



## รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การสร้างต้นแบบของระบบรับส่งข้อมูลเสียงและวิดีโอแบบเรียลไทม์

โดยใช้เลเซอร์ไดโอด

A prototype of real time audio and video transferring systems  
using laser diode

อ.ชนกรณัฏ์ ตีลาวัฒนานนท์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2559 คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การสร้างต้นแบบของระบบรับส่งข้อมูลเสียงและวิดีโอแบบเรียลไทม์

โดยใช้เลเซอร์ไดโอด

A prototype of real time audio and video transferring systems  
using laser diode

อ.ธนภรณ์ ตีลาวัฒนานนท์

เลขที่.....  
เลขทะเบียน 145197  
รับเดือนปี 31 อ.ค. 2560

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2559 คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การสร้างต้นแบบของระบบรับส่งข้อมูลเสียงและวิดีโอแบบเรียลไทม์

โดยใช้เลเซอร์ไดโอด

แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้

ประจำปีงบประมาณ 2559

จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 50,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2558 ถึง 30 กันยายน 2559

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ นางสาว ธนภรณ์ ลีลาวัทนานนท์ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันแอลอีดีและเลเซอร์ได้ถูกนำมาใช้ในงานด้านรับส่งข้อมูลแบบไร้สายความเร็วสูงกันเป็นจำนวนมาก ทั้งการรับส่งไฟล์ข้อมูล ไฟล์เสียง และไฟล์ภาพ เนื่องจากข้อดีหลายด้านของมัน ในงานวิจัยนี้ได้สร้างต้นแบบของระบบรับส่งสัญญาณเสียงและวิดีโอแบบเรียลไทม์โดยใช้เลเซอร์ไดโอด สำหรับรับส่งข้อมูลเสียงกันในพื้นที่ห้ามมีเสียงรบกวน และสามารถรับ-ส่งข้อมูลวิดีโอระหว่างคอมพิวเตอร์สองเครื่องได้ โดยชุดส่งข้อมูลชุดแรกที่สร้างขึ้นนั้นประกอบด้วย วงจรขยายสัญญาณและตัวส่งสัญญาณแสงด้วยแอลอีดี สำหรับชุดรับข้อมูลที่สร้างขึ้นนั้นใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาดเล็กเป็นตัวรับสัญญาณ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบการรับส่งข้อมูลเสียงที่ระยะห่างต่างๆกันระหว่างตัวรับส่งสัญญาณ วัดระดับความดังเสียงที่รับได้ ปลายทางและวัดรูปร่างสัญญาณที่ส่งและรับได้ ทั้งในกรณีที่ไม่มีวัตถุกีดขวางลำแสง และในกรณีที่มีวัตถุโปร่งแสงที่มีความหนาภิคขวางลำแสง ภายในห้องที่มีสภาพแสงต่างๆกัน และชุดส่งข้อมูลชุดที่สองทดสอบการรับส่งข้อมูลวิดีโอระหว่างคอมพิวเตอร์สองเครื่องโดยใช้โปรแกรม Hyper Terminal และใช้เลเซอร์ไดโอดเป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้โฟโตไดโอดเป็นตัวรับแสง

คำสำคัญ : ระบบรับส่งสัญญาณเสียงและวิดีโอ, เลเซอร์ไดโอด ,แอลอีดีกำลังสูง

**Research Title:** A prototype of real time audio and video transferring systems using laser diode

**Researcher:** Miss Tanaporn Leelawattananon

**Faculty:** The Faculty of Sciences

**Department:** Department of Physics

### **Abstract**

Recently, Light emitting diodes and laser have been widely used in the high-speed wireless communication applications in terms of text file communication, audio file communication, and graphical file communication. This research presents a prototype of a real-time audio transferring system based on laser diode for using in the soundly prohibited areas. It also has a capability of transferring video files between two computers. The first transmitting module including audio amplifier parts and LEDs. The small area solar panel is used as the receiver sensors. This research tests two cases of a real-time audio transmission at several distances. Experimental results show the loudness level in decibel units of a receiving audio file at distances including transmitted and received waveform. The first is a case of without obstruction. The second is a case of the thickly transparent object obstructed the light beam. The surrounding light within a testing room is set in many situations. The second transmitting module test video file transfer between two computers by using Hyper Terminal program and laser diode is used as an optical transmitter and photodiode is used as an optical receiver.

**Keywords :** audio and video transferring system, laser diode, high power white LEDs

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยการเล่มนี้เป็นการวิจัยเกี่ยวกับการสร้างต้นแบบของระบบรับส่งข้อมูลเสียงและวีดีโอแบบเรียลไทม์โดยใช้เลเซอร์ไดโอด เกิดขึ้นและดำเนินการจนสำเร็จลงได้ด้วยความสำเร็จและความเพียรพยายามและความตั้งใจของผู้วิจัย

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้เป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยเสมอมา คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดา มารดา ตลอดจนทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือที่ดีเสมอมา

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จด้วยดีเนื่องจากผู้วิจัยได้รับความสนับสนุนทางด้านทุนจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แหล่งทุนการจัดสรรทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 จึงขอขอบคุณ ณ ที่นี้

อ.ธนภรณ์ ตีตาวัฒนานนท์  
ผู้วิจัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 แนวคิดเกี่ยวกับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลด้วยแสง	4
2.1.1 เลเซอร์ไดโอด	4
2.1.2 โฟโตไดโอด	6
2.1.3 แอลอีดี	7
2.1.4 การให้แสงสว่างของแอลอีดี	7
2.1.5 ชนิดของแอลอีดี	8
2.2 การประยุกต์ใช้งานระบบรับส่งข้อมูลด้วยแสงในย่านที่ตามองเห็นได้	8
2.3 ข้อจำกัดของระบบรับส่งข้อมูลด้วยแสงในย่านที่ตามองเห็นได้	9
2.4 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature review)	10
2.4.1 การสื่อสารด้วยกล้องความเร็วสูงบนถนน	10
2.4.2 การบูรณาการระบบการสื่อสารด้วย LED และการสื่อสารผ่านสายไฟ	11
2.4.3 ระบบควบคุมขั้นสูงสำหรับการสื่อสารด้วยแสง	11
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	12
3.1 ขั้นตอนการสร้างสร้างต้นแบบของระบบรับส่งข้อมูลเสียง	12
3.1.1 ขั้นตอนการทำงานของวงจรรับส่งข้อมูลเสียง	13
3.1.2 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง	13
3.2 ขั้นตอนสร้างต้นแบบของระบบรับส่งข้อมูลวีดีโอ	15
3.2.1 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	16
4.1 ผลการทดลองและประเมินความสามารถของระบบรับส่งข้อมูลเสียง โดยใช้ high power white LEDs เป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้แผงโซลาร์เซลล์ เป็นตัวรับข้อมูลแสง	16
4.1.1 สัญญาณเสียงที่ได้จากตัวส่งเทียบกับตัวรับจากเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีแสงจากหลอดไฟภายในห้องรบกวน	16
4.1.2 สัญญาณเสียงที่ได้จากตัวส่งเทียบกับตัวรับจากเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีภาชนะบรรจุน้ำกั้นกลาง	18
4.1.3 สัญญาณเสียงที่ได้จากตัวส่งเทียบกับตัวรับจากเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีแสงอาทิตย์รบกวน	20
4.1.4 ตารางบันทึกผลการทดลอง	22
4.1.5 กราฟที่ได้จากตารางบันทึกผลการทดลอง	24
4.2 ผลการทดลองและประเมินความสามารถของระบบรับส่งข้อมูลวีดีโอ โดยใช้ laser diode สีแดง กำลัง 0.5 mW เป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้ infrared photodiode เป็นตัวรับข้อมูลแสง	26
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	29
เอกสารอ้างอิง	31
ประวัตินักวิจัย	33

สารบัญรูป

	หน้า	
รูปที่ 2.1	โครงสร้างของเลเซอร์ไดโอด	5
รูปที่ 2.2	PIN โฟโตไดโอดขณะได้รับแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับ	6
รูปที่ 2.3	แผนภาพแสดงแถบพลังงานของคูโฮล-อิลีกตรอน	6
รูปที่ 2.4	แสดงการใช้แสงในการรับส่งข้อมูลบนถนน	10
รูปที่ 2.5	คลื่นสัญญาณในสายไฟ	11
รูปที่ 2.6	แผนภาพแสดงการรับและส่งข้อมูลโดยใช้โทรศัพท์มือถือซึ่งมี LED และโฟโตไดโอด ฝังอยู่ในตัวเครื่อง	11
รูปที่ 3.1	แผนภาพวงจรถูกส่ง VLC ที่ใช้ในการส่งสัญญาณเสียงด้วยแสงแอลอีดีกำลังสูง	12
รูปที่ 3.2	วงจรถูกส่งสัญญาณกับอุปกรณ์ส่งสัญญาณแอลอีดีกำลังสูง	13
รูปที่ 3.3	แสดง Solar panel ทำหน้าที่เป็นภาครับสัญญาณ	14
รูปที่ 3.4	ชุดรับ-ส่งข้อมูลเสียงโดยใช้แสงขาวจากแอลอีดีกำลังสูง	14
รูปที่ 3.5	เครื่องวัดความดังเสียงและโวลต์มิเตอร์	14
รูปที่ 3.6	วงจรถูกรับสัญญาณและวงจรถูกส่งสัญญาณวีดีโอ โดยใช้เลเซอร์ไดโอด	15
รูปที่ 4.1	รูปแสดงสัญญาณเสียงที่วัดได้โดยประกอบด้วย สัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาคส่ง สัญญาณ (Channel1) และสัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาครับสัญญาณ(Channel2) ที่ระยะ 30cm เมื่อมีแสงจากหลอดไฟในห้องรบกวน	17
รูปที่ 4.2	รูปแสดงสัญญาณเสียงที่วัดได้โดยประกอบด้วย สัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาคส่ง สัญญาณ (Channel1) และสัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาครับสัญญาณ(Channel2) ที่ระยะ 1 m เมื่อมีแสงจากหลอดไฟในห้องรบกวน	17
รูปที่ 4.3	รูปแสดงสัญญาณเสียงที่วัดได้โดยประกอบด้วย สัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาคส่ง สัญญาณ (Channel1) และสัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาครับสัญญาณ(Channel2) ที่ระยะ 1.5 m เมื่อมีแสงจากหลอดไฟในห้องรบกวน	18
รูปที่ 4.4	รูปแสดงสัญญาณเสียงที่วัดได้โดยประกอบด้วย สัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาคส่ง สัญญาณ (Channel1) และสัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาครับสัญญาณ(Channel2) ที่ระยะ 30cm เมื่อมีภาชนะบรรจุน้ำวางลำแสง	18
รูปที่ 4.5	รูปแสดงสัญญาณเสียงที่วัดได้โดยประกอบด้วย สัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาคส่ง สัญญาณ (Channel1) และสัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาครับสัญญาณ(Channel2) ที่ระยะ 1 m เมื่อมีภาชนะบรรจุน้ำวางลำแสง	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.6 รูปแสดงสัญญาณเสียงที่วัดได้โดยประกอบด้วย สัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาคส่งสัญญาณ (Channel1) และสัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาครับสัญญาณ(Channel2) ที่ระยะ 1.5 m เมื่อมีภาชนะบรรจุน้ำขวางลำแสง	19
รูปที่ 4.7 รูปแสดงสัญญาณเสียงที่วัดได้โดยประกอบด้วย สัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาคส่งสัญญาณ (Channel1) และสัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาครับสัญญาณ(Channel2) ที่ระยะ 30 cm เมื่อมีแสงอาทิตย์รบกวน	20
รูปที่ 4.8 รูปแสดงสัญญาณเสียงที่วัดได้โดยประกอบด้วย สัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาคส่งสัญญาณ (Channel1) และสัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาครับสัญญาณ(Channel2) ที่ระยะ 1 m เมื่อมีแสงอาทิตย์รบกวน	21
รูปที่ 4.9 รูปแสดงสัญญาณเสียงที่วัดได้โดยประกอบด้วย สัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาคส่งสัญญาณ (Channel1) และสัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาครับสัญญาณ(Channel2) ที่ระยะ 1.5 m เมื่อมีแสงอาทิตย์รบกวน	21
รูปที่ 4.10 กราฟจากตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4.1	24
รูปที่ 4.11 กราฟจากตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4.2	25
รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะทางในการวัดกับความดังของเสียงในสภาพแวดล้อมต่างๆ	25
รูปที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะทางในการวัดกับความต่างศักย์ของตัวรับในสภาพแวดล้อมต่างๆ	26
รูปที่ 4.14 วงจรส่งข้อมูลวีดีโอ โดยใช้ laser diode สีแดง กำลัง 0.5 mW เป็นตัวส่งข้อมูลแสง	27
รูปที่ 4.15 วงจรรับข้อมูลวีดีโอ โดยใช้โฟโตไดโอดเป็นตัวรับข้อมูลแสง	27
รูปที่ 4.16a) แสดงหน้าจอ โปรแกรม Hyper Terminal ขณะกำลังส่งไฟล์วีดีโอขนาด 5049 KB	28
รูปที่ 4.16b) แสดงหน้าจอ โปรแกรม Hyper Terminal ขณะกำลังส่งไฟล์วีดีโอขนาด 5049 KB	28

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 ความต่างศักย์ที่วัดได้จากตัวรับสัญญาณแต่ละประเภท (โดยยังไม่ส่งสัญญาณ)	22
ตารางที่ 4.2 ความต่างศักย์ที่วัดได้จากตัวรับสัญญาณแต่ละประเภท (พร้อมส่งสัญญาณ)	23
ตารางที่ 4.3 ตารางระหว่าง ระยะทางในการวัดกับความดังและความต่างศักย์ของตัวรับในสภาพแวดล้อมต่างๆ	24



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ในช่วงหลายปีมานี้ความถี่วิทยุ (Radio frequency, RF) ถูกนำมาใช้ในการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย กันอย่างมาก จึงทำให้แบนวิธของช่องสัญญาณลดลงอย่างรวดเร็ว จนอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้งานในอนาคตได้ อีกทั้งปัญหาด้านอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นขณะใช้ความถี่วิทยุ เช่น การแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electro-magnetic radiation) ของระบบสื่อสารไร้สายย่าน RF นี้ จะทำให้เกิดการแทรกสอดทางแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic interference, EMI) กับระบบสื่อสารอื่นได้ ทำให้มีข้อห้ามไม่ให้ใช้ความถี่คลื่นวิทยุ (RF) ในสถานที่ที่เป็น EMI-sensitive environment เช่น hospital, aircraft cabins, petro-chemical plants เพราะจะส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของการทำงานของเครื่องจักรกลบางชนิดได้ (interference on the precision equipment) [1],[2] และการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้ายังเป็นอันตราย (Hazard) กับสุขภาพและสิ่งแวดล้อมอีกด้วย [2]

ในขณะที่ visible light เช่น แอลอีดี และ เลเซอร์ เป็นแสงที่มีความถี่ในย่าน 400 THz ถึง 780 THz ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า แสงในย่านที่ตามองเห็นได้ (visible light) มีแบนวิธสำหรับการใช้งานสูงมาก ในปัจจุบัน visible light จึงถูกนำมาเป็นทางเลือกใหม่สำหรับการใช้งานทางด้านระบบสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย นอกจากนี้ visible light ยังมีข้อดีอีกหลายอย่าง เช่น no electromagnetic interference (NON EMI) กับอุปกรณ์สื่อสารอื่นๆ และมีความปลอดภัยต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมซึ่งถือเป็นข้อดีที่ทำให้ visible light สามารถถูกนำไปใช้ในระบบสื่อสารไร้สายในสถานที่ที่เป็น EMI-sensitive environment ได้ และการรับ-ส่งข้อมูลโดยใช้ visible light เป็นแบบ light of sight (LOS) และมีวงจรการรับ-ส่งข้อมูลที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของการใช้งาน จึงทำให้การลักลอบขโมยสัญญาณเป็นไปได้ยาก อีกทั้งสังเกตเห็นได้ง่ายหากมีสิ่งแปลกปลอมมาส่งสัญญาณในขณะที่ระบบกำลังทำงาน

นอกจากนี้ในระยะหลังๆ พบว่ามีงานวิจัยที่นำ Laser diode มาใช้เป็นตัวส่งสัญญาณแสงในระบบการสื่อสารข้อมูลเครือข่ายความเร็วสูงด้วยแสง เช่นกัน โดยระบบการสื่อสารเครือข่ายความเร็วสูงเหล่านั้น เป็นระบบที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เนื่องจากเป็นระบบที่มีการใช้ทั้งวิธี Modulation และ Multiplexing ร่วมกับ laser diode ซึ่งวิธีดังกล่าวสามารถทำให้เกิดการสื่อสารข้อมูลด้วยอัตราบิตถึง 1 Gbit/s [3]-[5] สำหรับงานวิจัยที่มีการนำ laser diode มาใช้เป็นตัวส่งสัญญาณแสงในระบบการรับ-ส่งข้อมูลอย่างง่ายระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ 2 เครื่องนั้น พบว่าเป็นระบบที่รับ-ส่งข้อมูลแบบ half duplex โดยใช้ serial port (DB 9 pin) ซึ่งให้อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลได้สูงสุดเท่ากับ 9600 bit/s. [6] ในปัจจุบันมีการนำแสงในย่านที่ตามองเห็นได้ เช่น แอลอีดี หรือ เลเซอร์ มาใช้ประโยชน์จริงในชีวิตประจำวันในด้านการส่งข้อมูลเสียงหรือวิดีโอ เช่น การ modulation สัญญาณเสียงแบบ FM กับความถี่พาหะ 100 kHz และส่งสัญญาณเสียงนี้ด้วยแอลอีดีกำลังสูงจำนวน 64 ตัว [7] และสามารถส่งสัญญาณวิดีโอด้วยแอลอีดี ในงานทางด้าน video broadcasting ด้วยอัตราบิต 2 Mbit/s [8] สำหรับประโยชน์การใช้งานแบบนอกรูทเตอร์ เช่น การใช้แสงจาก LEDs ของไฟจราจร เพื่อส่งสัญญาณเตือนผู้ขับรถให้ชะลอความเร็วรถเพื่อป้องกันการฝ่าไฟแดง[9] หรือแม้แต่การส่งสัญญาณจากแสง LEDs ที่อยู่ท้ายรถ ให้แก่ผู้ขับรถที่ตามหลังมาในขณะเบรกรถ เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุรถชนกัน etc. รวมไปถึงประโยชน์การใช้งานทางด้าน home audio-video systems แบบไร้สาย [10]

จะเห็นได้ว่าประโยชน์การใช้งานจากเทคโนโลยีแสงในย่านที่ตามองเห็นได้มีหลายรูปแบบ ในปัจจุบันเริ่มมีการนำแสงในย่านที่ตามองเห็นได้มาใช้ประโยชน์ทางด้านรับ-ส่งสัญญาณเสียงและวิดีโอ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วตอนต้น นอกจากการใช้งานทางด้านรับส่งข้อมูลความสูงอีกด้วย

ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จึงทำการสร้างต้นแบบของระบบรับและส่งข้อมูลเสียงและวิดีโอแบบไร้สายอย่างง่าย โดยชุดรับส่งข้อมูลชุดแรกจะเป็นชุดรับส่งข้อมูลเสียง โดยใช้แสงขาวจากแอลอีดีกำลังสูงเป็นตัวส่งข้อมูล และใช้แผงโซลาร์เซลล์เป็นตัวรับสัญญาณแสง และแปลงเป็นสัญญาณเสียงดังออกมาที่ลำโพง สำหรับชุดรับส่งข้อมูลชุดที่สองจะเป็นชุดรับส่งข้อมูลวิดีโอ ระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง โดยใช้เลเซอร์ไดโอดสีแดง กำลัง 0.5 mW เป็นตัวส่งข้อมูล และใช้โฟโตไดโอดเป็นตัวรับข้อมูลแสงที่ปลายทาง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 สร้างต้นแบบของระบบรับและส่งข้อมูลเสียงและวิดีโออย่างง่าย เพื่อประโยชน์การใช้งานทางด้าน home audio-video systems
- 1.2.2 ศึกษาการทำงานของโมเดลต้นแบบและประเมินความสามารถในการใช้งานของต้นแบบนี้

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาพื้นฐานการทำงานของวงจรภาคส่งสัญญาณเสียง และวงจรส่งสัญญาณวิดีโออย่างง่าย
- 1.3.2 ออกแบบและสร้างโมเดลต้นแบบรับ-ส่งสัญญาณเสียง
- 1.3.3 ทดลองและประเมินความสามารถในการรับ-ส่งสัญญาณเสียงและวิดีโอของต้นแบบอย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 วิธีดำเนินงานวิจัย

- 1.4.1 ศึกษาพื้นฐานการทำงานของวงจรภาคส่งสัญญาณเสียงและวงจรส่งสัญญาณวีดีโออย่างง่าย
- 1.4.2 ออกแบบและสร้างโมเดลต้นแบบรับ-ส่งสัญญาณเสียงอย่างง่าย โดยใช้แอลอีดีกำลังสูงเป็นตัวส่งสัญญาณแสง และใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาดเล็กเป็นตัวรับสัญญาณแสง
- 1.4.3 ทดสอบการทำงานของโมเดลต้นแบบรับ-ส่งสัญญาณเสียง
- 1.4.4 ออกแบบและสร้างโมเดลต้นแบบรับ-ส่งสัญญาณวีดีโออย่างง่าย โดยใช้เลเซอร์ไดโอดเป็นตัวส่งสัญญาณแสง และใช้โฟโตไดโอดเป็นตัวรับสัญญาณแสง
- 1.4.5 ทดสอบการทำงานของโมเดลต้นแบบรับ-ส่งสัญญาณวีดีโอ
- 1.4.6 สรุปผลการวิจัยเกี่ยวกับ performance ของโมเดลต้นแบบรับ-ส่งข้อมูลเสียงและวีดีโออย่างง่ายที่สร้างขึ้น

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1. สามารถนำโมเดลต้นแบบนี้ ไปใช้ในการรับส่งข้อมูลเสียงและวีดีโอแบบไร้สายภายในอาคาร
- 1.5.2. สามารถนำโมเดลต้นแบบนี้ ไปใช้ในวิชาปฏิบัติการทางแสงได้ เพื่อให้นักศึกษาเรียนรู้และทำความเข้าใจเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลในรูปแบบใหม่

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสื่อสารโดยใช้แสงที่มองเห็นได้นั้นได้รับความสนใจในการนำมาใช้เพื่อช่วยส่งเสริมและทดแทนการสื่อสารแบบที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุในช่วงระยะหลังๆ การเปลี่ยนแปลงเกิดจากปัจจัยหลายประการ ดังนี้

คลื่นความถี่วิทยุถือเป็นทรัพยากรธรรมชาติ และในการใช้งานจะต้องควบคุมโดยลคสัญญาณรบกวนและมลพิษทางสัญญาณ ตลอดจนประสิทธิภาพในการส่งข้อมูล (Spectral Efficiency) สำหรับผู้ประกอบการด้านโทรศัพท์มือถือการใช้คลื่นความถี่วิทยุถือว่ามีความถี่มากกว่าการสร้างสถานีฐาน (Base Station) เพื่อเพิ่มขีดความสามารถ นอกจากนี้ยังช่วยลดโอกาสสำหรับการแข่งขันในอนาคตที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าสู่เรื่องการค้า ขณะที่ความต้องการสำหรับการส่งข้อมูลแบบไร้สายเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง คลื่นความถี่วิทยุเป็นคลื่นความถี่ที่มีความแออัดมากขึ้น ดังนั้นคลื่นความถี่ที่เหลืออยู่จะลดน้อยลง และการจัดการสเปกตรัมจะกลายเป็นเรื่องที่ยากขึ้น มีการพัฒนาที่จะใช้ช่วงความถี่เทราเฮิร์ตซ์ (Terahertz) ซึ่งอยู่ระหว่างคลื่นความถี่วิทยุกับคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งจะหมายถึงการสร้างระดับใหม่ทั้งหมดของโครงสร้างพื้นฐานกับช่วงความยาวคลื่น ในทางกลับกันแสงที่มองเห็นได้มีสเปกตรัมใหญ่กว่าคลื่นวิทยุ (คลื่นวิทยุอยู่ในช่วงความถี่  $\sim 3$  kHz ถึง  $\sim 300$  GHz ในขณะที่แสงที่มองเห็นได้อยู่ในช่วงความถี่  $\sim 400$  THz ถึง  $\sim 780$  THz)

ระบบการสื่อสารด้วยแสงในย่านที่ตามองเห็นได้ (Visible Light Communication, VLC) มีความปลอดภัยและไม่เกิดการแทรกสอด (electromagnetic interference) กับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านความถี่คลื่นวิทยุ (RF) อื่นๆ ดังนั้นเทคโนโลยีนี้จึงมีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานด้านการสื่อสารในโรงพยาบาล, การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการบินและอวกาศ

#### 2.1 แนวคิดเกี่ยวกับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลด้วยแสง

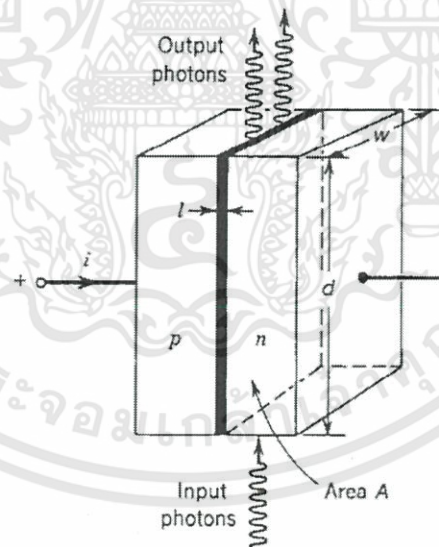
##### 2.1.1 เลเซอร์ไดโอด

เพื่อที่จะเข้าใจการทำงานของระบบรับ-ส่งข้อมูลด้วยแสงนั้น เราควรมีความรู้เกี่ยวกับตัวส่งสัญญาณแสง และคุณสมบัติของการแสดงสถานะ on/off ของมัน ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในการพิจารณาอัตราบิตของการรับ-ส่งข้อมูลทางแสง โดยในงานวิจัยนี้ใช้ Laser pointer module เป็นตัวส่งสัญญาณแสง ซึ่งจัดเป็น laser diode ชนิดหนึ่ง ข้อมูลที่ถูกส่งออกจากคอมพิวเตอร์ผ่านทาง usb port นั้น จะถูกจัดการให้อยู่ในรูปแบบเฟรมด้วย CH340 IC chipset Prolific USB-to-Serial Com Port ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลประเภทไบนารี ประกอบไปด้วยบิต1 และบิต0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะที่สำคัญของ Laser diode คือมันสามารถกระพริบ(สว่าง-ดับ) ด้วยความเร็วที่สูงมากในระดับหลายล้านครั้งต่อวินาที เหนือกว่าที่สายตามนุษย์จะตรวจจับการกระพริบนี้ได้ ซึ่งในความเป็นจริงขณะที่แสงอยู่ในสถานะสว่าง (on) หรือดับ (off) มันสามารถส่งสัญญาณในรูปของ binary code ได้ จึงได้มีการ laser diode มาใช้ประโยชน์ทางการรับ-ส่งข้อมูลทางแสง ซึ่งรองรับอัตราการรับ-ส่งข้อมูลได้สูงกว่า LEDs อีกด้วย เมื่อเราส่งข้อมูลไบนารีเหล่านี้ให้กับ switching transistor ซึ่งต่อกับเลเซอร์ไดโอดอีกที และเป็นส่วนหนึ่งของวงจรส่งข้อมูลในงานวิจัยนี้ เราก็จะสามารถควบคุมอัตราการสว่างดับของเลเซอร์ไดโอดตามอัตราบิตของการส่งข้อมูลได้

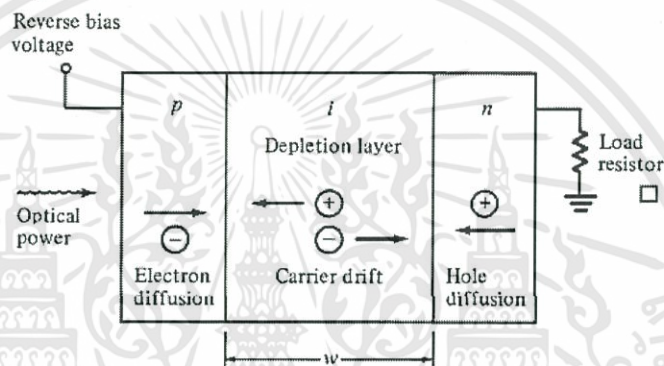
เลเซอร์ไดโอดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จัดว่าเป็นไดโอดชนิดรอยต่อ P-N ทำจากการโคปสารเจือชนิด N และชนิด P ลงบนฐานรองที่เป็นสารกึ่งตัวนำ มีราคาไม่แพง และให้กำลังไฟฟ้าต่ำ และมีส่วนที่เรียกว่า optical cavity ซึ่งอยู่ในสารกึ่งตัวนำนั้น ทำหน้าที่ขยายแสงที่คายออกมาจากรอยต่อ P-N ให้เป็นแสงที่มีความเข้มสูง การทำงานของเลเซอร์ไดโอดเป็นดังนี้ คือ เมื่อเราป้อนแรงดันไฟฟ้าขนาดที่เหมาะสมที่ขั้วบวกของเลเซอร์ไดโอด จะกระตุ้นให้เกิดการรวมตัวกันของอิเล็กตรอนและโฮลแบบ stimulated emission ที่บริเวณรอยต่อ PN พร้อมกับคายพลังงานจำนวนหนึ่งออกมาเท่ากับ energy band gap ของสารกึ่งตัวนำนั้น แสงที่คายออกมานี้จะถูกขยายภายใน optical cavity จนมีความเข้มแสงสูงและมีขนาดลำแสงเล็กเกือบเป็นเส้นตรง ดังที่แสดงในรูปที่ 2.1 ในกรณีที่เป็นเลเซอร์สีแดง กำลัง 0.5 mW และใช้แรงดันไฟฟ้าขณะทำงานเท่ากับ 5 V



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเลเซอร์ไดโอด [11]

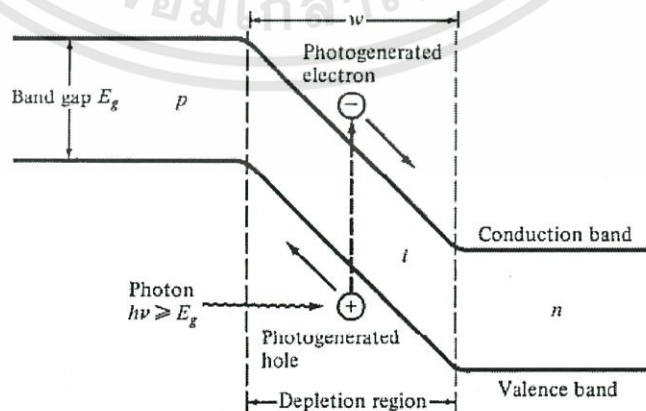
## 2.1.2 โฟโตไดโอด

บทบาทสำคัญของ optical receivers คือการเปลี่ยนสัญญาณแสงให้กลับเป็นสัญญาณไฟฟ้าของข้อมูลที่ถูกส่งมาอีกครั้ง ในงานวิจัยนี้เราใช้ p-i-n photodiode ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับไดโอดชนิด p-n junction แต่ p-i-n photodiode จะมีชั้นตรงกลางที่เรียกว่า depletion layer คั่นระหว่างชั้น P และชั้น N ดังที่แสดงในรูปที่ 2.2 ข้อดีของ depletion layer ใน PIN photodiode คือ บริเวณนี้จะเป็นบริเวณสำหรับจับแสง หากเราป้อนแรงดันไฟฟ้าแบบย้อนทาง (reverse bias) ให้มากขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าของโฟโตไดโอด จะทำให้บริเวณนี้กว้างขึ้นด้วย ซึ่งเป็นการทำให้พื้นที่ในการรับแสงมากขึ้น และทำให้เกิดการตอบสนองต่อแสง (response time) ไวขึ้นด้วย ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากในการนำมาใช้เป็นตัวรับสัญญาณแสงในระบบรับ-ส่งข้อมูลทางแสงความเร็วสูง



รูปที่ 2.2 PIN โฟโตไดโอดขณะได้รับแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับ[11]

กลไกพื้นฐานของการเปลี่ยนสัญญาณแสงให้กลับเป็นสัญญาณไฟฟ้า คือ กระบวนการดูดกลืนแสง เมื่อแสงที่มีพลังงานเท่ากับ energy band gap ของ photodiode มาตกกระทบพื้นที่รับแสง (depletion region) จะเกิดคู่ของอิเล็กตรอนและโฮลที่บริเวณนี้ เมื่อเราป้อนแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับ (reverse bias) ที่ขั้วไฟฟ้าของโฟโตไดโอด จะเกิดสนามไฟฟ้าขึ้นภายในบริเวณ depletion region ทำให้อิเล็กตรอนถูกขับให้เคลื่อนที่ไปทางชั้น N และโฮลถูกขับให้เคลื่อนที่ไปทางชั้น P ดังในรูปที่ 2.3 ส่งผลให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโฟโตไดโอดนั้น



รูปที่ 2.3 แผนภาพแสดงแถบพลังงานของคู่โฮล-อิเล็กตรอน[11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3 แอลอีดี

แอลอีดีเป็นพลังงานที่มีประสิทธิภาพและควบคุมแหล่งกำเนิดแสงได้สูง ทำให้เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีเพื่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นระบบ VLC จึงกลายเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แอลอีดีมีการใช้ประมาณ 1/20 ของปริมาณพลังงานของแหล่งกำเนิดแสงทั่วไป หากแหล่งกำเนิดแสงทั่วไปทั้งหมดถูกแทนที่ด้วยการใช้แอลอีดีจะทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั่วโลกลดลงมากถึงร้อยละ 50

### 2.1.4 การให้แสงสว่างของแอลอีดี

แอลอีดีคืออุปกรณ์สารกึ่งตัวนำซึ่งมีความสามารถในการชาร์จไฟโดยตรงเพื่อเป็นพลังงานแสง โครงสร้างสำคัญของแอลอีดี คือ เป็นชิปสารกึ่งตัวนำที่ซึ่งเป็น p-n junction วัสดุของสารกึ่งตัวนำถูกโคปด้วยสารไม่บริสุทธิ์ มีพาหะหลักๆคือ อิเล็กตรอนและโฮล ซึ่งเคลื่อนที่อยู่ภายในอันเนื่องมาจากความต่างศักย์ โดยอุปกรณ์จะสามารถทำงานได้เมื่อให้อิเล็กตรอนเจอกับโฮล และตกลงไปยังในระดับพลังงานที่ต่ำกว่า ปลดปล่อยพลังงานจากโฟตอน รูปแบบของโฟตอนที่ถูกมองว่าเป็นแสงที่มองเห็นที่ปล่อยออกมาเรียกว่า Electroluminescence แอลอีดีมีความได้เปรียบหลากหลายข้อเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีแสงแบบดั้งเดิมในด้านต่างๆดังนี้

1. LED ให้พลังงานที่มีประสิทธิภาพและปลดปล่อยรังสีความร้อนในปริมาณน้อย สามารถลดการใช้พลังงานได้ 80%
2. LED มีอายุการใช้งานและสามารถทำงานได้ 25,000 ถึง 50,000 ชั่วโมงก่อนที่ประสิทธิภาพจะลดลงไป 70% เมื่อเทียบกับหลอดไส้มาตรฐานที่มีอายุการใช้งานเพียง 6,000-15,000 ชั่วโมง
3. มีประสิทธิภาพการส่องสว่างสูงกว่าหลอดไฟแบบดั้งเดิม เนื่องจากมีการนำ InGaN มาใช้ในการผลิต LED สีน้ำเงินและสีเขียว จึงทำให้แอลอีดีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ในช่วง 2 ทศวรรษที่ผ่านมาพบว่าประสิทธิภาพการส่องสว่างของผลิตภัณฑ์ของ Cree Inc. เท่ากับ 254 ลูเมน / วัตต์ ในขณะที่หลอดไส้มีการส่องสว่างเท่ากับ 14 ลูเมน / วัตต์ และหลอดฟลูออเรสเซนต์มีการส่องสว่างเท่ากับ 75 ลูเมน / วัตต์
4. แอลอีดี เป็นหลอดที่ปราศจากสารที่เป็นอันตรายเช่น mercury
5. โดยธรรมชาติแบนด์วิดท์มอดูเลตของ LED มีได้ถึงหลายร้อย MHz จึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการสื่อสารข้อมูลทางแสง ควบคู่กับการให้แสงสว่างไฟของ LED
6. แอลอีดีสามารถนำมาใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลได้ แม้ในบริเวณนั้นจะมีเป็นสภาพแวดล้อมที่มี ambient light

ด้วยเหตุผลทั้งหมดที่กล่าวมานั้น ทำให้แอลอีดีได้รับความสนใจอย่างมากที่จะนำมาใช้ในงานด้านการสื่อสารข้อมูลด้วยแสง มีการสร้างงานวิจัยมากมายและนำมาใช้ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรม โดยเฉพาะ High Brighter LED (HB-LEDs) ได้รับความนิยมน้อย่างมาก เนื่องจากความสว่างที่สูงมากของ HB-LEDs ทั้งการใช้งานภายในอาคาร นอกอาคาร รวมไปถึงใช้ในระบบไฟจราจร

### 2.1.5 ชนิดของแอลอีดี

ในส่วนนี้เป็นการจำแนกประเภทความแตกต่างของแอลอีดีด้วยกับลักษณะที่สำคัญๆ โดยจะเปรียบเทียบความแตกต่างของชนิดแอลอีดีตามตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าแอลอีดีแต่ละชนิดจะมีลักษณะเฉพาะตัวทำให้เราสามารถเลือกใช้งานแอลอีดีได้ตามความต้องการและเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน ดังนี้

1. PC-LED: แสงสีขาวจากแอลอีดี เป็นผลเบื้องต้นซึ่งมีวิธีการ 2 วิธี ขั้นแรกจะใช้ Phosphor Converted LED (PC-LED) ที่เป็นแสงสีฟ้าแบบเดี่ยวใน Indium Gallium Garnet (InGaN) ชิปไปยัง Yttrium Aluminium Garnet (YAG) ที่เคลือบด้วย Phosphor แปลงเป็นแสงสีฟ้าเป็นสีเขียว สีเหลือง และสีแดงบางส่วนของสเปกตรัม ในขณะที่ส่วนอื่นๆของแสงสีฟ้านั้นรั่วไหลออก ส่วนผสมที่ทำให้เกิดสีขาวจะขึ้นอยู่กับปริมาณของ Phosphor โดยแสงสีขาวจาก PC-LED สามารถจำแนกได้เป็น (Warm-White), (Neutral-White), หรือ (Cool-White) และจำแนกได้จากลักษณะ Correlated Color Temperature (CCT)
2. Multi-Chip LED: “Multi-Chip” ใช้ประโยชน์จากการเปล่งแสงสีที่ต่างกัน 3 สีหรือมากกว่านั้น แต่โดยทั่วไปแล้วจะเป็นสีแดง สีเขียว และสีฟ้า (RGB) แสงสีสีขาวที่เกิดขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้มของแสงที่ต่างกันของชิป การควบคุมสีสามารถก็สามารถทำได้ Multi-Chip WLED มีค่า Color Rendering Index (CRI) ต่ำ

เนื่องจาก Cool White LED มีจำนวนฟอสฟอรัสน้อยสุด ดังนั้นจึงมีประสิทธิภาพมากที่สุดและมีกำลังสูงสุดในฟีกของสีฟ้า จึงมีการกรองส่วนของแสงสีฟ้าออกมาเพื่อนำแสงส่วนนี้ไปใช้งาน

### 2.2 การประยุกต์ใช้งานระบบรับส่งข้อมูลด้วยแสงในย่านที่ตามองเห็นได้

นอกจากการใช้งานด้านความสว่างของแอลอีดีแล้วนั้น เราสามารถนำมาใช้งานในระบบ VLC และยังสามารถใช้งานระบบนี้ร่วมกับเทคโนโลยีอื่นๆ ได้เช่นกัน ดังนี้

1. ระบบ Intelligent Transport: VLC จะสนับสนุนระบบ Intelligent Transport ที่ใช้หลอด LED ในสัญญาณไฟจราจร โดยจะสัญญาณไฟจราจรจากหลอดแอลอีดีจะถูกส่งไปให้กับยานพาหนะ การสื่อสารระหว่างยานพาหนะถึงยานพาหนะด้วยกัน และยานพาหนะถึงโครงสร้างพื้นฐานการส่งข้อมูลไปยังสถานที่ต่างๆหรือข้อมูลการขับขี่ที่ปลอดภัย จากการศึกษาเบื้องต้นได้มีการทำการทดลองขึ้นที่ประเทศญี่ปุ่นถึงแม้ว่าจะได้รับการขึ้นสิทธิบัตรก่อน แต่เหตุผลหลักที่เทคโนโลยีการสื่อสารระหว่างยานพาหนะถึงยานพาหนะด้วยกันยังไม่เป็นที่ยอมรับ เพราะ ในช่วงเริ่มต้นที่จะซื้อรถใหม่ที่มีเทคโนโลยีนี้นั้นอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากการใช้งาน multihop ที่หลายคนคาดการณ์ไว้ต้องมีอัตราขั้นต่ำ 10% หรือมากกว่านั้น จากระบบของ VLC ใน ITS อุปกรณ์รับสัญญาณจะต้องสามารถติดตามการส่งสัญญาณในขณะที่มีการเคลื่อนไหวได้ นอกจากนี้จากระยะทางในการเชื่อมโยงที่เพิ่มขึ้นและความรุนแรงในการเลี้ยวพื้นหลังก็มีบทบาทที่สำคัญเช่นกัน ส่วนใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการนำเสนอการใช้งาน ITS จะใช้อัตราเฟรมของกล้องความเร็วสูงสำหรับในการรับ ในขณะที่เซ็นเซอร์ภาพยังมีการตอบสนอง กล้องเป็นสิ่งที่มีความสะดวกในการติดตาม ข้อมูลจะถูกดำเนินการเกี่ยวกับพิกเซลของอาร์เรย์ LED ในเครื่องส่งสัญญาณ ทั้งนี้ในระบบของแบนวิดธ์จะถูกจำกัดโดยอัตราเฟรมของกล้องความเร็วสูง โดยทั่วไปอัตราเฟรมจะอยู่ที่ประมาณ 1000 เฟรมต่อวินาที ซึ่งจะทำให้ต้องใช้ความถี่มอดคูเลตสัญญาณอยู่ที่ประมาณ 500 เฮิร์ตซ์ จากการดำเนินการอาจเป็นไปได้ เนื่องจากต้องใช้กล้องความเร็วสูงซึ่งมีราคาแพงและมีการประมวลผลภาพที่ซับซ้อน อาจจำเป็นต้องใช้การติดตามการส่งสัญญาณและการมอดคูเลชันสัญญาณที่สอดคล้องกันเข้ามาในระบบการจราจร แต่หากการใช้งานด้านจราจรเกิดขึ้นได้ จะมีประโยชน์อย่างมากในการเตือนการชนกัน การหลีกเลี่ยงปะทะกัน และความช่วยเหลือในการเปลี่ยนเลนได้

2. Intelligent Lighting: ระบบ Intelligent Lighting จะทำการตรวจสอบปัจจัยต่างๆ เช่น ความเข้มของแสง สี และความส่องสว่างของแอลอีดี โดยควบคุมปริมาณแสงให้มีความสว่างที่เหมาะสมต่อการใช้งาน เมื่อมีการนำ LEDs มาใช้ในงาน Intelligent Lighting ตัวอย่างเช่น เปิดไฟบางพื้นที่เมื่อจำเป็น, แสงน้อยสำหรับการดูหนัง, แสงสว่างสำหรับการอ่านหนังสือ และแสงจากการประชุมด้วยวีดีโอ
3. การประยุกต์ใช้งานในสถานที่ที่เป็น EMI-Sensitive environment: การใช้ VLC นั้นไม่มีการเกิดการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI) แต่มีเพียงเล็กน้อยที่ส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์; ซึ่งสามารถนำระบบ VLC นี้มาใช้งานได้ในพื้นที่บางแห่งได้ เช่น ห้องโดยสารเครื่องบิน, โรงพยาบาล และยานอวกาศ นอกจากนี้ยังสามารถนำระบบ VLC มาใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีความอันตราย เช่น โรงงานปิโตรเคมี ซึ่งเป็นสถานที่ที่มีข้อห้ามใช้คลื่น RF หรือนำระบบ VLC นี้มาใช้ในเครื่องบิน โดยใช้เป็นโคมไฟ VLC สำหรับอ่านหนังสือ เป็นต้น

การพัฒนาหลอด LED ในปัจจุบันนี้ ทำให้ระบบ VLC ถูกคาดว่าจะมีบทบาทสำคัญในอนาคต สำหรับการใช้งานเครือข่ายสื่อสาร, การใช้งานในอาคาร และการใช้งานนอกอาคาร

### 2.3 ข้อจำกัดของระบบรับส่งข้อมูลด้วยแสงในย่านที่ตามองเห็นได้

สำหรับการใช้งานระบบ VLC นั้น มีปัจจัยบางประการที่อาจส่งผลกระทบต่อการใช้งานได้ ดังนี้:

1. Interference: แสงจากธรรมชาติจะมีส่วนไปเพิ่ม shot noise ให้กับสัญญาณแสงที่ตัวรับสัญญาณได้ และหาก shot noise มากเกินไปจะทำให้เกิดการ saturated ที่ตัวรับสัญญาณได้ จึงต้องมีการเพิ่มฮาร์ดแวร์สำหรับกำจัด shot noise ที่เกิดขึ้นนี้ออกไป มิฉะนั้นจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ VLC ได้
2. Shadowing: สำหรับการใช้งาน VLC ภายในอาคารจะมีลักษณะการรับ-ส่งสัญญาณแบบระดับสายตา ( Line of sight, LOS) กันเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นบริเวณรับ-ส่งสัญญาณแสงควรจะเป็นบริเวณโล่ง และหากเป็นกรณีที่มีเงาแสงจากแอลอีดี พบว่ามีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการรับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกด้วย แต่หากมีการกระจายแสงจากแหล่งกำเนิดแสงมากขึ้น จะทำให้ค่า signal to noise ,SNR เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถลดผลกระทบจากเกิดเงาแสงได้

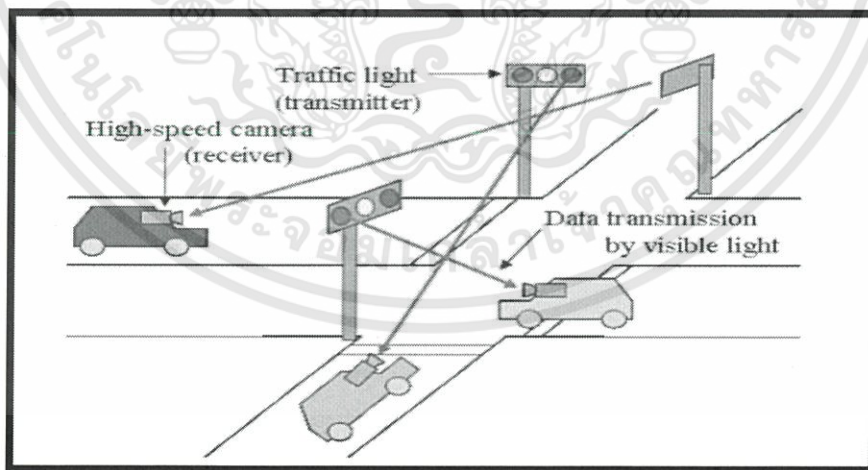
3. Effect of LED Junction Temperature and Long Term Stability: การจัดการความร้อนเป็นเรื่องที่สำคัญต่อการออกแบบ High power LED เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นบริเวณรอยต่อ PN นั้นจะทำให้ SNR ของสัญญาณแสงลดลง มีผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความยาวคลื่น ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่ากระแสขั้วแอตตี้ หรือความร้อนภายในแอตตี้เพิ่มขึ้น ขณะทำงาน จึงจำเป็นต้องมีระบบระบายความร้อนให้กับแอตตี้ โดยเฉพาะการใช้งาน อาร์เรย์แอตตี้ที่มีแอตตี้หลายตัวอยู่ติดๆกัน

## 2.4 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature review)

งานวิจัยทางการส่งข้อมูลทางแสง ที่มีอยู่ในปัจจุบัน เป็นการนำ LEDs มาประยุกต์ใช้ประโยชน์ในงานหลายด้าน ดังต่อไปนี้

### 2.4.1 การสื่อสารด้วยกล้องความเร็วสูงบนถนน

ไฟ LED ที่เป็นสัญญาณจราจรจะนำมาใช้ในการควบคุมยานพาหนะบนถนน จากรูปที่ 2.4 แสดงพื้นฐานของการใช้ LED จะเห็นได้ว่า LED ที่ใช้ในไฟจราจร เป็นตัวส่งสัญญาณ และกล้องซึ่งติดตั้งอยู่ที่รถยนต์จะเป็นตัวรับสัญญาณ ในรุ่นนี้จะติดตั้งกล้องที่ด้านหน้าของรถ โดยกล้องจะถูกนำมาใช้เป็นตัวรับสัญญาณข้อมูลจากสัญญาณไฟจราจร โดยจุดประสงค์ของการใช้งานในลักษณะนี้ เพื่อควบคุมระบบเบรกของรถยนต์ได้อย่างทันท่วงที หากผู้ขับขี่ไม่ได้เหยียบเบรก ขณะสัญญาณไฟจราจรเป็นสีแดง

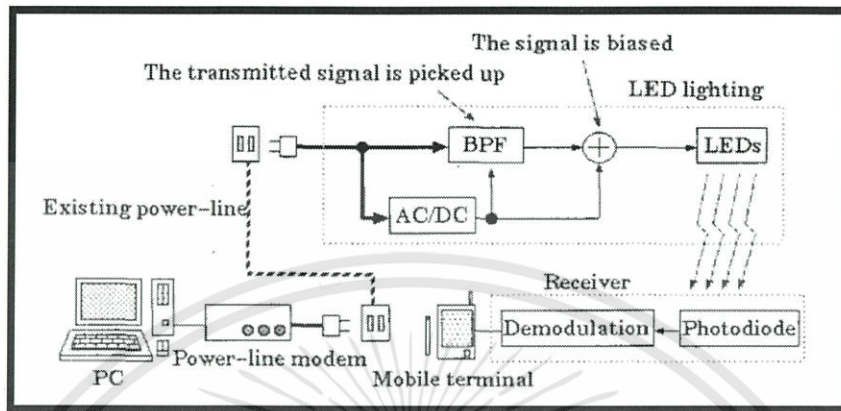


รูปที่ 2.4 แสดงการใช้แสงในการรับส่งข้อมูลบนถนน [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การบูรณาการระบบการสื่อสารด้วย LED และการสื่อสารผ่านสายไฟ

การสื่อสารโดยใช้สายไฟภายในอาคาร แสดงสายไฟสำหรับการสื่อสารด้วย LED สีขาวและ  
 เครื่องข่ายพื้นฐานอื่น ๆ นั้น จะใช้สายไฟที่มีอยู่แล้วตามอาคารรูปที่ 2.5

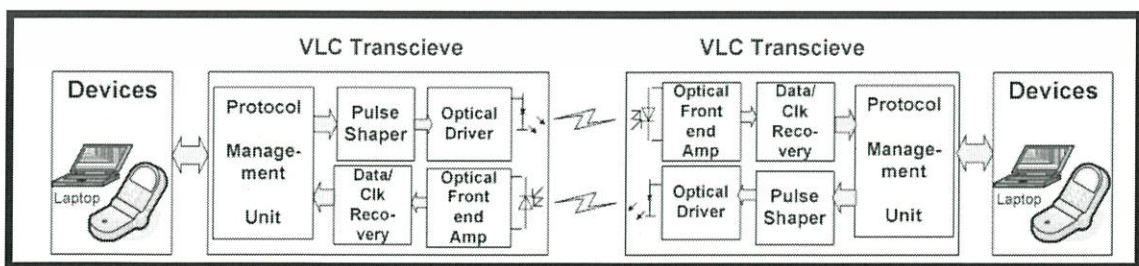


รูปที่ 2.5 คลื่นสัญญาณในสายไฟ [13]

จากรูป แสดงแผนภาพของระบบ โดยเริ่มจากคอมพิวเตอร์ต้นทางจะทำการส่งข้อมูลผ่าน power line modem โดยใช้ระบบสายไฟภายในบ้านเป็นตัวกลาง จากนั้นระบบจะทำการแปลงสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับในบ้านเรือนให้กลายเป็นไฟฟ้ากระแสตรง พร้อมกับกรองสัญญาณที่ส่งไปด้วยวงจร BPF ด้วยในเวลาเดียวกัน สัญญาณที่ผ่านวงจร BPF แล้วจะถูกส่งไปยัง LED ซึ่งเป็นส่วนของการส่งข้อมูลทางแสง สำหรับส่วนของการรับข้อมูลจะประกอบไปด้วยโฟโตไดโอดและวงจร demodulation เพื่อแปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าต้นฉบับอีกครั้ง

2.4.3 ระบบควบคุมขั้นสูงสำหรับการสื่อสารด้วยแสง

สำหรับการสื่อสารด้วยแสงนอกอาคารนั้นได้มีการกล่าวถึง โดยใช้โทรศัพท์มือถือซึ่งมี LED และโฟโตไดโอดฝังอยู่ในตัวเครื่องในการรับและส่งข้อมูลภายนอกอาคาร ดังในรูป 2.6 แสดงการรับและส่งสัญญาณจะใช้ LED และโฟโตไดโอด



รูปที่ 2.6 แผนภาพแสดงการรับและส่งข้อมูลโดยใช้โทรศัพท์มือถือซึ่งมี LED

และโฟโตไดโอดฝังอยู่ในตัวเครื่อง [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

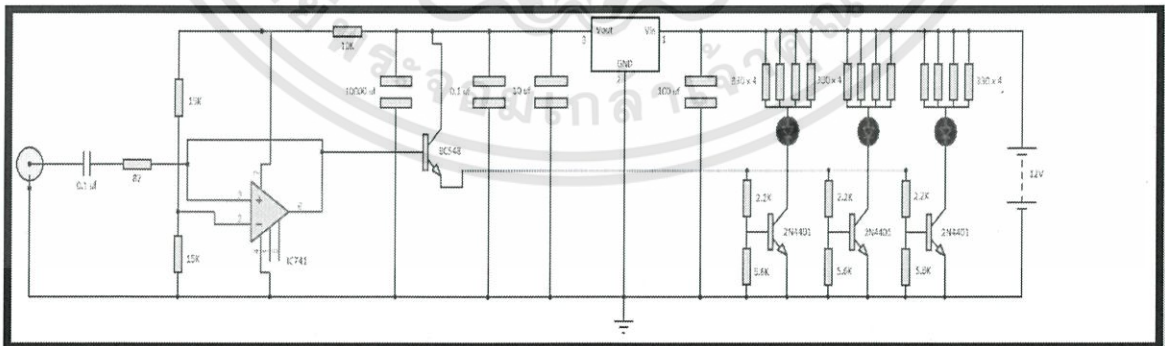
การดำเนินงานวิจัยในหัวข้อ การสร้างต้นแบบของระบบรับส่งข้อมูลเสียงและวิดีโอโดยใช้เลเซอร์ไดโอด ได้ทำการออกแบบและสร้างวงจรภาครับสัญญาณและวงจรภาคส่งสัญญาณ เพื่อรับ-ส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง โดยแบ่งการทดสอบเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

1. สร้างต้นแบบของระบบรับส่งข้อมูลเสียง โดยใช้ high power white LEDs เป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้แผงโซลาร์เซลล์ เป็นตัวรับข้อมูลแสง
2. สร้างต้นแบบของระบบรับส่งข้อมูลวิดีโอ โดยใช้ laser diode สีแดง กำลัง 0.5 mW เป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้ infrared photodiode เป็นตัวรับข้อมูลแสง

จากนั้นทำการทดลองและประเมินความสามารถของระบบ โดยชุดส่งข้อมูลชุดแรกทำการรับส่งข้อมูลเสียงที่ระยะห่างต่างๆกันระหว่างตัวรับส่งสัญญาณ วัดระดับความดังเสียงที่รับได้ปลายทางและวัดรูปร่างสัญญาณที่ส่งและรับได้ ทั้งในกรณีที่ไม่มีวัตถุกีดขวางลำแสง และในกรณีที่มีวัตถุโปร่งแสงที่มีความหนาที่กีดขวางลำแสง ภายในห้องที่มีสภาพแสงต่างๆกัน ส่วนชุดส่งข้อมูลชุดที่สองทดสอบการรับส่งข้อมูลวิดีโอระหว่างคอมพิวเตอร์สองเครื่องโดยใช้โปรแกรม Hyper Terminal

#### 3.1. ขั้นตอนการสร้างสร้างต้นแบบของระบบรับส่งข้อมูลเสียง

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการดำเนินงานออกแบบวงจรสำหรับภาคส่งข้อมูล โดยทำการส่งสัญญาณเสียง และสัญญาณอื่นๆผ่านแสงในย่านที่ตามองเห็นได้ ซึ่งมีแหล่งกำเนิดแสงเป็นหลอดแอลอีดีกำลังสูง ดังในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1. แผนภาพวงจรภาคส่ง VLC ที่ใช้ในการส่งสัญญาณเสียงด้วยแสงแอลอีดีกำลังสูง

วงจรภาคส่งดังรูปที่ 3.1 จะทำงานร่วมกับวงจร Modulator ซึ่งทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ออกมาจากวงจรภาคส่งเพื่อให้สัญญาณแสงสามารถถูกส่งไปยังวงจรภาครับได้ไกลขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.1 ขั้นตอนการทำงานของวงจรรับส่งข้อมูลเสียง

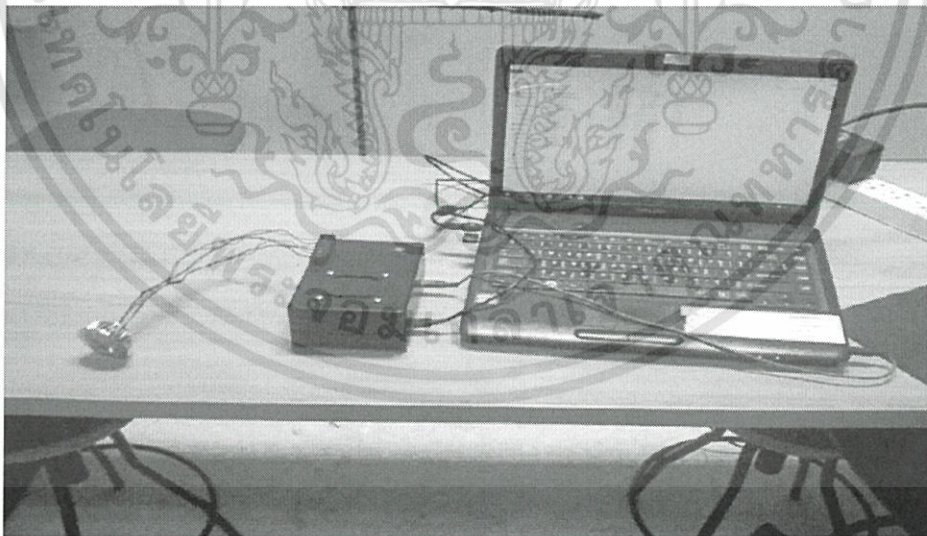
จากข้างต้นได้กล่าวถึงส่วนของภาคส่งสัญญาณไปแล้ว สำหรับขั้นตอนนี้จะกล่าวถึงส่วนของภาครับ ซึ่งในส่วนของภาครับนั้น ได้ใช้ Solar panel สำหรับใช้เป็นตัวรับแสงที่ต่อเข้ากับลำโพงโดยตรง

โดยงานวิจัยนี้จะเป็นการส่งสัญญาณเสียงผ่านแสง visible light จากหลอด LED สีขาวแบบเรียลไทม์ เมื่อส่งสัญญาณเสียงผ่านแสงจากวงจรในภาคส่ง แสงที่มาตกกระทบกับแผง Solar panel ที่ทำหน้าที่ในส่วนของภาครับ ที่เป็นตัวรับแสงจะรับแสงเข้ามาแล้วเปลี่ยนสัญญาณเสียงที่มากับแสงนั้นเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเข้าสู่ลำโพง เกิดเสียงออกมาจากลำโพง ซึ่งมีระยะการส่งได้ไกลประมาณ 1-2 เมตร

องค์ประกอบของภาคส่งและภาครับ อธิบายได้ตามนี้ คือ ขั้นตอนแรกจะเป็นการเลือกข้อมูลหรือสัญญาณที่ต้องการส่งและนำมาขยายสัญญาณก่อนโดยวงจร modulator จากนั้นจึงส่งต่อสัญญาณที่ขยายแล้วนั้นไปที่หลอดไฟ LED เพื่อให้หลอดไฟ LED ทำการส่งข้อมูลต่อไปที่อุปกรณ์รับแสงโดยใช้เป็น solar panel จากนั้นเมื่ออุปกรณ์รับแสง solar panel ได้ข้อมูลจากหลอดไฟ LED แล้วข้อมูลจะถูกกรองเอาสัญญาณอื่นๆที่ใช้ในการขยายสัญญาณหรือสัญญาณที่เราไม่ต้องการที่ติดมาระหว่างส่งสัญญาณออกไป เพื่อให้เหลือแต่สัญญาณที่เราส่งมาในตอนแรก จากนั้นก็จะได้สัญญาณไปที่ตัวแสดงผลข้อมูลต่อไป

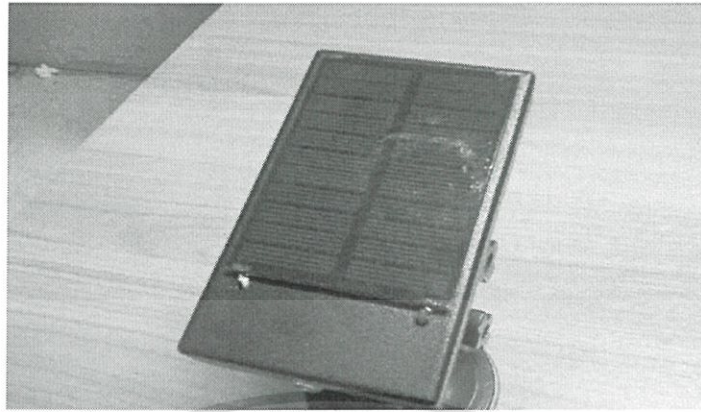
### 3.1.2 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

1. ติดตั้งวงจรภาคส่งสัญญาณกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งสัญญาณ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วงจรภาคส่งสัญญาณกับอุปกรณ์ส่งสัญญาณแอลอีดีกำลังสูง

2. ติดตั้ง Solar panel เป็นภาครับสัญญาณ ดังรูปที่ 3.3



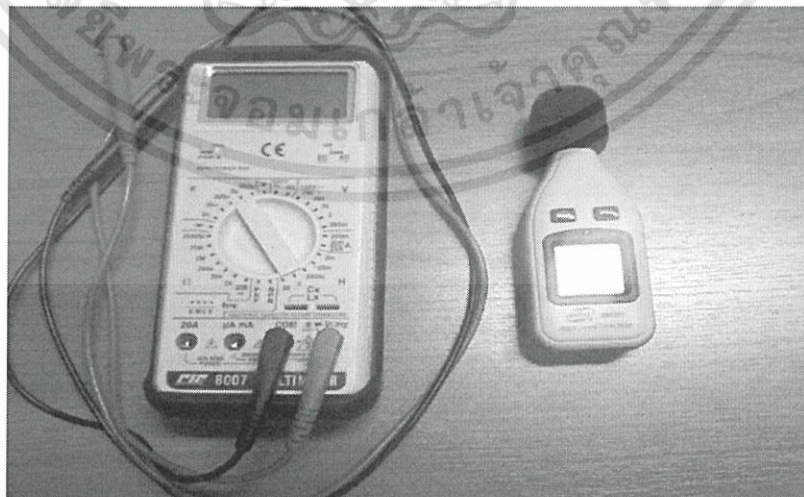
รูปที่ 3.3 แสดง Solar panel ทำหน้าที่เป็นภาครับสัญญาณ

3. ทำการทดลองส่งสัญญาณและบันทึกผล ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ชุดรับ-ส่งข้อมูลเสียงโดยใช้แสงขาวจากแอลอีดีกำลังสูง

4. ใช้เครื่องวัดความดังเสียงและ โวลต์มิเตอร์ ดังรูปที่ 3.5 ในการวัดค่าเพื่อบันทึกผลการทดลอง

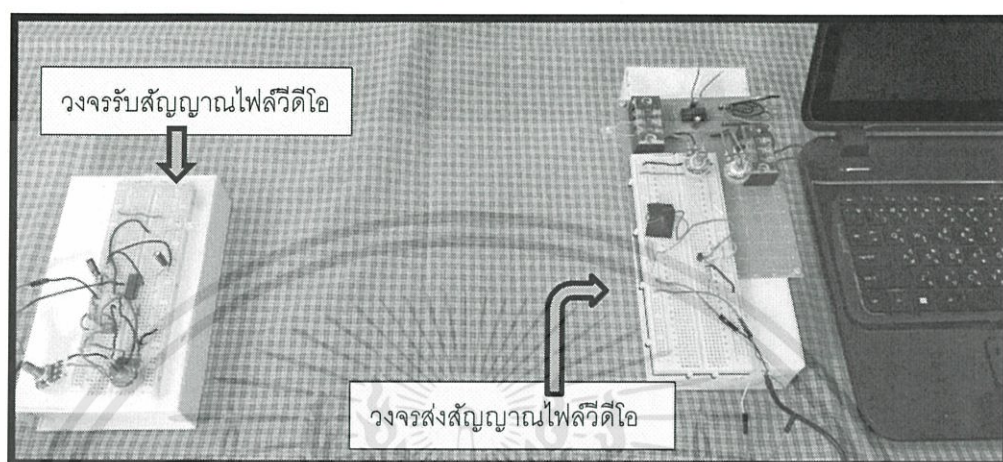


รูปที่ 3.5 เครื่องวัดความดังเสียงและ โวลต์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 ขั้นตอนสร้างต้นแบบของระบบรับส่งข้อมูลวีดีโอ

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการสร้างวงจรภาครับสัญญาณและวงจรภาคส่งสัญญาณวีดีโอ โดยใช้ laser diode สีแดง กำลัง 0.5 mW เป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้ infrared photodiode เป็นตัวรับข้อมูลแสง มีแผนภาพแสดงต้นแบบของระบบส่งข้อมูลทางแสง ดังในรูปที่ 3.6 ดังนี้



รูปที่ 3.6 วงจรภาครับสัญญาณและวงจรภาคส่งสัญญาณวีดีโอ โดยใช้เลเซอร์ไดโอด

#### 3.2.1 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

1. ติดตั้งวงจรภาครับสัญญาณและวงจรภาคส่งสัญญาณ แต่ละวงจรจะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยใช้ USB port จากนั้นวางให้วงจรรับและวงจรส่งข้อมูลห่างกันในแนวนอน
2. ติดตั้งโปรแกรม Hyper Terminal ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับรับ-ส่งข้อมูลวีดีโอระหว่างคอมพิวเตอร์ทั้ง 2 เครื่อง
3. ทดลองรับข้อมูลโดยใช้ Photodiode ชนิดอินฟราเรดโฟโตไดโอด ในวงจรภาครับสัญญาณ จากนั้นใช้โปรแกรม Hyper Terminal ทดลองรับ-ส่งข้อมูลประเภท video file และบันทึกผลลัพธ์ที่รับได้ปลายทาง

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

เมื่อสร้างต้นแบบของระบบรับส่งข้อมูลเสียงและวิดีโอเสร็จแล้ว จากนั้นทำการทดสอบการทำงานของวงจรภาครับสัญญาณ และวงจรภาคส่งสัญญาณ ผลการดำเนินงานเป็นดังนี้

4.1. ผลการทดลองและประเมินความสามารถของระบบรับส่งข้อมูลเสียง โดยใช้ high power white LEDs เป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้แผงโซลาร์เซลล์เป็นตัวรับข้อมูลแสง

4.2. ผลการทดลองและประเมินความสามารถของระบบรับส่งข้อมูลวิดีโอ โดยใช้ laser diode สีแดง กำลัง 0.5 mW เป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้ infrared photodiode เป็นตัวรับข้อมูลแสง

#### 4.1 ผลการทดลองและประเมินความสามารถของระบบรับส่งข้อมูลเสียง โดยใช้ high power white LEDs เป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้แผงโซลาร์เซลล์ เป็นตัวรับข้อมูลแสง

สัญญาณเสียงที่ถูกส่งออกมาจากภาคส่งนี้เป็นสัญญาณ Analog ที่ถูกแปลงมาจากสัญญาณ Digital ของข้อมูลผ่านอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการส่งสัญญาณเสียงเช่น การส่งสัญญาณเสียงของโทรศัพท์ หรือของคอมพิวเตอร์ เมื่อเทียบสัญญาณที่ออกมาเหล่านี้กับสัญญาณที่ทำการขยายสัญญาณก่อนจะส่งไปที่ภาคส่ง (หลอด LED) ในส่วนนี้ได้ทำการทดลองวัดสัญญาณเสียงที่ส่งมาจากต้นแบบวงจรส่งสัญญาณเสียง ในห้องที่มีสภาพแสงแวดล้อมต่าง ๆ กัน ดังต่อไปนี้

##### 4.1.1 สัญญาณเสียงที่ได้จากตัวส่งเทียบกับตัวรับจากเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีแสงจากหลอดไฟภายในห้องรบกวน

ในการทดลอง เราได้ใช้ channel 1 สำหรับตรวจสอบ wave form ของสัญญาณไฟล์เสียงที่ส่งมาจากต้นแบบวงจรส่งสัญญาณเสียง และใช้ channel 2 สำหรับตรวจสอบ wave form ของสัญญาณที่รับได้ด้วยตัวรับแสงที่เป็นแผงโซลาร์เซลล์ โดยทำการทดสอบที่ระยะระหว่างตัวรับส่งสัญญาณ วางห่างกันเป็นระยะต่าง ๆ กัน ดังนี้



รูปที่ 4.1 รูปแสดงสัญญาณเสียงที่วัดได้โดยประกอบด้วย สัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาคส่งสัญญาณ (Channel1) และสัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาครับสัญญาณ(Channel2) ที่ระยะ 30cm  
เมื่อมีแสงจากหลอดไฟในห้องรบกวน



รูปที่ 4.2 รูปแสดงสัญญาณเสียงที่วัดได้โดยประกอบด้วย สัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาคส่งสัญญาณ (Channel1) และสัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาครับสัญญาณ(Channel2) ที่ระยะ 1 m  
เมื่อมีแสงจากหลอดไฟในห้องรบกวน

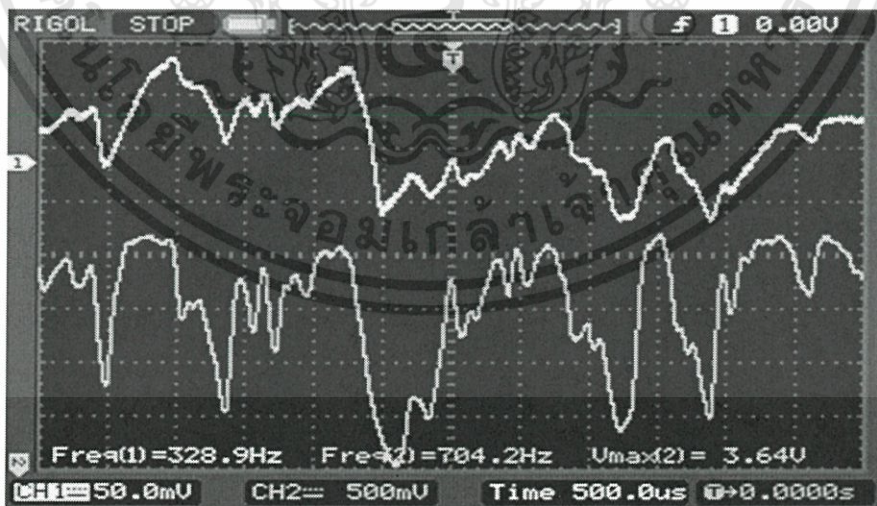
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 รูปแสดงสัญญาณเสียงที่วัดได้โดยประกอบด้วย สัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาคส่งสัญญาณ (Channel1) และสัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาครับสัญญาณ(Channel2) ที่ระยะ 1.5 m  
เมื่อมีแสงจากหลอดไฟในห้องรบกวน

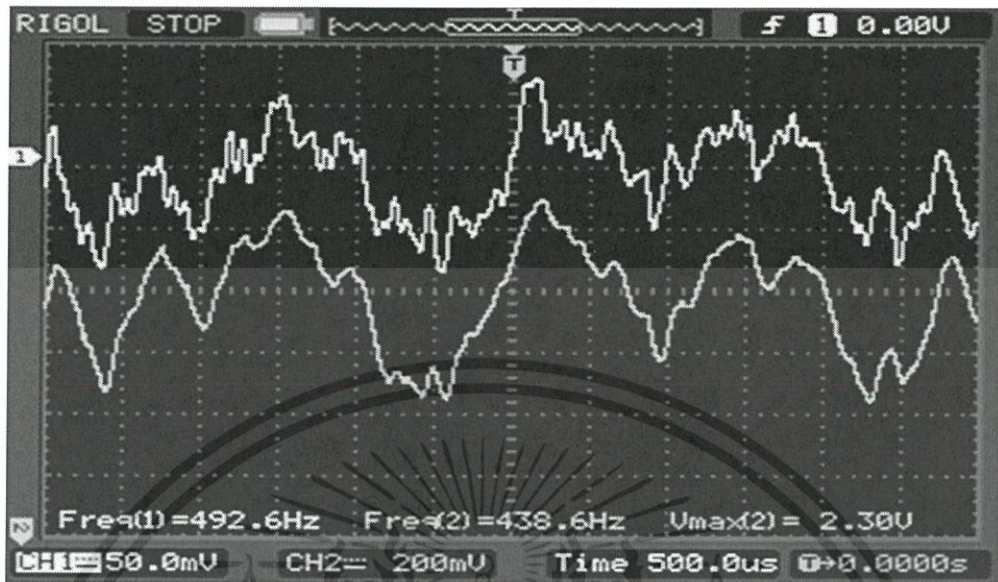
#### 4.1.2 สัญญาณเสียงที่ได้จากตัวส่งเทียบกับตัวรับจากเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีภาชนะบรรจุน้ำก้นกลาง

ในการทดลอง เราได้ใช้ channel 1 สำหรับตรวจสอบ wave form ของสัญญาณที่ส่งมาจาก function generature และใช้ channel 2 สำหรับตรวจสอบ wave form ของสัญญาณที่รับได้ด้วยตัวรับแสงที่เป็นแผงโซลาร์เซลล์ โดยทำการทดสอบที่ระยะระหว่างตัวรับส่งสัญญาณ วางห่างกันเป็นระยะต่างๆกัน ดังนี้

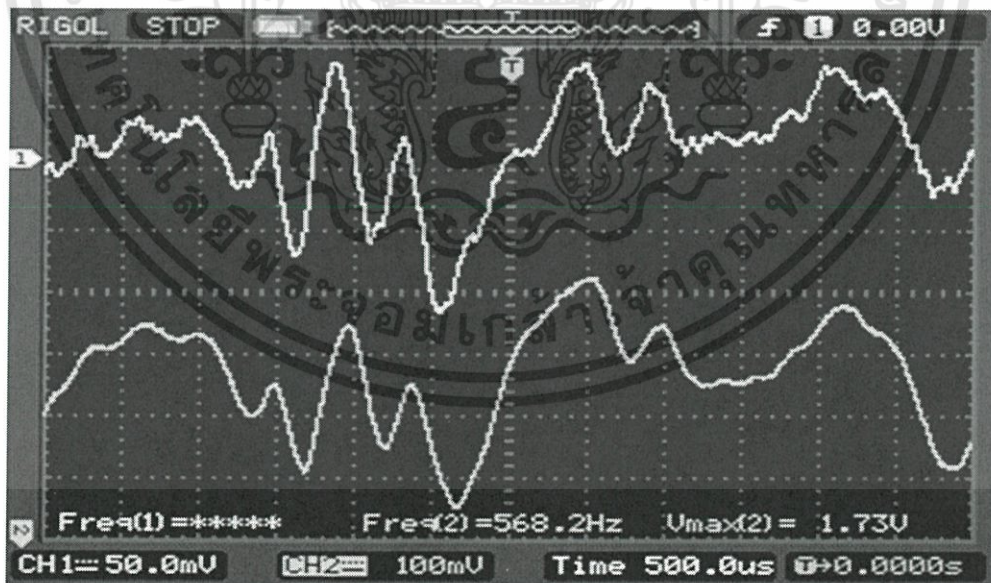


รูปที่ 4.4 รูปแสดงสัญญาณเสียงที่วัดได้โดยประกอบด้วย สัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาคส่งสัญญาณ (Channel1) และสัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาครับสัญญาณ(Channel2) ที่ระยะ 30cm  
เมื่อมีภาชนะบรรจุน้ำวางลำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 รูปแสดงสัญญาณเสียงที่วัดได้โดยประกอบด้วย สัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาคส่งสัญญาณ (Channel1) และสัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาครับสัญญาณ(Channel2) ที่ระยะ 1m  
เมื่อมีภาชนะบรรจุน้ำขวงลำแสง

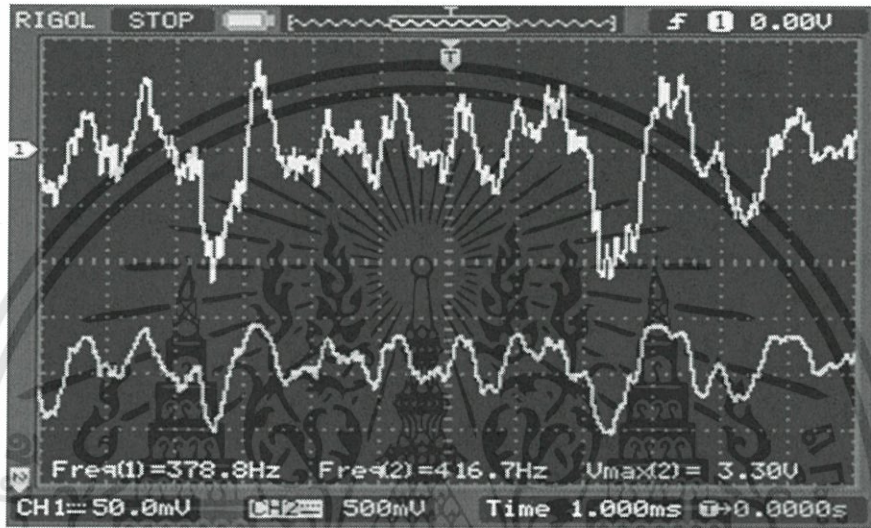


รูปที่ 4.6 รูปแสดงสัญญาณเสียงที่วัดได้โดยประกอบด้วย สัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาคส่งสัญญาณ (Channel1) และสัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาครับสัญญาณ(Channel2) ที่ระยะ 1.5m  
เมื่อมีภาชนะบรรจุน้ำขวงลำแสง

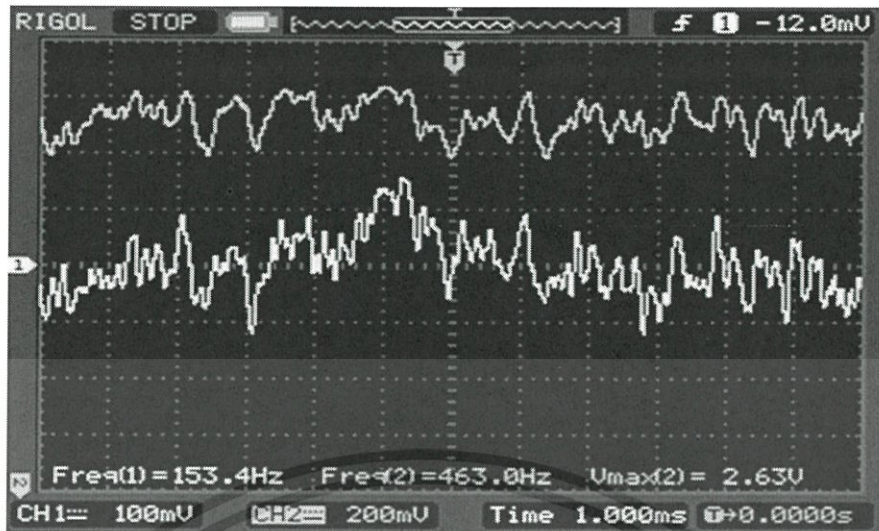
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.3 สัญญาณเสียงที่ได้จากตัวส่งเทียบกับตัวรับจากเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีแสงอาทิตย์รบกวน

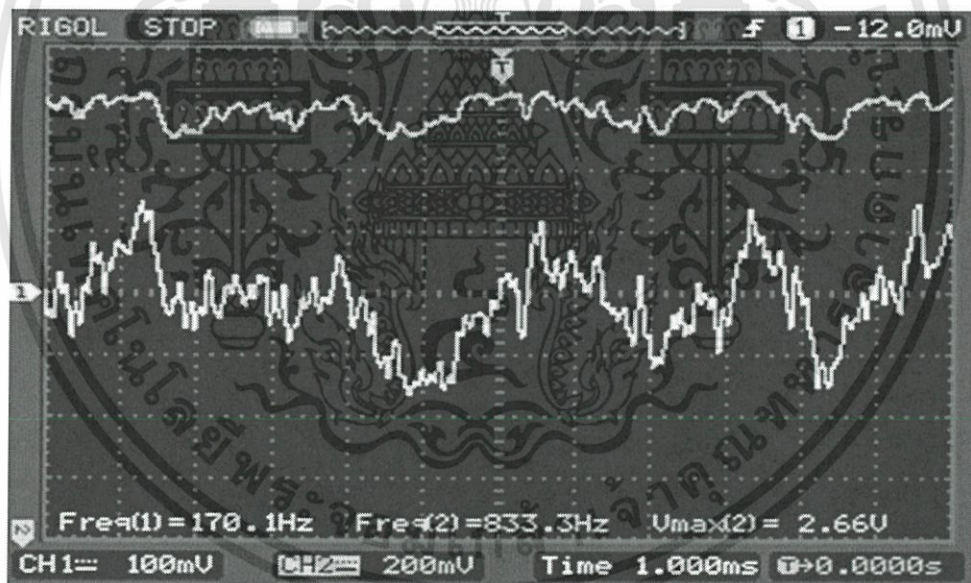
ในการทดลอง เราได้ใช้ channel 1 สำหรับตรวจสอบ wave form ของสัญญาณไฟล์เสียงที่ส่งมาจากต้นแบบวงจรส่งสัญญาณเสียง และใช้ channel 2 สำหรับตรวจสอบ wave form ของสัญญาณที่รับได้ด้วยตัวรับแสงที่เป็นแผงโซลาร์เซลล์ โดยทำการทดสอบที่ระยะระหว่างตัวรับส่งสัญญาณ วางห่างกันเป็นระยะต่าง ๆ กัน ดังนี้



รูปที่ 4.7 รูปแสดงสัญญาณเสียงที่วัดได้โดยประกอบด้วย สัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาคส่งสัญญาณ (Channel1) และสัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาครับสัญญาณ (Channel2) ที่ระยะ 30cm เมื่อมีแสงอาทิตย์รบกวน



รูป 4.8 รูปแสดงสัญญาณเสียงที่วัดได้โดยประกอบด้วย สัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาคส่งสัญญาณ (Channel1) และสัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาครับสัญญาณ(Channel2) ที่ระยะ 1 m  
เมื่อมีแสงอาทิตย์รบกวน



รูป 4.9 รูปแสดงสัญญาณเสียงที่วัดได้โดยประกอบด้วย สัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาคส่งสัญญาณ (Channel1) และสัญญาณเสียงที่วัดได้จากภาครับสัญญาณ(Channel2) ที่ระยะ 1.5 m  
เมื่อมีแสงอาทิตย์รบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.4 ตารางบันทึกผลการทดลอง

ในส่วนนี้จะเป็นการแสดงค่าความต่างศักย์ที่วัดได้จากแผงโซลาร์เซลล์ขนาดต่างๆกัน ในขณะที่มีการรับข้อมูลเสียง และในขณะที่ยังไม่มี การส่งข้อมูลเสียง เมื่อตัวรับส่งข้อมูลวางห่างกันเป็นระยะต่างๆ ดังที่ปรากฏในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ความต่างศักย์ที่วัดได้จากตัวรับสัญญาณแต่ละประเภท (โดยยังไม่ส่งสัญญาณ)

ระยะระหว่างตัวรับและตัวส่งสัญญาณ (cm)	Soloar panel ขนาด6.5x6.5 cm	Soloar panel ขนาด5.5x8 cm	Soloar panel ขนาด12x19 cm	Photodiode ขนาด 0.6x0.6 cm
10	4.14 V	3.80 V	4.78 V	0.52 V
20	3.34 V	3.16 V	4.97 V	0.49 V
30	2.75 V	2.63 V	4.86 V	0.47 V
40	2.38 V	2.32 V	4.50 V	0.45 V
50	2.07 V	2.06 V	4.17 V	0.43 V
60	1.87 V	1.87 V	3.75 V	0.43 V
70	1.71 V	1.67 V	3.53 V	0.42 V
80	1.58 V	1.52 V	3.33 V	0.41 V
90	1.46 V	1.38 V	3.00 V	0.41 V
100	1.24 V	1.35 V	2.76 V	0.40 V
110	1.16 V	1.30 V	2.73 V	0.39 V
120	1.04 V	1.22 V	2.62 V	0.39 V
130	0.98 V	1.14 V	2.46 V	0.39 V
140	0.88 V	1.03 V	2.31 V	0.38 V

ตารางที่ 4.2 ความต่างศักย์ที่วัดได้จากตัวรับสัญญาณแต่ละประเภท (พร้อมส่งสัญญาณ)

ระยะระหว่าง ตัวรับและตัวส่ง สัญญาณ (cm)	Soloar panel ขนาด6.5x6.5 cm	Soloar panel ขนาด5.5x8 cm	Soloar panel ขนาด12x19 cm	Photodiode ขนาด 0.6x0.6 cm
10	4.11 V	3.96 V	4.99 V	0.52 V
20	3.18 V	3.22 V	5.23 V	0.49 V
30	2.67 V	2.66 V	4.90 V	0.47 V
40	2.25 V	2.33 V	4.51 V	0.46 V
50	1.96 V	2.00 V	4.11 V	0.44 V
60	1.74 V	1.84 V	3.76 V	0.43 V
70	1.51 V	1.66 V	3.47 V	0.42 V
80	1.40 V	1.52 V	3.18 V	0.42 V
90	1.28 V	1.32 V	2.98 V	0.41 V
100	1.18 V	1.29 V	2.83 V	0.40 V
110	1.13 V	1.26 V	2.58 V	0.40 V
120	1.05 V	1.16 V	2.50 V	0.39 V
130	0.98 V	1.12 V	2.44 V	0.39 V
140	0.94 V	1.07 V	2.32 V	0.39 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.3 ตารางระหว่าง ระยะทางในการวัดกับความดังและความต่างศักย์ของตัวรับในสภาพแวดล้อมต่างๆ**

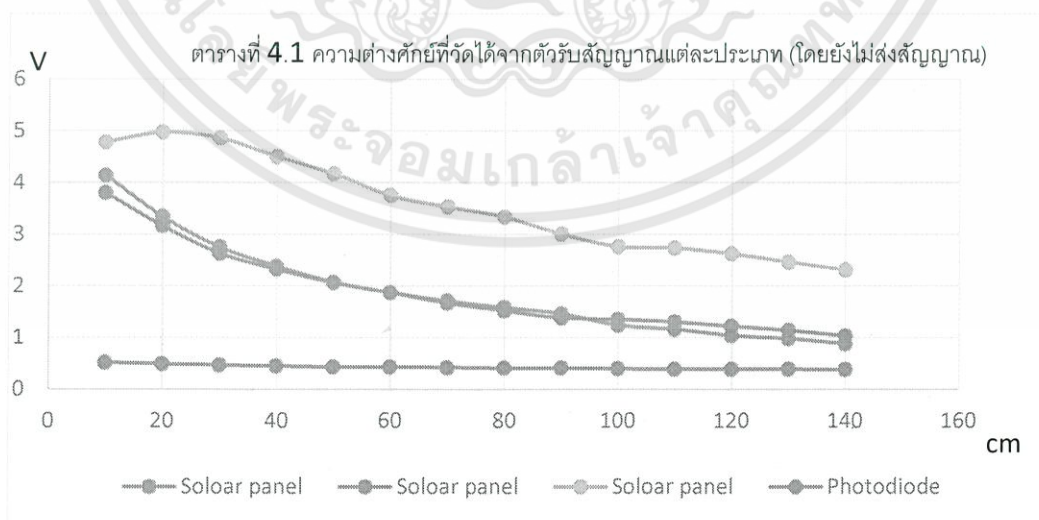
ในส่วนนี้จะเป็นการแสดงค่าความต่างศักย์ที่วัดได้จากแผงโซลาร์เซลล์และความดังเสียงที่วัดได้โดยใช้เครื่องวัดความดังเสียง ในห้องที่มีสภาพแสงต่าง ๆ กัน เมื่อตัวรับส่งข้อมูลวางห่างกันเป็นระยะต่างๆ ดังนี้

ระยะที่วัด cm	ห้องมืด		แสงอาทิตย์		ผ่านตัวกลางที่เป็นน้ำ	
	ความดัง dBA	ความต่าง ศักย์ V	ความดัง dBA	ความต่าง ศักย์ V	ความดัง dBA	ความต่าง ศักย์ V
30	108.7	3.64	102.9	4.3	110.3	3.54
100	102	1.79	95.5	3.24	104.5	1.77
150	88.7	1.45	88.1	3.22	95.5	2.01

\*ความดังเสียงสูงสุดที่วัดได้โดยตรงจากตัวส่งสัญญาณ 113.3 dBA

**4.1.5 กราฟที่ได้จากตารางบันทึกผลการทดลอง**

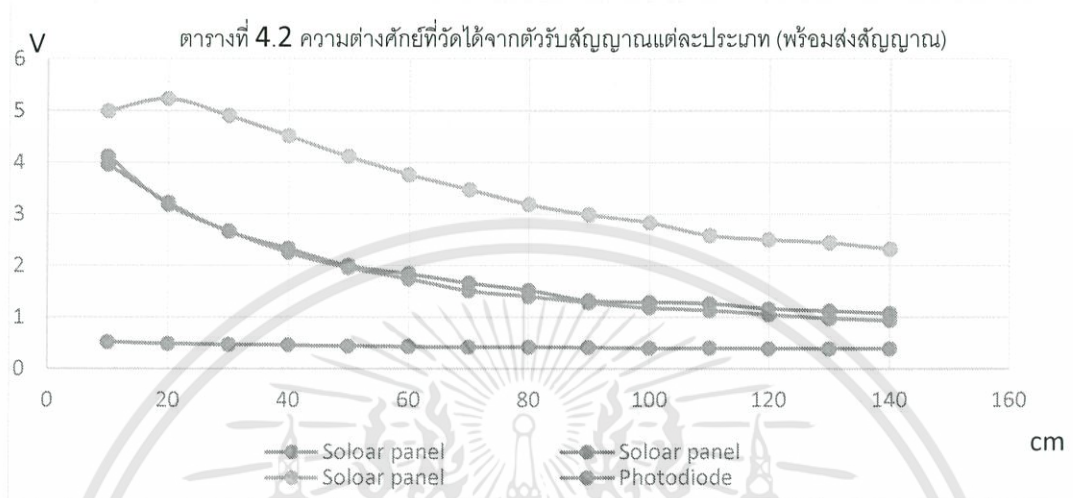
ในส่วนนี้เป็นการแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ที่วัดได้จากตัวรับแสงที่มีพื้นที่รับแสงขนาดต่างๆกัน ในขณะที่ยังไม่มี การส่งสัญญาณเสียง โดยวางตัวรับแสงที่ระยะห่างจากตัวส่งสัญญาณเป็นระยะต่างๆกัน ดังที่แสดงในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.10 กราฟจากตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4.1

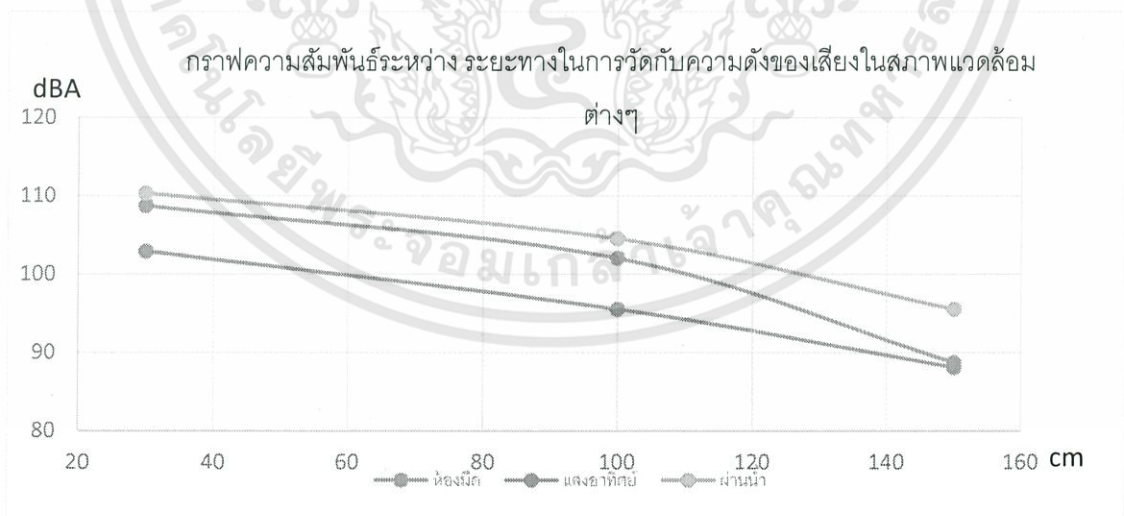
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนนี้เป็นการแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ที่วัดได้จากตัวรับแสงที่มีพื้นที่รับแสงขนาดต่างๆกัน ในขณะที่ยังไม่มีการส่งสัญญาณเสียง โดยวางตัวรับแสงที่ระยะห่างจากตัวส่งสัญญาณเป็นระยะต่างๆกัน ดังที่แสดงในตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.11 กราฟจากตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4.2

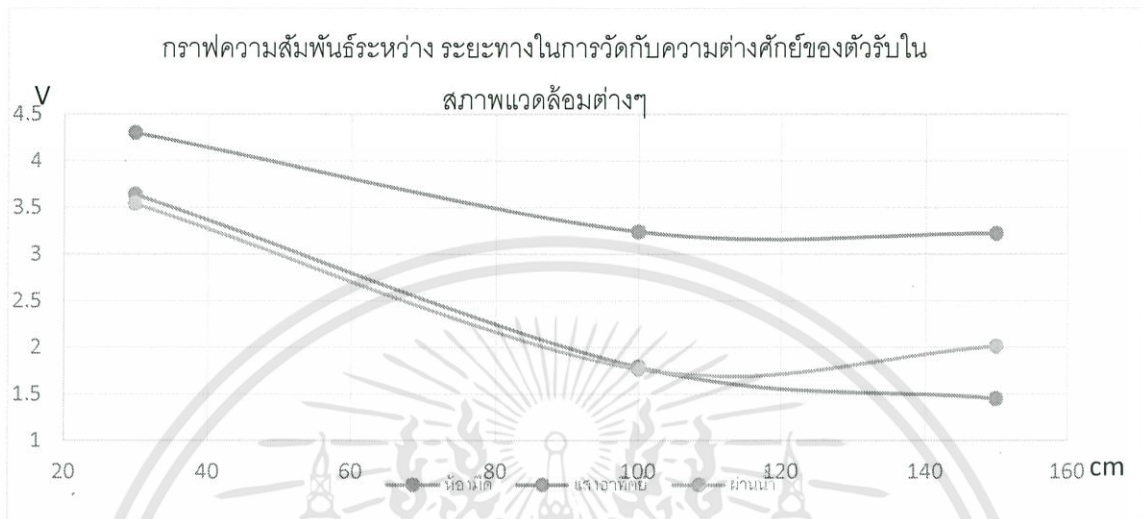
ในส่วนนี้เป็นการแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างที่วัดได้จากเครื่องวัดความดังเสียง ในห้องที่มีสภาพแสงต่างๆกัน โดยวัดความดังเสียงที่รับได้ที่ระยะห่างจากตัวส่งสัญญาณเสียงเป็นระยะต่างๆกัน ดังที่แสดงในตารางที่ 4.3.3



รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะทางในการวัดกับความดังของเสียงในสภาพแวดล้อมต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

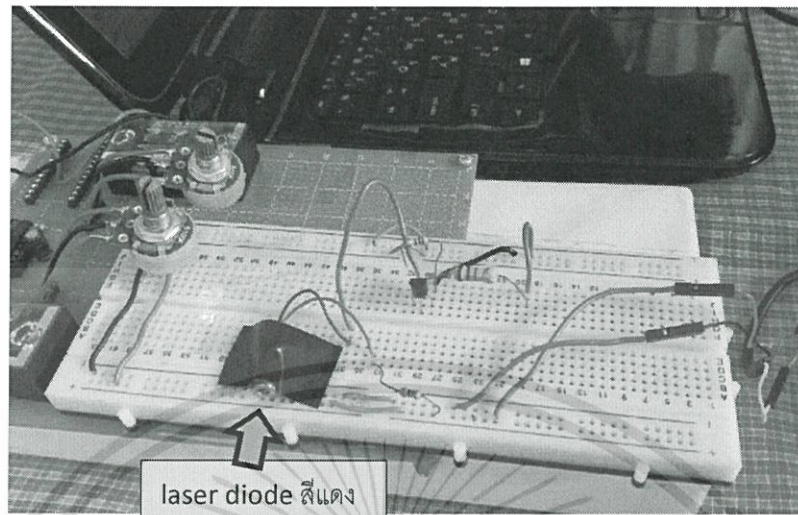
ในส่วนนี้เป็นการแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ที่วัดได้จากตัวรับแสง ในห้องที่มีสภาพแสงต่างๆกัน โดยวัดความต่างศักย์ที่ตัวรับแสงที่วางห่างจากตัวส่งสัญญาณเสียงเป็นระยะต่างๆกัน ดังที่แสดงในตารางที่ 4.3



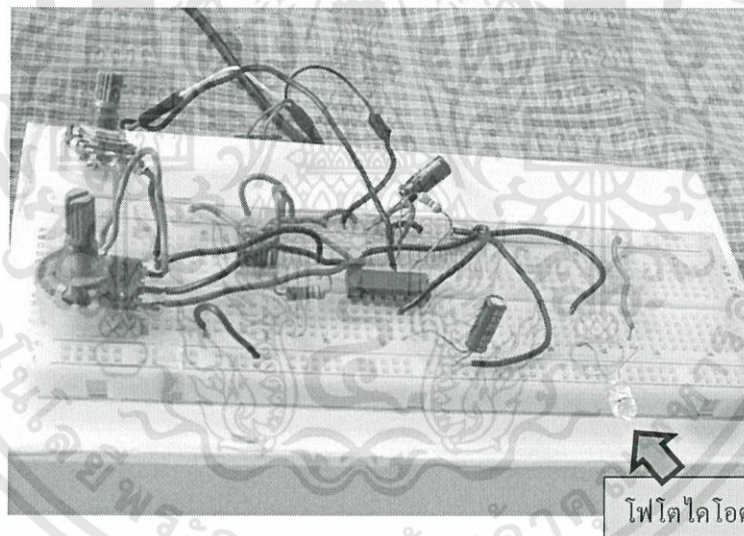
รูปที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะทางในการวัดกับความต่างศักย์ของตัวรับในสภาพแวดล้อมต่างๆ

#### 4.2 ผลการทดลองและประเมินความสามารถของระบบรับส่งข้อมูลวิดีโอ โดยใช้ laser diode สีแดง กำลัง 0.5 mW เป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้ infrared photodiode เป็นตัวรับข้อมูลแสง

ในส่วนนี้ เราทดสอบด้วยการส่ง video ไฟล์ ขนาด 5049 kb ระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่องด้วยโปรแกรม Hyper Terminal ผลการทดสอบพบว่าระบบรับส่งข้อมูลวิดีโอ โดยใช้ laser diode สีแดง กำลัง 0.5 mW ดังในรูปที่ 4.14 เป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้ infrared photodiode ดังในรูปที่ 4.15 เป็นตัวรับข้อมูลแสง ในงานวิจัยนี้ระบบดังกล่าวสามารถรับ-ส่งข้อมูลด้วยอัตราบิตสูงสุดเท่ากับ 460 kbit/s โดยเราสามารถวางให้ตัวส่งข้อมูลแสงอยู่ห่างจากตัวรับแสงได้ไกลสุดเท่ากับ 2 m. และที่ระยะห่างนี้สามารถรับ-ส่งไฟล์ขนาด 5049 kb ได้สำเร็จภายในเวลา 1.55 นาที ดังที่แสดงในรูปที่ 4.16

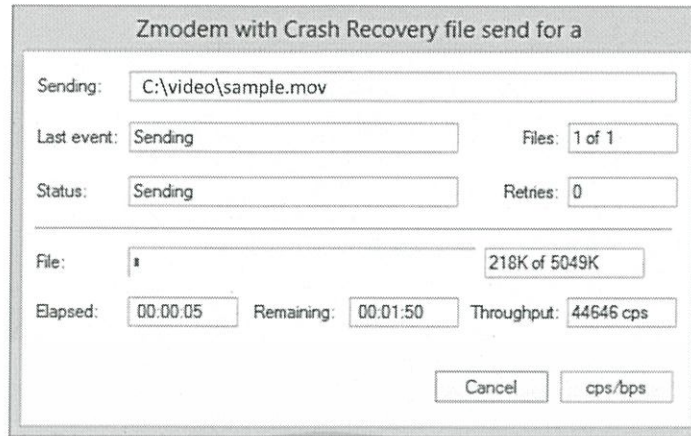


รูปที่ 4.14 วงจรส่งข้อมูลวีดีโอ โดยใช้ laser diode สีแดง กำลัง 0.5 mW เป็นตัวส่งข้อมูลแสง

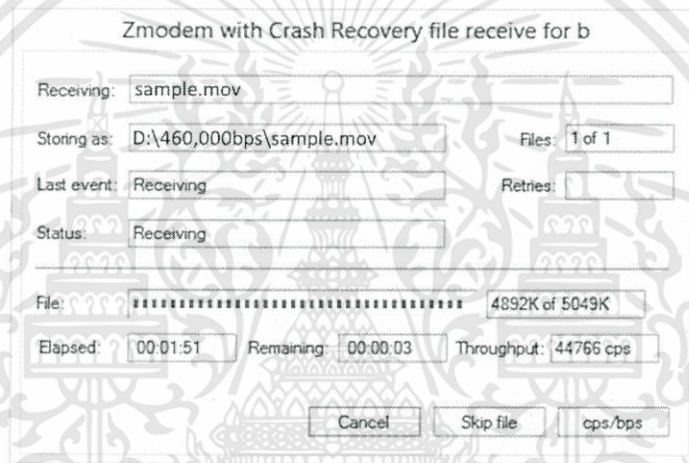


รูปที่ 4.15 วงจรรับข้อมูลวีดีโอ โดยใช้โฟโตไดโอดเป็นตัวรับข้อมูลแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



a)



b)

- รูปที่ 4.16 a) แสดงหน้าจอโปรแกรม Hyper Terminal ขณะกำลังส่งไฟล์วีดีโอขนาด 5049 KB  
 b) แสดงหน้าจอโปรแกรม Hyper Terminal ขณะกำลังรับไฟล์วีดีโอขนาด 5049 KB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการพัฒนาต้นแบบของระบบรับส่งข้อมูลเสียงและวีดิโอแบบไร้สาย จากการทดสอบต้นแบบของระบบรับส่งสัญญาณเสียงด้วยแสงจากแอลอีดีกำลังสูง ในส่วนของชุดทดลองแรกซึ่งเป็นชุดรับ-ส่งข้อมูลเสียง จากการวัดความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นที่ตัวรับแสง (แผงโซลาร์เซลล์) ในขณะที่รับสัญญาณ พบว่าความต่างศักย์ที่วัดได้จากตัวรับในขณะที่รับสัญญาณนั้นแปรผกผันกับระยะห่างระหว่างตัวส่งและตัวรับ โดยระยะห่างมากขึ้นความต่างศักย์ก็ยิ่งมีค่าน้อย เป็นต้น นอกจากนี้ จากการทดลองพบว่าสภาพแวดล้อมแสงต่างๆในห้องขณะทำการทดลอง มีผลต่อค่าความต่างศักย์ที่วัดได้จากตัวรับแสง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างห้องที่มีแสงจากหลอดไฟอื่นๆเปิดอยู่ด้วย กับห้องที่มีแสงจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านและในห้องที่มีดสนิท ปรากฏว่าจะเกิดความต่างศักย์มากที่สุดที่ตัวรับแสงในสภาพแวดล้อมที่มีแสงอาทิตย์ส่องผ่าน ซึ่งส่งผลทำให้สัญญาณมีความดังน้อยลงไปด้วย สำหรับการทดสอบวัดความดังของเสียงโดยใช้เครื่องวัดความดังเสียง ที่ระยะห่างจากตัวส่งสัญญาณต่างๆกัน พบว่าในห้องที่มีจะวัดความดังของเสียงที่ระยะเดียวกัน สามารถวัดความดังได้มากกว่าในห้องที่มีแสงอาทิตย์ส่องผ่านและห้องที่มีหลอดไฟชนิดอื่นเปิดสว่างอยู่

ทำให้สรุปได้ว่า ความดังของเสียง (dBA) แปรผกผันกับความต่างศักย์ (v) โดยความต่างศักย์น้อยจะมีความดังของเสียงมาก นอกจากนี้ในระยะห่างระหว่างตัวส่งตัวรับที่ต่างกัน ความดังของเสียงก็จะแปรผกผันตามระยะห่างด้วย คือ เมื่อระยะห่างมากขึ้น ระดับความดังเสียงที่วัดได้มีค่าน้อยลง นอกจากนี้จากการเปลี่ยนขนาดของตัวรับแสง พบว่า มีผลต่อค่าความต่างศักย์ที่วัดได้อีกด้วย ดังนี้ เมื่อใช้ตัวรับ 4 ขนาด คือ solar panel ขนาด 6.5x6.5 cm. , 5.5x8 cm. , 12x19 cm. และ photo diode 0.6x0.6 cm. พบว่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจะแปรผันตรงกับขนาดของตัวรับสัญญาณ โดยตัวรับสัญญาณที่มีขนาดใหญ่ จะสามารถสร้างความต่างศักย์ได้สูง

เมื่อทำการทดลองส่งสัญญาณเสียงที่ระยะห่างเดียวกัน ทั้งในกรณีที่ไม่มิกัดขวางลำแสงและในกรณีที่มิกัดขวางลำแสง ให้ผลการทดสอบดังนี้ คือ ในกรณีที่ไม่มีกีดขวางลำแสง พบว่าสามารถวัดค่าความต่างศักย์ที่ตัวรับแสงได้ค่าสูงสุด สำหรับในกรณีที่มิกัดขวางลำแสง 2 ชนิด คือ ตู้ใส่ที่บรรจุน้ำ และกระจกใสที่มีความหนาเล็กน้อย ได้ผลดังต่อไปนี้คือ ในขณะที่มีตู้ใส่ที่บรรจุน้ำวางลำแสงอยู่ สามารถวัดค่าความต่างศักย์ที่ตัวรับแสงได้ค่าสูงกว่าในกรณีที่มิกัดขวางลำแสงอยู่

สำหรับผลการวัดความดังของเสียงโดยใช้เครื่องวัดความดังเสียง ให้ผลตรงกันข้ามกับความต่างศักย์ พบว่า การส่งสัญญาณเสียงโดยมีตู้ใส่บรรจุน้ำกีดขวางลำแสงอยู่ สามารถวัดความดังเสียงได้ค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกรณีที่มิกัดขวางลำแสงอยู่และกรณีที่ไม่มีกีดขวางลำแสง โดยในขณะที่ไม่มีกีดขวางลำแสงและในกรณีที่มิกัดขวางลำแสงอยู่ วัดค่าความดังของเสียงได้ใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองจึงสรุปได้ว่า ยิ่งความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากตัวรับสัญญาณมีค่าน้อย จะทำให้วัดความดังของเสียงได้ค่าสูง และยิ่งระยะห่างจากตัวรับส่งมีค่าห่างกันยิ่งน้อย จะยิ่งวัดความดังเสียงได้ค่ามาก

สำหรับชุดทดลองที่สอง ซึ่งเป็นชุดรับ-ส่งข้อมูลวีดีโอ พบว่าระบบรับส่งข้อมูลวีดีโอ โดยใช้ laser diode สีแดง กำลัง 0.5 mW เป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้ infrared photodiode เป็นตัวรับข้อมูลแสง ในงานวิจัยนี้ระบบดังกล่าวสามารถรับ-ส่งข้อมูลด้วยอัตราบิตสูงสุดเท่ากับ 460 kbit/s โดยเราสามารถวางให้ตัวส่งข้อมูลแสงอยู่ห่างจากตัวรับแสงได้ไกลสุดเท่ากับ 2 m. และที่ระยะห่างนี้สามารถรับ-ส่งไฟล์ขนาด 5049 kb ได้สำเร็จภายในเวลา 1.55 นาที

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมา ทำให้เทคโนโลยีการส่งข้อมูลเสียงแบบไร้สายด้วยแสงแอลอีดีนั้น สามารถถูกนำไปใช้เส้นทางเลือกใหม่ในการรับส่งข้อมูลเสียงแทนที่เทคโนโลยีไร้สายแบบใช้คลื่นวิทยุอาร์เอฟซึ่งส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ โดยต้นแบบระบบรับส่งข้อมูลเสียงไร้สายด้วยแสงแอลอีดีเหมาะสำหรับการนำไปใช้งานในห้องที่มีการห้ามใช้เสียง เช่น ห้องสมุด หรือการส่งข้อมูลเสียงจากห้องหนึ่งเข้าไปยังห้องอื่นที่มีกระจกเก็บเสียงกันอยู่ได้.



## เอกสารอ้างอิง

- [1] D. Karunatilaka, F. Zafar, V. Kalavally, "LED Based Indoor Visible Light Communications: State of the Art", *Communication Surveys & Tutorials, IEEE*, Vol.17, Issue 3, 2015, pp. 1649-1677.
- [2] Sindhubala, K., Vijayalakshmi, B., "Ecofriendly data transmission in visible light communication", *The third International Conference on Computer, Communication, Control and Information Technology (C3IT)*, 2015.
- [3] Wen-Yi Lin, Chia-Yi Chen, Hai-Han Lu, Ching-Hung Chang, Ying-Pyng Lin, Huang-Chang Lin, and Hsiao-Wen Wu, "0m/500Mbps WDM visible light communication systems", *Optics Express*, Vol. 20, Issue 9, pp. 9919-9924, 2012.
- [4] Yu-Chieh Chi, Dan-Hua Hsieh, Cheng-Ting Tsai, Hsiang-Yu Chen, Hao-Chung Kuo, and Gong-Ru Lin, "450-nm GaN laser diode enables high-speed visible light communication with 9-Gbps QAM-OFDM", *Optics Express*, Vol. 23, Issue 10, pp. 13051-13059, 2015.
- [5] rong hu, Chao Yang, Xiao Xiao, Daojun Xue, Qi Yang, and Shanhong You, "Laser Diode-Based High Speed Visible Light Communication Using DMT-OOFDM", *Asia Communications and Photonics Conference 2013*, doi:10.1364/ACPC.2013.ATh4G.2.
- [6] HL Minh, D O'Brien, G Faulkner, L Zeng, K Lee, D Jung, Y Oh, ET Won, 100 Mb/s NRZ visible light communications using a postequalized white LED. *IEEE Photonic Tech. L.* 21(15), 1063–1065 (2009)
- [7] G Pang, C-H Chan, K-L Ho, T Kwan, E Yang, Visible light communication for audio systems. *IEEE T. Consum. Electr.* 45(4), 1112–1118 (1999).
- [8] J Rufo, J Rabadan, F Delgado, C Quintana, R Perez-Jimenez, Experimental evaluation of video transmission through LED illumination devices. *IEEE Trans. Consum. Electr.* 56(3), 1411–1416 (2010)
- [9] M. Nakagawa, "Visible Light Communication and ITS" Technical Report of IEICE, ITS2006-14, Jul 2006.
- [10] D. K. Son, E. B. Cho and C. G. Lee, "Demonstration of Visible Light Communication Link for Audio and Video Transmission," *Photonics Global Conference (PGC)*, pp. 1-4, 2010.

- [11] Saleh & Teich, Fundamentals of Photonics second Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1991.
- [12] S. Iwasaki, C. Premachandra, T. Endo, T. Fujii, M. Tanimoto, and Y. Kimura. "Visible light road-to-vehicle communication using high-speed camera", in Proc. IEEE IVS'08, June 2008, Eindhoven, Netherlands, pp. 13-18.
- [13] T. Komine and M. Nakagawa, "Integrated System of White LED Visible-Light Communication and Power-Line Communication", Proceedings of IEEE Transactions on Consumer Electronics, Feb. 2003, Vol. 49, pp. 71-79.
- [14] N. Kumar, L. A. Nero and R. L. Aguiar, "Visible Light Communication for Advanced Driver Assistant Systems", The work is part of FCT project VIDAS – PDTC/EEA-TEL/75217, 2006.



## ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

### ประวัติผู้วิจัย

#### หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)

นางสาว ธนภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)

Miss Tanaporn Leelawattananon

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง

ที่อยู่

เลขที่ 3 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กทม. 10520

โทรศัพท์

02-329-8000 ต่อ 6212

โทรศัพท์มือถือ

089-131-5442

E-mail:

[kltanapo@kmitl.ac.th](mailto:kltanapo@kmitl.ac.th)

ประวัติการศึกษา

ปีที่ยัง การศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อ ปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อ สถาบันการศึกษา
2540	ปริญญาตรี	วท.บ.	ฟิสิกส์	สจล.กรุงเทพฯ
2548	ปริญญาโท	วท.ม.	วิทยาการ สารสนเทศ	สจล.กรุงเทพฯ

ประสบการณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ/หรือที่ผ่านมา ทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการ  
การทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

- a. โครงการวิจัยเรื่อง “การหาผลเฉลยเชิงตัวเลขโดยใช้สมการ Gross-Pitaevskii equation สำหรับ Bose-Einstein condensation (BEC)”

ตำแหน่ง

หัวหน้าโครงการวิจัย

แหล่งทุนสนับสนุน

เงินรายได้ ประจำปี 2553

งบประมาณ 50,000 บาท

- b. โครงการวิจัยเรื่อง “การวัดความเรียบของพื้นผิวโดยใช้เทคนิคอินเตอร์เฟอโรเมตรีแบบเลื่อนเฟส”

ตำแหน่ง

หัวหน้าโครงการวิจัย

แหล่งทุนสนับสนุน

เงินรายได้ ประจำปี 2556

งบประมาณ 50,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- c. โครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาต้นแบบของระบบส่งข้อมูลทางแสงแบบไร้สายสำหรับการใช้งานภายในอาคาร ”

ตำแหน่ง	หัวหน้าโครงการวิจัย
แหล่งทุนสนับสนุน	เงินรายได้ ประจำปี 2557
	งบประมาณ 50,000 บาท

- d. โครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาต้นแบบของระบบรับส่งข้อมูลทางแสงแบบสองทิศทางระยะใกล้”

ตำแหน่ง	หัวหน้าโครงการวิจัย
แหล่งทุนสนับสนุน	เงินรายได้ ประจำปี 2558
	งบประมาณ 50,000 บาท

#### ผลงานตีพิมพ์

1. Thanaporn Leelawattananon and Suphamit Chittayasothorn , **A Student-oriented Physics E-tutorial System**, Proceedings of the 9<sup>th</sup> WSEAS International on COMPUTERS 2005, July 11-16, 2005, Vouliagmeni, Athens, Greece.
2. Thanaporn Leelawattananon and Worakarn Neeyakorn, **Experimental Study of Visible Light Data Transferring System Based on High Power white LEDs**, Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS 2014), 2014, pp. 451-458, Dec.29-31, 2014, Hong Kong.
3. Tanaporn Leelawattananon, Warawoot Thowladda and Suphamit Chittayasothorn, **Surface roughness measurement application using multi-frame techniques**, International Conference on Computer Application Technologies (CCATS2015), 2015, pp.86-91, Aug 31- Sept 2, Matsue, Japan.
4. Tanaporn Leelawattananon and Suphamit Chittayasothorn, **A Prototype Full duplex Data Transfer System based on Red Laser Pointer Module**, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Special issue : Advances in Digital Technologies (For The 7th International Conference on the Applications of Digital Information and Web Technologies (ICADIWT 2016) , Volume 282, pp. 137-147, Taiwan.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้