



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบตรวจจับคนเดินเท้าด้วยเลเซอร์ย่านอินฟราเรด Infrared Laser-based Pedestrian Tracking System

นาย กฤษกร โล้เจริญรัตน์ ภาควิชาฟิสิกส์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561
คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ ระบบตรวจจับคนเดินเท้าด้วยเลเซอร์ย่านอินฟราเรด

แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 50,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2560 ถึง 30 กันยายน 2561

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ นาย กฤษกร โล้เจริญรัตน์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

บทคัดย่อ

เนื่องจากในปัจจุบันการดำเนินชีวิตของผู้พิการทางสายตามักประสบปัญหาเกี่ยวกับการเดินทาง จึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการนำทาง ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างระบบตรวจจับคนเดินเท้าที่ควบคุมด้วยโปรแกรม Arduino โดยที่นำไปติดตั้งบนไม้เท้าขาวซึ่งมีขนาดกะทัดรัดและน้ำหนักเบา ระบบตรวจจับคนเดินเท้าด้วยเลเซอร์ย่านอินฟราเรดนี้เหมาะสำหรับผู้พิการทางสายตาซึ่งสามารถตรวจจับวัตถุได้ไกลห่างจากผู้พิการทางสายตาในช่วง 0 - 3000 เซนติเมตร ระบบตรวจจับคนเดินเท้าด้วยเลเซอร์ย่านอินฟราเรดมีความแม่นยำในการตรวจจับวัตถุในอาคารที่หลากหลายอย่างเช่น มนุษย์ ไม้ และซีเมนต์ สามารถส่งข้อมูลระยะทางของวัตถุกลับมายังผู้ใช้งานได้อย่างรวดเร็ว ผู้วิจัยยังได้ทำการออกแบบการเชื่อมต่อระบบสื่อสารแบบไร้สายกับระบบตรวจจับด้วยเลเซอร์ย่านอินฟราเรด โดยออกแบบไม้เท้าอัจฉริยะที่มีระบบตรวจจับและระบบสื่อสารแบบไร้สายในรูปแบบเสียงจากการใช้โมดูล MP3 ซึ่งการทำงานของระบบสื่อสารแบบไร้สายจะรับข้อมูลที่เป็นค่าระยะทางจากระบบตรวจจับด้วยเลเซอร์ย่านอินฟราเรดโดยใช้บลูทูธในการรับ-ส่งข้อมูล และมีการประมวลผลการตรวจจับวัตถุที่ระยะทางในช่วง 0 - 3000 เซนติเมตร จากนั้นมีการสื่อสารออกมาในรูปแบบ เสียง 9 รูปแบบตามช่วงระยะทางดังกล่าวเป็นเสียงแจ้งเตือนออกไปยังหูฟังแก่ผู้พิการทางสายตา

คำสำคัญ : ระบบตรวจจับ, ไม้เท้าอัจฉริยะ, คนตาบอด, เลเซอร์, อินฟราเรด

Research Title: Infrared Laser-based Pedestrian Tracking System

Main-Researcher:

Mr. Kitsakorn Locharoenrat

Faculty: Science

Department: Physics

ABSTRACT

Since at the present the poor-vision people often face the problems when travelling somewhere else, they are suggested to take the electronic devices for navigators. Therefore this work is aim to design and construct the infrared laser-based pedestrian tracking system connected with Arduino program attached to a top of the white cane. This device is compact and light weight. The system is suitable for blind people as it is able to detect the obstacles 0 - 3,000 cm away from the blind people. The tracking system show a good accuracy of the distance detection under the indoor area and sent data back quite fast when it is performed for the different obstacles such as human, wood and cement. Furthermore, I have designed the infrared laser-based tracking system in cooperation with Bluetooth. I make the smart cane with infrared laser distance sensor and voice alert sensor with MP3 module as it is able to detect the obstacles and receive the distance data from the infrared laser distance sensor through HC-05 Bluetooth. Next, the device assesses the detection distance data 0 - 3000 cm and sends the distance data to the headset. Finally this distance data matching with voice alert conditions 1 up to 9 sounds corresponding to the designed distance detection. Hence, the infrared laser-based tracking system managed with Bluetooth is very precise and reliable.

Keywords: Tracking system, Smart cane, Blind people, Laser, Infrared.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

นาย กฤษกร โส้เจริญรัตน์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 เลเซอร์	4
2.2 Lidar	5
2.3 รูปแบบการรับส่งข้อมูล	7
2.4 Bluetooth	7
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
2.6 เอกสารอ้างอิง	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	15
บทที่ 4 ผลการวิจัย	27
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	33
บทที่ 6 สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย	34
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงานวิจัย	2
2.1 คุณสมบัติของ Lidar lite version 3	5
2.2 คุณสมบัติของเลเซอร์	6
3.1 อุปกรณ์หลักสำหรับตรวจจับ	15
3.2 อุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้สร้างระบบการแจ้งเตือนด้วยเสียง	21
4.1 การตรวจจับและแจ้งเตือนวัตถุที่คขวางที่เป็นมนุษย์	29
4.2 การตรวจจับและแจ้งเตือนวัตถุที่คขวางที่เป็นไม้	29
4.3 การตรวจจับวัตถุและแจ้งเตือนวัตถุที่คขวางที่เป็นซีเมนต์	30
4.4 เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนระหว่างระยะทางที่วัดได้ของสิ่งกีดขวางทั้ง 3 ชนิด	30
4.5 เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนระหว่างระยะทางที่วัดได้ของสิ่งกีดขวางทั้ง 3 ชนิด กับการแจ้งเตือน	32

VII

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 Lidar Lite version 3	5
3.1 Lidar-Lite version 3	16
3.2 Arduino Nano	16
3.3 HC-05 Bluetooth Module	16
3.4 Tower Pro MG995 DIGI Hi-Speed Servo	17
3.5 หลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับวัตถุ (a) และระบบการแจ้งเตือนด้วยเสียง (b)	18
3.6 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ตรวจจับ	18
3.7 วงจรที่ใช้ในการทำ PCB ในอุปกรณ์ตรวจจับ	19
3.8 อุปกรณ์ตรวจจับที่ติดกับไม้เท้าขาว	19
3.9 การทดลองวัดการตรวจจับ	21
3.10 บอร์ด HC-05 Bluetooth Module ด้านหน้า (a) และหลัง (b)	22
3.11 บอร์ด Arduino Uno R3	22
3.12 บอร์ด ThaiEasyElec MP3 Embedded Module ด้านหน้า (a) และหลัง (b)	23
3.13 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์เสียงแจ้งเตือน	23
3.14 วงจรที่ใช้ในการทำ PCB ในอุปกรณ์แจ้งเตือนด้วยเสียง	24
3.15 อุปกรณ์ทั้งหมดสำหรับระบบแจ้งเตือนด้วยเสียง	24
4.1 ระยะทางที่ออกแบบกับระยะทางที่วัดได้จริง เมื่อวัตถุตั้งกึ่งกลางคือมนุษย์	27
4.2 ระยะทางที่ออกแบบกับระยะทางที่วัดได้จริง เมื่อวัตถุตั้งกึ่งกลางคือไม้	27
4.3 ระยะทางที่ออกแบบกับระยะทางที่วัดได้จริง เมื่อวัตถุตั้งกึ่งกลางคือซีเมนต์	28

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

ปัจจุบันยังคงมีผู้ที่มีปัญหาทางด้านสายตาได้แก่ คนตาบอด และผู้ที่มีความสามารถต่ำในการมองเห็น เป็นต้น ทำให้บุคคลเหล่านี้ประสบปัญหาและข้อจำกัดในการดำเนินในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะการเดินทางไปในสถานที่ต่างๆทั้งในอาคารและนอกอาคาร อาจเกิดอันตรายจากการเดินไปชนวัตถุที่กีดขวางอยู่ข้างหน้า การนำทางผู้ที่มีปัญหาทางด้านสายตามีหลากหลายรูปแบบ เช่น ใช้สุนัขนำทาง เป็นต้น แต่ยังคงมีข้อจำกัดเนื่องจากสุนัขนำทางต้องผ่านการฝึกฝนมาเป็นอย่างดี ดังนั้นเครื่องมือประเภทอิเล็กทรอนิกส์จึงเป็นทางเลือกอย่างหนึ่งสำหรับการนำทางให้แก่บุคคลเหล่านี้ การที่ผู้ที่มีปัญหาทางด้านสายตาจะสามารถหลีกเลี่ยงวัตถุสิ่งกีดขวางที่อยู่ตรงหน้าได้นั้นเป็นเรื่องที่ยากลำบากโดยเฉพาะภายในอาคารซึ่งมีวัตถุหลากหลายชนิดที่อาจจะเดินไปชนเป็นอันตรายได้ ในปัจจุบันจึงมีการศึกษาและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้นำทางในอาคาร โดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ามาช่วยส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการเหล่านี้ เช่น ไม้เท้าสำหรับคนตาบอดอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะมีการติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิกวัดระยะทางบนไม้เท้าที่สามารถวัดระยะระหว่างสิ่งกีดขวางกับผู้ใช้งาน ทำให้สามารถช่วยเหลือการเดินทางของคนที่มีปัญหาทางด้านสายตา นอกจากนี้ไม้เท้าผู้ใช้ระบบแจ้งเตือนสิ่งกีดขวางเมื่อผู้พิการทางสายตาพบสิ่งกีดขวางที่อยู่ด้านหน้าจะมีการแจ้งเตือนรูปแบบต่างๆ เช่น โดยการส่งสัญญาณเสียงบี๊บโดยใช้ buzzer การสั่นโดยใช้ vibration motor แต่ระบบแจ้งเตือนเหล่านี้ยังมีข้อบกพร่องด้านการแจ้งเตือนออกมาในรูปแบบของเสียง คือการบอกระยะทางที่ผิดพลาดโดยเสียงแจ้งเตือนที่เปล่งออกมาไม่ได้บอกระยะทางที่ชัดเจนทำให้เกิดความบกพร่องในการแจ้งเตือนและเสียงที่เปล่งออกมาเสียงดังรบกวนผู้คนรอบข้าง

ด้วยเหตุผลดังกล่าวมาข้างต้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาและออกแบบอุปกรณ์ไม้เท้าที่ประกอบด้วยเซ็นเซอร์อินฟราเรดเลเซอร์โดยใช้การควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยโปรแกรม Arduino เป็นตัวตรวจจับสิ่งกีดขวางที่อยู่ข้างหน้าของผู้ใช้งาน เนื่องจากเซ็นเซอร์อินฟราเรดเลเซอร์นั้นมีความแม่นยำที่สูงในการตรวจจับวัตถุที่อยู่ในระยะที่ไกล อีกทั้งสถานที่ภายในอาคารมีพื้นที่ค่อนข้างจำกัด ซึ่งตัวอินฟราเรดเลเซอร์มีลำแสงที่เป็นแนวเส้นตรงที่บานออกน้อยจึงทำให้การใช้อินฟราเรดเลเซอร์นั้นมีความเหมาะสมที่จะใช้ตรวจจับวัตถุกีดขวางภายในอาคาร เช่น โรงพยาบาล สถานที่ส่วนตัว และสถานที่ราชการ เป็นต้น ผู้วิจัยทำได้ติดตั้ง Lidar (Light Detection and Raging) sensor อินฟราเรดเลเซอร์บริเวณด้านบนของไม้เท้าขบวนนำทางคนตาบอด ที่มีความสามารถในการส่งผ่านข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ นอกจากนี้ไม้เท้าขบวนจะใช้ระบบแจ้งเตือนในรูปแบบของเสียง โดยการส่งสัญญาณการตรวจจับจาก Lidar sensor ไปยังบลูทูธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นบลูทูธจะส่งไปยัง MP3 ออกมาในรูปแบบของการแจ้งเตือนแบบเสียง เสียงที่แจ้งเตือนมีการบอกระยะทางที่ละเอียดมากยิ่งขึ้น เช่น อีก 2 ก้าวถึงวัตถุ หรือเสียงของการแจ้งเตือนเมื่อเข้าใกล้วัตถุมากขึ้นเสียงบี๊ปจะดังยิ่งขึ้น การแจ้งเตือนในรูปแบบเสียงถูกบันทึกไว้ในเครื่องมือ MP3 ถูกส่งออกมาเป็นเสียงทางหูฟัง เพื่อไม่ให้เสียงดังรบกวนผู้อื่น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 ออกแบบและสร้างระบบนำทางเพื่อผู้คนที่มีความพิการทางด้านการได้ยินโดยใช้เลเซอร์ตรวจจับย่านอินฟราเรด
- 1.2.2 ออกแบบระบบไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้บอร์ด Arduino
- 1.2.3 สร้างระบบแจ้งเตือนแบบไร้สายในรูปแบบเสียงโดยใช้โมดูล MP3 รับคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีระบบตรวจจับวัตถุ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ออกแบบและสร้างตัวอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วยเซ็นเซอร์อินฟราเรดเลเซอร์เป็นตัวตรวจจับระยะไกล บอร์ด Arduino เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดกะทัดรัดและน้ำหนักเบา โดยการตรวจจับระยะทางได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ อุปกรณ์สามารถตรวจสอบอุปสรรคต่างๆ เช่น มนุษย์ สัตว์ และโต๊ะภายในอาคาร นอกจากนี้ผู้วิจัยจะทำการพัฒนาระบบแจ้งเตือนแบบไร้สายในรูปแบบเสียงโดยใช้โมดูล MP3 จากนั้นจะทำการเชื่อมต่อระบบแจ้งเตือนเข้ากับระบบตรวจจับวัตถุ โดยจะรับคำสั่งจากระบบตรวจจับวัตถุไปยังระบบสื่อสารแบบไร้สายและแจ้งเตือนออกมาในรูปแบบเสียง

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยมีระยะเวลาในการจัดทำรวมทั้งสิ้น 12 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2560 ถึง เดือนกันยายน 2561 ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานวิจัย

ผลงาน/กิจกรรม	เดือน	เดือน	เดือน	เดือน	เดือน	เดือน
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1) ค้นคว้าและศึกษาคุณสมบัติของระบบแจ้งเตือน	←→					
2) นำ Bluetooth มาเชื่อมต่อกับระบบตรวจจับ		←→	→			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ทำบอร์ควางจร และประกอบชิ้นส่วนของอุปกรณ์ต่างๆ เกิดเป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์							
4) เก็บผลการทดลองและประมวลข้อมูล							
5) สรุปงานวิจัยพร้อมเขียนรายงาน							

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถสร้างอุปกรณ์ไม้เท้าสำหรับผู้พิการทางสายตาที่ประกอบด้วยเซ็นเซอร์อินฟราเรด เลเซอร์เป็นตัวตรวจจับระยะไกลโดยอุปกรณ์สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางต่างๆ และแสดงค่าระยะทางอุปสรรคได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ

1.5.2 เพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้งานผ่านสัญญาณบลูทูธ ไม่มีสายมาเกาะกะหรือพันกันยุ่งเหยิงในระหว่างการใช้งานไม้เท้านำทางภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เลเซอร์

เลเซอร์คืออุปกรณ์ที่ทำให้กำเนิดแสงโดยพลังงานจากแสงเลเซอร์จะมีคุณสมบัติที่หลากหลายขึ้นอยู่กับกรอกแบบและการนำไปใช้งาน เลเซอร์ถูกการค้นพบครั้งแรกโดยในในปี ค.ศ.1954 ซี เอช ทาวน์ส ได้เสนอหลักการเกี่ยวกับเลเซอร์เอาไว้ ต่อมาในปี ค.ศ. 1960 ทีโอดอร์ ไมแมน จากสถาบันวิจัยฮิวจ์ได้ทำการประดิษฐ์เลเซอร์เครื่องแรกของโลกขึ้น โดยเป็นเลเซอร์ที่ทำจากทับทิมจัดว่าเป็นเลเซอร์แบบของแข็ง และในปีเดียวกัน จาเวน ได้ประดิษฐ์เลเซอร์ที่ทำจากก๊าซฮีเลียม-นีออน ได้เป็นผลสำเร็จซึ่งถือว่าเป็นเลเซอร์แบบก๊าซ จากนั้นจึงเกิดพัฒนาการเกี่ยวกับเทคโนโลยีเลเซอร์ขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันมีการผลิตเลเซอร์ชนิดต่างๆออกมามากมายซึ่งมีทั้งที่ทำจากตัวกลางเลเซอร์ที่เป็นของแข็ง ของเหลว ก๊าซ และสารกึ่งตัวนำจำพวกไดโอด

หลักการของเลเซอร์คือการเพิ่มจำนวนโฟตอนหรือเพิ่มความเข้มแสงให้มากขึ้นกว่าเดิม โดยปกติอะตอมหรือโมเลกุลจะอยู่ในชั้นพลังงานต่ำสุด (E1) เพราะเป็นสภาวะที่มีความเสถียรภาพมากกว่า แต่เมื่ออะตอมหรือโมเลกุลนั้นๆถูกกระตุ้นจะเกิดการดูดกลืนแสงหรือพลังงานที่มากกว่า ทำให้อะตอมหรือโมเลกุลขึ้นไปอยู่ในชั้นพลังงานที่สูงกว่า (E2) แต่สถานะพลังงานในชั้นพลังงาน E2 นั้นมีความไม่เสถียร อะตอมหรือโมเลกุลจึงสามารถคงตัวได้เพียงชั่วระยะเวลาหนึ่ง แล้วคายพลังงานออกมาเพื่อทำให้ตัวเองอยู่ในสภาวะเสถียรอีกครั้งในชั้นระดับพลังงาน E1 ดังนั้นพลังงานที่อะตอมหรือโมเลกุลปล่อยออกมาจึงมีค่าเท่ากับผลต่างของพลังงานระหว่าง E2 - E1 การคายพลังงานออกมาหรือการเปล่งแสงในลักษณะนี้ถูกเรียกว่าเปล่งแสงแบบเกิดขึ้นเอง สำหรับการเปล่งแสงแบบถูกเร้าจะแตกต่างกับการเปล่งแสงแบบเกิดขึ้นเอง เมื่ออะตอมหรือ โมเลกุลขึ้นไปอยู่ที่ระดับพลังงานที่สูงกว่าใน E2 และมีการฉายแสงต่อเนื่องเข้าไปโดยแสงที่ฉายเข้าไปนั้นจะต้องมีค่าพลังเท่ากับผลต่างของชั้นพลังงานที่อะตอมหรือ โมเลกุลได้ดูดกลืนเอาไว้ แสงที่ถูกปล่อยออกมาและแสงที่ถูกฉายเข้าไปเพื่อเร้ามีทั้งพลังงานที่เท่ากัน มีทิศทางเคลื่อนที่แบบเดียวกัน และเฟสของคลื่นที่เหมือนกัน เมื่ออะตอมหรือโมเลกุลของเนื้อวัสดุที่นำมาใช้ทำเลเซอร์อยู่ในสภาวะถูกกระตุ้นดังกล่าว แสงเคลื่อนที่ผ่านเนื้อวัสดุของเลเซอร์ที่ถูกกระตุ้นก็ยิ่งทำให้เกิดการคายแสงมากขึ้น ทำให้ความเข้มแสงเพิ่มขึ้นหรือจำนวนโฟตอนเพิ่มขึ้น หลักการนี้คือการขยายแสงเพื่อให้โฟตอนมีจำนวนมากพอซึ่งกระทำโดยการใช้กระจก 2 ชิ้นวางขนานกันที่ปลายทั้งสองของเนื้อวัสดุที่จะทำหน้าที่สะท้อนให้โฟตอนวิ่งกลับไปมาในเนื้อวัสดุอันเป็นตัวกลางเลเซอร์จนได้ปริมาณมากพอและเมื่อมีความเข้มสูงจนเกิด gain ที่มีค่ามากกว่าพลังงานของระบบลำแสงของเลเซอร์จึงพุ่งออกมา [1]

2.2 Lidar (Light Detection and Range)

เป็นระบบค้นหาวัดถุเหมือนกับระบบเรดาร์ แต่ใช้แสงเลเซอร์แทนการใช้คลื่นสัญญาณวิทยุในเรดาร์ซึ่งทำให้มีความแม่นยำมากกว่า ในปัจจุบัน Lidar ใช้เป็นเซนเซอร์สำหรับรถขับเคลื่อนอัตโนมัติโดยที่เซนเซอร์ Lidar ใช้ค้นหาวัดถูรอบรถขับเคลื่อนอัตโนมัติ อีกทั้งยังใช้ในการสำรวจทางโบราณคดีโดยใช้ดาวเทียมที่มีระบบ Lidar ยกตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ Lidar lite v3 เป็นส่วนที่มีประสิทธิภาพสูงและการวัดแสงของระยะทาง โมดูลสามารถใช้ในหุ่นยนต์ และยานพาหนะอื่นๆ มีความน่าเชื่อถือสูงและมีประสิทธิภาพการทำงานที่สูง มีขนาดเล็กและได้มาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยประสิทธิภาพของ Lidar lite v3 แสดงในตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของเลเซอร์แสดงในตารางที่ 2.2 [2]



รูปที่ 2.1 Lidar Lite version 3

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของ Lidar lite version 3

Description	Specification
Range (70%) reflective target	40 m (131 ft.)
Resolution	+/- 1 cm (0.4 in.)
Accuracy < 5 cm	±2.5 cm (1 in.) typical
Accuracy ≥ 5 cm	±10 cm (3.9 in.) typical Mean ±1% of distance maximum Ripple ±1% of distance maximum
Update rate (70% Reflective Target)	270 Hz typical 650 Hz fast mode >1000 Hz short range only
Repetition rate	~50 Hz default 500 Hz max

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของเลเซอร์

Description	Value
Wavelength	905 nm
Total laser power	1.3 W
Mode of operation	Pulsed (256 pulse max. pulse train)
Pulse width	0.5 μ s (50% duty Cycle)
Pulse train repetition frequency	10 - 20 KHz nominal
Energy per pulse	< 280 nJ
Beam diameter at laser aperture	12 x 2 mm (0.47 x 0.08 in.)
Divergence	8 mRad

ในการวัดค่าอุปกรณ์นี้จะทำการปรับค่าความสอดคล้องของตัวรับสัญญาณก่อนเป็นประจำเพื่อแก้ไขระดับแสงโดยรอบและให้ความไวสูงสุด จากนั้นอุปกรณ์จะส่งสัญญาณอ้างอิงจากเครื่องส่งสัญญาณไปที่ผู้รับและจัดเก็บ signature ต่อมาอุปกรณ์จะกำหนดเวลาล่าช้าสำหรับระยะทางที่ "ศูนย์" คำนวณความล่าช้านี้เป็นระยะๆหลังจากการวัดหลายครั้ง ถัดไปอุปกรณ์จะเริ่มการวัดและรับข้อมูลแต่ละครั้งที่เครื่องรับ ถ้ามีการจับคู่สัญญาณผลลัพธ์จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำเป็นบันทึกความสัมพันธ์ การรวบรวมครั้งต่อไปจะสรุปกับผลก่อนหน้านี้ เมื่อวัดดูในระยะทางหนึ่งสะท้อนให้เห็นถึงสัญญาณเลเซอร์กลับไปยังอุปกรณ์ที่ได้มาช้าๆเหล่านี้ทำให้เกิดขดเกิดขึ้นจากเสียงรบกวนที่ตำแหน่งระยะทางที่สอดคล้องกัน ในความสัมพันธ์ที่บันทึกไว้ อุปกรณ์ดังกล่าวรวมสิ่งที่ได้มาไว้จนกว่าสัญญาณจะมีค่าสูงสุดในความสัมพันธ์ระยะเบี่ยงถึงค่าสูงสุด ถ้าสัญญาณกลับไม่แรงพอสำหรับอุปกรณ์นี้ อุปกรณ์จะหยุดที่การได้รับสูงสุดที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ความแรงของสัญญาณคำนวณจากขนาดของจุดสูงสุดของการบันทึกสัญญาณและเกณฑ์สัญญาณที่ถูกต้องถูกคำนวณจากพื้นเสียงรบกวน ถ้าจุดสูงสุดคือเหนือเกณฑ์นี้การวัดถือว่าถูกต้องและอุปกรณ์จะคำนวณระยะทาง มิฉะนั้นจะรายงาน 1 ซม. เมื่อเริ่มต้นต่อไปการวัดอุปกรณ์จะล้างการบันทึกสัญญาณและเริ่มการทำงานของซีควเอนซ์อีกรอบ การหาระยะทางที่เลเซอร์ตรวจจับได้สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.1)

$$D = \frac{\text{Pulse width}}{10\mu\text{s/cm}} \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 รูปแบบการรับส่งข้อมูล

I2C (Inter-IC Communication) เป็นระบบสื่อสารข้อมูลที่ใช้สาย 2 สายในการส่งข้อมูล คือ สาย SDA (Serial Data Line) และสาย SCL (Serial Clock Line) สาย SDA คือ สายที่ใช้ในการส่งข้อมูล และสาย SCL เป็นสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดจังหวะการทำงาน จัดว่าเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ระบบในการสื่อสาร ด้วยเหตุผลที่ว่าใช้สายสัญญาณน้อย รับส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูง และสามารถต่อพ่วงกับอุปกรณ์ต่างๆ ได้หลายตัว ทำได้โดยการกำหนด address ของแต่ละตัวให้แตกต่างกัน คือ master คืออุปกรณ์ที่ทำการส่งข้อมูล และ slave คืออุปกรณ์ที่รับข้อมูล ในการทำงานจะเริ่มติดต่อกับระบบ I2C Bus จำเป็นต้องมีการสร้างเงื่อนไขของสายสัญญาณเพื่อให้อุปกรณ์ slave เตรียมตัวรับข้อมูล เงื่อนไขคือให้ SCL = 1 และให้ SDA เปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 ส่วนการหยุดการสื่อสารทำได้โดย ให้ SCL = 1 และให้ SDA เปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 เมื่ออุปกรณ์มาสเตอร์ทำการส่งข้อมูลให้อุปกรณ์ slave ครบ 8 บิตแล้ว อุปกรณ์ slave ต้องทำการบอกว่าได้รับข้อมูลครบแล้ว โดยการส่งบิต acknowledge ออกไปที่สาย SDA ให้อุปกรณ์มาสเตอร์รับรู้เพื่อที่จะได้ส่งข้อมูลถัดไปมาให้ให้อุปกรณ์ slave จากรูปบิต acknowledge จะส่งออกไปจากอุปกรณ์ slave ในสัญญาณนาฬิกาสูงที่ 9 การส่งบิต acknowledge ออกไปทำให้สถานะที่สาย SDA มีค่าลอจิก 0

PWM (Pulse Width Modulate) คือเทคนิคการส่งสัญญาณแบบสวิตช์ หรือ ส่งค่าดิจิทัล 0-1 โดยให้สัญญาณความถี่คงที่ การควบคุมระยะเวลาสัญญาณสูงและสัญญาณต่ำที่ต่างกันจะทำให้ค่าแรงดันเฉลี่ยของสัญญาณสวิตช์ต่างกันด้วยสำหรับ โมดูล PWM ของ Arduino มีความละเอียด 8 bit หรือ ปรับได้ 255 ระดับ ดังนั้นค่าสัญญาณ 0 ถึง 5 โวลต์ จะถูกแสดงเป็นสัญญาณแบบดิจิทัล จะได้ 0 ถึง 255 ซึ่งสามารถเทียบสัดส่วนคำนวณจากเลขจริงเป็นเลขทางดิจิทัลได้ [3]

2.4 Bluetooth

Bluetooth เป็นเทคโนโลยีความถี่วิทยุคลื่นสั้นที่คาดว่าจะเข้ามาแทนที่ของการใช้สายเคเบิลในอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อลดข้อยุ่งยากจากการใช้สายเคเบิลซึ่งอาจไม่สะดวกต่อการใช้งาน ซึ่งหากอุปกรณ์อยู่ในรัศมีของคลื่นก็สามารถเชื่อมการติดต่อได้ทันที ในอนาคตเทคโนโลยี Bluetooth จะถูกพัฒนาให้เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อเครือข่ายภายในกลุ่มย่อย อาทิเช่น ภายในรถยนต์หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านต่อเชื่อมเข้ากับเครือข่ายภายใน หรือแม้กระทั่งเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทำให้ผู้ใช้สามารถควบคุมอุปกรณ์ในบ้านจากระยะไกลได้

Bluetooth เป็นการส่งข้อมูลแบบ 2 ทางระหว่างอุปกรณ์กับอุปกรณ์ที่มีเทคโนโลยี Bluetooth เหมือนกันผ่านสื่อสื่อสารด้วยเทคโนโลยีความถี่วิทยุคลื่นสั้นช่วงความถี่ 2.40 และ 2.48 GHz และเพื่อป้องกันการชนกันของสัญญาณ (มีช่วงความถี่ใกล้เคียงกับสัญญาณ microwave) วิธีการส่งจะอาศัยเทคโนโลยีที่เรียกว่า frequency hopping ซึ่งมีหลักการการทำงานคือ จะแบ่งช่องสัญญาณออกเป็น

79 ช่องความถี่ (ช่องละ 1 MHz) และจะทำการเปลี่ยนแปลงระดับของความถี่ในกำลังส่งสัญญาณ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในทางอื่นไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1,600 ครั้งต่อ 1 วินาที นอกจากนั้น Bluetooth สามารถเชื่อมต่อในรูปแบบ oriented service ซึ่งจะมี 2 ช่องทางการสื่อสารในตัวเองที่เรียกว่า master และ slave กล่าวคือ master หรือ สถานีกระตุ่น ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของ slave ภายในระบบ และทำหน้าที่ในการกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆให้กับระบบ แลกเปลี่ยนข้อมูล โดย master จะวนมาสอบถามข้อมูลของ slave ทุกตัวที่อยู่ในระบบ ในการส่งข้อมูลสามารถส่งข้อมูลให้ทีละ slave เดียวหรือครั้งละหลายๆ slaves ก็ได้ ในขณะที่ slave หรือ สถานีถูกระทำ เนื่องจากไม่มีอำนาจในการถือครองบัสมีความสามารถเพียงรับส่งข้อมูลจากการร้องขอจาก master ได้แก่ อุปกรณ์อินพุทเอาต์พุทต่างๆ โดยที่ master จะเป็นผู้ส่งข้อมูลเกี่ยวกับข้อกำหนดต่างๆของรูปแบบการสื่อสารเพื่อเป็นข้อตกลงที่ใช้ระหว่างร่วมกันในการแลกเปลี่ยนข้อมูล โดย master จะวนมาสอบถามข้อมูลของ slave ทุกตัวที่อยู่ในระบบอยู่ตลอดเวลา [4]

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ยุพดี หัตถสิน และคณะได้ทำการศึกษาและพัฒนาไม้เท้าการนำทางโดยใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้พิการทางสายตาเนื่องจากในการดำเนินชีวิตของผู้พิการทางสายตาที่มักจะประสบปัญหาเกี่ยวกับการเดินทาง ในงานนี้ได้ทำการจัดทำแว่นตาแจ้งเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้พิการทางสายตา ซึ่งประยุกต์ใช้ ultrasonic sensor ติดตั้งไว้ที่ด้านซ้ายและขวาของแว่นตาเพื่อค้นหาสิ่งกีดขวางที่อยู่ด้านหน้า แล้วให้ ultrasonic sensor ที่ด้านซ้ายและขวาทำงานร่วมกัน มี accelerometer sensor สนับสนุนการหาค่าความเอียง เพื่อที่จะคำนวณหาการก้มและการเงยของศีรษะมาช่วยในการวิเคราะห์ลักษณะมุมมองของผู้ใช้งาน มี microcontroller เป็นตัวประมวลผลระบบ มีการแจ้งเตือนในหลากหลายรูปแบบ เช่น ตัน เสียงบีบ ตันกับบีบ และเสียงพูด เป็นต้น [5]

ปานรวี มณีอินทร์ และคณะนำระบบ RFID มาใช้สนับสนุนผู้พิการทางสายตาทำให้เดินทางได้สะดวกมากยิ่งขึ้น เนื่องจากระบบ RFID มีระบบเสียงและระบบเซนเซอร์อัลตราโซนิกที่ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อช่วยในการปรับปรุงการเดินทาง ระบบประกอบด้วยไม้เท้าสำหรับอ่านป้ายสัญญาณ ชุดอุปกรณ์ประมวลผล และหูฟัง ทำให้ช่วยลดอุปสรรคทางการเดินทาง ประโยชน์ของ RFID นอกจากทางด้านเทคโนโลยีที่นอกจากจะทำให้ผู้พิการทางสายตาเดินทางได้สะดวกยิ่งขึ้นแล้วยังส่งเสริมทางด้านสังคมที่ทำให้คนพิการทางสายตามีความเสมอภาคเทียบเท่ากับบุคคลทั่วไป ระบบ RFID จึงมีความสำคัญต่อผู้พิการทางสายตาทำให้มีอิสรภาพในการเดินทาง เพิ่มโอกาสทางการศึกษาและโอกาสทางสังคมได้มากยิ่งขึ้น [6]

อนุสรณ์ เราเท่า และคณะได้ทำการศึกษาออกแบบและพัฒนาระบบนำทางสำหรับผู้พิการทางสายตาด้วยหลักการคลื่นสะท้อน ให้ผู้พิการทางสายตาสามารถเดินทางหรือเคลื่อนที่ผ่านวัตถุต่างๆได้อย่างสะดวกและปลอดภัย โดยอุปกรณ์นำทางใช้งานด้วยการผูกติดกับข้อมือ รองรับระยะเวลาการใช้งานมากกว่า 18 ชั่วโมง ในการนำทางอาศัยหน่วยประมวลผลขนาดเล็กร่วมกับอุปกรณ์เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก อุปกรณ์วัดโมเมนต์เชิงมุม และอุปกรณ์เตือนด้วยเสียง ช่วยในการอธิบายสถานการณ์ให้ผู้พิการทางสายตาได้รับทราบและเข้าใจต่อความหมายของการแจ้งเตือนได้ง่ายขึ้น การออกแบบชิ้นงานให้ความสำคัญต่อความแข็งแรงของโครงสร้าง ความสวยงาม ขนาดเล็กกะทัดรัด จากการศึกษาออกแบบทดสอบและประเมินผลลัพท์การทำงานพบว่า งานวิจัยนี้เลือกใช้แบตเตอรี่ NOKIA BL-4CT ขนาดความจุ 860 mAh ซึ่งมีขนาดเล็กที่สุด แต่ยังคงสามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์เตือนด้วยเสียงได้ยาวนานมากกว่า 18 ชั่วโมง อุปกรณ์นำทางสามารถตรวจหาวัตถุได้ในรัศมีสูงสุดที่ 2 เมตร แต่ทั้งนี้ระยะทางจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ ลักษณะพื้นผิวสัมผัสและลักษณะรูปทรงในการทดสอบการใช้งาน โดยผู้ใช้งานจริงทำการอธิบายการใช้งานเบื้องต้นและตลอดช่วงการทดสอบอยู่ภายใต้การดูแลของผู้ดูแลผู้พิการทางสายตาเพื่อยืนยันความถูกต้องของการประเมินผลลัพท์ลักษณะการทดสอบการใช้งานและการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งาน โดยผู้ใช้งานจริง [7]

ศุภกร กตาทิการกุล และคณะได้พัฒนาต้นแบบเครื่องมือตรวจจับดินสโลดัดแบบไร้สาย โดยใช้หลักการตรวจจับมุมที่เปลี่ยนไปตามแรงโน้มถ่วงของโลก โดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับการเอียง GY-291 และส่งข้อมูลผ่านระบบไร้สายโดยใช้โมดูล RF433MHz โดยสภาวะปกติระนาบทั้งแนวตั้งและแนวนอนจะคงที่ แต่เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของระนาบจากสภาวะปกติ ชุดแจ้งเตือนจะส่งสัญญาณเสียงไปที่ลำโพงบีตเซอร์ เทคนิคการวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ตรวจจับดินสโลดัดที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันได้ อีกทั้งได้เครื่องมือที่มีต้นทุนการผลิตต่ำใช้งานง่าย แต่มีประสิทธิภาพและความคล่องตัวในการใช้งาน [8]

กาญจนา จันทร์ประเสริฐ ได้พัฒนาเครื่องแจ้งเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้พิการทางสายตาที่ช่วยให้ผู้พิการทางสายตาให้การใช้ชีวิตประจำวันได้ตามปกติ เครื่องแจ้งเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้พิการทางสายตาประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนศิรัษะ ลำตัว และขา อาศัยหลักการทำงานของการสะท้อนของคลื่นโดยประยุกต์ใช้เซนเซอร์แบบอัลตราโซนิก SRF05 และ HC-SR04 เซนเซอร์ PIR เป็นตัวตรวจจับสิ่งกีดขวาง และควบคุมการทำงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARDUINO#ATMEGA 2560 ทำหน้าที่ประมวลผลกลาง โดยการทำงานของเครื่องแจ้งเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้พิการทางสายตาที่พัฒนานี้เป็นการทำงานแบบไร้สายเพื่อสะดวกต่อการใช้งาน การแสดงผลสัญญาณเตือนผู้พิการทางสายตาให้รับรู้ว่าสิ่งกีดขวางมี 2 ลักษณะ คือ การสั่นของมอเตอร์และเสียง 3 แบบ คือ “โปรดระวังศิรัษะคะ” “โปรดระวังผู้คนพลุกพล่านคะ” และ “โปรดระวังขาคะ” กำหนดโปรแกรมควบคุมเครื่องแจ้งเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้พิการทางสายตาจะเริ่มเตือนเมื่อสิ่งกีดขวางอยู่ห่างจากผู้พิการทางสายตา 40 ถึง 60 เซนติเมตร [9]

Y.S.H. Khraisat ได้การออกแบบระบบเรดาร์อินฟราเรดเพื่อใช้ในการตรวจจับวัตถุ โดยการสแกนด้วยมุม 180° และระยะห่างระหว่างเรดาร์กับวัตถุอยู่ที่ 10 ถึง 80 เซนติเมตร. ระบบนี้มี

การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการออกแบบซึ่งผู้ใช้งานจะได้ยินเสียงแจ้งเตือนและระยะห่างของวัตถุ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะสามารถอ่านได้บนหน้าจอ LCD ขนาดเล็ก ในการทำงานเริ่มจากการเปิดสวิทช์มอเตอร์จะเริ่มหมุนเป็นมุม 180° โดยมอเตอร์ stepper จะจับเซ็นเซอร์ IR ซึ่งประกอบด้วย emitter และเครื่องตรวจจับ emitter จะส่งสัญญาณอินฟราเรดเพื่อตรวจจับวัตถุ เมื่อสัญญาณนี้กระทบวัตถุสัญญาณจะสะท้อนกลับไปยังเครื่องตรวจจับ จากนั้นเครื่องตรวจจับจะส่งสัญญาณอนาล็อกที่มีแรงดันไฟฟ้าและมุมที่เหมาะสม แรงดันไฟฟ้าของสัญญาณนี้จะขึ้นกับระยะทาง 16F877A จะดำเนินการทางซอฟต์แวร์และแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลโดยใช้ A/D และให้คำสั่งไปที่แอลอีดีซึ่งจะบอกถึงทิศทางของวัตถุและแสดงระยะทางบนหน้าจอ LCD และจะส่งสัญญาณเตือนไปที่ลำโพง [10]

มีนักวิจัย พลกฤษณ์ และคณะสร้างไม้เท้าอัจฉริยะที่สามารถสั่งเพื่อเตือนผู้บกพร่องทางการมองเห็นที่ใช้งานไม้เท้านี้หากมีสิ่งกีดขวางที่อยู่ด้านหน้าด้วยระยะทางถึง 3 เมตร ทั้งยังตรวจจับวัตถุที่อยู่เหนือระดับเข่าขึ้นไป เช่น แผลก้น หรือป้ายที่ยื่นออกมา เป็นต้นซึ่งเป็นปัญหาต่อผู้พิการกลุ่มนี้ที่มักพบเมื่อใช้ไม้เท้านำทางแบบธรรมดา โดยสมาร์ทเคนตรวจจับสิ่งกีดขวางจากการใช้คลื่นเสียงอัลตราซาวนด์ส่งไปยังวัตถุรอบตัวผู้ใช้และเมื่อมีคลื่นเสียงสะท้อนกลับมาไม้เท้าอัจฉริยะนี้จะสั่งเตือนเพื่อให้ผู้ใช้เปลี่ยนทิศทางเดิน ผู้พิการอาสาสมัครทดลองใช้สมาร์ทเคนบอกว่าสิ่งประดิษฐ์นี้ช่วยให้ผ่อนคลายและเพิ่มความมั่นใจเมื่อเดินไปบนท้องถนนไม่ว่าจะไปทำงานหรือกลับบ้าน การเดินในห้างสรรพสินค้า เป็นต้น ซึ่งช่วยลดเวลาเดินทางลงถึง 25% จากเดิมที่เคยเดินทาง 10 นาที ตอนนี้ใช้เวลาเพียง 7 นาที เท่านั้น หรือยกตัวอย่างความสำเร็จของไม้เท้านี้กับเด็กหญิงคนหนึ่งที่บกพร่องด้านการมองเห็นในนครมุมไบว่าแต่ก่อนพ่อแม่ของเธอจะต้องเดินทางไปทุกที่ที่เธออยากไป แต่ตอนนี้เธอสามารถไปไหนมาไหนเองได้แล้ว ทีมวิจัยยังหวังว่าสมาร์ทเคนจะช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้กับคนตาบอด 39 ล้านคนทั่วโลกในราคาที่สัมผัสได้ซึ่งตั้งไว้ที่ราคาเพียง 3,000 รูปี [11]

I.Y. Chung และคณะได้พัฒนาระบบแอปพลิเคชันอัจฉริยะ Android สำหรับไม้เท้าขาว ซึ่งจะช่วยให้บุคคลที่มีความบกพร่องทางสายตาสามารถตรวจจับอุปสรรคในสภาพแวดล้อมของตนและนำทางพวกเขาไปยังจุดหมายปลายทางได้ นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มความสะดวกในการใช้งานเครือข่ายด้วยสมาร์ทโฟน ไม้เท้าขาวที่ออกแบบมารองรับแอปพลิเคชันเพื่อจับคู่กับสมาร์ทโฟน ใช้เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกเพื่อตรวจจับสิ่งกีดขวางในขณะที่เดินและใช้ gyro sensor เพื่อป้องกันการตก บอร์ดทดลองที่สร้างขึ้นจะจับคู่กับ App โทรศัพท์อัจฉริยะใช้โปรโตคอลแบบบลูทูธ [12]

M.F. Saaid และคณะได้สร้างไม้เท้าขาวที่มีช่วงการแจ้งเตือนสำหรับคนตาบอด โครงการนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อปฏิวัติแนวคิดโดยใช้ NI my RIO-1900 สามารถปรับเปลี่ยนเซ็นเซอร์สำหรับการตรวจจับสิ่งกีดขวางเพื่อให้เหมาะกับข้อกำหนดของผู้ใช้ ในขณะที่เอาท์พุทผลิตเป็นสัญญาณหูฟังผ่านหูฟัง โครงการนี้คาดว่าจะช่วยให้คนเดินเท้าบกพร่องได้อย่างอิสระโดยไม่จำเป็นต้องกวาดหรือเคาะไม้เท้าเนื่องจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระยะทางที่เกิดอุปสรรคและสภาวะการเดินที่ไม่ราบเรียบ

[13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E.A. Williams และคณะออกแบบและใช้วงจรรับสัญญาณอินฟราเรดแบบคู่สำหรับตรวจจับผู้บุกรุกมีการออกแบบและดำเนินการให้ระบบมีการตรวจจับผู้บุกรุกโดยใช้วงจรรับสัญญาณอินฟราเรดแบบคู่ ซึ่งวงจรรับสัญญาณอินฟราเรดแบบคู่เป็นวงจรที่มีการตรวจจับการกระจายแสงเป็นพื้นที่กว้างถูกกำหนดให้เป็นเขตป้องกันผู้บุกรุก วงจรรับอินฟราเรดแบบคู่เหมาะในการป้องกันความปลอดภัยที่แม่นยำที่จะถูกมนุษย์บุกรุก เช่น ในธนาคาร เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบระบบการตรวจจับผู้บุกรุกแบบไร้สายที่มีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้เหมาะสำหรับการป้องกันทรัพย์สินของมีค่าของมนุษย์ให้ปลอดภัยจากผู้บุกรุก โดยมีความผิดพลาดในการตรวจจับน้อยและมีการแจ้งเตือนแบบเสียง เสียงที่ได้จากระบบตรวจจับผู้บุกรุกจะช่วยให้เจ้าของทรัพย์สินสามารถถูกเตรียมตัวป้องกันจากผู้บุกรุกและสามารถติดต่อเจ้าหน้าที่เพื่อขอความช่วยเหลือได้อย่างรวดเร็ว [14]

S.K. Nandini และคณะทำการตรวจวัดระดับการข้ามทางรถไฟแบบอัตโนมัติที่มีระบบเตือนภัยด้วยอินฟราเรด การติดตั้งระบบในการข้ามทางรถไฟในพื้นที่ที่ไม่มีควมสม่ำเสมอจะทำให้ผู้ใช้ถนนตระหนักถึงขบวนรถไฟใกล้ทางข้ามรถไฟและลดความเสี่ยงการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละวันในการข้ามพื้นที่ที่ไม่มีควมสม่ำเสมอที่เพิ่มขึ้นและไม่มีการดำเนินการใดๆในพื้นที่เหล่านั้น โดยใช้เซนเซอร์วางไว้ที่ทางข้ามรถไฟหากรถไฟมาถึงจะถูกตรวจจับโดยเครื่องตรวจจับ IR ซึ่งวางอยู่ใต้รางรถไฟและห่างจากทางข้ามรถไฟประมาณ 3 กม. ซึ่งเมื่อเซนเซอร์เริ่มส่งสัญญาณเตือนระบบนี้ให้ความปลอดภัยกับผู้ใช้ถนนโดยหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุและเป็นประโยชน์ต่อสาธารณชน [15]

A.B.M. Kassim และคณะวิเคราะห์ประสิทธิภาพของอุปกรณ์เตือนภัยแบบไร้สายสำหรับคนหูหนวกตาบอดที่เป็นเรื่องยากสำหรับผู้พิการทางสายตาที่จะสามารถสังเกตเห็นอุปสรรคที่มีอยู่รอบตัวได้ยกเว้นโดยรับรู้ได้จากการสัมผัสวัตถุและโดยการได้ยินเสียง ปัญหาจะรุนแรงขึ้นเมื่อผู้พิการทางสายตามีปัญหาทางประสาทสัมผัสหลายอย่าง เช่น การได้ยินบกพร่อง โดยปกติแล้วผู้พิการทางสายตาพึ่งพาไม้เท้าหรือสุนัขนำทางเพื่อช่วยให้พวกเขารับรู้จุดหมายปลายทางที่ต้องการได้ อย่างไรก็ตามวิธีการแบบดั้งเดิมจะเป็นประโยชน์เฉพาะในกรณีที่สิ่งกีดขวางอยู่ด้านล่างระดับของร่างกาย หากพวกเขาไม่สามารถรับรู้และได้ยินสภาพแวดล้อมโดยรอบและไม่สามารถรับรู้สถานที่ได้จะเป็นเรื่องยากสำหรับผู้พิการทางสายตาที่จะเดินทางโดยไม่ต้องใช้เครื่องมือนำทางที่เหมาะสม ในงานนี้เป็นการวัดประสิทธิภาพการวิเคราะห์อุปกรณ์เตือนภัย โดยการสัมผัสแบบไร้สายเพื่อตรวจจับสิ่งกีดขวางในระดับส่วนบนของร่างกายสำหรับคนหูหนวกตาบอด ใช้เครื่องสัมผัสเตือน 4 ชิ้นเพื่อให้สัญญาณเตือนเมื่อมีการตรวจพบอุปสรรคโดยการใส่เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกที่ติดตั้งเพื่อตรวจจับอุปสรรคใน 4 ทิศทาง คือ ด้านหน้า ล่าง ซ้ายและขวา จากการทดลองมีการกำหนดค่าของเครื่องสัมผัสเตือนผู้ใช้เมื่อมีการตรวจพบอุปสรรค ได้รับการยืนยันแล้วว่าการใช้อุปกรณ์ป้องกันการสัมผัสเตือนแบบไร้สายที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถตรวจพบอุปสรรคได้โดยไม่ต้องสัมผัสวัตถุ [16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่ได้ใช้อัลตราโซนิกเซนเซอร์ในการตรวจหาสิ่งกีดขวางและวัดระยะทาง อย่างไรก็ตามอัลตราโซนิกเซนเซอร์มีข้อเสียคือความเร็วของผิวชิ้นงานและรูปร่างที่ซับซ้อนของชิ้นงานมีผลต่อการทดสอบมาก ทำให้ความแม่นยำลดลง ถ้านำไปใช้กับผู้พิการทางสายตาอาจเกิดผลเสียอย่างมากเนื่องจากความแม่นยำน้อยและอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้สูง ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงนำข้อบกพร่องนี้ไปพัฒนาต่อเพื่อลดข้อเสียโดยเปลี่ยนตัวเซนเซอร์ให้เหมาะสมคือใช้เซนเซอร์ตรวจจับย่านอินฟราเรดในการตรวจวัดแทนเนื่องจากมีความแม่นยำสูงในระบบตรวจจับในระยะทางไกล นอกจากนี้ยังมีการจัดการตรวจจับในสภาพแวดล้อมที่แคบภายใต้ลำแสงคู่ขนานและแคบ เช่น การนำทางภายในอาคาร เนื่องจากผู้ใช้งานส่วนใหญ่มักประสบขณะเดินอยู่ในโรงพยาบาล สถานที่สาธารณะและสถานที่ราชการอื่นๆ เป็นต้น ผู้วิจัยได้ออกแบบและประดิษฐ์เซ็นเซอร์อินฟราเรดติดตั้งไว้บนด้านบนของไม้เท้าคนตาบอดด้วยประโยชน์จากลำแสงเลเซอร์แบบคู่ขนานและแคบนั้นจะทำให้แสงที่สะท้อนจากเป้าหมายไปยังเซ็นเซอร์ Lidar อย่างมีประสิทธิภาพทำให้ได้อัตราการรับส่งข้อมูลที่ค่อนข้างสูง นอกจากนั้นแล้วยังพบว่าการสร้างเครื่องมือสำหรับระบบแจ้งเตือนส่วนใหญ่แล้วมักมีการแจ้งเตือน 2 รูปแบบ คือ โดยการส่งสัญญาณเสียงบีบโดยใช้ Buzzer และการสั่นโดยใช้ Vibration Motor แต่ยังมีข้อบกพร่องด้านการทำงานของการแจ้งเตือนออกมาในรูปแบบของเสียง คือการบอกระยะทางที่ผิดพลาดโดยเสียงแจ้งเตือนที่เปล่งออกมาไม่ได้บอกระยะทางที่ชัดเจน ทำให้เกิดความบกพร่องในการแจ้งเตือนอาจทำให้ผู้ใช้งานเป็นอันตรายได้ และนอกจากนั้นเสียงที่เปล่งออกมาทำให้เสียงดังรบกวนผู้อื่นได้ ด้วยเหตุดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงหาแนวทางการแก้ไขปรับปรุงระบบแจ้งเตือนในรูปแบบของเสียงให้ดีกว่าเดิม โดยการนำการใช้งานของ Bluetooth และ MP3 มาช่วยเสริมเข้ากับเซนเซอร์ตรวจจับย่านอินฟราเรดในการส่งสัญญาณการตรวจจับจาก Lidar ไปยังบลูทูธ จากนั้นบลูทูธจะส่งข้อมูลไปยัง MP3 module โดยผ่านบอร์ด Arduino จากนั้น MP3 module จะส่งคำสั่งการแจ้งเตือนไปยังหูฟัง จะออกมาในรูปแบบของการแจ้งเตือนแบบเสียง เสียงที่แจ้งเตือนมีการบอกระยะทางที่ละเอียดมากยิ่งขึ้น เช่น อีก 2 ก้าวถึงวัตถุ หรือเสียงของการแจ้งเตือนเมื่อเข้าใกล้วัตถุมากขึ้นเสียงบีบจะดังถี่ขึ้น การแจ้งเตือนในรูปแบบเสียงถูกบันทึกไว้ในเครื่องมือ MP3 ถูกส่งออกมาเป็นเสียงทางหูฟัง เพื่อไม่ให้เสียงดังรบกวนผู้อื่น

2.6 เอกสารอ้างอิง

- [1] K. Locharoenrat, Optical Properties of Solids: An Introductory Textbook, Pan Stanford, Singapore, 2016.
- [2] Lidar-lite V3 Operation Manual and Technical Specifications [ออนไลน์] เข้าถึงจาก http://static.garmin.com/pumac/LIDAR_Lite_v3_Operation_Manual_and_Technical_Specifications.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [3] เซเรฟคนที่โลกไม่ต้องการ, 2016, [Arduino] PWM คืออะไร [ออนไลน์] เข้าถึงจาก naringroup.blogspot.com
- [4] Mr. Computer, 2011, ความหมายและการทำงานของ Bluetooth [ออนไลน์] เข้าถึงจาก com360.blogspot.com
- [5] ยพุดี หัตถลีน, ณัฐวัฒน์ พยาราชกูร์ และ ชาญณรงค์ ธรรมเสนา, พัฒนาระบบเสียงและการทดสอบระบบตรวจจับวัตถุในโครงการแวนตาแจ็งเดือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้พิการทางสายตา The Eleventh National Conference on Computing and Information Technology NCCIT2015 553-558
- [6] ปานรวี มณีอินทร์, ทิพย์วิภา ทองเอิบ, อรอนงค์ เมืองพิณ และ ศัชชญาส์ ดวงจันทร์, ระบบ RFID สำหรับสนับสนุนคนพิการทางการเห็นในการเดินทาง วารสารวิทยาลัยราชสุดาปีที่ 12 ฉบับที่ 15 171-185
- [7] อนุสรณ์ เรวเท่า, ดิเรก มณีวรรณ, สันติชาติ พันตา และ เอกรัตน์ ดีดาวงศ์, เครื่องช่วยนำทางผู้พิการทางสายตาด้วยระบบคลื่นสะท้อน, การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนา เชียงประยุคต์ครั้งที่ 7 ECTI-CARD 2015 ตรีง ประเทศไทย
- [8] ศุภกร กตาศิการกุล, วรรัชภัทร มั่นเกษม, มารินา มะหนิ, เครื่องมือตรวจจับดินสโลดัแบบไร้สายโดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับความเอียง, การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนา เชียงประยุคต์ ครั้งที่ 7 ECTI-CARD 2015 ตรีง ประเทศไทย
- [9] กาญจนา จันทร์ประเสริฐ, การพัฒนาเครื่องแจ็งเดือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้พิการทางสายตา วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 25(1) 2017 137-147
- [10] Y.S.H. Khraisat, Design Infrared Radar System, Contemporary Engineering Sciences, Vol. 5, Issue 3, 2012, 111-117.
- [11] R.K. Megalingam, A.Nambissan, A.Thambi, A.Gopinath, M.Nandakumar, Sound and Touch Based Smart Cane: Better Walking Experience for Visually Challenged, Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS), IEEE International Conference on, October, 22, 2016 Selangor, Malaysia.
- [12] I.Y. Chung, S. Kim, K.H. Rhee, The Smart Cane Utilizing a Smart Phone for The Visually Impaired Person, Consumer Electronics (GCCE), 2014 IEEE 3rd Global Conference on, October, 7-10, 2014, Tokyo, Japan.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [13] M.F. Saaid, A.M. Mohammad, M.S.A. Megat Ali, Smart Cane with Range Notification for Blind People, Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS), IEEE International Conference on, October, 22, 2016, Selangor, Malaysia.
- [14] E.A. Williams, S.M. Cobbina, S.K. Okrah, Design and Implementation of a Dual Infra-Red Receiver Circuit for Intruder Detection, International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 6, Issue 5, 2016, 494-497.
- [15] S.K. Nandini and R. Pradeepa, Auto Sensing Railway Level Crossing Safety Alarm System Using Infrared, International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering, Vol. 4, Issue 6, 2016, 11056-11059
- [16] A.M. Kassim, T. Yasuno, H.I. Jaafar, M.S.M. Aras and N. Abas, Performance Analysis of Wireless Warning Device for Upper Body Level of Deaf-Blind Person, SICE Annual Conference 2015 July 28-30, 2015, Hangzhou, China.

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบ การสร้าง และการตรวจจับ

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจจับ

ใช้ Lidar-lite V3 ซึ่งเป็น Laser sensor ในการตรวจจับวัตถุ ส่วน Arduino Nano ถูกนำมาใช้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการทำงานของ Laser sensor เพื่อที่จะได้ค่าระยะทางออกมา และมี Bluetooth เป็นตัวส่งข้อมูลไปยังหน้าจอแสดงผลคั้งแสดงรายละเอียดอุปกรณ์ทั้งหมดในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์หลักสำหรับตรวจจับ

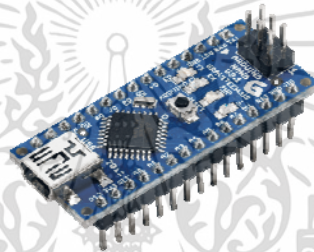
รายการ	จำนวน (ตัว)
Lidar-Lite v3	1
Arduino Nano	1
HC-05 Bluetooth Module	1
Tower Pro MG995 DIGI High-Speed	1
Battery 9V	1
White cane	1
Resistor 1K	1
LM7805	1
Capacitor 1 μ F	2

ในงานวิจัยนี้ใช้ Laser sensor เป็นอุปกรณ์ในการตรวจจับวัตถุที่เป็นสิ่งกีดขวางกับผู้ใช้งาน โดยเลือก Lidar (Laser detection and ranging) ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ที่มีความเร็วในการตรวจจับค่อนข้างสูงมากเมื่อเทียบกับเซนเซอร์ชนิดอื่นเช่น ultrasonic sensor เป็นต้น อีกทั้งอุปกรณ์นี้ยังมีความแม่นยำค่อนข้างสูง เนื่องจากการบานออกของลำแสงค่อนข้างน้อยมากเมื่อตรวจจับในระยะไกลๆทำให้อุปกรณ์นี้มีความเหมาะสมในการตรวจจับวัตถุที่อยู่ในอาคารได้อย่างลงตัว



รูปที่ 3.1 Lidar-Lite version 3

นอกจากนั้นจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีขนาดเล็กติดตั้งบนไม้เท้าขาว (2.12 cm ϕ x 122.30 cm ความยาว) ส่วน Arduino Nano ดังแสดงในรูปที่ 3.2 สามารถตอบโจทยได้เป็นอย่างดีเนื่องจากขนาดที่ค่อนข้างที่จะเล็กกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดอื่นๆ ไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ยังสามารถควบคุมการทำงานของ Lidar และ Bluetooth ได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 3.2 Arduino Nano

HC-05 ดังแสดงในรูปที่ 3.3 เป็นโมดูล Bluetooth ที่ใช้งานในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆสามารถสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ผ่าน Serial port โมดูลรุ่น HC05 สามารถตั้งให้ใช้งานเป็นได้ทั้งโหมด master (ให้อุปกรณ์อื่นมาเชื่อมต่อ) และ โหมด slave (เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น) การตั้งค่าต่างๆ เช่น ชื่ออุปกรณ์ รหัสผ่าน ทำได้โดยการผ่าน AT Command ซึ่งจะต้องมีการต่อขาพิเศษเพื่อให้โมดูลเข้าโหมดการตั้งค่าหรือกดปุ่มบนโมดูลค้างไว้ ในงานวิจัยนี้ HC-05 จะทำการตั้งโหมดให้เป็น master เพื่อที่จะส่งข้อมูลระทางไปยังจอแสดงผล



รูปที่ 3.3 HC-05 Bluetooth Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซอร์โวมอเตอร์ที่แสดงในรูปที่ 3.4 เป็นเซอร์โวมอเตอร์ขนาดเล็กที่ใช้กระแสไฟฟ้ากระแสตรง ให้ทอร์กที่สูง สามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ใช้งานกับการควบคุมความเร็วได้ดี เงียบ และภายในทำจากเฟือง โลหะ เมื่อจ่ายไฟเลี้ยง 6 VDC จะให้ค่า Stall Torque เท่ากับ 15 kg/cm

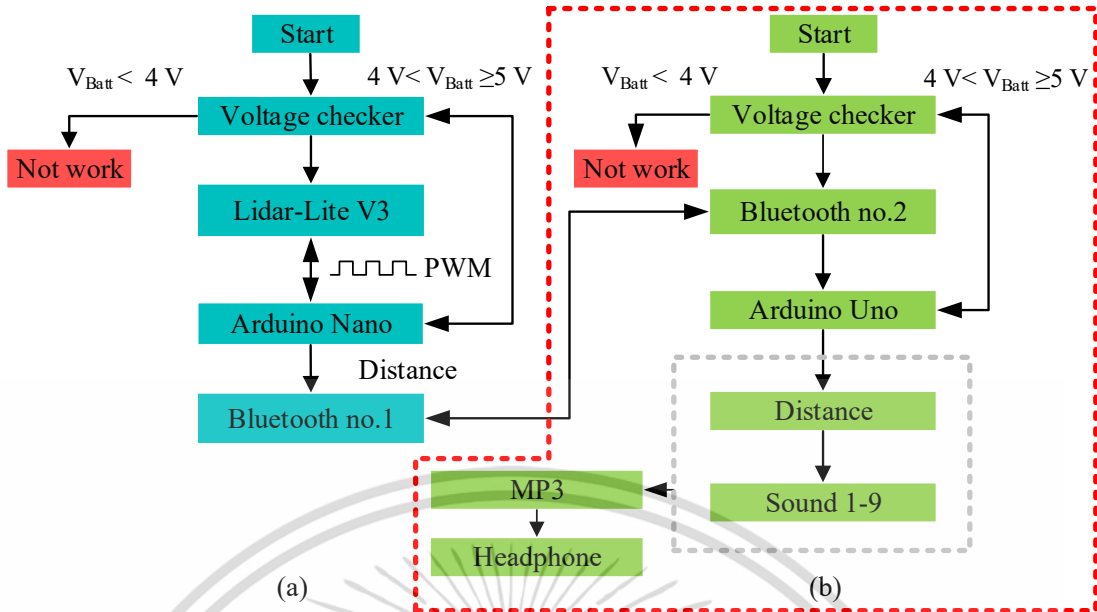


รูปที่ 3.4 Tower Pro MG995 DIGI Hi-Speed Servo

3.1.2 หลักการทำงานและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ตรวจจับ

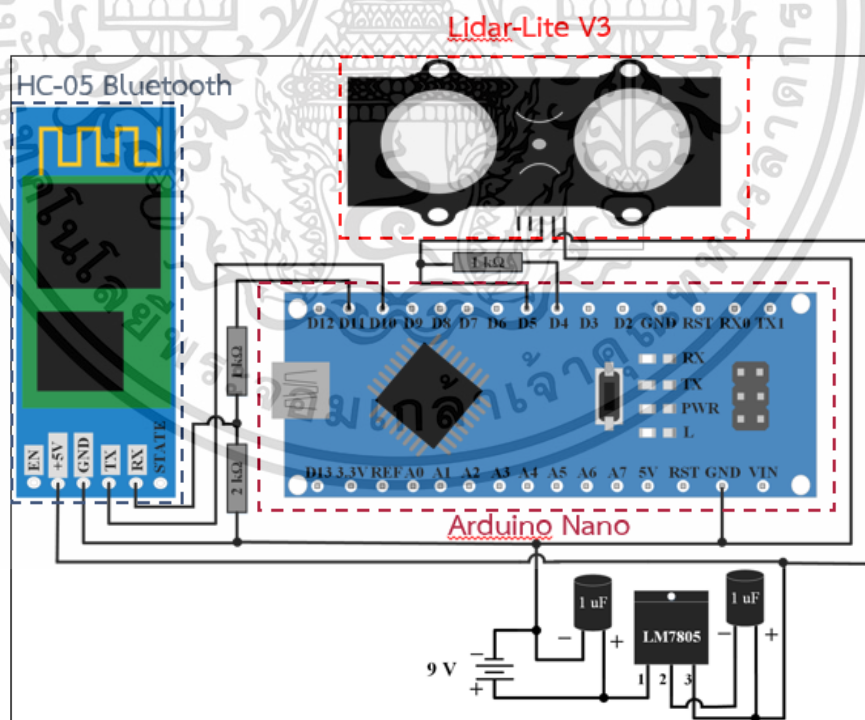
การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับจะเริ่มจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ก่อน หากกระแสไฟน้อยกว่า 4 V อุปกรณ์ตรวจจับจะไม่ทำงาน แต่หากว่ากระแสไฟอยู่ในช่วง 4 – 5 V อุปกรณ์ตรวจจับจะเริ่มทำงาน เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับทำงานแล้ว Lidar (Light detection and ranging) จะปล่อยลำแสงอินฟราเรดไปตกกระทบกับวัตถุตรวจจับและสะท้อนกลับมายังที่เซ็นเซอร์รับแสง สามารถวัดข้อมูลออกมาได้เป็นแบบ Pulse Width หลังจากนั้นจะส่งข้อมูลนี้ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งก็คือ Arduino Nano ไมโครคอนโทรลเลอร์จะคำนวณระยะทาง (D) ออกมาโดยใช้สมการที่ (3.1) เมื่อได้ระยะทางแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อมูลไปยัง Bluetooth เพื่อที่จะให้บลูทูธส่งข้อมูลไปยังจอแสดงผลตามรูปที่ 3.5 (a)

$$D = \frac{\text{PulseWidth}}{10 \mu\text{s/cm}} \quad (3.1)$$



รูปที่ 3.5 หลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจ็บบattery (a) และระบบการแจ้งเตือนด้วยเสียง (b)

อุปกรณ์ตรวจจ็บบatteryสามารถนำมาเชื่อมต่อกันได้ตามรูปที่ 3.6 โดยที่ผู้วิจัยนำเอาอุปกรณ์มาต่อเพิ่มเติมซึ่งก็คือ LM7805 และตัวเก็บประจุ 1 μ F เพื่อที่จะใช้ในการระบายความร้อนให้กับอุปกรณ์ตรวจจ็บบattery



รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ตรวจจ็บบattery

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่ทำการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการสร้างบอร์ด PCB เพื่อที่จะลดการใช้สายไฟในวงจรและง่ายต่อการดูแลรักษา โดยเริ่มวงจรถูกออกแบบ PCB ดังรูปที่ 3.7 (ซ้าย) นำแผ่น PCB ไปขัดเพื่อลอกที่เคลือบออกจากแผ่นออก นำลายปริ้นมารีดลงบนแผ่น PCB เพื่อต้องการให้ลายที่ต้องการติดลงบนแผ่น PCB นำแผ่น PCB ที่รีดเสร็จแล้วไปกัดน้ำกรดกัดทองแดงเพื่อที่จะลอกทองแดงออก นำไปล้างด้วยน้ำเปล่าจะได้วงจรบนบอร์ด PCB ดังรูปที่ 3.7 (ขวา)



รูปที่ 3.7 วงจรที่ใช้ในการทำ PCB ในอุปกรณ์ตรวจจับ

หลังจากที่ทำการทำบอร์ด PCB เสร็จเรียบร้อยแล้วและนำเอาอุปกรณ์ตรวจจับตามตารางที่ 3.1 มาเชื่อมต่อกันเรียบร้อยแล้ว นำเอาอุปกรณ์มาเชื่อมต่อบนไม้เท้าขาวดังแสดงในรูปที่ 3.8 โดยที่เลเซอร์จะทำมุม 45° กับแนวระนาบ



รูปที่ 3.8 อุปกรณ์ตรวจจับที่ติดกับไม้เท้าขาว

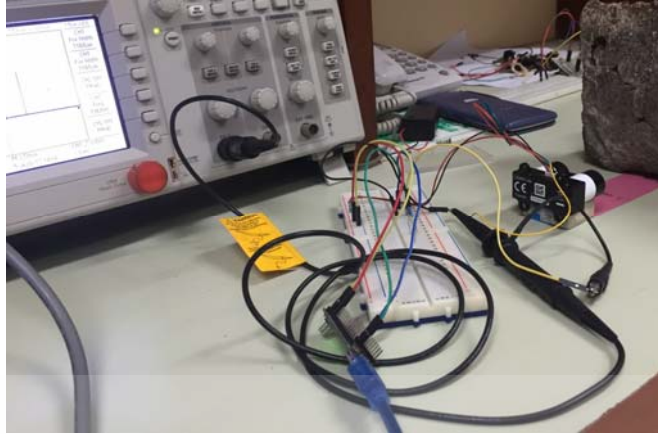
3..1.3 การทดสอบการตรวจจับวัตถุ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองกับวัตถุที่แตกต่างออกไปโดยเลือกจากคุณสมบัติการสะท้อนแสงของวัสดุและวัตถุที่พบได้ในอาคาร ได้แก่ ไม้ มนุษย์ และกำแพงซีเมนต์ การทดสอบการตรวจจับวัตถุสามารถทำได้โดยการใช้ Lidar เชื่อมต่อกับ Oscilloscope เพื่อที่จะจับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PWM ออกมาและคำนวณระยะทางได้ เริ่มจากการเปิดโปรแกรม Arduino ขึ้นมา จากนั้นทำการเลือกบอร์ดให้ตรงกับรุ่นที่ใช้คือบอร์ด Arduino Nano ถัดมาทำการเลือก processor เป็น ATmega328 ในขั้นตอนนี้ให้ตรวจสอบให้ถูกต้องโดยเลือก ComPort ให้ตรงกับ Arduino Nano ที่เชื่อมต่ออยู่ ต่อมาทำการเขียนโปรแกรมแบบ PWM ที่ไว้ใช้ควบคุม Lidar เพื่อที่จะวัดระยะทาง กำหนดที่เก็บค่า pulse width แบบจำนวนเต็มขึ้นมาในส่วนของค่าที่ตั้งค่า เริ่มต้นส่งข้อมูลแบบอนุกรม และตั้งค่า trigger pin2 เป็น digital output ตั้งค่า trigger เป็น low สำหรับอ่านข้อมูล จากนั้นตั้งค่า monitor pin3 เป็น input ส่วนของการวนรอบคือระยะเวลาที่ pulse มีค่า high ในหน่วยมิลลิวินาที คือขนาดของ pulse ที่มาจาก pin3 ต่อไปตรวจสอบค่า pulsewidth ถ้าไม่เท่ากับ 0 ให้นำค่า pulse ไปคำนวณ โดยการหาร 10 และแสดงเป็นระยะทางออกมา นำ Lidar มาเชื่อมต่อกับ oscilloscope ที่ port output เทียบกับ ground ต่อสายจาก oscilloscope กับ Lidar และ บอร์ด Arduino Nano เมื่อทำการเชื่อมต่อทั้งหมดเรียบร้อยแล้วจึงนำตัวอย่าง 3 ชนิดมาทดสอบ ได้แก่ ไม้ มนุษย์ และกำแพงซีเมนต์ แสดงการทดลองวัดการตรวจจับ เมื่อ Lidar ตรวจจับระยะทางจากวัตถุได้แล้ว จะได้ผลลัพธ์เป็น Pulse width ออกมา สามารถนำค่าสัญญาณมาคำนวณหาระยะทางจากสมการที่ 3.1 เนื่องจากลำแสงที่ส่งผ่านของ Lidar นั้นจะส่งผ่าน 10 ไมโครวินาทีต่อ 1 เซนติเมตร จึงนำค่านี้ไปคำนวณออกมาเป็นระยะทางในหน่วยเซนติเมตรได้และบันทึกผลการทดลอง

เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของ Lidar ที่เชื่อมต่อกับบลูทูธเพื่อที่จะส่งข้อมูลไปยังส่วนแสดงผล ส่วนของการตั้งค่าคือ เชื่อมต่อ HC-05 ขาส่ง TX เข้ากับ Arduino pin 11 ขารับ RX และเชื่อมต่อ HC-05 ขารับ RX เข้ากับ Arduino pin 10 ขาส่ง TX ผ่านการแบ่งแรงดันไฟฟ้า กำหนดค่า monitor trigger และ pulse width กำหนดการเริ่มต้นส่งข้อมูลแบบอนุกรมกับคอมพิวเตอร์แม่ข่าย เริ่มการติดต่อกับ HC-05 โดยใช้ค่า 38400 จากนั้น ตั้งค่า trigger pin เป็น output ตั้งค่า trigger เป็น low เพื่ออ่านอย่างต่อเนื่อง จากนั้น ตั้งค่า monitor pin เป็น input ส่วนของการวนรอบคือ ระยะเวลาที่ pulse มีค่า high ในหน่วยมิลลิวินาทีจาก monitor จากนั้นตรวจสอบค่า pulsewidth ถ้าไม่เท่ากับ 0 ให้นำค่า pulse ไปคำนวณ โดยการหาร 10 และแสดงเป็นระยะทางออกมา

หลังจากเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของ Lidar ที่เชื่อมต่อกับบลูทูธเสร็จเรียบร้อยแล้วทำการทดลองโดยใช้วัตถุที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่ ไม้ มนุษย์ และกำแพงซีเมนต์ โดยเริ่มจากติดตั้งอุปกรณ์ให้มีตัวเซนเซอร์ขนานกับพื้นดังรูปที่ 3.9 เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการวัด จากนั้นเชื่อมต่ออุปกรณ์กับ Oscilloscope เพื่อดูสัญญาณ PWM ต่อมาเปิดเครื่องให้ทำงานและเริ่มการวัดระยะทาง นำวัตถุที่แตกต่างกันออกไปมาวางที่ระยะ 10 เซนติเมตร แล้ววัดระยะทางที่วัดได้จากเลเซอร์และบันทึกผล ทำการเปลี่ยนระยะออกแบบของวัตถุไปที่ 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 2000 และ 3000 เซนติเมตร และบันทึกผลการทดลองระยะจริง



รูปที่ 3.9 การทดลองวัดการตรวจจับ

3.2 การออกแบบ การสร้าง และการแจ้งเตือนด้วยเสียง

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับระบบแจ้งเตือนด้วยเสียง

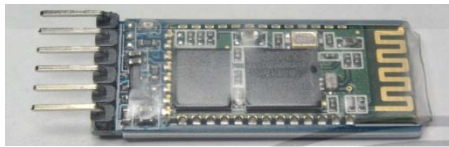
HC-05 Bluetooth จากระบบตรวจจับจะส่งข้อมูลเป็นค่าระยะทางมายัง HC-05 Bluetooth ของระบบตรวจแจ้งเตือน เมื่อได้รับค่าระยะทางแล้วจะส่งต่อไปยังบอร์ด Arduino Uno R3 เพื่อทำการเช็คเงื่อนไขให้เป็นไปตามที่ผู้จัดทำตามต้องการ จากนั้นจะส่งข้อมูลไปยัง MP3 Module ซึ่งโมดูลนี้จะประมวลผลตามคำสั่งเพื่อเลือกไฟล์เสียงในการทำงานและไฟล์เสียงที่ตรงตามเงื่อนไขจะแสดงเป็นเสียงออกไปยัง Headphones เกิดเป็นเสียงแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งาน อุปกรณ์ที่ใช้สร้างระบบการแจ้งเตือนด้วยเสียงแสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 อุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้สร้างระบบการแจ้งเตือนด้วยเสียง

รายการ	จำนวน
HC-05 Bluetooth Module	1 บอร์ด
Arduino Uno R3	1 บอร์ด
ThaiEasyElec MP3 Embedded Module	1 บอร์ด
Resistor 1 k W, 2 k W	1, 1ตัว
Micro SD Card	1 ชิ้น
Headphone	1 อัน
ถ่าน 9 V	1 ก้อน

เลือกใช้ HC-05 Bluetooth Module ดังรูปที่ 3.10 เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาถูกและใช้สำหรับรับส่งข้อมูลอนุกรมและทำงานแบบ Bluetooth SPP (Serial Port Protocol) เหมาะสำหรับการรับส่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลในระยะใกล้ๆ การใช้โมดูล HC-05 เป็นอุปกรณ์ในการเชื่อมต่อการทำงานระหว่างระบบตรวจจับกับระบบแจ้งเตือนให้มีการทำงานไปตามคำสั่งตามที่ต้องการโดยโมดูลตัว HC-05 Bluetooth ในงานวิจัยนี้ได้รับข้อมูลจากระบบตรวจจับ โดยตัว HC-05 Bluetooth ที่ตั้งค่าเป็นโหมด master หรือตัวส่งข้อมูลจากระบบตรวจจับ จะส่งข้อมูลแบบอนุกรมไปยังตัว HC-05 Bluetooth ของระบบแจ้งเตือนที่ตั้งค่าเป็นโหมด slaves หรือตัวรับข้อมูลจะรับข้อมูลแบบอนุกรมเช่นกัน



(a)



(b)

รูปที่ 3.10 บอร์ด HC-05 Bluetooth Module ด้านหน้า (a) และหลัง (b)

เลือกใช้ Arduino Uno R3 ดังรูปที่ 3.11 ในการเชื่อมต่อวงจรที่ได้รับข้อมูลมาจาก HC-05 Bluetooth ซึ่งข้อมูลที่รับเป็นข้อมูลแบบอนุกรม จากนั้นจะส่งสัญญาณที่ได้รับไปยัง MP3 Module บอร์ด Arduino Uno R3 บอร์ด โดย Arduino Uno R3 เป็นบอร์ดมาตรฐานที่นิยมใช้งานมากที่สุด เนื่องจากมีขนาดเล็กที่เหมาะสมสำหรับการเริ่มต้นการเรียนรู้ Arduino และมี shields ให้เลือกใช้งานได้มากกว่า บอร์ด Arduino รุ่นอื่นๆ ที่ออกแบบมาเฉพาะ Library ต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมา Support จะอ้างอิงกับ บอร์ดนี้เป็นหลัก ข้อดีอีกอย่างคือกรณีที่ MCU เสียผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย Arduino Uno R3 มี MCU ที่เป็น Package DIP



รูปที่ 3.11 บอร์ด Arduino Uno R3

เลือกใช้ในระบบแจ้งเตือนคือ ThaiEasyElec MP3 Embedded Module ดังรูปที่ 3.12 เป็น โมดูลที่ ออกแบบมาสำหรับเล่นไฟล์เสียงนามสกุล MP3 ง่ายต่อการใช้งาน โดยใช้ IC decode เบอร์ BU94502AKS2 ซึ่งให้เสียงคุณภาพดี รองรับอัตราการ Sample Rates ตั้งแต่ 8 ถึง 48 kHz สามารถควบคุมการใช้งานได้ 2 รูปแบบ คือโหมด parallel และ serial ผู้ใช้งานสามารถใช้ MCU เบอร์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

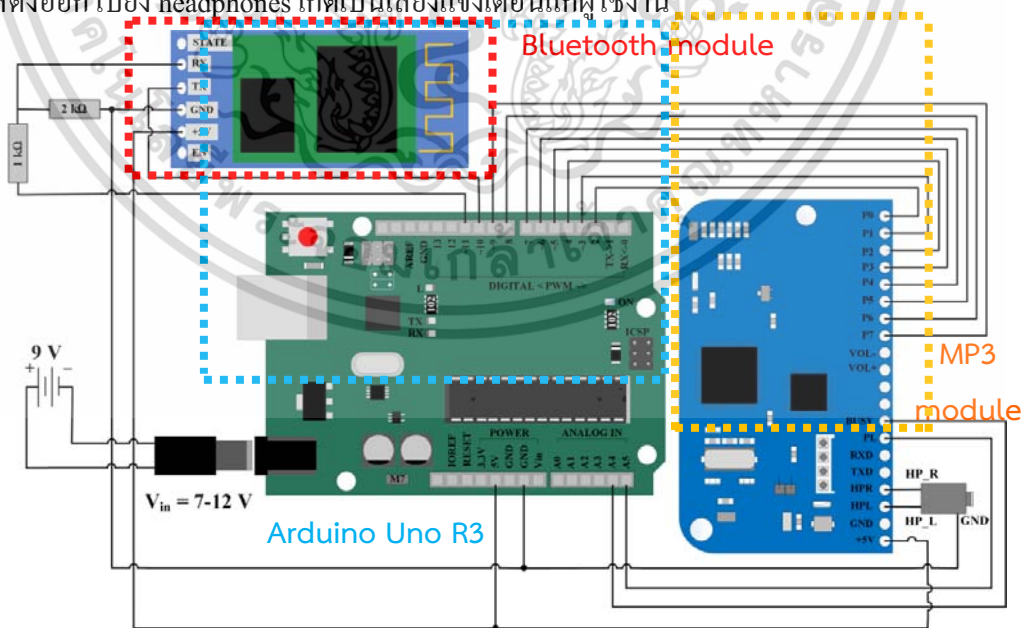
เพื่อมาควบคุมได้ง่าย โดยมีชุดคำสั่งต่างๆ ในการเล่นไฟล์เสียง ไฟล์เสียงจะจัดเก็บอยู่ใน micro SD Card และรองรับขนาดความจุของ micro SD Card ได้สูงสุดถึง 32 GB โดยโมดูล MP3 ในงานนี้จะใช้โหมด parallel ในการเชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino Uno R3 เพื่อรับเงื่อนไขข้อมูล ซึ่งโมดูล MP3 จะทำการประมวลผลตามคำสั่งเพื่อเลือกไฟล์เสียงในการทำงาน ไฟล์เสียงที่ตรงตามเงื่อนไขจะแสดงออกไปยัง headphones เกิดเป็นเสียงแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งาน



รูปที่ 3.12 บอร์ด ThaiEasyElec MP3 Embedded Module ด้านหน้า (a) และหลัง (b)

3.2.2 หลักการทำงานและการเชื่อมต่ออุปกรณ์แจ้งเตือนด้วยเสียง

รูปที่ 3.5 (b) แสดงการทำงานของระบบแจ้งเตือนที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด Arduino Uno R3 จะรับข้อมูลจาก HC-05 Bluetooth no.2 เพื่อเช็คข้อมูลให้ตรงกับเงื่อนไข หากเงื่อนไขการทำงานถูกต้องจะแสดงออกไฟล์เสียง Sound# 1-9 เพื่อเลือกไฟล์เสียงในการทำงาน โดยเขียนคำสั่งไฟล์เสียงที่แสดงผลตรงตามเงื่อนไข จากนั้นจะส่งข้อมูลไปประมวลผลที่ MP3 เมื่อประมวลผลแล้วจะแสดงออกไปยัง headphones เกิดเป็นเสียงแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งาน



รูปที่ 3.13 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์เสียงแจ้งเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT+NAME” แล้วกด Enter ถ้าสำเร็จจะขึ้นข้อความ OK ต่อมาทำการตั้งรหัสพาสเวิร์ดให้ตรงกันโดยใช้คำสั่ง AT+PSWD=New Password แล้วกด Enter ถ้าสำเร็จจะขึ้นข้อความ OK เสร็จแล้วจึงพิมพ์ AT+ADDR? เพื่อให้ HC-05 ส่งค่า MAC Address ของตัวมันเองออกมาข้อความ “+ADDR:98d3:31:900fe7” ให้เก็บค่านี้ไว้ พิมพ์ AT+ROLE? เพื่อตรวจสอบให้แน่ชัดว่าเป็น slave mode จริงๆ ค่าที่แสดงออกมาจะเป็น +ROLE:0 แต่หากค่าที่แสดงออกมาเป็น +ROLE:1 แสดงว่าเป็น master mode เปลี่ยนให้เป็น slave mode ด้วยคำสั่ง AT+ROLE=0 พิมพ์ AT+BIND= (ตามด้วย MAC Address) จะได้คำสั่ง “AT+BIND=98d3,31,900fe7” ตรวจสอบว่าเป็น master จริงหรือไม่ เพื่อตรวจสอบให้แน่ชัดว่าเป็น master mode จริงๆ ค่าที่แสดงออกมาจะเป็น +ROLE:1 ตรวจสอบว่า master กับ slave เชื่อมต่อกันหรือไม่ดูในช่องสี่เหลี่ยมของฝั่ง master กับ slave ผลลัพธ์ต้องตรงกัน ถ้าตรงกันแสดงว่าจับคู่บลูทูธสำเร็จและทำงานได้

ส่วนของระบบเสียงจาก ThaiEasyElec MP3 Embedded Module ในระบบนี้มีการต่อบอร์ด MP3 กับ บอร์ด Arduino โดยใช้โหมด parallel โดยเริ่มจากเขียนคำสั่งเบื้องต้นของบอร์ด MP3 โดยขั้นแรกต้องประกาศชื่อขาที่ใช้งานก่อน ต่อมาเป็นการประกาศฟังก์ชัน set_port () ใช้ในการกำหนดให้ขาที่กำหนดไว้เป็น input หรือ output ประกาศฟังก์ชัน send_CMD (unsigned char cmd) เป็นฟังก์ชันส่งคำสั่งไปที่โมดูล โดยรับพารามิเตอร์ชนิด char ชื่อ cmd และนำตัวแปร cmd ไปตรวจสอบข้อมูลที่ละบิต ถ้าบิตนั้นเป็น 1 ให้เซตขานั้นเป็น โลจิก “High” แต่ถ้าเป็น 0 เซตขานั้นเป็น โลจิก “Low” จนครบ 8 บิต จากนั้นสั่งให้ขา PL เปลี่ยน โลจิกจาก “Low” เป็น “High” ก่อนที่จะทำ ส่วนของคำสั่ง void loop ต้องทำการ setup ก่อน ในช่วง void setup ใช้ฟังก์ชัน set_port() กำหนดเงื่อนไข ถ้า โลจิกขา BUSY เป็น “High” แสดงว่าระบบตรวจจับเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะถูกต้องตามเงื่อนไข จากนั้นจะส่งคำสั่งเพื่อให้ไฟล์เสียงทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนดเงื่อนไขมีดังนี้

- ไฟล์ 001 ทำงานเมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 25-35 cm
- ไฟล์ 002 ทำงานเมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 55-65 cm
- ไฟล์ 003 ทำงานเมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 85-95 cm
- ไฟล์ 004 ทำงานเมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 115-125 cm
- ไฟล์ 005 ทำงานเมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 245-255 cm
- ไฟล์ 006 ทำงานเมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 495-505 cm
- ไฟล์ 007 ทำงานเมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 995-1005 cm
- ไฟล์ 008 ทำงานเมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 1995-2005 cm
- ไฟล์ 009 ทำงานเมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 2995-3005 cm
- ไฟล์ 010 ทำงานเมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 79-89 cm
- ไฟล์ 011 ทำงานเมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 99-109 cm
- ไฟล์ 012 ทำงานเมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 129-149 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การทดสอบระบบการแจ้งเตือน

หลังจากเขียน โปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของ ThaiEasyElec MP3 Embedded Module ที่เชื่อมต่อกับบลูทูธเสร็จเรียบร้อยแล้วทำการทดลอง พบว่าเมื่อตรวจจับกีดขวางที่ระยะ ถูกต้องตามเงื่อนไข Arduino จะส่งคำสั่งเพื่อให้ไฟล์เสียงทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนด

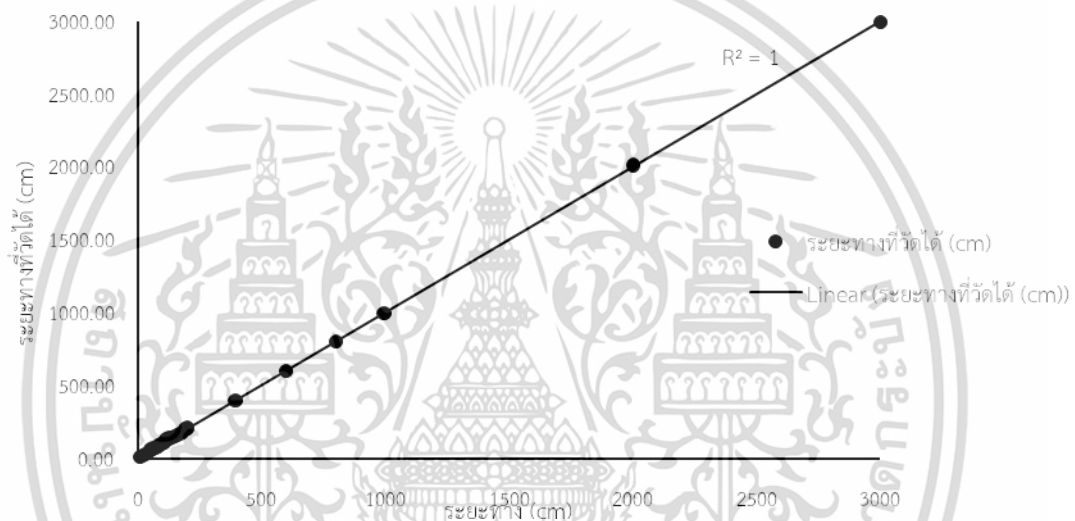
1. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 25-35 cm จะส่งคำสั่งเพื่อให้ไฟล์ 001 จะทำงาน พร้อมแจ้งเตือนเป็นเสียง “Beep”
2. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 55-65 cm จะส่งคำสั่งเพื่อให้ไฟล์ 002 จะทำงาน พร้อมแจ้งเตือนเป็นเสียง “Obstacle 60 cmahead”
3. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 85-95 cm จะส่งคำสั่งเพื่อให้ไฟล์ 003 จะทำงาน พร้อมแจ้งเตือนเป็นเสียง “Obstacle 90 cmahead”
4. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 115-125 cm จะส่งคำสั่งเพื่อให้ไฟล์ 004 จะทำงาน พร้อมแจ้งเตือนเป็นเสียง “Obstacle 120 cmahead”
5. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 245-255 cm จะส่งคำสั่งเพื่อให้ไฟล์ 005 จะทำงาน พร้อมแจ้งเตือนเป็นเสียง “Obstacle 250 cmahead”
6. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 495-505 cm จะส่งคำสั่งเพื่อให้ไฟล์ 006 จะทำงาน พร้อมแจ้งเตือนเป็นเสียง “Obstacle 500 cmahead”
7. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 995-1005 cm จะส่งคำสั่งเพื่อให้ไฟล์ 007 จะทำงาน พร้อมแจ้งเตือนเป็นเสียง “Obstacle 1000 cmahead”
8. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 1995-2005 cm จะส่งคำสั่งเพื่อให้ไฟล์ 008 จะทำงาน พร้อมแจ้งเตือนเป็นเสียง “Obstacle 2000 cmahead”
9. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 2995-3005 cm จะส่งคำสั่งเพื่อให้ไฟล์ 009 จะทำงาน พร้อมแจ้งเตือนเป็นเสียง “Obstacle 3000 cmahead”
10. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 79-89 cm จะส่งคำสั่งเพื่อให้ไฟล์ 010 จะทำงาน พร้อมแจ้งเตือนเป็นเสียง “60 cm below”
11. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 99-109 cm จะส่งคำสั่งเพื่อให้ไฟล์ 011 จะทำงาน พร้อมแจ้งเตือนเป็นเสียง “90 cm below”
12. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 129-149 cm จะส่งคำสั่งเพื่อให้ไฟล์ 012 จะทำงาน พร้อมแจ้งเตือนเป็นเสียง “120 cm below”

บทที่ 4

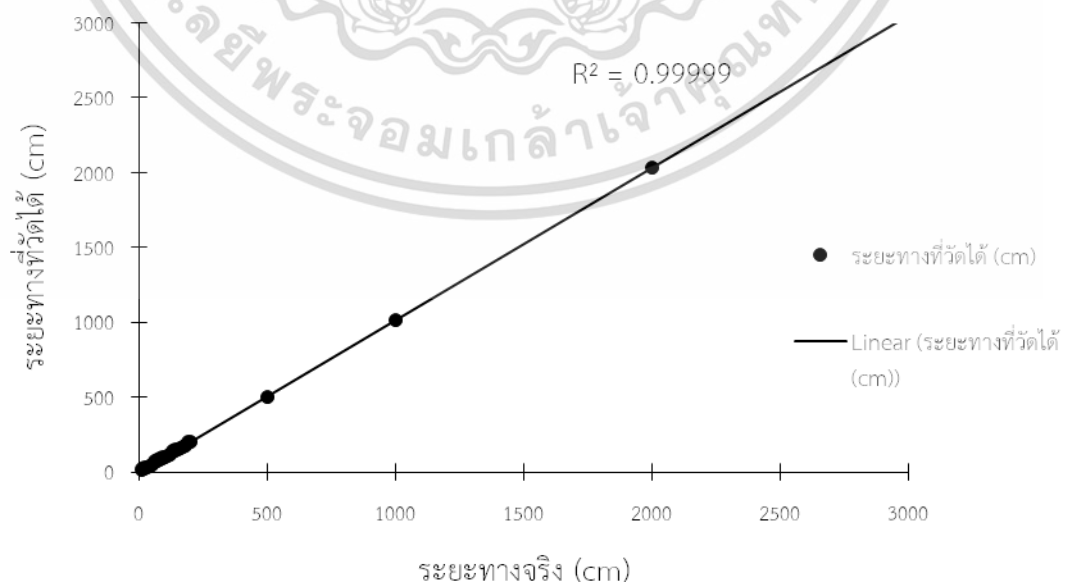
ผลการวิจัย

4.1 การสอบเทียบระบบตรวจจับคนเดินเท้า

ตรวจจับระยะทางของวัตถุตั้งกึ่งกลาง 3 ชนิด ได้แก่ มนุษย์ ไม้ และซีเมนต์ โดยตรวจจับที่ระยะออกแบบ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 2000 และ 3000 เซนติเมตร วัดระยะห่างจากเลเซอร์และบันทึกผลระยะที่อ่านได้จริงดังรูปที่ 4.1-4.3 ตามลำดับ

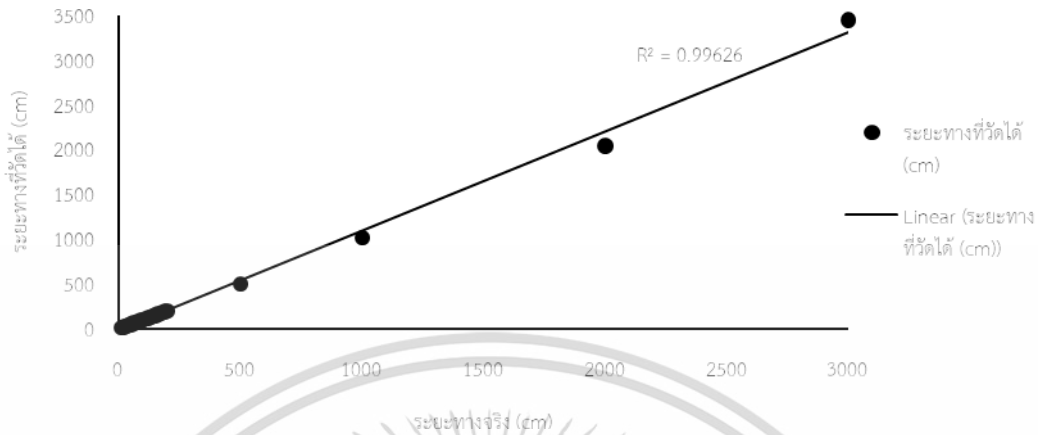


รูปที่ 4.1 ระยะทางที่ออกแบบกับระยะทางที่วัดได้จริง เมื่อวัตถุตั้งกึ่งกลางคือมนุษย์



รูปที่ 4.2 ระยะทางที่ออกแบบกับระยะทางที่วัดได้จริง เมื่อวัตถุตั้งกึ่งกลางคือไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ระยะทางที่ออกแบบกับระยะทางที่วัดได้จริง เมื่อวัตถุสิ่งกีดขวางคือซีเมนต์

จากการทดสอบความแม่นยำของ LIDAR กับวัตถุแต่ละชนิด พบว่ากราฟระหว่างระยะทางออกแบบกับระยะทางที่วัดได้นั้นมีค่า R^2 ที่แตกต่างกันเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม R^2 ที่ได้ทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับ 1 ซึ่งสรุปได้ว่า LIDAR นั้นสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลได้และเป็นที่น่าเชื่อถือสูงในระบบการตรวจจับวัตถุ [17,19]

4.2 การทดสอบจริงของระบบตรวจจับคนเดินเท้า

ตรวจจับระยะทางของวัตถุสิ่งกีดขวาง 3 ชนิด ได้แก่ มนุษย์ ไม้ และซีเมนต์ ซึ่งกำหนดความสูงวัตถุที่ตรวจจับที่ 0 - 180 เซนติเมตร โดยตรวจจับที่ระยะออกแบบ 30, 60, 90, 100, 250, 500, 1000, 2000 และ 3000 เซนติเมตร วัดระยะห่างจากเลเซอร์และบันทึกผลระยะที่อ่านได้จริงดังตารางที่ 4.1-4.3 ตามลำดับ จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนระหว่างระยะทางที่วัดได้จริงของสิ่งกีดขวางทั้ง 3 ชนิด ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.1 การตรวจจับและแจ้งเดือนวัตถุึกขวางที่เป็นมนุษย์

ระยะทาง ที่ ออกแบบ (cm)	ระยะทางที่วัดได้ (cm)					ระยะทาง ที่วัดได้ เฉลี่ย (cm)	เสียงแจ้งเดือน	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน (%)
	ครั้งที่ ที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5			
30	31	31	29	31	32	30.8	#1	2.67
60	59	60	60	59	62	60.0	#2	0
90	90	86	87	86	86	87.0	#3	3.33
120	119	117	117	117	123	118.6	#4	1.17
250	251	251	251	249	252	250.8	#5	0.32
500	502	500	502	500	501	501.0	#6	0.20
1000	1008	1002	1008	1014	1012	1008.8	-	0.88
2000	2052	2049	2045	2047	2057	2050.0	-	2.50
3000	2972	2956	-	-	-	2964.0	-	1.20

ตารางที่ 4.2 การตรวจจับและแจ้งเดือนวัตถุึกขวางที่เป็นไม้

ระยะ ทางที่ ออกแบบ (cm)	ระยะทางที่วัดได้ (cm)					ระยะทาง ที่วัดได้ เฉลี่ย (cm)	เสียงแจ้งเดือน	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน (%)
	ครั้งที่ ที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5			
30	30	30	29	29	29	29.4	#1	2.00
60	59	59	61	60	62	60.2	#2	0.33
90	92	89	89	90	88	89.6	#3	0.44
120	119	120	119	119	121	119.6	#4	0.33
250	249	249	250	251	252	250.2	#5	0.08
500	501	502	501	500	500	500.8	#6	0.16
1000	1002	1005	1001	1000	1001	1001.8	#7	0.18
2000	1974	1978	1976	1976	1976	1976.0	#8	1.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านนอกรั้ว

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3000	2917	2912	-	-	-	2914.5	-	2.85
------	------	------	---	---	---	--------	---	------

ตารางที่ 4.3 การตรวจจับวัตถุและแจ้งเตือนวัตถุกีดขวางที่เป็นซีเมนต์

ระยะทางที่ ออกแบบ (cm)	ระยะทางที่วัดได้ (cm)					ระยะทาง ที่วัดได้ เฉลี่ย (cm)	เสียงแจ้งเตือน	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน (%)
	ครั้งที่ ที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5			
30	30	29	31	30	31	30.2	#1	0.67
60	59	60	59	59	60	59.4	#2	1.00
90	90	90	90	91	89	90.0	#3	0
120	121	120	120	119	119	119.8	#4	0.17
250	249	250	248	247	247	248.2	#5	1.20
500	500	500	500	500	501	500.2	#6	0.04
1000	1001	1002	998	1001	1012	1002.8	#7	0.28
2000	1978	1977	1986	1970	1970	1976.2	#7	1.19
3000	2830	2839	2806	2814	-	2822.3	-	5.92

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนระหว่างระยะทางที่วัดได้ของสิ่งกีดขวางทั้ง 3 ชนิด

ระยะทางที่จริง (cm)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน		
	มนุษย์	ซีเมนต์	ไม้
30	2.67	0.67	2.00
60	0.00	1.00	0.33
90	3.33	0.00	0.44
120	1.17	0.17	0.33
250	0.32	1.20	0.08
500	0.20	0.04	0.16
1000	0.88	0.28	0.18
2000	2.50	1.19	1.20
3000	1.20	5.92	2.85
เฉลี่ย	1.36	1.16	0.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าดัชนีหักเห (Refractive index: n) เป็นค่าตัวเลขที่บ่งชี้ถึงกำลังหักเหแสงของวัตถุ ยิ่งตัวเลขมีค่ามากเท่าใดก็จะมีกำลังการหักเหแสงที่สูงขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งวัตถุที่มีดัชนีหักเหแสงที่สูงกว่าจะสามารถหักเหลำแสงได้มากกว่าวัตถุที่มีดัชนีหักเหแสงต่ำกว่า เนื่องจากซีเมนต์และไม้มีค่าดัชนีหักเหเท่ากับ 1.36, 1.55 และ 1.60 ตามลำดับ ซึ่งสังเกตได้ว่าไม้และซีเมนต์มีค่าดัชนีหักเหที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากเป็นคุณสมบัติของสารเนื้อเดียวกันตลอดทั้งแผ่น แต่มนุษย์ประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่ไม่เหมือนกันตลอดทั้งร่างกาย ค่าดัชนีหักเหที่มีค่ามากในวัตถุที่เป็นมนุษย์จึงมีความสามารถในการหักเหของแสงย่านอินฟราเรดสูงมากกว่านี้ จึงส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนการตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์มีค่ามากกว่าซีเมนต์และไม้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าระบบตรวจจับคนเดินเท้าย่านอินฟราเรดนั้นมีความแม่นยำในการตรวจจับวัตถุประเภทซีเมนต์และไม้ที่สูงกว่าวัตถุกีดขวางที่เป็นมนุษย์

4.3 การเชื่อมต่อระบบสื่อสารแบบไร้สายกับการตรวจจับคนเดินเท้า

นำเสนอระบบแจ้งเตือนแบบไร้สายในรูปแบบเสียงโดยใช้โมดูล MP3 ที่ได้รับคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีระบบตรวจจับวัตถุและนำทางสำหรับคนพิการทางสายตา โดยจะทำการทดสอบการแจ้งเตือนด้วยเสียง ที่ได้รับข้อมูลจากระบบตรวจจับวัตถุ วัตถุที่นำมาทดสอบจะมี 3 ชนิด คือ มนุษย์ ซีเมนต์ และ ไม้ จะมีการทดสอบการแจ้งเตือนด้วยเสียงทั้งหมด 9 ระยะทาง คือ

1. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 25-35 cm แจ้งเตือนเป็นเสียง “Beep” แทนด้วย #1
2. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 55-65 cm แจ้งเตือนเป็นเสียง “Obstacle 60 cmahead” แทนด้วย #2
3. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 85-95 cm แจ้งเตือนเป็นเสียง “Obstacle 90 cmahead” แทนด้วย #3
4. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 115-125 cm แจ้งเตือนเป็นเสียง “Obstacle 120 cmahead” แทนด้วย #4
5. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 245-255 cm แจ้งเตือนเป็นเสียง “Obstacle 250 cmahead” แทนด้วย #5
6. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 495-505 cm แจ้งเตือนเป็นเสียง “Obstacle 500 cmahead” แทนด้วย #6
7. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 995-1005 cm แจ้งเตือนเป็นเสียง “Obstacle 1000 cmahead” แทนด้วย #7
8. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 1995-2005 cm แจ้งเตือนเป็นเสียง “Obstacle 2000 cmahead” แทนด้วย #8
9. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 2995-3005 cm แจ้งเตือนเป็นเสียง “Obstacle 3000 cmahead” แทนด้วย #9
10. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 79-89 cm แจ้งเตือนเป็นเสียง “60 cm below” แทนด้วย #10
11. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 99-109 cm แจ้งเตือนเป็นเสียง “90 cm below” แทนด้วย #11
12. เมื่อเจอสิ่งกีดขวางที่ระยะ 129-149 cm แจ้งเตือนเป็นเสียง “120 cm below” แทนด้วย #12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ให้ข้อสรุปสุดท้ายว่าค่าดัชนีหักเหมีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคผกผันกับค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนระหว่างระยะทางที่วัดได้ของสิ่งกีดขวางทั้ง 3 ชนิด กับการแจ้งเตือน

วัตถุที่ใช้ในการทดลอง	ดัชนีหักเห	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน	จำนวนเสียงแจ้งเตือน (เสียง)
มนุษย์ (Human)	1.36	1.36	6
ซีเมนต์ (Cement)	1.55	1.16	7
ไม้ (Wood)	1.60	0.84	8

เมื่อค่าดัชนีหักเหของมนุษย์ ซีเมนต์ และ ไม้ เพิ่มขึ้นตามลำดับ จะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของระยะทางที่วัดได้ของวัตถุที่เป็นมนุษย์ ซีเมนต์ และ ไม้ ลดลงตามลำดับ และสอดคล้องกับจำนวนเสียงแจ้งเตือนที่แจ้งเตือนออกมาคือวัตถุที่เป็นมนุษย์ ซีเมนต์ และ ไม้ มีเสียงแจ้งเตือนจำนวน 6, 7 และ 8 เสียงตามลำดับ ทำให้ทราบว่าวัตถุที่เป็นซีเมนต์กับไม้มีความสามารถในการถูกตรวจจับแม่นยำและไวกว่าวัตถุที่เป็นมนุษย์

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

ระบบการตรวจจับวัตถุที่มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือได้มีความจำเป็นในปัจจุบันเป็นอย่างมากเนื่องจากการตรวจจับสิ่งผิดปกติอาจจะเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ได้ การใช้เซนเซอร์ที่มีความแม่นยำสูงและรวดเร็วจะทำให้ระบบสามารถตรวจจับได้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างสูง ในปัจจุบันได้มีการทำวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาไม้เท้านำทางผู้พิการทางด้านสายตาอย่างมากมาย การนำเอาเลเซอร์ตรวจจับมาติดกับไม้เท้านำทางผู้พิการทางด้านสายตาเป็นการพัฒนารูปแบบหนึ่ง จากการทดสอบประสิทธิภาพของ LIDAR พบว่าอุปกรณ์ชิ้นนี้ซึ่งเป็นเลเซอร์ย่านอินฟราเรดมีความแม่นยำสูงมากในการตรวจจับวัตถุทดสอบ (มนุษย์ ซีเมนต์ และไม้) ในระยะใกล้และไกล และสามารถส่งข้อมูลระยะทางของวัตถุกลับมาได้อย่างรวดเร็วในบริเวณอาคาร จึงทำให้เลเซอร์ชนิดนี้เหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้ในระบบตรวจจับคนเดินเท้าด้วยเลเซอร์ย่านอินฟราเรดผ่านโปรแกรม ARDUINO โดยที่ติดตั้งไว้ด้านบนของไม้เท้าขาซึ่งสามารถนำไปช่วยเหลือผู้พิการทางด้านสายตา ในการเชื่อมต่อบริบทสื่อสารแบบไร้สายกับการตรวจจับด้วยเลเซอร์ย่านอินฟราเรด ซึ่งระบบสื่อสารแบบไร้สายเป็นระบบแจ้งเตือนในรูปแบบเสียงโดยใช้โมดูล MP3 ที่ได้รับคำสั่งมาจากไม้เท้าอัจฉริยะที่มีระบบตรวจจับวัตถุและระบบนำทางสำหรับคนพิการทางสายตา เมื่อไม้เท้าอัจฉริยะทำการตรวจจับวัตถุดังกล่าวได้จะมีการประมวลผลผ่าน Arduino Nano ที่ติดบนไม้เท้าอัจฉริยะแล้วจึงส่งข้อมูลเป็นค่าระยะทางจาก HC-05 Bluetooth 1 ทำหน้าที่เป็น Master ไปยัง HC-05 Bluetooth 2 ทำหน้าที่เป็น Slave จากนั้น Arduino Uno R3 จะรับข้อมูลเป็นค่าระยะทางจาก HC-05 Bluetooth 2 ทำหน้าที่เป็น Slave เพื่อทำการเช็คเงื่อนไขให้เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ จากนั้นจะส่งข้อมูลที่ถูกต้องตามเงื่อนไขไปยังโมดูล MP3 ซึ่งโมดูล MP3 นี้จะประมวลผลตามคำสั่งเพื่อเลือกไฟล์เสียงในการทำงาน และไฟล์เสียงที่ตรงตามเงื่อนไขจะแสดงเป็นเสียงแจ้งเตือนออกไปยังหูฟังแล้วเกิดเป็นเสียงแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งาน จากการทำงานของระบบตรวจจับวัตถุด้วยเลเซอร์ย่านอินฟราเรดมีการตรวจจับวัตถุที่มีแม่นยำและน่าเชื่อถือมากจึงมีผลต่อการทำงานของระบบแจ้งเตือนแบบไร้สายในรูปแบบเสียงทำให้มีการแจ้งเตือนที่ถูกต้องแม่นยำและถูกต้องเช่นเดียวกัน

บทที่ 6
สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

C.F. Wong, N. Phitagragsakul, P. Jornsamer, P. Kaewmeesri, P. Jantakot and K. Locharoenrat, Design and Construction of Smart Cane Using Infrared Laser-based Tracking System, AIP Conference Proceedings 1973 (2018) 020021-1-5.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวม ทั้งโครงการ (บาท)	ค่าใช้จ่าย จากรายงานครั้ง ก่อน (บาท)	ค่าใช้จ่าย งวดปัจจุบัน (บาท)	รวมค่าใช้จ่าย สะสมถึง ปัจจุบัน (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน) (บาท)
งบดำเนินงาน					
ค่าใช้สอย	6,000	-	5,393.60	5,393.60	-
ค่าวัสดุ	44,000	44,606.40	-	44,606.40	-
รวม	50,000	44,606.40	5,393.60	50,000	-

จำนวนเงินที่ได้รับและจำนวนเงินที่ใช้จ่าย

งวดเงินที่ได้รับ	จำนวนเงินที่ได้รับ (บาท)	เมื่อ
งวดที่ 1	42,500	พฤศจิกายน 2560
งวดที่ 2	7,500	มิถุนายน 2561
รวม	50,000	๑

งวดเงินที่ใช้จ่าย	จำนวนเงินที่ใช้จ่าย (บาท)	เมื่อ
งวดที่ 1	44,606.40	พฤศจิกายน 2560
งวดที่ 2	5,393.60	กรกฎาคม 2561
รวม	50,000	๒

จำนวนเงินคงเหลือ ๑ - ๒ 0 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นาย กฤษกร โฉ่เจริญรัตน์

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
PhD	Physical Materials Science	JAIST	2007
MSc	Processing Technology	AIT	2000
BSc	Chemical Technology	Chulalongkorn University	1994

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

K. Locharoenrat, A. Sugawara, S. Takase, H. Sano, and G. Mizutani, Shadow Deposition of Copper Nanowires on the Faced NaCl(110) Template, *Surface Science*, 601 (2007) 4449.

K. Locharoenrat, H. Sano, and G. Mizutani, Phenomenological Studies of Optical Properties of Cu Nanowires, *Science & Technology of Advanced Materials*, 8 (2007) 277.

K. Locharoenrat, H. Sano, and G. Mizutani, Self-Organized Copper Nanowires Studied by Second Harmonic Spectroscopy, *Optical Society of America Technical Digest of Nonlinear Optics: Materials, Fundamentals and Applications* (2007) WE5.

K. Locharoenrat, H. Sano, and G. Mizutani, Rotational Anisotropy in Second Harmonic Intensity from Copper Nanowire Arrays on the NaCl(110) Substrates, *J. Luminescence*, 128 (2008) 824.

K. Locharoenrat, H. Sano, and G. Mizutani, Second Harmonic Spectroscopy of Copper Nanowire Arrays of on the (110) Faceted Faces of NaCl Crystals, *J. Physics: Conference Series*, 100 (2008) 052050.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

K. Locharoenrat, H. Sano, and G. Mizutani, Field Enhancement in Arrays of Copper Nanowires Investigated by the Finite-Difference Time-Domain Method, *Surface and Interface Analysis*, 40 (2008) 1635.

K. Locharoenrat, H. Sano, and G. Mizutani, Demonstration of Confocal Sum Frequency Microscopy, *Physica Status Solidi (c)*, 6 (2009) 304.

G. Mizutani, K. Locharoenrat, H. Li, and H. Sano, Construction of an Optical Sum Frequency Microscope with Confocal Optics, *Optical Society of America Technical Digest of Nonlinear Optics: Optics & Photonics Congress (2009)* JWA23.

G. Nishimura, K. Awasthi, K. Locharoenrat, S. Okawa, and Y. Yamada, Quantification of Fluorescence Target in Tissue Phantoms by Time-domain Diffuse Optical Tomography with Phantoms – Total-Light Approach, *Optical Society of America Technical Digest of Biomedical (2010)*, BTuD11.

G. Nishimura, K. Awasthi, K. Locharoenrat, S. Okawa, and Y. Yamada, Time-Domain Fluorescence Diffuse Optical Tomography for Live Animals by Total-Light Algorithm, *Proceedings of SPIE*, 7896 (2011) 78962Q.

C-Y. Kao, C-W. Chang, K. Locharoenrat, C-M. Chang, Max T-K. Hou, and I-J. Hsu, Compact Optical Delay Line for Long-Range Scanning, *Optics Communications*, 284 (2011) 4243.

K. Locharoenrat, and I-J. Hsu, Optical Delay Line for Rapid Scanning Low-Coherence Reflectometer, *International Journal of Information and Electronics Engineering*, 2 (2012) 904.

K. Locharoenrat, and G. Mizutani, Characterization, Optical, and Theoretical Investigation of Arrays of the Metallic Nanowires Fabricated by a Shadow Deposition Method, *Advanced Materials Research*, 622-623 (2013) 652.

K. Locharoenrat, Nonlinear Optical Properties of Controlled Fabrication of Copper Nanowires by a Shadow Deposition, *Advanced Materials Research*, 622-623 (2013) 777.

A. Thedsakhulwong, K. Locharoenrat, and W. Thowladda, Nitrogen Concentrations on Structural and Optical Properties of Aluminium Nitride Films Deposited by Reactive RF-Magnetron Sputtering, *Advanced Materials Research*, 631-632 (2013) 186.

A. Thedsakhulwong, K. Locharoenrat, and W. Thowladda, Structure and Piezoelectric Properties of Aluminium Nitride Thin films on the Quartz Substrates deposited by Reactive RF-Magnetron Sputtering, *Advanced Materials Research* 699 (2013) 308.

K. Locharoenrat, and I-J. Hsu, Construction of the Optical Delay Line for the Optical Coherence Tomography, *International Journal of Applied Physics and Mathematics* 3 (2013) 137.

K. Locharoenrat, Copper Nanowires on NaCl (110) Template, *Applied Mechanics and Materials*, 313 (2013) 198.

K. Locharoenrat, Investigation of Temporal Profiles at the Symmetrical Points of the Target in Tissue Phantoms by Time-Resolved Fluorescence Diffuse Optical Tomography, *Proceedings of SPIE*, 8883 (2013) 88831I.

K. Locharoenrat, Preparations and Field Emission from Tungsten Nanotips, *Ferroelectrics*, 457 (2013) 76.

K. Locharoenrat, Second-Order Nonlinear Optical Response of Metal Nanostructures, *Advanced Materials Research* 858 (2014) 147.

K. Locharoenrat, Mechanism of Resonant Enhancement of Gold- and Copper-nanowires Arrays, *Advanced Materials Research*, 902 (2014) 29.

K. Locharoenrat, Recent Advances in Nanomaterial Fabrication, *Journal of. Physics: Conference Series* 495 (2014) 012018.

K. Locharoenrat, Optical Property of Indocyanine Green in a Tissue Model, *Molecular Crystals and Liquid Crystals* 604 (2014) 59.

K. Locharoenrat, Second Harmonic Generation Based on Strong Field Enhancement in Metallic Nanostructured Surface, *Materials Science – Medziagotyra*, 20(4) (2014) 387.

K. Locharoenrat and P. Damrongsak, Plasmonic Properties of Gold-Palladium core-shell Nanorods, *Ukrainian Journal of Physical Optics* 16(3) (2015) 120.

K. Locharoenrat and S. Srivatcharakul, Optical Studies of Zinc Oxide Nanoparticles and Their Biomedical Application, *Chinese Journal of Physics* 53(4) (2015) 080901.

K. Locharoenrat and P. Damrongsak, Enhancement of Fluorescence in Inorganic Dyes by Metallic Nanostructured Surfaces, *Ukrainian Journal of Physical Optics* 17(1) (2016) 21-26.

K. Locharoenrat, Preparation and Metal Removal from Chitosan/PEG Blend, *Applied Mechanics and Materials*, 835 (2016) 348.

S. Lekchaum and K. Locharoenrat, Recent Trend of Solar Tracking System for Electric Power Conversion, *Applied Mechanics and Materials*, 835 (2016) 731.

M. Brankov and K. Locharoenrat, Photostability Testing of Coumarin-153 Doped ZnO Thin Films Prepared with Spin-Coating Technique, *Ukrainian Journal of Physical Optics* 17(2) (2016) 75-80.

K. Locharoenrat, Preparation and Heavy Metal Removal from Chitosan Composite, *Materiale Plactice*, 53(2) (2016) 292.

N. Boonpiphobanun, P. Damrongsak and K. Locharoenrat, Comparison of Fluorescence Behaviors of Rhodamine 6G with Palladium-coated Gold Nanorods in Formations of Solutions and Thin Films, *Applied Mechanics and Materials*, 851, (2016) 14.

L. Suanlim, S. Srivatcharakul and K. Locharoenrat, Photocatalytic Effect of Metal Oxide Nanoparticles on Cultured Human Breast Cancer Cells, *Applied Mechanics and Materials*, 851, (2016) 144.

K. Saenyot, K. Locharoenrat and S. Lekchaum, Design and Fabrication of Gamma-Type Stirling Engine on Parabolic Dish of Solar Concentrator by Compression Ratio Method, *Applied Mechanics and Materials*, 851, (2016) 383.

K. Jianwattananukul, K. Locharoenrat and S. Lekchaum, Design and Construction of New Hybrid Solar Tracking System, *Applied Mechanics and Materials*, 851, (2016) 510.

A. Chittawanij and K. Locharoenrat, Characteristic Evaluation of Organic Light-emitting Diodes Prepared with Stamp Printing Technique, *Advances in Condensed Matter Physics*, 2017 (2017) Article ID 2414798.

E. Rammarat, K. Locharoenrat, W. Yindeesuk and P. Damrongsak, Studies of Concentration Dependence of the Fluorescent Quantum Yield from Rhodamine6G and Au-Pd Core-Shell Nanorods, Using a Response Surface Methodology, *Ukrainian Journal of Physical Optics* 18(3) (2017) 179-186.

T. Leelawattananon, K. Locharoenrat and S. Chittayasothorn, Simulation of Copper Thin Film Thickness Optimization for Surface Plasmon using the Finite Element Method, *Proceedings of SIMULTECH 2017* (2017) 188-195.

K. Locharoenrat and P. Damrongsak, Optical Performance of Fluorescent Collectors Integrated with Microlens Arrays, *Materials Research Express* 4(9) (2017) Article ID 095502.

S. Lekchaum and K. Locharoenrat, Calculation of Lead-Iron Double-Layer Thickness for Gamma-ray Shielding by MATLAB Program, *Science and Technology of Nuclear Installations*, 2017 (2017) Article ID 6078461.

P. Thonglim, M. Sirivichai, O. Thanjai and K. Locharoenrat, Removal of Metals Using a ZnO/Au Composite under Visible-Light Illumination, *Ukrainian Journal of Physical Optics* 19(1) (2018), 60-68.

A. Chittawanij and K. Locharoenrat, Improvement of Power Efficiency of Hybrid White OLEDs Based on p-i-n Structures, *Materia-Rio De Janeiro* 23(1) (2018) 1-9.

P. Damrongsak, E. Ramarat and K. Locharoenrat, Effects of Gold Nanoparticles on Fluorescence Polarization and Emission Spectra of Rhodamine 6G Solution, *Key Engineering Materials* 765 (2018) 39-43.

G. Kaewboonrueng, Y. Özmen, S. Lekchaum and K. Locharoenrat, Monte Carlo Simulation of Photon-Skeletal Muscle Interaction in Human Tissue Model, *Advanced Materials Research* 1147 (2018) 12-17.

Sergi Mor Cases, K. Jianwattananukul, K. Saenyot, S. Lekchaum and K. Locharoenrat, Portable Laser 1-D Barcode Scanner for Material Identification, *Materials Today: Proceedings* 5 (2018) 15143-15148.

C.F. Wong, N. Phitagragsakul, P. Jornsamer, P. Kaewmeesri, P. Jantakot and K. Locharoenrat, Design and Construction of Smart Cane Using Infrared Laser-based Tracking System, *AIP Conference Proceedings* 1973 (2018) 020021-1-5.

T. Detmod, Y. Ozmen, K. Songkaiwong, K. Saenyot, K. Locharoenrat and S. Lekchaum, Home-made Temperature Monitoring System from Four-channel of K-Type Thermocouples via Internet of Thing Technology Platform, *AIP Conference Proceedings* 1973 (2018) 020022-1-5.

K. Saenyot, P. Chamdee, P. Raksrithong, K. Locharoenrat and S. Lekchaum, Improvement of Thermal Performance of Gamma-type Stirling Engine, *AIP Conference Proceedings* 1973 (2018) 020023-1-5.