การพัฒนาแว่นตาแจ้งเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับนักเรียนผู้มีความบกพร่องทางการมองเห็น
Development of an Obstacle-warning Glasses for the Visually Impaired Student

ยุพดี หัตถสิน[1 *] ณัฐวัฒน์ พยาราษฎร์[1] ชาญณรงค์ ธรรมเสนา[1] และเขมะฑัต วิภาตะวนิช[2]
[1] ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300
[2] ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตบางเขน กทม.
Upady Hatthasin[1 *], Nattawat Payarach[1] Chanarong Tamasena and Kemathat Vibhatavanij[2]
[1] Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300
[2] Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University
[*]ผู้รับผิดชอบบทความ: UHT@rmutl.ac.th เบอร์โทรศัพท์ 0-5392-1444 ต่อ 2132

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้สามารถช่วยส่งเสริมด้านการปรับปรุงคุณภาพชีวิตสำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น โดยแจ้งเตือนเป็นเสียงพูดได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ เป็นงานที่มุ่งพัฒนาปรับปรุงอัลกอริทึมด้านประมวลผลเสียงให้เข้าใกล้ real time มีการทดสอบความแม่นยำการวัดระยะทางที่สัมพันธ์กับมุมด้านหน้าของ ultrasonic sensor และการสะท้อนคลื่น ultrasonic ที่ไปตกกระทบกับวัตถุ 5 ชนิด คือ ฟองน้ำ กระจก ไม้ เหล็ก และขวดน้ำพลาสติก ผลทดสอบมี 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งจะทดสอบวัดระยะทางกับ 5 วัตถุ ผลลัพธ์ คือ เฉพาะฟองน้ำที่ไม่ตอบสนองต่อ ultrasonic ส่วน 4 วัตถุที่เหลือจะสะท้อนคลื่นกลับ ซึ่งผลความแม่นยำระยะทางสะท้อนคลื่นจากแต่ละวัตถุ ทำให้ต้องคำนึงถึงกลไกการออกแบบระบบเพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับผู้สวมใส่แว่น ผลทดสอบที่สองเป็นแบบสอบถามการทดสอบที่ถูกประเมินจากคนสายตาปกติและผู้บกพร่องทางการมองเห็น แบบสอบถามมี 6 ประเด็นในด้านความปลอดภัย ด้านการออกแบบฮาร์ดแวร์ ด้านความแม่นยำการวัดระยะทาง ด้านแจ้งเตือนด้วยเสียงเร็วขึ้น ด้านราคา และด้านสะดวกคล่องตัวกรณีสวม ซึ่งผลลัพธ์การประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

คำสำคัญ การวัดระยะทาง ระบบเสียง ผู้บกพร่องทางการมองเห็น แว่นตาแจ้งเตือนสิ่งกีดขวาง

Abstract

This research can help improve the quality of life for the visually impaired people based on the voice speaking in Thai and English. It improves on the algorithm, which reduces the delay on audio processing, making it more real-time. The accuracy of measured distance associated with angles in front of ultrasonic sensor was tested. For safety of a glasses wearer, it examined the amount of Ultrasonic wave reflection on five different materials: sponges, glass, wood, metal, and plastic water bottle. Test results consisted of two parts. First part was for those five materials. Only sponges absorbed the ultrasonic wave, while other materials reflected it back. Reflecting results of precise distance from waves of each materials were diagnosed in order to improve on mechanisms to position equipment and system design to ensure safety for blindness. Second part was satisfaction questionnaires to be assessed by the normal vision people and the visually impaired. The questionnaires were designed on six aspects: safety, hardware design, measured distance accuracy, faster warning sound, the cost, and the convenience and versatility of wearing glasses. The assessment of all aspects yield good results.

Keywords: Distance measurement, sound system, the visually impaired people, obstacle-warning glasses

1. บทนำ

ผู้บกพร่องทางการมองเห็นหรือคนตาบอดเป็นผู้ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน[1] จะไม่สามารถรับรู้เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่อยู่รอบตัวได้อย่างแม่นยำ ไม่สามารถใช้สายตาในการทำกิจกรรมต่าง ๆ จำเป็นต้องใช้ประสาทสัมผัสส่วนอื่นมาช่วยในการเรียนรู้ เช่น การคลำสัมผัส การดมกลิ่น การชิมรสชาติ เป็นต้น และยังต้องอาศัยปัจจัยอีกหลายประการ เช่น ทักษะการทำความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อม การเคลื่อนไหวไปในสถานที่ต่าง ๆ ที่ยังไม่เคยไปมาก่อนและเคยไปมาแล้ว

บ่อยครั้งที่ผู้บกพร่องทางการมองเห็นต้องเดินทางโดยใช้ไม้เท้านำทางหรือใช้วิธีพิเศษอื่น ๆ ซึ่งงานวิจัยสิ่งประดิษฐ์ไม้เท้าพูดได้สำหรับผู้บกพร่องทางสายตา[2]นั้น แม้จะพอช่วยให้รับรู้ถึงสิ่งกีดขวางบริเวณปลายเท้าได้ แต่การเดินทางโดยอาศัยสิ่งประดิษฐ์นี้ใช่ว่าจะปลอดภัยเสมอไป เพราะยังไม่สามารถป้องกันอุบัติเหตุได้รอบด้านโดยเฉพาะบริเวณช่วงศีรษะจรดเอว ที่มักเกิดอุบัติเหตุได้บ่อย โดยบริเวณศีรษะมักไปกระทบกับป้ายแจ้งเตือนต่าง ๆ ที่ติดตั้งระดับสายตาของคนปกติ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้มีการทำวิจัยแว่นตาแจ้งเตือนสิ่งกีดขวาง[3]ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการเดินทาง เพื่อให้เกิดความปลอดภัย อีกทั้งเพื่อส่งเสริมคุณภาพชีวิตให้แก่ผู้บกพร่องทางการมองเห็น โดยนำแนวคิดการสร้างอุปกรณ์ช่วยอำนวยความสะดวกในการเดินทาง เพื่อให้สามารถแจ้งเตือนสิ่งกีดขวางที่อยู่บริเวณระดับศีรษะจนถึงระดับเอว โดยบอกเป็นระยะทางระหว่างตัวแว่นตากับวัตถุที่กำลังจะถูกกระทบ ด้วยเสียงแจ้งเตือนได้หลายรูปแบบ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกได้ตามความเหมาะสม มีการดักจับสิ่งกีดขวางที่อยู่เบื้องหน้า สนับสนุนการหาค่าความเอียงเพื่อที่จะดักจับการก้ม/เงยของศีรษะมาช่วยในการวิเคราะห์ลักษณะมุมมองของผู้ใช้ มีแจ้งเตือน 4 รูปแบบคือ 1) สั่นเตือน 2) เสียงบี๊บ 3) เสียงบี๊บเตือนพร้อมสั่นเตือน และ4) เสียงพูด ทั้งนี้งานวิจัยดังกล่าวยังมีข้อบกพร่องด้านการทำงาน คือ การบอกระยะทางที่ผิดพลาดโดยเสียงแจ้งเตือนมีความล่าช้ากว่าระยะทางจริงที่วัดได้

ดังนั้นจึงได้มีงานวิจัยด้านการทดสอบระบบตรวจจับ[4] โดยคำนึงถึงการแก้ปัญหาทั้งด้านส่งเสริมคุณภาพชีวิต ด้านความแม่นยำ ด้านความปลอดภัย และด้านความคล่องตัวขณะใช้งาน มีการทดสอบความแม่นยำระยะทางเพื่อวัดระยะทางได้ถูกต้อง อีกทั้งยังมีงานวิจัยพัฒนาระบบเสียง[5]ให้ดียิ่งขึ้น เพื่อทำให้ระบบการวัดระยะทางเป็นการแสดงผลแบบเสมือนจริง ทำให้เกิดการทำงานต่อเนื่องและทันทีทันใดให้ได้มากที่สุด ในส่วนงานวิจัยที่กำลังนำเสนอนี้มีการพัฒนาเพิ่มเติมโดยประยุกต์ใช้ตัวประมวลผลแบบใหม่เพื่อให้มีน้ำหนักที่เบากว่า กระชับคล่องตัวมากขึ้นขณะสวมใส่ โดยใช้วัสดุผลิตในประเทศที่ช่วยให้ต้นทุนวัสดุเหลือเพียง 1,200บาท และยังเพิ่มโหมดเสียงพูดแจ้งเตือนให้เป็นภาษาอังกฤษ เพื่อช่วยพัฒนาส่งเสริมคุณภาพชีวิตให้ประเทศก้าวสู่ความสมดุลและยั่งยืน ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาคนและสังคมไทยสู่สังคมคุณภาพ ให้สามารถปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ดังนั้น ผู้บกพร่องทางการมองเห็นจึงควรได้รับการสนับสนุนให้สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ในสังคมคุณภาพ

2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 สังเคราะห์กรอบแนวคิด

การที่จะอาศัยส่วนฮาร์ดแวร์ให้ทำงานได้นั้น จำเป็นต้องสร้างกรอบความคิดก่อนนำมาสังเคราะห์จริง โดยแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งบรรยายแต่ละบล็อกได้ดังนี้

- บล็อก clip-on with the left / right ultrasonic sensor ทั้งข้างซ้ายและข้างขวา มีหน้าที่ตรวจจับสิ่งกีดขวาง ซึ่งใช้ 2 ชุด เพื่อป้องกันการผิดพลาด และเพิ่มตัว clip-on เพื่อแก้ปัญหาใบหน้าผู้ใส่แว่นมีขนาดเล็ก ใหญ่

- บล็อก accelerometer sensor มีหน้าที่ตรวจวัดการก้ม/เงยของศีรษะ เมื่อผู้ใช้สวมใส่แว่นแล้ว จะทำการตรวจจับแกน X, Y และ Z แล้วส่งค่าของแกนเป็นสัญญาณไฟไปยัง microcontroller board ที่พร้อมรับอินพุตจาก left / right ultrasonic sensors ให้เปรียบเทียบผลได้ 3 กรณี คือ 1) หน้าตรง 2) ก้มหน้า และ3) เงยหน้า

- บล็อก microcontroller board ทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณอินพุตจากบล็อก ultrasonic sensor และบล็อก Accelerometer sensor แล้วส่งสัญญาณให้อุปกรณ์เอาต์พุต คือ บล็อก vibration motor บล็อก buzzer และบล็อก embedded MP3 module เพื่อให้ผู้บกพร่องทางการมองเห็นได้รับรู้เมื่อมีสิ่งกีดขวาง

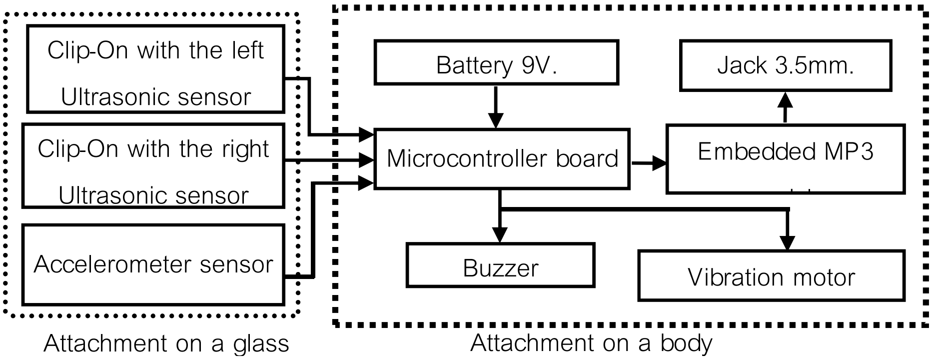
- บล็อก buzzer มีหน้าที่แปลงสัญญาณไฟที่ส่งจากบล็อก microcontroller board ให้เป็นเสียงบี๊บ

- บล็อก vibration motor มีหน้าที่แปลงสัญญาณไฟให้เป็นการสั่นเตือนเมื่อตรวจพบสิ่งกีดขวาง

- บล็อก embedded MP3 module ทำหน้าที่อ่านไฟล์ MP3 ที่บันทึกอยู่ในหน่วยความจำ แล้วจากนั้นก็จะส่งสัญญาณเสียงไปยังบล็อก Jack 3.5 mm

- บล็อก Jack 3.5 mm เป็นชนิด stereo และเป็นตัวเชื่อมต่อกับหูฟังในการส่งเสียงบี๊บ และ / หรือ พูดเตือนว่ามีสิ่งกีดขวางเป็นระยะทางกี่เมตร และวัตถุนั้นอยู่ตำแหน่งข้างหน้า ล่าง บน ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น

- บล็อก Battery 9V มีหน้าจ่ายกระแสไฟฟ้าให้อุปกรณ์ทุกตัวในระบบ ซึ่ง battery มีขนาด 9V (Volts)



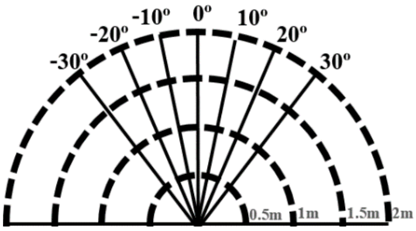
รูปที่ 1 Conceptual components of the system using the ultrasonic sensor

2.2 ดำเนินการสร้างสนามทดสอบ

เนื่องจากการหาความแม่นยำ ต้องอาศัยระยะทางจริงกับระยะทางที่วัดได้มาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาผลลัพธ์ระยะทางของระบบที่มี ultrasonic sensor เป็นส่วนประกอบทำงานอยู่ภายใน จึงมีการสร้างสนามทดสอบโดยแสดงแบบร่างได้ดังรูปที่ 2 ที่มีอักษรบอกระยะทางช่วง ช่วงละ 50 cm เป็นลำดับจนถึง 2 m และบอกระยะรัศมีด้านซ้ายมือ (ให้เป็นค่าลบ) หรือ ขวามือ (ให้เป็นค่าบวก) สำหรับการวัด ด้านหน้าตรงให้เป็น 0 องศา และเมื่อนำแบบร่างมาสร้างเป็นสนามทดสอบจริง สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3

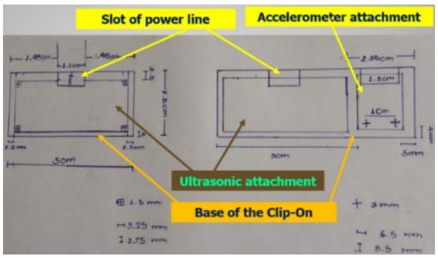
2.3 ออกแบบ clip-on เพื่อติดตั้ง ultrasonic sensor

เพื่อให้เกิดความสะดวกและความคล่องตัวสำหรับผู้สวมใส่แว่นตาที่อาจมีรูปร่างใบหน้าใหญ่ เล็ก อ้วน ผอม แตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลให้ขนาดของแว่นตามีลักษณะแตกต่างกันออกไปตามรูปพรรณสัณฐานของผู้ใช้งาน ดังนั้นจึงมีการออกแบบ clip-on เพื่อหนีบขอบบนของตัวแว่นตา ซึ่งรูปที่ 4 แสดงแบบร่างของคู่ clip-on สำหรับหนีบขอบบนของตัวแว่นตา โดยแผ่น clip-on จะประกอบด้วย ultrasonicsensor และ accelerometer sensor มีการใช้อะคริลิกใสหนา 2 mm ที่มีน้ำหนักเบาเป็นตัวฐานสำหรับยึดอุปกรณ์ แสดงได้ดังรูปที่ 5 ซึ่งเป็นการวางตำแหน่งที่ไม่แนบชิดติดดวงตา และให้ยิงคลื่น ultrasonic ออกด้านนอกตัวแว่นเพื่อเกิดความปลอดภัยแก่ดวงตาและระบบประสาทข้างเคียงของมนุษย์



รูปที่ 2 Diagram of the testing field to measure distances

รูปที่ 3 Creating a real testing field



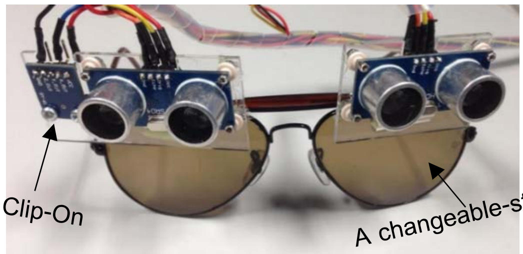
รูปที่ 4 The clip-on body for clamping on glasses rim

2.4 ดำเนินการด้านฮาร์ดแวร์

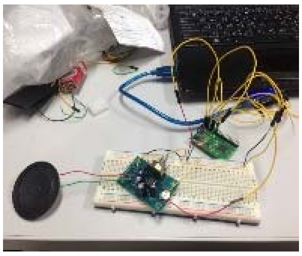
เริ่มจากทดสอบการทำงานระบบของอุปกรณ์ทั้งหมดบนแผ่น breadboard ให้ใช้งานได้ก่อนที่จะนำไปประกอบจริง จากนั้นจึงทำการเจาะกล่องด้วยสว่าน ดังในรูปที่ 6 (a และ b) จากนั้นนำอุปกรณ์ประกอบลงกล่องแล้วทำการเชื่อมต่อ ultrasonic sensor กับ accelerometer sensor เข้าด้วยกันจนเป็นอุปกรณ์ระบบที่ถูกบัดกรีและบรรจุลงในตัวกล่องดังแสดงในรูปที่ 7 (a และ b) ส่วนรูปที่ 8 เป็นภาพรวมการเชื่อมต่ออุปกรณ์จริงของระบบ โดยเริ่มจากการต่อแบตเตอรี่เข้าขา raw ของ Arduino pro-mini เพื่อทำหน้าที่เปลี่ยนไฟ 9V ให้เหลือ 5V เนื่องจาก Arduino pro-mini และ accelerometer GY-61 ไม่สามารถรับไฟเกิน 5V ได้ ดังนั้นจึงต้องแทนการใช้ไฟ 5V จากขา VCC ซึ่งทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าไปเลี้ยงอุปกรณ์ทุกตัวในระบบ

ทั้งนี้อินพุตของระบบจะเริ่มจากขา trig และขา echo ของ ultrasonic sensor ทั้งสองต่อเข้ากับขา D9-D12 ซึ่งเป็นอินพุตของ Arduino pro-mini โดยทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับ

ระยะของสิ่งกีดขวาง ขา X, Y และ Z ของ accelerometer sensor ที่ต่ออยู่กับขา A0, A1 และ A2 ตามลำดับ อันเป็นขาอินพุตอนาล็อกของ Arduino pro-mini เพื่อประมวลผลการก้ม เงยของศีรษะโดยแรกสุดจะกำหนด default ค่า 0 ของทั้ง 3 แกนไว้ที่ศีรษะตรง เมื่อมีการก้ม เงยศีรษะเกิดขึ้นบนแกนใด ๆ แล้ว accelerometer sensor จะส่งค่าผลต่างของแกนนั้น ๆ ไปที่ Arduino pro-mini เพื่อเปรียบเทียบกับการตรวจเจอผลสะท้อนกลับ ของ ultrasonic sensor แล้วได้ผลเปรียบเทียบก่อนสั่ง ค้นหาไฟล์เพื่อแจ้งเตือนว่ามีสิ่งกีดขวางอยู่ด้านล่าง/บน/หน้าเป็นระยะทางนั้น ๆ (เมตร)ส่วนขาบวกของ vibration motor กับ buzzer จะต่อเข้ากับขา D7 และ D8 เพื่อเป็นเอาต์พุตของ Arduino pro-mini ที่จะส่งกระแสไฟให้แก่ อุปกรณ์แจ้งเตือนทั้งสอง มีสวิตช์ต่อเข้ากับขา D6 เป็นอินพุต โดยสวิตช์จะต่อกับตัวต้านทาน pull-down เพื่อให้ได้ลอจิกที่แน่นอน



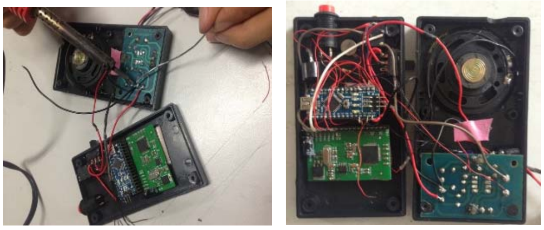
รูปที่ 5 Two of the clip-on for clamping on the rim of the glasses



(a) testing with all devices on breadboard

(b) drilling with drill box

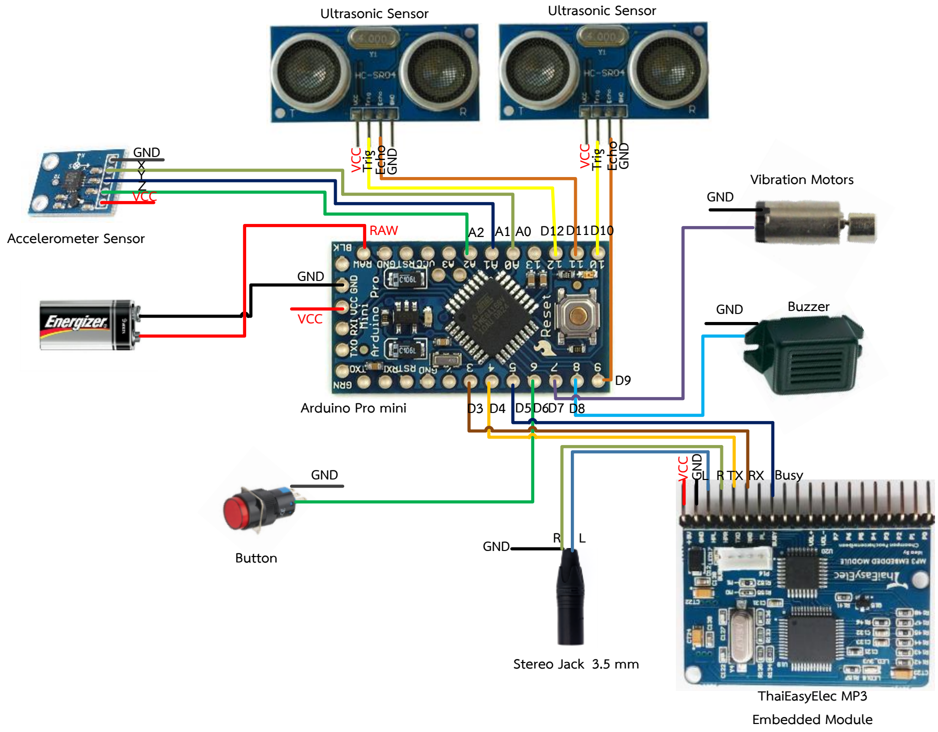
รูปที่ 6 Perform the hardware:



(a) connecting devices (b) completed welding

รูปที่ 7 Connecting the devices

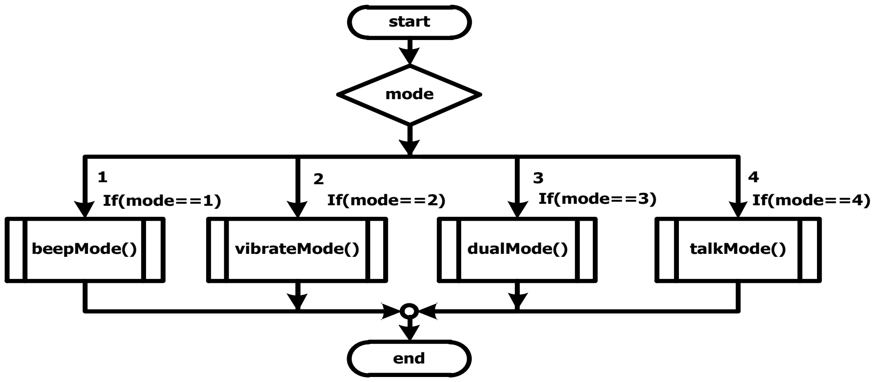
ส่วน embedded MP3 module จะสื่อสารกับ Arduino pro-mini ผ่านทางขา D3-D4 ซึ่งเป็นขา Rx และ Tx ที่สื่อสารแบบอนุกรมที่ได้กำหนดขึ้นมาใหม่และมีขา busy เป็นขาบอกสถานะของโมดูลเสียงว่าพร้อมเล่นไฟล์เสียงหรือไม่ที่ต่อเข้ากับขา D5 ส่วนขา PH_R กับ PH_L เป็นเอาต์พุตเสียงต่อกับแจ็ค 3.5 mm สำหรับเสียบหูฟัง เพื่อส่งเสียงแจ้งเตือน



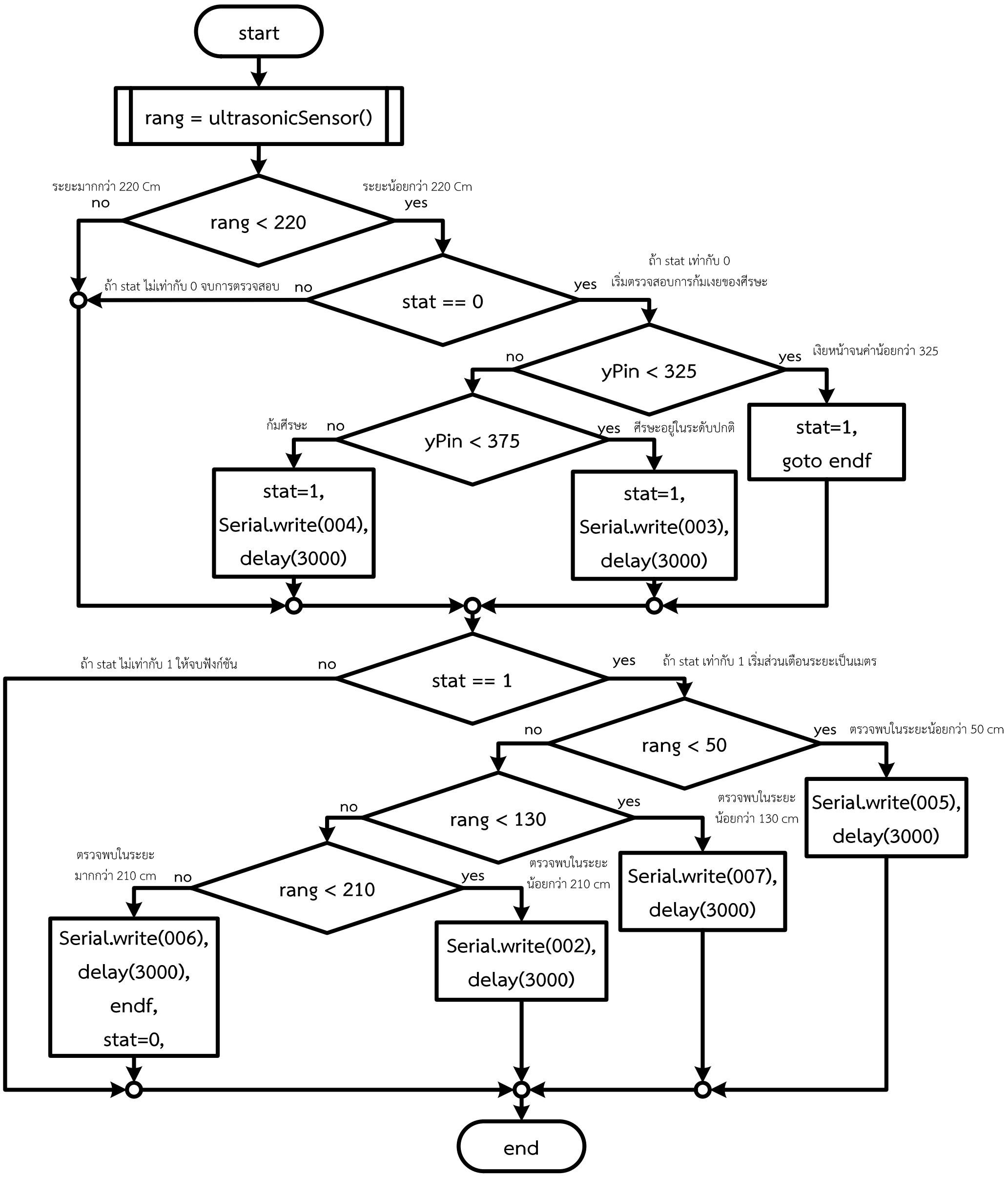
รูปที่ 8 Overview of connecting devices

2.5 ดำเนินการด้านซอฟต์แวร์

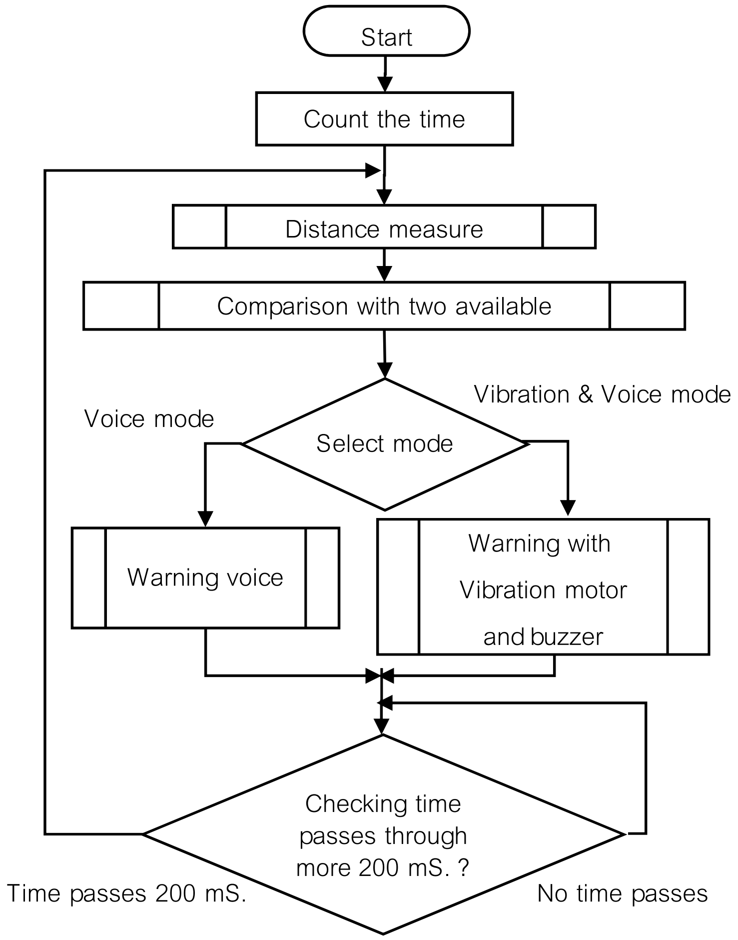
เริ่มจากโฟลว์ชาร์ตหลักที่เขียนด้วยภาษาซี โดยใช้ฟังก์ชัน gen.Mode() ทำหน้าที่รับนับเลขตั้งแต่ 1 ถึง 4 ที่เกิดจากการกดสวิตช์ โดยค่าในตัวแปร mode จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการกดสวิตช์และปล่อยสวิตช์เพื่อป้องกันการ debounce แล้วส่งค่าในตัวแปร mode ไปยังฟังก์ชัน select.Mod() ดังในรูปที่ 9 ซึ่งฟังก์ชันนี้ จะทำหน้าที่ไปตามค่าตัวเลขในตัวแปร mode ที่จะถูกเลือกของ 4 mode ตัวแปร คือ beep.Mode() vibrate.Mode() dual.Mode() และ talk.Mode() โดยผ่านเงื่อนไขแบบ switch - case เพื่อไปทำงานในฟังก์ชันหรือตามหมายเลขในตัวแปร mode ที่เลือกไว้ จากฟังก์ชัน select.Mode() (ขอยกเป็นกรณีตัวอย่าง) เมื่อเลือก talk.Mode() แสดงได้ในรูปที่ 10 ซึ่งฟังก์ชันนี้มีการเตือนเป็นเสียงพูดโดยจะตรวจสอบ ระยะทางของสิ่งกีดขวาง (ฟังก์ชันอื่นก็เช่นกัน) โดยใช้ฟังก์ชัน ultrasonic.sensor แล้วเก็บค่าไว้ในตัวแปร rang ถ้าเงยหน้าจนค่าของ yPin มีค่าน้อยกว่าที่กำหนดจะไม่มีการเตือน ถ้ามองไปข้างหน้าในระดับสายตาย่านที่กำหนดไว้ของเงื่อนไขจะมีเสียงแจ้งเตือนว่า “มีสิ่งกีดขวางอยู่ข้างข้างหน้า” และถ้าก้มหน้าจนค่าของ yPin มากกว่าค่าที่กำหนดไว้ จะมีเสียงแจ้งเตือนว่า “มีสิ่งกีดขวางอยู่ข้างล่าง”ซึ่งขบวนการนี้เป็นการแยกแยะว่าวัตถุอยู่ในระดับสายตาหรือต่ำกว่า แล้วจึงมีเสียงเตือนว่า วัตถุนั้นอยู่ห่างกี่เมตร โดยเริ่มแจ้งตั้งแต่ 2 m แล้วก็ 1 m ตามลำดับ จนถึงระยะต่ำกว่า 0.5 m แล้วค่อยแจ้งเตือนว่า “จะชนแล้ว” หากผู้ใส่แว่นหลบจากวัตถุ พ้นแล้วก็จะแจ้งว่า “พ้นแล้ว”



รูปที่ 9 The flowchart of the select.Mode() function



รูปที่ 10 The flowchart of the talk.Mode() function



รูปที่ 11 The process of the system

โดยเสียงแจ้งเตือนเหล่านี้จะถูกเข้ารหัสแบบ MP3 เก็บไว้ใน SD card แล้ว Arduino nano จะเลือกใช้ฟังก์ชัน serial.write() เพื่อสั่งงานไปยังอุปกรณ์ embedded MP3 module ให้เลือกไฟล์ที่ตรงกับการทำงาน ณ ปัจจุบัน นำมาถอดรหัสเป็นเสียงพูด

ส่วนการแก้ปัญหาด้านเสียงพูดเตือนที่ล่าช้านั้นทำได้โดยเปลี่ยนจาก Arduino nano มาประยุกต์ใช้คำสั่ง delay สำหรับของ Arduino pro-mini เข้ามาช่วยแทน โดยจากที่มีการทำงานแบบ Sequence อันต้องรอคำสั่งก่อนหน้านั้นให้ประมวลผลให้เสร็จไปก่อนแล้ว ถึงจะมาเริ่มทำคำสั่งใหม่ไปตามลำดับขั้นตอน ซึ่งจะทำให้เกิดความหน่วงล่าช้าของโปรแกรมขึ้นได้ การแก้ไขปัญหานี้ทำได้โดยใช้หลักการของ multithreading เข้ามาช่วยและถึงแม้หลักการทำงานแบบ multithreading ใน Arduino pro-mini นั้นไม่สามารถใช้ threading ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องประยุกต์ใช้คำสั่ง millis() เข้ามาช่วยแทนในการเขียนโปรแกรม ซึ่งทำให้เสมือน Arduino ทำงานหลาย ๆ อย่างได้พร้อมกัน เพราะคำสั่ง millis() ก็คือการกำหนดค่าเวลาของ Arduino นั่นเอง

การทำงานของระบบที่ปรับปรุงแก้ไขขึ้นใหม่นี้จะแสดงให้เห็นเฉพาะส่วนที่เริ่มต้นจากการเริ่มนับเวลาในหนึ่งรอบกำหนด คือ 1 - 200 mS (milli - Seconds) ซึ่งจะเริ่มการทำงานในตอนแรกที่ ultrasonic sensor ทั้งสองวัดระยะทางแล้วทำการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้ทั้งสองค่าตรวจสอบและตัดสินใจว่าจะให้ทำงานต่อไปหรือไม่ หากผลเปรียบเทียบไม่ผ่านก็ให้ไปรอรับอีก 200 mS แต่ถ้าผลเปรียบเทียบค่าผ่านแล้ว ก็จะเข้าสู่การเลือกโหมด ซึ่งประกอบด้วย 2 โหมดระบบการทำงานที่สร้างขึ้นมาใหม่แสดงได้ดังในรูปที่ 11

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 ผลการทดลองวัดระยะทางด้วย ultrasonic sensor

มีการคำนวณหาระยะทางของสิ่งกีดขวางที่อยู่ข้างหน้า ultrasonic sensor โดยภาคส่งจะส่งคลื่นออกไป ณ เวลา T_1 เมื่อคลื่นตกกระทบวัตถุ แล้วสะท้อนกลับมา ภาครับก็จะได้รับคลื่นนั้น ณ เวลา T_2 ซึ่งจะได้ผลต่างของเวลาเป็น (T_2 - T_1) หรือ ΔT แล้วสามารถนำมาคำนวณหาระยะทางที่วัดได้ ($distance_1$) จากนั้นนำไปหาร 2 และเปลี่ยนหน่วยเป็น cm

(เซนติเมตร) จากการหารด้วยความเร็วเสียงต่อเซนติเมตรคือ 29.4 µS/cm ซึ่งแสดงให้เห็นได้ดังในสมการที่ (1) และการหาเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำซึ่งแสดงให้เห็นได้ดังในสมการที่ (2)

$$Distance_1 = (\triangle T / 2) / 29.4 \quad (1)$$

$$\text{ค่าความแม่นยำ} = 100\% - \left|\frac{(Distance_1 - Distance_2)}{Distance_2}\right| \times 100\% \quad (2)$$

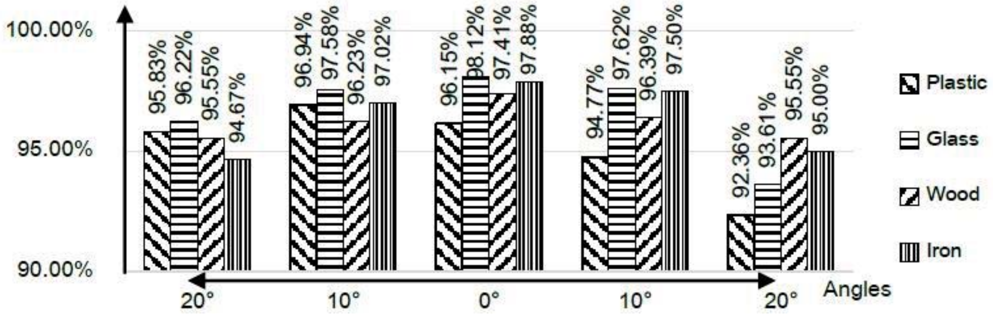
โดยที่ ΔT คือ ผลต่างของเวลา T2 - T1

$Distance_1$ คือ ระยะทางที่วัดได้ หน่วยเป็น cm.

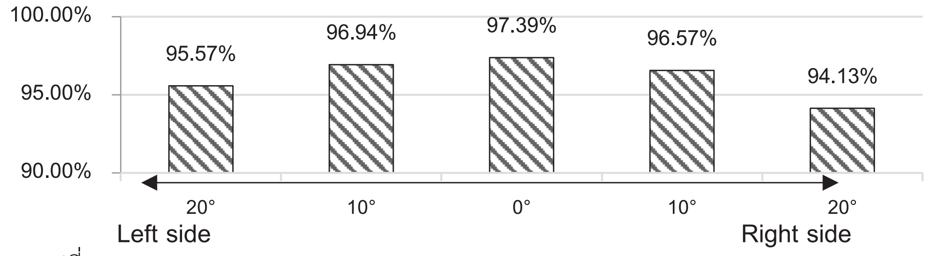
$Distance_2$ คือ ระยะทางจริง หน่วยเป็น cm.

ซึ่งผลการทดลองจากพื้นฐานการใช้สมการดังกล่าวกับการใช้สนามทดสอบถูกนำมาพล็อตเป็นกราฟดังในรูปที่ 12 ถึง 15 ตามลำดับ

รูปที่ 12 The average accuracy of the reflected waves from all angles for the five objects



รูปที่ 13 The precision of distance measurements in each of the four objects degrees



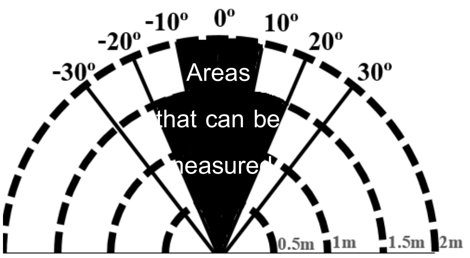
รูปที่ 14 The precise distance measurement using the average of the four objects

3.2 อภิปรายผลการวัดระยะทางด้วย ultrasonic sensor

การทดสอบเพื่อวัดระยะทางด้วย ultrasonic sensor ในระบบพิสูจน์การสะท้อนของวัตถุที่ถูกนำมาวางกีดขวาง จากการสร้างสนามทดสอบ เพื่อหาระยะทางและหารัศมีการทำงานของระบบโดยใช้วัตถุ 5 ชนิด เป็นตัวแทนสิ่งกีดขวางที่รองรับการตกกระทบคลื่น คือ 1) ฟองน้ำ 2) กระจก 3) ไม้ 4) เหล็ก และ 5) ขวดน้ำพลาสติก

โดยผลค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการสะท้อนคลื่นจากทุกองศาสำหรับทั้ง 5 วัตถุที่ถูกแสดงในรูปที่ 12 นั้นมีผลลัพธ์ชี้ให้เห็นว่า เฉพาะฟองน้ำเท่านั้นที่ไม่มีการตอบสนองใด ๆ ต่อการทำงานของระบบ ในขณะที่ 4 ชนิดของวัตถุที่เหลือจะมีผลตอบสนองต่อระบบ โดยผลค่าความแม่นยำด้านการวัดระยะทางในแต่ละองศาของวัตถุ 4 ชนิดดังถูกอ้างถึงในรูปที่ 13 ส่วนผลความแม่นยำระยะทางโดยใช้ข้อมูลเฉลี่ยของวัตถุ

ทั้ง 4 ชนิดนี้ถูกอ้างถึงในรูปที่ 14 และส่วนบริเวณย่านที่สามารถวัดได้ของระบบที่มี ultrasonic sensor จากทั้งสอง clip-on ถูกอ้างถึงในรูปที่ 15 ซึ่งมีรัศมีแผ่ระยะหวังผลได้เฉพาะส่วนที่แรเงาสีดำเท่านั้น



รูปที่ 15 The measurable area of ultrasonic sensor from a pair of the clip-on

3.3 ผลการทดลองจากผู้ใช้งาน

มีการทดลองกับผู้ใช้งาน 40 คนโดยแบ่งเป็นกลุ่มผู้สายตาปกติ 30 คนที่ใช้ผ้าปิดตา และกลุ่มผู้บกพร่องทางการมองเห็น 10 คน ซึ่งรูปที่ 16 แสดงตำแหน่งการสวมใส่อุปกรณ์ และการทดสอบเดินตรงเข้าไปหาสิ่งกีดขวางขณะปิดตาของผู้มีตาปกติที่ได้ประเมินการใช้งานโดยใช้แบบสอบถาม ส่วนผู้บกพร่องทางการมองเห็นก็ใช้การทดลองเช่นเดียวกัน โดยรูปที่ 17 เป็นบรรยากาศโดยรวมระหว่างทดสอบกับผู้บกพร่องทางการมองเห็น อีกทั้งมีผลการวัดความแม่นยำดังแสดงในตารางที่ 1 ถึง 2 และกราฟในรูปที่ 18

3.4 อภิปรายผลการทดลองจากผู้ใช้งาน

ผลการประเมินสามารถให้ผลลัพธ์งานวิจัยเพิ่มเติมนี้ (Current) เทียบกับงานวิจัยเดิม (Past [2]) ทางด้านผลความแม่นยำเมื่อวัดในระยะทางที่ต่างกันตั้งแต่ 3 m จนถึง 1 m โดยถูกอ้างอิงในตารางที่ 1 สามารถให้ความแม่นยำได้สูงถึง 96.67% ที่ระยะ 3 m. ในขณะที่ผลประเมินด้านความสะดวกคล่องตัวกรณีสวมใส่แว่นตาที่มี clip-on กับไม่มี clip-on ที่ถูกอ้างอิงในตารางที่ 2 เมื่อเทียบกับงานวิจัยเดิม จะเห็นได้ว่ามีความคล่องตัวได้สูงกว่า

จากผลประเมินแบบสอบถามเปรียบเทียบโดยภาพรวมจากทั้งผู้สายตาปกติและผู้บกพร่องทางการมองเห็นที่แสดงเป็นกราฟแท่ง ดังรูปที่ 18 ใน 6 ประเด็นของด้านความปลอดภัยขณะใช้งานได้ 91.94% และ 89.58%ด้านความประณีตการออกแบบได้ 85.55% และ 77.90% ด้านความแม่นยำในการวัดระยะทางได้ 93.61% และ 85.41% ด้านความสามารถแจ้งเตือนด้วยเสียงพูดเร็วขึ้นทันเหตุการณ์ได้ 94.16% และ 87.50% ความสะดวกใช้งานกระชับสะดวกคล่องตัวกรณีสวมใส่แว่นตาได้ 89.38% และ 79.68% รวมถึงด้านความสมเหตุสมผลของราคาต้นทุน 91.66% และ 87.50% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีตามลำดับ

Front Lateral Attached waist Press a button Walk test

รูปที่ 16 Wearing position and equipment testing

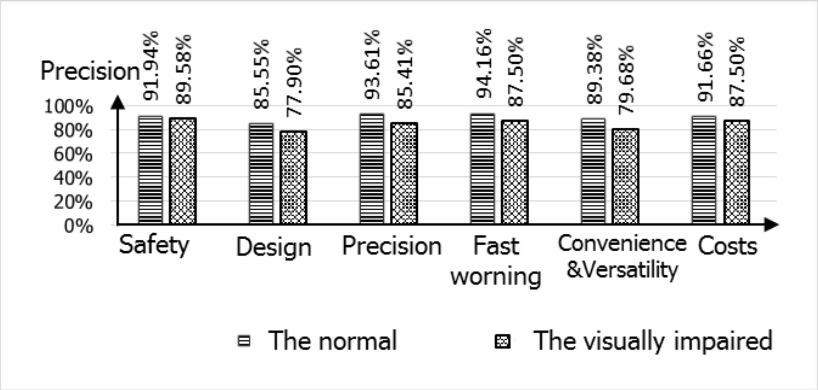
รูปที่ 17 Testing atmosphere with the visually impaired

ตารางที่ 1 Precision results measuring in completely different ways

Vision of test subjects	Distant of 1 m		Distant of 2 m		Distant of 3 m	
	Past [2]	Current	Past [2]	Current	Past [2]	Current
Normal	-	91.67 %	-	92.50%	85.00%	96.67%
Visually impaired	-	81.25 %	-	87.50%	93.05%	93.75%

ตารางที่ 2 Evaluated results on easy mobility

Vision of test subjects	Convenience and versatility of wearing glasses	
	Past research without the clip-on	Current research with the clip-on
Normal	87.50%	89.38%
Visually impaired	90.27%	79.68%



รูปที่ 18 All assessment results from the normal vision people and the visually impaired people

3.5 ผลงานงานวิจัยที่ทำได้

ผลงานงานวิจัยที่ทำได้มีอยู่ 8 ประเด็นดังนี้

1) พัฒนาแว่นตาแจ้งเตือนเมื่อมีสิ่งกีดขวางในระดับสายตาจรดระดับเอว ระยะ 3 m มีระยะหวังผลที่ 2 m มีความคลาดเคลื่อนการวัดระยะทางไม่เกิน ± 10 cm

2) ใช้ ultrasonic sensor ตรวจจับ 2 ชุดที่ทำงานร่วมกันเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการวัดระยะทาง แต่ไม่สามารถเพิ่มรัศมีในการวัดได้

3) มีเสียง 5 โหมด คือ เสียงบี๊บเตือน สั่นเตือน เสียงบี๊บเตือนพร้อมสั่นเตือน เสียงพูดภาษาไทย เสียงพูดภาษาอังกฤษ

4) มีการแจ้งเตือนตามระยะใกล้ หรือไกลได้ โดยใช้ระยะเป็นตัวกำหนดจังหวะ ซึ่งในโหมดเสียงบี๊บเตือนพร้อมสั่นนั้นมีจังหวะความถี่ในการแจ้งเตือนที่ไวที่สุดคือ 200 mS และจังหวะในการแจ้งเตือนที่นานที่สุดประมาณ 1S

5) ในโหมดเสียงพูด สามารถถูกเลือกให้แจ้งเตือนเป็นเสียงภาษาไทยหรืออังกฤษได้ ซึ่งจะเริ่มแจ้งเตือนระยะทางที่ 2 m 1 m และ 50 cm ตามลำดับ

6) ในโหมดเสียงพูด จะแจ้งเตือนสิ่งกีดขวางที่อยู่ต่ำกว่า / เหนือกว่าศีรษะได้ แต่ต้องเงยหรือก้มหน้าเพื่อสำรวจวัตถุ เพราะรัศมีในการค้นหาของ ultrasonic sensor กว้างไม่พอ อันเป็นขีดจำกัดของบริษัทผู้ผลิต

7) ได้พิสูจน์ให้ทราบว่าวัสดุฟองน้ำไม่สามารถตอบสนองหรือสะท้อนคลื่น ultrasonic ที่ส่งออกทุกๆ องศาของระบบแว่นตาแจ้งเตือน โดยมีการทดสอบวัดความแม่นยำแล้วนำผลไปเปรียบเทียบกับผลการวัดความแม่นยำของกระจก ไม้ เหล็ก และขวดน้ำพลาสติก ตามลำดับ

8) ได้แนวทางส่งเสริมคุณภาพชีวิตผู้บกพร่องทางการมองเห็นให้พึ่งพาตนเองได้ สอดคล้องกับคติพจน์ “อยู่อย่างมีประโยชน์และไม่เป็นภาระต่อสังคม”

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาแว่นตาแจ้งเตือนเพื่อช่วยผู้บกพร่องทางการมองเห็นโดยแจ้งเตือนเป็นเสียงพูดได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ มีการใช้ ultrasonic sensor เป็นตัวตรวจจับสิ่งกีดขวาง มีการทดสอบความแม่นยำระยะทางสะท้อนคลื่นจาก 5 วัตถุ มีการทดสอบใช้งานจากอาสาสมัครทั้งคนสายตาปกติและผู้บกพร่องทางการมองเห็น มีแบบสอบถาม 6 ด้าน ซึ่งผลลัพธ์การประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ศิริพร วงศ์รุจิไพโรจน์ และคณะ จากโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระราชินูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้คำแนะนำต่าง ๆ และขอขอบคุณโครงการ HRS2015 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ที่ให้ทุนวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] พรพรรณ ชินณพงษ์. 2553. ทัศนคติของผู้บกพร่องทางสายตาต่อการเข้าถึงสภาพแวดล้อม. วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม / การผังเมือง 7(2): 141-157.

[2] ยุพดี หัตถสิน ณัฐพงศ์ ชุ่มแสง และศุภชัย ยุ้งแก้ว. 2557. แว่นตาแจ้งเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางสายตา. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ EENET 2014, กระบี่, 4 หน้า.

[3] ยุพดี หัตถสิน ณัฐวัฒน์ พยาราษฎร์ ชาญณรงค์ ธรรมเสนา และสิริพงษ์ มาทาเม. 2558. การทดสอบระบบตรวจจับเพื่อความปลอดภัยสำหรับแว่นตาแจ้งเตือนสิ่งกีดขวางเพื่อผู้บกพร่องทางสายตา. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ EENET 2015, ชลบุรี, หน้า 85-88.

[4] ยุพดี หัตถสิน ณัฐวัฒน์ พยาราษฎร์ และชาญณรงค์ ธรรมเสนา. 2558. พัฒนาระบบเสียงและการทดสอบระบบตรวจจับวัตถุในโครงการแว่นตาแจ้งเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางสายตา.เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ NCCIT 2015, กรุงเทพฯ., หน้า 553-558

[5] สิทธิชัย จันทพิมพะ และมนู กวางแก้ว. 2553. ไม้เท้าพูดได้สำหรับผู้มีความบกพร่องทางสายตา. วารสารการไฟฟ้าและระบบควบคุม 9(52): 35–36.