รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาต้นแบบของระบบส่งข้อมูลทางแสงแบบสองทิศทางระยะใกล้

A prototype development of a short distance-full duplex communication system

อ.ธนภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2558 คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาต้นแบบของระบบส่งข้อมูลทางแสงแบบสองทิศทางระยะใกล้

A prototype development of a short distance-full duplex communication system

อ.ธนภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์

EResearch
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 142083
วัน.เดือน.ปี 21 เม.ย. 2559

b 00265127
i.....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2558 คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การพัฒนาต้นแบบของระบบส่งข้อมูลทางแสงแบบสองทิศทางระยะใกล้
แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้

ประจำปีงบประมาณ 2558

จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 50,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2557 ถึง 30 กันยายน 2558
ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ นางสาว ธนภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

แอลอีดีสีขาวมีจุดเด่นเช่นความสว่างสูง,ความน่าเชื่อถือ,ใช้พลังงานน้อยและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมักจะนำแอลอีดีมาใช้ประโยชน์ในงานทางด้านการสื่อสารข้อมูลด้วยแสงในย่านที่ตามองเห็นได้ แต่ในงานวิจัยนี้ได้มีทำการพัฒนาต้นแบบของระบบส่งข้อมูลทางแสงแบบสองทิศทางโดยใช้เลเซอร์พอยเตอร์สีแดงเป็นตัวส่งข้อมูล และใช้ USB เป็นพอร์ตสำหรับการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่องในระยะใกล้ โดยโปรแกรมรับ-ส่งข้อมูลที่เขียนขึ้นเองด้วยภาษา C# ซึ่งทำให้สะดวกต่อการกำหนดคอมพอร์ตและอัตราบิตการรับ-ส่งข้อมูลที่เหมาะสมได้ขณะใช้งาน ในงานวิจัยนี้เราได้แสดงข้อมูลอัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลแบบไม่มีความผิดพลาด ที่ระยะห่างหลายๆค่า เมื่อใช้อินฟราเรดโฟโต้ไดโอดเป็นตัวรับแสง

คำสำคัญ : ระบบส่งข้อมูลทางแสงแบบไร้สาย, การเชื่อมต่อแบบยูเอสบี, การรับ-ส่งข้อมูลทางแสงแบบสองทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: **A prototype development of a short distance-full duplex communication system**

Researcher: **Miss Tanaporn Leelawattananon**

Faculty: **The Faculty of Sciences**

Department: **Department of Physics**

Abstract

White LED (Light Emitting Diode) offers advantageous properties such as high brightness, reliability, lower power consumption and long lifetime. Normally visible light communication is done using LED's, but this work we develops a prototype to demonstrate a full-duplex wireless visible light communication system based on red laser pointer module and using Universal Serial Bus (USB) port for data transmission between two computers. Self-written visual c# software was used to allow setting the transmission data rate and COM port communication. This work shows a data transmission rate without errors in the received data for several distances by using infrared photodiode.

Keywords : Visible Light Communications, USB Interface, Full-duplex communication

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยการเล่มนี้เป็นการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาต้นแบบของระบบส่งข้อมูลทางแสงแบบสองทิศทางระยะใกล้ เกิดขึ้นและดำเนินการจนสำเร็จลงได้ด้วยความเพียรพยายามและความตั้งใจของผู้วิจัย

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้เป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยเสมอมา คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดา มารดา ตลอดจนทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือที่ดีเสมอมา

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จด้วยดีเนื่องจากผู้วิจัยได้รับความสนับสนุนทางด้านทุนจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แหล่งทุนการจัดสรรทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 จึงขอขอบคุณ ณ ที่นี้

อ.ธนภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์
ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1. หลักการของแสง (Principle of Light)	4
2.2 หลักการของแสงเพื่อการสื่อสาร (Principle of Light for Communication	5
2.3 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบการสื่อสารเชิงแสง	6
2.3.1. แหล่งกำเนิดข้อมูล (Source)	6
2.3.2 ภาคส่งสัญญาณเชิงแสง (Optical Transmitter)	7
2.3.3 ช่องสัญญาณเชิงแสง (Optical Channel)	7
2.4 อุปกรณ์แสง (Optical Device)	7
2.4.1 อุปกรณ์ให้ กำเนิดแสง (ตัวส่ง)	8
2.4.2 อุปกรณ์ตัวรับ แสง	10
2.5 Universal Serial Bus (USB)	11
2.6 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature review)	12
2.6.1 การสื่อสารด้วยกล้องความเร็วสูงบนถนน	12
2.6.2 การบูรณาการระบบการสื่อสารด้วย LED และการสื่อสารผ่านสายไฟ	13
2.6.3 ระบบควบคุมขั้นสูงสำหรับการสื่อสารด้วยแสง	13
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	14
3.1. ขั้นตอนการสร้างวงจรภาครับสัญญาณและวงจรภาคส่งสัญญาณ	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2 ขั้นตอนดำเนินการทดลองและประเมินความสามารถทางด้านอัตราบิตในการรับ-ส่ง(bit rates) แบบไม่มีความผิดพลาด (errors) ของโมเดลต้นแบบ(VLC) ข้อมูล	15
3.3 ขั้นตอนทดลองและประเมินความสามารถทางด้านความถูกต้องของข้อมูลที่รับได้เมื่อมีสิ่งกีดขวางเคลื่อนที่ตัดผ่านลำแสงที่เดินทางระหว่างวงจรส่งสัญญาณและวงจรรับ	16
3.4 ขั้นตอนแสดงผลภาพ 3 มิติ ของความเข้มแสงของเลเซอร์ ที่สร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Matlab ที่ระยะห่างต่างๆระหว่างตัวรับและตัวส่งสัญญาณ	17
บทที่ 4 ผลการวิจัย	18
4.1 ผลการทดลองและประเมินความสามารถทางด้านอัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูล (bit rates) แบบไม่มีความผิดพลาด (errors) ที่ระยะห่างต่างๆ ระหว่างวงจรส่งสัญญาณและวงจรรับสัญญาณ โดยใช้โปรแกรม Terminal v1.9 ส่งข้อมูลประเภท text file	18
4.2 ทดลองและประเมินความสามารถทางด้านอัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูล (bit rates) แบบไม่มีความผิดพลาด (errors) ที่ระยะห่างต่างๆ ระหว่างวงจรส่งสัญญาณและวงจรรับสัญญาณ โดยใช้โปรแกรมรับส่งข้อมูลที่เขียนขึ้นเองด้วย Visual c# ส่งข้อมูลประเภท text file	22
4.3 ทดลองและประเมินความสามารถทางด้านความถูกต้องของข้อมูลที่รับได้เมื่อมีสิ่งกีดขวางเคลื่อนที่ตัดผ่านลำแสงที่เดินทางระหว่างวงจรส่งสัญญาณและวงจรรับสัญญาณ	28
4.4 แสดงผลภาพ 3 มิติ ของความเข้มแสงของเลเซอร์ ที่สร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Matlab ที่ระยะห่างต่างๆระหว่างตัวรับและตัวส่งสัญญาณ	32
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	35
เอกสารอ้างอิง	37
ประวัตินักวิจัย	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1.	องค์ประกอบพื้นฐานของการสื่อสารเชิงแสง	6
รูปที่ 2.2.	แสดงลักษณะของแอลอีดี	8
รูปที่ 2.3.	อิเล็กตรอนอิสระจาก N เคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไปลงหลุมที่ P ทำให้เกิดโซนดีพลีชั่นซึ่งเป็นฉนวนกั้นการไหลของอิเล็กตรอน	9
รูปที่2.4.	เมื่อต่อขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟเข้ากับ N และขั้วบวกเข้ากับ P ทำให้อิเล็กตรอนอิสระสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ	9
รูปที่ 2.5.	เมื่อต่อขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟเข้ากับ N และขั้วลบเข้ากับ P โซนดีพลีชั่น มีขนาดกว้างขึ้นอิเล็กตรอนและโฮลไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ	10
รูปที่2.6.	แสดงลักษณะของ Si photodiode	10
รูปที่ 2.7.	แสดงลักษณะการไบอัสไบอัสกลับ (Reverse Bias) ของโฟโต้ไดโอด	11
รูปที่2.8.	แสดงลักษณะของ Universal Serial Bus (USB)	11
รูปที่ 2.9.	แสดงการใช้แสงในการรับส่งข้อมูลบนถนน	12
รูปที่ 2.10	คลื่นสัญญาณในสายไฟ	13
รูปที่ 2.11.	แผนภาพแสดงการรับและส่งข้อมูล	13
รูปที่3.1.	แผนภาพแสดงต้นแบบของระบบส่งข้อมูลทางแสงแบบสองทิศทางระยะใกล้	14
รูปที่ 3.2.	แสดงลักษณะของ IR Photodiode	15
รูปที่3.3.	หน้าต่างการส่งไฟล์ข้อมูลจากวงจรภาคส่งสัญญาณโดยผ่านโปรแกรม Terminal v1.9	15
รูปที่3.4	โปรแกรมรับส่งข้อมูลแบบ full duplex communication ที่เขียนขึ้นเองด้วย Visual c#	16
รูปที่ 4.1a)	หน้าต่างสำหรับส่งข้อมูลที่ COM port 6 อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.128 Mbit/s	19
รูปที่ 4.1b)	หน้าต่างสำหรับรับข้อมูลที่ COM port 3 อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.128 Mbit/s	19
รูปที่ 4.2a)	หน้าต่างสำหรับส่งข้อมูลที่ COM port 6 อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.256 Mbit/s	20
รูปที่ 4.2b)	หน้าต่างสำหรับรับข้อมูลที่ COM port 3 อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.256 Mbit/s	20
รูปที่ 4.3a)	หน้าต่างสำหรับส่งข้อมูลที่ COM port 6 อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.300 Mbit/s	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.3b) หน้าต่างสำหรับรับข้อมูลที่ COM port 3 อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.300 Mbit/s	21
รูปที่ 4.4 แสดงโปรแกรมสำหรับรับ-ส่งข้อมูลที่เขียนขึ้นเองด้วย Visual c#	23
รูปที่ 4.5a) หน้าต่างแสดงผลการรับข้อมูลที่ COM 4 อัตราบิตสูงสุดในการรับ-ส่งข้อมูล เท่ากับ 0.4 Mbit/s	23
รูปที่ 4.5b) หน้าต่างแสดงผลการรับข้อมูลที่ COM 6 อัตราบิตสูงสุดในการรับ-ส่งข้อมูล เท่ากับ 0.4 Mbit/s	24
รูปที่ 4.6 a) หน้าต่างแสดงผลการส่งข้อมูลที่ COM4 อัตราบิตสูงสุดในการรับ-ส่งข้อมูล เท่ากับ 0.3 Mbit/s	24
รูปที่ 4.6 b) หน้าต่างแสดงผลการส่งข้อมูลที่ COM6 อัตราบิตสูงสุดในการรับ-ส่งข้อมูล เท่ากับ 0.3 Mbit/s	25
รูปที่ 4.7 a) หน้าต่างแสดงผลการส่งข้อมูลที่ COM5 อัตราบิตสูงสุดในการรับ-ส่งข้อมูล เท่ากับ 0.2 Mbit/s	25
รูปที่ 4.7 b) หน้าต่างแสดงผลการส่งข้อมูลที่ COM 4 อัตราบิตสูงสุดในการรับ-ส่งข้อมูล เท่ากับ 0.2 Mbit/s	26
รูปที่ 4.8 a) หน้าต่างแสดงผลการรับและส่งข้อมูลแบบ 2 ทิศทาง โดยใช้ COM5 ที่คอมพิวเตอร์เครื่องที่ 1	27
รูปที่ 4.8 b) หน้าต่างแสดงผลการรับและส่งข้อมูลแบบ 2 ทิศทาง โดยใช้ COM6 ที่คอมพิวเตอร์เครื่องที่ 2	27
รูปที่ 4.9 a) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 12	28
รูปที่ 4.9 b) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 20	28
รูปที่ 4.10 a) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 3	29
รูปที่ 4.10 b) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 5	29
รูปที่ 4.10 c) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 6	29
รูปที่ 4.11 a) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 4	30
รูปที่ 4.11 b) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 6	30
รูปที่ 4.11 c) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 9	30
รูปที่ 4.12 a) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 1	31
รูปที่ 4.12 b) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 2	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.12 c)	แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 3	32
รูปที่ 4.12 d)	แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 4	32
รูปที่ 4.13	ถ่ายภาพของแสงเลเซอร์ที่ระยะห่าง 20 cm.	33
รูปที่ 4.14	ภาพ 3 มิติของความเข้มแสงเลเซอร์ ที่ระยะ 20 cm.	33
รูปที่ 4.15	ถ่ายภาพของแสงเลเซอร์ที่ระยะห่าง 180 cm.	34
รูปที่ 4.16	ภาพ 3 มิติของความเข้มแสงเลเซอร์ ที่ระยะ 180 cm.	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ในช่วงหลายปีมานี้ ความต้องการใช้งานทางด้านเทคโนโลยีไร้สายเกิดขึ้นในทุกหนทุกแห่ง โดยปกติความถี่วิทยุ (Radio frequency, RF) จะถูกนำมาใช้ในการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย แต่ยังคงมีข้อจำกัดทางด้านแบนวิดธ์ของช่องสัญญาณ แต่ในกรณีที่ระยะห่างระหว่างตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณนั้นอยู่ใกล้กันมากๆ จะมีการใช้แสงขาวในย่านที่ตามองเห็นได้ (visible light communication, VLC) มาใช้ในการสื่อสารข้อมูลแทนเทคโนโลยี RF เนื่องจากให้อัตราการส่งข้อมูล (data rates) ที่สูงกว่า นอกจากนี้เทคโนโลยี VLC ยังมีความปลอดภัยในการส่งข้อมูลมากกว่า อีกด้วย และเนื่องจากเทคโนโลยี VLC ใช้แสงขาวในย่านที่ตามองเห็นได้ (visible light) ในการสื่อสารข้อมูล ซึ่งไม่รบกวนการทำงานของอุปกรณ์บางตัว เช่น อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในโรงพยาบาล อุปกรณ์หรือระบบที่ใช้ในเครื่องบิน และยังมีแบนวิดธ์ของช่องสัญญาณสูงกว่าเทคโนโลยี RF อีกด้วย ด้วยข้อดีเหล่านี้เทคโนโลยี VLC จึงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้งานทางด้านการสื่อสารข้อมูลในบางสถานการณ์ มากกว่าการใช้เทคโนโลยี RF ที่ส่งผลรบกวนโดยตรงต่ออุปกรณ์การทำงานบางตัว

ในขณะนี้ด้วยเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้เกิดการผลิต LED ที่มีคุณภาพสูงขึ้น และสามารถนำมาใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับส่งข้อมูลที่ความเร็วสูงๆได้ ในย่านความถี่ของแสงขาวที่ตามองเห็นได้ (visible light)

ในปัจจุบันมีสถาบันวิจัย และมหาวิทยาลัยจำนวนมาก เช่น Visible Light Communications Consortium (VLCC) , Wireless World Research Forum (WWRF) เป็นต้น ที่ให้ความสนใจงานวิจัยด้านนี้เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการเน้นความสนใจไปที่เรื่องการส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูง (High speed transmission) [1,2] และการผสมสัญญาณ (Modulation method), การถอดสัญญาณ (demodulation method) [3,4]

USB จัดว่าเป็นอินเตอร์เฟสชนิดหนึ่งที่มีความสามารถในการรับและส่งข้อมูลความเร็วสูงๆได้ และสามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ ดังนั้น USB port จึงมักถูกนำมาใช้งานร่วมกับ ระบบส่งข้อมูลทางแสงความเร็วสูง [5] สำหรับใช้งานภายในอาคารที่ระยะทางใกล้ ๆ โดยมี LED เป็นตัวส่งข้อมูลทางแสง ในขณะที่ LED นี้ก็ยังถูกใช้เป็นโคมไฟสำหรับให้ความสว่างภายในห้องได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จึงทำการพัฒนาต้นแบบของ ระบบรับและส่งข้อมูลทางแสงความเร็วสูงแบบ 2 ทาง (Full duplex access system) โดยใช้ LED ร่วมกับ USB port รับและส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่องที่ระยะใกล้ ๆ โดยสามารถรับและส่งข้อมูลได้ทั้งประเภท ข้อมูลตัวอักษร และข้อมูลเสียง

1.2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 พัฒนาต้นแบบของ ระบบรับและส่งข้อมูลทางแสงความเร็วสูง แบบ 2 ทาง (Full duplex access system) สำหรับรับและส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่องที่ระยะใกล้

1.2.2. ศึกษาการทำงานของโมเดลต้นแบบและประเมินความสามารถในการใช้งานของต้นแบบนี้

1.3. ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาพื้นฐานการทำงานของวงจรภาคส่งสัญญาณ และภาครับสัญญาณของเทคโนโลยี VLC

1.3.2 ออกแบบโมเดลต้นแบบ VLC ชนิดรับและส่งข้อมูลได้ 2 ทิศทาง (Full duplex access system)

1.3.3 ทดลองและประเมินความสามารถในการรับ-ส่งสัญญาณของโมเดลต้นแบบ

1.4. วิธีดำเนินงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาพื้นฐานการทำงานของเทคโนโลยี VLC ชนิด full duplex communication system

1.4.2 ออกแบบและสร้างโมเดลต้นแบบใหม่ของ VLC โดยใช้พอร์ต USB ซึ่งสามารถรับ-ส่งข้อมูลด้วยอัตราบิตสูงๆ เป็นพอร์ตในการรับ-ส่งข้อมูลทั้งในส่วนของภาคส่งและภาครับสัญญาณแสง

1.4.3 ทดสอบสัญญาณแสงที่ส่งได้จากโมเดลต้นแบบในส่วนของภาคส่งสัญญาณแสง

1.4.4 ทดสอบสัญญาณแสงที่รับได้จากโมเดลต้นแบบในส่วนของภาครับสัญญาณแสง

1.4.6 ทดลองส่งและรับข้อมูลตัวอักษร ผ่าน USB port ระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่องที่วางห่างกันในระยะใกล้ โดยใช้โปรแกรม Terminal v1.9 โดยใช้ white LEDs เป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้ Si Photodiode เป็นตัวรับข้อมูลแสง

1.4.7 ทดลองส่งและรับข้อมูลตัวอักษร ผ่าน USB port ระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่องที่วางห่างกันในระยะใกล้ โดยใช้โปรแกรมรับส่งข้อมูลที่เขียนขึ้นเองด้วย Visual c# เป็นซอฟแวร์สำหรับรับ-ส่งข้อมูล โดยใช้ laser pointer สีแดง กำลัง 0.5 mW เป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้ infrared photodiode เป็นตัวรับข้อมูลแสง

1.4.8 สรุปผลการวิจัยเกี่ยวกับ performance ของโมเดลต้นแบบ full duplex communication system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1. สามารถนำโมเดลต้นแบบนี้ ไปใช้ในการส่งข้อมูลแบบไร้สายภายในอาคารแบบ full duplex communication system ได้

1.5.2. สามารถนำโมเดลต้นแบบนี้ไปใช้ในวิชาปฏิบัติการทางแสงได้ เพื่อให้นักศึกษาเรียนรู้และทำความเข้าใจเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลในรูปแบบใหม่

1.5.3. สามารถนำโมเดลต้นแบบ VLC นี้ เป็นต้นแบบในการพัฒนาภาคส่งและภาครับสัญญาณของเทคโนโลยี VLC ต่อไปได้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้หรือที่เรียกว่า VLC (visible light communications) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีสีเขียวที่ดูเหมือนว่าจะเป็นที่น่าสนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบัน การสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ เช่น แอลอีดี (LEDs) นอกจากประโยชน์ที่ได้จากความสว่างของแสงในพื้นที่ใช้งานแล้ว ยังได้ประโยชน์ในการส่งข้อมูลด้วย ดังนั้น VLC จึงได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เช่น การสื่อสารใต้น้ำ การส่งข้อมูลอินเตอร์เน็ตภายในอาคาร การระบุตำแหน่งภายในอาคาร ระบบป้ายจราจรอัจฉริยะ หรือแม้แต่การส่งเสียงเพลง หรือ วีดีโอ

โดยพื้นฐานการนำการส่องสว่างของแอลอีดี (LEDs) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับข้อมูลดังกล่าวนี้ ทำให้การสื่อสารระยะใกล้ตัว (Personal Area Network) มีความเร็วที่สูงขึ้น และมีความปลอดภัยเพราะอยู่ในบริเวณที่มองเห็นความสว่างของแสงนั้นได้ เหมาะสำหรับความต้องการการสื่อสารในพื้นที่ปลอดคลื่นสัญญาณวิทยุด้วย เช่น ในอากาศยาน โรงพยาบาล ห้องปฏิบัติการหรือหน่วยงานที่ต้องการหลีกเลี่ยงคลื่นวิทยุรบกวนและเพื่อประโยชน์อื่นๆ อีกมาก

โดยสรุป “การส่องสว่างข้อมูล” ที่กล่าวมานี้มีคำจำกัดความโดยสังเขปคือ “เมื่อเปิดไฟให้ความสว่างจากแอลอีดี จะได้การสื่อสารข้อมูลปลอดภัยพ่วงมาด้วย” จึงเรียกวิทยาการควบรวมนี้ว่า “การสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้” หรือ Visible Light Communications (VLC) อันเป็นเทคโนโลยีใหม่ด้านการสื่อสารไร้สายใช้แสงที่อยู่ในช่วงที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้เป็นตัวกลางนำสัญญาณ และเป็นระบบการสื่อสารที่มีศักยภาพสูงมาก

หลักการทำงานของการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ภาคส่งและภาครับสัญญาณ ซึ่งภาคส่งนั้นเป็นการผนวกเข้ากันระหว่างเทคโนโลยี Power Electronics กับ Communications ส่วนภาครับสัญญาณเป็นการใช้ความรู้ด้าน Physics เกี่ยวกับแสง และความรู้ด้าน Signal Processing

2.1. หลักการของแสง (Principle of Light)

ธรรมชาติของแสงนั้นสามารถแสดงพฤติกรรมเป็นได้ทั้งคลื่นและอนุภาคกรณีที่แสง แสดงพฤติกรรมเป็นคลื่น เรียกว่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic wave)ซึ่งจะประกอบด้วยสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

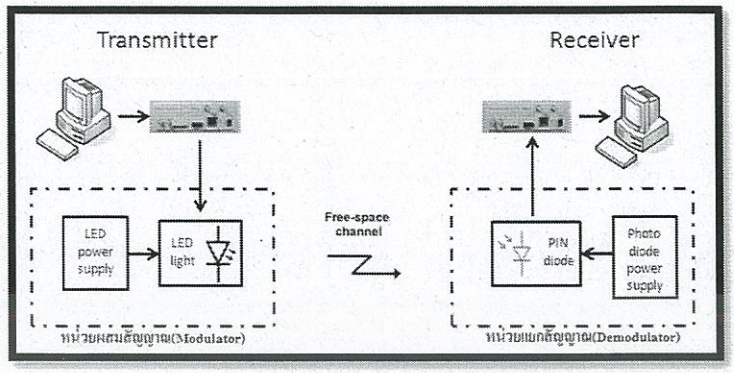
และสนามไฟฟ้าตั้งฉากกัน ตามปกติแสงจะเดินทางเป็นเส้นตรง แต่เมื่อมีสิ่งกีดขวางแสงจะมีการเปลี่ยนทิศทางไป เรียกว่า การสะท้อน และถ้าแสงเดินทางผ่านตัว กลางสองชนิดที่มีความหนาแน่นต่างกัน เรียกว่า หักเหของแสง ซึ่งเป็นหลักการที่ใช้ในการอธิบายว่าจะสามารถส่งสัญญาณแสง(Optical Signal) ออกไปยังช่องสัญญาณที่เป็นเส้นใยนำแสง (Fiber Optic)ได้ เมื่อคลื่นแสงเดินทางผ่านสิ่งกีดขวางที่มีรูเปิดเล็กๆ หรือช่องแคบที่ปล่อยให้คลื่นแสงผ่านไปได้ เรียกว่า การเลี้ยวเบน ส่วนการแทรกสอดนั้นเกิดจากการที่คลื่นแสงสองวนเคลื่อน ที่มาพบกันเกิดการเสริมกันและหักล้างกัน โดยแหล่งกำเนิดแสงต้องให้กำเนิดแสงความถี่เดียวกันและความยาวคลื่นเท่ากัน แสงเดินทางผ่านอากาศด้วยความเร็วสามร้อยล้านเมตรต่อวินาที และมีความถี่อยู่ในย่านที่ตามองเห็น(Visible) อาจรวมถึงอินฟราเรด (Infrared) และอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet)

2.2 หลักการของแสงเพื่อการสื่อสาร (Principle of Light for Communication)

การสื่อสารเชิงแสงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการสื่อสารโดยนำหลักการของแสงมาประยุกต์ใช้งาน ในการสื่อสารรูปแบบพื้นฐาน ภาคส่งจะรับข้อมูลทางไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดและจะใช้คลื่นพาห์ที่เป็นความถี่เชิงแสงโดยเลือกมาจากย่านที่ตามองเห็น รวมทั้งอินฟราเรดหรืออัลตราไวโอเลต จากนั้นนำมาผสมกับสัญญาณข้อมูลข่าวสารที่เป็นสัญญาณไฟฟ้า จนได้สัญญาณแสงออกมา แล้วนำสัญญาณแสงนั้นส่งออกไปทางช่องการสื่อสารเชิงแสง ซึ่งอาจเป็นอากาศ ชั้นบรรยากาศ หรือเส้นใยนำแสง เมื่อสัญญาณแสงส่งไปถึงยังภาครับ ภาครับจะทำการรวมแสงและส่งไปยังตัวตรวจจับแสงเพื่อทำการแยกสัญญาณออกจากคลื่นพาห์ แล้วเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อส่งให้อุปกรณ์ปลายทางต่อไป การสื่อสารเชิงแสงที่ใช้คลื่นพาห์ย่านแสงนั้น เป็นการใช้แบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณที่กว้างมากของแสงทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ในปริมาณที่มากขึ้นและรวดเร็วขึ้นด้วย นอกจากนั้นสัญญาณแสงที่ส่งออกไปยังทำการตรวจจับหรือถูกรบกวนจากคลื่นความถี่อื่นๆ ได้ยากกว่าช่วงคลื่นความถี่วิทยุ การสื่อสารเชิงแสงเหมาะสำหรับการสื่อสารความเร็วสูงเพื่อขนถ่ายข้อมูลปริมาณสูงระหว่างเครือข่ายหลักหรือการประยุกต์เฉพาะทางอื่นๆ

การสื่อสารผ่านช่องสัญญาณเชิงแสง มีหลักการเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของการสื่อสารเชิงแสงดังรูปที่2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1. องค์ประกอบพื้นฐานของการสื่อสารเชิงแสง

ขั้นตอนที่หนึ่งแหล่งกำเนิดข้อมูลหรืออุปกรณ์อื่นๆ เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ เครื่องป้อนข้อมูลโทรสาร เป็นต้น จะสร้างข้อมูลในรูปของสัญญาณไฟฟ้าแบบแอนะล็อก(Analog) หรือสัญญาณดิจิทัล (Digital) ขั้นตอนที่สองภาคผสมสัญญาณจะทำการเพิ่มผสมสัญญารูปแบบเฉพาะเพื่อให้ทำให้เกิดความเหมาะสม จากนั้นส่งสัญญาณไปผ่านแหล่งกำเนิดแสงเพื่อทำการแปลงสัญญาณข้อมูลไฟฟ้าเข้ากับคลื่นพาห์มาจากความถี่ของแสง หลังจากทำการแปลงสัญญาณ สัญญาณไฟฟ้าจะเปลี่ยนเป็นสัญญาณแสง (Optical Signal) ที่มีลักษณะเป็นลำแสง ขั้นตอนที่สามจะส่งสัญญาณออกไปยังช่องสัญญาณเชิงแสงซึ่งอาจเป็นอากาศ (Free pace) บรรยากาศ สัญญาณแสงนั้นจะถูกส่งไปยังภาครับสัญญาณเชิงแสง โดยในขั้นแรกสัญญาณแสงจะถูกรวมแสงจาก เลนส์ด้านหน้า จากนั้นถูกส่งไปยังตัวตรวจจับแสงที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้า (O/E) โดยการแยกสัญญาณข้อมูลออกจากคลื่นพาห์ จากนั้นส่งสัญญาณไฟฟ้า ที่ได้ไปยังอุปกรณ์ปลายทาง เพื่อทำการเปลี่ยนกลับคืนให้เป็นสัญญาณ เพื่อให้ได้ข้อมูลแบบเดียวกับที่แหล่งกำเนิดข้อมูลส่งออกมา

2.3 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบการสื่อสารเชิงแสง

(Basic Elements of Optical Communication System)

2.3.1. แหล่งกำเนิดข้อมูล (Source)

แหล่งกำเนิดข้อมูลคืออุปกรณ์หรือแหล่งสร้างสัญญาณต่างๆ ซึ่งอาจเป็นสัญญาณภาพ ข้อมูล หรือเสียง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2. ภาคส่งสัญญาณเชิงแสง (Optical Transmitter)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งข้อมูลที่ซึ่งเป็นอุปกรณ์ต้นทาง เช่น โมเด็มเชิงแสง คอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณแสงและส่งออกไปยังปลายทางผ่านช่องสัญญาณเชิงแสง ในส่วนของภาคส่งจะมีกระบวนการการผสมสัญญาณเชิงแสง (Optical Modulation) โดยสัญญาณต่างๆที่ได้รับมาจากแหล่งกำเนิดข้อมูล จะนำมาถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าและนำสัญญาณไฟฟ้านั้นไปผสมกับคลื่นพาห์ที่มีความถี่เชิงแสง เพื่อให้ได้ สัญญาณแสงออกมา

ในการผสมสัญญาณเชิงแสงจะต้องมีแหล่งกำเนิดแสง ที่ทำหน้าที่ให้กำเนิดแสงที่จะนำ มาผสมสัญญาณ เช่น ไดโอดเปล่งแสง (Light-Emitting Diodes: LED) อุปกรณ์เหล่านี้เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีความเป็นระเบียบ มีทิศทางที่แน่นอน และมีความเข้มสูง การผสมสัญญาณมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น การผสมสัญญาณเชิงความถี่ (Frequency Modulation: FM) การผสมสัญญาณเชิงเฟส (Phase Modulation: PM) หรือการผสมสัญญาณเชิงขนาด(Amplitude Modulation: AM) ซึ่งรูปแบบของการสื่อสารโดยใช้แสงที่มีใช้งานจริงจะถูกกำหนดโดยรูปแบบของการผสมสัญญาณ(Optical Modulation) และการตรวจจับเชิงแสง (Optical Detection) ซึ่งแบ่งเป็นสองประเภทหลัก คือ การผสมเชิงขนาดและตรวจจับแบบตรง(Intensity modulation/ Direct Detection: IM/DD)และการผสมสัญญาณแบบโคฮีเรนท์ (Coherent)

2.3.3. ช่องสัญญาณเชิงแสง (Optical Channel)

โดยพื้นฐานช่องสัญญาณเชิงแสงแบ่งเป็นสองประเภทคือ ช่องสัญญาณแบบผ่านอากาศโดยตรงและช่องสัญญาณที่ผ่านเส้นใยนำแสง ในระบบการสื่อสารผ่านทางอากาศ (Space Systemสัญญาณแสงจะถูกรวมและส่งออกไปในรูปแบบของลำแสง ซึ่งข้อมูลจะถูกส่งออกไปในแนวเส้นตรงตามหลักการของแสงที่เดินทางเป็นเส้นตรง โดยจะมีจุดหมายปลายทางเพียงจุดเดียว

2.4 อุปกรณ์แสง (Optical Device)

เป็นอุปกรณ์ให้กำเนิดแสง (ตัวส่ง) และตัวรับแสง ที่เป็นส่วนประกอบของการสื่อสาร ทางแสง โดยการส่งด้านนี้จะมีอุปกรณ์ส่งแสงที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าของสัญญาณให้ เป็นพลังงานแสง แล้วส่งผ่านอากาศออกไปให้ยังด้านรับ ซึ่งด้านรับนี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงให้กลับมาเป็นพลังงานไฟฟ้าอุปกรณ์ให้กำเนิดแสง (Transmitter Devices) อุปกรณ์ให้กำเนิดแสงเป็นอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กทรอนิกส์ที่ให้แสงออกมาโดยเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง ซึ่งอุปกรณ์ให้กำเนิดแสงที่นิยมใช้ในการสื่อสารด้วยแสง คือ LED

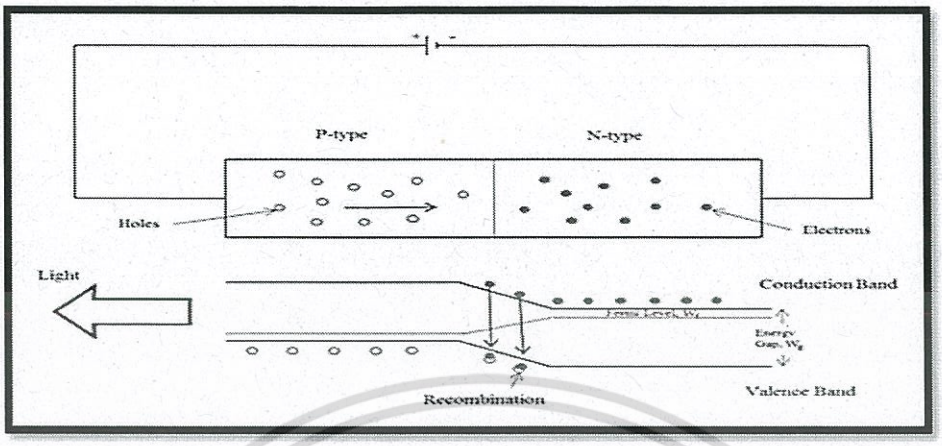
2.4.1 อุปกรณ์ให้กำเนิดแสง (ตัวส่ง)

แอลอีดี(LED) หรือไดโอดเปล่งแสง(Light Emitting Diode) ดังรูปที่2.2 LED มีหลายสีแต่สีที่เป็นที่ต้องการสำหรับการส่องส่องสว่างมากที่สุดก็คือสีขาว แสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 480nm-750nm โดยสารเรืองแสง InGaN blue ที่เคลือบใน LED และจะถูกรวมกับสีฟ้าใน LED ซึ่งเกิดจากภายในของหลอดไฟ LED เมื่อได้รับเมื่อแรงดันจากภายนอก และเมื่อแสงสีฟ้ารวมกับสารเรืองแสงก็จะปล่อยแสงขาวออกมา

รูปที่ 2.2. แสดงลักษณะของแอลอีดี

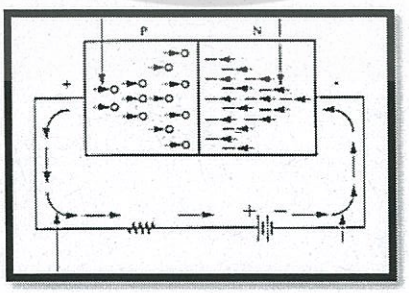
แอลอีดี (LED) เป็นวัสดุสารกึ่งตัวนำที่สามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการนำไฟฟ้าได้ ปกติวัสดุสารกึ่งตัวนำเป็นตัวนำไฟฟ้าที่เหลว เมื่อใส่สารเจือปนเข้าไปทำให้สามารถควบคุมการนำไฟฟ้าเรียกวิธีนี้ว่าการโดปปิ้ง(doping) โดยส่วนใหญ่หลอด LED ใช้สารอลูมิเนียมกัลเลียมอาร์เซไนล์ (alumnium-gallium-arsenide) ย่อเป็น AlGaAs เป็นสารกึ่งตัวนำถ้ายังไม่ได้ใส่สารเจือปนพันธะในอะตอม จะเกาะกันอย่างแข็งแรงไม่มีอิเล็กตรอนอิสระ(ประจุไฟฟ้าลบ) จึงไม่นำกระแสแต่เมื่อทำการโดปโดยการเติมสารเจือปน จะทำให้ความสมดุลของวัสดุเปลี่ยนไป เมื่อใส่สารเจือปนแล้วทำให้อิเล็กตรอนอิสระในสารกึ่งตัวนำเพิ่มขึ้น เรียกว่า สารประกอบชนิด N ส่วนสารกึ่งตัวนำที่ใส่สารเจือปนแล้วมีประจุไฟฟ้าบวกหรือโฮลเพิ่มขึ้น เรียกว่าสารประกอบชนิด P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



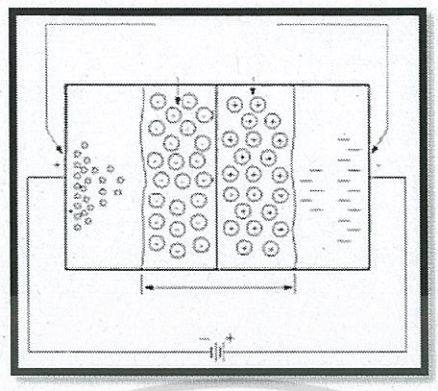
รูปที่ 2.3. อิเล็กตรอนอิสระจาก N เคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไปลงหลุมที่ P ทำให้เกิดโซนดีพลีชั่นซึ่งเป็นฉนวนกั้นการไหลของอิเล็กตรอน

ไดโอดเกิดจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิด N ติดเข้ากับสารกึ่งตัวนำชนิด P เชื่อมสายไฟเข้ากับขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อยังไม่มีการให้แรงดันไฟฟ้า อิเล็กตรอนอิสระจาก N จะเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไปที่ P เกิดโซนดีพลีชั่น (depletion) ขึ้นเมื่อโซนนี้มีขนาดใหญ่ขึ้น จะทำให้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระยากขึ้นและอาจทำให้อิเล็กตรอนหยุดการเคลื่อนที่ได้ เพื่อจะทำให้อิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนที่ผ่านโซนนี้ได้สะดวกขึ้น จึงจำเป็นต้องทำให้โซนนี้แคบลงโดยการต่อขั้ว N ของไดโอดเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่ และขั้วบวกเข้ากับขั้ว P ทำให้อิเล็กตรอนอิสระใน N ถูกดัน ด้วยแรงดันทางไฟฟ้าและประจุบวกขั้ว P จะถูกดันด้วยแรงทางไฟฟ้าเช่นเดียวกันถ้าแรงดันทางไฟฟ้ามากพอโซนนี้จะแคบจนหายไปและอิเล็กตรอนอิสระสามารถเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อได้สะดวกขึ้นในทางกลับกันถ้าต่อขั้วลบเข้ากับ P และขั้วบวกเข้ากับ N จะทำให้การไหลของอิเล็กตรอนจะเป็นไปได้ยากขึ้น เนื่องจากการเคลื่อนที่เป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามโซนดีพลีชั่นจะหนาเพิ่มขึ้น



รูปที่2.4. เมื่อต่อขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟเข้ากับ N และขั้วบวกเข้ากับ P ทำให้อิเล็กตรอนอิสระสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5. เมื่อต่อขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟเข้ากับ N และขั้วลบเข้ากับ P โซนดีพลีชั่น มีขนาดกว้างขึ้น อิเล็กตรอนและโฮลไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ

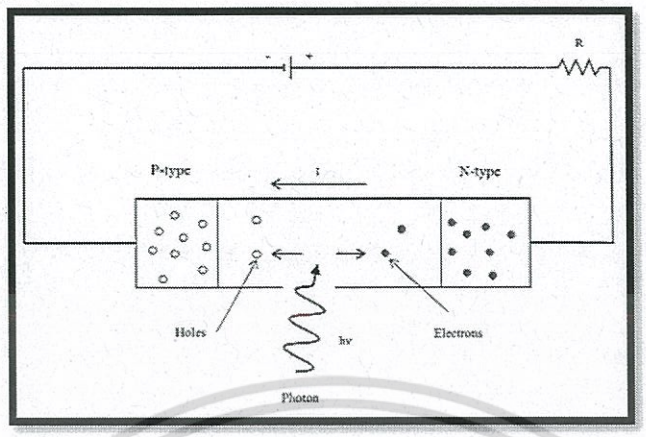
2.4.2 อุปกรณ์ตัวรับแสง

โฟโต้ไดโอด (Photo Diode) ดังรูปที่ 2.6 โฟโต้ไดโอดเป็นอุปกรณ์เชิงแสงชนิดหนึ่ง ที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และสารกึ่งตัวนำชนิด N โดยที่รอยต่อจะถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุที่แสงผ่านได้ เช่น กระจกใส เป็นต้น โฟโต้ไดโอดจะมีอยู่ 2 แบบ คือแบบที่ตอบสนองต่อแสงที่เรามองเห็น (Si photodiode) และแบบที่ตอบสนองต่อแสงในย่านอินฟาเรด (IR photodiode)

รูปที่2.6. แสดงลักษณะของ Si photodiode

โฟโต้ไดโอด (Photo Diode) จะยอมให้กระแสไหลผ่านได้ ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของแสง เมื่อโฟโต้ไดโอดได้รับไบอัสกลับ (Reverse Bias) ด้วยแรงดันค่าหนึ่ง และมีแสงมาตกกระทบที่บริเวณรอยต่อ ถ้าแสงที่มาตกกระทบมีความยาวคลื่นหรือมุมที่เหมาะสม จะทำให้มีกระแสไหลในวงจร โดยกระแสที่ไหลในวงจรจะแปรผกผันกับความเข้มของแสงที่มาตกกระทบ ดังรูปที่2.7

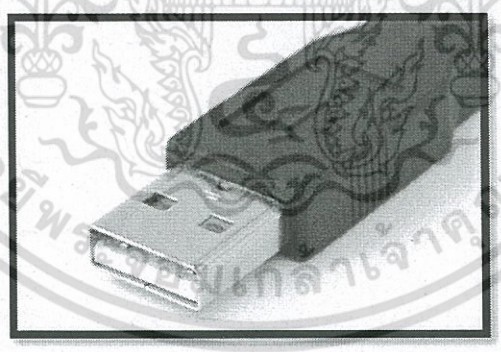
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7. แสดงลักษณะการไบอัสไบอัสกลับ (Reverse Bias) ของโฟโต้ไดโอด

2.5 Universal Serial Bus (USB)

USB จัดเป็นมาตรฐานใหม่ สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับโมเด็มและอุปกรณ์อื่นๆ โดยจะพบว่าคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันจะผนวกพอร์ตมาตรฐาน USB มาให้รวมถึงอุปกรณ์รอบข้างที่นำมาเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ส่วนใหญ่พอร์ต USB แทบทั้งสิ้น USB เป็นอุปกรณ์อินเตอร์เฟสที่ใช้ สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่สร้างความสะดวกและความยืดหยุ่นต่อผู้ใช้งานดังรูปที่ 2.8



รูปที่2.8. แสดงลักษณะของ Universal Serial Bus (USB)

สำหรับข้อเสียของ USB คือการรับส่งข้อมูลมีความเร็วต่ำโดย USB เวอร์ชั่น 1.1 จะมีความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลเพียง 12 Mbps แต่ปัจจุบัน USBเวอร์ชั่น 2.0 (Hi-Speed USB) ซึ่งเป็นเวอร์ชั่นใหม่ ได้มีการพัฒนาความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลสูงขึ้นโดยความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 480 Mbp และยังคงใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ที่เป็นอินเตอร์เฟซ USB รุ่นเก่า ความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลก็จะเท่ากับ 12 Mbps แต่ USB 2.0 ซึ่งมีความเร็วถึง 480 Mbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนภายในสายเคเบิล USB จะประกอบด้วยสายสัญญาณจำนวน 4 เส้น โดยชื่อที่กำกับไว้ในสัญญาณแต่ละเส้นจะมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

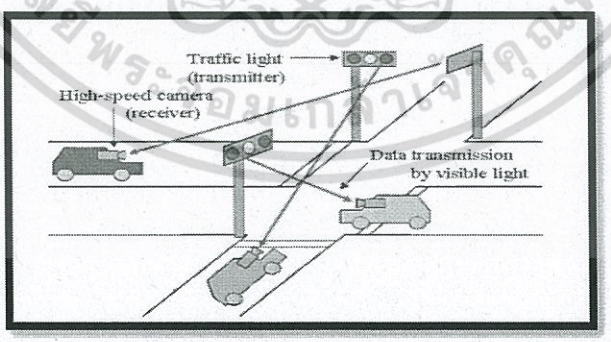
1. GND คือสายกราวด์
2. VBUS คือสายสัญญาณที่ส่งกำลังไฟฟ้าขนาด 5 โวลต์ไปยังอุปกรณ์
3. D+ คือสายส่งข้อมูลสัญญาณบวก (Positive) ที่มีการเข้ารหัสแบบ NRZ-L
4. D- คือสายส่งข้อมูลสัญญาณลบ (Negative) ที่มีการเข้ารหัสแบบ NRZ-L พร้อมกับกำหนดระยะวัดของสัญญาณลบเพื่อลดการแทรกแซงของสัญญาณรบกวนและข้อผิดพลาด

2.6 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature review)

งานวิจัยทางด้านการส่งข้อมูลทางแสง ที่มีอยู่ในปัจจุบัน เป็นการนำ LEDs มาประยุกต์ใช้ประโยชน์ในงานหลายด้าน ดังต่อไปนี้

2.6.1 การสื่อสารด้วยกล้องความเร็วสูงบนถนน

ไฟ LED ที่เป็นสัญญาณจราจรจะนำมาใช้ในการควบคุมยานพาหนะบนถนน จากรูปที่ 2.9 แสดงพื้นฐานของการใช้ LED จะเห็นได้ว่า LED ที่ใช้ในไฟจราจร เป็นตัวส่งสัญญาณ และกล้องซึ่งติดอยู่ที่รถยนต์จะเป็นตัวรับสัญญาณ ในรุ่นนี้จะติดตั้งกล้องที่ด้านหน้าของรถ โดยกล้องจะถูกนำมาใช้เป็นตัวรับสัญญาณข้อมูลจากสัญญาณไฟจราจร โดยจุดประสงค์ของการใช้งานในลักษณะนี้ เพื่อควบคุมระบบเบรกของรถยนต์ได้อย่างทันท่วงที หากผู้ขับขี่ไม่ได้เหยียบเบรก ขณะสัญญาณไฟจราจรเป็นสีแดง

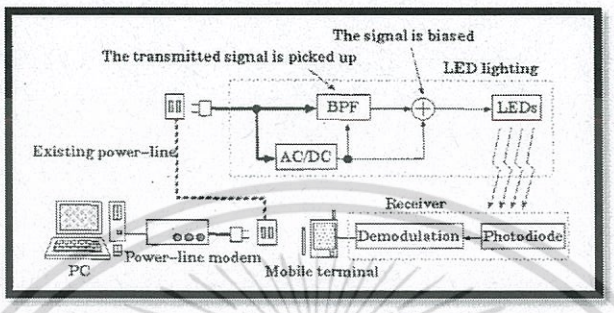


รูปที่ 2.9. แสดงการใช้แสงในการรับส่งข้อมูลบนถนน [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การบูรณาการระบบการสื่อสารด้วย LED และการสื่อสารผ่านสายไฟ

การสื่อสารโดยใช้สายไฟภายในอาคาร แสดงสายไฟสำหรับการสื่อสารด้วย LED สีขาวและเครือข่ายพื้นฐานอื่นๆนั้น จะใช้สายไฟที่มีอยู่แล้วตามอาคารรูปที่ 2.10

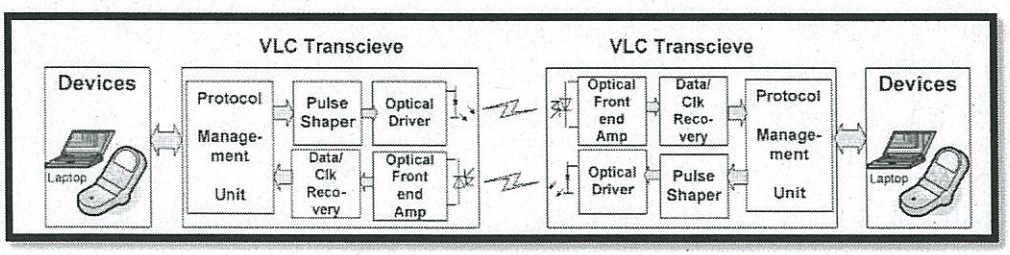


รูปที่ 2.10 คลื่นสัญญาณในสายไฟ [7]

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

2.6.3 ระบบควบคุมขั้นสูงสำหรับการสื่อสารด้วยแสง

สำหรับการสื่อสารด้วยแสงนอกอาคารนั้นได้มีการกล่าวถึง โดยใช้โทรศัพท์มือถือซึ่งมี LED และโฟโต้ไดโอดฝังอยู่ในตัวเครื่องในการรับและส่งข้อมูลภายนอกอาคาร ดังในรูป 2.11 แสดงการรับและส่งสัญญาณจะใช้ LED และโฟโต้ไดโอด



รูปที่ 2.11. แผนภาพแสดงการรับและส่งข้อมูล [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

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

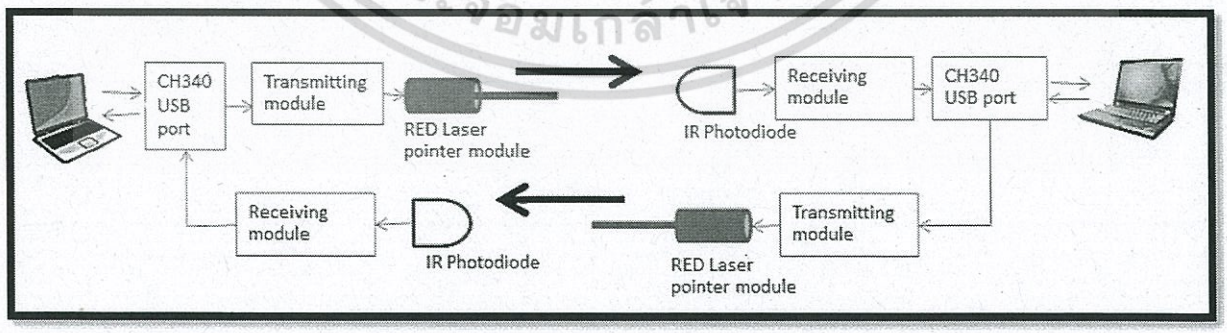
1. ใช้โปรแกรม Terminal v1.9 เป็นซอฟแวร์สำเร็จรูปสำหรับรับ-ส่งข้อมูล ใช้ white LEDs เป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้ Si Photodiode เป็นตัวรับข้อมูลแสง

2. ใช้โปรแกรมรับส่งข้อมูลที่เขียนขึ้นเองด้วย Visual c# เป็นซอฟแวร์สำหรับรับ-ส่งข้อมูล ใช้ laser pointer สีแดง กำลัง 0.5 mW เป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้ infrared photodiode เป็นตัวรับข้อมูลแสง

จากนั้นทำการทดลองและประเมินความสามารถด้านความเร็วในการรับส่งข้อมูลของโมเดลต้นแบบที่ระยะห่างระหว่างตัวส่งและตัวรับแสงหลายๆระยะ ซึ่งการพัฒนาต้นแบบของระบบรับส่งข้อมูลทางแสงแบบสองทิศทางระยะใกล้ มีการดำเนินงานดังนี้

3.1. ขั้นตอนการสร้างวงจรภาครับสัญญาณและวงจรภาคส่งสัญญาณ

ในขั้นตอนการสร้างวงจรภาครับสัญญาณและวงจรภาคส่งสัญญาณเป็นการศึกษาและออกแบบวงจร เพื่อให้ได้วงจรมีกระแส, แรงดันและคุณลักษณะที่เหมาะสมกับการใช้งานร่วมกันกับอุปกรณ์ต่างๆ โดยมีแผนภาพแสดงต้นแบบของระบบส่งข้อมูลทางแสงแบบสองทิศทางระยะใกล้ ดังในรูปที่ 3.1

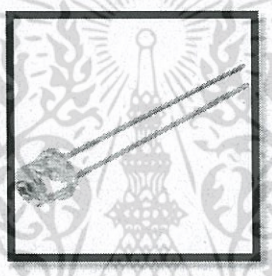


รูปที่3.1. แผนภาพแสดงต้นแบบของระบบส่งข้อมูลทางแสงแบบสองทิศทางระยะใกล้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

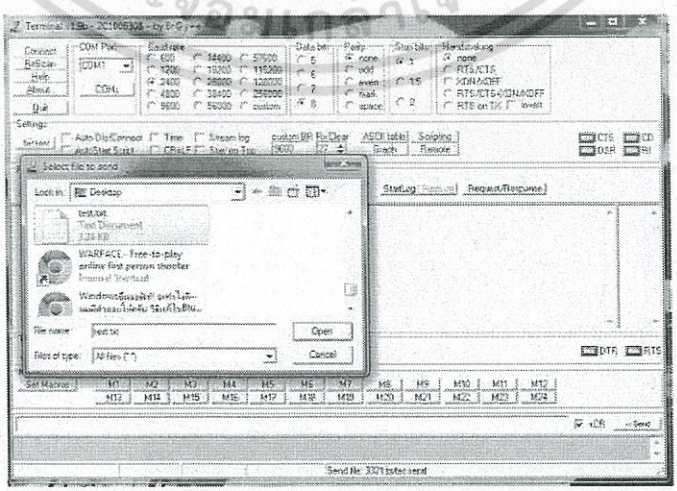
3.2 ขั้นตอนดำเนินการทดลองและประเมินความสามารถทางด้านอัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูล (bit rates) แบบไม่มีความผิดพลาด (errors) ของโมเดลต้นแบบ(VLC)

1. ติดตั้งวงจรภาครับสัญญาณและวงจรภาคส่งสัญญาณ แต่ละวงจรจะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยใช้ USB port จากนั้นวางให้วงจรรับและวงจรส่งข้อมูลห่างกันในแนวนอน
2. ติดตั้งโปรแกรม Terminal v1.9 ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปชนิด full duplex communication สำหรับรับ-ส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ทั้ง 2 เครื่อง
3. ทดลองรับข้อมูลโดยใช้ Photodiode ชนิดอินฟราเรดโฟโตไดโอด ในวงจรภาครับสัญญาณ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2. แสดงลักษณะของ IR Photodiode

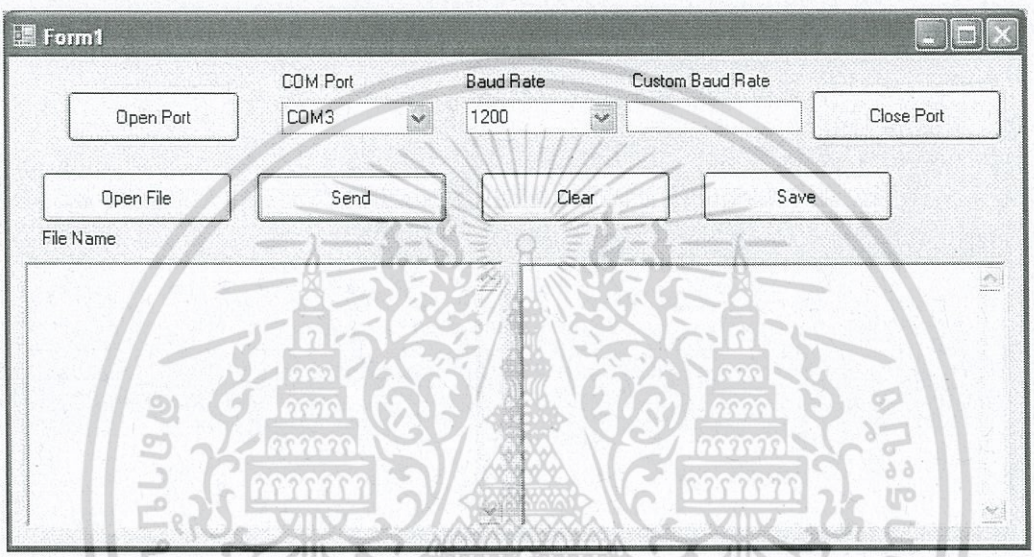
4. วางวงจรรับและวงจรส่งข้อมูลให้มีระยะห่างระหว่างตัวรับแสงและตัวส่งสัญญาณแสง 10 ซม.
5. จากนั้นใช้โปรแกรม Terminal v1.9 ดังรูปที่3.3 ทดลองรับ-ส่งข้อมูลประเภท text file และใช้อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลหลายๆค่า พร้อมทั้งบันทึกอัตราบิตสูงสุดที่สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้แบบไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น



รูปที่3.3.หน้าต่างการส่งไฟล์ข้อมูลจากวงจรภาคส่งสัญญาณโดยผ่านโปรแกรม Terminal v1.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เพิ่มระยะห่างของการรับและส่งสัญญาณทีละอีก 10 CM และทำการทดลองซ้ำในข้อที่ 5 จนระยะห่างของการรับและส่งสัญญาณเท่ากับ 1 m
7. ส่ง text file จากวงจรภาคส่งสัญญาณโดยใช้โปรแกรมรับส่งข้อมูลแบบ full duplex communication ที่เขียนขึ้นเองด้วย Visual c# ดังรูปที่3.4 โดยเริ่มต้นที่ระยะห่างระหว่างตัวรับแสงและตัวส่งสัญญาณแสงที่ระยะ 15 ซม.



รูปที่3.4 โปรแกรมรับส่งข้อมูลแบบ full duplex communication ที่เขียนขึ้นเองด้วย Visual c#

8. ทดลองรับ-ส่งข้อมูลประเภท text file โดยใช้อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลหลายๆค่า พร้อมทั้งบันทึกอัตราบิตสูงสุดที่สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้แบบไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น
9. เพิ่มระยะห่างของการรับและส่งสัญญาณทีละอีก 10 CM. และทำการทดลองซ้ำในข้อที่ 8 จนระยะห่างของการรับและส่งสัญญาณเท่ากับ 2 m

3.3 ขั้นตอนทดลองและประเมินความสามารถทางด้านความถูกต้องของข้อมูลที่รับได้เมื่อมีสิ่งกีดขวางเคลื่อนที่ตัดผ่านลำแสงที่เดินทางระหว่างวงจรส่งสัญญาณและวงจรรับ

1. ทดสอบโดยใช้อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.2 Mbit/s ขณะกำลังรับ-ส่งข้อมูลมีสิ่งกีดขวางเคลื่อนที่ตัดผ่านลำแสงด้วย โดยตัดผ่านเป็นบางครั้ง และบันทึกผลลัพธ์ที่รับได้ปลายทาง
2. ทดสอบโดยใช้อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.07 Mbit/s ขณะกำลังรับ-ส่งข้อมูลมีสิ่งกีดขวางเคลื่อนที่ตัดผ่านลำแสงด้วย โดยตัดผ่านเป็นบางครั้ง และบันทึกผลลัพธ์ที่รับได้ปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3. ทดสอบโดยใช้อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.06Mbit/s ขณะกำลังรับ-ส่งข้อมูลมีสิ่งกีดขวางเคลื่อนที่ตัดผ่านลำแสงด้วย โดยตัดผ่านเป็นบางครั้ง และบันทึกผลลัพธ์ที่รับได้ปปลายทาง
4. ทดสอบโดยใช้อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.02 Mbit/s ขณะกำลังรับ-ส่งข้อมูลมีสิ่งกีดขวางเคลื่อนที่ตัดผ่านลำแสงด้วย โดยตัดผ่านเป็นบางครั้ง และบันทึกผลลัพธ์ที่รับได้ปปลายทาง

3.4 ขั้นตอนแสดงผลภาพ 3 มิติ ของความเข้มแสงของเลเซอร์ ที่สร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Matlab ที่ระยะห่างต่างๆระหว่างตัวรับและตัวส่งสัญญาณ

1. ใช้กล้องถ่ายรูปถ่ายภาพของแสงเลเซอร์ที่ระยะห่าง 20 cm. จากนั้นใช้โปรแกรม matlab ที่เขียนขึ้นเองแสดงผลภาพ 3 มิติของความเข้มแสงเลเซอร์
2. ใช้กล้องถ่ายรูปถ่ายภาพของแสงเลเซอร์ที่ระยะห่าง 180 cm. จากนั้นใช้โปรแกรม matlab ที่เขียนขึ้นเองแสดงผลภาพ 3 มิติของความเข้มแสงเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

142083

บทที่ 4
ผลการวิจัย

เมื่อทำการทดสอบการทำงานของวงจรภาครับสัญญาณ และวงจรภาคส่งสัญญาณแบบสองทิศทางระยะใกล้ ระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง เสร็จแล้ว ผลการดำเนินงานเป็นดังนี้

4.1. ผลการทดลองและประเมินความสามารถทางด้านอัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูล (bit rates) แบบไม่มีความผิดพลาด (errors) ที่ระยะห่างต่างๆระหว่างวงจรส่งสัญญาณและวงจรรับสัญญาณ โดยใช้โปรแกรม Terminal v1.9 ส่งข้อมูลประเภท text file

4.2. ผลการทดลองและประเมินความสามารถทางด้านอัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูล (bit rates) แบบไม่มีความผิดพลาด (errors) ที่ระยะห่างต่างๆ ระหว่างวงจรส่งสัญญาณและวงจรรับสัญญาณ โดยใช้โปรแกรมรับส่งข้อมูลที่เขียนขึ้นเองด้วย Visual c# ส่งข้อมูลประเภท text file

4.3.ผลการทดลองและประเมินความสามารถทางด้านความถูกต้องของข้อมูลที่รับได้เมื่อมีสิ่งกีดขวางเคลื่อนที่ตัดผ่านลำแสงที่เดินทางระหว่างวงจรส่งสัญญาณและวงจรรับสัญญาณ

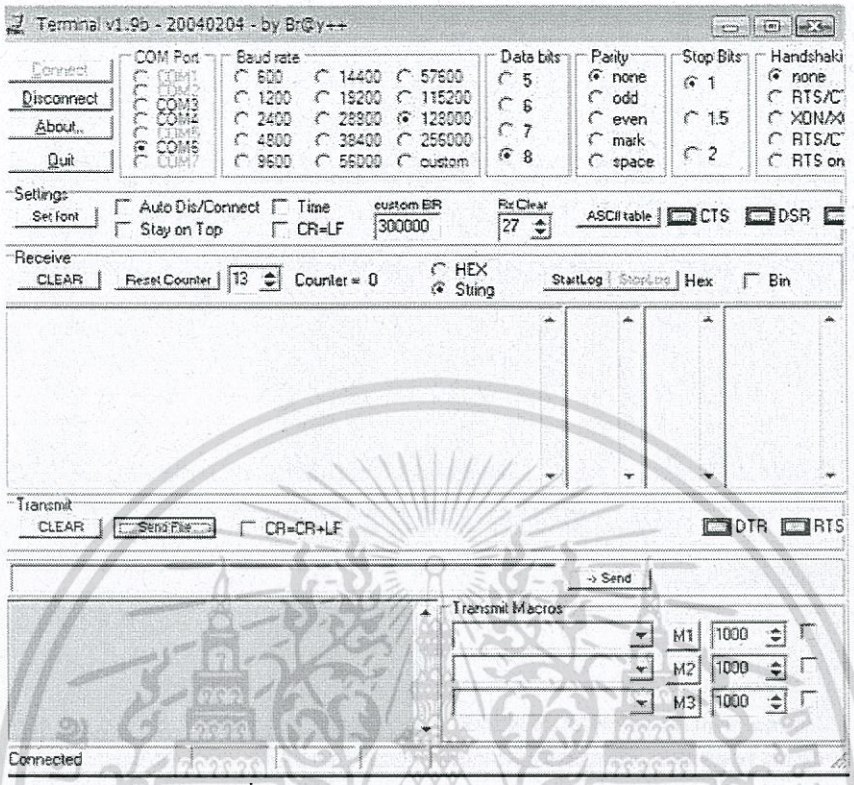
4.4 แสดงผลภาพ 3 มิติ ของความเข้มแสงของเลเซอร์ ที่สร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Matlab ที่ระยะห่างต่างๆระหว่างตัวรับและตัวส่งสัญญาณ

4.1 ผลการทดลองและประเมินความสามารถทางด้านอัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูล (bit rates) แบบไม่มีความผิดพลาด (errors) ที่ระยะห่างต่างๆ ระหว่างวงจรส่งสัญญาณและวงจรรับสัญญาณ โดยใช้โปรแกรม Terminal v1.9 ส่งข้อมูลประเภท text file

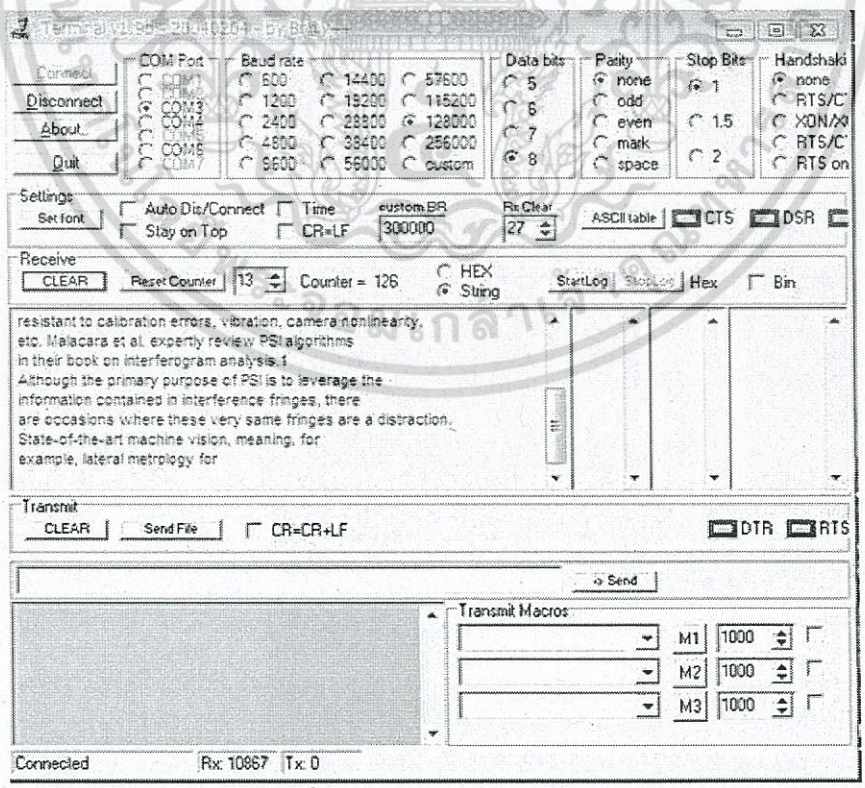
เมื่อทำการออกแบบวงจรสำหรับส่งสัญญาณและวงจรสำหรับรับสัญญาณเรียบร้อยแล้ว ได้ทำการทดสอบความสามารถด้านอัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง ที่ระยะห่าง 12 cm. มีผลการทดสอบเป็นดังนี้

4.1.1) เมื่อใช้อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.128 Mbit/s สามารถรับ-ส่งข้อมูลประเภท text file โดยไม่มีข้อผิดพลาดใดๆเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



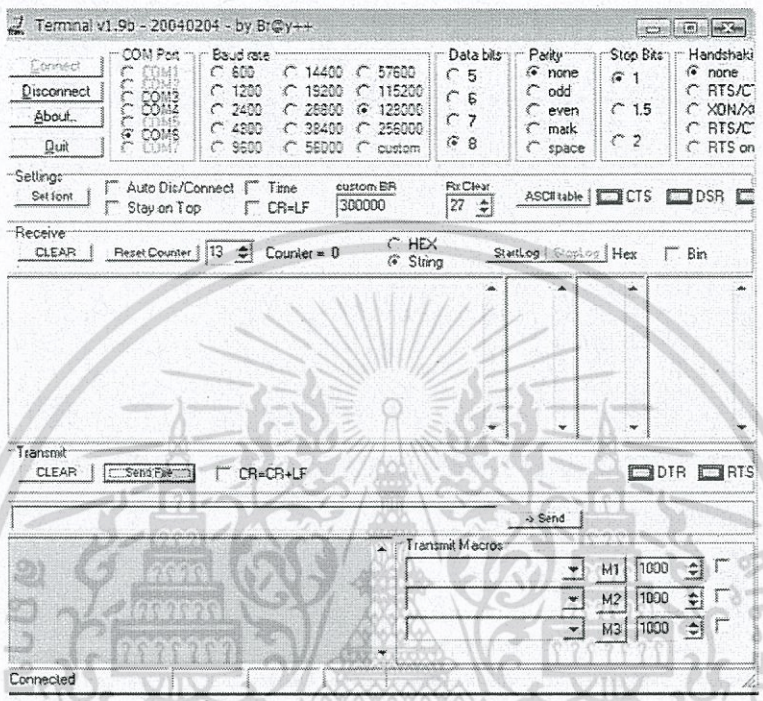
รูปที่ 4.1a) หน้าต่างสำหรับส่งข้อมูลที่ COM port 6 อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.128 Mbit/s



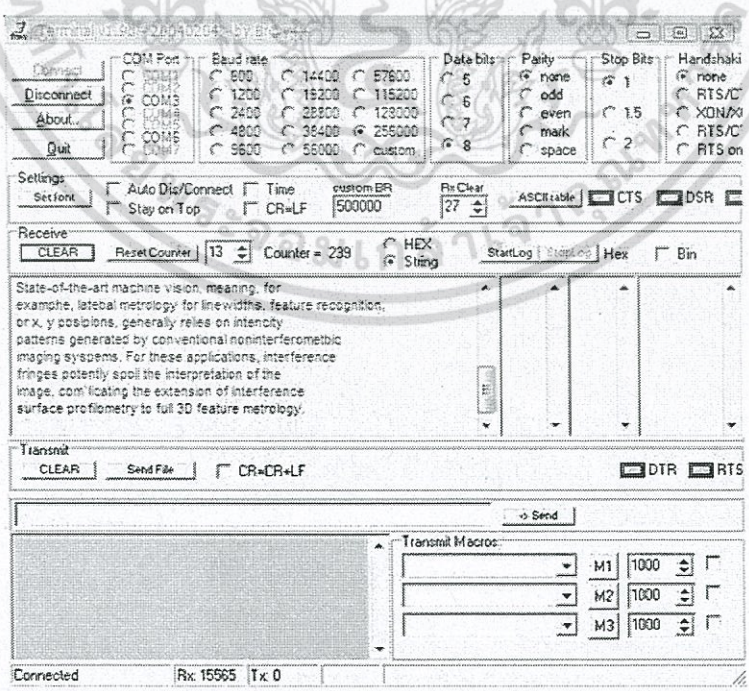
รูปที่ 4.1b) หน้าต่างสำหรับรับข้อมูลที่ COM port 3 อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.128 Mbit/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2) เมื่อใช้อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.256 Mbit/s สามารถรับ-ส่งข้อมูลประเภท text file โดยไม่มีข้อผิดพลาดใดๆเกิดขึ้น



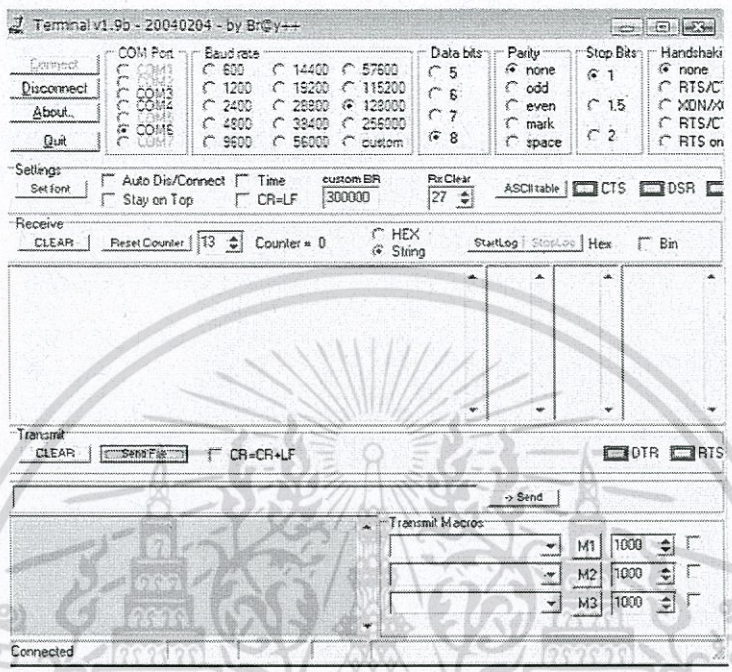
รูปที่ 4.2a) หน้าต่างสำหรับส่งข้อมูลที่ COM port 6 อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.256 Mbit/s



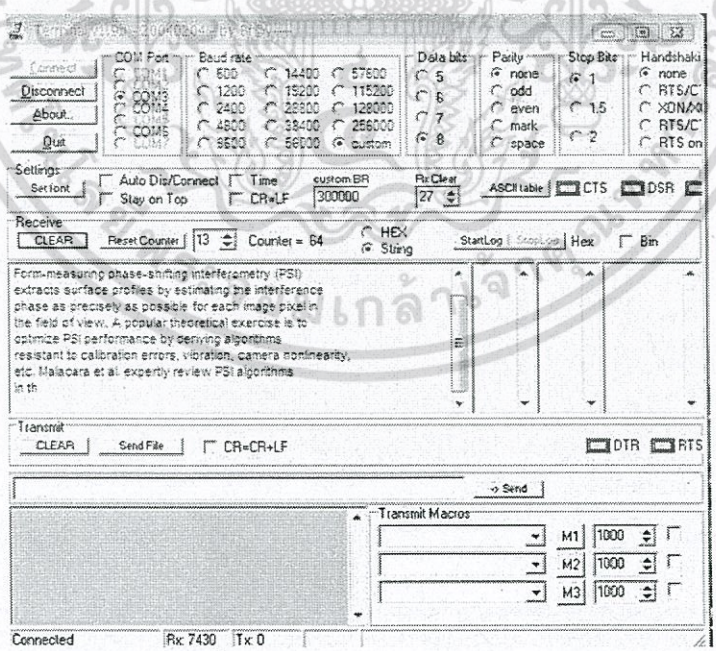
รูปที่ 4.2b) หน้าต่างสำหรับรับข้อมูลที่ COM port 3 อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.256 Mbit/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3) เมื่อใช้อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.300 Mbit/s สามารถรับ-ส่งข้อมูลประเภท text file โดยไม่มีข้อผิดพลาดใดๆเกิดขึ้น



รูปที่ 4.3a) หน้าต่างสำหรับส่งข้อมูลที่ COM port 6 อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.300 Mbit/s



รูปที่ 4.3b) หน้าต่างสำหรับรับข้อมูลที่ COM port 3 อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.300 Mbit/s

**** ที่ระยะห่าง 12 cm. อัตราบิตสูงสุดที่สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้โดยไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้นเลย เท่ากับ 0.300 Mbit/s ****

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่พบเมื่อใช้ white LEDs เป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้ Si Photodiode เป็นตัวรับข้อมูลแสง

1. เมื่อระยะห่างระหว่างตัวรับแสงและตัวส่งข้อมูลแสงห่างกันมากกว่า 12 cm. ขึ้นไป การรับ-ส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง มีความผิดพลาดของข้อมูลเกิดขึ้น เนื่องจากความเข้มแสงของ white LEDs ลดลงเมื่อเดินทางเป็นระยะทางที่มากขึ้น ทำให้ตัวรับสัญญาณแสง รับสัญญาณไม่ค่อยได้หรือไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง

ปัญหาที่พบเมื่อใช้โปรแกรม Terminal V1.9 ซึ่งเป็นซอฟแวร์สำเร็จรูปสำหรับรับ-ส่งข้อมูล

1. การเชื่อมต่อ COM port เช่น COM 6 สำหรับการส่งข้อมูล และ COM 3 สำหรับการรับข้อมูล โดยใช้โปรแกรม Terminal V1.9 นั้น พบปัญหาว่าเชื่อมต่อยาก ในหลายครั้งไม่สามารถเชื่อมต่อได้ ถึงแม้ว่าจะทำการปิดโปรแกรม Terminal V1.9 และถอดพอร์ตออกแล้วเสียบใหม่ ก็ยังพบปัญหาเชื่อมต่อยากเช่นเดิม
2. ไม่สามารถ save ข้อมูลที่รับได้ในหน้าต่างรับข้อมูล ของโปรแกรม Terminal V1.9 ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ เนื่องจากโปรแกรม Terminal V1.9 ทำหน้าที่เพียงแค่แสดงข้อมูลที่รับได้เท่านั้น

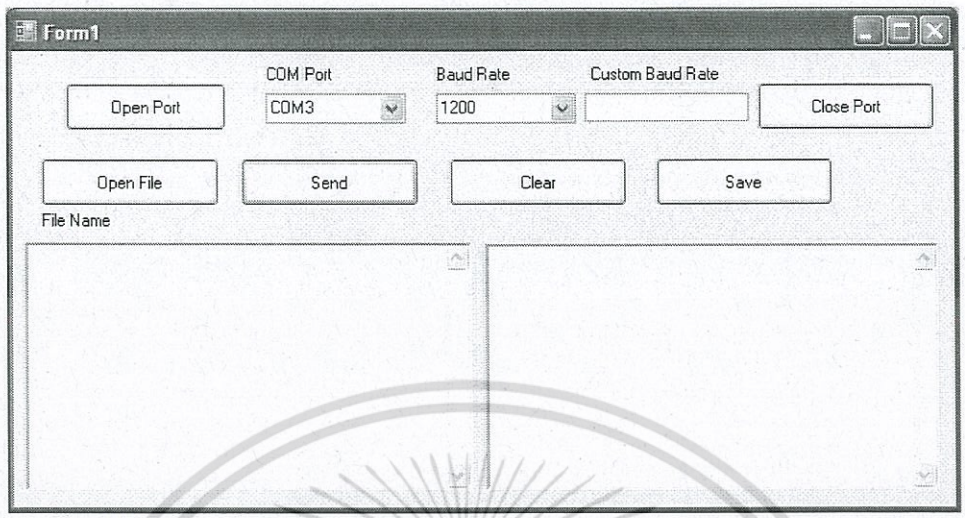
ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาทั้งหมดที่เกิดขึ้นดังกล่าวในการทดลองที่หนึ่ง ผู้วิจัยจึงเขียนโปรแกรมรับ-ส่งข้อมูลขึ้นเองด้วยภาษา Visual c# และเพิ่มฟังค์ชันของการ save ข้อมูลที่รับได้ ให้สามารถบันทึกลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางได้ โดยโปรแกรมรับ-ส่งข้อมูลที่เขียนขึ้นเองด้วยภาษา Visual c# นี้ ยังมีความสามารถในการรับ-ส่งข้อมูลแบบ full duplex communication ได้เหมือนกับโปรแกรม Terminal V1.9 เช่นกัน

นอกจากนี้ในการทดลองที่สอง ผู้วิจัยได้ใช้ laser pointer สีแดง กำลัง 0.5 mW เป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้ infrared photodiode เป็นตัวรับข้อมูลแสง เพื่อให้ระบบมีความสามารถในการรับ-ส่งข้อมูลได้ไกลขึ้น และมีอัตราการรับ-ส่งข้อมูล (bit rate) สูงขึ้นอีกด้วย

4.2 ทดลองและประเมินความสามารถทางด้านอัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูล (bit rates) แบบไม่มีความผิดพลาด (errors) ที่ระยะห่างต่างๆ ระหว่างวงจรส่งสัญญาณและวงจรรับสัญญาณ โดยใช้โปรแกรมรับส่งข้อมูลที่เขียนขึ้นเองด้วย Visual c# ส่งข้อมูลประเภท text file

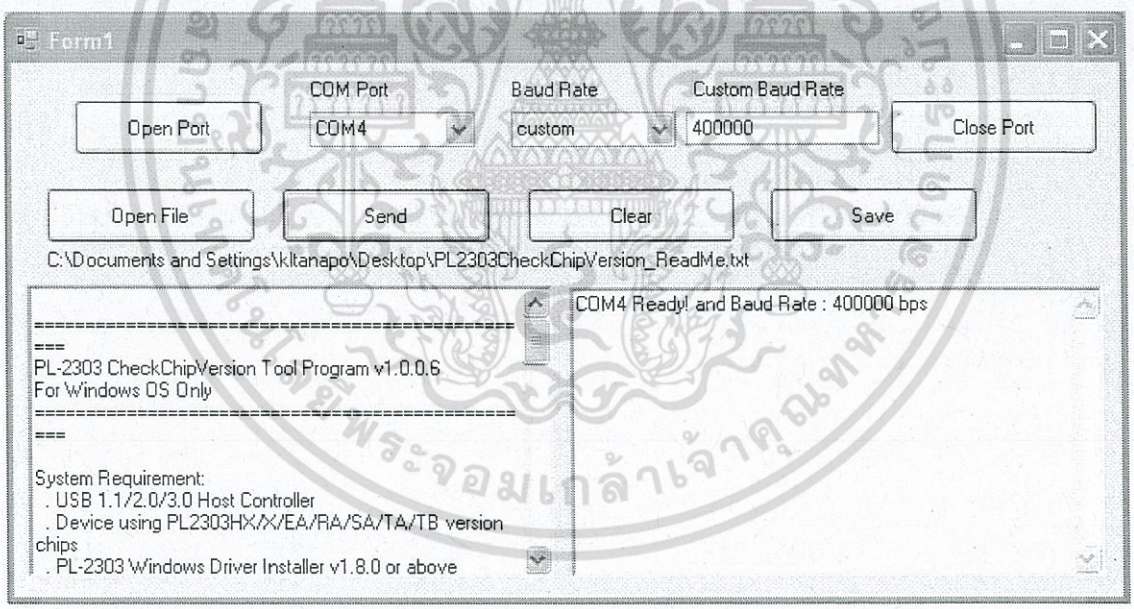
เมื่อสร้างโปรแกรมสำหรับรับ-ส่งข้อมูลขึ้นเองด้วย Visual c# หน้าต่างแสดงการทำงานเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



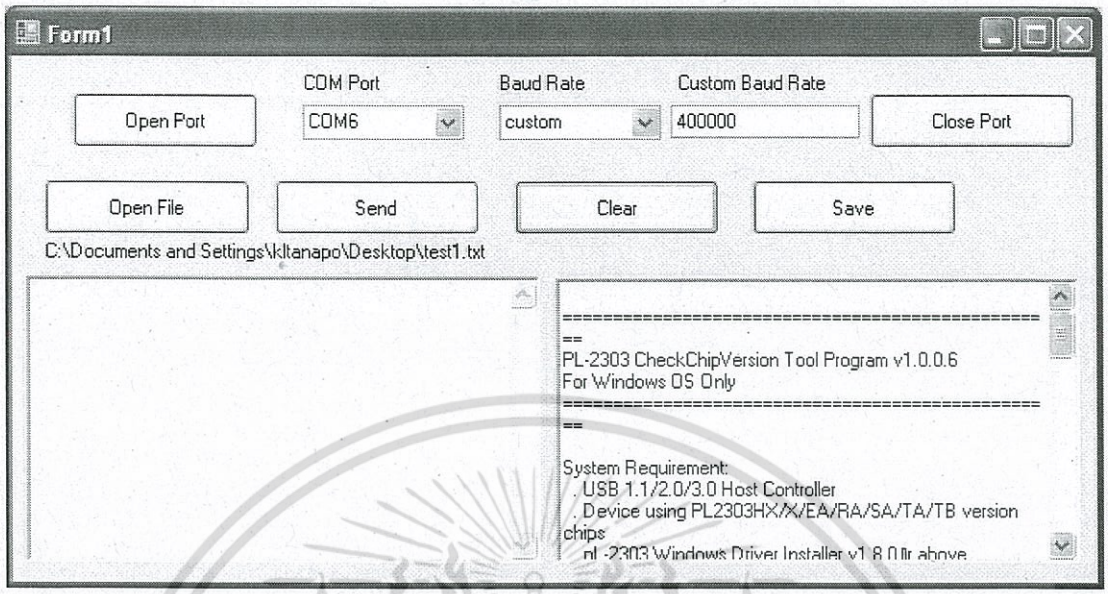
รูปที่ 4.4 แสดงโปรแกรมสำหรับรับ-ส่งข้อมูลที่เขียนขึ้นเองด้วย Visual c#

4.2.1) ผลการทดสอบโดยใช้อัตราบิตสูงสุดในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.4 Mbit/s ที่ระยะห่าง 15 cm.



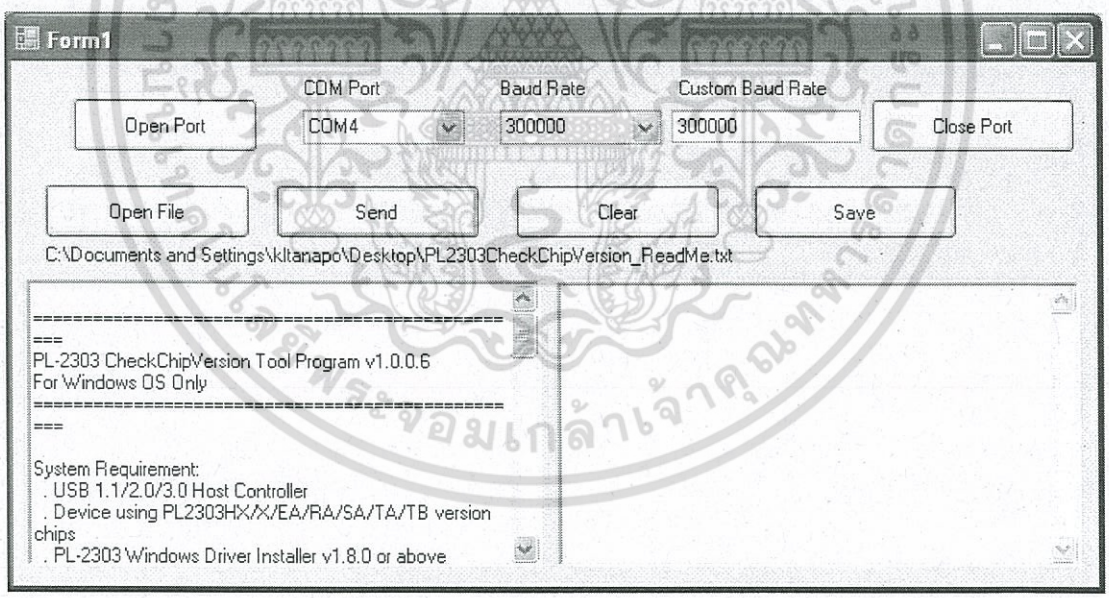
รูปที่ 4.5 a) หน้าต่างแสดงผลการส่งข้อมูลที่ COM4 อัตราบิตสูงสุดในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.4 Mbit/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



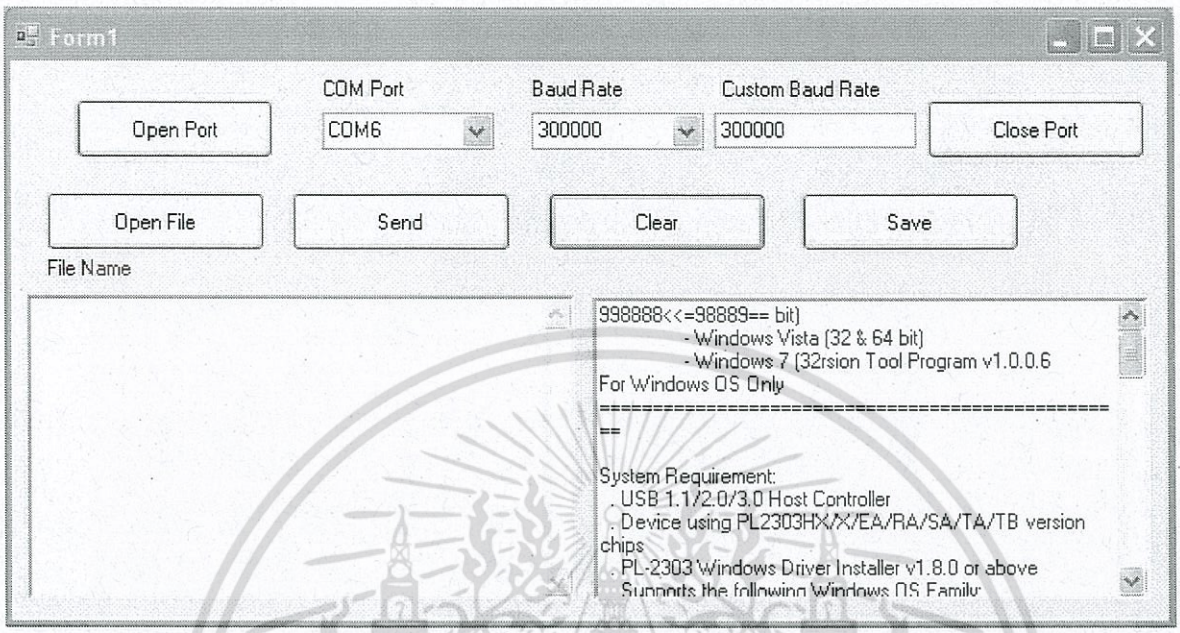
รูปที่ 4.5b) หน้าต่างแสดงผลการรับข้อมูลที่ COM 6 อัตราบิตสูงสุดในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.4 Mbit/s

4.2.2) ผลการทดสอบโดยใช้อัตราบิตสูงสุดในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.3 Mbit/s ที่ระยะห่าง 50 cm.



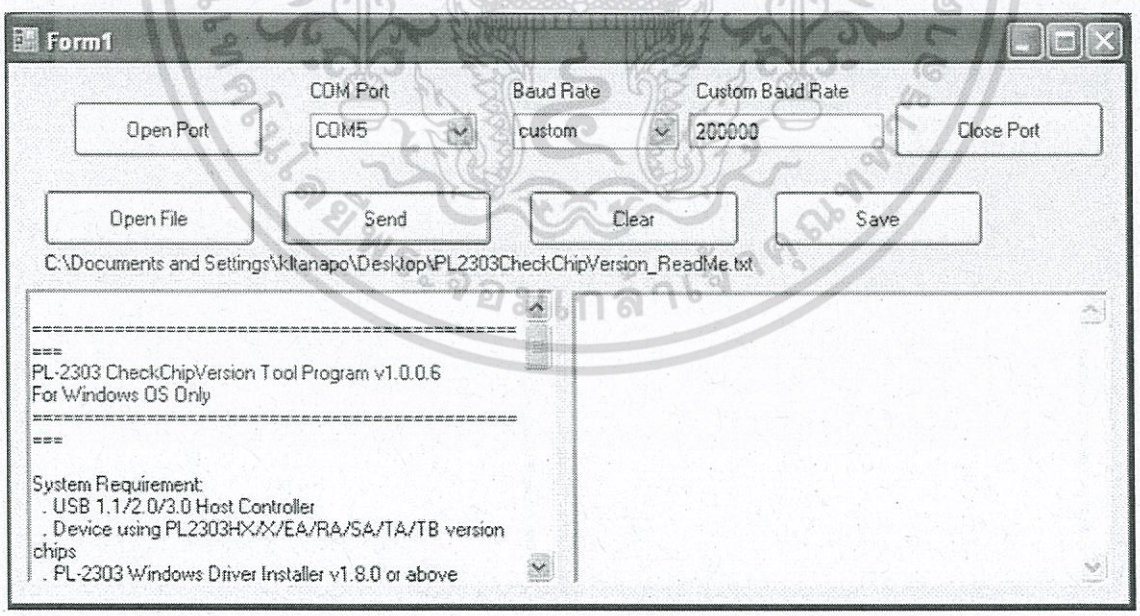
รูปที่ 4.6 a) หน้าต่างแสดงผลการส่งข้อมูลที่ COM4 อัตราบิตสูงสุดในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.3 Mbit/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



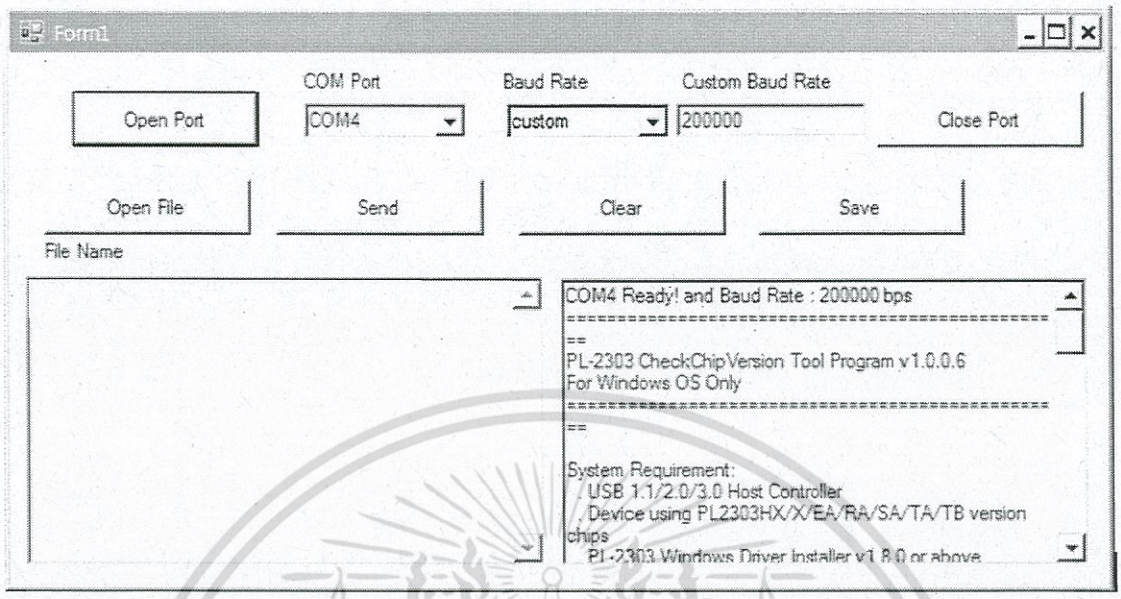
รูปที่ 4.6 b) หน้าต่างแสดงผลการส่งข้อมูลที่ COM6 อัตราบิตสูงสุดในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.3 Mbit/s

4.2.3) ผลการทดสอบโดยใช้อัตราบิตสูงสุดในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.2 Mbit/s ที่ระยะห่าง 180 cm.



รูปที่ 4.7 a) หน้าต่างแสดงผลการส่งข้อมูลที่ COM5 อัตราบิตสูงสุดในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.2 Mbit/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

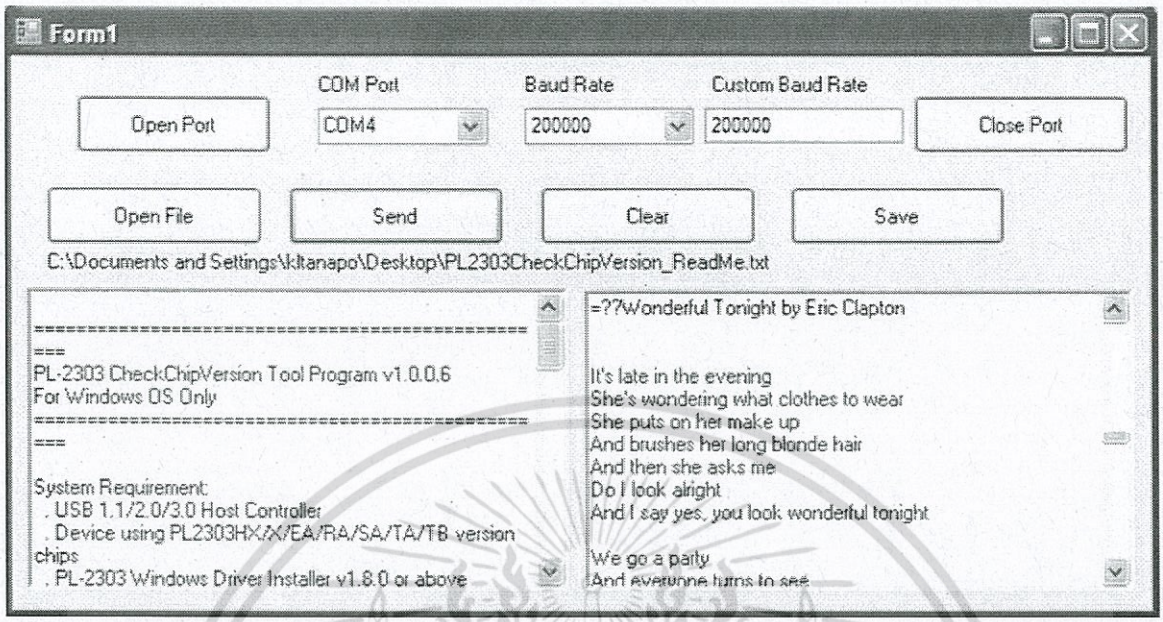


รูปที่ 4.7 b) หน้าต่างแสดงผลการส่งข้อมูลที่ COM4 อัตราบิตสูงสุดในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.2 Mbit/s

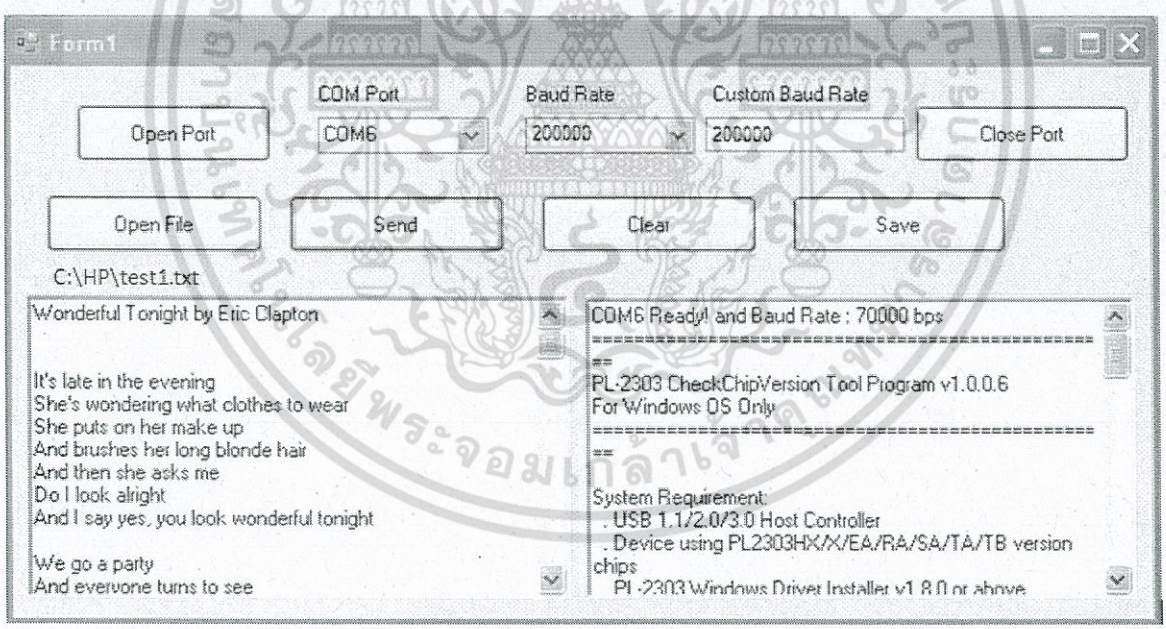
4.2.4 ผลการทดสอบโดยใช้อัตราบิตสูงสุดในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.2 Mbit/s ที่ระยะห่าง 180 cm. รับ-ส่งข้อมูลแบบ 2 ทิศทาง (full duplex communication) ในเวลาเดียวกัน

ผลการทดสอบเมื่อให้คอมพิวเตอร์เครื่องที่1 โดยใช้ COM5 ทำหน้าที่ทั้งรับและส่งข้อมูล ในหน้าต่างด้านซ้ายมือเป็นหน้าต่างแสดงการส่งข้อมูล โดยไฟล์ข้อมูลที่ต้องการส่งไปยังคอมพิวเตอร์เครื่องที่ 2 คือ ไฟล์ข้อมูลที่ชื่อว่า PL203CheckChipVersion_ReadMe.txt และหน้าต่างด้านขวามือเป็นหน้าต่างแสดงการรับไฟล์ข้อมูลที่ชื่อว่า test1.txt ซึ่งส่งมาจากคอมพิวเตอร์เครื่องที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 a) หน้าต่างแสดงผลการรับและส่งข้อมูลแบบ 2 ทิศทาง โดยใช้ COM5 ที่คอมพิวเตอร์เครื่องที่ 1



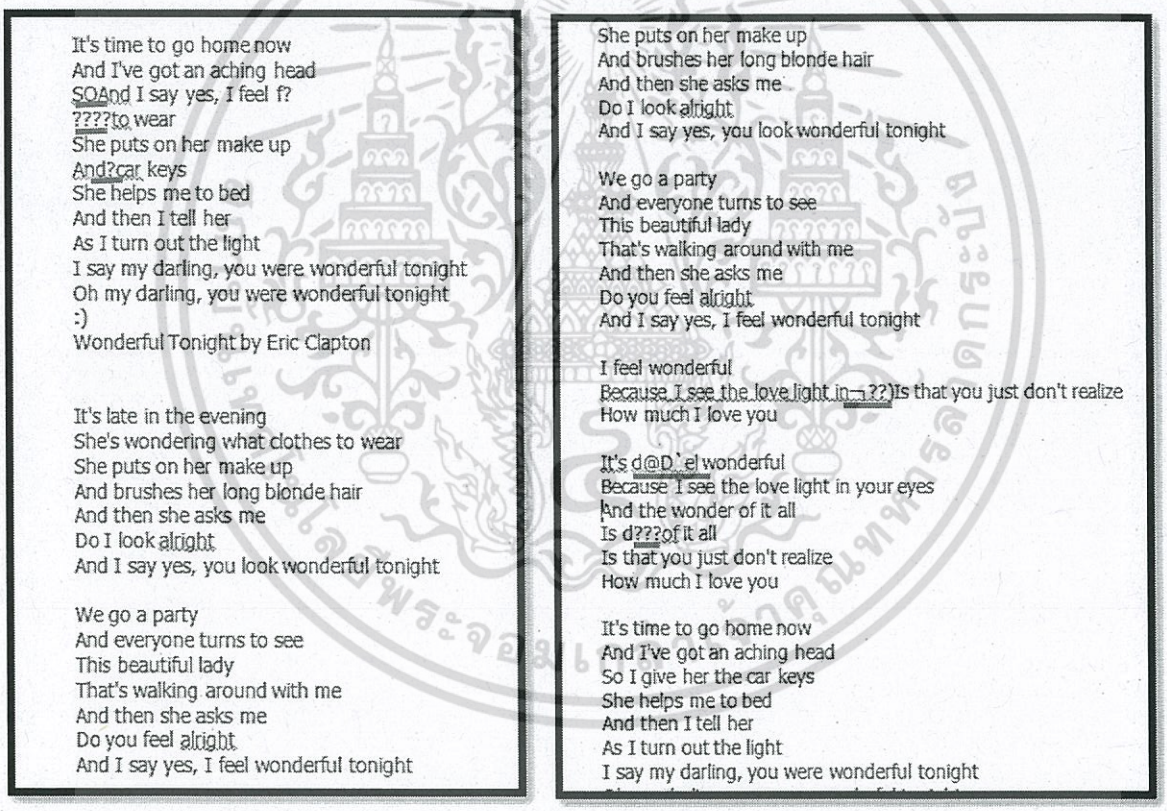
รูปที่ 4.8 b) หน้าต่างแสดงผลการรับและส่งข้อมูลแบบ 2 ทิศทาง โดยใช้ COM6 ที่คอมพิวเตอร์เครื่องที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ทดลองและประเมินความสามารถทางด้านความถูกต้องของข้อมูลที่รับได้เมื่อมีสิ่งกีดขวางเคลื่อนที่ตัดผ่านลำแสงที่เดินทางระหว่างวงจรส่งสัญญาณและวงจรรับสัญญาณ

4.3.1) ผลการทดสอบโดยใช้อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.2 Mbit/s ขณะกำลังรับ-ส่งข้อมูลมีสิ่งกีดขวางเคลื่อนที่ตัดผ่านลำแสงด้วย โดยตัดผ่านเป็นบางครั้ง ข้อมูลที่ต้องการรับ-ส่ง คือ text file จำนวน 35 หน้า

พบว่าระบบสามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ครบทั้ง 35 หน้า และข้อมูลที่รับได้มีความผิดพลาดจำนวน 2 หน้า เพียงบางตัวอักษรเท่านั้น โดยปรากฏความผิดพลาดขึ้นที่หน้า 12 และหน้า 20 ดังในรูปที่ 4.9



It's time to go home now
And I've got an aching head
SOAnd I say yes, I feel f?
????to wear
She puts on her make up
And?car keys
She helps me to bed
And then I tell her
As I turn out the light
I say my darling, you were wonderful tonight
Oh my darling, you were wonderful tonight
:)
Wonderful Tonight by Eric Clapton

It's late in the evening
She's wondering what clothes to wear
She puts on her make up
And brushes her long blonde hair
And then she asks me
Do I look alright
And I say yes, you look wonderful tonight

We go a party
And everyone turns to see
This beautiful lady
That's walking around with me
And then she asks me
Do you feel alright
And I say yes, I feel wonderful tonight

4.9a)

She puts on her make up
And brushes her long blonde hair
And then she asks me
Do I look alright
And I say yes, you look wonderful tonight

We go a party
And everyone turns to see
This beautiful lady
That's walking around with me
And then she asks me
Do you feel alright
And I say yes, I feel wonderful tonight

I feel wonderful
Because I see the love light in¬??)Is that you just don't realize
How much I love you

It's d@D`el wonderful
Because I see the love light in your eyes
And the wonder of it all
Is d???of it all
Is that you just don't realize
How much I love you

It's time to go home now
And I've got an aching head
So I give her the car keys
She helps me to bed
And then I tell her
As I turn out the light
I say my darling, you were wonderful tonight

4.9b)

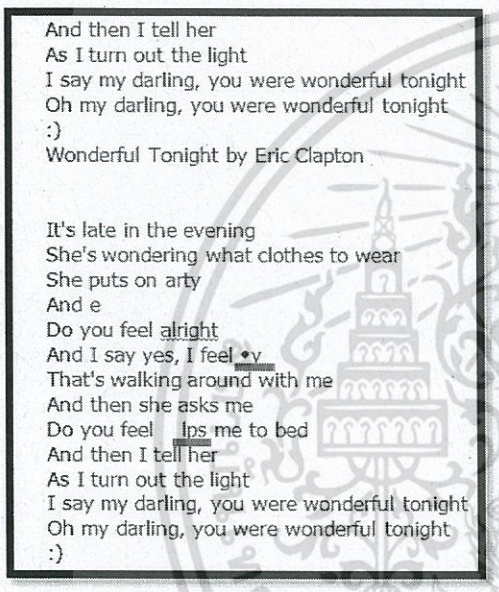
รูปที่ 4.9 a) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 12

b) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

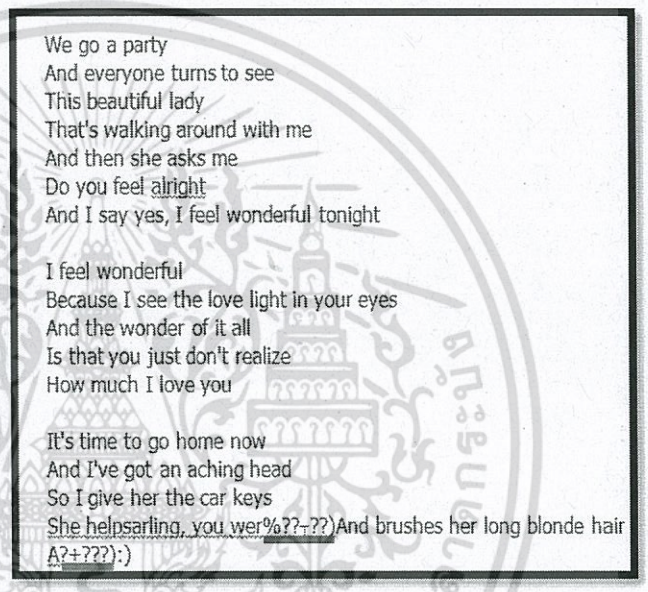
4.3.2) ผลการทดสอบโดยใช้อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.07 Mbit/s ขณะกำลังรับ-ส่งข้อมูลมีสิ่งกีดขวางเคลื่อนที่ตัดผ่านลำแสงด้วย โดยตัดผ่านเป็นบางครั้ง ข้อมูลที่ต้องการรับ-ส่ง คือ text file จำนวน 11 หน้า

พบว่าระบบสามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ครบทั้ง 11 หน้า และข้อมูลที่รับได้มีความผิดพลาดจำนวน 3 หน้า เพียงบางตัวอักษรเท่านั้น โดยปรากฏความผิดพลาดขึ้นที่หน้า3, หน้า5 และหน้า 6 ดังในรูปที่ 4.10


And then I tell her
As I turn out the light
I say my darling, you were wonderful tonight
Oh my darling, you were wonderful tonight
:)
Wonderful Tonight by Eric Clapton

It's late in the evening
She's wondering what clothes to wear
She puts on arty
And e
Do you feel alright
And I say yes, I feel •y
That's walking around with me
And then she asks me
Do you feel lps me to bed
And then I tell her
As I turn out the light
I say my darling, you were wonderful tonight
Oh my darling, you were wonderful tonight
:)

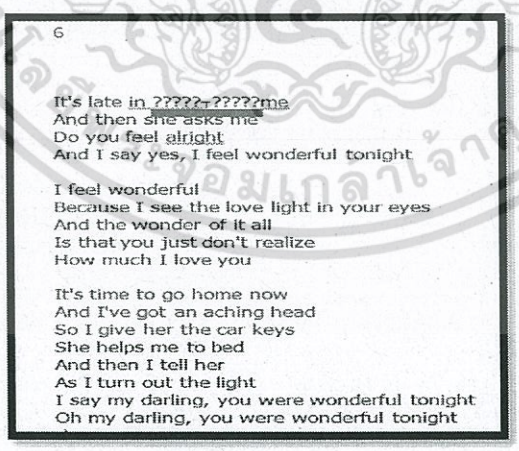
4.10 a)


We go a party
And everyone turns to see
This beautiful lady
That's walking around with me
And then she asks me
Do you feel alright
And I say yes, I feel wonderful tonight

I feel wonderful
Because I see the love light in your eyes
And the wonder of it all
Is that you just don't realize
How much I love you

It's time to go home now
And I've got an aching head
So I give her the car keys
She helpsarling, you wer%??+??)And brushes her long blonde hair
A?+???):)

4.10 b)


6

It's late in ?????+?????me
And then she asks me
Do you feel alright
And I say yes, I feel wonderful tonight

I feel wonderful
Because I see the love light in your eyes
And the wonder of it all
Is that you just don't realize
How much I love you

It's time to go home now
And I've got an aching head
So I give her the car keys
She helps me to bed
And then I tell her
As I turn out the light
I say my darling, you were wonderful tonight
Oh my darling, you were wonderful tonight

4.10 c)

รูปที่ 4.10 a) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 3

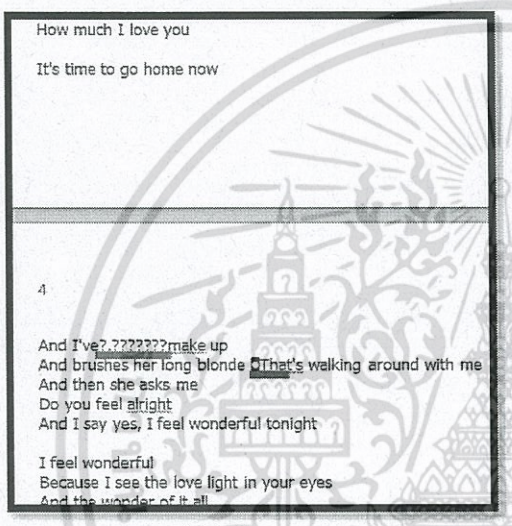
b) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 5

c) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 6

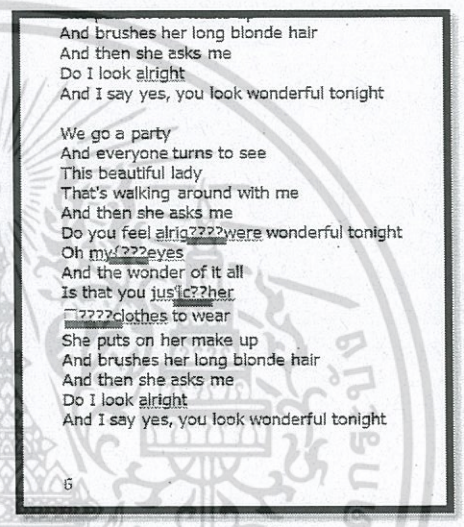
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3) ผลการทดสอบโดยใช้อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.06 Mbit/s ขณะกำลังรับ-ส่งข้อมูลมีสิ่งกีดขวางเคลื่อนที่ตัดผ่านลำแสงด้วย โดยตัดผ่านเป็นบางครั้ง ข้อมูลที่ต้องการรับ-ส่ง คือ text file จำนวน 11 หน้า

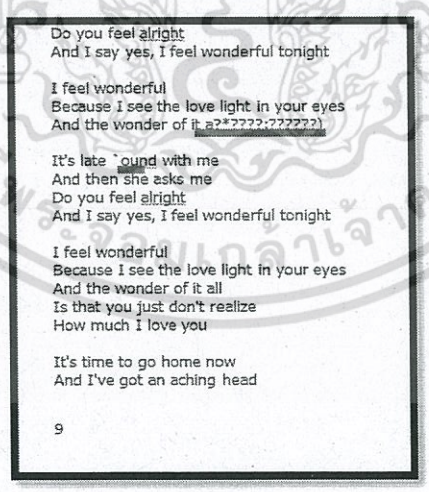
พบว่าระบบสามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ครบทั้ง 11 หน้า และข้อมูลที่รับได้มีความผิดพลาดจำนวน 3 หน้า เพียงบางตัวอักษรเท่านั้น โดยปรากฏความผิดพลาดขึ้นที่หน้า 4, หน้า6 และหน้า 9 ดังในรูปที่ 4.11



4.11 a)



4.11 b)



4.11 c)

รูปที่ 4.11 a) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 4

b) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 6

c) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3) ผลการทดสอบโดยใช้อัตราบิตในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ 0.02 Mbit/s ขณะกำลังรับ-ส่งข้อมูลมีสิ่งกีดขวางเคลื่อนที่ตัดผ่านลำแสงด้วย โดยตัดผ่านเป็นบางครั้ง ข้อมูลที่ต้องการรับ-ส่ง คือ text file จำนวน 4 หน้า

พบว่าระบบสามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ครบทั้ง 4 หน้า และข้อมูลที่รับได้มีความผิดพลาดทั้ง 4 หน้า เป็นบางตัวอักษร โดยปรากฏความผิดพลาดขึ้นที่หน้า 1, หน้า2 , หน้า3 และหน้า 4 ดังในรูปที่ 4.12

And I say yes, I feel wonderful tonight

I feel wonderful
Because I see the love light in your eyes
And the wonder of it all
Is that you just don't realize
How much I love you

It's time to go home now
And I've got an aching head
So I give her the car keys
Sh z???J ?were wonderful tonight
Oh my darling, you were wonderful tonight
:)
Wonderful Tonight by Eric Clapton

It's late in the evening
She's wondering what clothes to wear
She puts on her make u??????hair
And
I?look alright
And I say yes, you look wonderful tonight

We go a party
And everyone turns to see

4.12 a)

And the wonder of it all
Is that you just don't realize
How much I love you

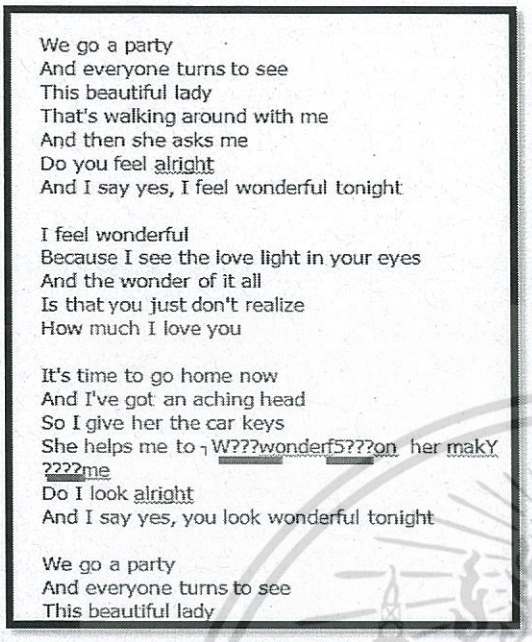
It's time to go home now
And I've got an aching head
So I give her the car keys
She he
z???the lig]
????????)Oh my darling, you were wonderful tonight
:)
Wonderful Tonight by Eric Clapton

It's late in the evening
She's ???up
And b2Rb????alright
And I say yes, you look wonderful tonight

We go a party
And everyone turns to see
This beautiful lady
That's walking around with me
And then she asks me
Do you feel alright

4.12 b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4.12 c)

4.12 d)

รูปที่ 4.12 a) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 1

b) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 2

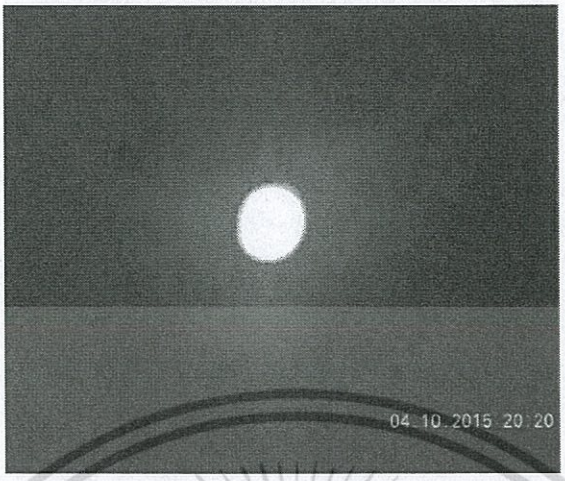
c) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 3

d) แสดงความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้ปลายทางในหน้าที่ 4

4.4 แสดงผลภาพ 3 มิติ ของความเข้มแสงของเลเซอร์ ที่สร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Matlab ที่ระยะห่างต่างๆ ระหว่างตัวรับและตัวส่งสัญญาณ

จากการใช้กล้องถ่ายรูปถ่ายภาพของแสงเลเซอร์ที่ระยะห่าง 20 cm. ซึ่งเป็นระยะห่างที่ให้อัตราบิตการรับส่งข้อมูลสูงสุดเท่ากับ 0.4 Mbit/s แสดงในรูปที่ 4.13 และจากการใช้กล้องถ่ายรูปถ่ายภาพของแสงเลเซอร์ที่ระยะห่าง 180 cm. ซึ่งเป็นระยะห่างที่ให้อัตราบิตการรับส่งข้อมูลสูงสุดเท่ากับ 0.2 Mbit/s แสดงในรูปที่ 4.15

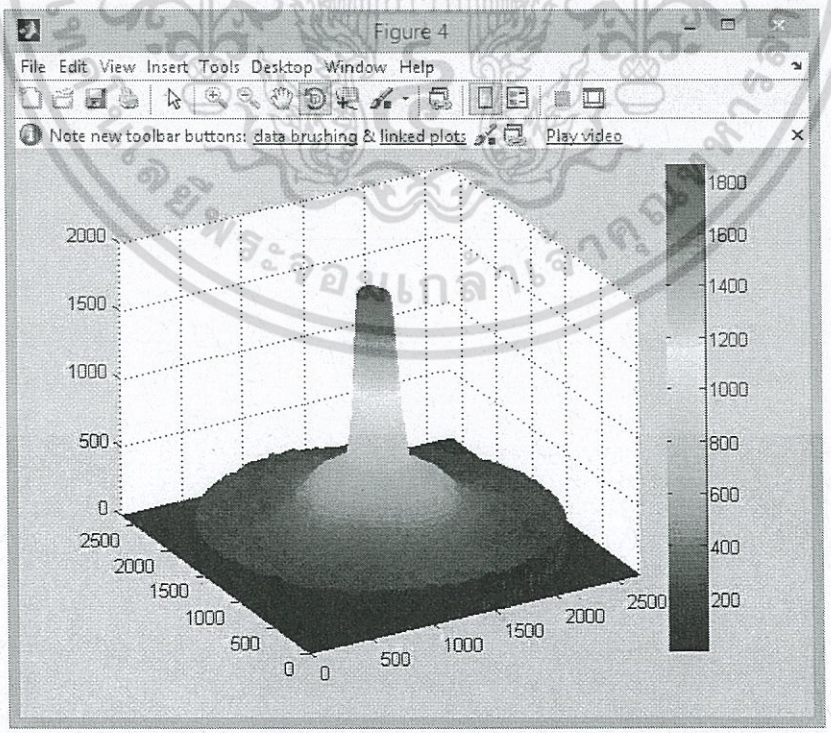
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 ถ่ายภาพของแสงเลเซอร์ที่ระยะห่าง 20 cm.

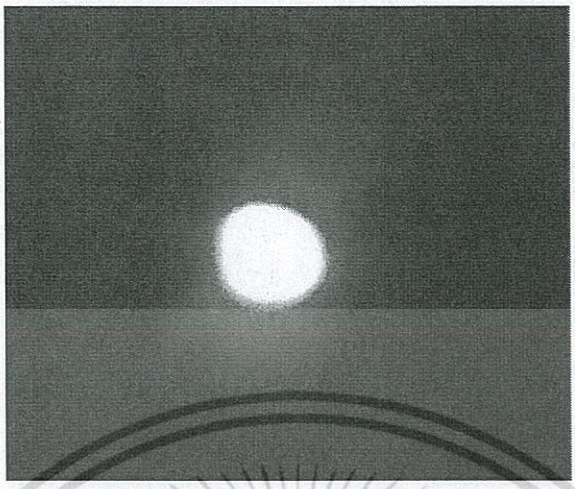
จากถ่ายภาพของแสงเลเซอร์ที่ระยะห่าง 20 cm. พบว่าบริเวณตรงกลางของลำแสงเลเซอร์มีความเข้มแสงค่อนข้างมาก มีลักษณะของลำแสงตรงกลางค่อนกลางเป็นวงกลม วัดเส้นผ่านศูนย์กล่างได้เท่ากับ 4 mm. มีความเข้มแสงมากในบริเวณนี้วัดได้เท่ากับ 1781 LUX สำหรับลำแสงบริเวณขอบเป็นสีแดงเข้ม

เมื่อนำภาพถ่ายลำแสงเลเซอร์ที่ระยะ 20 cm. ความละเอียดภาพเท่ากับ 2681 x 2681 พิกเซล มาแสดงผลของความเข้มแสงด้วยภาพ 3 มิติ ที่สร้างจากโปรแกรม Matlab ได้ผลภาพดังแสดงในรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ภาพ 3 มิติของความเข้มแสงเลเซอร์ ที่ระยะ 20 cm.

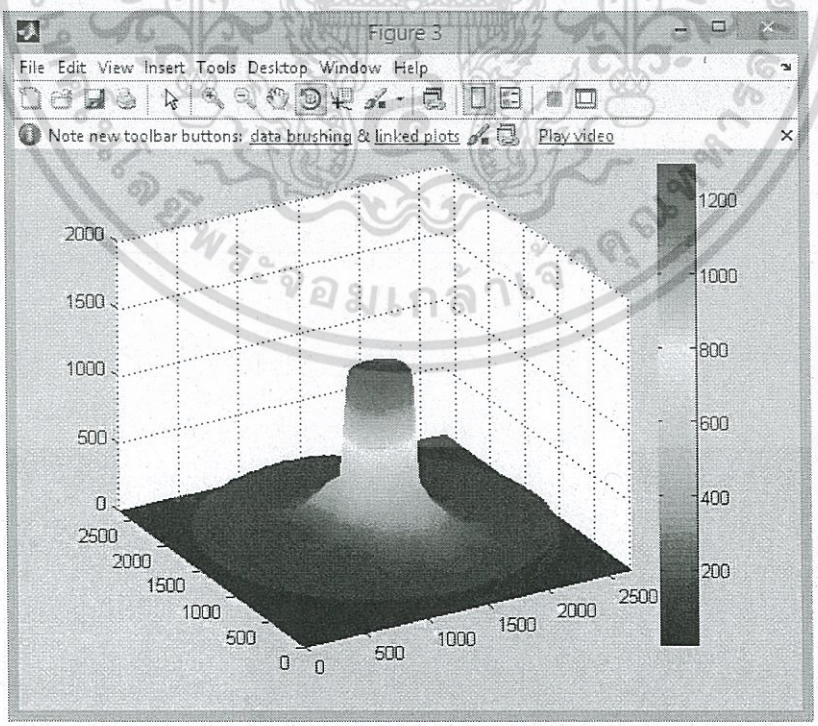
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 ถ่ายภาพของแสงเลเซอร์ที่ระยะห่าง 180 cm.

จากภาพของแสงเลเซอร์ที่ระยะห่าง 180 cm. พบว่าบริเวณตรงกลางของลำแสงเลเซอร์มีความเข้มแสงลดลง มีลักษณะของลำแสงตรงกึ่งกลางเป็นวงกลมที่ใหญ่กว่า วัดเส้นผ่านศูนย์กลางได้เท่ากับ 7 mm. และมีความเข้มแสงวัดได้เท่ากับ 1244 LUX ส่วนลำแสงบริเวณขอบเป็นสีแดงอ่อนๆ

เมื่อนำภาพถ่ายลำแสงเลเซอร์ที่ระยะ 180 cm. ความละเอียดภาพเท่ากับ 2681 x 2681 พิกเซล มาแสดงผลของความเข้มแสงด้วยภาพ 3 มิติ ที่สร้างจากโปรแกรม Matlab ได้ผลภาพดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ภาพ 3 มิติของความเข้มแสงเลเซอร์ ที่ระยะ 180 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการพัฒนาต้นแบบของระบบรับส่งข้อมูลแบบไร้สายซึ่งสามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้ง 2 ทิศทาง (full duplex communication) โดยเขียนโปรแกรมรับส่งข้อมูลขึ้นเองด้วย Visual c# เพื่อรับส่งข้อมูลประเภท text file ระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง ผ่านพอร์ต USB ที่ระยะห่างต่างๆ และสามารถบันทึกไฟล์ข้อมูลที่รับได้ลงในคอมพิวเตอร์ปลายทางได้ เพื่อแก้ไขปัญหา 2 ข้อ ที่เกิดขึ้นจากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Terminal V1.9 โดยข้อแรกคือ การเชื่อมต่อ COM port เช่น COM 6 สำหรับการส่งข้อมูล และ COM 3 สำหรับการรับข้อมูล โดยใช้โปรแกรม Terminal V1.9 นั้น พบปัญหาว่าเชื่อมต่อยากในหลายครั้งไม่สามารถเชื่อมต่อได้ ถึงแม้ว่าจะทำการปิดโปรแกรม Terminal V1.9 และถอดพอร์ตออกแล้วเสียบใหม่ ก็ยังพบปัญหาเชื่อมต่อยากเช่นเดิม และข้อที่สองคือ ไม่สามารถ save ข้อมูลที่รับได้ในหน้าต่างรับข้อมูล ของโปรแกรม Terminal V1.9 ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ เนื่องจากโปรแกรม Terminal V1.9 ทำหน้าที่เพียงแค่แสดงข้อมูลที่รับได้เท่านั้น

ในส่วนของตัวส่งข้อมูลแสง เราใช้เลเซอร์พอยเตอร์สีแดงเป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้อินฟราเรดโฟโตไดโอดเป็นตัวรับแสง เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ white LEDs เป็นตัวส่งข้อมูลแสง และใช้ Si Photodiode เป็นตัวรับข้อมูลแสง คือ เมื่อระยะห่างระหว่างตัวรับแสงและตัวส่งข้อมูลแสงห่างกันมากกว่า 12 cm. ขึ้นไป การรับ-ส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง มีความผิดพลาดของข้อมูลเกิดขึ้นเป็นอย่างมาก เนื่องจากความเข้มแสงของ white LEDs น้อยลงมากเมื่อเดินทางเป็นระยะทางที่มากขึ้น ทำให้ตัวรับสัญญาณแสง รับสัญญาณไม่ค่อยได้หรือไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง

ในส่วนของการทดสอบความสามารถด้านอัตราบิตของการรับส่งข้อมูล พบว่าต้นแบบระบบนี้สามารถรับ-ส่งข้อมูลแบบ 2 ทิศทาง (full duplex communication) ในเวลาเดียวกันได้ด้วยอัตราบิตสูงสุดเท่ากับ 0.2 Mbit/s ที่ระยะห่าง 180 cm. และสามารถรับ-ส่งข้อมูลด้วยอัตราบิตสูงสุดเท่ากับ 0.4 Mbit/s ที่ระยะห่าง 20 cm.

ในส่วนของการทดลองและประเมินความสามารถทางด้านความถูกต้องของข้อมูลที่รับได้เมื่อมีสิ่งกีดขวางเคลื่อนที่ตัดผ่านลำแสงที่เดินทางระหว่างวงจรส่งสัญญาณและวงจรรับสัญญาณ พบว่าต้นแบบระบบนี้ยังคงสามารถรับส่งข้อมูลได้ และมีความผิดพลาดเกิดขึ้นเป็นบางตัวอักษรในขณะที่มีสิ่งกีดขวางเคลื่อนที่ตัดผ่านลำแสง นอกจากนี้ยังพบว่าที่อัตราบิตการรับส่งข้อมูลสูงขึ้น จะปรากฏความผิดพลาดของตัวอักษรน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนสุดท้าย ซึ่งเป็นส่วนของการภาพ 3 มิติของความเข้มแสงของเลเซอร์ ที่ระยะห่าง 20 cm. เปรียบเทียบกับภาพ 3 มิติของความเข้มแสงของเลเซอร์ ที่ระยะห่าง 180 cm. พบว่าที่ระยะห่างมากขึ้น ลำแสงเลเซอร์จะมีการบานออก (diverse) และความเข้มแสงน้อยลง ซึ่งเป็นพฤติกรรมปกติของแสง เมื่อเดินทางไกลขึ้น ลำแสงจะมีการบานออกและความเข้มแสงลดลงตามระยะทางที่มากขึ้น

ซึ่งในอนาคตหากทำการพัฒนาระบบด้วยการทำให้เลเซอร์มีความเข้มแสงมากขึ้นที่ระยะทางไกลๆ และใช้เลนส์รวมแสง เพื่อโฟกัสลำแสงไปตกที่บริเวณรับแสงของโฟโตไดโอดอย่างเต็มที่ จะทำให้ระบบสามารถรับส่งข้อมูลด้วยอัตราบิตที่สูงมากกว่านี้ได้ ซึ่งจะส่งผลให้ความผิดพลาดของตัวอักษรจะยิ่งเกิดขึ้นน้อยลงกว่านี้ได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Le-Minh, H., O'Brien-Dc, Faulkner, G., Zeng, L., and Lee, K, "High-Speed visible light communications using multiple-resonant equalization", Photonics Technology Letters, 2008, 20, (15), pp. 1243-4245.
2. J. Vucic, C. Kottke, S. Nerreter, K. Habel, A. Buttner, K. D. Langer and J. W. Waleski, "125 Mbit/sover 5 m Wire-less Distance by Use of OOK-Modulated Phosphorescent White LEDs," *Processing of 35th European Conference of Optical Communication*, 20-24 September 2009.
3. R. Mesleh, H. Elgala and H. Hass, "Optical Spatial Modulation," *Journal of Optical Communications and Networking*, Vol. 3, No. 3, 2011, pp. 234-244.
4. C. H. Yeh, Y. F. Liu, C. W. Chow, Y. Liu, P. Y. Huang and H. K. Tsang, " Investigation of 4-ASK Modulation with Digital Filtering to Increase 20 Times of Direct Modulation Speed of White- Light LED Visible Light Communication System", *Optics Express*, Vol. 20, No. 15, 2012, pp. 16218-16223.
5. Yu Yang, Xiongbin Chen, Lin Zhu, Bo Liu, Hongda Chen, "Design of Indoor Wireless Communication System Using LEDs" *Communications and Photonics Conference and Exhibition (ACP)*, 2009, pp.1-2.
6. 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.
7. 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.
8. 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)	นางสาว ธนภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)	Miss Tanaporn Leelawattananon
หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก	ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่อยู่	เลขที่ 3 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กทม. 10520
โทรศัพท์	02-329-8000 ต่อ 6212
โทรศัพท์มือถือ	089-131-5442
E-mail:	kltanapo@kmitl.ac .th

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา
2540	ปริญญาตรี	วท.บ.	ฟิสิกส์	สจล.กรุงเทพฯ
2548	ปริญญาโท	วท.ม.	วิทยาการสารสนเทศ	สจล.กรุงเทพฯ

ประสบการณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ/หรือที่ผ่านมา ทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

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

ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการวิจัย

แหล่งทุนสนับสนุน เงินรายได้ ประจำปี 2553

งบประมาณ 50,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b. โครงการวิจัยเรื่อง "การวัดความเรียบของพื้นผิวโดยใช้เทคนิคอินเตอร์เฟอโรมิตรีแบบเลื่อนเฟส"

ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการวิจัย
แหล่งทุนสนับสนุน เงินรายได้ ประจำปี 2556
งบประมาณ 50,000 บาท

c. โครงการวิจัยเรื่อง "การพัฒนาต้นแบบของระบบส่งข้อมูลทางแสงแบบไร้สายสำหรับการใช้งานภายใน
อาคาร "

ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการวิจัย
แหล่งทุนสนับสนุน เงินรายได้ ประจำปี 2557
งบประมาณ 50,000 บาท

ผลงานตีพิมพ์

1. Thanaporn Leelawattananon and Suphamit Chittayasothorn, **The ORM Model as a Knowledge Representation for E-tutorial Systems**, Proceedings of the 6th International Conference on Enterprise Information Systems 2004, vol.2, 2004, pp. 479-484, Feb.12-16, 2004, Porto, Portugal.

2. Thanaporn Leelawattananon and Suphamit Chittayasothorn , **A Student-oriented Physics E-tutorial System**, Proceedings of the 9th WSEAS International on COMPUTERS 2005, July 11-16, 2005, Vouliagmeni, Athens, Greece.

3. Thanaporn Leelawattananon and Worakarn Neeyakorn, **Experimental Study of Visible Light Data Transferring System Based on High Power white LEDs**, Proceedings of the 3rd International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS 2014), 2014, pp. 451-458, Dec.29-31, 2014, Hong Kong.

4. 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้