองต่าง ๆ ในประเทศให้เป็นเมืองอัจฉริยะ (Smart City) ซึ่งเมืองอัจฉริยะมีหลักการออกแบบที่มีองค์ประกอบสำคัญหลัก ๆ เป็นการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและข้อมูลมาควบคุม บริหารจัดการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการประหยัดการใช้พลังงาน การใช้พลังงานทดแทน รวมไปถึงการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม เช่น ระบบควบคุมอาคารอัจฉริยะ[1] ระบบควบคุมจราจรอัจฉริยะ [2] เป็นต้น แนวคิดเมืองอัจฉริยะได้ถูกริเริ่มดำเนินการในหลายเมืองของต่างประเทศ ทำให้เป็นที่สนใจสำหรับประเทศไทยถึงความต้องการในการนำแนวคิดดังกล่าวมาพัฒนาให้เกิดเมืองอัจฉริยะขึ้นในหลาย ๆ จังหวัดของประเทศ ความพร้อมของการเป็นสมาร์ตไทยแลนด์ (Smart Thailand) [3] คาดว่าพร้อมเสร็จสิ้นในปี 2563

แนวคิดสมาร์ตไทยแลนด์ถูกริเริ่มโดยกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร[4] ตามนโยบายของรัฐบาลชุดพลเอกประยุทธ์ จันทร์โอชาที่ต้องการยกระดับด้านการสื่อสารเทคโนโลยีให้ทันสมัย สะดวกรวดเร็ว ซึ่งได้วางแผนเริ่มต้นต้นแบบเมืองอัจฉริยะที่เมืองท่องเที่ยวของไทยอย่างจังหวัดภูเก็ตและเชียงใหม่ โดยได้ทำการเปิดโครงการ Phuket Smart City ก่อนเป็นที่แรก จุดประสงค์ของโครงการนั้นต้องการให้ระบบโทรคมนาคมทันสมัยส่งผ่านข้อมูลที่เสถียร มีเน็ตความเร็วสูงให้เข้าถึงพื้นที่ทั่วประเทศ ต้องการยกระดับศูนย์ดิจิทัลชุมชนบริบทท้องถิ่นให้มากขึ้น และปรับเปลี่ยนสู่รัฐบาลดิจิทัลเปิดเผยข้อมูลให้ประชาชนได้รับรู้มากขึ้นในการใช้งบ สิทธิประโยชน์ต่างๆ เป็นระบบต้องการให้ใช้ดิจิทัลเชื่อมท่องเที่ยว และสนับสนุนนวัตกรรมสร้างสรรค์ในอินโนเวชั่นพาร์คของภูเก็ต เป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมท่องเที่ยว เป็นการเริ่มต้นที่ดีชัดเจนของสมาร์ทซิตี้ นอกจากนี้ภูเก็ตยังเป็นเมืองที่มีความพร้อมในหลาย ๆ ด้าน ทั้งสภาพเศรษฐกิจ รวมถึงจำนวนนักท่องเที่ยวที่เข้ามาในจังหวัดต่อปี เหมาะแก่การเริ่มต้นเมืองอัจฉริยะกับอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเป็นลำดับแรกและมีแนวโน้มที่จะพัฒนาไปยังอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง แนวคิดเมืองอัจฉริยะมีพื้นฐานอยู่ 6 ด้าน ได้แก่

1) เมืองที่เอื้อต่อการทำธุรกิจ (Smart Economy) สร้างนวัตกรรมด้านผลิตภัณฑ์และบริการ

2) เมืองประหยัดพลังงาน (Smart Environment) ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3) เมืองที่บริหารจัดการโปร่งใส (Smart Governance) มีความร่วมมือกับภาคเอกชนอย่างมีประสิทธิภาพ

4) เมืองที่น่าอยู่ (Smart Living) มีความปลอดภัย มีสิ่งอำนวยความสะดวกด้านการศึกษาและด้านสุขภาพอนามัย

5) เมืองที่สามารถติดต่อสื่อสารระหว่างกันได้อย่างสะดวกสบาย (Smart Mobility)

6) เมืองที่ให้ความเท่าเทียมกันในสังคม (Smart People) มีสิ่งอำนวยความสะดวกแก่คนพิการ ผู้ด้อยโอกาส คนสูงอายุ

ผู้พิการทางสายตาได้รับความสนใจและให้ความสำคัญสำหรับทุกประเทศทั่วโลก โดยปัญหาการใช้ชีวิตสำหรับผู้พิการทางสายตาถือว่าเป็นหนึ่งในปัญหาที่สำคัญที่สุดของแต่ละประเทศ และอัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเติบโตของจำนวนประชากรที่มีความพิการทางสายตามีแนวโน้มสูงขึ้น มีทั้งเริ่มจากการพิการมาโดยกำเนิดและพิการในภายหลัง ซึ่งการให้ความสำคัญกับปัญหาดังกล่าวสามารถพบเห็นได้จากงานวิจัยมากมายทั้งภายในและภายนอกประเทศที่มีการพูดถึงเกี่ยวกับผู้พิการทางสายตา อาทิเช่น การวิจัยที่มีการสำรวจเกี่ยวกับอัตราจำนวนประชากรที่มีความพิการทางสายตาในแต่ละพื้นที่ [5] งานวิจัยเกี่ยวกับการตอบสนอง ความคิดเห็น ทัศนคติ รวมถึงการใช้ชีวิตร่วมกับคนทั่วไปในสภาพแวดล้อมปกติภายใต้ความพิการทางสายตา [6-10] งานวิจัยที่มีการกล่าวถึงสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ สื่อ เทคโนโลยีที่สามารถให้ความช่วยเหลือผู้พิการทางสายตาให้สามารถใช้ชีวิตร่วมกับคนปกติในสังคมได้สะดวกยิ่งขึ้น แบ่งเป็น งานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างสื่อการเรียน [11] งานวิจัยเกี่ยวกับการรับรู้ผ่านสื่อโทรทัศน์ [12] งานวิจัยเกี่ยวกับยานพาหนะและระบบขนส่งที่เหมาะสมกับผู้พิการทางสายตา [13] และงานวิจัยเกี่ยวกับการให้บริการสำหรับลูกค้าที่เป็นผู้พิการทางสายตา [14] เห็นได้ว่างานวิจัยที่กล่าวมา รวมถึงงานวิจัยอื่น ๆ อีกมากมายเกี่ยวกับผู้พิการทางสายตา มีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยมีวัตถุประสงค์ในการสำรวจปัญหาและความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้ชีวิตของผู้พิการทางสายตาเพื่อนำมาค้นหาวิธีช่วยแก้ปัญหาที่ผู้พิการทางสายตาได้รับผลกระทบ

จากสถิติขององค์การอนามัยโลก[15] พบว่า ในปัจจุบันมีผู้พิการทางสายตาอยู่ประมาณ 285 ล้านคนทั่วโลก โดยแบ่งเป็นคนตาบอด 39 ล้านคน และผู้ที่มีคุณภาพในการมองเห็นต่ำ 246 ล้านคน จากสถิติล่าสุดของกระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ในวันที่ 2 กันยายน 2559 พบว่า ในประเทศไทยมีผู้พิการทางสายตาอยู่ประมาณ 180,000 คน [16] ซึ่งระดับการมองเห็นของคนสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ตามการจำแนกของสากล ประกอบด้วย การมองเห็นปกติ มีปัญหาการมองเห็นระดับปานกลาง มีปัญหาการมองเห็นระดับรุนแรง และตาบอด ตามลำดับ โดยกลุ่มของผู้มีปัญหาทางสายตาในระดับปานกลางและระดับรุนแรงถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มของผู้ที่มีคุณภาพในการมองเห็นต่ำ เมื่อกลุ่มของคนตาบอดมารวมกับกลุ่มของผู้ที่มีคุณภาพในการมองเห็นต่ำจึงถูกเรียกว่า ผู้พิการทางสายตา ประมาณ 90% ของผู้พิการทางสายตาทั้งหมดในโลกอาศัยอยู่ในประเทศที่กำลังพัฒนา แบ่งเป็นกลุ่มของผู้ที่มีอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป และเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 15 ปี โดยในกลุ่มผู้ที่มีอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป คิดเป็น 20% ของประชากรทั้งโลก ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่มาจากอายุที่มากขึ้นและโรคเกี่ยวกับสายตา ส่วนในกลุ่มของเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 15 ปี สาเหตุส่วนใหญ่มาจากความผิดปกติของการหักเหของสายตา โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของผู้พิการทางสายตานั้นมีแนวโน้มจะเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี การดำเนินชีวิตของผู้ที่มีปัญหาทางสายตาจะอาศัยประสาทสัมผัสที่เหลือ โดยการเดินทางสัญจรไปมาของผู้พิการทางสายตาส่วนมากจะอาศัยความช่วยเหลือจากผู้ที่มีระดับสายตาปกติหรือการใช้ประสาทสัมผัสที่เหลือของตนเองช่วยในการเดินทาง ใช้การสัมผัสในการรับรู้ระดับความชันความต่างระดับ หรือสิ่งกีดขวางที่อยู่ในระยะของไม้เท้า และใช้การได้ยินในการฟังเสียงสิ่งต่าง ๆ รอบข้าง

ความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีทำให้เกิดสิ่งก่อสร้าง การคมนาคม รวมถึงสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ มากมายอันก่อให้เกิดความสะดวกสบายในการใช้ชีวิตสำหรับคนส่วนใหญ่ [17-19] อาทิเช่น ห้างสรรพสินค้า โรงแรม สำนักงานอาคารต่าง ๆ ที่มีระบบไฟฟ้าและเทคโนโลยีภายในอาคารที่ทันสมัย สวย จนบางที่กลายเป็นสถานที่ท่องเที่ยวสำหรับนักท่องเที่ยว มีจุดชมวิวหรือร้านอาหารบรรยากาศดีภายใน ช่วยสร้างรายได้เพิ่มเติมให้กับเจ้าของนอกเหนือจากวัตถุประสงค์หลักในการใช้งาน ด้านการคมนาคมมีรถไฟฟ้า รวมถึงรถไฟใต้ดินที่ทำให้การเดินทางง่ายและมีความสะดวกมากขึ้น ระบบในการระบุตำแหน่งบนพื้นโลกเพื่อช่วยในการนำทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

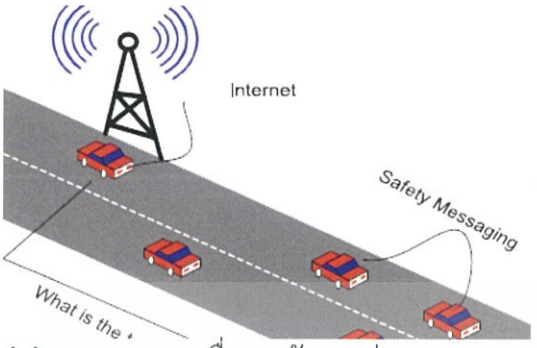
นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์เทคโนโลยีมากมายที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้งานและการใช้ชีวิตของคนในปัจจุบัน เช่น โทรศัพท์มือถือรุ่นใหม่ ๆ ที่ช่วยให้การสื่อสารและติดต่อเป็นไปด้วยความสะดวกรวดเร็ว สามารถถ่ายรูปและสืบค้นข้อมูลผ่านระบบอินเตอร์เน็ตตลอดเวลา คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทำงาน การติดต่อสื่อสาร รวมถึงการสืบค้นข้อมูล จนพัฒนากลายมาเป็นแล็ปท็อปในปัจจุบันที่มีขนาดเล็กลงและสะดวกในการพกพาไปในที่ต่าง ๆ แต่ในทางกลับกัน สิ่งก่อสร้าง เทคโนโลยีและสิ่งอำนวยความสะดวกดังกล่าวนั้นยังไม่สามารถเข้าถึงประชากรบางกลุ่มของสังคมได้เนื่องจากกลุ่มดังกล่าวมีปัญหาความผิดปกติทางด้านร่างกายทำให้ไม่สามารถดำเนินชีวิตได้เช่นคนปกติ ทำให้การจะได้รับประโยชน์จากสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ เป็นไปได้ยาก เช่น กลุ่มผู้พิการหรือผู้มีความผิดปกติทางสายตาจะมีปัญหาในการใช้ชีวิตมากและจำเป็นต้องฝึกฝนตนเองในการใช้ชีวิตเพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับคนอื่น ๆ ในสังคมได้อย่างปกติ แต่ในบางครั้งกลุ่มคนดังกล่าวจำเป็นต้องพึ่งพาปัจจัยภายนอก เช่น วัสดุหรืออุปกรณ์ในการนำทาง สิ่งก่อสร้างหรือสัญญาณที่สามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัสส่วนอื่น ๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่อยู่เหนือสัญชาติญาณของผู้พิการ ปัจจัยภายนอกต่าง ๆ ที่กล่าวมาได้รับความสนใจและพัฒนามากขึ้นในปัจจุบันแต่ยังคงไม่เพียงพอในการอำนวยความสะดวกและยังก่อให้เกิดปัญหาในการใช้ชีวิตของผู้พิการทางสายตา รวมถึงความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน เช่น ในการเดินทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางเท้าบริเวณถนนแยกต่าง ๆ ยังขาดสัญญาณเตือนหรือสิ่งที่ช่วยระบุตำแหน่งให้ผู้พิการทางสายตาได้รับรู้ ทำให้ขาดความปลอดภัยในชีวิต รวมไปถึงการเดินทางภายในอาคารที่การพัฒนาอาคารและสถาปัตยกรรมภายในยังไม่ได้รับการคำนึงถึงมากพอสำหรับการอำนวยความสะดวกให้กับผู้พิการทางสายตาให้สามารถใช้ชีวิตได้แบบคนปกติทั่วไปได้ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุทั้งจากตัวอาคาร สิ่งของกับผู้พิการทางสายตาได้

จากประโยชน์ทางอ้อมของหลอดไดโอดเปล่งแสงในการประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นนั้น ด้วยคุณสมบัติเด่นของเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านแสงที่มีช่วงของความถี่กว้างและไม่มีผลกระทบทางด้านสุขภาพ ใช้พลังงานน้อย จึงทำให้มีนำเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็นมาประยุกต์ในหลาย ๆ แบบ[20] เช่น การสื่อสารไร้สายผ่านแสง (Li-Fi) ในปี 2011, Harald Haas ได้คิดค้นและนำเอา การสื่อสารไร้สายผ่านแสง มาใช้ [21,22] การสื่อสารไร้สายผ่านแสงคือการส่งข้อมูลสองทิศทางโดยตรงความเร็วสูงแบบเต็มรูปแบบซึ่งการสื่อสารไร้สายด้วยแสงที่ตามองเห็นจะมีความคล้ายคลึงกับ การสื่อสารไร้สาย (wifi) ที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุในการสื่อสาร [23] โดยปกติสัญญาณการสื่อสารไร้สายจะมีปัญหาในการรบกวนกับสัญญาณความถี่วิทยุอื่น ๆ เช่น การรบกวนสัญญาณที่ใช้ในการนำทางบนเครื่องบิน [24] ในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากคลื่นสนามแม่เหล็กได้ง่าย เช่น เครื่องบิน เพราะฉะนั้น การสื่อสารไร้สายผ่านแสงจึงเป็นเทคโนโลยีที่มาแก้ปัญหาดังกล่าวและยังสามารถนำไปประยุกต์กับการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ด้วยกัน [25,26] ซึ่งมีความถี่ถึง 10 Gbits/s ที่เร็วกว่าการสื่อสารแบบเดิมกว่า 250 เท่า [27]

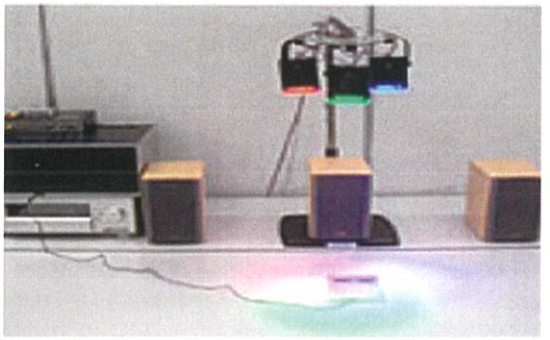
การสื่อสารกันระหว่างยานพาหนะ เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านแสงได้นำมาใช้ในกับการสื่อสารกันระหว่างยานพาหนะด้วยกัน เนื่องจากรถและไฟสัญญาณจราจรมีหลอดไฟเป็นโครงสร้างพื้นฐานอยู่แล้ว ซึ่งการนำเทคโนโลยีนี้ได้มาประยุกต์ใช้เกี่ยวกับความปลอดภัยของยานพาหนะบนท้องถนน ที่รวมไปถึงการแจ้งเตือนการชน การตรวจจับก่อนชน การแจ้งเตือนการเปลี่ยนเลน การแจ้งเตือนการละเมิดสัญญาณไฟจราจรและการแจ้งเตือนความเร็วขณะโค้ง [28] ดังนั้นเทคโนโลยีการสื่อสารความเร็วสูงด้วยแสงที่ตามองเห็น เช่น การสื่อสารไร้สายผ่านแสง จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

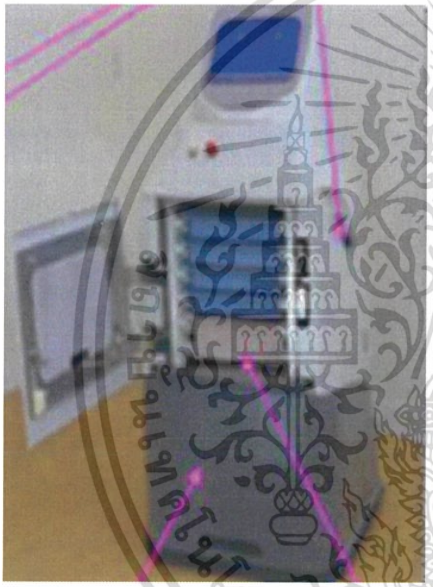
ยานพาหนะ ดังรูปที่ 1.1 (ก) ในระบบการสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็นในที่โล่งแจ้งจะใช้ control area network (CAN) และจะใช้ทั้งไฟหน้าและหลังของยานพาหนะในการใช้สื่อสารระหว่างกัน [29]



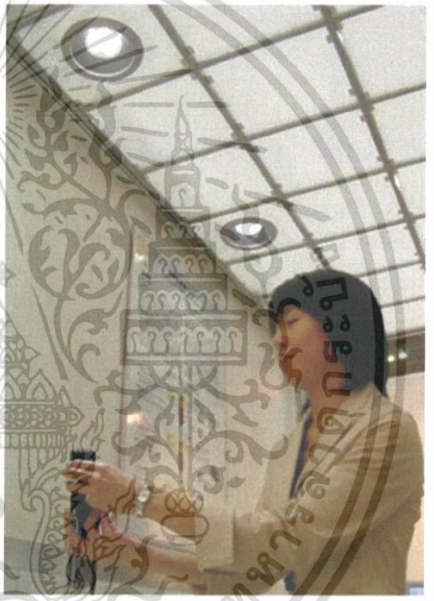
(ก) ระบบของการสื่อสารกันระหว่างยานพาหนะ



(ข) ส่วนประกอบของหุ่นยนต์ที่มีชื่อว่า“HOSPI”[15]



(ค) ตัวอย่างการส่งสัญญาณเสียงด้วยแสงที่ตามองเห็น[33]



(ง) ต้นแบบของระบบที่ใช้ในการระบุตัวตน[34]

รูปที่ 1.1 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลผ่านแสงที่ตามองเห็น

การประยุกต์ใช้ในโรงพยาบาล โรงพยาบาลจะมีพื้นที่ที่ต้องการหลีกเลี่ยงการรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น เครื่องสแกน MRI ซึ่งจำเป็นต้องเปลี่ยนไปใช้เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยตามองเห็นแทน เพราะไม่รบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของอุปกรณ์อื่น ๆ [30] ในรูปที่ 1.1 ข คือ หุ่นยนต์ที่มีชื่อว่า HOSPI ซึ่งถูกสร้างเพื่อนำมาใช้สำหรับการขนส่งภายในโรงพยาบาล ซึ่งระบบควบคุม HOSPI จะใช้เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็นมาติดตั้งภายในอาคารและตรวจจับการนำทางของหุ่นยนต์ [31]

การแสดงข้อมูลของป้าย โดยทั่วไปแล้วป้ายต่าง ๆ จะทำด้วยหลอดไดโอดเปล่งแสง ซึ่งจะใช้เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็นมาใช้ในอธิบายรายละเอียดของแผ่นป้ายนั้น ๆ เช่น ป้ายภายในสนามบิน ป้ายหยุดรถ หรือภายในพิพิธภัณฑ์ [32]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการสื่อสารเสียง หลอดไดโอดเปล่งแสงสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน ถูกใช้ในการส่งข้อมูลของสัญญาณเสียง แสดงดังรูปที่ 1.1 (ค)

การระบุตัวตนด้วยแสงที่ตามองเห็น แสงที่ตามองเห็นสามารถถูกใช้ในระบบระบุตัวตนในสถานที่ต่าง ๆ เช่น ถ้าอยู่หน้าห้องที่ 12 แสงที่ตามองเห็นจะสามารถใช้บอกตำแหน่งได้ ซึ่งคล้ายกับในโรงพยาบาล และสถานีรถไฟฟ้า ซึ่งแสดงดังรูปที่ 1.1 (ง)

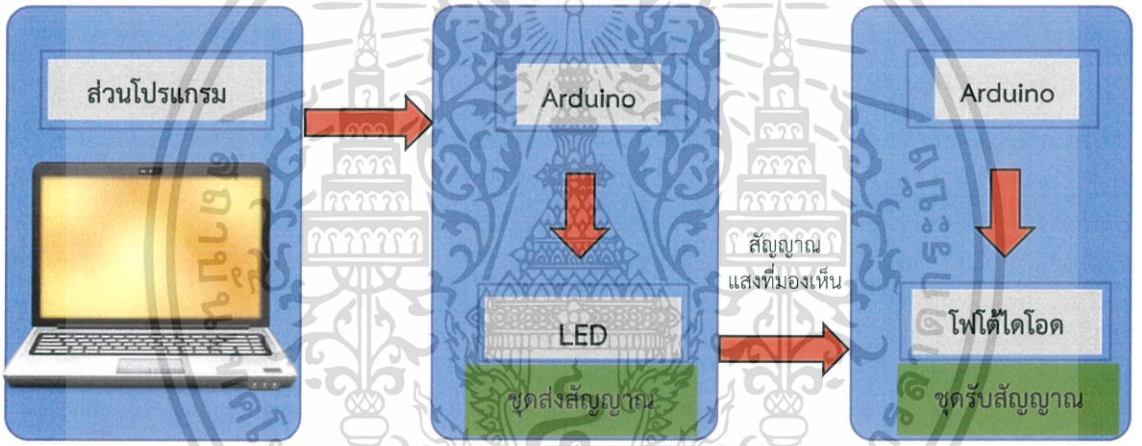
ทางคณะวิจัยเห็นถึงปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นกับผู้พิการทางสายตาในปัจจุบันและเห็นถึงความสำคัญในการแก้ปัญหาเพื่อช่วยเหลือกลุ่มผู้พิการทางสายตา จึงสืบค้นข้อมูล รวมถึงงานวิจัยต่าง ๆ จากทั้งในประเทศและต่างประเทศเพื่อหาเทคโนโลยีที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาให้กับกลุ่มผู้พิการทางสายตาได้โดยเน้นถึงความเหมาะสมของเทคโนโลยีที่ประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและสถาปัตยกรรมสิ่งก่อสร้างภายในประเทศเป็นหลัก จนนำมาซึ่งความรู้ทางด้านเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่สามารถมองเห็นได้ (Visible Light Communication : VLC) จากต่างประเทศ ซึ่งได้มีการประยุกต์ใช้กับสิ่งต่าง ๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นระบบจราจร การนำทาง รวมถึงการส่งถ่ายข้อมูล เช่น การใช้เทคโนโลยีดังกล่าวในการส่งข้อมูลทางด้านการจราจรในช่วงเวลาต่าง ๆ แบบทันทีผ่านทางสัญญาณไฟจราจรไปยังตัวรับสัญญาณที่ติดอยู่กับรถยนต์[35] การระบุตำแหน่งภายในอาคารหรือห้างสรรพสินค้าบางแห่งโดยอาศัยแสงสว่างของหลอดไฟภายในอาคารส่งข้อมูล[36] หรือแม้กระทั่งการส่งข้อมูลสัญญาณอินเตอร์เน็ตผ่านทางแสงซึ่งเรียกว่า การสื่อสารไร้สายผ่านแสง (Li-Fi) ซึ่งพบว่ามีความปลอดภัยและความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูลมากกว่าระบบอินเตอร์เน็ตปัจจุบัน [37] เป็นต้น ทางคณะวิจัยจึงมีความคิดประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่สามารถมองเห็นได้ในการช่วยเหลือผู้พิการทางสายตาให้ได้รับความสะดวกสบายมากขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ ณ ปัจจุบัน โดยเป็นการใช้เทคโนโลยีดังกล่าวช่วยนำทางด้วยการระบุตำแหน่งจุดต่าง ๆ ภายในอาคาร รวมถึงการส่งข้อมูลระยะทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งผ่านทางแสงของหลอดไฟซึ่งมีอยู่แล้วตามจุดต่าง ๆ ในอาคาร เพื่อให้ผู้พิการทางสายตาทราบถึงตำแหน่งที่ชัดเจนของตัวเองและสามารถคาดคะเนทิศทางในการเดินทางไปยังจุดหมายได้อย่างถูกต้อง ผิดพลาดน้อยที่สุด ซึ่งประโยชน์ที่ได้รับช่วยให้การดำเนินชีวิตประจำวันของผู้พิการทางสายตามีความสะดวกสบาย ปลอดภัยยิ่งขึ้นกว่าเดิม เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่สามารถมองเห็นได้ นั้นถือว่าเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่น่าสนใจและเริ่มมีการศึกษามากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะในต่างประเทศ ส่วนในประเทศไทยเองอาจจะยังไม่เป็นที่แพร่หลาย แต่ก็ถือว่าเริ่มมีการศึกษาและใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีนี้มากขึ้น [38]

การสื่อสารด้วยแสงที่สามารถมองเห็นได้ เป็นเทคโนโลยีที่อาศัยแสงที่ความถี่อยู่ในช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นในการส่งถ่ายข้อมูล โดยจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ประมวลผลขนาดเล็กเก็บข้อมูล (เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์, อาดูโน่ เป็นต้น) ซึ่งมีข้อมูลที่ต้องการส่งเก็บไว้และต่อเอาท์พุทจากตัวอุปกรณ์ประมวลผลต่อไปยังแหล่งกำเนิดแสง (เช่น หลอดไดโอดเปล่งแสง) เพื่อส่งข้อมูลที่ต้องการไปยังตัวรับ (receiver) ที่ต่ออยู่กับหน่วยประมวลผลอีกตัวหนึ่งเพื่อทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับเพื่อนำไปแสดงผลในรูปแบบต่าง ๆ ต่อไป จากการศึกษาเทคโนโลยีนี้พบว่า การใช้แสงในช่วงคลื่นความถี่ที่ตามองเห็นถือว่ามีความสะดวกสบายในการใช้งานเนื่องจากอาศัยแหล่งพลังงานที่หาได้ทั่วไป คือแสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสง ซึ่งเป็นหลอดไฟที่กำลังได้รับความนิยมใช้เนื่องมาจากประสิทธิภาพความส่องสว่างของตัวหลอด รวมถึงการกินกำลังไฟฟ้าน้อยกว่าหลอดทั่วไป ทำให้ประหยัดพลังงานที่ใช้ [39] นอกจากนี้ การส่งข้อมูลด้วยแสงยังมีความปลอดภัยมากกว่าการส่งแบบอื่นเนื่องจากความไวใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งข้อมูลที่ความถี่ของคลื่นแสงที่สามารถส่งถ่ายข้อมูลได้เป็นจำนวนมากในเวลาอันรวดเร็ว ยากต่อการเข้าถึงและรบกวน

ทางคณะวิจัยจึงคิดนำเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่สามารถมองเห็นได้ นี้มาประยุกต์ใช้ในการช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา โดยการสร้างระบบนำทางที่สามารถเชื่อมต่อกับตัวอุปกรณ์แสดงผลทางเสียง ดังแสดงในรูปที่ 1.2 หลักการคือ จะมีหน่วยประมวลผลข้อมูลซึ่งระบุตำแหน่งนั้น ๆ ของอาคารติดอยู่ที่ตัวหลอดไดโอดเปล่งแสง ข้างบนเพดานของอาคารและเชื่อมต่อกันทางไฟฟ้าจากเอาท์พุทหน่วยประมวลผลไปยังตัวหลอด และติดอุปกรณ์ตรวจจับซึ่งเป็นโฟโตไดโอด ทำหน้าที่เป็นตัวรับติดอยู่ที่ไม้เท้าของผู้พิการทางสายตา เมื่อผู้พิการทางสายตาเดินผ่านบริเวณดังกล่าว แสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสง ซึ่งปกติส่องแสงลงมายังพื้นเหมือนหลอดไฟปกติอยู่แล้วนั้นทำการส่งข้อมูลที่อยู่ในตัวหน่วยประมวลผลที่ติดอยู่ที่หลอดมาเข้าอุปกรณ์ตรวจจับ ที่ไม้เท้าด้วย จากนั้นอุปกรณ์ตรวจจับซึ่งเชื่อมต่อกับตัวอุปกรณ์หน่วยประมวลผลอีกตัวหนึ่ง ก็จะส่งข้อมูลและทำการประมวลผลเพื่อแปลงเป็นระบบเสียงบอกพิกัดตำแหน่งบริเวณนั้นของอาคารผ่านทางอุปกรณ์แสดงผลทางเสียง ให้กับผู้พิการทางสายตาได้ทราบ



รูปที่ 1.2 แสดงหลักการทำงานของระบบช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา
โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็น

การทดลองใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง เนื่องจากแสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสง มีความถี่อยู่ในช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น โดยการที่จะทำให้ระบบนำทางดังกล่าวเกิดขึ้นได้จริงจะต้องมีการติดตั้งหลอดไดโอดเปล่งแสง เป็นแนวยาวติด ๆ กันไปตามแนวหลอดไฟอื่นที่มีการติดตั้งไว้ก่อนแล้วในอาคาร โดยในแต่ละหลอดก็จะมีข้อมูลตำแหน่งของอาคารที่ไม่เหมือนกันติดไว้ และทดสอบด้วยการเดินตามแนวทางเดินของการติดตั้งหลอดไฟเพื่อรับข้อมูลแต่ละตำแหน่ง ผลที่คาดคือ ผู้ทดสอบจะทราบตำแหน่งที่อยู่และระยะทางจากจุดหมายปลายทางหรือทิศทางที่เดิน ทำให้ทราบว่าควรจะเดินโดยหันไปทางทิศใดจึงจะเป็นทิศทางการเดินที่ถูกต้องและเป็นระยะทางอีกเท่าใดโดยประมาณ

ประโยชน์และความสำคัญนอกเหนือจากการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่สามารถมองเห็นได้ ในการประยุกต์เพื่อช่วยเหลือผู้พิการทางสายตานั้นยังถือเป็นการช่วยประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละอาคารอีกด้วยเนื่องจากการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีนี้จำเป็นต้องอาศัยหลอดไดโอดเปล่งแสง ในการส่งถ่ายข้อมูล ซึ่งคุณสมบัติของตัวหลอดเมื่อเทียบกับหลอดอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วถือว่ามีประสิทธิภาพในการใช้งานที่มากกว่าและประหยัดพลังงานมากกว่าเนื่องจากการกระจายของแสงจะลงบริเวณทิศทางด้านล่างทำให้มีความสว่างต่อพื้นที่ใช้งานมากกว่าถึงแม้จะมีอัตราการส่องสว่างของหลอดต่ำกว่าหลอดปกติก็ตามสีที่ได้จากแสงของหลอดมีสีสันสวยงาม ทำให้อาคารอาจดูมีสีสัน สวย ดูมีบรรยากาศได้อีกด้วยหากมีการจัดวางตำแหน่งของหลอดและการออกแบบที่ดี นอกจากนี้ ในอนาคต หากมีการพัฒนาความก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น อาจใช้ตัวหลอดไดโอดเปล่งแสง ในการส่งถ่ายข้อมูลอินเตอร์เน็ตแบบไร้สาย (หรือ Wifi) ซึ่งจะมีความรวดเร็วและปลอดภัยต่อการเข้าถึงข้อมูลของบุคคลอื่นมากกว่าการใช้ระบบการส่งถ่ายข้อมูลอินเตอร์เน็ตแบบไร้สาย ในปัจจุบัน เป็นการป้องกันการจารกรรมทางข้อมูลทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้สำหรับการนำทางให้กับผู้พิการทางสายตา
2. เพื่อเป็นต้นแบบของการนำไปพัฒนาต่อยอดสำหรับการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้กับการใช้งานอื่น ๆ เช่น การจัดระบบความปลอดภัย การรับส่งข้อมูลการสื่อสารไร้สายผ่านแสง
3. เพื่อเป็นต้นแบบในการใช้ประโยชน์จากหลอดไดโอดเปล่งแสง ที่มีการใช้งานอยู่ปกติทั่วไปในการรับส่งข้อมูลแทนระบบอื่นโดยใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ขอบเขตของงานปริญญานิพนธ์นี้เป็นการประยุกต์การใช้เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ โดยมีการกำหนด ควบคุมห้องที่ทำการทดลองให้ไม่มีแสงสว่างจากภายนอกรบกวน ใช้หลอดไฟจำนวน 3 หลอด รวมถึงระยะห่างระหว่างหลอดที่ค่า 64 และ 240 เซนติเมตร (วัดจากจุดศูนย์กลางหลอดไฟ) ตามลำดับ เขียนข้อมูลตำแหน่งที่อยู่พร้อมกำหนดค่าความถี่ลง Arduino ของภาคตัวส่งที่ติดอยู่กับแต่ละหลอด คือ 300 , 500 และ 700 เฮิร์ต ตามลำดับ เพื่อใช้สำหรับส่งข้อมูลผ่านหลอดไฟประเภทไดโอดเปล่งแสง โปรแกรม Arduino ภาคตัวรับให้สามารถรับค่าความถี่พร้อมกับข้อมูลที่ส่งมาจากหลอดไฟได้ ผลที่ได้จากการรับข้อมูล คือ ตำแหน่งที่อยู่ภายในอาคารและระยะห่างจากจุดถัดไป โดยถูกแสดงผลเป็นเสียงผ่านทางหูฟัง

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงงาน

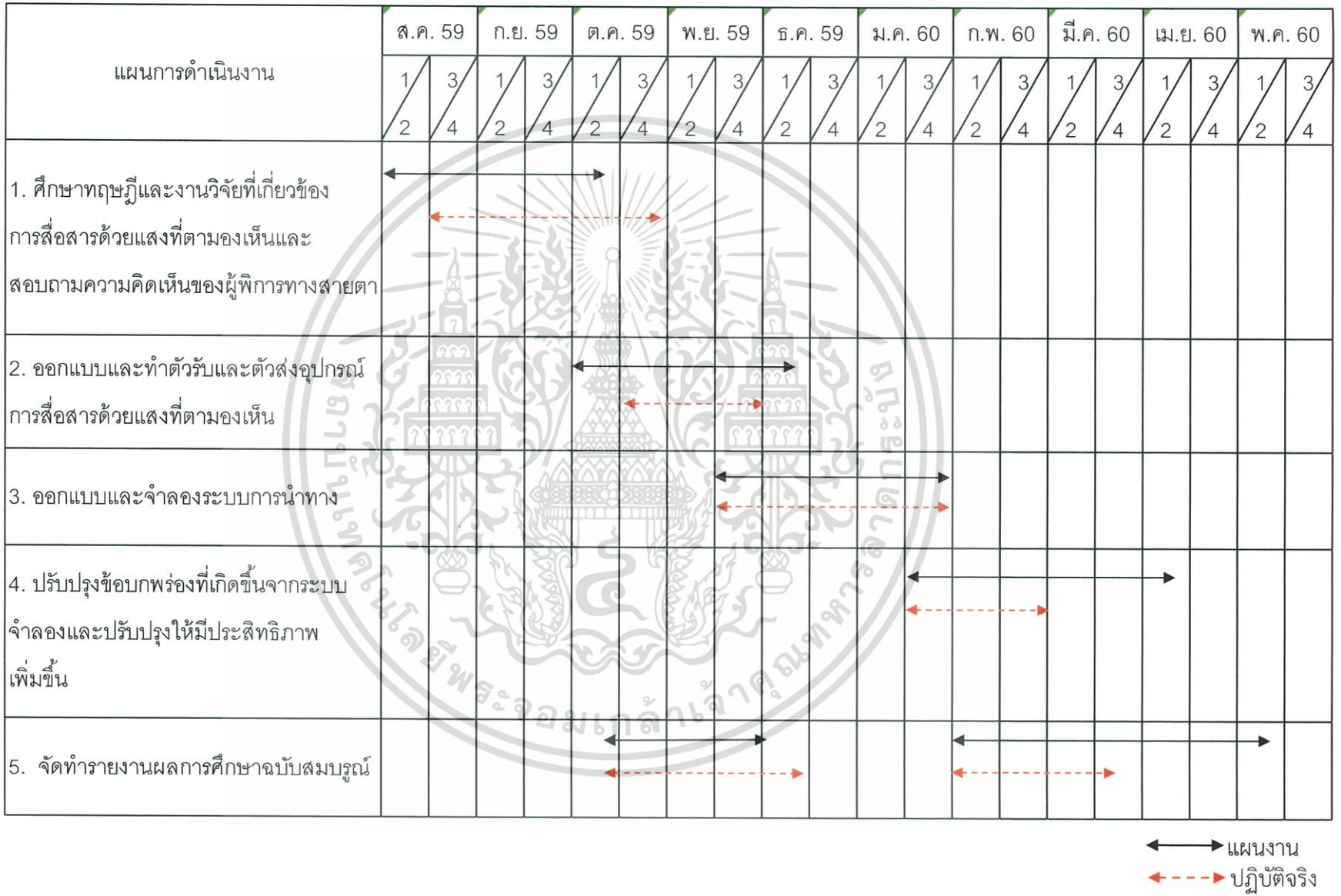
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ และสอบถามความคิดเห็นของผู้พิการทางสายตา
2. ออกแบบทำตัวรับและตัวส่ง เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้
3. ทำรายชื่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องใช้ของภาคตัวรับและตัวส่งตามการออกแบบ
4. ออกแบบการทดลองโดยวางตำแหน่งหลอดไฟในห้องตามการใช้งานจริงและทดลองใช้ภาคตัวรับเดินทดลองรับค่าแต่ละตำแหน่งที่ติดหลอดไฟ สังเกตผลที่เกิดขึ้นผ่านทางจอแอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ตรวจสอบระยะห่างแนวตั้งและแนวดิ่งโดยวัดจากศูนย์กลางหลอดไฟ รวมถึงทดลองสังเกตผลที่เกิดขึ้นผ่านทางจอแอลซีดีเมื่อเดินผ่านบริเวณที่มีการซ้อนทับกันของแสงจากหลอดไฟ 2 หลอด
6. ทำการทดลองหลาย ๆ ครั้งโดยเปลี่ยนขนาดวัตต์ของหลอดไฟ รวมถึงค่าความถี่หลาย ๆ ค่าที่แตกต่างกัน สังเกตและบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน



1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทางวิศวกรรมไฟฟ้าและพลังงาน

1. เป็นการใช้ประโยชน์จากหลอดไดโอดเปล่งแสง ที่มีการใช้งานอยู่ปกติทั่วไปในการรับส่งข้อมูลแทนระบบอื่นมาพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านการสื่อสารและวิศวกรรมส่องสว่างเพื่อใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด
2. ผู้ติดตั้งระบบเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ ในอาคารยังอาจสามารถนำประโยชน์จากการส่งข้อมูลมาใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงการจัดการระบบอื่น ๆ ภายในอาคารให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นได้ในอนาคต

ทางสังคม

1. ช่วยลดปัญหาในการเดินทางของผู้พิการทางสายตาในบางสถานที่ ที่ไม่สามารถ ช่วยเหลือตัวเองได้
2. ช่วยลดอุบัติเหตุหรือการบาดเจ็บอันเกิดมาจากแต่ละสถานที่แก่ผู้พิการทางสายตา
3. เป็นหนึ่งในทางเลือกการปรับปรุงอาคารเพื่อผู้พิการทางสายตา

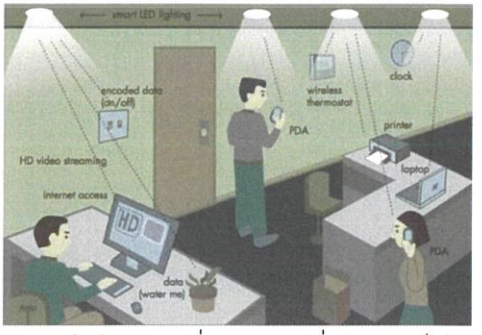
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็น (Visible light Communication)

2.1.1 พื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็น (Visible light Communication) เนื่องมาจากปัจจุบันแนวโน้มของการอาศัยความถี่คลื่นวิทยุมีมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งสาเหตุหลักมาจากปริมาณการต้องการเข้าถึงข้อมูลต่างภายใต้เครือข่ายโทรศัพท์ที่มีมากขึ้น ตามสังคมออนไลน์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น จึงทำให้ความถี่ของคลื่นวิทยุมีความจำกัดมากขึ้น และนอกจากความถี่คลื่นวิทยุจะมีความถี่จำกัดหรือมีแบนวิชแคบ ยังมีอีกปัญหาคือ แม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อจะใช้มือถือบนเครื่องบินนั้นจะทำให้เกิดการรบกวนกับการสื่อสารกับภาคพื้นหรือการนำทางของเครื่องบิน และสามารถเกิดการโจรกรรมข้อมูลขึ้นได้เพราะคลื่นวิทยุสามารถทะลุผ่านกำแพง ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อมีการใช้ความถี่คลื่นวิทยุมาก ๆ อาจจะทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ เพื่อแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่กล่าวมาจึงนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารแบบใหม่ คือ เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็น (Visible light Communication) หรือที่เรียกว่า VLC คือ เทคโนโลยีในการส่งข้อมูลผ่านแสงที่ตามองเห็น ที่มีช่วงของความยาวคลื่นอยู่ที่ 400 และ 800 THz (780–375 nm) ซึ่งเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็นถือว่าเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลไร้สายผ่านแสง (Optical wireless communication) อย่างหนึ่ง

การสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็นเป็นการสื่อสารข้อมูลที่มีความรวดเร็วเนื่องจากมีช่วงของความถี่ที่กว้างหรือแบนวิชกว้าง และยังใช้พลังงานที่ต่ำ และการสื่อสารข้อมูลนั้นจะอยู่ภายในขอบเขตที่ต้องการเพราะแสงไม่สามารถทะลุกำแพงได้จึงทำให้เกิดความปลอดภัยมากขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นการสื่อสารด้วยตามองเห็นยังปลอดภัยต่อมนุษย์ เทคโนโลยีนี้จึงทำให้ใช้ผลพลอยได้จากหลอดไฟที่ใช้ในการส่องสว่างโดยทั่วไปอยู่แล้วให้เป็นประโยชน์มากขึ้นและมีประสิทธิภาพ ซึ่งเทคโนโลยีนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทางต่าง ได้แก่ การสื่อสารใต้น้ำและข้อมูลที่ปรากฏบนป้าย Li-Fi ใช้แสงที่มองเห็นสำหรับการสื่อสารเพื่อให้บริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงถึง 10 จิกะบิตต่อวินาที ซึ่งแสดงการประยุกต์ใช้ในรูปที่ 2.1 เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็นสามารถนำมาใช้ในการสื่อสารยานพาหนะสำหรับการเตือนเปลี่ยนเลน, การตรวจจับและการละเมิดสัญญาณจราจรเตือนเพื่อหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุ โปรแกรมเหล่านี้จำเป็นต้องมีการสื่อสารกับความเร็วต่ำที่ให้บริการ นอกจากนี้ยังมีการใช้งานในพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่น เครื่องบินและโรงพยาบาลที่สัญญาณวิทยุรบกวนกับคลื่นของเครื่องอื่น ๆ



รูปที่ 2.1 การนำเทคโนโลยีการสื่อสารแสงที่ตามองเห็นไปประยุกต์ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 มาตรฐานของการสื่อสารทางแสง

เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงต้องมีข้อตกลงหรือมาตรฐานสำหรับการสื่อสารเนื่องจากปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วของอุปกรณ์ส่องสว่าง อย่างไรก็ตามยังมีความท้าท้ายของระบบที่ยังต้องพิจารณา ดังนี้

ก. การนำเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลผ่านแสงเข้ามารวมกับมาตรฐานของการสื่อสารที่มีอยู่แล้ว เช่น การสื่อสารข้อมูลไร้สาย

ข. ปัญหาของการรบกวนสัญญานของแหล่งกำเนิดแสงโดยรอบ

ค. เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการสื่อสารโดยการระบุข้อผิดพลาด

ง. การรบกวนระหว่างอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารทางแสงที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตเนื่องจากมีแนวโน้มการใช้งานเพิ่มมากขึ้น

เพื่อรับมือกับปัญหาข้างต้น มาตรฐานสำหรับเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านแสงจึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยมีมาตรฐานที่ออกจากสมาคมการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นของประเทศญี่ปุ่น (VLCC) คือ มาตรฐาน (JEITA) CP-1221, JEITA Cp-1222 and JEITA Cp-1223. และมาตรฐานIEEE 802.15.7 ที่ออกโดยสถาบันวิศวกรรมไฟฟ้าและวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์นานาชาติ

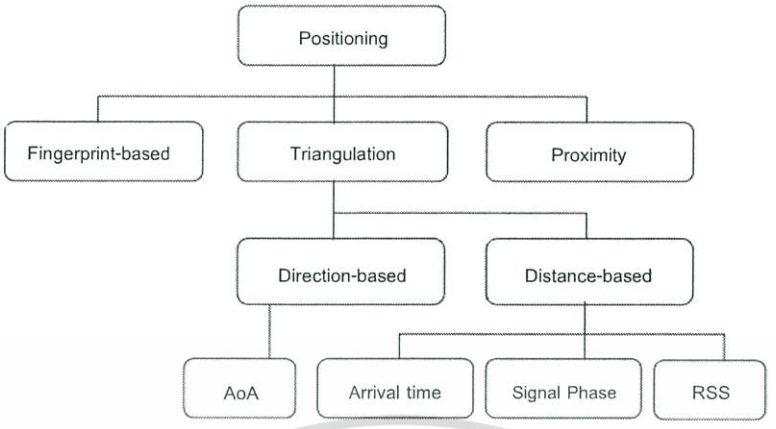
โดยมาตรฐาน IEEE 802.15.7 ให้เป็นมาตรฐานขั้นต่ำสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ และความแตกต่างกันของอุปกรณ์ซึ่งพิจารณาสำหรับการใช้เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็น ในยานพาหนะ, โทรศัพท์มือถือและโครงสร้างพื้นฐาน ตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5 มาตรฐาน JEITA CP-1221 มีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอความต้องการที่จำเป็นและระดับตัวบ่งชี้ที่จะต้องหลีกเลี่ยงการรบกวนกันระหว่างอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน ช่วงความยาวคลื่นสำหรับเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็น ที่กล่าวใน JEITA CP-1221 คือช่วง 380-750 นาโนเมตร JEITA ใช้ช่วงความถี่ 1 สำหรับการใช้ระบบตัวตนโดยใช้แสงที่มองเห็นดังแสดงในรูป 15. อินเวอร์เตอร์หลอดไฟนีออนแผ่กระจายในช่วงความถี่ 2 ดังนั้นในช่วงนี้ไม่เหมาะสำหรับการสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็น ช่วงความถี่ 3 ถูกนำมาใช้สำหรับการสื่อสารความเร็วสูง ใน JEITA CP-1222 ที่ความถี่ 28.8 kHz ด้วยอัตราการส่งที่ 4.8 กิกะไบต์ต่อวินาที

ซึ่งในปริญญานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงมาตรฐานที่ออกโดยสมาคมการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นของประเทศญี่ปุ่น (VLCC)

2.2 เทคนิคของการระบุตำแหน่งวัตถุเป้าหมายภายในอาคาร

เทคนิคการระบุตำแหน่งของวัตถุเป้าหมายสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ 1. เทคนิคการระบุตำแหน่งเป้าหมายโดยใช้พื้นฐานทางเรขาคณิตของรูปสามเหลี่ยม (Triangulation) 2. เทคนิคการระบุตำแหน่งเป้าหมายโดยอิงอ้างจากตำแหน่งใกล้เคียง (Proximity) 3. เทคนิคการระบุตำแหน่งเป้าหมายแบบฟิงเกอร์พรินต์ (Fingerprint-based) แสดงดังรูปที่ 2.2 แสดงเทคนิคการระบุตำแหน่งรวมถึงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการระบุตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



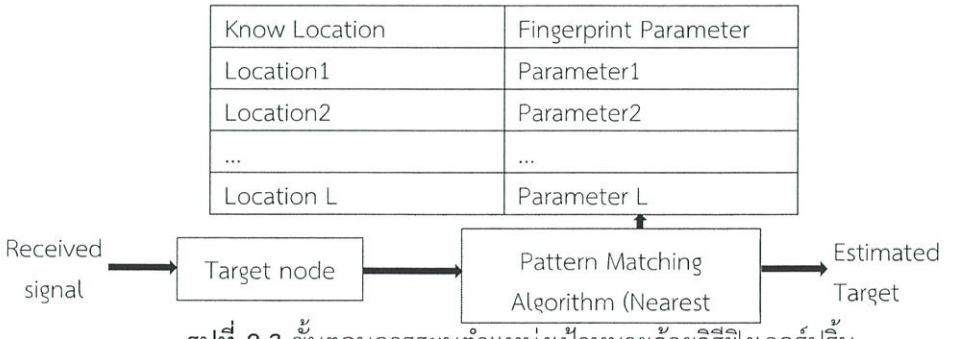
รูปที่ 2.2 เทคนิคการระบุตำแหน่งของวัตถุเป้าหมายภายในอาคาร

2.2.1 เทคนิคการระบุตำแหน่งเป้าหมายโดยใช้พื้นฐานทางเรขาคณิตของรูปสามเหลี่ยม (Triangulation)

เป็นการใช้คุณสมบัติทางเรขาคณิตของรูปสามเหลี่ยมเพื่อคำนวณพิกัดตำแหน่งวัตถุเป้าหมาย ซึ่งสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็นการใช้ระยะทางเพื่อระบุพิกัดตำแหน่งวัตถุ (Distance-based) และการคำนวณเชิงมุมเพื่อระบุพิกัดตำแหน่งวัตถุ (Direction-based) สำหรับการใช้ระยะทางระบุตำแหน่ง โดยการคำนวณระยะทางระหว่างโหนดเป้าหมายซึ่งระยะทางสามารถคำนวณได้จากการวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น ค่าระดับความเข้มของสัญญาณเวลาที่ใช้ในการส่งสัญญาณ (ToA และ TDoA)

2.2.2 เทคนิคการระบุตำแหน่งเป้าหมายแบบฟิงเกอร์ปริ้น (Fingerprint-based)

เทคนิคการระบุตำแหน่งแบบฟริงเกอร์ปริ้นเป็นการระบุตำแหน่งเป้าหมายแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกจะทำการเก็บพารามิเตอร์ต่าง ๆ ณ ตำแหน่งที่กำหนดไว้ลงในฐานข้อมูลซึ่งเรียกว่า ฟิงเกอร์ปริ้นท์ หรือ เฟสออฟไลน์ (offline phase) และขั้นตอนที่สองจะเป็นขั้นตอนการระบุพิกัดตำแหน่งวัตถุเป้าหมายโดยการวัดระดับสัญญาณ ที่เรียกว่า เฟสออนไลน์ (Online phase) แล้วนำรูปแบบระดับสัญญาณมาทำการเปรียบเทียบรูปแบบกับฐานข้อมูลที่เก็บไว้ ดังนั้นตำแหน่งของวัตถุเป้าหมายได้จากการวิเคราะห์ผลของรูปแบบสัญญาณ ซึ่งจะทำให้หาค่าพารามิเตอร์ในฐานข้อมูลที่ใกล้เคียงกันมากที่สุดสำหรับไว้อ้างอิงตำแหน่งของวัตถุ ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งแสดงขั้นตอนการระบุตำแหน่งเป้าหมายด้วยวิธีฟิงเกอร์ปริ้น



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการระบุตำแหน่งเป้าหมายด้วยวิธีฟิงเกอร์ปริ้น

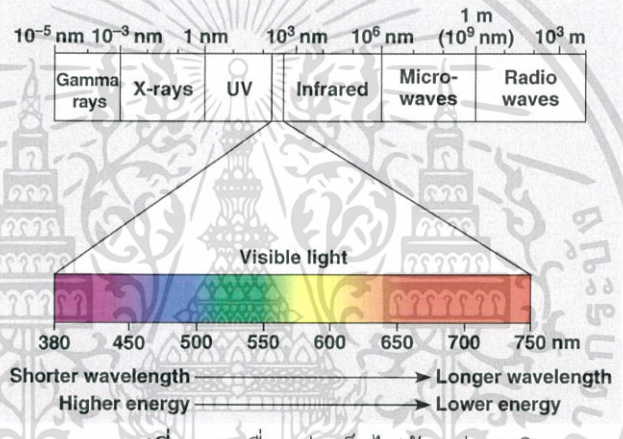
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 เทคนิคการระบุตำแหน่งเป้าหมายโดยอ้างอิงจากตำแหน่งใกล้เคียง (Proximity)

เป็นการระบุตำแหน่งเป้าหมายโดยการอ้างอิงตำแหน่งสายอากาศที่ใกล้เคียงที่สุด เมื่อวัตถุเป้าหมายตรวจพบสัญญาณที่มาจากสายอากาศเพียงหนึ่งต้น ตำแหน่งวัตถุจะถูกอ้างอิงจากตำแหน่งของสายอากาศต้นนั้น ถ้าตรวจพบสัญญาณที่มาจากสายอากาศหลาย ๆ ต้น ตำแหน่งของวัตถุเป้าหมายจะถูกอ้างอิงจากตำแหน่งของสายอากาศที่มีระดับความแรงของสัญญาณสูงที่สุด

2.3 แสง

แสงที่ตามองเห็นได้หรือแสงขาวเป็นส่วนหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามรูป ที่ 2.4 ซึ่งช่วงที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้จะอยู่ในช่วงของความยาวคลื่น 400-700 nm เมื่อนำแท่งแก้วปริซึมมาดูการหักเหของแสงสีขาวหรือแสงจากดวงอาทิตย์จะพบว่าแสงสีขาวจะหักเหออกมาเป็นสีต่างกัน และเรียกว่า สเปคตรัม (Spectrum) โดยสีม่วงจะมีความยาวคลื่นที่สั้นที่สุด และสีแดงจะมีความยาวคลื่นยาวที่สุด แสดงรายระเอียดของสเปคตรัมใน



รูปที่ 2.4 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละชนิด

ตารางที่ 1.2 ความยาวคลื่น ความถี่และพลังงานของสเปคตรัมแต่ละสี

สี	ความยาวคลื่น	ความถี่	พลังงาน
สีม่วง	380–450 nm	668–789 THz	2.75–3.26 eV
สีคราม	450–495 nm	606–668 THz	2.50–2.75 eV
สีเขียว	495–570 nm	526–606 THz	2.17–2.50 eV
สีเหลือง	570–590 nm	508–526 THz	2.10–2.17 eV
สีส้ม	590–620 nm	484–508 THz	2.00–2.10 eV
สีแดง	620–750 nm	400–484 THz	1.65–2.00 eV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

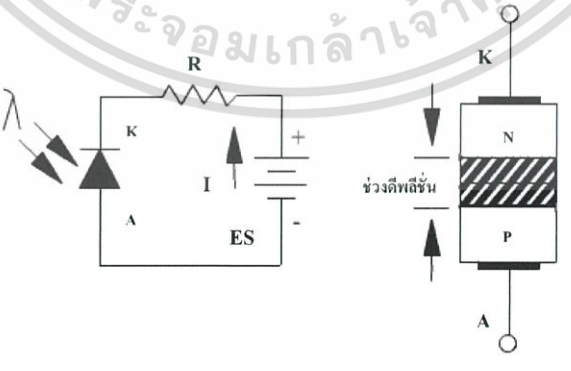
2.4 โฟโต้ไดโอด (Photo Diode)

อุปกรณ์โฟโต้ (Photo Device) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำไวแสงชนิดหนึ่ง มีหลายชนิดเช่นโฟโต้ไดโอด โฟโต้ทรานซิสเตอร์ โฟโต้ดาลิงตันทรานซิสเตอร์ โฟโต้ไดโอดจะเป็นตัวรับแสงเมื่อมีแสงตกกระทบมาก กระแสจะไหลมาก โดยโฟโต้ไดโอดจะต้องได้รับไบอัสตรงด้วย แต่กระแสที่ไหลมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับแสง จึงจะต้องมีการขยายด้วยทรานซิสเตอร์ก่อนก็จะกลายเป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์หรือโฟโต้ดาลิงตันทรานซิสเตอร์ ซึ่งมีกระแสไหลมากกว่า

รูปที่ 2.5 โฟโต้ไดโอด (Photo Diode)

2.4.1 โฟโต้ไดโอด (Photo Diode)

โฟโต้ไดโอด (Photo Diode) เป็นอุปกรณ์เชิงแสงชนิดหนึ่ง ที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และสารกึ่งตัวนำชนิด N รอยต่อจะถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุที่แสงผ่านได้ เช่น กระจกใส โฟโต้ไดโอดจะมีอยู่ 2 แบบ คือแบบที่ตอบสนองต่อแสงที่มองเห็น และแบบที่ตอบสนองต่อแสงในย่านอินฟาเรด ในการรับใช้งานจะต้องต่อโฟโต้ไดโอดในลักษณะไบอัสกลับ โฟโต้ไดโอด (Photo Diode) จะยอมให้กระแสไหลผ่านได้มากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของแสง เมื่อโฟโต้ไดโอดได้รับไบอัสกลับ (Reverse Bias) ด้วยแรงดันค่าหนึ่งและมีแสงมาตกกระทบที่บริเวณรอยต่อ ถ้าแสงที่มาตกกระทบมีความยาวคลื่นหรือแลมด้าที่เหมาะสมจะมีกระแสไหลในวงจร โดยกระแสที่ไหลในวงจร จะแปรผกผันกับความเข้มของแสงที่มาตกกระทบ ลักษณะทั่วไปขณะไบอัสตรง (Forward Bias) จะยังคงเหมือนกับไดโอดธรรมดาคือยอมให้กระแสไหลผ่านได้



รูปที่ 2.6 สัญลักษณ์ และการไบอัสใช้งาน

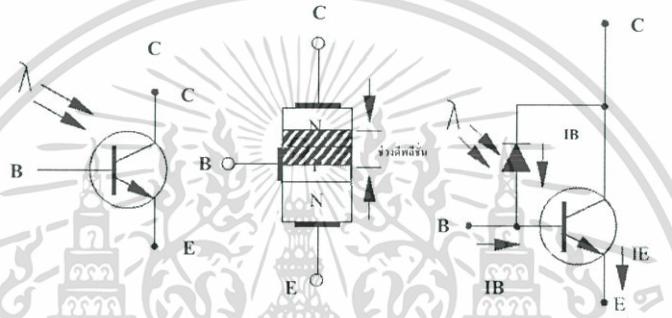
โฟโต้ไดโอดเมื่อเทียบกับตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสง แล้วโฟโต้ไดโอดมีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานเร็วกว่าตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสง มาก จึงนิยมนำไปประยุกต์งานในวงจรที่ต้องการความเร็วสูง เช่น เครื่องนับสิ่งของ, ตัวรับรีโมทคอนโทรล, วงจรกันขโมยอินฟาเรดเป็นต้น เนื่องจากโฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โต้ไดโอดให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อแสงต่ำ ดังนั้นการใช้งานโฟโต้ไดโอดจึงต้องมีตัวขยายกระแสเพิ่มเติม ผู้ผลิตจึงหันมาใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวขยายกระแสเพิ่มเติม ซึ่งเรียกว่า โฟโต้ทรานซิสเตอร์(Photo Transistor)

2.4.2 โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor)

โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) จะประกอบด้วยโฟโต้ไดโอดซึ่งจะต่ออยู่ระหว่างขาเบสกับคอลเลคเตอร์ ของทรานซิสเตอร์ ดังรูป 2.7 กระแสที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของแสงจะถูกขยายด้วยทรานซิสเตอร์ (Transistor) ในการใช้งานโฟโต้ทรานซิสเตอร์ รอยต่อระหว่างเบส-อิมิตเตอร์ (Base-Emitter) จะต่อไบอัสกลับ (Reverse Bias) ที่รอยต่อนี้เองเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการแปลงค่ากระแสที่ขึ้นอยู่กับความเข้มแสง

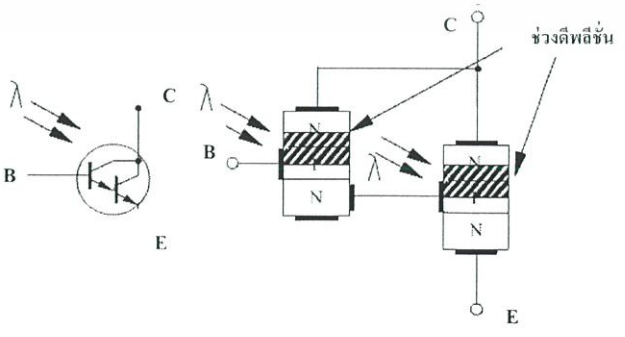


รูปที่ 2.7 สัญลักษณ์ โครงสร้างและวงจรสมมูล ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์

เมื่อไบอัสกลับ (Reverse Bias) ที่รอยต่อระหว่างเบสกับคอลเลคเตอร์ (Base-Collecter) และมีแสงตกกระทบที่บริเวณรอยต่อ กระแสอันเนื่องจากแสง (I_P) จะถูกขยายด้วยอัตราขยายของทรานซิสเตอร์เป็นกระแสอิมิตเตอร์ (I_E) และถ้าไบอัสตรงที่ขาเบสด้วยกระแสเบส (I_B) จากภายนอกก็จะถูกขยายรวมกับกระแสเนื่องจากแสง (I_P) ด้วย

2.4.3 โฟโต้ดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์ (Photo DaringtonTransistor)

โฟโต้ดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์ (Photo DaringtonTransistor) คือโฟโต้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวต่อร่วมกันในลักษณะวงจรดาร์ลิงตัน คือต่อในลักษณะขาอิมิตเตอร์(Emitter) ของตัวหนึ่งจะต่อเข้ากับเบส (Base) ของตัวถัดไป ลักษณะการต่อเช่นนี้จะทำให้ทรานซิสเตอร์มีอัตราการขยายสูงขึ้นอีกมาก



รูปที่ 2.8 สัญลักษณ์ และโครงสร้างของโฟโต้ดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 โฟโต้ไดโอดโมดูล

โฟโต้ไดโอดโมดูลเป็นตัวตรวจจับแสงที่มีความแม่นยำสูงซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างซิลิกอนโฟโต้ไดโอดและตัวขยายกระแสแรงดัน เอาท์พุทของโฟโต้ไดโอดเป็นแรงดันอนาล็อกและง่ายต่อการวัดด้วยโวลมิเตอร์ ความไวต่อแสงสามารถเปลี่ยนได้ระหว่าง 2 ช่วง (สูง/ต่ำ) โดยเอาท์พุทที่มีความแม่นยำสูงมาจากการเลือกช่วงความไวที่เหมาะสมซึ่งจะคู่กับระดับของแสงที่ตรวจจับได้ มีการใช้หลอดไดโอดเปร่งแสง เป็นเหมือนโฟโต้ไดโอดในการตรวจจับแสง หลอดไดโอดเปร่งแสง จะติดเมื่อมีกระแสไหลจากแอโนดไปยังแคโทด เรียกว่า ไบอัสตรง อย่างไรก็ตามโฟโต้ไดโอดถูกออกแบบให้ใช้งานได้กับไบอัสแบบกลับ ในไบอัสกลับนั้น หลอดไดโอดเปร่งแสง หรือ โฟโต้ไดโอดสามารถรับแสงได้ 2 แบบ คือแบบโฟโต้โวลตาอิคโหมด ซึ่งโฟโต้ไดโอดจะมีการสร้างแรงดันเล็กน้อยเหมือนอย่างโซลาเซลล์ และแบบโฟโต้คอนดัคทีฟโหมด ซึ่งไดโอดจะทำงาน และยอมให้กระแสไหลผ่านตัวมัน

รูปที่ 2.9 โฟโต้ไดโอดโมดูล

2.5 หลอดไดโอดเปล่งแสง

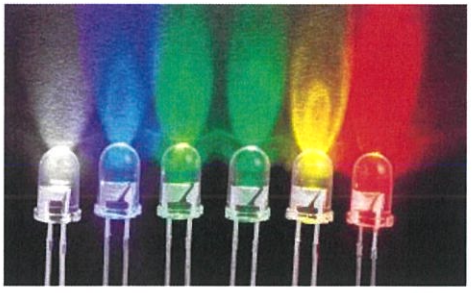
2.5.1 หลักการทำงานของหลอดไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสง คือไดโอดที่มีความสามารถในการกำเนิดแสงได้ ซึ่งเกิดจากปรากฏการ Electroluminesscence ที่เปลี่ยนอิเล็กตรอนให้กลายเป็นโปรตอนโดยปราศจากความร้อน เมื่อจ่ายแรงดันกระแสจะถูกเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และแรงดันจะถูกลดลงมาด้วยตัว driver แล้วจึงเข้าแกนกลางของหลอดไดโอดเปล่งแสง ซึ่งมีแค่ตัวนำแคโทดและแอโนด ค่ากระแสที่ผ่านหลอดไดโอดเปล่งแสง จะมีค่าประมาณ 20 มิลลิแอมป์ แกนกลางของหลอดไดโอดเปล่งแสง นั้นประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำขั้วประจุบวกชนิด P (Positively changed material) ที่อยู่ห่างจากสารกึ่งตัวนำขั้วประจุลบชนิด N (Negatively changed material) เล็กน้อย ซึ่งเรียกระยะระหว่างสารกึ่งตัวนำชนิด P และ N ว่า รอยต่อ (Junction) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าผ่านหลอดไดโอดเปล่งแสง ตัวนำแอโนดจะไปดันขั้วประจุบวกให้มาชนกับขั้วประจุลบที่ถูกดันจากตัวนำแคโทด ซึ่งการชนกันระหว่างประจุบวกและประจุลบจะเกิดขึ้นที่รอยต่อของสารกึ่งตัวนำทั้งสองชนิด จะมีการคายพลังงานออกมาในรูปแบบของแสงสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ส่วนประกอบของหลอดไดโอดเปล่งแสง

1. Lens หรือส่วนที่เป็น resin มีหน้าที่ในการกำหนดทิศทางของแสงให้เป็นไปตามที่ต้องการ



รูปที่ 2.10 ภาพตัวอย่างทิศทางของแสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสง

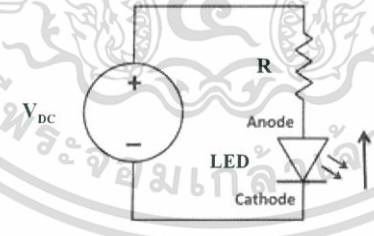
2. Wire bond หรือสายเชื่อมต่อ ซึ่งเป็นสายที่มีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าระหว่างแอโนดกับแกนกลาง (LED chip) ของหลอดไดโอดเปล่งแสง ซึ่งทำมาจากอลูมิเนียมผสมหรือทองคำ

3. Reflector cup มีหน้าที่ในการสะท้อนแสงของแกนกลาง ส่วนใหญ่จะทำเป็นชิ้นเดียวกันกับแคโทด สามารถใช้ heatsink ในการสะท้อนแทนได้

4. LED chip หรือแกนกลาง เป็นสารกึ่งตัวนำระหว่าง P และ N ซึ่งมี Junction อยู่ตรงกลาง

2.5.3 การต่อวงจรของหลอดไดโอดเปล่งแสง

หลักการต่อวงจรของ ไดโอดเปล่งแสง ไม่มีอะไรซับซ้อน เพียงจ่ายไฟบวกกระแสตรงเข้าที่ขาแอโนด (Anode) หรือขาที่ยาวกว่า และต่อไฟลบเข้ากับขาแคโทด (Cathode) หรือขาสั้น จะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมตัว ไดโอดเปล่งแสง ที่เรียกว่า V_f หรือ Forward Voltage เมื่อมีแรงดันตกคร่อม V_f ที่ว่านี้ ก็จะเปล่งแสงออกมา แต่เพื่อจำกัดไม่ให้กระแสไหลผ่านหลอดไดโอดเปล่งแสง มากเกินไป ตัวต้านทาน (Resistor) จึงต้องมีการต่อแบบอนุกรมเข้าไปในวงจรด้วย



รูปที่ 2.11 การต่อตัวต้านทานของหลอดไดโอดเปล่งแสง

วิธีการหาค่า R หาได้จากสูตรในกฎของโอห์ม $V = IR$, $R = (V_{dc} - V_f) / I_f$ ตัวต้านทานที่ต่อในวงจรนั้นมีไว้จำกัดกระแสที่ไหลผ่านเข้าหลอดไดโอดเปล่งแสง เพื่อป้องกันความร้อนที่เกิดขึ้นที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง

2.5.4 ค่าความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสง

พลังงานทั้งหมดที่ถูกคายออกมาเป็นแสงเรียกว่า radiant flux มีหน่วยเป็น วัตต์ ในการวัดค่าความสว่างจะใช้แนวคิดที่ว่าแสงจะพุ่งออกเป็นรูปกรวย 3 มิติจากแหล่งกำเนิดของแสง มีหน่วยเป็น steradian ถ้า radiant flux มีทิศทางที่แน่นอนและมีทิศทางเดียวกัน ค่า radiant intensity จะ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ radiant flux หารด้วย 12.57 steradians หน่วยเป็น mW/sr สมการในการแปลงมุมเป็น steradians คือ sr = $2\pi(1-\cos(\theta/2))$ โดยที่ sr คือ กรวย 3 มิติของลำแสง หน่วยเป็น steradian และ θ คือมุมของลำแสง มีหน่วยเป็น องศา

ความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสง จะวัดในหน่วยของ millicandela (mcd) ซึ่งโดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 50 mcd แต่ชนิด ultra-bright จะมีค่าประมาณ 15000 mcd หรือสูงกว่า เมื่อมีการเทียบกับหลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ จะมี 1700 lumen และมีความสว่าง 135000 mcd และถ้าบีบแสงให้มีขนาด 20° จะมีความสว่างขนาด 18000000 mcd

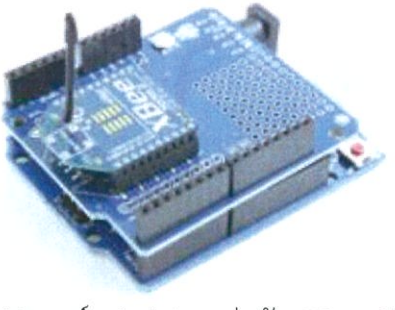
2.6 Arduino

2.6.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คืออุปกรณ์ควบคุมที่มีขนาดเล็ก ถูกพัฒนาและย่อขนาดให้เล็กลงมาจากระบบของคอมพิวเตอร์ มีความสามารถในการประมวลผลข้อมูล คำนวณข้อมูล รวมถึงการตัดสินใจต่าง ๆ ซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระตามความต้องการของผู้ใช้งานได้ โดยการเขียนโปรแกรมลงไปภายในระบบควบคุม ทำให้สามารถใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ช่วยลดจำนวนของอุปกรณ์และขนาดของระบบให้เล็กลงและสะดวกมากขึ้นโดยที่ขีดความสามารถไม่ได้ลดลงไปแม้แต่น้อย ไมโครคอนโทรลเลอร์ในปัจจุบันมีการรวมหน่วยความจำ (Memory), UART, DMA, RTC, Watch Dog, USB, I/O ไว้ภายในตัว (Single Chip) ทำให้หน่วยความจำ และหน่วยควบคุมสัญญาณนาฬิกาภายนอกนั้นไม่มีความจำเป็นอีกต่อไป

2.6.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด Arduino

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้เป็นอย่างง่าย ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้ ด้วยความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่าง ๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่าง ๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย ซึ่งเหมาะสมกับการเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับใช้ในการศึกษาเป็นอย่างมาก ด้วยความสะดวกสบายและความง่ายในการเขียนคำสั่งหรือโปรแกรมลงบนตัวบอร์ด



รูปที่ 2.12 บอร์ด Arduino ต่อกับ XBee Shield

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Arduino Uno เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานบนพื้นฐานของ ATmega 328 ซึ่งประกอบด้วย 14 digital input/output pins (6 pin สามารถใช้เป็น PWM output ได้), 6 analog inputs, 16 MHz ceramic resonator (ใช้สำหรับกรองความถี่ให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์), USB connection Arduino Uno สามารถเชื่อมต่อโดย USB connector หรือ จาก power supply จากภายนอกได้ โดยแหล่งพลังงานจะถูกเลือกโดยอัตโนมัติ บอร์ดสามารถทำงานได้ในช่วงแรงดัน 6 ถึง 20 volts ถ้า แหล่งจ่ายมีค่าต่ำกว่า 7 V อาจส่งผลให้ 5 V pinมีแรงดันที่ต่ำกว่า 5V และบอร์ดอาจจะไม่เสถียร แต่ถ้าหากแรงดันมีค่าสูงกว่า 12 V อาจส่งผลให้บอร์ด Overheat และอาจทำให้บอร์ดเสียหายได้ ดังนั้นช่วงแรงดันที่เหมาะสมกับบอร์ดคือ 7 V ถึง 12 V

รูปที่ 2.13 บอร์ด Arduino Uno

2.6.3 โปรแกรม Arduino 1.6.12

ซอฟแวร์ Arduino IDE เวอร์ชัน 1.6.12 เป็นเวอร์ชันที่ได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ตอบสนองกับการพัฒนาบอร์ด Arduino รุ่นใหม่ ๆ รวมถึงระบบปฏิบัติการของคอมพิวเตอร์สมัยใหม่ให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยง่าย สามารถออกคำสั่งได้ตรงตามที่ผู้ใช้งานหรือผู้พัฒนาต้องการ ซึ่งในส่วนของโปรแกรม Arduino 1.6.12 นั้นจะเขียนโปรแกรมโดยอาศัยความรู้จากการเขียนภาษา C ซึ่งง่ายต่อความเข้าใจ
และมีเรียนตามหลักสูตรให้ศึกษาทั่วไปตามมหาวิทยาลัยหรือโรงเรียนมัธยม เป็นซอฟแวร์ที่สามารถเขียนคำสั่งอะไรก็ได้ตามที่ต้องการ โดยต้องมีการออกคำสั่งที่ถูกต้อง ทุกตัวอักษรให้เป็นไปตามคำสั่งที่โปรแกรมรู้จัก

รูปที่ 2.14 โปรแกรม Arduino 1.6.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

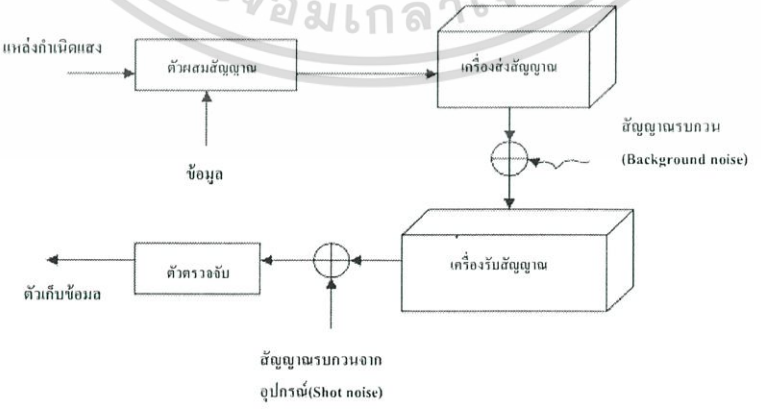
2.7 การผสมสัญญาณเชิงแสง

2.7.1 การผสมสัญญาณเชิงแสง

เทคนิคการผสมสัญญาณสำหรับการสื่อสารเชิงแสงมีการแยกเป็นสองกลุ่มหลักได้แก่เทคนิคการผสมสัญญาณแบบการตรวจจับโดยตรง (Direct Detection) และเทคนิคการผสมสัญญาณแบบร่วมนัย (Coherent Detection) ซึ่งการตรวจจับโดยตรงเป็นการส่งสัญญาณในลักษณะเบสแบนด์ (Baseband Transmissions) ที่มีสถานะเป็น “1” และ “0” สำหรับแหล่งกำเนิดแสง (Optical Source) เลเซอร์จะทำการส่งในลักษณะของการกระพริบของเลเซอร์ “เปิด” และ “ปิด”ตามลำดับ ส่วนการตรวจจับแบบร่วมนัยเป็นเทคนิคการผสมสัญญาณที่เหมือนกับการสื่อสารที่ใช้ความถี่ RF ซึ่งสัญญาณที่ตกกระทบที่ส่วนหน้า (Front End) เป็นการรวมกันของสัญญาณที่เข้ามากับสัญญาณที่กำเนิดจาก Local Oscillator โดยการกระทำการตรวจจับแบบร่วมนัยจะได้ความไว (Sensitivity) ในการตรวจจับสัญญาณที่สูงกว่าแบบการตรวจจับโดยตรง

2.7.1.1 การผสมสัญญาณเชิงแสงโดยใช้การตรวจจับแบบโดยตรง (IM/DD)

โมเดลของระบบการสื่อสารแบบการตรวจจับโดยตรงแสดงได้ดังรูปที่ 2.15 โดยข่าวสารที่จะทำการส่งจะถูกทำการผสมกับคลื่นพาหะทางแสงที่ส่วนของตัวผสมสัญญาณและทำการส่งไปยังภาครับ จากนั้นระบบของเลนส์และตัวตรวจจับสัญญาณแสงจะทำการตรวจจับกำลังงานชั่วขณะ (Instantaneous power) ที่มาถึงภาครับโดยตรง การผสมสัญญาณแบบการตรวจจับโดยตรงสัญญาณไบนารีจะอยู่ในลักษณะ “เปิด” และ “ปิด” ของสัญญาณที่ภาคส่ง ซึ่งบอกถึงความแตกต่างของรูปแบบของคลื่นสัญญาณ โดยรูปแบบ คลื่นทั่วไปของการตรวจจับโดยตรงจะเป็นการผสมสัญญาณแบบ Pulse Code Modulation (PCM) ที่เข้ารหัสแบบ NRZ (Nonreturn to zero) หรือแบบ RZ (Return to zero) สำหรับการสื่อสารเชิงแสง ทั่วไปใช้แบบ biphase (Manchester) ซึ่งคุณสมบัติของรูปคลื่นมีองค์ประกอบสัญญาณ DC ต่ำ มี symbol/bit synchronization ในตัวเอง บางครั้งเรียกว่า self-clocking code แต่จะมีข้อเสียคือมีการ ขยายของแบนด์วิดท์จึงไม่ได้รับความนิยมในการสื่อสารที่ต้องการความเร็วสูง



รูปที่ 2.15 รูปแบบการผสมสัญญาณเชิงแสงโดยใช้การตรวจจับแบบโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.2 การผสมสัญญาณเชิงแสงโดยใช้การตรวจจับแบบร่วมนัย (Heterodyne Detection)

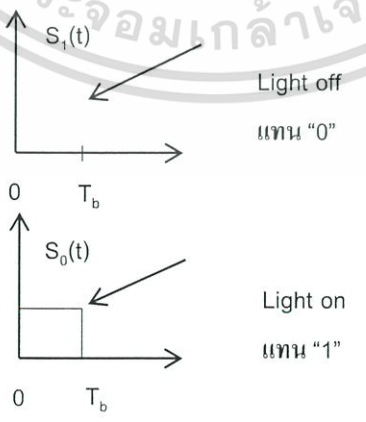
จากการตรวจจับโดยตรงจะสังเกตเห็นว่าจะเกิดสัญญาณรบกวนขึ้นถึง 2 ส่วนด้วยกันคือ สัญญาณรบกวนจากภายนอกและภายใน โดยจาก Background Noise ที่เข้ามาที่ตัวตรวจจับสัญญาณ และ Shot Noise ที่เกิดจากกระบวนการในตัวตรวจจับเอง ทางภาครับจะต้องต้านทานสัญญาณ รบกวนเหล่านี้ให้ได้เพื่อให้สามารถที่นำข้อมูลจากภาคส่งกลับคืนมาได้ผลของระบบที่มีการตรวจจับแบบนี้จะขึ้นอยู่กับความสามารถของระดับกำลังงานสัญญาณที่ส่งเท่านั้น ในการตรวจจับแบบร่วมนัยที่ภาครับจะมีส่วนของ Local OSC laser เพิ่มเข้ามาโดยจะเป็นตัวกำเนิด Light wave field ไปผสมกับสนามทางแสงที่เข้ามาตลอดวงจรส่วนหน้า (Front end) ของตัวกระจก สะท้อน (Mirror) และทำการรวมคลื่นสัญญาณไปเข้าสู่ตัวตรวจจับสัญญาณแสง เพื่อเป็นการ ปรับปรุงการตรวจจับสัญญาณที่รับได้โดยรูปแบบของระบบการสื่อสารแบบการตรวจจับโดยตรง

2.7.2 รูปแบบการผสมสัญญาณเชิงแสง

การผสมสัญญาณที่มีการตรวจจับโดยตรงนั้นมีหลายรูปแบบได้แก่การผสมสัญญาณแบบ Pulse Width Modulation (PWM) การผสมสัญญาณแบบ Pulse Frequency Modulation (PFM) และ การผสมสัญญาณแบบพัลส์โพสิชันมอดูเลชัน (PPM) แต่เนื่องจากการผสมสัญญาณแบบ PWM และ PFM ไม่เหมาะต่อการใช้งานมากนักจึงได้พิจารณาเฉพาะการผสมสัญญาณแบบ PPM ซึ่งเป็นเทคนิคการผสมสัญญาณเชิงแสงที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

2.7.2.1 การผสมสัญญาณแบบ On-off Keying หรือ Unipolar Line-Coding

การผสมสัญญาณแบบ On-off Keying (OOK) เป็นกรรมวิธีพื้นฐานสำหรับการผสม สัญญาณในขั้นสูงแบบอื่น ๆ ซึ่งวิธีการส่งสัญญาณนั้นมีรูปแบบที่ง่ายต่อการเข้าใจ โดยข้อมูลดิจิทัลที่ส่งผ่านช่องสัญญาณจะได้รับการพิจารณาครั้งละ 1 บิตและจะมีสัญญาณอยู่สองรูปแบบที่ส่งออก เพื่อแทนข้อมูลดิจิทัลดังกล่าวซึ่งได้แก่การส่งสัญญาณแบบมีพัลส์แสงและแบบไม่มีพัลส์แสง ดังแสดงในรูปที่ 2.16

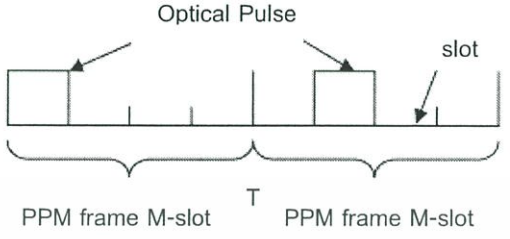


รูปที่ 2.16 รูปแบบการส่งสัญญาณแบบ On-off Keying

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.2 การผสมสัญญาณแบบพัลส์โพสิชันมอดูเลชัน (Pulse Position Modulation: PPM)

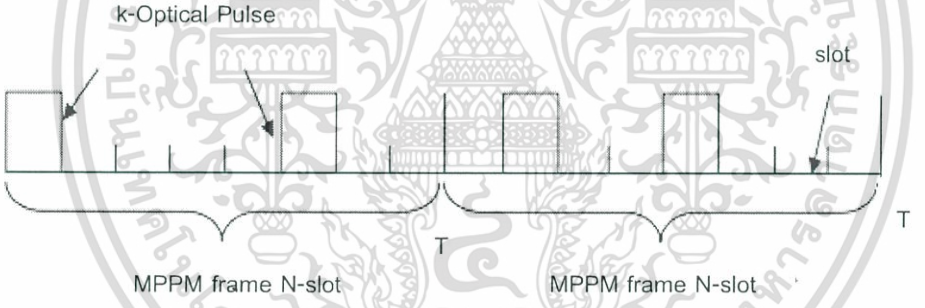
การผสมสัญญาณแบบพัลส์โพสิชันมอดูเลชันเป็นกระบวนการผสมสัญญาณที่มี ประสิทธิภาพสูงในการสื่อสารเชิงแสง โดยจะทำการส่งพัลส์แสงเพียงหนึ่งพัลส์ในหนึ่งบล็อก สัญญาณ ซึ่งในแต่ละพัลส์สามารถแทนค่าข้อมูลได้ตั้งแต่ 2 บิตขึ้นไป โดยมีลักษณะการส่ง สัญญาณดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 รูปแบบการส่งสัญญาณแบบพัลส์โพสิชันมอดูเลชัน

2.7.2.3 การผสมสัญญาณแบบ Multi-pulse Pulse Position Modulation (MPPM)

การผสมสัญญาณแบบ MPPM เป็นกระบวนการผสมสัญญาณที่พัฒนาขึ้นเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการใช้แบนด์วิดท์โดยจะทำการส่งพัลส์แสงจำนวน k พัลส์ในหนึ่งบล็อกสัญญาณ ซึ่งในแต่ละบล็อกสัญญาณจะมีจำนวนสลอตเท่ากับ N สลอต โดยมีลักษณะการส่งสัญญาณดัง รูปที่ 2.27



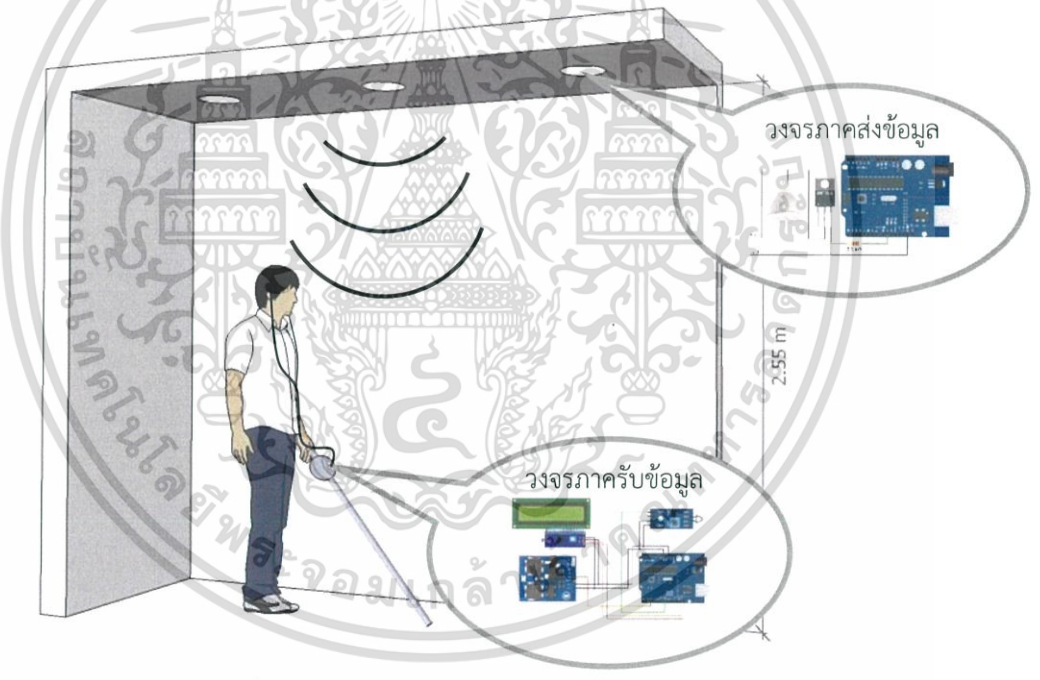
รูปที่ 2.18 รูปแบบการส่งสัญญาณแบบ Multi-pulse Pulse Position Modulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการออกแบบและการคำนวณ

3.1 หลักการออกแบบไม้เท้านำทาง

ในการนำทางให้กับผู้พิการทางสายตานั้น จะใช้ภาคตัวรับซึ่งเป็นอาดูโน่ที่ต่ออยู่กับไดโอดรับแสง โดยอาดูโน่ภาคตัวรับจะถูกติดตั้งอยู่กับไม้เท้าของผู้พิการทางสายตา ส่วนภาคตัวส่งมีอาดูโน่ทำการมอดูเลตสัญญาณแรงดันเป็นสัญญาณรูปแบบพัลส์ก่อนเข้าหลอดไดโอดเปล่งแสง เพื่อควบคุมความถี่ในการกระพริบติด-ดับของหลอดไดโอดเปล่งแสง โดยที่สัญญาณแสงที่ส่งผ่านไดโอดเปล่งแสงแต่ละหลอดจะมีความถี่ที่แตกต่างกันไปตามแต่ละตำแหน่งของหลอดไฟ เมื่อผู้พิการทางสายตาใช้ไม้เท้านำทางที่ติดตั้งภาคตัวรับเดินไปตามแต่ละตำแหน่งที่หลอดไฟประจำอยู่ ทำให้ได้รับสัญญาณแสงที่ความถี่ต่าง ๆ ที่หลอดไดโอดเปล่งแสงนั้น ๆ ประจำอยู่ มายังอาดูโน่ภาคตัวรับที่ไม้เท้า แล้วจึงทำการแยกแยะตำแหน่งต่าง ๆ จากสัญญาณแสงที่ได้รับมา เพื่อระบุตำแหน่งปัจจุบัน เอาท์พุทของอาดูโน่ภาคตัวรับจะต่ออยู่กับอุปกรณ์ที่สามารถส่งข้อมูลพิกัดผ่านทางเสียงให้ผู้พิการได้ ดังรูปที่ 3.1

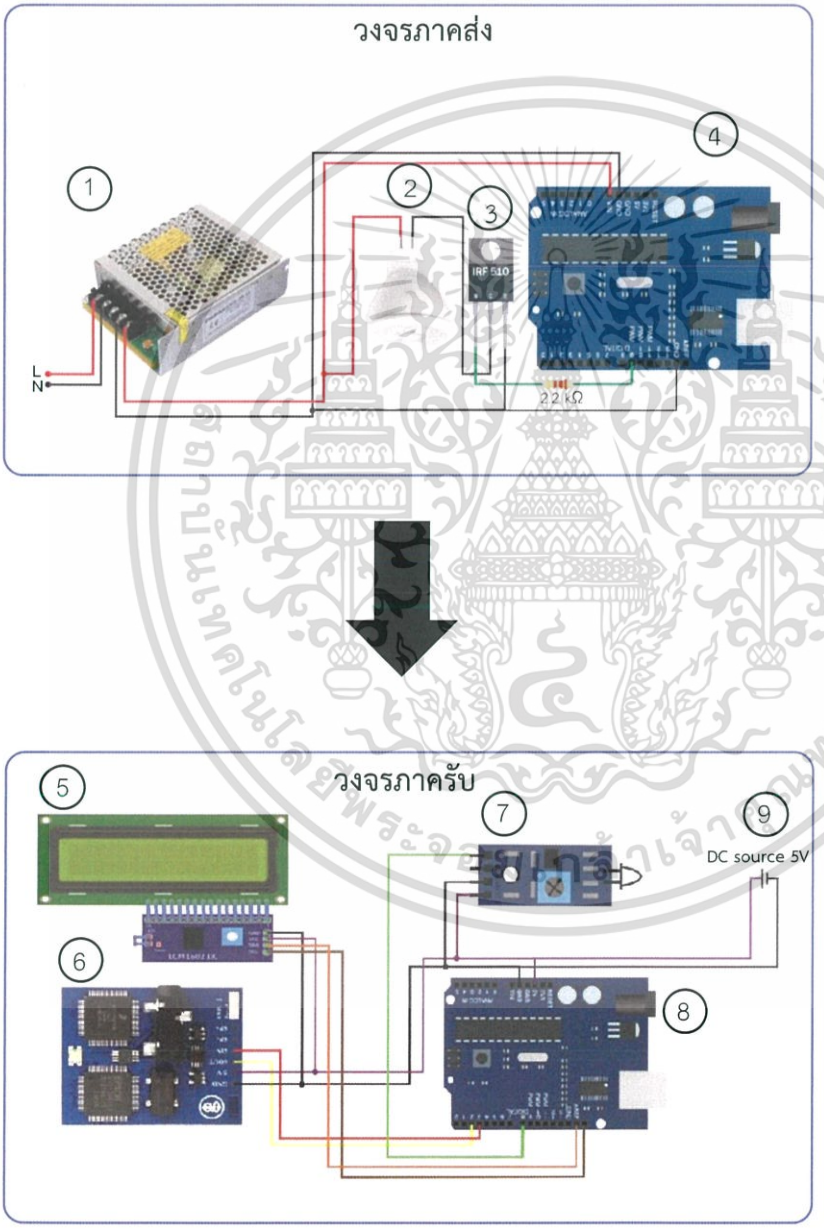


รูปที่ 3.1 การระบุตำแหน่งภายในอาคาร

ลำดับขั้นตอนการทำงานจริง เริ่มต้นจากการใช้คอมพิวเตอร์เขียนคำสั่งโดยผ่านโปรแกรมเขียนข้อมูลสำหรับอาดูโน่ ซึ่งแบ่งการเขียนข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ การเขียนข้อมูลใส่อาดูโน่ภาคตัวส่งและการเขียนข้อมูลใส่อาดูโน่ภาคตัวรับ ในการเขียนโปรแกรมข้อมูลสำหรับอาดูโน่ภาคตัวส่ง ได้มีการกำหนดค่าหรือความถี่ของสัญญาณภาคตัวส่งในแต่ละตำแหน่งให้กับอาดูโน่ซึ่งถูกติดตั้งเข้ากับหลอดไดโอดเปล่งแสง ค่าหรือความถี่ของสัญญาณเหล่านั้นจะถูกส่งต่อไปยังหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ถูกติดตั้งอยู่ด้วยกันกับอาดูโน่ภาคตัวส่ง เมื่อมีการจ่ายแรงดันเข้ามาให้หลอดไดโอดเปล่งแสงทำงานสัญญาณความถี่ที่กำหนดไว้ตามโปรแกรมที่เขียนในอาดูโน่จะถูกส่งผ่านแสงที่ตาสามารถมองเห็นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ตลอดเวลาที่ไดโอดเปล่งแสงนั้นทำงานอยู่ เมื่อมีไดโอดรับแสงตรวจจับแสงที่หลอดไดโอดเปล่งแสงปล่อยออกมา การรับข้อมูลตำแหน่งที่ถูกเขียนไว้ในอาดูโน่ภาคตัวส่งตัวนั้น ๆ จะเกิดขึ้น สัญญาณแสงที่ไดโอดรับแสงรับมาถูกส่งต่อไปยังอาดูโน่ภาคตัวรับเพื่อแปลงสัญญาณแสงที่ได้รับมาในตำแหน่งนั้น ๆ เป็นข้อมูลตำแหน่งที่อาดูโน่สามารถรับเอาไปใช้งานต่อได้ หลังจากมีข้อมูลตำแหน่งที่อาดูโน่สามารถอ่านได้แล้ว ข้อมูลเหล่านั้นจะทำงานตามคำสั่งที่ถูกเขียนลงไปในอาดูโน่ภาคตัวรับเพื่อส่งออกข้อมูลตำแหน่งเป็นเอาท์พุตในรูปแบบเสียงผ่านอุปกรณ์ทางเสียง เช่น ลำโพง หูฟัง เป็นต้น โดยวงจรภาคตัวรับที่ติดตั้งอยู่บนไม้เท้ามีขนาดความกว้าง 20 เซนติเมตร ความยาว 20 เซนติเมตร และความสูง 5 เซนติเมตร



1.Switching Power Supply 220 V_{ac} to 12 V_{dc}
2.หลอดไดโอดเปล่งแสง
3.ทรานซิสเตอร์ IRF 510
4.บอร์ดอาดูโน่ภาคตัวส่ง
5.จอแอลซีดี
6.วงจรเสริมสำหรับส่งข้อมูลตำแหน่งออกเป็นสัญญาณเสียง
7.วงจรสำเร็จรูปไดโอดรับแสง
8.บอร์ดอาดูโน่ภาคตัวรับ
9.แหล่งจ่ายพลังงาน 5 โวลต์

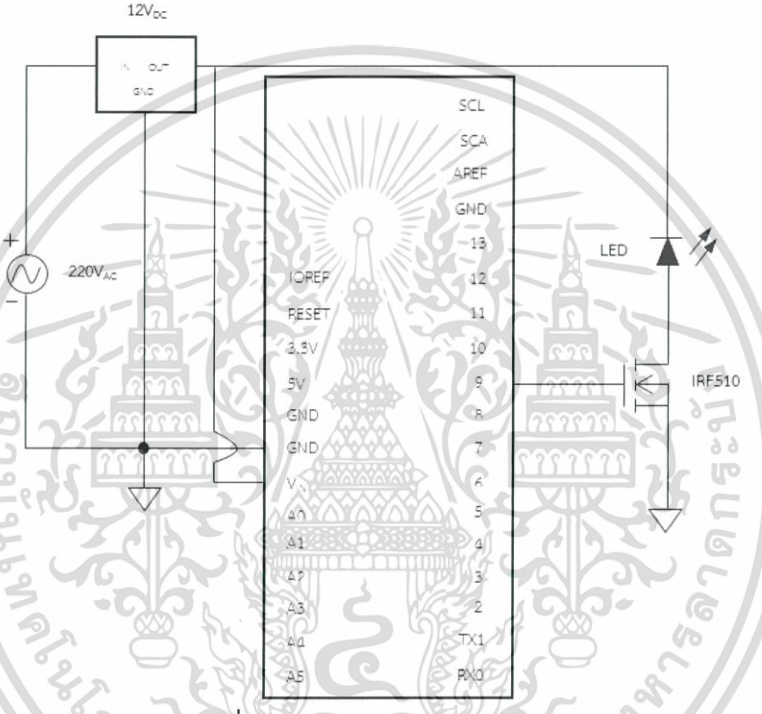
รูปที่ 3.2 ไดอะแกรมภาพรวมของวงจรภาคส่งและวงจรภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

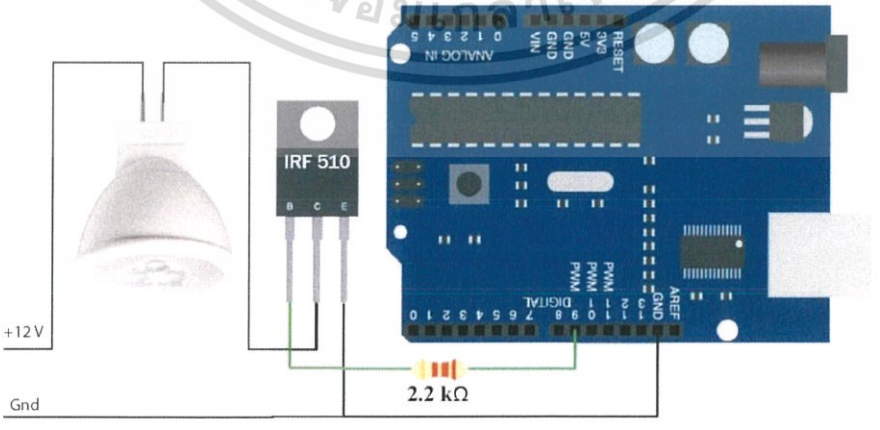
3.2 วงจรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล

3.2.1 วงจรภาคตัวส่งด้วยสัญญาณแสง

สำหรับวงจรภาคส่ง การส่งสัญญาณแสงผ่านวงจรจากรูปที่ 3.4 ได้มีการใช้ทรานซิสเตอร์ IRF510 เพื่อช่วยในการขับกระแสให้กับวงจรภาคส่ง ซึ่งส่งผลให้หลอดไดโอดเปล่งแสงมีความสว่างมากขึ้นและสามารถใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงที่มีกำลังวัตต์สูงขึ้นได้ เมื่อต่อวงจรทรานซิสเตอร์เข้ากับอาดูโน่ภาคตัวส่ง อาดูโน่จะส่งสัญญาณแรงดันไฟฟ้ารูปแบบพัลส์เข้าหลอดไดโอดเปล่งแสงออกมาตามความถี่ที่ถูกกำหนดไว้ในโปรแกรมเพื่อส่งไปยังวงจรภาครับผ่านแสงที่ตามองเห็นให้สามารถระบุตำแหน่งได้ต่อไป



รูปที่ 3.3 แผนภาพวงจรภาคส่ง

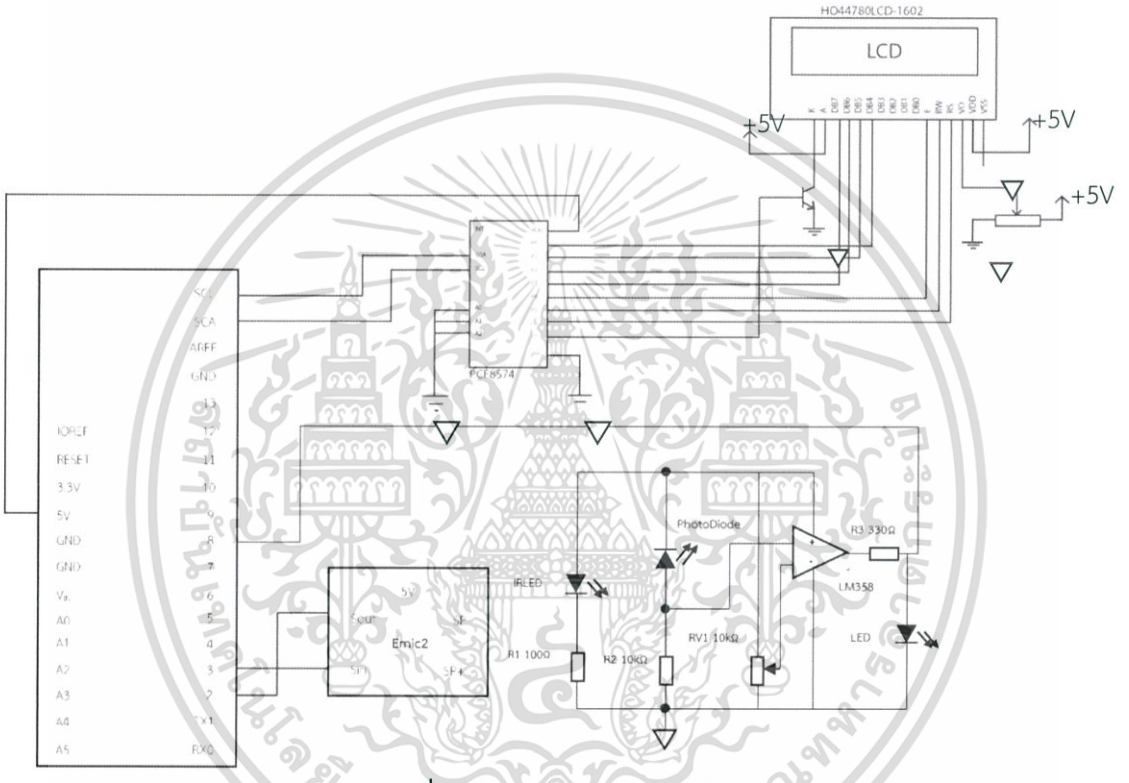


รูปที่ 3.4 วงจรภาคตัวส่ง

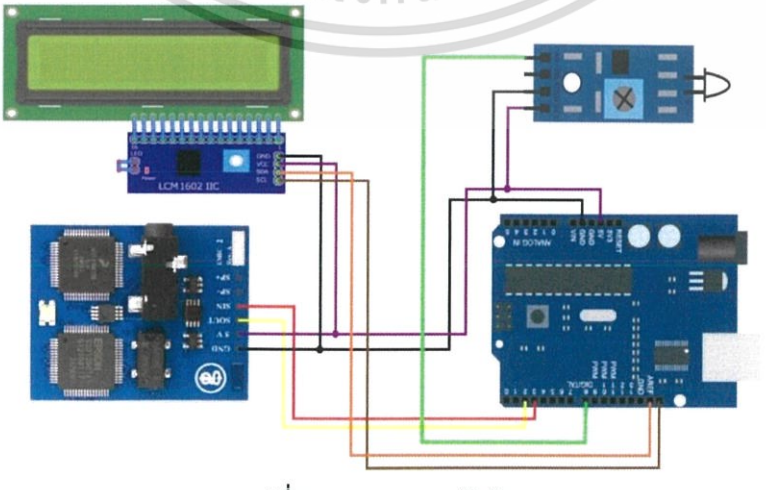
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 วงจรภาคครับข้อมูล

สำหรับวงจรภาคตัวรับดังรูปที่ 3.6 การรับสัญญาณแสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสงจะใช้วงจรสำเร็จรูปของตัวไดโอดรับแสงต่อเข้ากับอาดูโน่ภาคตัวรับ เพื่อให้สัญญาณแสงที่รับมานั้นมีความเสถียรและความแม่นยำมากกว่าการใช้ไดโอดรับแสงเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้อาดูโน่ภาคตัวรับยังมีการเชื่อมต่อเข้ากับวงจรเสริมสำหรับส่งข้อมูลตำแหน่งออกเป็นสัญญาณเสียงผ่านอุปกรณ์ทางเสียงอย่างหูฟังหรือลำโพงอีกด้วย เมื่อวงจรภาครับได้รับสัญญาณแสงที่เป็นสัญญาณรูปแบบพัลส์เข้ามาจะเกิดแรงดันขึ้นตามความถี่ที่ได้รับมาแล้วทำการแยกแยะตำแหน่งของหลอดไดโอดเปล่งแสงและส่งตำแหน่งไปยังวงจรเสริมเพื่อระบุตำแหน่งให้กับผู้พิการทางสายตาต่อไป



รูปที่ 3.5 แผนภาพวงจรภาครับ

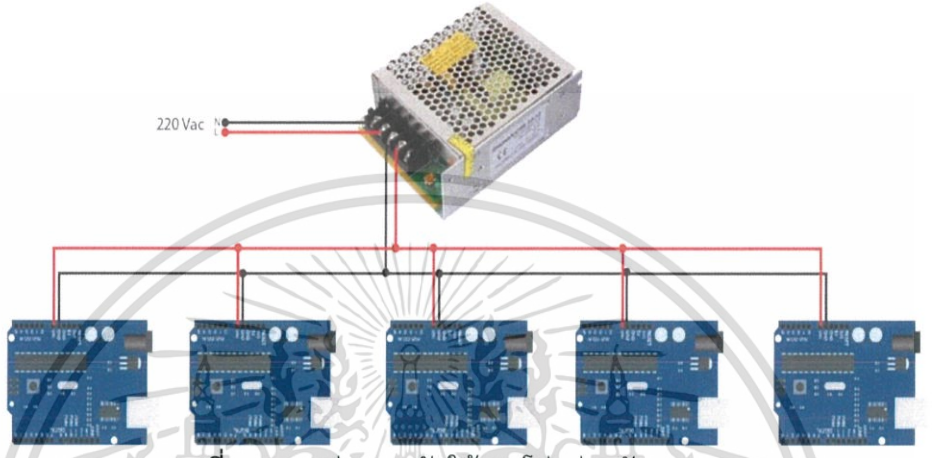


รูปที่ 3.6 วงจรภาคตัวรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ตัวจ่ายกำลังทางไฟฟ้า (220 V_{ac} to 12 V_{dc}, 2.1 A)

เนื่องจากบอร์ดอาดูโน่ต้องการแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์ เพื่อเป็นไฟเลี้ยงบอร์ดอาดูโน่ให้สามารถทำงานได้ จึงจำเป็นต้องใช้ตัวจ่ายกำลังทางไฟฟ้าเพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 โวลต์ ซึ่งเป็นขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้กันโดยทั่วไปภายในอาคารต่าง ๆ ที่อยู่ในประเทศไทย แปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์ ซึ่งอาดูโน่สามารถทนแรงดันเพื่อแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าขนาด 5 โวลต์ เพื่อใช้เลี้ยงบอร์ดอาดูโน่ได้ตั้งแต่ 7 – 12 โวลต์



รูปที่ 3.7 การจ่ายแรงดันให้อาดูโน่แต่ละตัว

3.2.4 การเขียนโปรแกรมลงอาดูโน่

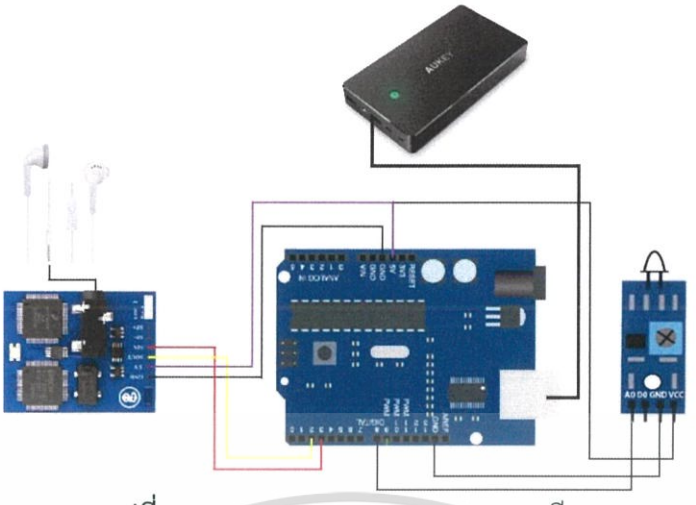
การเขียนโปรแกรมลงอาดูโน่ภาคตัวส่งนั้นมีเพื่อควบคุมสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ต้องจ่ายให้กับหลอดไดโอดเปล่งแสง โดยใช้หลักการมอดูเลตทางความถี่ในการควบคุมการติด-ดับของหลอดไดโอดเปล่งแสงแต่ละหลอดให้ออกมาเป็นสัญญาณแสงรูปแบบพัลส์ตามความถี่ที่ต้องการ

การเขียนโปรแกรมลงอาดูโน่ภาครับนั้นมีเพื่อนำสัญญาณแสงรูปแบบพัลส์ที่ได้รับผ่านไดโอดรับแสงที่ถูกส่งมาจากภาคตัวส่งมาแยกแยะเป็นตำแหน่งของแต่ละหลอดที่รับสัญญาณแสงมาแล้วจึงนำข้อมูลตำแหน่งนั้น ๆ มาโปรแกรมเป็นสัญญาณรูปแบบเสียงเพื่อระบุตำแหน่งผ่านอุปกรณ์ทางเสียงอย่างหูฟังหรือลำโพง

3.2.5 การแสดงผลออกทางเสียง

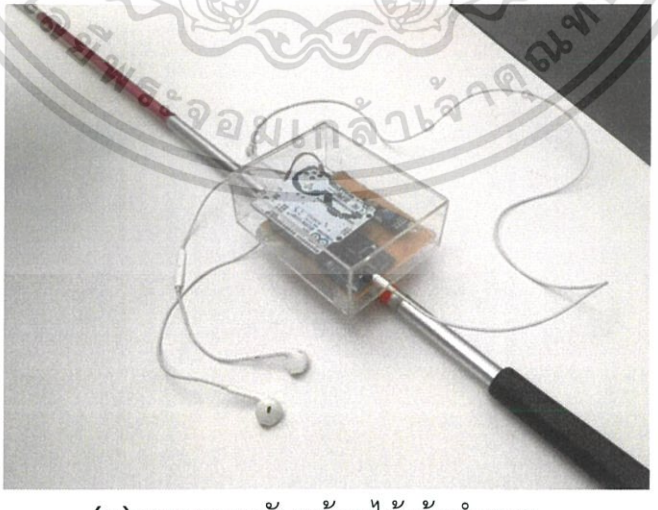
วงจรทดสอบการแสดงผลทางเสียง เป็นวงจรที่สามารถแปลงข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในอาดูโน่ทั้งที่เป็นตัวอักษรและตัวเลขให้ออกมาสัญญาณรูปแบบเสียงได้อย่างถูกต้อง ซึ่งมีฟังก์ชันการทำงานให้เลือกใช้ปรับข้อความเสียงให้เป็นไปอย่างที่ต้องการได้ทั้งการปรับระดับเสียงสูง - ต่ำ ระดับความดังและความเร็วในการอ่านข้อความ ซึ่งสัญญาณรูปแบบเสียงจะทำงานก็ต่อเมื่ออาดูโน่ภาคตัวรับสามารถระบุตำแหน่งได้แล้ว จึงนำข้อมูลตำแหน่งเหล่านั้นมาเข้าวงจรแล้วออกเป็นข้อความเสียงให้ผู้ฟังสามารถได้ยินและเข้าใจได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 วงจรทดสอบการแสดงผลทางเสียง

(ก) วงจรภาครับ



(ข) วงจรภาครับพร้อมไม้เท้านำทาง

รูปที่ 3.9 ไม้เท้านำทาง

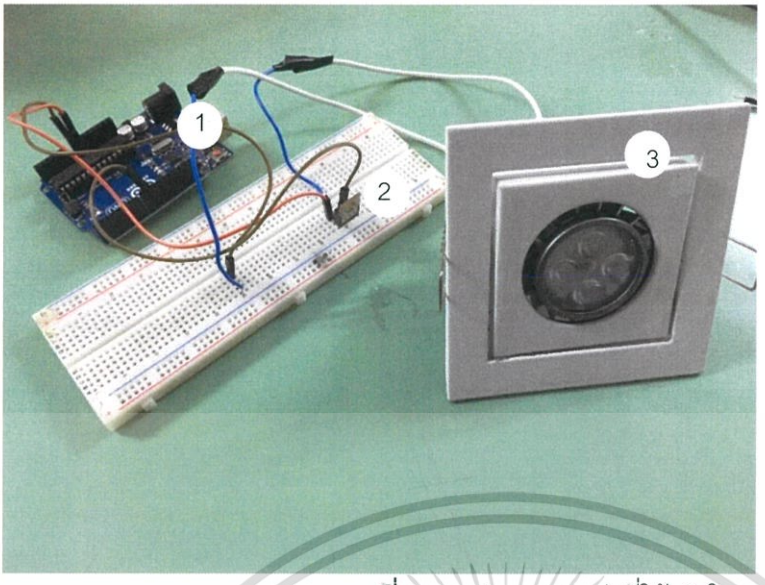
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้เป็นการทดลองรับค่าความถี่จากหลอดไฟแต่ละหลอดซึ่งมีการควบคุมค่าความถี่ที่ต้องการส่งไว้ โดยทำการจำกัดพื้นที่ในห้องทดลองที่มีการควบคุมให้มืดเพื่อไม่ให้มีแสงสว่างจากภายนอกรบกวนหลอดไฟไดโอดเปล่งแสงที่ใช้ในการส่งข้อมูลและกำหนดตำแหน่งการติดตั้งหลอดไฟ 3 หลอดห่างจากกันเป็นระยะห่างระหว่างหลอด 2.4 เมตร ทำการต่อไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ และแปลงผ่านแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตชิ่ง เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์เพื่อเข้าขาเข้าของ Arduino ภาคส่ง โปรแกรมข้อมูล Arduino ของภาคตัวส่งให้ส่งค่าความถี่แต่ละหลอดที่ความถี่ที่ค่าต่างกัน 3 ค่า คือ 300 , 500 และ 700 เฮิรตซ์ ใช้วงจรรับทดลองรับค่าโดยพิจารณาค่าความถี่ผ่านจอแอลซีดีว่าตรงกับหลอดไฟไดโอดเปล่งแสงที่ส่งหรือไม่โดยทำการตรวจสอบการแสดงผลทั้งผ่านทางจอแอลซีดีทั้งการทดลองที่ 1 และ 3 (เลือกขนาดวัตต์หลอดไฟเพียง 1 ค่าและทำการทดลองเดิน 1 ครั้ง) ระยะห่างจากหลอดไฟถึงวงจรภาครับทั้งแนวดิ่งและแนวระนาบเมื่อเดินผ่านหลอดไฟแต่ละหลอด (ทำการทดลองจำนวน 2 ครั้ง โดยเปลี่ยนขนาดวัตต์ของหลอดไฟไดโอดเปล่งแสงจำนวน 2 ค่า คือ 3 และ 4 วัตต์ ณ แต่ละตำแหน่งที่ทำการติดตั้งหลอดไฟไว้) รวมไปถึงผลของการแสดงค่าความถี่ที่ได้รับผ่านทางจอแอลซีดีในกรณีเดินผ่านบริเวณที่มีการซ้อนทับกันของแสงจากหลอดไฟของ 2 หลอดที่มีค่าความถี่ต่างกัน

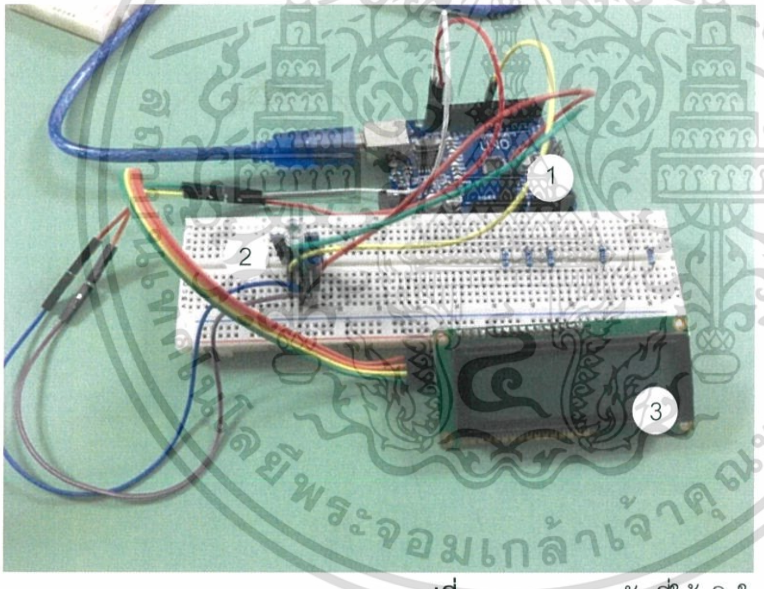
การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ตอน โดยตอนที่ 1 และ 2 เป็นการทดลองเพื่อตรวจสอบว่าภาคตัวรับสามารถรับค่าความถี่ที่ส่งผ่านหลอดไฟไดโอดเปล่งแสงได้ตรงกันหรือไม่ รวมไปถึงตรวจสอบระยะห่างจากหลอดไฟไดโอดเปล่งแสงที่ภาคตัวรับสามารถรับได้ ซึ่งการรับค่าความถี่ที่ถูกต้องสามารถทำให้การรับข้อความที่ถูกส่งแฝงไปในค่าความถี่แต่ละจุดมีความถูกต้อง (การทดลองใส่เพียงแค่ค่าความถี่ให้กับตัวหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง ยังไม่ได้ระบุข้อความแฝงไปในความถี่) โดยในการทดลองทั้งสองการทดลองได้ปรับเปลี่ยนค่าความถี่และขนาดวัตต์ของหลอดไฟแต่ละจุด ทำการทดลอง 2 ครั้ง กำหนดขนาดวัตต์ของหลอดไฟแต่ละครั้งเป็น 3 และ 4 วัตต์และหลอดไฟไดโอดเปล่งแสงแต่ละจุดให้มีค่าความถี่เพียง 1 ค่าทั้ง 2 ครั้งของการทดลองเพื่อดูผลของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ส่วนการทดลองที่ 3 เป็นการทดลองโดยตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นเมื่อเดินผ่านบริเวณที่มีการซ้อนทับกันของแสงจากหลอดไฟไดโอดเปล่งแสงทั้งสองหลอดที่มีค่าความถี่ต่างกัน แต่ขนาดวัตต์เท่ากัน เพื่อดูผลของค่าความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1. บอร์ดอาดูโน่ภาคตัวส่ง
2. ทรานซิสเตอร์ IRF 510
3. หลอดไดโอดเปล่งแสง

รูปที่ 4.1 รูปวงจรภาคส่งที่ใช้จริงในการทดลอง
(ดังเช่นรูปไดอะแกรมของวงจรภาคส่งที่แสดงในรูปที่ 3.2)



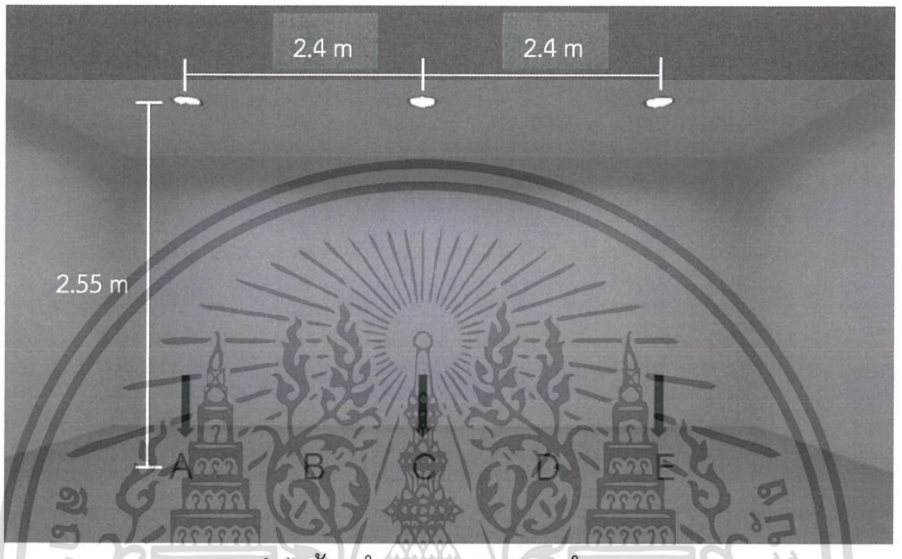
1. บอร์ดอาดูโน่ภาครับ
2. วงจรสำเร็จรูปไดโอดรับแสง
3. จอแอลซีดี

รูปที่ 4.2 วงจรภาครับที่ใช้จริงในการทดลอง
(ดังเช่นรูปไดอะแกรมของวงจรภาครับที่แสดงในรูปที่ 3.2)

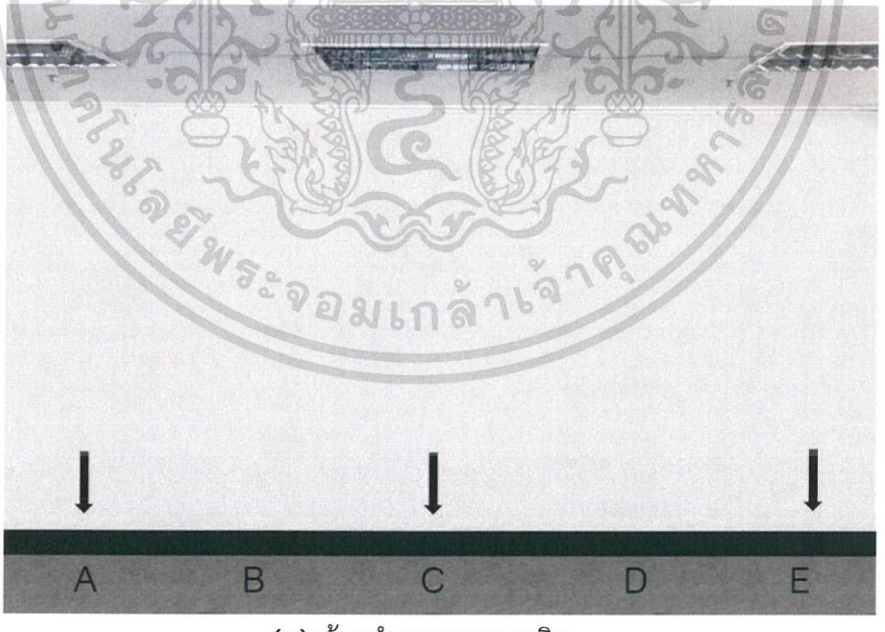
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การทดลองรับค่าและแสดงค่าความถี่ผ่านทางจอแอลซีดี

ใช้หลอดไฟไดโอดเปล่งแสงจำนวน 3 หลอด วางให้ระยะห่างระหว่างหลอดไฟแต่ละจุดมีค่า 2.4 เมตร กำหนดค่าความถี่หลอดไฟจากภาคตัวส่งซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับหลอดไฟแต่ละหลอด ใช้ค่าความถี่ 300 (จุด A) , 500 (จุด C) และ 700 (จุด E) เฮิรตซ์ตามลำดับ ทดลองเดินรับค่าโดยใช้ตัวรับทดสอบรับค่าแต่ละจุดว่าได้รับค่าความถี่ตรงกับค่าแต่ละจุดของหลอดไฟหรือไม่ ทำการทดลอง 2 ครั้ง (ครั้งแรกใช้ขนาดวัตต์ของหลอดไฟเป็น 3 วัตต์ ส่วนครั้งที่สองเปลี่ยนขนาดวัตต์ของหลอดไฟเป็น 4 วัตต์)



(ก) ห้องทำการทดลองแบบจำลอง



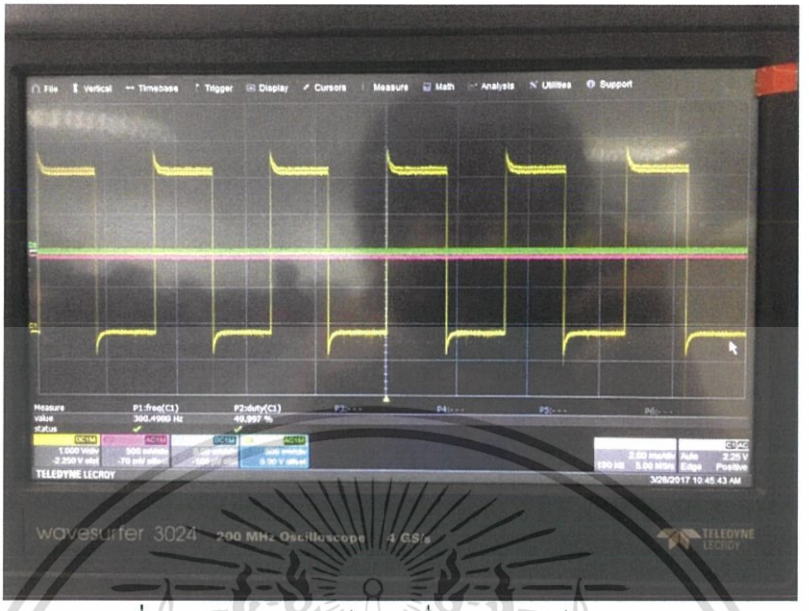
(ข) ห้องทำการทดลองจริง

รูปที่ 4.3 การทดลองที่ 1

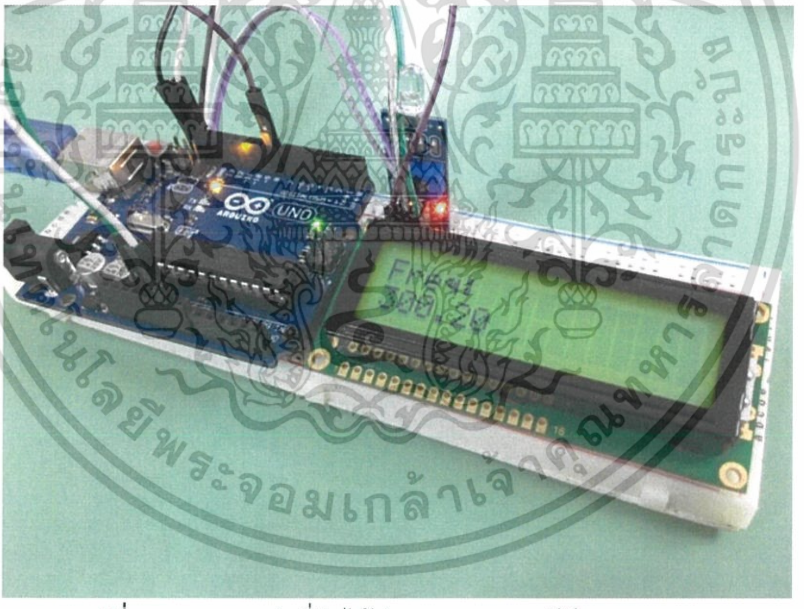
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองรับค่าการแสดงความถี่ผ่านทางจอแอลซีดี

เมื่อโปรแกรม Arduino ให้ส่งสัญญาณพัลส์ขนาดความถี่ 300 เฮิรตซ์ พร้อมแสดงค่าความถี่



รูปที่ 4.4 สัญญาณพัลส์ความถี่ 300 เฮิรตซ์ (จุด A)



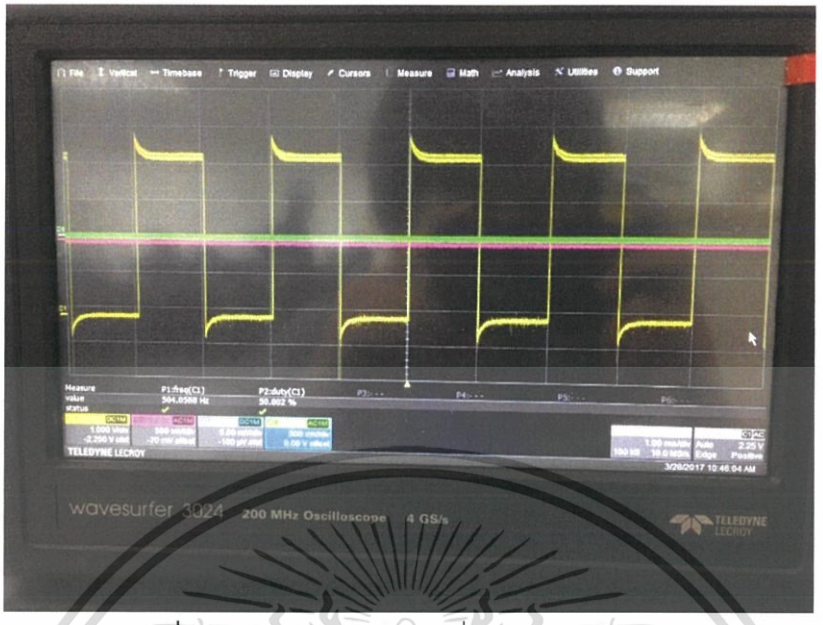
รูปที่ 4.5 ผลของค่าที่รับได้ผ่านทางจอแอลซีดี (จุด A)

จากรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นถึงกราฟของแรงดันที่วัดได้จากฝั่งเอาท์พุตของอาดูโน่ก่อนต่อเข้าหลอดไฟไดโอดเปล่งแสงหลอดที่ 1 (จุด A) มีลักษณะเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม ความถี่ 300 เฮิรตซ์

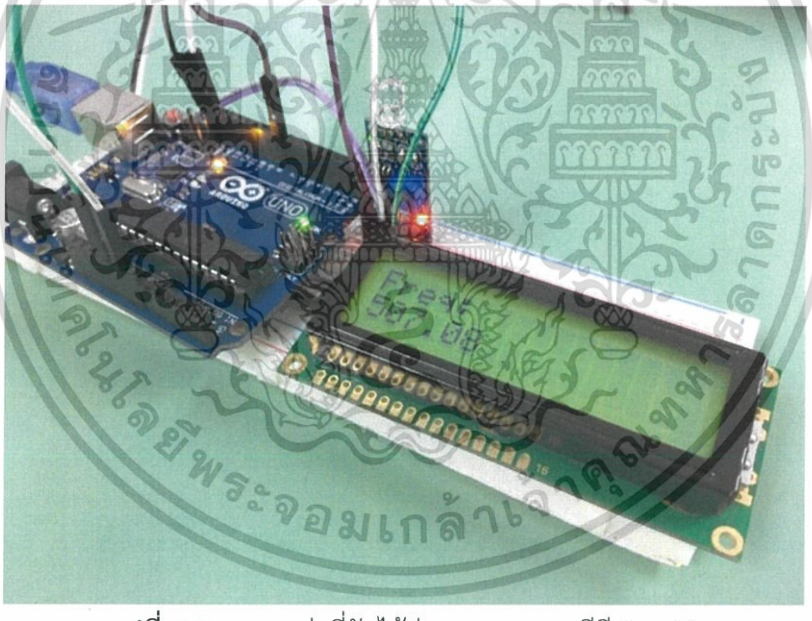
ส่วนรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นค่าความถี่ที่ภาคตัวรับสามารถรับค่าได้ โดยแสดงผลผ่านทางจอแอลซีดีตรงกับค่าความถี่ที่ส่งจากหลอดไฟหลอดที่ 1 (จุด A) ซึ่งเมื่อผลการรับค่ามีความถูกต้องจะทำให้การรับข้อความที่ถูกส่งแฝงมาพร้อมกับความถี่ในจุด A มีความถูกต้องและชัดเจน (ในการทดลองใส่เพียงค่าความถี่ให้กับหลอดไฟ ยังไม่ได้ระบุข้อความแฝงไปในความถี่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อโปรแกรม Arduino ให้ส่งสัญญาณพัลส์ขนาดความถี่ 500 เฮิรตซ์ พร้อมแสดงค่าความถี่



รูปที่ 4.6 สัญญาณพัลส์ความถี่ 500 เฮิรตซ์ (จุด C)



รูปที่ 4.7 ผลของค่าที่รับได้ผ่านทางจอแอลซีดี (จุด C)

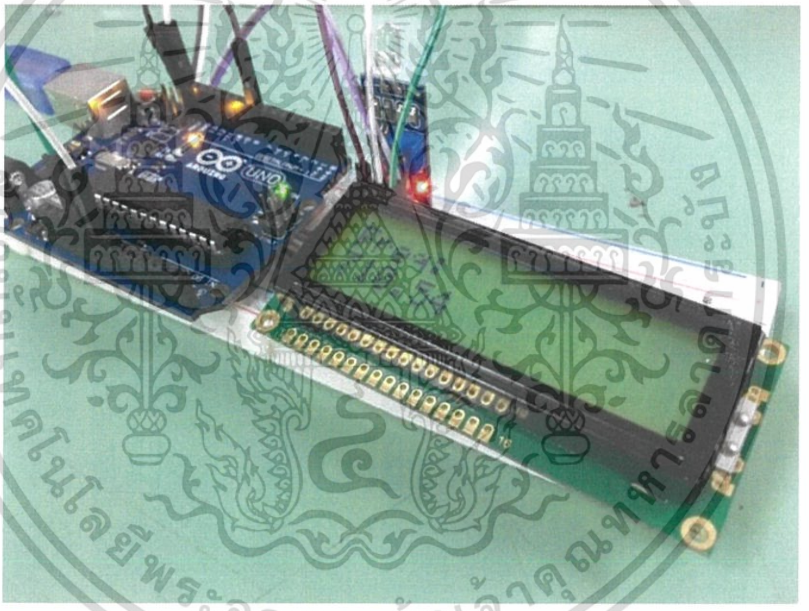
จากรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นถึงกราฟของแรงดันที่วัดได้จากฝั่งเอาท์พุตของอาดูโน่ก่อนต่อเข้าหลอดไฟไดโอดเปล่งแสงหลอดที่ 2 (จุด C) มีลักษณะเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม ความถี่ 500 เฮิรตซ์

ส่วนรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นค่าความถี่ที่ภาคตัวรับสามารถรับค่าได้ โดยแสดงผลผ่านทางจอแอลซีดีตรงกับค่าความถี่ที่ส่งจากหลอดไฟหลอดที่ 2 (จุด C) ซึ่งเมื่อผลการรับค่ามีความถูกต้องจะทำให้การรับข้อความที่ถูกส่งแฝงมาพร้อมกับความถี่ในจุด C มีความถูกต้องและชัดเจน (ในการทดลองใส่เพียงค่าความถี่ให้กับหลอดไฟ ยังไม่ได้ระบุข้อความแฝงไปในความถี่)

เมื่อโปรแกรม Arduino ให้ส่งสัญญาณพัลส์ขนาดความถี่ 700 เฮิรตซ์ พร้อมแสดงค่าความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.8 สัญญาณพัลส์ความถี่ 700 เฮิรตซ์ (จุด E)



รูปที่ 4.9 ผลของค่าที่รับได้ผ่านทางจอแอลซีดี (จุด E)

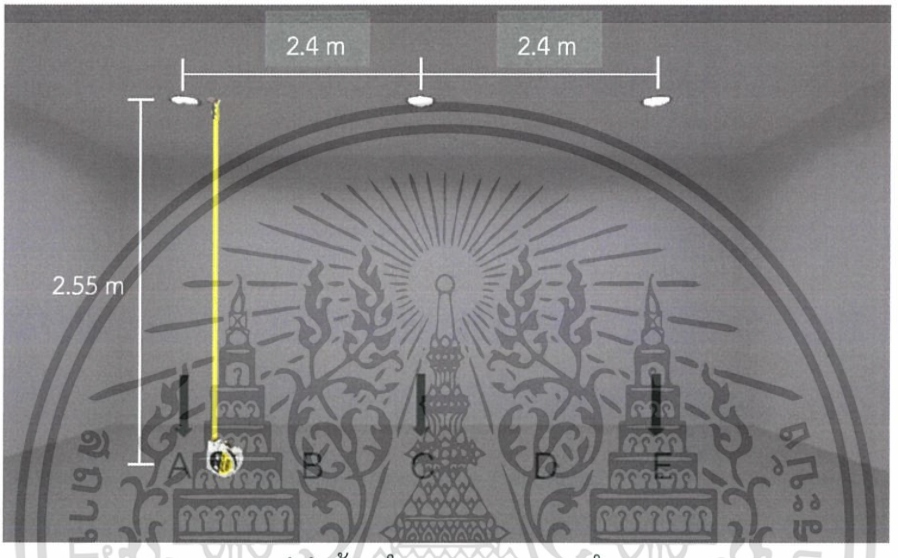
จากรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นถึงกราฟของแรงดันที่วัดได้จากฝั่งเอาท์พุตของอาดูโน่ก่อนต่อเข้าหลอดไฟ ไดโอดเปล่งแสงหลอดที่ 3 (จุด E) มีลักษณะเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม ความถี่ 700 เฮิรตซ์

ส่วนรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นค่าความถี่ที่ภาคตัวรับสามารถรับค่าได้ โดยแสดงผลผ่านทางจอแอลซีดีตรงกับค่าความถี่ที่ส่งจากหลอดไฟหลอดที่ 3 (จุด E) ซึ่งเมื่อผลการรับค่ามีความถูกต้องจะทำให้การรับข้อความที่ถูกส่งแฝงมาพร้อมกับความถี่ในจุด E มีความถูกต้องและชัดเจน (ในการทดลองใส่เพียงค่าความถี่ให้กับหลอดไฟ ยังไม่ได้ระบุข้อความแฝงไปในความถี่)

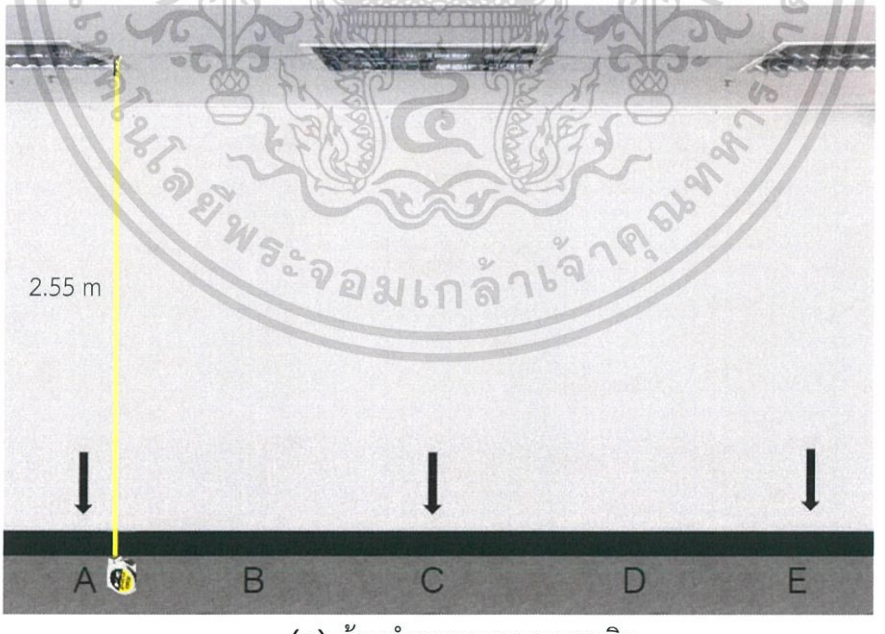
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ตรวจสอบระยะห่างจากหลอดไฟถึงวงจรภาครับทั้งแนวดิ่งและแนวระนาบโดยเปลี่ยนขนาดวัตต์ของหลอดไฟให้มีค่าต่างกัน

จากรูป ทำการทดลองแบบการทดลองที่ 1 คือ ใช้หลอดไฟไดโอดเปล่งแสงจำนวน 3 หลอด วางให้ระยะห่างระหว่างหลอดไฟแต่ละจุดมีค่า 2.4 เมตร กำหนดค่าความถี่หลอดไฟจากภาคตัวส่งซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับหลอดไฟแต่ละหลอด ใช้ค่าความถี่ 300 (จุด A) , 500 (จุด C) และ 700 (จุด E) เฮิรตซ์ตามลำดับ ใช้ตลับเมตรวัดค่าระยะห่างแนวดิ่งและแนวนอนโดยวัดจากศูนย์กลางหลอดถึงจุดที่ตัวรับเริ่มรับค่าความถี่ได้ ทำการทดลอง 2 ครั้ง (ครั้งแรกใช้ขนาดวัตต์ของหลอดไฟเป็น 3 วัตต์ ส่วนครั้งที่สองเปลี่ยนขนาดวัตต์ของหลอดไฟเป็น 4 วัตต์)



(ก) ห้องทำการทดลองแบบจำลอง



(ข) ห้องทำการทดลองแบบจริง

รูปที่ 4.10 การทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นผล เมื่อใช้หลอดไฟขนาด 3 วัตต์ทั้ง 3 หลอด โดยแต่ละหลอดมีค่าความถี่ต่างกันนั้น สามารถวัดระยะห่างแนวดิ่งและแนวนอนโดยวัดจากศูนย์กลางหลอดได้ระยะเท่ากันทั้ง 3 หลอด

ส่วนตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นผล เมื่อใช้หลอดไฟขนาด 4 วัตต์ทั้ง 3 หลอด โดยแต่ละหลอดมีค่าความถี่ต่างกันนั้น สามารถวัดระยะห่างแนวดิ่งและแนวนอนโดยวัดจากศูนย์กลางหลอดได้ระยะเท่ากันทั้ง 3 หลอด

เมื่อทำการเปรียบเทียบกัน พบว่า หลอดที่มีขนาดวัตต์ 4 วัตต์ มีวงรัศมีของแสงกว้างมากกว่าหลอดที่มีขนาด 3 วัตต์ เนื่องจากตำแหน่งที่สามารถเริ่มรับค่าความถี่ของหลอดขนาด 4 วัตต์ มีระยะไกลมากกว่าของหลอดขนาด 3 วัตต์

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองโดยใช้หลอดไฟขนาด 3 วัตต์

ที่ค่าความถี่(เฮิรตซ์)	ระยะห่างในแนวดิ่งจากจุดศูนย์กลางหลอดไฟ(เมตร)	ระยะห่างในแนวราบจากจุดศูนย์กลางหลอดไฟ(เมตร)
300 (จุด A)	2.55	0.5
500 (จุด C)	2.55	0.5
700 (จุด E)	2.55	0.5

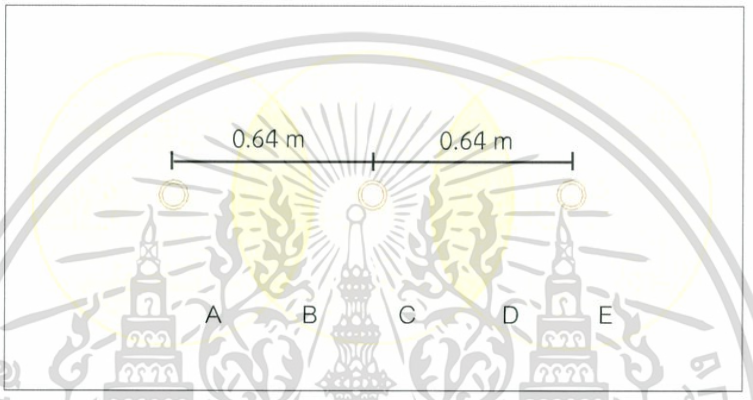
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองโดยใช้หลอดไฟขนาด 4 วัตต์

ที่ค่าความถี่(เฮิรตซ์)	ระยะห่างในแนวดิ่งจากจุดศูนย์กลางหลอดไฟ(เมตร)	ระยะห่างในแนวราบจากจุดศูนย์กลางหลอดไฟ(เมตร)
300 (จุด A)	2.55	0.65
500 (จุด C)	2.55	0.65
700 (จุด E)	2.55	0.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ทดสอบผลที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเดินผ่านบริเวณที่มีการซ้อนทับกันของแสงจากหลอดไฟ

จากรูป ขยับระยะห่างการวางหลอดไฟ 3 หลอดโดยกำหนดให้ระยะห่างแต่ละตำแหน่งของการวางหลอดไฟให้มีค่า 64 เซนติเมตร กำหนดค่าความถี่แต่ละหลอดเป็น 300 (จุด A) , 500 (จุด C) และ 700 (จุด E) เฮิรตซ์ ตามลำดับ เปิดหลอดไฟครั้งละ 2 หลอด ทดลองเดินรับค่าโดยใช้ตัวรับเริ่มเดินผ่านตั้งแต่ตำแหน่งของหลอดที่ 1 (จุด A)ผ่านไปยังจุดที่มีการซ้อนทับกันของทั้งแสงจากหลอดไฟหลอดแรกและหลอดที่ 2 (จุด B) ไปจนถึงตำแหน่งของหลอดที่ 2 (จุด C) เดินแบบเดียวกันอีกครั้งโดยผ่านจากหลอดไฟหลอดที่ 2 (จุด C) ไปยังจุดที่มีการซ้อนทับกันของแสงจากหลอดที่ 2 และ 3 (จุด D) ไปจนถึงตำแหน่งของหลอดที่ 3 (จุด E) ตรวจสอบการแสดงผลผ่านทางจอแอลซีดีของภาคตัวรับบริเวณจุดที่มีการซ้อนทับกันของแสงจากทั้ง 2 หลอด (จุด B และ D)



(ก) ห้องทำการทดลองแบบจำลอง

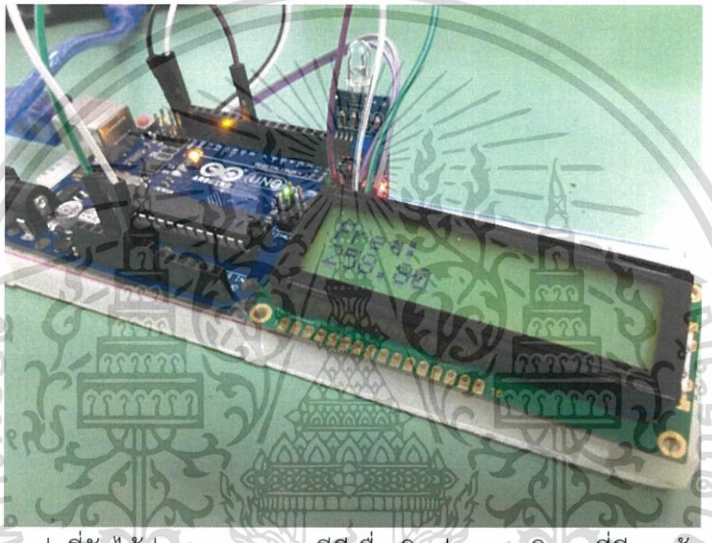
(ข) ห้องทำการทดลองจริง

รูปที่ 4.11 การทดลองที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.11 แสดงให้เห็น ค่าความถี่ที่รับได้เมื่อเดินผ่านจุดบริเวณที่มีการซ้อนทับกันของแสงจากหลอดไฟที่ส่งค่าความถี่ต่างกัน 2 หลอด (จุด B) คือ หลอดที่ 1 และหลอดที่ 2 ซึ่งถูกกำหนดค่าความถี่ให้มีค่า 300 (จุด A) และ 500 (จุด C) เฮิรตซ์ ตามลำดับ โดยการแสดงผลผ่านทางหน้าจอแอลซีดีนั้นออกมาไม่ถูกต้อง มีการแสดงค่าซึ่งเป็นค่าที่ผิดเพี้ยนไปนั้นค้างไว้ อีกทั้งการแสดงผลทางหน้าจอไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าตลอดเวลาตามปกติเหมือนจุดที่ไม่มีการซ้อนทับกันของแสงและรับค่าความถี่จากหลอดไฟทั้งสองที่ส่งไม่ได้ ค่าที่ค้างไว้และผิดเพี้ยนนี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนกว่าจะเดินพ้นจุดที่มีการซ้อนทับกันของแสงจึงทำให้สามารถรับค่าความถี่และมีการเปลี่ยนแปลงของค่าตลอดเวลาได้ตามปกติเหมือนเดิม ไม่มีการค้างค่าความถี่ไว้

รูปที่ 4.12 ด้านล่าง แสดงให้เห็นถึงผลการอ่านค่าที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเดินผ่านบริเวณที่มีการซ้อนทับกันของแสงจากหลอดไฟ



รูปที่ 4.12 ค่าที่รับได้ผ่านทางจอแอลซีดีเมื่อเดินผ่านจุดบริเวณที่มีการซ้อนทับกันของแสงจากหลอดไฟ

จากผลการทดลองทั้ง 3 การทดลอง สามารถสรุปได้ดังนี้

การทดลองแรกแสดงให้เห็น ค่าความถี่ที่แสดงผ่านทางหน้าจอแอลซีดีของแต่ละตำแหน่งของการวางหลอดไฟมีค่าตรงกันกับความถี่ที่ถูกระบุไว้ให้หลอดไฟแต่ละตำแหน่ง การทดลองที่ 2 แสดงให้เห็น ขนาดวัตต์ที่ต่างกันของหลอดไฟส่งผลต่อระยะรัศมีของแสงเนื่องจากค่าความส่องสว่างที่ต่างกันของหลอดไฟแต่ละขนาด และการทดลองสุดท้ายแสดงให้เห็น ค่าความถี่ที่แสดงผ่านทางหน้าจอแอลซีดีในจุดที่มีการซ้อนทับกันของแสงจากหลอดไฟทั้งสองหลอดนั้นมีค่าที่ผิดเพี้ยนไป ไม่ตรงกับค่าความถี่ที่ถูกระบุไว้ให้หลอดไฟแต่ละตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้เป็นการออกแบบไม้เท้านำทางโดยศึกษาเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้และนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบทั้งด้านการส่งข้อมูลและการรับข้อมูลตำแหน่งภายในอาคารโดยมีวัตถุประสงค์ในการช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้พิการทางสายตาในด้านการเดินทาง ประกอบกับผู้พิการทางสายตาเป็นกลุ่มที่ถูกให้ความสำคัญในการแก้ไขปัญหาการดำเนินชีวิตในสังคมมากขึ้นในปัจจุบัน เพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิดเมืองอัจฉริยะ (Smart City) ที่จะมีการนำหลอดไฟไดโอดเปล่งแสงเข้ามาใช้แทน รวมถึงประโยชน์ทางอ้อมในการใช้เทคโนโลยีการสื่อสายด้วยแสงที่มองเห็นจากหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง ซึ่งประเทศไทยเริ่มให้ความสำคัญและกำลังพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีต่างๆให้พร้อมรับแนวคิดดังกล่าวเข้ามาใช้ภายในประเทศ โดยออกแบบภาคตัวส่งและภาคตัวรับ ภาคตัวส่งประกอบไปด้วยหลอดไฟแบบไดโอดเปล่งแสงซึ่งเชื่อมต่อกับ อาดูโน่ ที่โปรแกรมควบคุมพัลส์ความถี่ให้มีค่าต่างกันในแต่ละหลอด (อาดูโน่ 1 ตัวต่อหลอดไฟ 1 หลอด) ส่วนภาคตัวรับประกอบไปด้วยไดโอดรับแสงสำหรับรับแสงจากหลอดไฟ เชื่อมต่อเข้ากับอาดูโน่เพื่อทำการประมวลความถี่และข้อความ หลังจากนั้นจึงส่งผ่านข้อความไปยังวงจรแปลงเสียงสำเร็จรูปเพื่อแสดงผลออกทางเสียงผ่านหูฟัง

จากผลการทดลองรับค่าความถี่จากหลอดไฟที่ค่าความถี่ต่างกัน แสดงให้เห็นว่า ค่าความถี่ที่ต่างกัน ทำให้ความสว่างของหลอดไฟต่างกัน โดยสามารถใช้ลักซ์มิเตอร์ในการวัดค่าความสว่าง ค่าความถี่ 700 เฮิรตซ์จะมีความสว่างมากที่สุด รองลงมาเป็นค่าความถี่ 500 เฮิรตซ์ และความถี่ 300 เฮิรตซ์มีความสว่างน้อยที่สุด อีกทั้งยังพบว่า ค่าความถี่ไม่มีผลต่อความกว้างของรัศมีของแสง ซึ่งสามารถทราบได้จากการวัดระยะห่างแนวนอนโดยวัดจากศูนย์กลางหลอดจนถึงภาคตัวรับ ระยะห่างในแนวนอนสำหรับหลอดขนาด 3 วัตต์ มีค่าเท่ากันทั้ง 3 หลอด คือ 0.5 เมตร และสำหรับหลอดขนาด 4 วัตต์ มีค่าเท่ากันทั้ง 3 หลอด คือ 0.65 เมตร

เมื่อทำการเปลี่ยนค่าขนาดวัตต์ของหลอดไฟให้ต่างกันโดยให้ค่าความถี่คงเดิม พบว่า หลอดที่มีขนาดวัตต์มากกว่าจะกินกำลังไฟฟ้ามากกว่าหลอดที่มีขนาดวัตต์ต่ำกว่า ทำให้กระแสที่ไหลเข้าหลอดไฟมีค่ามากกว่าที่ขนาดแรงดันเท่ากันและสว่างมากกว่า ส่งผลให้ระยะสูงสุดที่สามารถรับค่าความถี่ได้ห่างวัดจากศูนย์กลางหลอดในแนวนอนมีค่าต่างกันเนื่องจากรัศมีของแสงของหลอดทั้ง 2 หลอดนั้นมีค่าไม่เท่ากัน โดยหลอดที่มีขนาดวัตต์มากกว่า (4 วัตต์) จะมีระยะรัศมีแสงที่มากกว่าหลอดที่มีขนาดวัตต์ต่ำกว่า (3 วัตต์)

นอกจากนี้ เมื่อทำการทดลองรับค่าความถี่บริเวณที่มีการซ้อนทับกันของแสงจากหลอดไฟที่มีค่าความถี่ต่างกัน สามารถสังเกตได้ว่า ก่อนเข้าสู่บริเวณที่มีการซ้อนทับกันของแสง ตัวรับยังคงสามารถรับค่าความถี่จากหลอดไฟหลอดแรกได้ แต่เมื่อเข้าสู่บริเวณดังกล่าว ตัวรับไม่สามารถรับค่าความถี่ได้ตามปกติ ค่าที่รับได้ผิดเพี้ยนไปและไม่ตรงกับค่าความถี่ที่ส่งมาจากหลอดทั้งสองหลอด อีกทั้งตัวรับยังค้างค่าความถี่ดังกล่าวไว้ ไม่รับค่าตามปกติ พอผ่านบริเวณที่มีการซ้อนทับกันของแสงแล้ว การรับค่าความถี่จากหลอดไฟดวงถัดไปสามารถทำได้ตามปกติและรับค่าได้ตรงกับค่าความถี่ที่ส่งมาจากหลอดนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาที่พบ

จากผลการวิจัย สามารถสรุปปัญหาได้ดังนี้

1. หลอดไฟแต่ละยี่ห้อมีผลต่อการส่งค่าความถี่เนื่องจากการรับค่าของโฟโต้ไดโอดจำเป็นต้องได้รับสัญญาณที่เป็นพัลส์ซึ่งมีแอมพลิจูดคงที่ ค่าไม่แกว่ง จึงจะสามารถรับค่าสัญญาณและแสดงผลได้แม่นยำ โดยหลอดไฟแต่ละหลอดมีการออกแบบวงจรภายในตัวหลอดที่ไม่เหมือนกัน
2. วงจรสำเร็จรูปไดโอดรับแสงมีความเสถียรมากกว่าไดโอดรับแสงแบบธรรมดา เนื่องจากไดโอดรับแสงแบบธรรมดาไวต่อการรับค่าความถี่ทุกค่าและสัญญาณที่รับได้ไม่มีความเสถียร ทำให้สัญญาณที่นำไปประมวลผลไม่สามารถใช้กับอาดูโน่ของภาคตัวรับได้
3. ปัจจัยภายนอกมีผลต่อการรับค่าของไดโอดรับแสง เช่น สัญญาณรบกวนจากหลอดฟลูออเรเซนต์หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่าง ๆ เป็นต้น โดยสัญญาณดังที่กล่าวมามีผลต่อการรับพัลส์สัญญาณความถี่จากหลอดไฟแบบไดโอดเปล่งแสง

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. การพัฒนาด้านตัวรับสัญญาณสามารถใช้ไดโอดรับแสงแบบธรรมดาได้ โดยต่อวงจรปรับเสถียรภาพสัญญาณให้เสถียรมากขึ้น ซึ่งข้อดีของไดโอดรับแสงแบบธรรมดาทำให้สามารถรับค่าความถี่ที่ค่าสูงๆหลักกิโลหรือเมกะเฮิร์ตได้ดีกว่าวงจรสำเร็จรูปไดโอดรับแสง

2. การพัฒนาด้านภาคตัวส่งอาจปรับปรุงและพัฒนาโดยการโปรแกรมอาดูโน่หนึ่งตัวให้สามารถส่งค่าความถี่ที่แตกต่างกันได้ในเวลาเดียวกัน เพื่อลดจำนวนอาดูโน่จากที่ใช้ 1 ตัวต่อ 1 หลอด ให้สามารถใช้อาดูโน่ 1 ตัวกับหลอดไฟหลาย ๆ หลอดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Clements-Croome DJ. Intelligent building. EssentialFM Report, No. 12, November/December, 2001, The Eclipse Group, UK, 2001.

[2] Wall, R.W., T. Urbanik, D. Bullock, S. Allen, M. Busby, D. DeVoe, A. Huska, T. Rallens, Distributed Traffic Signal Control: Improving Pedestrian Control as A First Step, Transportation Research Board 2007 Annual Meeting, Washington D.C.

[3] สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. 2016. *Phuket Smart City First Step Thailand 4.0.* 4 กันยายน, 2559, : http://www.sipa.or.th/th/article/phuket-smart-city-first-step-thailand-40

[4] http://www.posttoday.com/biz/aec/trade/453986

[5] Tielsch JM, Sommer A, Witt K, Katz J, Royall RM. Blindness and Visual Impairment in an American Urban PopulationThe Baltimore Eye Survey. *Arch Ophthalmol.* 1990;108(2):286-290. doi:10.1001/archopht.1990.01070040138048

[6] พรพรรณ ชินณพงษ์. 2553. ทัศนคติของคนตาบอดต่อการเข้าถึงสภาพแวดล้อม. วิทยานิพนธ์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[7] Duckett, P. S., & Pratt, R. (2001). The researched opinions on research: visually impaired people and visual impairment research. *Disability & Society*, *16*(6), 815-835.

[8] Moore, N. (2000). The information needs of visually impaired people. *A Review of Research for the RNIB*.

[9] Kinnell, M., Yu, L., & Creaser, C. (2000). *Public library services for visually impaired people*. Leicestershire [England]: Library & Information Statistics Unit (LISU), Department of Information Science, Loughborough Univeristy

[10] Yusof, T. S. T., Toha, S. F., & Yusof, H. M. (2015). Path planning for visually impaired people in an unfamiliar environment using particle swarm optimization. *Procedia Computer Science*, *76*, 80-86.

[11] จันทนา อินสระ. 2555. สื่อภาพนูน "สัตว์หิมพานต์" เพื่อผู้พิการทางสายตา., มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

[12] ภัททิรา กลิ่นเลขา. 2556 พฤติกรรมการเปิดรับสื่อและความต้องการรูปแบบรายการโทรทัศน์ของคนพิการทางสายตา.,มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.

[13] Crudden, Adele. "Transportation Issues: Perspectives of Orientation and Mobility Providers." *Journal of Visual Impairment & Blindness (Online)* 109.6 (2015): 457.

[14] Barros-Bailey, Mary, John J. Benshoff, and Jerome Fischer. "Rehabilitation Counseling in the Year 2011 Perceptions of Certified Rehabilitation Counselors." *Rehabilitation Counseling Bulletin* 52.2 (2009): 107-113.

[15] "Visual Impairment and Blindness." World Health Organization. World Health Organization, n.d. Web. 12 Sept. 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[16] "สถิติข้อมูลคนพิการจำแนกตามเพศ และภูมิภาค." กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศ. 12 Sept. 2016:http://www.pwdsthai.com/index.php?option=com_content&view=category&id=101&Itemid=512

[17] Organisation for Economic Co-operation and Development. (1998). *21st century technologies: promises and perils of a dynamic future*. OECD.

[18] Arnold, D. (2005). Europe, technology, and colonialism in the 20th century. *History and Technology*, *21*(1), 85-106.

[19] Leong, M. P., Ng, P. K., Jee, K. S., Tan, Y. H., & Lee, D. K. S. (2015). A Review of China's Technological Developments in the 20th Century. *Applied Mechanics and Materials*, *773*, 871.

[20] Khan, L. U. (2016). Visible light communication: Applications, architecture, standardization and research challenges. *Digital Communications and Networks*.

[21] Anurag Sarkar,ShalabhAgarwal,AsokeNath,Li-Fitechnology:datatrans- mission throughvisiblelight,Int.J.Adv.Res.Comput.Sci.Manag.Stud.3(6) (2015).

[22] http://purelifi.com/what_is_li-fi/ (03.05.15).

[23] https://mobile.slashdot.org/story/11/03/10/141225/wi-fi-shown-to-interfere- with-aircraft-systems (04.05.15).

[24] http://www.theinternetofthings.eu/li-fi-speed-iot (12.06.15).

[25] H. Haas,L.Yin,Y.Wang,C.Chen,WhatisLiFi?J.Light.Technol.34(6)(2016) 1533–1544.

[26] (http://www.theinternetofthings.eu/li-fi-speed-iot) (12.09.16).

[27] http://www.independent.co.uk/news/science/li-fi-revolution-internet-connections-using-light-bulbs-are-250-times-faster-than-broadband-8909320.html (16.06.15).

[28] CAMPVehicleSafetyCommunicationsConsortium.Vehiclesafetycommunications project:Task3finalreport:identifyintelligentvehiclesafetyapplications enabledbyDSRC.NationalHighwayTrafficSafetyAdministration,US DepartmentofTransportation,WashingtonDC,2005.

[29] D.-R.Kim,S.-H.Yang,H.-SKim,Y.-HSon,S.-KHan,Outdoorvisiblelightcommunication forinter-vehiclecommunicationusingcontrollerareanet-work,in:ProceddingsofFourthInternationalConferenceontheCommunications andElectronics(ICCE),2012,pp.31-34.

[30] Xiao-WeiNg,Wan-YoungChung,VLC-basedmedicalhealthcareinformation system,Biomed.Eng.:Appl.BasisCommun.24(2)(2012)155–163.

[31] R.Murai,T.Sakai,H.Kawano,Y.Matsukawa,Y.Honda,K.Campbell,Anovelvisiblelightcommunicationsystemforenhancedcontrolofautonomousdeliveryrobotsinahospital,in:ProceedingsoftheIEEE/SICEInternationalSymposiumonSystemIntegration(SII),2012,pp510-516.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[32] S.-B.Park,D.K.Jung,H.S.Shin,D.J.Shin,Y.-J.Hyun,K.LeeandY.J.Oh,Information broadcastingsystembasedonvisiblelightsignboard,PresentedatWireless andOpticalCommunications2007,Montreal,Canada,2007.

[33] http://www.vlcc.net/?ml_langen (27.09.16).

[34] E.T.Won,D.Shin,D.K.Jung,Y.J.Oh,T.Bae,H.Kwon,C.Cho,J.Son,D.O'Brien, T.Kang,T.Matsumura,VisibleLightCommunication:Tutorial,IEEE,Orlando,FL,USA,2008

[35] Liu, C. B., Sadeghi, B., & Knightly, E. W. (2011, September). Enabling vehicular visible light communication (V2LC) networks. In *Proceedings of the Eighth ACM international workshop on Vehicular inter-networking* (pp. 41-50). ACM.

[36] Do, T. H., & Yoo, M. (2016). An in-depth survey of visible light communication based positioning systems. *Sensors*, *16*(5), 678.

[37] Rani, J., Chauhan, P., & Tripathi, R. (2012). Li-Fi (Light Fidelity)-The future technology In Wireless communication. *Int. J. of Applied Engineering Research*, *7*(11).

[38] "ข้อดีของหลอดไดโอดเปล่งแสง." KLC innovation. 15 Sept. 2016 :http://www.klcbright.com/

[39] "เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสง." ประสิทธิ์ ป้องสูน 15 Sept. 2016:http://www.elec-creations.com/images/file/VLC.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

บทความทางวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้การสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็น สำหรับระบบนำทางเพื่อช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา

Visible Light Communication For Visually Impaired People

นายพีรวัส แจ่มกระจ่าง, นายสัณหณัฐ เชียงทอง, นายสุพศิน เฉลิมพูนทรัพย์, นายอัครวุฒิ เวียงทอง
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
1 ซอย ฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925 E-Mail: ak.akarawut@gmail.com

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบไม้เท้านำทางสำหรับช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา โดยอาศัยเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่สามารถมองเห็นได้มาประยุกต์ใช้ร่วมกับไม้เท้า สำหรับการออกแบบไม้เท้าดังกล่าวนั้นใช้ภาคตัวรับซึ่งติดอยู่กับไม้เท้าประกอบด้วยโฟโต้ไดโอดและอาดูโน่เพื่อใช้ในการรับข้อมูลจากภาคตัวส่งผ่านทางแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง แล้วแปลงสัญญาณออกเป็นเสียงผ่านทางหูฟัง ภาครับใช้เป็นหลอดไดโอดเปล่งแสงประจำตำแหน่งแต่ละตำแหน่งภายในอาคารและมีอาดูโน่ขนาดเล็กระบุข้อมูลประจำตำแหน่งติดอยู่กับแต่ละหลอดไดโอด ข้อมูลที่ทำการส่งเป็นข้อมูลพิกัดตำแหน่ง ถูกส่งผ่านรูปของสัญญาณพัลส์ควบคุมการติดดับไปยังหลอดไดโอดเปล่งแสง ไม้เท้านำทางสามารถใช้ประโยชน์ในการให้ความช่วยเหลือผู้พิการทางสายตาในการรับรู้ตำแหน่งภายในอาคารและนำทางไปยังจุดหมายได้

ABSTRACT

This project aims to present the design of guiding stick for the visually impaired people which applying Visible Light Communication knowledge into this design. The design can be split into two parts, transmitter and receiver. Receiver consists of Photodiode and Arduino in order to attain positioning information , then transform this into sound via headphone. Using Light Emitting Diodes (LEDs) and small Arduinos as the transmitter , one LED and one Arduino for each position. The positioning information of each indoor position is transfer in PWM pulse form to control on-off of light in LEDs. This guiding stick could make visually impaired people more comfortable to reach their destination when going out indoor places.

1. บทนำ

ปัญหาการใช้ชีวิตสำหรับผู้พิการทางสายตาถือว่าเป็นหนึ่งในปัญหาที่สำคัญที่สุดของแต่ละประเทศ [1-3] เช่น การเดินทางภายในอาคารที่การพัฒนาอาคารและสถาปัตยกรรมภายในยังไม่ได้รับการคำนึงถึงมากพอสำหรับการอำนวยความสะดวกให้กับผู้พิการทางสายตาให้สามารถใช้ชีวิตได้แบบคนปกติทั่วไปได้ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุทั้งจากตัวอาคาร สิ่งของกับผู้พิการทางสายตาได้ ทางคณะวิจัยเห็นถึงปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นกับผู้พิการทางสายตาในปัจจุบันและเห็นถึงความสำคัญในการแก้ปัญหาเพื่อช่วยเหลือกลุ่มผู้พิการทางสายตา จึงสืบค้นข้อมูลรวมถึงงานวิจัยต่าง ๆ [4] จนนำมาซึ่งความรู้ทางด้านเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่สามารถมองเห็นได้ (Visible Light Communication : VLC) ทางคณะวิจัยจึงมีความคิดประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่สามารถมองเห็นได้ในการช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา โดยการใช้เทคโนโลยีดังกล่าวช่วยนำทางด้วยการระบุตำแหน่งจุดต่าง ๆ ภายในอาคาร รวมถึงการส่งข้อมูลระยะทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งผ่านทางแสงของหลอดไฟซึ่งมีอยู่แล้วตามจุดต่าง ๆ ในอาคาร เพื่อให้ผู้พิการทางสายตาทราบถึงตำแหน่งที่ชัดเจนของตัวเองและสามารถคาดคะเนทิศทางในการเดินทางไปยังจุดหมายได้อย่างถูกต้อง ผิดพลาดน้อยที่สุด

2.ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงสร้างของการสื่อสารด้วยแสง

2.1 ตัวส่งข้อมูล เป็นส่วนที่การประยุกต์อิเล็กทรอนิคกำลังและการสื่อสาร ซึ่งจะใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง

2.2 ตัวรับข้อมูล เป็นส่วนที่ประยุกต์ความรู้ของแสงและการประมวลผลดิจิตอล ซึ่งตัวรับสัญญาณประกอบด้วยโฟโต้ไดโอดและวงจรขยาย

เริ่มต้นจากบิตขาเข้าผ่านไปในช่องก่อนการเข้ารหัสเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในระบบการสื่อสารด้วยแสง และข้อมูลบิตขาเข้าที่ถูกเพิ่มประสิทธิภาพแล้วจะถูกนำไปเข้ารหัส แล้วนำไปเข้าขั้นตอนการผสมสัญญาณอย่าง PWM PPM ซึ่งขั้นตอนการผสมสัญญาณจะมีผลต่อการควบคุมการติดดับของหลอดไดโอดเปล่งแสง ข้อมูลเข้ารหัสที่ถูกผสมสัญญาณแล้วถูกส่งเข้าไปยังหลอดไดโอดเปล่งแสง ข้อมูลที่อยู่ภายในหลอดไดโอดเปล่งแสงจะถูกส่งผ่านแสงมายังโฟโต้ไดโอด แล้วแยกสัญญาณที่เกิดจากขั้นตอนการผสมสัญญาณมาทำการถอดรหัสส่งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

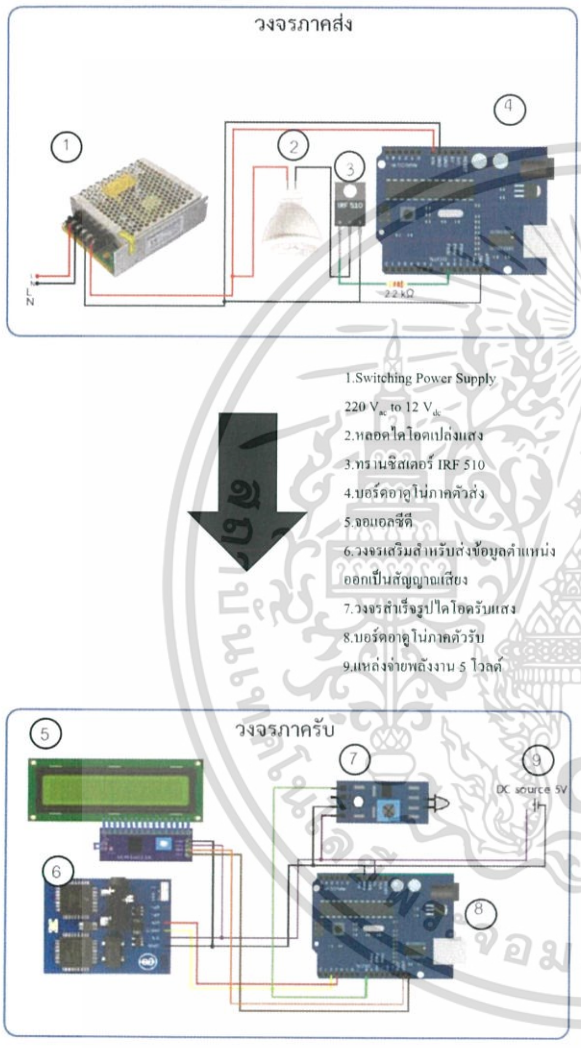
ยังช่องถอดรหัสแล้วเพื่อส่งข้อมูลที่ถูกถอดรหัสแล้วออกไปเป็นบิตขาออกสำหรับนำไปใช้งานในอาดูโน่ภาคตัวรับต่อไป

3. หลักการออกแบบและการคำนวณ

ส่วนประกอบหลักของวงจรรับและส่งข้อมูล

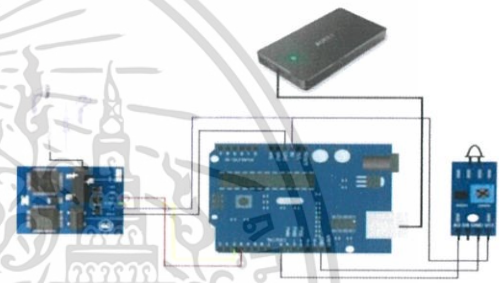
3.1 วงจรภาคตัวส่งด้วยสัญญาณแสง

3.2 วงจรภาครับ



รูปที่ 1 ไดอะแกรมภาพรวมของวงจรภาคส่งและวงจรภาครับ

ลำดับขั้นตอนการทำงานจริง เริ่มต้นจากการเขียนคำสั่งโดยผ่านโปรแกรม เขียนข้อมูลสำหรับอาดูโน่ ซึ่งแบ่งการเขียนข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ การเขียนข้อมูลใส่อาดูโน่ภาคตัวส่งและการเขียนข้อมูลใส่อาดูโน่ภาคตัวรับ ในการเขียนโปรแกรมข้อมูลสำหรับอาดูโน่ภาคตัวส่ง ได้มีการกำหนดค่าหรือความถี่ของสัญญาณภาคตัวส่งในแต่ละตำแหน่งให้กับอาดูโน่ซึ่งถูกติดตั้งเข้ากับหลอดไดโอดเปล่งแสง ค่าหรือความถี่ของสัญญาณเหล่านั้นจะถูกส่งต่อไปยังหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ถูกติดตั้งอยู่ด้วยกันกับอาดูโน่ภาคตัวส่ง เมื่อมีการจ่ายแรงดันเข้ามาให้หลอดไดโอดเปล่งแสงทำงาน สัญญาณความถี่ที่กำหนดไว้ตามโปรแกรมที่เขียนในอาดูโน่จะถูกส่งผ่านแสงที่ไดโอดเปล่งแสงนั้นทำงานอยู่ เมื่อมีไดโอดรับแสงตรวจจับแสงที่หลอดไดโอดเปล่งแสงปล่อยออกมา การรับข้อมูลตำแหน่งที่ถูกเขียนไว้ในอาดูโน่ภาคตัวส่งตัวนั้น ๆ จะเกิดขึ้น สัญญาณแสงที่ไดโอดรับแสงรับมาถูกส่งต่อไปยังอาดูโน่ภาคตัวรับเพื่อแปลงสัญญาณแสงที่ได้รับมาในตำแหน่งนั้น ๆ เป็นข้อมูลตำแหน่งที่อาดูโน่สามารถรับเอาไปใช้งานต่อได้ หลังจากมีข้อมูลตำแหน่งที่อาดูโน่สามารถอ่านได้แล้ว ข้อมูลเหล่านั้นจะทำงานตามคำสั่งที่ถูกเขียนลงไปในอาดูโน่ภาคตัวรับเพื่อส่งออกข้อมูลตำแหน่งเป็นเอาท์พุตในรูปแบบเสียงผ่านอุปกรณ์ทางเสียง เช่น ลำโพง หูฟัง เป็นต้น โดยวงจรภาคตัวรับที่ติดตั้งอยู่บนไม้เท้ามีขนาดความกว้าง 20 เซนติเมตร ความยาว 20 เซนติเมตร และความสูง 5 เซนติเมตร



รูปที่ 2 วงจรทดสอบการแสดงผลทางเสียง

การแสดงผลออกทางเสียง

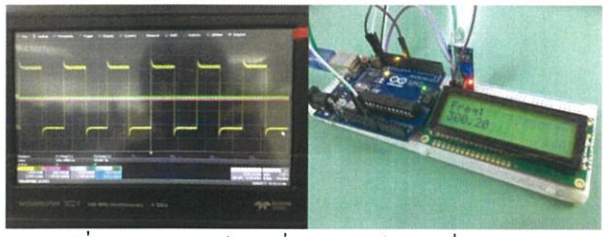
วงจรทดสอบการแสดงผลทางเสียง เป็นวงจรที่สามารถแปลงข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในอาดูโน่ทั้งที่เป็นตัวอักษรและตัวเลขให้ออกมาสัญญาณรูปแบบเสียงได้อย่างถูกต้อง ซึ่งมีฟังก์ชันการทำงานให้เลือกใช้ปรับข้อความเสียงให้เป็นไปอย่างที่ต้องการได้ทั้งการปรับระดับเสียงสูง - ต่ำ ระดับความดัง และความเร็วในการอ่านข้อความ ซึ่งสัญญาณรูปแบบเสียงจะทำงานก็ต่อเมื่ออาดูโน่ภาคตัวรับสามารถระบุตำแหน่งได้แล้ว จึงนำข้อมูลตำแหน่งเหล่านั้นมาเข้าวงจรแล้วออกเป็นข้อความเสียงให้ผู้ฟังสามารถได้ยินและเข้าใจได้

4. การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ทำการทดลองรับค่าและแสดงค่าผ่านจอแอลซีดี โดยใช้หลอดไฟไดโอดเปล่งแสงจำนวน 3 หลอด ขนาด 3 วัตต์ วางให้ระยะห่างระหว่างหลอดไฟแต่ละจุดมีค่า 2.4 เมตร กำหนดค่าความถี่หลอดไฟจากภาคตัวส่งซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับหลอดไฟแต่ละหลอด ใช้ค่าความถี่300 (จุด A), 500 (จุด C), 700 (จุด E) เฮิรตซ์ตามลำดับ โดยจุด B และ D เป็นจุดที่มีการซ้อนทับกันของแสงจากหลอดไฟ ต่อมาเปลี่ยนขนาดของหลอดไฟเป็น 4 วัตต์

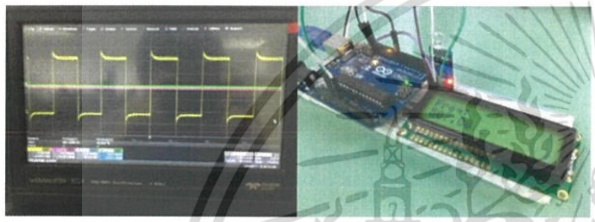
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อโปรแกรม Arduino ให้ส่งสัญญาณพัลส์ขนาดความถี่ 300 เฮิรตซ์ พร้อมแสดงค่าความถี่ระบุว่า



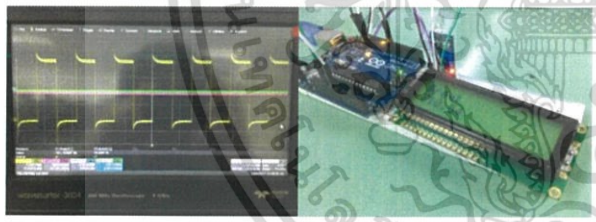
รูปที่ 3 สัญญาณพัลส์ความถี่ 300 เฮิรตซ์และค่าที่รับได้ (จุด A)

เมื่อโปรแกรม Arduino ให้ส่งสัญญาณพัลส์ขนาดความถี่ 500 เฮิรตซ์ พร้อมแสดงค่าความถี่ระบุว่า



รูปที่ 4 สัญญาณพัลส์ความถี่ 500 เฮิรตซ์และค่าที่รับได้ (จุด C)

เมื่อโปรแกรม Arduino ให้ส่งสัญญาณพัลส์ขนาดความถี่ 700 เฮิรตซ์ พร้อมแสดงค่าความถี่ระบุว่า



รูปที่ 5 สัญญาณพัลส์ความถี่ 700 เฮิรตซ์และค่าที่รับได้ (จุด E)

4.2 ตรวจสอบระยะห่างจากหลอดไฟถึงวงจรภาครับทั้งแนวดิ่งและแนวระนาบ

ตารางที่ 1 ผลการทดลองโดยใช้หลอดไฟขนาด 3 วัตต์

ที่ค่าความถี่(เฮิรตซ์)	ระยะห่างในแนวดิ่งจากจุดศูนย์กลางหลอดไฟ(เมตร)	ระยะห่างในแนวราบจากจุดศูนย์กลางหลอดไฟ (เมตร)
300 (จุด A)	2.55	0.5
500 (จุด C)	2.55	0.5
700 (จุด E)	2.55	0.5

ตารางที่ 2 ผลการทดลองโดยใช้หลอดไฟขนาด 4 วัตต์

ที่ค่าความถี่(เฮิรตซ์)	ระยะห่างในแนวดิ่งจากจุดศูนย์กลางหลอดไฟ(เมตร)	ระยะห่างในแนวราบจากจุดศูนย์กลางหลอดไฟ (เมตร)
300 (จุด A)	2.55	0.65
500 (จุด C)	2.55	0.65
700 (จุด E)	2.55	0.65

จากตารางที่ 1 และ2 เมื่อใช้หลอดไฟขนาด 3 วัตต์และ 4 วัตต์ ทั้ง 3 หลอด โดยแต่ละหลอดมีค่าความถี่ต่างกันนั้น สามารถวัดระยะห่างแนวดิ่งและแนวนอนโดยวัดจากศูนย์กลางหลอดได้ระยะเท่ากันทั้ง 3 หลอด

เมื่อทำการเปรียบเทียบกัน พบว่า หลอดที่มีขนาดวัตต์4 วัตต์ มีวงรัศมีของแสงกว้างมากกว่าหลอดที่มีขนาด 3 วัตต์ เนื่องจากตำแหน่งที่สามารถเริ่มรับค่าความถี่ของหลอดขนาด 4 วัตต์ มีระยะไกลมากกว่าของหลอดขนาด 3 วัตต์

4.3 ตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเดินผ่านบริเวณที่มีการซ้อนทับกันของแสงจากหลอดไฟ

ค่าความถี่ที่รับได้เมื่อเดินผ่านจุดบริเวณที่มีการซ้อนทับกันของแสงจากหลอดไฟที่ส่งค่าความถี่ต่างกัน 2 หลอด เช่น จุด B และจุด D ค่าที่ได้โดยแสดงผลผ่านทางหน้าจอแอลซีดีนั้นออกมาไม่ถูกต้อง มีการแสดงค่าซึ่งเป็นค่าที่ผิดเพี้ยนไปค้างไว้อีกทั้งการแสดงผลทางหน้าจอไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าตลอดเวลาตามปกติ

5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองรับค่าความถี่จากหลอดไฟที่ค่าความถี่ต่างกัน แสดงให้เห็นว่า ค่าความถี่ที่ต่างกัน ทำให้ความสว่างของหลอดไฟต่างกัน โดยสามารถใช้ลักซ์มิเตอร์ในการวัดค่าความสว่าง ค่าความถี่ 700 เฮิรตซ์จะมีความสว่างมากที่สุด รองลงมาเป็นค่าความถี่ 500 เฮิรตซ์ และความถี่ 300 เฮิรตซ์มีความสว่างน้อยที่สุด อีกทั้งยังพบว่า ค่าความถี่ไม่มีผลต่อความกว้างของรัศมีของแสง ซึ่งสามารถทราบได้จากการวัดระยะห่างแนวนอนโดยวัดจากศูนย์กลางหลอดจนถึงภาคตัวรับ ระยะห่างในแนวนอนสำหรับหลอดขนาด 3 วัตต์ มีค่าเท่ากันทั้ง 3 หลอด คือ 0.5 เมตร และสำหรับหลอดขนาด 4 วัตต์ มีค่าเท่ากันทั้ง 3 หลอด คือ 0.65 เมตร

เมื่อทำการเปลี่ยนค่าขนาดวัตต์ของหลอดไฟให้ต่างกันโดยให้ค่าความถี่คงเดิม พบว่า หลอดที่มีขนาดวัตต์มากกว่าจะกินกำลังไฟฟ้ามากกว่าหลอดที่มีขนาดวัตต์ต่ำกว่า ทำให้กระแสที่ไหลเข้าหลอดไฟมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่าที่ขนาดแรงดันเท่ากันและสว่างมากกว่า ส่งผลให้ระยะสูงสุดที่สามารถรับค่าความถี่ได้ห่างวัดจากศูนย์กลางหลอดในแนวนอนมีค่าต่างกันเนื่องจากรัศมีของแสงทั้งสองหลอดนั้นมีค่าไม่เท่ากัน โดยหลอดที่มีขนาดวัตต์มากกว่า 4 วัตต์ จะระยะรัศมีแสงที่มากกว่าหลอดที่มีขนาดวัตต์ต่ำกว่า 3 วัตต์

นอกจากนี้ เมื่อทำการทดลองรับค่าความถี่บริเวณที่มีการซ้อนทับกันของแสงจากหลอดไฟที่มีค่าความถี่ต่างกัน สามารถสังเกตได้ว่า ก่อนเข้าสู่บริเวณที่มีการซ้อนทับกันของแสง ตัวรับยังคงสามารถรับค่าความถี่จากหลอดไฟหลอดแรกได้ แต่เมื่อเข้าสู่บริเวณดังกล่าว ตัวรับไม่สามารถรับค่าความถี่ได้ตามปกติ ค่าที่รับได้ผิดเพี้ยนไปและไม่ตรงกับค่าความถี่ที่ส่งมาจากหลอดทั้งสองหลอด อีกทั้งตัวรับยังค้างค่าความถี่ดังกล่าวไว้ ไม่รับค่าตามปกติ พอผ่านบริเวณที่มีการซ้อนทับกันของแสงแล้ว การรับค่าความถี่จากหลอดไฟดวงถัดไปสามารถทำได้ตามปกติและรับค่าได้ตรงกับค่าความถี่ที่ส่งมาจากหลอดนั้น

5.2 ปัญหาที่พบ

จากผลการวิจัย สามารถสรุปปัญหาได้ดังนี้

1. หลอดไฟแต่ละยี่ห้อมีผลต่อการส่งค่าความถี่เนื่องจากการรับค่าของโฟโต้ไดโอดจำเป็นต้องได้รับสัญญาณที่เป็นพัลส์ซึ่งมีแอมพลิจูดคงที่ ค่าไม่แกว่ง จึงจะสามารถรับค่าสัญญาณและแสดงผลได้แม่นยำ โดยหลอดไฟแต่ละหลอดมีการออกแบบวงจรภายในตัวหลอดที่ไม่เหมือนกัน
2. วงจรสำเร็จรูปไดโอดรับแสงมีความเสถียรมากกว่าไดโอดรับแสงแบบธรรมดา เนื่องจากไดโอดรับแสงแบบธรรมดาไวต่อการรับค่าความถี่ทุกค่าและสัญญาณที่รับได้ไม่มีความเสถียร ทำให้สัญญาณที่นำไปประมวลผลไม่สามารถใช้กับอาดูโน่ของภาคตัวรับได้
3. ปัจจัยภายนอกมีผลต่อการรับค่าของไดโอดรับแสง เช่น สัญญาณรบกวนจากหลอดฟลูออเรเซนต์หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่าง ๆ เป็นต้น โดยสัญญาณดังที่กล่าวมามีผลต่อการรับพัลส์สัญญาณความถี่จากหลอดไฟแบบไดโอดเปล่งแสง

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. การพัฒนาด้านตัวรับสัญญาณสามารถใช้ไดโอดรับแสงแบบธรรมดาได้ โดยต่อวงจรปรับเสถียรภาพสัญญาณให้เสถียรมากขึ้น ซึ่งข้อดีของไดโอดรับแสงแบบธรรมดาทำให้สามารถรับค่าความถี่ที่ค่าสูงๆหลักกิโลหรือเมกะเฮิร์ดได้ดีกว่าวงจรสำเร็จรูปไดโอดรับแสง

2. การพัฒนาด้านภาคตัวส่งอาจปรับปรุงและพัฒนาโดยการโปรแกรมอาดูโน่หนึ่งตัวให้สามารถส่งค่าความถี่ที่แตกต่างกันได้ในเวลาเดียวกัน เพื่อลดจำนวนอาดูโน่จากที่ใช้ 1 ตัวต่อ 1 หลอด ให้สามารถใช้อาดูโน่ 1 ตัวกับหลอดไฟหลาย ๆ หลอดได้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่านซึ่งไม่อาจนำมากล่าวได้ทั้งหมด ผู้มีพระคุณที่ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณคือ รศชัย .ดร.อรรถพล เจ่าพิทักษ์กุล และ ผศ.ดร. ยันต์ เจตนาเสน อาจารย์ที่ปรึกษาผู้ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ การตรวจทาน และแก้ไขปัญหารวมถึงข้อบกพร่องต่าง ๆ ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ผู้ศึกษาต้องขอขอบคุณรุ่นพี่ที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาโทและปริญญาเอกทั้งหลายที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการให้คำแนะนำและข้อมูลต่าง ๆ ในการจัดทำปริญญา

ท้ายที่สุดผู้ศึกษาต้องขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาที่อยู่เบื้องหลังในความสำเร็จที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดเวลาตั้งแต่ต้นจบปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] Duckett, P. S., & Pratt, R. (2001). The researched opinions on research: visually impaired people and visual impairment research. *Disability & Society*, *16*(6), 815-835.

[2] Moore, N. (2000). The information needs of visually impaired people. *A Review of Research for the RNIB*.

[3] Kinnell, M., Yu, L., & Creaser, C. (2000). *Public library services for visually impaired people*. Leicestershire [England]: Library & Information Statistics Unit (LISU), Department of Information Science, Loughborough Univeristy

[4] Khan, L. U. (2016). Visible light communication: Applications, architecture, standardization and research challenges. *Digital Communications and Networks*.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายพีรวัส แจ่มกระจ่าง
เกิดวันที่ 1 ธันวาคม 2537
ที่อยู่ 513 หมู่ 2 ซอยอุ่นอารี ถนนสุขุมวิท ตำบลท้ายบ้านใหม่ อำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ 10280
จบมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนสตรีสมุทรปราการ
เบอร์โทรศัพท์ 082-233-9806
Email : peerawat_jam@hotmail.com

นายสุพศิน เฉลิมพูนทรัพย์
เกิดวันที่ 17 พฤศจิกายน 2537
ที่อยู่ 95 ซอยวิภาวดี46 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
จบมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนสตรีวิทยา 2
เบอร์โทรศัพท์ 081-674-4441
Email : blinksteviegee@hotmail.com

นายสัณหณัฐ เชียงทอง
เกิดวันที่ 10 ตุลาคม 2537
ที่อยู่ 2/80 หมู่5 ถนนแสงชูโต ตำบลท่ามะขาม อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี
จบมัธยมศึกษาตอนปลายที่ โรงเรียนวิสุทธรังษี จังหวัดกาญจนบุรี
เบอร์โทรศัพท์ 080-024-8616
Email : itwhat-up@hotmail.com

นายอัครวุฒิ เวียงทอง
เกิดวันที่ 28 กันยายน 2537
ที่อยู่ 217/1 หมู่ 6 ตำบลบ้านปง อำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่ 54130
จบมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนพิริยาลัยแพร่
เบอร์โทรศัพท์ 098-276-4559
Email : ak.akarawut@gmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้