

รายงานการวิจัย

ไอโซนาร์ 2: เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็น
iSonar-2: An Obstacle Warning Device for the visually impaired

โดย

สุรพล วรภัทราทร
สำนักวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
กุลธิดา เตชวรสินสกุล
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ณัชชา จันทร์วราภา
คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปีงบประมาณ 2558

บทคัดย่อ

ไอโซนาร์-2 คือ อุปกรณ์บอกเตือนสิ่งกีดขวางซึ่งทำให้ผู้พิการทางสายตาสามารถหลบหลีกวัตถุที่อยู่ระหว่างเท้าจนถึงศรีษะได้ ในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการสร้างต้นแบบเครื่อง ไอโซนาร์-2 ซึ่งออกแบบจากความต้องการของผู้พิการทางสายตาในประเทศไทย สำหรับการตรวจจับสิ่งกีดขวางใช้ ตัวรับส่งคลื่นเสียงอัลตราโซนิค จำนวนสามตัวความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ มีระยะการทำงาน 130 เซนติเมตรด้านหน้าและ 100 เซนติเมตรด้านข้างลำตัวของผู้พิการ ตรวจจับตั้งแต่พื้นจนถึงศรีษะ รวมถึงสามารถตรวจจับหลุมหรือขั้นบันไดได้ด้วย สำหรับการบอกเตือนสิ่งกีดขวางใช้มอเตอร์สั่นจำนวนสามจุดเพื่อที่จะบอกตำแหน่งของสิ่งกีดขวางตำแหน่งและระยะทางต่าง ๆ ทั้งนี้นอกจากประสิทธิภาพที่ดีแล้ว ไอโซนาร์-2 ยังมีรูปลักษณ์ที่ถูกใจและเป็นมิตรกับผู้พิการทางสายตาอีกด้วย

คำสำคัญ: ผู้พิการทางสายตา, การตรวจจับสิ่งกีดขวาง, อุปกรณ์นำทางสำหรับคนตาบอด

Abstract

iSonar-2 is obstacle warning device which allow the blind and visually impaired avoid dangerous objects from user's head to lower body. This research proposes a prototype of iSonar-2; a low-cost directional obstacle warning device using multiple ultrasonic transducers with a miniaturized, high performance. To avoid collision, three ultrasonic transducers with 40 kHz are used to detect obstacles within the range of the user's head and the ground, including stairs. iSonar-2 provides directional tactile feedback with 3 DC motors that vibrate in different positions and frequencies, depending on the details of the obstacle's whereabouts and characteristics. The coverage area is 130 cm forward and 100 cm from each side which makes iSonar-2 more practicable and provides accurate awareness for users in tough and pleased in appearance.

Keywords: Visually Impaired, Obstacle Detection, Travel Aid for The Blind

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 ขอบเขตการวิจัย 3

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 5

1.6 ผลงานตีพิมพ์จากการวิจัย 5

1.7 การจดทรัพย์สินทางปัญญา 6

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 ผู้บกพร่องทางการเห็น 7

2.2 อุปกรณ์ช่วยนำทางอิเล็กทรอนิกส์ 17

2.3 การตรวจจับสิ่งกีดขวางด้วยระบบอัลตราโซนิค 21

2.4 หลักการออกเพื่อคนทั้งมวล 25

บทที่ 3 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย 32

3.1 การเก็บข้อมูลความต้องการจากผู้ใช้งาน 32

3.2 การออกแบบระบบบอกเตือนสิ่งกีดขวาง 35

3.3 การออกแบบรูปลักษณ์ผลิตภัณฑ์ 41

บทที่ 4 การทดสอบและอภิปรายผล 69

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ 69

4.2 การทดสอบความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน 72

บรรณานุกรม 74

ภาคผนวก 79

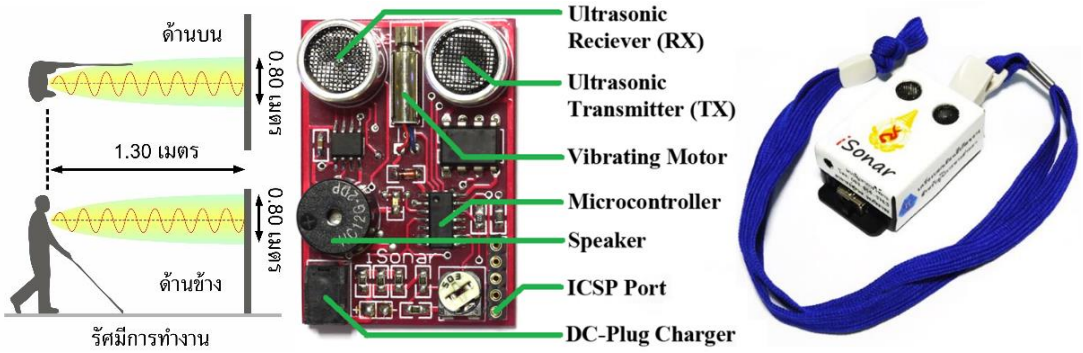
ประวัติคณะผู้ทำวิจัย 132

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากข้อมูลการสำรวจทางระบาดวิทยาของโรคตาที่เป็นสาเหตุของสภาวะบกพร่องทางการเห็น และโรคตาที่เป็นปัญหาสาธารณสุขในประเทศไทย ครั้งที่ 1 พ.ศ.2549-2550 พบว่า อัตราการชุกจากการปรับโดยอายุและเพศของผู้ที่บกพร่องทางการมองเห็น ประมาณการณ์ว่า ประเทศไทยมีผู้บกพร่องทางการมองเห็นแบ่งเป็น คนตาบอด 369,013 ราย และคนสายตาเลือนราง 987,993 ราย จากสายตาผิดปกติโดยไม่มีแว่นตาใส่เป็นสาเหตุอันดับหนึ่ง สาเหตุรองลงมา จากโรคต้อกระจก โรคต้อหิน โรคจุดศูนย์กลางจอประสาทตาเสื่อม โรคเบาหวานในจอประสาทตา ประสาทตาตาย ตาเหล่ และตาขี้เกียจ ซึ่งความบกพร่องทางการเห็นนี้เพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น จากการได้รับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับดวงตา การสูญเสียทางการเห็นเหล่านี้ส่งผลให้ผู้บกพร่องทางการเห็นไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้เช่นคนปกติอีกต่อไป เกิดความไม่มั่นใจในตัวเอง และมักประสบปัญหาการเดินชนกระแทกสิ่งกีดขวางระดับต่าง ๆ ในระหว่างการเดินทาง

ไม้เท้าขาวหรือสุนัขนำทางหรืออุปกรณ์ช่วยการเดินทางอื่น ๆ ไม่สามารถตรวจสอบสิ่งกีดขวางที่สูงกว่าระดับเอว เช่น ป้ายจราจร ขั้นบันได ใต้สะพานลอย ประตูหน้าต่างที่เปิดอยู่ หรือวัตถุต่าง ๆ ที่เป็นอันตราย และจากการสังเกตเบื้องต้นพบว่า ผู้บกพร่องทางการเห็นประเภทสายตาเลือนรางส่วนใหญ่ ไม่นิยมใช้ไม้เท้าขาวหรือสุนัขช่วยนำทางในการเดินทาง เนื่องจากภาพลักษณ์ภายนอกที่ผู้อื่นเห็นเหมือนคนปกติทั่วไปไม่แสดงว่าเป็นผู้บกพร่องทางการเห็นอย่างชัดเจนเช่นคนตาบอด เมื่อใช้ไม้เท้าขาวมักถูกเข้าใจผิดว่าต้องการหลอกลวงว่าเป็นคนพิการและบางคนมีความวิตกกังวลเกรงว่าผู้อื่นจะทราบว่าตนเองเป็นผู้บกพร่องทางการเห็นทำให้ไม่ปลอดภัยจากพวกมิจฉาชีพ อุปกรณ์ช่วยนำทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ก็ยังไม่ได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจาก ประสิทธิภาพการทำงานที่ต่ำ, รูปร่างลักษณะของอุปกรณ์ที่ไม่เป็นที่ต้องการของผู้ใช้งาน, การใช้งานที่ยากและราคาที่ค่อนข้างสูง



รูปที่ 1 เครื่องไอโซนาร์-อุปกรณ์บอกเตือนสิ่งกีดขวางเดิมของผู้วิจัย

สำหรับงานวิจัยเดิมของผู้ทำวิจัย คือ ไอโซนาร์ เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางด้วยคลื่นอัลตราโซนิค (Vorapatratorn S., 2014) รูปที่ 1 เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบโดยใช้ความต้องการจากผู้ใช้งานคือผู้บกพร่องทางการเห็นเป็นฐาน ดังรูปที่ 1 บอกเตือนสิ่งกีดขวางระดับเอวถึงศีรษะในระยะ 130 เซนติเมตรด้วยระบบสั่น สำหรับปัญหาของ iSonar จากการที่ให้ผู้บกพร่องทางการเห็นในประเทศไทยจำนวน 250 คนทดสอบการใช้งานจริง (มีนาคม 2556 – พฤศจิกายน 2557) พบว่า ผู้ใช้ยังคงเดินชนสิ่งกีดขวางในระดับ ศีรษะ ช่วงไหล่และช่วงเอวลงไป และจากปัญหาขนาดรูปร่างของผู้ใช้งานที่ไม่เท่ากันบางคนอ้วนหรือมีช่วงไหล่กว้างเกินกว่าที่ตัวเครื่องตรวจจับ ไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าต้องหลบสิ่งกีดขวางไปทางใดทำให้เสียเวลาหาเส้นทาง และการใช้งานไม่สะดวกเนื่องจากการใช้สายคล้องคอทำให้อุปกรณ์แกว่งหมุนบิดไปมา ทำให้หันหน้าตัวเครื่องผิดด้านบ้าง สั่นไม่โดนผู้ใช้บ้าง, ผู้ใช้งานมีการรับรู้ทางการสัมผัสไม่เท่ากัน บางคนใช้แล้วรู้สึกว่าการสั่นเตือนน้อยเกินไปหรือมากเกินไป และรูปลักษณ์ของอุปกรณ์ที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ใช้

งานวิจัยนี้จึงเสนอ ไอโซนาร์ 2: เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็นออกแบบโดยใช้ความต้องการจากผู้ใช้งานคือผู้บกพร่องทางการเห็นเป็นฐาน ซึ่งสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางด้านหน้าของผู้ใช้งานได้แบบสามมิติ บอกเตือนสิ่งกีดขวางตั้งแต่ระดับเท้าจนถึงระดับศีรษะของผู้ใช้งาน ด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิคความถี่ 40 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งทำงานร่วมกันสี่ตัว (Quad-Ultrasonic Transducer) ในการตรวจหาสิ่งกีดขวางได้ทั้งสามมิติ (ความสูง, ความกว้าง, ความลึก) บอกตำแหน่งสิ่งกีดขวางด้วยระบบสั่นแบบสัมผัสคู่ (Dual-Tactile Feedback) ประสิทธิภาพความแม่นยำสูง มีความปลอดภัย, แข็งแรงทนทาน มีความสะดวกสบายในการใช้งาน รูปลักษณ์เป็นที่น่าพึงพอใจของผู้ใช้ ในราคาอันสมควร ได้รับการยอมรับจากผู้ใช้งานทั้งด้านประสิทธิภาพและการออกแบบ

สอดคล้องกับโครงการวิจัยตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2555-2559) ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 4 การสร้างศักยภาพและความสามารถเพื่อการพัฒนานวัตกรรมและบุคลากรทางการวิจัย กลยุทธ์การวิจัยที่ 1 พัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม สู่เชิง

พาณิชย์รวมทั้งองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ และการพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ใน วิทยาการต่าง ๆ แผนงานวิจัยที่ 1.1 การวิจัยและพัฒนานวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์และองค์ความรู้ใหม่ทาง วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น เทคโนโลยีชีวภาพ วัสดุศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร นาโนเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์การแพทย์และสาธารณสุข สัตว์ทดลองและวิธีการอื่นเพื่อทดแทนการใช้ สัตว์ เทคโนโลยีด้านอาวุธยุทโธปกรณ์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาอุปกรณ์บอกเตือนสิ่งกีดขวางขวางระดับเท้าจนถึงศีรษะสำหรับผู้บกพร่องทางการ มองเห็น โดยใช้หลักการตรวจจับวัตถุด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิค บอกเตือนสิ่งกีดขวางที่เกิดจาก ทิศทางต่าง ๆ ด้วยระบบสั่นแบบสัมผัส ด้วยประสิทธิภาพความแม่นยำสูง, มีความปลอดภัย, แข็งแรง ทนทาน, ใช้งานง่ายได้อย่างสะดวกสบาย และมีรูปลักษณ์เป็นที่น่าพึงพอใจของผู้ใช้งาน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ตรวจจับสิ่งกีดขวางที่ไม่มีการดูดซับคลื่นเสียง ได้ตั้งแต่ระดับเท้าจนถึงศีรษะของผู้ใช้งาน ตรวจจับด้านหน้าในระยะ 130 เซนติเมตร ด้านกว้างระยะประมาณหนึ่งช่วงไหล่ 100 เซนติเมตร ใช้ ในสภาพอากาศและอุณหภูมิปกติเท่านั้น (ในอุณหภูมิประมาณ 25-40 องศาเซลเซียส) หลีกเลี่ยงการ ใช้งานเมื่อฝนตก ใช้ได้ในผู้บกพร่องทางการมองเห็น สายตาเลือนราง จนถึงตาบอด

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาผลงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)
    1.1) ศึกษางานวิจัย/ผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางในปัจจุบัน
    1.2) ศึกษาข้อมูลลักษณะของการบกพร่องทางการมองเห็น
    1.3) ศึกษาหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อผู้พิการ
2. การศึกษาเก็บข้อมูลความต้องการ (Specific Requirement)

    2.1) ศึกษาและเก็บข้อมูลปัญหาจากผู้บกพร่องทางการมองเห็น โดยใช้เทคนิคการสัมภาษณ์และ ตอบแบบสอบถามโดยแบ่งการเก็บข้อมูลเป็น 2 ส่วน

        2.1.1) เก็บข้อมูลด้านปัญหาข้อจำกัดในการใช้ชีวิตประจำวันจากผู้พิการทางสายตาเพื่อการ ออกแบบการทำงานหลักของระบบ โดยทีมแพทย์ผู้เชี่ยวชาญจากคณะแพทยศาสตร์ ศิริราช พยาบาล

2.1.2) เก็บข้อมูลด้านการออกแบบด้วยการสัมภาษณ์ สังเกตและบันทึกภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวการทดสอบต้นแบบการใช้งานเบื้องต้น โดยทีมผู้ออกแบบรูปลักษณ์อุปกรณ์จากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2) ศึกษาและเก็บข้อมูลจากทีมแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ/ผู้ดูแลผู้บกพร่องทางการเห็น

3. วิเคราะห์ความต้องการและออกแบบระบบ (Analysis & System Design)

3.1) ออกแบบการตรวจจับสิ่งกีดขวางระดับเท้าจนถึงศีรษะด้วยระบบมัลติอัลตราโซนิค

3.2) ออกแบบระบบบอกเตือนสิ่งกีดขวางด้วยระบบสัมผัสแบบสื่อทิศทาง

3.3) ออกแบบรูปลักษณ์อุปกรณ์โดยใช้เทคนิคการออกแบบเพื่อมวลชน (Universal Design) จากผลการวิเคราะห์ความต้องการจากผู้ใช้งานที่ได้จากการสำรวจ

4. การพัฒนาและสร้างต้นแบบ (Implementation)

เป็นการสร้างต้นแบบอุปกรณ์ที่สามารถนำไปใช้ในการทดสอบกับผู้พิการทางสายตาจากกลุ่มตัวอย่าง

4.1) พัฒนาระบบการตรวจจับสิ่งกีดขวางระดับเท้าจนถึงศีรษะด้วยระบบมัลติอัลตราโซนิค

4.2) พัฒนาระบบบอกเตือนสิ่งกีดขวางด้วยระบบสัมผัสแบบสื่อทิศทาง

4.3) พัฒนาหน้าที่การทำงานต่างเสริมต่าง ๆ รวมถึงรูปลักษณ์อุปกรณ์

5. ทดสอบการทำงาน (Testing)

5.1) ทดสอบความแม่นยำ (Accuracy Test) ประสิทธิภาพการตรวจจับสิ่งกีดขวางด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิคการทำงานพื้นฐานอื่น ๆ ของอุปกรณ์ หาขอบเขตและข้อจำกัดการใช้งาน

5.1.1.) การทดสอบ Measurement error เพื่อหาขอบเขตการทำงานในส่วนของระยะการตรวจจับสิ่งกีดขวาง

5.1.2.) การทดสอบ Angular position surfaced reflection เพื่อหาขอบเขตการทำงานในส่วนของมุมตกกระทบผิววัตถุ

5.1.3.) การทดสอบ Collision Rate เพื่อหาอัตราการชนสิ่งกีดขวางในระดับต่าง ๆ

5.2) ทดสอบความพึงพอใจ (Satisfaction test)

การใช้งานอุปกรณ์โดยกลุ่มทดสอบผู้บกพร่องทางการเห็นจำนวนขั้นต่ำ 100 คน เป็นระยะเวลา 1 เดือน ประเมินโดยผู้ใช้ให้คะแนนในแบบแบบสอบถาม โดยมาตรวัดแบบ Likert Scale (1=แย่, 2=พอใช้, 3=ปานกลาง, 4=ดี, 5=ดีมาก) ในประเด็น ความสะดวกใน

การใช้งาน, ความแม่นยำการตรวจจับสิ่งกีดขวาง, การบอกเตือนด้วยระบบสั่นสื่อทิศทาง, รูปลักษณ์, การประยุกต์ใช้จริงในชีวิตประจำวัน

6. วิเคราะห์และประเมินผล (Evaluation)

   6.1) ประเมินผลการทดสอบด้านประสิทธิภาพของระบบ

   6.2) ประเมินผลการทดสอบด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ โดยการประเมินควรได้รับคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับดีขึ้นไป

7. จัดทำรายงานการวิจัยและสรุปผล (Conclusion)

8. เผยแพร่ผลงาน/บทความวิจัย, จัดสัมมนาและฝึกอบรม* (Publication)

   *การจัดสัมมนาดังกล่าวไม่เกี่ยวข้องกับข้อมูลในการใช้ประกอบการทำวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

ระบบที่นำเสนอสามารถช่วยเหลือผู้พิการทางสายตาเดินทางไปยังจุดหมายที่ต้องการได้อย่างปลอดภัย มีความมั่นใจในการเดินทางมากขึ้น และเพื่อส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้พิการทางสายตา สอดคล้องกับโครงการวิจัยตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2555-2559) ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 4 การสร้างศักยภาพและความสามารถเพื่อการพัฒนานวัตกรรมและบุคลากรทางการวิจัย กลยุทธ์การวิจัยที่ 1 พัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม สู่เชิงพาณิชย์รวมทั้งองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ และการพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ในวิทยาการต่าง ๆ

1.6 ผลงานตีพิมพ์จากการวิจัย

1.) S. Vorapatratorn, K. Teachavorasinskun, N.Chanwarapha, “Directional Obstacle Warning Device Using Multiple Ultrasonic Transducers for People with Visual Disabilities,” In the proceedings of the 9th International Convention for Rehabilitation Engineering and Assistive Technology (i-CREATe 2015), Singapore, Aug 11-14, 2015.

2.) S. Vorapatratorn, K. Teachavorasinskun,"iSonar-2 : obstacle warning device, the assistive technology integrated with universal design for the blind", In Proceedings of the 11th International Convention on Rehabilitation Engineering and Assistive Technology (i-CREATe 2017), Kobe, Japan, July 25 – 28, 2017.

3.) S. Vorapatratorn, “ไอโซนาร์ 2: เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสาหรับผู้บกพร่องทางการเห็น iSonar-2: An Obstacle Warning Device for the visually impaired” in งานสัมมนาวิชาการระดับชาติด้านคนพิการ ครั้งที่ 10 ประจำปี 2561, The 10th National Conference on Persons with Disabilities (NCPD2018), Bangkok, July 9, 2018.

1.7 การจดทรัพย์สินทางปัญญา

1.) สิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์ “อุปกรณ์ควบคุมส่วนบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็น” เลขที่คำขอ 702003190 วันที่ 18 ส.ค. 2560, ผู้รับสิทธิ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง และ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ผู้ออกแบบ นายธนพล ตั้งบุญนิธิวงศ์, ผศ. กุลธิดา เตชวรสิรสกุล และ นายสุรพล วรภัทราทร

2.) สิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์ “อุปกรณ์สวมบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็นด้วยระบบสั่นแบบสัมผัสคู่ซ้าย-ขวา” เลขที่คำขอ 702003189 วันที่ 18 ส.ค. 2560, ผู้รับสิทธิ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง และ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ผู้ออกแบบ นายธนพล ตั้งบุญนิธิวงศ์, ผศ. กุลธิดา เตชวรสิรส-กุล และ นายสุรพล วรภัทราทร

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับงานวิจัยนี้ประกอบด้วยหลายส่วน ส่วนแรก คือ ข้อมูลเกี่ยวกับผู้บกพร่องทางการเห็น อธิบายถึงการแบ่งประเภทผู้พิการทางสายตาตามระดับการมองเห็นและวิธีการเดินทางของผู้พิการทางสายตา ส่วนที่สองคืออุปกรณ์ช่วยนำทางแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีในปัจจุบันทั้งแบบที่อยู่ในขั้นการวิจัยและแบบที่วางขายตามท้องตลาดแล้ว ส่วนต่อมาต่อมาอธิบายเกี่ยวกับหลักการตรวจจับสิ่งกีดขวางด้วยระบบอัลตราโซนิคและส่วนสุดท้าย คือ หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับผู้พิการโดยในงานวิจัยนี้ใช้หลักการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล

2.1 ผู้บกพร่องทางการเห็น

พระราชบัญญัติส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ พ.ศ. 2550 มาตรา 4 ได้ให้ความหมายของคนพิการ โดยมีการกำหนดประเภทความพิการ ตามประกาศกระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ เรื่อง ประเภทและหลักเกณฑ์ความพิการ (ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 126 ตอนพิเศษ 77 ง หน้า 2 วันที่ 29 พฤษภาคม 2552) ข้อ 3 ให้กำหนดประเภทความพิการ ดังนี้

(1) ตาบอด หมายถึง การที่บุคคลมีข้อจำกัดในการปฏิบัติกิจกรรมในชีวิตประจำวันหรือการเข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางสังคม ซึ่งเป็นผลมาจากการมีความบกพร่องในการเห็น เมื่อตรวจวัดการเห็นของสายตาข้างที่ดีกว่าเมื่อใช้แว่นสายตาธรรมดาแล้ว อยู่ในระดับแย่กว่า 3 ส่วน 60 เมตร (3/60) หรือ 20 ส่วน 400 ฟุต (20/400) ลงมาจนกระทั่งมองไม่เห็นแม้แต่แสงสว่าง หรือมีลานสายตาแคบกว่า 10 องศา

(2) ตาเห็นเลือนราง หมายถึง การที่บุคคลมีข้อจำกัดในการปฏิบัติกิจกรรมในชีวิตประจำวันหรือการเข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางสังคม ซึ่งเป็นผลมาจากการมีความบกพร่องในการเห็นเมื่อตรวจวัดการเห็นของสายตาข้างที่ดีกว่า เมื่อใช้แว่นสายตาธรรมดาแล้ว อยู่ในระดับตั้งแต่ 3 ส่วน 60 เมตร (3/60) หรือ 20 ส่วน 400 ฟุต (20/400) ไปจนถึงแย่กว่า 6 ส่วน 18 เมตร (6/18) หรือ 20 ส่วน 70 ฟุต (20/70) หรือมีลานสายตาแคบกว่า 30 องศา

ทั้งนี้จากสถิติการสำรวจคนพิการ พ.ศ.2555 ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร พบว่า ลักษณะความบกพร่องของประชากรที่พิการ 1 ลักษณะจาก 25 ลักษณะ จากจำนวน 1.1 ล้านคนในปี 2555 ที่พบมากที่สุด 5 ลำดับแรก อันดับที่ 1 คือ สายตาเลือนราง 2 ข้าง คิดเป็นร้อยละ 17.2 หรือ 189,200 คน และสถิติข้อมูลคนพิการที่มีบัตรประจำตัวคนพิการจากฐานข้อมูลทะเบียนกลางคนพิการ จำแนกตามประเภทของความพิการตามเพศและภูมิภาคของ

กรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ ตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน 2537 ถึงวันที่ 31 ตุลาคม 2558 พบว่า มีจำนวนคนพิการทางการมองเห็น 181,821 คน เป็นชาย 87,081 คน หญิง 94,740 คน จากจำนวนคนพิการที่จดทะเบียนทั้งหมด 1,918,867 คน *สมาคมจักษุแพทย์แห่งประเทศไทย* (จุฬาภรณ์ แสงวิจิตร, 2535) ได้วางหลักเกณฑ์การแบ่งความบกพร่องทางการเห็น โดยถือเอาตาข้างที่ดีกว่าที่แก้ไขแล้วเป็นหลัก ดังตารางที่ 1 และให้คำนิยามไว้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ระดับความพิการทางสายตาที่สมาคมจักษุแพทย์แห่งประเทศไทยยอมรับ

ระดับความพิการ	**สมรรถภาพในการเห็นของตาข้างดี**	
	การมองเห็น (ฟุต)	**ลานสายตา (องศา)**
สายตาเลือนราง	6/18-3/60	10-30
ตาบอดขั้นที่หนึ่ง (เริ่มบอด)	3/60-1/60	5-10
ตาบอดขั้นที่สอง (บอดเกือบสนิท)	1/60-เห็นแสง	0-5
ตาบอดขั้นที่สาม (บอดสนิท)	ไม่เห็นแสง	0

1. *สายตาเลือนราง* หมายความว่า การที่สายตามีการเห็นดีที่สุดเมื่อใช้แว่นตาธรรมดาโดยไม่รวมเครื่องช่วยสายตาพิเศษ (Visual Aids) มีการเห็นอย่างน้อย 6/18 ลงไปจนถึง 3/60 หรือมีลานสายตาโดยเฉลี่ยแคบกว่า 30 องศา ลงไปจนถึง 10 องศา

2. *ตาบอด* หมายความว่า การมีลานสายตาเมื่อใช้แว่นตาธรรมดาน้อยกว่า 3/60 ลงมาจนถึงบอดสนิท หรือมีลานสายตาโดยเฉลี่ยแคบกว่า 10 องศา ตาบอดยังแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้น ดังนี้

2.1. *ตาบอดขั้นที่หนึ่งหรือเริ่มบอด* หมายความว่า การมีสายตาเมื่อใช้แว่นตาธรรมดาแล้วเห็นน้อยกว่า 3/60 ลงไปจนถึง 1/60 หรือมีลานสายตาโดยเฉลี่ยแคบกว่า 10 องศา ลงไปจนถึง 5 องศา

2.2. *ตาบอดขั้นที่สองหรือตาบอดเกือบสนิท* หมายความว่า บุคคลที่มีความไวของการเห็นเมื่อใช้แว่นธรรมดาแล้วเห็นน้อยกว่า 1/60 ลงไปจนถึงเห็นเพียงแสงสว่าง หรือมีลานสายตาโดยเฉลี่ยแคบกว่า 5 องศาลงไปจนเกือบถึง 0 องศา

2.3. *ตาบอดขั้นที่สามหรือตาบอดสนิท* หมายความว่า บุคคลที่มีความไวของการเห็นไม่สามารถมองเห็นแม้แต่แสงสว่าง

องค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) ได้กำหนดความหมายของคนที่มีความบกพร่องทางการเห็นไว้ว่า บุคคลที่ตาบอดตามกฎหมาย คือ ผู้ที่สามารถมองเห็นสิ่งของในระยะทางตรงได้เท่ากับหรือน้อยกว่า 6 เมตร (200 ฟุต) หรืออาจกล่าวได้ว่าถ้าบุคคลใดมองเห็นได้ไม่เกิน 1/10 ของคนปกติ หรือไม่สามารถอ่านหนังสือขนาดตัวมาตรฐานได้ จัดว่าบุคคลนั้นมีความบกพร่องทางการเห็น ได้แก่ คนที่มีสายตาข้างที่ดีเมื่อใช้แว่นสายตาแล้วจะเห็นน้อยกว่า 6/18 หรือ 20/70 ลงไปจนไม่เห็นแม้แต่แสงสว่าง หรือคนที่มีลานสายตาแคบกว่า 30 องศา ซึ่งงานวิจัยนี้เราได้ใช้การจำแนกผู้ทดสอบตามแบบองค์การอนามัยโลกนี้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงระดับความบกพร่องทางการเห็นที่แบ่งตามองค์การอนามัยโลก

ระดับ	ความพิการ	การมองเห็น (ฟุต)
ระดับ 1	เห็นเลือนราง (Low Vision)	6/24 หรือ 20/70
ระดับ 2		6/60 หรือ 20/200
ระดับ 3	ตาบอด (Blindness)	3/60 หรือ 10/200
ระดับ 4		1/60 หรือ 3/200
ระดับ 5		ไม่เห็นแม้แต่แสงสว่าง

<u>วิธีการเดินทางของผู้พิการทางการเห็น</u>

ปัจจุบันการฝึกทักษะการสร้างความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมและการเคลื่อนไหว ในประเทศไทยสำหรับผู้ทำงานเกี่ยวข้องกับคนพิการทางการมองเห็นจะเน้นเรื่องการเดินทางกับผู้นำทางและการเดินทางโดยใช้ไม้เท้าขาวอย่างละเอียด เนื่องจากวิธีการดังกล่าวเหมาะสมกับสภาพเศรษฐกิจสภาพสังคม และสภาพทางภูมิศาสตร์ของประเทศไทยมากที่สุด ส่วนการเดินทางกับสุนัขนำทางและการเดินทางโดยใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ยังไม่มีการสอนเนื่องจากยังไม่เหมาะสมและไม่พร้อมสำหรับประเทศไทยในขณะนี้โดยได้มีผู้ที่กล่าวถึงวิธีการเดินทางของคนตาบอดไว้ ดังนี้

สุภาพร จตุรภัทร (อ้างถึงนายแฉล้ม แย้มเอี่ยม, 2531) กล่าวว่า วิธีการเดินทางของคนพิการมองเห็นมี 4 วิธี คือ การเดินทางกับผู้นำทาง(Sighted Guide) การเดินทางกับสุนัขนำทาง(Guide dog / Dog Guide) การเดินทางโดยให้ไม้เท้าขาว(White Cane) และการเดินทางโดยใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Aids) สุวิมล อุดมพิระศักดิ์ (2538) กล่าวว่า วิธีการเดินทางของคนตาบอดที่จะใช้ได้อย่างปลอดภัยมี 4 วิธีคือ การเดินทางกับผู้นำทาง (Sighted Guide) การเดินทางด้วยตนเองโดยใช้ไม้เท้าขาว (White Cane) การเดินทางด้วยตนเองโดยไม่ใช้ไม้เท้าหรือผู้นำทาง และการเดินกับสุนัขนำทาง (Guide dog) สุกัญญา ศรีปรัชญญา (2542) กล่าวว่า การฝึกให้คนตาบอดเดินทาง

ด้วยตนเองมี 3 วิธี คือ การเดินทางกับผู้นำทาง การเดินทางตามลำพังโดยไม่ใช้ไม้เท้าหรือผู้นำทาง และการเดินทางลำพังโดยใช้ไม้เท้า จาคอบสัน (W.H. Jacobson,1993) ได้แบ่งประเภทหลักการเดินทางของคนพิการทางสายตาเป็น 4 วิธี คือ การเดินทางกับผู้นำทาง (Sighted Guide Technique) การเดินทางด้วยไม้เท้า (Long cane) การเดินทางกับสุนัขนำทาง (Dog Guide) การเดินทางโดยใช้เครื่องมือช่วยการเดินทางแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Travel Aids) จากการแบ่งประเภท หรือวิธีการเดินทางของคนพิการทางการมองเห็นข้างต้น สรุปได้ว่า วิธีการเดินทางของคนพิการทางการมองเห็นแบ่งเป็น 5 ประเภท คือ

1. การเดินทางกับผู้นำทาง (Sighted Guide)
2. การเดินทางกับสุนัขนำทาง (Guide dog / Dog Guide)
3. การเดินทางโดยใช้ไม้เท้าขาว (White Cane)
4. การเดินทางโดยใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Aids)
5. การเดินทางตามลำพังโดยไม่ใช้ไม้เท้าหรือผู้นำทาง (Solo technique)

แต่ละวิธีและแต่ละหลักการจะมีวิธีปฏิบัติและเทคนิคที่จะต้องเรียนรู้เฉพาะซึ่งเป้าหมายสูงสุดของการเรียนทักษะการสร้างความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมและการเคลื่อนไหวคือช่วยให้ผู้เรียนทุกคนสามารถเข้าไปสู่สิ่ง แวดล้อมทั้งที่คุ้นเคยและไม่คุ้นเคยมาก่อนได้อย่างปลอดภัยเป็นอิสระและมีท่าทางที่สง่างามเป็นธรรมชาติมากที่สุด ดังนั้น การเดินทางด้วยตนเองของคนพิการทางการมองเห็นจึงต้องใช้ผู้นำทางหรือไม้เท้าขาวเป็นสื่อหรืออุปกรณ์ในการณ์ในการเดินทาง ซึ่งแต่ละวิธีมีหลักการและเทคนิคที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. การเดินทางกับผู้นำทาง (Sighted Guide)

ความหมาย Sighted Guide หมายถึง คนตาดีที่เป็นผู้นำทางคนพิการทางการมองเห็น คำที่นิยมใช้เรียกอีกอย่างหนึ่ง คือ Human guide หมายถึง บุคคลที่เป็นผู้นำทางคนที่มีความพิการทางการมองเห็น ดังรูปที่ 2 ซึ่งเป็นความหมายเดียวกัน แต่คำหลักจะมีความหมายที่รวมความไว้กว้างกว่าคำแรก เพราะผู้นำทางในที่นี้อาจจะเป็นคนตาบอดด้วยกันเองหรือคนตาดีด้วยกันความหมายของเทคนิคการเดินกับผู้นำทางก็คือ คนที่มีความพิการมองเห็นเดินตามหลังผู้นำทางโดยจับที่ข้อศอกของผู้นำทางเดินห่างประมาณครึ่งก้าว โดยมีเทคนิคที่แตกต่างกันออกไป ในกรณีของเด็กที่พิการทางการมองเห็นที่เดินกับผู้ใหญ่เด็กจะจับที่ข้อมือของผู้นำทาง (สุวิมล อุดมพิริยะศักดิ์, 2538)



รูปที่ 2 การเดินทางกับผู้นำทาง (Sighted Guide)*

2. การเดินทางกับสุนัขนำทาง (Guide dog / Dog Guide)

ปี พ.ศ. 2458 กองทัพเยอรมัน ฝึกสุนัขเพื่อให้ค้นหาทหารที่บาดเจ็บจากการสู้รบรวมถึงการฝึกสุนัขเพื่อให้เป็นยามและไว้ใช้ส่งข่าว ปี พ.ศ. 2460 ประเทศเยอรมันได้ก่อตั้ง โรงเรียนฝึกสุนัขนำทางใช้ในกิจการสงครามเพื่อนำทหารที่ถูกปลดประจำการซึ่งพิการทางการเห็นจากสงครามโลกครั้งที่ 1 ชื่อโรงเรียน German War Dog School ที่เมือง Potsdam ปี พ.ศ. 2468 – 2469 นางโดโรที อัสทิส (Dorothy Eustis) ชาวอเมริกัน มีความสนใจในการฝึกสุนัข จึงได้เดินทางไปประเทศเยอรมันเพื่อศึกษา และเกิดความคิดที่จะฝึกสุนัขสำหรับใช้นำทางคนพิการทางการมองเห็น จึงได้เขียนบทความเพื่อเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับความสำคัญของสุนัขนำทางเรื่อง “The Seeing Eye” ลงในหนังสือ “Saturday Evening Post” เดือนตุลาคม พ.ศ. 2470 และในปี พ.ศ. 2474 ได้ตั้ง ศูนย์ฝึกสุนัข Fortunate Fields ในเมือง Vevy จนในที่สุดได้รับขนานนามว่า “มารดาแห่งสุนัขนำทาง” (The Mother of Guide Dog) ปี พ.ศ. 2471 นายมอร์ริส แฟรงค์ (Morris Frank) ผู้พิการทางการเห็นชาวอเมริกันได้อ่านบทความของ นางโดโรที อัสทิส เกิดความสนใจในเรื่องของสุนัขนำทางจึงเดินทางไปศึกษาและฝึกการใช้สุนัขนำทางที่ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ โดยฝึกกับสุนัขพันธุ์เชฟเฟอร์ด (Shepherd) ชื่อบัดดี้ (Buddy) เมื่อเรียนสำเร็จแล้วเขาได้เดินทางกลับอเมริกาต่อมาใน ปี พ.ศ.2472 เขาได้เริ่มก่อตั้งศูนย์ฝึกสุนัขนำทางชื่อ Seeing Eye Guide Training Center ที่เมืองมอริสทาวน์ รัฐนิวเจอร์ซี่ย์ และใน ปี พ.ศ. 2474 ประเทศอังกฤษได้ตั้ง โรงเรียนฝึกสุนัขนำทางปี พ.ศ. 2494 ประเทศออสเตรเลียเริ่มมีศูนย์ฝึกสุนัขนำทางที่เมือง Perth ปี พ.ศ. 2505 ประเทศออสเตรเลียได้ก่อตั้ง ศูนย์ฝึกสุนัขนำทางที่ใหญ่และมีชื่อเสียงมากที่สุดของประเทศในเนื้อ ที่ถึง 16.25 ไร่ ที่เมือง Kew แคว้น Victoria ชื่อ Royal Guide Dogs for the Blind Association of Australia ผลจากการวิจัย ปี พ.ศ. 2503 โดยศูนย์ Research Center of the New York School of Social Work และความเห็นของครูสอน O&M รวมทั้งคนพิการทางการเห็น ลงความเห็นว่านอกจากการเดินทางกับผู้นำทางแล้ว ผู้พิการ

** ภาพจาก “Basic Sighted Guide Techniques” [Online]. Accessed 19 May 2016. From http://savh.org.sg/basic-sighted-guide-techniques/*

ทางการเห็นที่ใช้สุนัขนำทางสามารถเดินทางได้อย่างสะดวก ปลอดภัย และรวดเร็วมากกว่าเครื่องช่วยอย่างอื่น (สุภาพร จตุรภัทร, 2547) การฝึกสุนัขนำทางแต่ละตัวใช้เวลาประมาณ 17 เดือน หลังจากคัดเลือกพันธ์สุนัขได้แล้วซึ่ง นิยม พันธุ์เยอรมัน เชพเพอร์ด บอกเซอร์ และพูเดิล เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งคนตาบอดต้องฝึกร่วมกับสุนัขนำทางด้วยกัน (สุวิมล อุดมพิริยะศักดิ์, 2538)



รูปที่ 3 การเดินทางกับสุนัขนำทาง (Guide dog / Dog Guide)*

3. การเดินทางโดยใช้ไม้เท้าขาว (White Cane)

สมาคมไลออนส์ แห่งรัฐอิลลินอยส์ ได้เริ่มส่งเสริมให้คนพิการทางการเห็นใช้ไม้เท้าขาวในการเดินทาง ไม้เท้าขาวจึงกลายเป็นสัญลักษณ์ ของพิการทางการเห็นตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา แต่ไม่มีการฝึกวิธีใช้ไม้เท้าขาวแต่อย่างใดปี พ.ศ. 2488 เป็นปีที่สำคัญเนื่องจากมีการเปิดสอนวิชาความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมและการเคลื่อนไหว (Orientation and Mobility O&M) ให้กับคนพิการทางการเห็นที่โรงพยาบาลวัลเลย์ฟอร์ก (Valley Forege) เพราะโรงพยาบาลแห่งนี้อยู่ชานเมืองเพนซิลวาเนีย มีทหารผ่านศึกที่บาดเจ็บและพิการทางการเห็นจากการทำสงครามเป็นจำนวนมาก ซึ่ง ดร. ริชาร์ด อี ฮูเวอร์ (Dr. Richard E. Hoover) ผู้อำนวยการศูนย์การบำบัดในโรงพยาบาลแห่งนี้ ได้สังเกตเห็นคนพิการทางการเห็นใช้ไม้เท้าไม้สั้น ๆ ที่มีน้ำหนักมาก แกว่งไปแกว่งมาอย่างสะเปะสะปะ เวลาเดินไปตามทางเดินบริเวณโรงพยาบาล เขาและคณะจึงคิดดัดแปลงไม้เท้าให้ยาวขึ้น มีน้ำหนักน้อยลง แต่แข็งแรงและได้เปลี่ยนตำแหน่งการจับไม้เท้าเวลาแกว่งจากข้าง ๆ ลำตัวไปเป็นข้างหน้าและอยู่กลางลำตัวที่ระดับเข็มขัด ซึ่งวิธีดังกล่าวนี้ได้เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการสอนวิธีใช้ไม้เท้าขาวให้กับคนพิการทางการเห็นในปัจจุบันจนได้รับขนานนามว่า “บิดาแห่งไม้เท้าขาว” (The Father of White Cane) และถือว่าวันที่ 15 ตุลาคม ของทุกปีเป็นวันไม้เท้าขาวโลกปี พ.ศ. 2503 จากการได้ทดลองการฝึกทักษะ O&M มาใช้ในการสอนคนพิการทางการเห็นแล้วเกิดปัญหาในการฝึก จึงได้มีการทำวิจัยและนำผลที่ได้มาจัดทำเป็นหลักสูตรการสอนวิชานี้ขึ้น โดยมีการเปิดสอนวิชา O&M ที่วิทยาลัยบอสตัน

(Boston College) ผู้จบการศึกษาจะได้วุฒิการศึกษา เรียกว่า “Peripatologist” และมหาวิทยาลัยเวสเทิร์น มิชิแกน (Western Michigan University) ผู้จบการศึกษาจะได้วุฒิการศึกษาเรียกว่า “Orientation and Mobility Specialist” ในปัจจุบันวิชา O&M ได้เจริญก้าวหน้าและเผยแพร่ในสถาบันการศึกษาของประเทศต่าง ๆ ทั่ว โลก เพื่อผลิตครูหรือผู้เชี่ยวชาญที่จะสอนวิชานี้ต่อไป



รูปที่ 4 การเดินทางโดยใช้ไม้เท้าขาว (White Cane)*

การฝึกทักษะการทำความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมและการเคลื่อนไหวในประเทศไทยเคยมีการส่งครูไปฝึกและศึกษาวิชานี้ที่ต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา มาเลเซีย และอินโดนีเซียเป็นต้น แต่ที่สำคัญคือ Christoffel Blinden mission (C.B.M) ได้ให้ทุนสนับสนุนและส่ง Mr. Thomas James Blair ผู้เชี่ยวชาญชาวออสเตรเลีย มาให้การอบรมเป็นครั้งแรกในประเทศไทย โดยกองการศึกษาพิเศษ กรมสามัญศึกษาเป็นผู้จัดอบรมวิชา O&M ให้แก่ครูและผู้ทำงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาให้นักเรียนตาบอดทั่วประเทศซึ่ง มีผู้ช่วยอบรม 2 คน คือ แฉล้ม แย้มเอี่ยม ,ดิเรก(ไม่ทราบนามสกุล) และมีผู้เข้าอบรมจำนวน 13 คน ในช่วงเวลานั้นผู้ที่ทำหน้าที่ฝึกอบรมและทำหน้าที่สอน O&M ให้แก่คนพิการทางการเห็นมีเพียง 2 คนเท่านั้น คือ นายแฉล้ม แย้มเอี่ยม และนายปิยะศักดิ์ บุญเกล้า ปัจจุบัน นายแฉล้ม แย้มเอี่ยม เป็นวิทยากรและผู้เชี่ยวชาญถ่ายทอดความรู้ให้แก่บุคลากรที่ทำงานเกี่ยวข้องกับคนพิการทางการเห็น รวมทั้งคนพิการทางการเห็นอีกด้วยจากการฝึกอบรมในครั้งแรกนั้น ต่อมาได้มี การฝึกอบรมภายในประเทศอีกหลายครั้งโดยครูและผู้ทำงานเกี่ยวข้องโดยยึดแบบอย่างของ Mr. Blair ในการฝึกอบรมวิชา O&M จึงกล่าวได้ว่า Mr. Blair เป็น “บิดาแห่งวิชาความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมและการเคลื่อนไหวของประเทศไทย” (สุภาพร จตุรภัทร, 2547)

ทั้งนี้ปัจจุบันสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (สปสช.) ได้ส่งเสริมการฝึกอบรมครูสอนทักษะ O&M ร่วมกับวิทยาลัยราชสุดา มหาวิทยาลัยมหิดล จัดหลักสูตรอบรม ครูฝึกทักษะ O&M ขึ้น

** ภาพจาก “What makes the walking sticks used by blind people unique” [Online]. Accessed 19 May 2016. From https://www.quora.com/What-makes-the-walking-sticks-used-by-blind-people-unique*

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 ถึงปัจจุบัน ให้แก่บุคลากรจากโรงพยาบาลต่าง ๆ เจ้าหน้าที่ อสม. และเจ้าหน้าที่องค์กรที่ให้บริการฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการทางการเห็น ทั่วประเทศ โดยวิทยากรเชี่ยวชาญด้านนี้ได้แก่ นายแฉล้ม แย้มเอี่ยม นางสาวณุชนาฏ โต๊ะดี และทีมงานของวิทยาลัยราชสุดา จึงมีครูฝึกทักษะ O&M กระจายอยู่ตามโรงพยาบาลต่าง ๆ ทั่วประเทศเป็นจำนวนมาก มากไปกว่านั้นทาง สปสช. กำลังดำเนินการจัดตั้งศูนย์ฝึก O & M ตามจังหวัดต่าง ๆ อีกด้วย

คนตาบอดรู้จักเดินทางด้วยตนเองโดยใช้ไม้เท้าหรือไม้ที่มีลักษณะคล้ายไม้เท้ามาเป็นเวลานานแล้ว และเมื่อไม่นานมานี้มีผู้คิดเทคนิคใหม่ ๆ ในการเดินทางโดยใช้ไม้เท้า เพื่อให้สะดวกและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น เพราะแต่เดิมเวลาเดิน คนตาบอดใช้วิธีลากไม้เท้าตามหลังบ้าง ถือไม้เท้าชูไว้ข้างหน้าหรือเคาะไม้เท้ากับพื้นเวลาเดินเป็นต้น วิธีใหม่นี้เมื่อคนตาบอดเรียนเทคนิคต่าง ๆ ในการใช้อย่างถูกต้อง เขาจะเดินทางโดยใช้ไม้เท้าอย่างสะดวกและปลอดภัย มีวิธีการดังนี้

3.1. ไม้เท้าที่จะให้คนตาบอดใช้จะต้องตรง แข็งแรง ไม่หนักและไม่ใหญ่มากจนเกินไปควรสูงจากพื้นดินในระดับปานกลางระหว่างไหล่และเอวของคนตาบอด

3.2. จับไม้เท้าให้ปลายไม้เท้าอยู่ข้างหน้า กลางลำตัวระดับเข็มขัด แขนยืดตรงแต่ไม่เกร็ง และวิธีที่จะตรวจสอบว่ามือถือไม้เท้าอยู่ตรงกลางหรือไม่ ให้ใช้มืออีกข้างหนึ่งมาประกบดูก็จะรู้ว่าตรงหรือเฉียงไปด้านใดด้านหนึ่ง

3.3. เวลาจับไม้เท้า ใช้มือที่ถนัดกำไม้เท้า อย่าให้แน่นหรือหลวมเกินไป ให้นิ้วชี้แนบไปตามส่วนยาวของไม้เท้า อีก 3 นิ้วงอเข้าจับไม้เท้าบรรจบกับนิ้วหัวแม่มือ การจับไม้เท้าควรจับไม่ให้แน่นและหลวมจนเกินไปและนิ้ว ชี้ทาบไปตามความยาวของไม้เท้าจะช่วยบอกให้คนตาบอดทราบตลอดเวลาว่าขณะนั้น ปลายไม้อยู่ที่ใด

3.4. แขนข้างที่ถือไม้เท้าควรเหยียดตรงหรืองอเล็กน้อยและแนบลำตัว ส่วนมืออยู่ด้านหน้ากลางลำตัวเพราะจะช่วยให้คนตาบอดสามารถแกว่งไม้เท้าคลุมลำตัวซ้ายขวาได้เท่ากัน ทำให้คนตาบอดเดินทางเป็นแนวตรงยิ่งขึ้น

3.5. การแกว่งไม้เท้าไปบนพื้นข้างหน้า จะทำโดยให้ปลายไม้เท้าอยู่ห่างจากพื้น เพียงเล็กน้อยจะทำให้ปล่อยภัยจากสิ่งกีดขวางเช่น ก้อนหิน ฟุตบาท เป็นต้น

3.6. การแกว่งไม้เท้าไปมา ให้เคลื่อนไหวเฉพาะข้อมือเท่านั้น แขนจะอยู่นิ่งและควรจะแกวงให้ปลายไม้เท้าแตะพื้น ข้างหน้า ห่างจากลำตัวไปทางด้านซ้ายและด้านขวาเท่า ๆ กัน

3.7. ปลายไม้เท้าควรแตะพื้น เบา ๆ เท่านั้น เพื่อกันไม่ให้ติดพื้น เวลาเดินและสามารถรับรู้ความรู้สึกที่ผ่านมาจากไม้เท้า (feedback) และไม่ควรแตะปลายไม้เท้ากระทบพื้นแรง ๆ เพราะอาจทำให้ไม่ทันสังเกตเวลามีท่อหรือหลุมบ่ออยู่ข้างหน้า

3.8. เริ่มต้นแกว่งไม้เท้าสำรวจทางข้างหน้าก่อน แล้วจึงวางปลายไม้เท้าแตะพื้นไว้ทางด้านซ้าย เมื่อเริ่มก้าวเท้าซ้ายออกเดินให้ยกและแกว่งไม้เท้าไปแตะพื้นทางด้านขวา พร้อมกับเท้าซ้ายลงตรงพื้นและเมื่อก้าวเท้าขวาออกเดิน ขณะเดียวกันก็แกว่งไม้เท้าไปแตะพื้นทางด้านซ้าย จะเห็นได้ว่าทุกครั้งที่ก้าวเดิน ปลายไม้และเท้าจะกระทบกับพื้นพร้อมกัน ขณะที่แกว่งไม้เท้าไปขวาหรือซ้ายต้องก้าวเท้าไปด้านซ้ายหรือขวา สลับกันไปตลอด ทั้งนี้ต้องสัมพันธ์กับการก้าวเท้าด้วยและใช้ไม้เท้าสำรวจพื้นก่อนก้าวเท้าเสมอ ซึ่งเรียกเทคนิคนี้ว่าการแกว่งไปข้างหน้า 2 จุด (The Touch Technique) ซึ่งเป็นเทคนิคที่คนตาบอดใช้ไม้เท้าในการเดินทางออกไปข้างนอกอาคาร ดังนั้น คนตาบอดจึงสามารถเดินไปตามปกติได้โดยใช้วิธีนี้ (สุวิมล อุดมพิริยะศักดิ์, 2538)

3.9. เมื่อไม้เท้ากระทบวัตถุต่างชนิดกัน เสียงจะไม่เหมือนกันซึ่งทำให้คนตาบอดทราบได้ว่าเป็นอะไร

3.10. ถ้าคนตาบอดต้องการทราบว่า ไม้เท้ากระทบอะไรควรเลื่อนไม้เท้าไปสัมผัสวัตถุนั้น ๆ และปรับไม้เท้าให้อยู่ในแนวตรงและใช้มืออีกข้างหนึ่ง เลื่อนไปตามความยาวของไม้เท้าจนพบวัตถุนั้น ซึ่งคนตาบอดสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็วกว่าใช้ไม้เคาะ

3.11. เมื่อต้องการเดินรอบสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ควรใช้ไม้เท้าสำรวจเพื่อหาช่องว่างก่อนหรือเดินไปพบหลุมบ่อ ควรใช้ไม้เท้าสำรวจข้าง ๆ บ่อเพื่อหาทางหลีกเลี่ยงเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวางและแน่ใจว่าพ้นปากหลุมบ่อแล้วเดินต่อไป

3.12.เมื่อต้องการเดินตามแนวสิ่งต่าง ๆ เช่นแนวหญ้าริมทางเดิน รั้วบ้านและผนังโดยใช้ไม้เท้า ซึ่งเรียกวิธีนี้ว่า การใช้ไม้เท้าเดินเลาะแนว เวลาเดินจะแกว่งไม้เท้าให้กระทบรั้วบ้านเบา ๆ แล้วแกว่งกลับไปอีกด้านหนึ่งเหมือนจังหวะการเดินการแกว่งไม้เท้าตามธรรมดา การใช้ไม้เท้าเดินเลาะแนวสามารถนำไปใช้เวลาเดินริมถนนเพื่อกันไม่ให้เดินออกไปกลางถนนแต่ต้องเดินให้ถูกวิธีคือเวลาเดินจะต้องแกว่งไม้เท้าไปข้าง ๆ ให้สัมผัสพื้น ทางเดินหรือถนนข้างหนึ่ง ส่วนอีกข้างหนึ่งสัมผัสกับหญ้าหรือเรียกว่าปลายไม้เท้าสัมผัสพื้นถนน-หญ้า เมื่อใดก็ตามรู้สึกว่าปลายไม้เท้าสัมผัสกับพื้น ถนน 2 ครั้ง แสดงว่าเรากำลังเฉออกนอกถนน (สุวิมล อุดมพิริยะศักดิ์, 2538) ส่วนการเดินเลาะแนวกำแพงรั้วและสิ่งอื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกัน ให้ใช้วิธีการจับไม้เท้าขวางลำตัวเป็นเส้นทแยงซึ่งเป็นเทคนิคที่คนตาบอดนิยมใช้เดินทางภายในอาคาร (Diagonal Cane Technique) (W.H Jacobson ,1993) มือที่จับจะต้องอยู่ตรงข้ามกำแพง ยืดแขนตรงไปข้างหน้า นิ้วทั้ง 4 กำไม้เท้าให้หัวแม่มือแนบไปตามไม้เท้า ให้ปลายไม้เท้าแตะระหว่างพื้นกับขอบกำแพงเบา ๆ การยืนเตรียมในลักษณะนี้ไม้เท้าจะอยู่ขวางลำตัวเป็นเส้นทแยง อยู่ห่างไปทางด้านหน้าประมาณ 1 ช่วงแขน (หรือประมาณ 1 ก้าว) เมื่อเริ่มออกเดินพยายามรักษาตำแหน่งของการจับไม้เท้าไว้เท่านั้น

3.13. ไม้เท้าช่วยให้คนตาบอดทราบตำแหน่งของเชิงบันไดและหลุมบ่อ เวลาจะขึ้นบันไดควรใช้ปลายไม้เท้าสำรวจที่เชิงบันไดก่อนโดยสำรวจความสูง ความลึกและความกว้างของขั้นบันไดก่อน

ตลอด เมื่อเวลาจะลงบันไดก็เช่นเดียวกันต้องสำรวจก่อนลงเสมออย่าเพียงแต่ถือไม้เท้าไว้ข้างหน้าแล้วก้าวลงเท่านั้น

3.14. ก่อนจะเข้าประตูควรใช้ไม้เท้าสำรวจและปรับตัวเองให้อยู่ตรงกลางของประตูก่อน โดยแกว่งไม้เท้าเบา ๆ จากขอบซ้ายไปขอบขวา ไม่ให้ปลายไม้เท้าลู่เข้าหาตัวหรือชี้ไปด้านหน้าขยับ

4. การเดินทางด้วยตัวเองโดยไม่ใช้ไม้เท้าและผู้นำ (Solo Technique)

วิธีนี้เหมาะสำหรับคนตาบอดที่ผ่านการฝึกทักษะการทำความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อม (Orientation and Mobility O&M) มาอย่างดีแล้วนั้นเอง (Jacobson 1997) การเรียนรู้วิธีใช้ไม้เท้าอย่างถูกต้องช่วยให้คนตาบอดเดินทางและเคลื่อนย้ายได้อย่างปลอดภัย แต่ไม่ใช่ช่วยให้เขาทราบว่าขณะนั้น เขาอยู่ที่ไหนและกำลังจะไปแหล่งไหน ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นอย่างยิ่ง ที่เขาจะต้องพัฒนาทักษะความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมเพราะเป็นทักษะที่จะช่วยให้ทราบว่าเขาอยู่ ณ จุดใด มีความสัมพันธ์กับสิ่งต่าง ๆ รอบตัวเขาขณะนั้นอย่างไร เมื่อคนปกติต้องการทราบว่าตนเองอยู่ที่ไหนสามารถมองดูด้วยตาได้ แต่สำหรับคนตาบอดจะต้องใช้ประสาทสัมผัสต่าง ๆ ช่วย ซึ่งได้แก่ การฟัง การสัมผัสและการดมกลิ่นยิ่งคนตาบอดพยายามฝึกใช้ประสาทสัมผัสที่เหลืออยู่ให้มากเพียงใดจะทำให้เขาทราบวิธีทำความคุ้นเคยกับสิ่ง รอบ ๆ ตัวเขาได้มากเพียงนั้น และวิธีหนึ่ง ที่จะช่วยให้เขาคุ้นเคยกับสิ่งแวดล้อมใหม่ก็คือการช่วยเหลือจากคนตาดี (ผู้นำทาง) ตามวิธีต่อไปนี้

4.1. ผู้นำทางควรพาคนตาบอดเดินไปตามสถานที่ที่ต้องการหลาย ๆ ครั้ง ด้วยวิธีการเดินทางกับผู้นำทางถูกต้อง ขณะที่เดินไปด้วยกัน ผู้นำทางควรบอกที่สังเกตต่าง ๆ ให้คนตาบอดทราบเพื่อให้เขาเกิดภาพหรือแผนที่ที่สมอง (Mental Map) ของบริเวณนั้น ได้และก่อนที่คนตาบอดจะเดินทางจากสถานที่หนึ่ง ไปยังอีกสถานที่หนึ่ง เขาควรจะถามตัวเอง 3 ข้อ ได้แก่ ขณะนี้ฉันอยู่ที่ไหนฉันกำลังจะไปแห่งใด ฉันจะไปที่นั่น อย่างไร เพราะจากคำถามทั้ง 3 ข้อ นี้จะทำให้เขาวางแผนการเดินทางและคิดถึงเส้นทางที่ตนรู้จักและเคยใช้มาก่อน ที่เรียกว่าแผนที่สมอง (Mental Map) ทำให้นึกถึงที่สังเกตต่าง ๆ ที่จะช่วยให้เขาจำทางได้และนึกถึงทิศทางทั้ง 4 ทิศ คือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ถ้าคนตาบอดเดินทางโดยไม่คำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ ดังกล่าวอาจทำให้เขาหลงทางได้ (สุกัญญา ศรีปรัชญญา, 2542)

4.2. คนตาบอดควรจะหัดเดินไปเองโดยใช้ไม้เท้าแต่ผู้นำทางตามไปด้วย ขณะเดินคนตาบอดควรบรรยายรายละเอียดและตอบคำถามเกี่ยวกับสถานที่เพื่อเป็นการทบทวนความจำของตนเองไปด้วย หลังจากนั้น คนตาบอดไปเองอย่างอิสระ โดยมีผู้นำทางตามสังเกตเพื่อให้แน่ใจว่าเขาไม่มีปัญหาใด ๆ แล้วในสถานที่ใหม่ ๆ บางครั้ง อาจจะใช้เวลานานทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของสถานที่ และความสามารถของคนตาบอดเอง ดังนั้น ในแต่ละวันผู้นำทางควรสอนแต่ระยะสั้น ๆ ก่อนแล้วค่อย ๆ

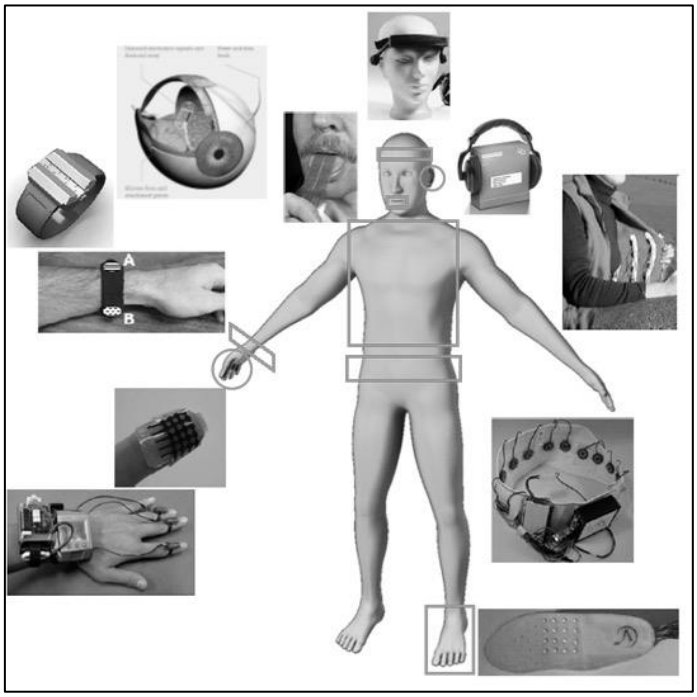
เพิ่มขึ้น ที่ละน้อยจนกว่าเขาจะทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิธีการนี้จะสามารถทำได้ต่อเมื่อเขาอยู่ในสถานที่ที่เขาคุ้นเคยเป็นอย่างดี เขาจะเดินได้คล่องแคล่วภายในบ้าน ห้องนอน ห้องเรียน หรือที่เขาต้องเดินเป็นประจำทุกวัน เขาจำเป็นต้องใช้ผู้นำทางหรือไม้เท้าแต่ต้องใช้เทคนิคต่าง ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงการเดินชนและอันตรายที่อาจเกิดขึ้น ได้ สำหรับคนตาบอดที่ผ่านการฝึกทักษะการทำความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมมาเป็นอย่างดี ในการเลาะแนวและการใช้เทคนิคป้องกันตัวเองมาเป็นอย่างดีแล้ว จะสามารถเดินทางด้วยตนเองได้อย่างดีไม่เฉพาะภายในอาคารเท่านั้น ถ้านอกอาคารอาจทำได้ดีเช่นกัน แต่ควรอยู่ในความดูแลของผู้สอนจนกว่าจะแน่ใจว่าเขาสามารถเดินทางได้ตามลำพังอย่างมีประสิทธิภาพ (สุวิมล อุดมพิริยะศักดิ์, 2538)

5. การเดินโดยใช้อุปกรณ์ช่วยนำทางอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Travel Aids)

การเดินทางด้วยการใช้เครื่องมืออิเล็คทรอนิกส์ หมายถึงเครื่องที่คนตาบอดใช้ในการเดินทางชนิดหนึ่ง เป็นอุปกรณ์บอกถึงสิ่งแวดล้อมซึ่งอยู่ข้างหน้าของคนตาบอดตรวจจับสิ่งกีดขวางโดยระบบสัญญาณเสียงหรือภาพใช้ประสาทสัมผัสที่เหลือของคนตาบอดมาช่วย เช่นการใช้การสั่นสะเทือน เสี่ยงสัญญาณ การสัมผัส เป็นต้น

2.2 อุปกรณ์ช่วยนำทางอิเล็กทรอนิกส์ (ETA: Electronic Travelling Aids)

กว่า 285 ล้านคนซึ่งมีความบกพร่องทางการมองเห็นในทั่วทุกมุมโลก มี 39 ล้านคนซึ่งตาบอดและอีก 246 ล้านคน เป็นคนสายตาเลือนราง ยังคงใช้ไม้เท้าขาวหรือสุนัขในการนำทาง แต่เป็นที่น่าเสียดายที่สิ่งเหล่านี้ไม่สามารถป้องกันศีรษะและร่างกายส่วนบนของพวกเขาจากการชน ป้ายจราจร เสาไฟ ป้ายรถประจำทาง หน้าต่างที่เปิดอยู่ กิ่งต้นไม้ หรือรั้วได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาพแวดล้อมในเมือง ดังนั้น จึงมีงานวิจัยและผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ มาช่วยในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง เช่น ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS), เลเซอร์, กล้อง, และคลื่นเสียงอัลตราโซนิคในการแก้ปัญหาเพื่อไม่ให้เกิดการชนดังกล่าว ดังรูปที่ 5



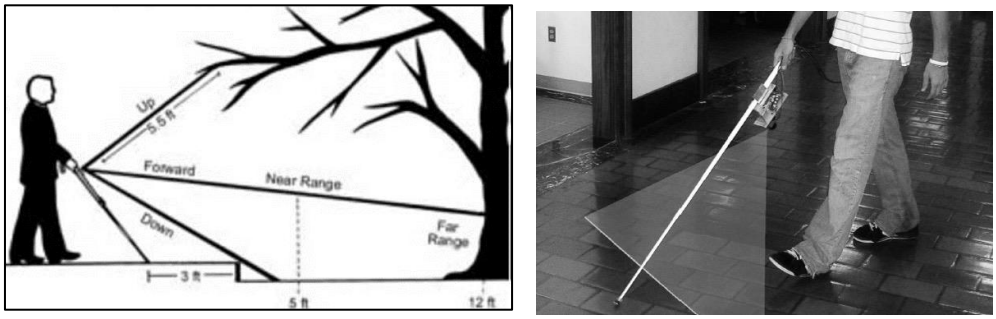
รูปที่ 5 อุปกรณ์ช่วยนำทางแบบอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน

สำหรับการใช้วิธีระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Loomis J., 2001) ได้ใช้สัญญาณดาวเทียมในการระบุตำแหน่งของผู้บกพร่องทางการเห็นด้วยระยะการคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งประมาณ 20 เมตร จึงไม่เหมาะสมในการที่จะใช้อุปกรณ์นี้ภายในอาคารเนื่องจากสัญญาณ GPS ไม่สามารถบอกตำแหน่งในสภาพท้องฟ้าปิดได้ จึงอาจเกิดอันตรายกับผู้ใช้งาน ต่อมามีงานวิจัยของ (Oh S.M., 2004) ได้ใช้เครือข่ายโทรศัพท์มือถือมาช่วยในการระบุตำแหน่งให้แม่นยำมากขึ้น แต่ก็เป็นที่น่าเสียดายที่สัญญาณโทรศัพท์มือถือดังกล่าว ยังไม่ได้เข้าถึงในทุกพื้นที่และวิธีนี้ยังไม่สามารถบอกข้อมูลสิ่งกีดขวางข้างหน้าของผู้ใช้งานได้ วิธีนี้จึงยังไม่เหมาะสมในการมาใช้งานจริง ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 อุปกรณ์บอกเตือนสิ่งกีดขวางโดยใช้การระบุตำแหน่งพื้นโลก

ต่อมาคืองานวิจัยที่ใช้เทคนิคแสงเลเซอร์ในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง (Benjamin J., 1973, Yuan D., 2004, Ritz M., 2005) วิธีการนี้มีข้อจำกัดในด้านรัศมีความครอบคลุมในการตรวจจับสิ่งกีดขวางเนื่องจากแสงเลเซอร์เดินทางเป็นเส้นตรง ดังรูปที่ 7 ทำให้เกิดจุดบอดซึ่งอาจเป็นอันตรายสำหรับผู้ใช้งานได้



รูปที่ 7 อุปกรณ์บอกเตือนสิ่งกีดขวางด้วยการใช้แสงเลเซอร์

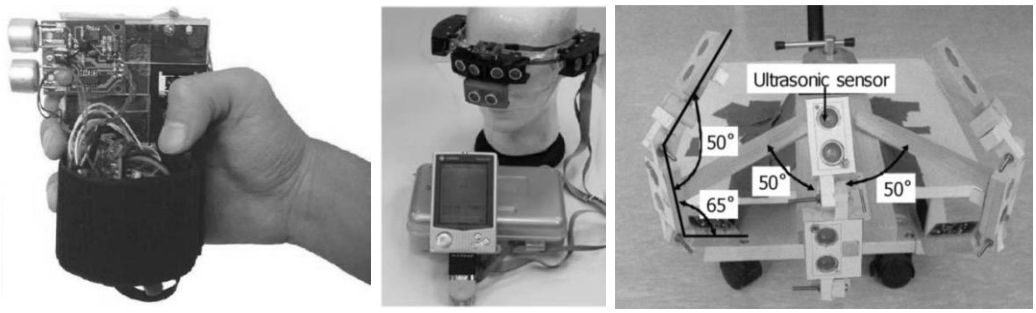
งานวิจัย (Rodríguez A., 2012) เสนอการใช้กล้องจำนวนสองตัวในการตรวจจับสิ่งกีดขวางโดยการสร้างแบบจำลองสามมิติขึ้นมาเพื่อบอกเตือนสิ่งกีดขวางที่อยู่ในระยะที่กำหนดโดยใช้เสียงจากหูฟังทั้งสองข้างในการบอกเตือนในความถี่เสียงที่ต่างกันตามระยะทางของสิ่งกีดขวาง ข้อเสียของอุปกรณ์นี้คือยังขาดความแม่นยำ มีขนาดใหญ่และผู้ใช้งานจำเป็นต้องนำคอมพิวเตอร์แบกไว้ข้างหลังของผู้ใช้งานด้วย ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 อุปกรณ์บอกเตือนสิ่งกีดขวางด้วยการใช้กล้องวีดีโอ

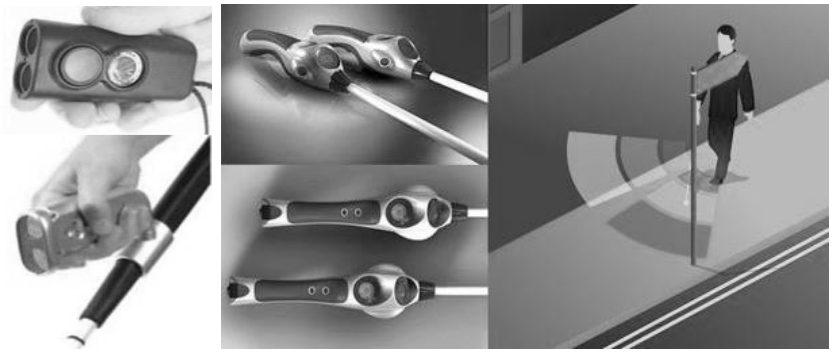
อุปกรณ์ตรวจจับสิ่งกีดขวางด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิค ดังรูปที่ 9 จากการรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็นสองแบบคือแบบบอกเตือนด้วยเสียง (Audio Feedback) และแบบบอกเตือนด้วยการสัมผัส (Tactile Feedback) ตัวอย่างของอุปกรณ์บอกเตือนสิ่งกีดขวางด้วยเสียง (Ifukube T., 1991, Shoval, S., 1994, Aguerrevere D., 2004) อุปกรณ์ดังกล่าวนี้ใช้คลื่นเสียงอัลตราโซนิคในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง ข้อเสียคือยังคงใช้เสียงในการบอกเตือนผู้ใช้งาน ซึ่งผู้บกพร่องทางการเห็นจะไม่สามารถใช้ประสาทหูในการฟังเสียงสิ่งแวดล้อมอย่างอื่นได้ในขณะใช้อุปกรณ์นี้ สำหรับงานวิจัย

(Ulrich I., 2001 เป็นหุ่นยนต์ติดอยู่ที่ปลายไม้เท้าของผู้พิการมีหน้าที่บอกเตือนสิ่งกีดขวางด้วยเสียง ข้อจำกัดอยู่ที่สามารถบอกเตือนสิ่งกีดขวางได้เฉพาะระดับ พื้นราบเท่านั้น (Ito K., 2005) เป็นอุปกรณ์บอกเตือนสิ่งกีดขวางแบบถือ ข้อเสียคืออุปกรณ์นี้จำเป็นต้องให้ผู้ใช้ถือไว้ที่มือเพื่อตรวจหาสิ่งกีดขวางอยู่ตลอดเวลา และอุปกรณ์มีน้ำหนักมากด้วย



รูปที่ 9 อุปกรณ์บอกเตือนสิ่งกีดขวางด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิค

สำหรับอุปกรณ์ที่บอกเตือนด้วยระบบสัมผัส (Bouzit M., 2004 และ Shah C, 2006) เป็นอุปกรณ์ซึ่งใช้อัลตราโซนิค 4 ตัวในการตรวจจับสิ่งกีดขวางทั้ง 4 ทิศทาง ทางด้านซ้าย, ขวา, บน, และด้านล่างของผู้ใช้งาน ใช้มอเตอร์สั่น 16 จุดเพื่อการบอกตำแหน่งของสิ่งกีดขวางที่ต่างกัน ข้อเสียของอุปกรณ์ชิ้นนี้คือจำเป็นต้องใช้การฝึกฝนในการใช้งานเป็นอย่างมากกว่าจะสามารถใช้งานได้จริง



รูปที่ 10 อุปกรณ์บอกเตือนสิ่งกีดขวางเชิงพาณิชย์

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ถูกพัฒนาจนเป็นผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ ดังรูปที่ 10 Miniguide (GDP Research, 2013) เป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กบอกเตือนด้วยระบบสั่นหรือจะเลือกเป็นแบบใส่หูฟังก็ได้ราคาประมาณ 330 เหรียญสหรัฐฯ K-Sonar Cane (Bay Advanced Technologies Ltd., 2013) ผู้ใช้สามารถนำอุปกรณ์นี้ติดไว้ที่ไม้เท้าของผู้พิการได้เลยบอกเตือนสิ่งกีดขวางด้วยหูฟังราคาประมาณ 700 เหรียญสหรัฐฯ LaserCane (Nurion-Raycal, 2013) ใช้เลเซอร์สามตัวในการตรวจสอบสิ่งกีดขวางสำหรับระดับศีรษะ, ระดับกลางตัวด้านหน้า และระดับล่าง ราคา 3,000 เหรียญสหรัฐฯ จะเห็น

ได้ว่าอุปกรณ์บอกเตือนสิ่งกีดขวางเชิงพาณิชย์ทั้งหมดดังกล่าวมีราคาแพงจนเกินไปทำให้ไม่เข้าถึงผู้บกพร่องทางการเห็น

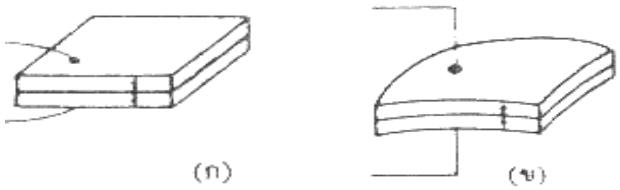
<u>สรุปข้อบกพร่องเครื่องนำทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีในปัจจุบัน</u>

1. อุปกรณ์ส่วนใหญ่ ไม่สามารถ ป้องกันศีรษะและร่างกายส่วนบนของพวกเขาจากการชน ป้ายจราจร เสาไฟ ป้ายรถประจำทาง หน้าต่างที่เปิดอยู่ กิ่งต้นไม้ หรือรั้วได้
2. การใช้ GPS ไม่สามารถใช้งานในสภาพท้องฟ้าปิดได้และไม่สามารถบอกข้อมูลสิ่งกีดขวางข้างหน้าของผู้ใช้งานได้
3. การใช้แสงเลเซอร์ มีข้อจำกัดในด้านรัศมีความครอบคลุมในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง ทำให้เกิดจุดบอดซึ่งอาจเป็นอันตรายสำหรับผู้ใช้งานได้
4. การใช้กล้องวีดีโอ ยังขาดความแม่นยำ, มีขนาดใหญ่และผู้ใช้งานจำเป็นต้องแบกน้ำหนักของคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กไว้ข้างหลังของผู้ใช้งานด้วย
5. การใช้เสียงในการแจ้งเตือนสิ่งกีดขวาง ทำให้ผู้บกพร่องทางการเห็นจะไม่สามารถใช้ประสาทหูในการฟังเสียงสิ่งแวดล้อมอย่างอื่นได้
6. อุปกรณ์ที่ใช้งานยาก จำเป็นต้องใช้เวลาการฝึกฝนในการใช้งานเป็นอย่างมาก กว่าจะสามารถใช้งานได้จริงอย่างปลอดภัย
7. ราคาของอุปกรณ์ที่มีราคาแพงจนเกินไป ไม่สามารถเป็นที่ยอมรับในกลุ่มผู้บกพร่องทางการเห็นได้

2.3 การตรวจจับสิ่งกีดขวางด้วยระบบอัลตราโซนิค

ระบบอัลตราโซนิค (Ultrasonic) เป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่หูมนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินเสียงสูงถึงเพียงแค่ประมาณ 15 กิโลเฮิรตซ์ เท่านั้น แต่พวกที่อายุยังน้อย ๆ อาจจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่านี้ได้ ดังนั้นโดยปกติแล้วคำว่าอัลตราโซนิคจึงมักจะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิรตซ์ ขึ้นไป จะสูงขึ้นจนถึงเท่าใดไม่ได้ระบุจำกัดเอาไว้ (Xiao, G, 2002) สาเหตุที่งานวิจัยนี้นำเอาคลื่นอัลตราโซนิคมาใช้เนื่องจากเป็นคลื่นทีมีทิศทางสามารถเล็งคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง เรื่องนี้เป็นคุณสมบัติของคลื่นอย่างหนึ่ง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้นความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิด (ช่องที่ให้เสียงนั้นออกมา) ของตัวกำเนิดเสียงความถี่นั้นเช่น คลื่นความถี่ 300 เฮิรตซ์ ในอากาศจะมีความยาวถึงประมาณ 1 เมตรเศษ ๆ ซึ่งจะยาวกว่าช่องที่ให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดเสียงโดยทั่วไปมากมายคลื่นจะหักเบนที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียงทำให้เกิดการกระจายทิศทางคลื่นแต่ถ้าความถี่สูง

ขึ้นมาอยู่ในย่านอัลตราโซนิค อย่างเช่น 40 กิโลเฮิรตซ์ จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียงประมาณ 8 มม. เท่านั้นซึ่งเล็กกว่ารูเปิดของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นี้มากคลื่นเสียงจะไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบจึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบ ๆ หรือที่เราเรียกว่า มีทิศทาง สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อรับ/ส่งคลื่นเสียงอัลตราโซนิคเราเรียกว่า อัลตราโซนิค ทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducer) ซึ่งในปัจจุบันอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับหลักการที่ใช้ เช่น *แบบเปียโซอิเลคทริก (Piezo-electric Transducer)* ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานทางกล โดยมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่ค่าหนึ่ง *แบบแมกนีโตสตริคทีฟ (Magnetostrictive Transducer)* ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้น *แบบอิเลคโตรสตริคทีฟ (Electrostrictive Transducer)* ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานทางกล สำหรับงานวิจัยนี้เราเลือกทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลคทริค ภายในตัวอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลคทริค ประกอบด้วยชิ้นสารเซรามิคสี่เหลี่ยมซึ่งมีผิวโลหะเงินฉาบอยู่ทั้ง 2 หน้าเพื่อให้ต่อสายไฟออกมาเป็นขา 2 ขา ชิ้นสารเซรามิคนี้ประกอบขึ้นจากสารเซรามิค 2 ชิ้น ประกบกันอยู่โดยวางให้ขั้วไดโพลทางไฟฟ้าภายในอะตอมของมันมีทิศทางตรงข้ามกัน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 11 (ก). ภายในตัวอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์เซรามิคภาวะปกติ
(ข). ป้อนแรงดันไฟฟ้าชิ้นสารเซรามิคโก่งงอไปมาเกิดคลื่นเสียงอัลตราโซนิคกระจายไปในอากาศ

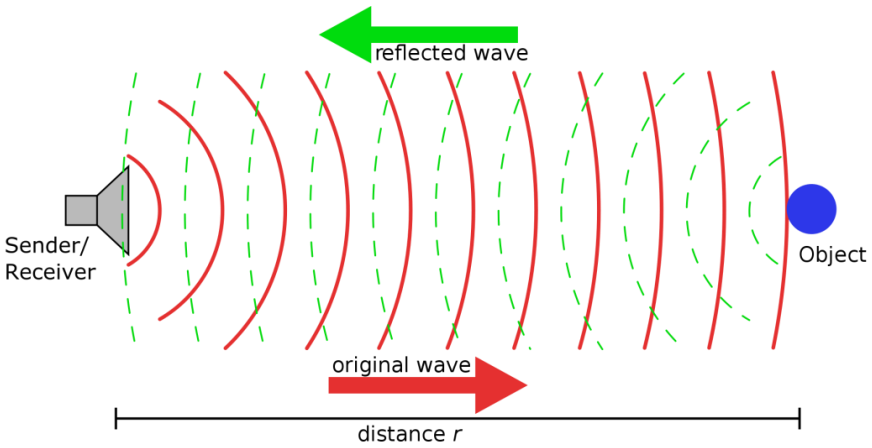
ชิ้นสารเซรามิคถูกยึดติดภายในตัวถังอย่างดีเพื่อไม่ให้การสั่นขณะที่มันทำงานอยู่ได้รับผลกระทบกระเทือนจากภายนอกตัวถังมักจะเป็นรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางและมีความสูงประมาณ 1 ถึง 2.5 ซม. ด้านหน้าทำเป็นช่องเปิดมีตะแกรงติดอยู่เพื่อให้คลื่นอัลตราโซนิคเข้ามาหรือออกจากช่องเปิดได้โดยสะดวก ถ้าตัวถังทำมาจากโลหะก็ควรต่อตัวถังลงกราวด์เพื่อทำหน้าที่ชีลด์ สำหรับบางยี่ห้อเขาจะต่อขาหนึ่งติดกับตัวถังมาให้เลย เมื่อพลิกดูขา 2 ขาที่โผล่ออกมาจากตัวถังจะเห็นมีขาหนึ่งติดกับตัวถัง มีจำหน่ายกันจะมีค่าความถี่เรโซแนนซ์ให้เลือกตั้งแต่ 23 กิโลเฮิรตซ์ ขึ้นไปจนถึง 40 กิโลเฮิรตซ์ แต่ที่พบเห็นกันบ่อยก็มี 23 กิโลเฮิรตซ์, 25 กิโลเฮิรตซ์, และ 40 กิโลเฮิรตซ์ โดยงานวิจัยนี้ใช้ความถี่ 40 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นรุ่นที่นิยมใช้กันมากที่สุดเพราะมีทิศทางดีกว่า ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ตัวอย่างอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลคทริค

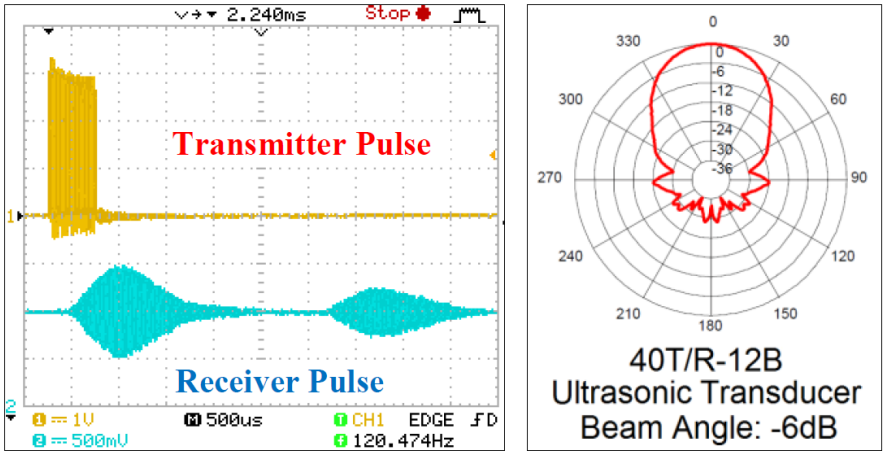
เมื่อมีสัญญาณแรงดันมาตกคร่อมขั้วทั้งสองของชิ้นสารเซรามิคดังรูปที่ 11 (ข) จะทำให้ชิ้นสารโก่งงอมากหรือน้อยหรือในทิศทางใดตามขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณนั้น ทำให้เกิดการกดอัดอากาศโดยรอบเกิดเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่เดียวกับสัญญาณนั้นออกไป โดยทั่วไปกำลังเอาท์พุทที่ออกมาจะตกประมาณ 10% ของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไป แต่กำลังเอาท์พุทจะสูงสุดที่ค่าประมาณนี้ต่อเมื่อความถี่ของสัญญาณตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ ซึ่งเป็นความถี่ทางกลตามธรรมชาติของชิ้นสารเซรามิคนั้น ๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้เราใช้ความถี่ 40 กิโลเฮิรตซ์ ส่วนที่ความถี่อื่น ๆ กำลังเอาท์พุทจะลดลงกว่านี้มาก ในทำนองกลับกันเมื่อมีคลื่นเสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ของชิ้นสารเซรามิคเข้ามาจะทำให้ชิ้นสารโก่งงอไปมาและเกิดสัญญาณแรงดันซึ่งมีขนาดเล็กขึ้นมาคร่อมขั้วทั้งสองของตัวมันเองได้

ทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลคทริคที่ใช้สารเซรามิคหรือที่ผู้ผลิตบางรายเรียกว่า อัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเซรามิค ประกอบด้วยอุปกรณ์อยู่ 2 อย่าง คือ ตัวส่ง (Transmitter)หรือ และตัวรับ (Receiver) *ตัวส่ง* คืออัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์ที่ถูกออกแบบเจาะจงมาให้แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ให้แก่ตัวมัน ให้ออกมาเป็นคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิค หน้าที่ของตัวส่งจึงคล้าย ๆ กับเป็นลำโพง *ตัวรับ* ก็คืออัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์ที่ถูกออกแบบเจาะจงมาให้แปลงคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิคที่มาตกกระทบตัวมันให้ออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้า หน้าที่ของตัวรับจึงคล้าย ๆ กับเป็นไมโครโฟน



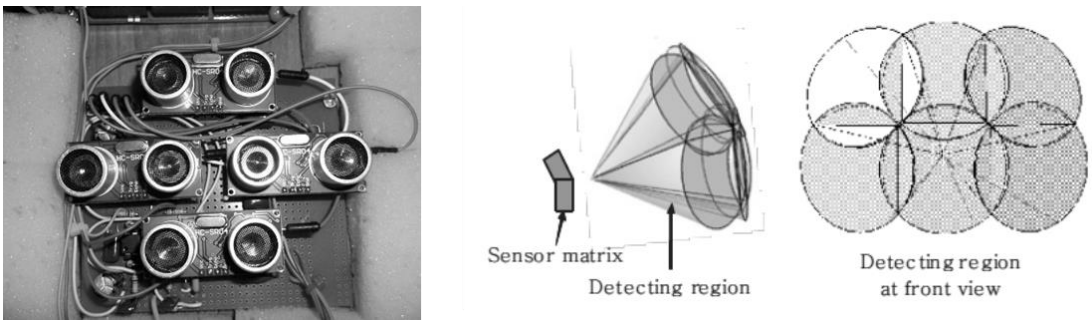
รูปที่ 13 หลักการตรวจจับสิ่งกีดขวางโดยใช้อัลตราโซนิค

สำหรับรูปแบบการทำงานของอัลตราโซนิคเซ็นเซอร์ประกอบด้วย ตัวตรวจจับด้วยคลื่นอัลตราโซนิค ชุดส่งสัญญาณ ชุดประมวลผล และชุดเอ้าท์พุท มักจะใช้เป็นภาครับ และ ภาคส่ง อาจมีระบบซึ่งประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ แยกกันอยู่ 2 ส่วน ในระหว่างการทำงาน เซ็นเซอร์จะทำการส่งสัญญาณเสียงซึ่งเรียกว่า “ซาวด์พาร์เซลส์” (Sound parcels) ให้ขบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ ของเวลาทำงานไปเรื่อย ๆจนกระทั่งมีการ รับการสะท้อนครั้งแรกเกิดขึ้น ดังรูปที่ 13 สำหรับการทำงานเป็นวงจรส่งผ่าน/รับของอัลตราโซนิคเซ็นเซอร์ จะส่งผ่านคลื่นพัลซ์เสียงที่ช่วงเวลาสม่ำเสมอ หรือช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลง คลื่นเสียงที่ปล่อยออกไปจะถูกสะท้อนได้โดยวัตถุที่เหมาะสม โดยเซ็นเซอร์และระบบการทำงานจะรับการสะท้อนของคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับมาความกว้างของคลื่นพัลซ์ของเสียงอยู่ในช่วง 2-200 ไมโครวินาที ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 คลื่นพัลซ์ของสัญญาณอัลตราโซนิคและรัศมีการทำงาน

ยกตัวอย่าง เช่นคลื่นเสียงที่มีความเร็ว v = 340 เมตรต่อวินาที (ณ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) ในช่วงเวลา t= 20 มิลลิวินาที ดังนั้นจะเดินทาง S = V x t = 6.8 เมตร เนื่องจากระยะห่างระหว่างเซ็นเซอร์ และวัตถุที่ได้จากการทำงานของเซ็นเซอร์ คิดที่ไปและกลับจึงได้ระยะทางจริงสูงสุดสำหรับวงจรเวลานี้เป็น 3.4 เมตร สำหรับการตรวจจับสิ่งกีดขวางในงานวิจัยนี้เราใช้ อุปกรณ์รับ/ส่งคลื่นเสียงอัลตราโซนิค 40 กิโลเฮิรตซ์ มากกว่า 1 ตัว เรียกว่าระบบมัลติอัลตราโซนิค เพื่อเพิ่มรัศมีการทำงาน โดยแต่ละหัวจะครอบคลุมประมาณ 60 องศา เพื่อให้สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางได้ตั้งแต่ระดับเท้าจนถึงศีรษะและยังสามารถระบุตำแหน่งของสิ่งกีดขวางได้ ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 การตรวจจับสิ่งกีดขวางด้วยระบบมัลติอัลตราโซนิค

2.4 หลักการออกเพื่อคนทั้งมวล

ไอโซนาร์ 2 เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็น เป็นการออกแบบอุปกรณ์ด้วยเทคโนโลยีเพื่ออำนวยความสะดวกผู้พิการ Assistive Technology: AT โดยอาศัยหลักการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล Universal Design: UD เพื่อใช้กำหนดแนวทางการออกแบบรูปลักษณ์ของอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งานจริง

เทคโนโลยีอำนวยความสะดวก Assistive Technology: AT (Hersh MA., 2010) เป็นการนิยามโดยทั่วไปที่ครอบคลุมเทคโนโลยี เครื่องมือ อุปกรณ์ กลไก การบริการ ระบบ กระบวนการ และการปรับปรุงสภาพแวดล้อมเพื่อการใช้งานของผู้พิการและหรือผู้สูงอายุ ในการเอาชนะอุปสรรคเชิงสังคม สาธารณูปโภคและอุปสรรคอื่น ๆ เพื่อการดำรงชีวิตอย่างอิสระ สามารถใช้ชีวิตร่วมกับผู้อื่นในสังคมและดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ได้โดยง่ายดายและปลอดภัย สามารถจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์ตลอดจนการบริการโดยอาจมีบางส่วนที่เหลื่อมกัน ไม่ได้กำหนดขอบเขตแยกชัดเจนเป็น 5 ประเภท ได้แก่ 1. ผลิตภัณฑ์กระแสหลัก Mainstream products สำหรับประชากรทั่วไป 2. ผลิตภัณฑ์เพื่อมวลชน Universal Design (US) - Design for All (EU) ที่มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงได้และตอบสนองความต้องการได้กว้างขวางครอบคลุมกลุ่มผู้ใช้งานโดยไม่ถูกจำกัดด้วยปัจจัยด้านความพิการ อายุ ขนาดร่างกาย วัฒนธรรม ชาติพันธุ์หรือสถานภาพทางสังคม ซึ่งในเชิงอุดมคติแล้ว

ผลิตภัณฑ์กระแสหลักอาจจะออกแบบโดยอาศัยหลักการนี้ 3. ผลิตภัณฑ์อำนวยความสะดวก Assistive products ได้รับการออกแบบเพื่อขจัดอุปสรรคสำหรับผู้พิการและผู้สูงอายุ 4. ผลิตภัณฑ์ฟื้นฟูสภาพ Rehabilitation products ออกแบบเพื่อการฟื้นฟูการทำงานของอวัยวะที่บกพร่องของผู้พิการ ผู้สูงอายุหรือผู้ที่ประสบปัญหาด้านสุขภาพ และสุดท้าย 5. ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ Medical products ได้รับการออกแบบเพื่อครอบคลุมการปฏิบัติงานด้านสุขภาพและสนับสนุนการรักษาผู้ประสบปัญหาด้านสุขภาพตลอดจนผู้ป่วยในรูปแบบต่าง ๆ ดังนั้น แม้ผลิตภัณฑ์อำนวยความสะดวกและผลิตภัณฑ์ฟื้นฟูสภาพจะถูกใช้งานด้วยกลุ่มประชากรเดียวกัน แต่ต่างกันในเชิงวัตถุประสงค์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์อำนวยความสะดวกทำหน้าที่ปรับเปลี่ยนปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับสภาพแวดล้อมเพื่อขจัดอุปสรรคต่าง ๆ ในการดำรงชีวิต ขณะที่ผลิตภัณฑ์ฟื้นฟูสภาพ ทำหน้าที่โดยตรงให้ผู้ใช้งานเอาชนะข้อจำกัดของความพิการ ยิ่งไปกว่านั้นเทคโนโลยีอำนวยความสะดวกสามารถนำมาใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์กระแสหลักให้สามารถเข้าถึงกลุ่มผู้ใช้งานจริงได้มากขึ้นและช่วยตอบสนองความต้องการในการขจัดอุปสรรคบางส่วนหรือทั้งหมดในสภาพแวดล้อมที่จำเป็นในการใช้งานผลิตภัณฑ์

สำหรับแนวคิดการออกแบบเพื่อความเท่าเทียมกัน (กุลธิดา เตชวรสินสกุล, 2557) นับแต่ยุค ค.ศ.1950 เป็นต้นมา จากปัจจัยความเจริญด้านการแพทย์ ช่วงอายุที่ยืนยาวขึ้นและสังคมที่ประกอบด้วยประชากรที่มีความหลากหลายในเชิงสุขภาพ เศรษฐานะและมาตรฐานชีวิต จึงเป็นที่มาของความตื่นตัวในการออกแบบเพื่อตอบสนองความต้องการของแต่ละกลุ่มประชากร ได้อย่างครอบคลุมและพัฒนาคุณภาพการดำรงชีวิตยิ่งขึ้น สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกาที่เป็นต้นกำเนิดแนวคิด Universal Design นั้น ด้วยผลพวงจากสงครามโลกครั้งที่สอง สงครามเกาหลีและสงครามเวียดนาม นำไปสู่ความพยายามในการฟื้นฟูเหล่าทหารผ่านศึกเพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมอย่างไม่ต้องพึ่งพิงและประกอบอาชีพได้ ตลอดจนความเคลื่อนไหวทางการเมืองเรื่องสิทธิสตรีและชนกลุ่มน้อย ส่งผลให้มีการออกกฎหมายเพื่อกลุ่มประชากรเหล่านี้ที่เบื้องต้นมุ่งเน้นด้านการฟื้นฟูสุขภาพ การฝึกอาชีพและสังคมสงเคราะห์ การออกแบบสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกลายมาเป็นประเด็นสำคัญอย่างแท้จริงจากการประชุมระดับชาติว่าด้วยการจ้างงานผู้พิการใน ค.ศ.1958 การกำหนดระเบียบมาตรฐานอาคารที่เน้นการลดอุปสรรคด้านกายภาพจึงเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม ถือเป็นจุดเริ่มต้นของการออกแบบที่มุ่งเน้นการจัดการสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมเพื่อผู้ที่มีความบกพร่องด้านร่างกายและยังนำไปสู่นโยบายการสนับสนุนให้ผู้พิการในสถาบัน ดูแลด้านสุขภาพสามารถกลับสู่การดูแลโดยครอบครัวได้ ทำให้แนวคิด Barrier Free Design การออกแบบไร้อุปสรรค(ในการเข้าถึง) เริ่มกระจายวงกว้างสู่ประเทศที่พัฒนาแล้วและมีวิสัยทัศน์ด้านสังคมสูงวัยเช่นในยุโรปและญี่ปุ่น ในยุค ค.ศ.1970 การใช้แนวคิดการฟื้นฟู Normalization เพื่อให้เป็นปกติเริ่มต้นจากสแกนดิเนเวียสู่แคนาดาและประเทศในยุโรปบางส่วนรวมถึงสหรัฐอเมริกา ยิ่งช่วยให้เกิดการยอมรับความแตกต่างและปรับ

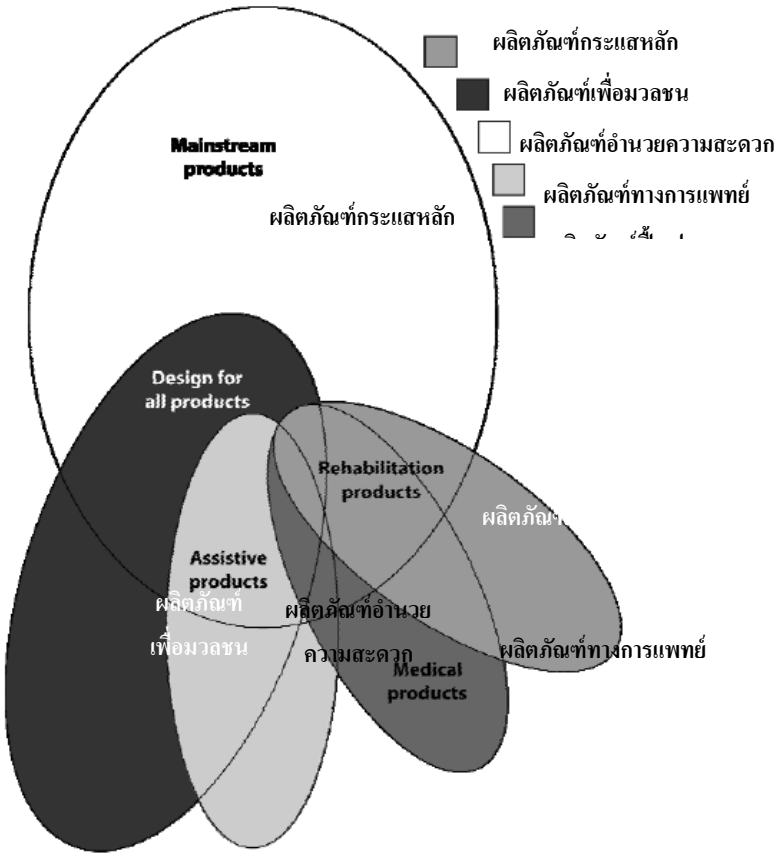
ทัศนคติเกี่ยวกับผู้พิการผู้สูงอายุจากมุมมองด้านสุขภาพมาเป็นประเด็นเชิงสถานการณ์ของสังคม เกิดการบูรณาการด้านการออกแบบเพื่อประชากรที่หลากหลายสู่ การออกแบบเพื่อการเข้าถึง Accessible Design และนับเป็นครั้งแรกในโลกที่การออกแบบมีบทบาทสำคัญด้านกฎหมายของสหรัฐอเมริกาในแง่ของเงื่อนไขเพื่อบรรลุสิทธิพลเมือง ด้วยกฎหมายเพื่อผู้พิการฉบับ ค.ศ.1990 The Americans with Disabilities Act: ADA ที่ภาครัฐและเอกชนต้องปฏิบัติตามในการปรับปรุงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับการจ้างงานทั้งในส่วนสาธารณะและส่วนบุคคล ไม่ว่าจะได้รับหรือไม่ได้รับงบประมาณสนับสนุนก็ตาม ข้อกำหนดเชิงกายภาพของสถานที่ครอบคลุมรายละเอียดการใช้พื้นที่ตั้งแต่ทางเข้าออก ระยะราวจับ รวมถึงตำแหน่งติดตั้งสวิตช์ไฟ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ยิ่งไปกว่านั้นในช่วงปลายยุค ค.ศ.1990 กฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับผู้พิการได้ยอมรับความสำคัญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศให้เป็นส่วนสนับสนุนที่ต้องสอดคล้องกับการฟื้นฟูเพิ่มศักยภาพด้วยการออกแบบอุปกรณ์ดำรงชีวิตของผู้พิการในการสื่อสารและเข้าถึงข้อมูล เพื่อนำไปสู่ความเท่าเทียมกันและโอกาสในสังคม

คุณูปการของแนวคิดการออกแบบสากล Universal Design 7 ประการของ Ronald L. Mace สถาปนิกและศาสตราจารย์ชาวอเมริกันผู้ใช้ชีวิตบนรถเข็นจากการป่วยด้วยโรคโปลิโอตั้งแต่ 9 ขวบ ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในช่วงยุค ค.ศ. 1980 เป็นต้นมา ได้แก่ 1. สามารถใช้งานได้โดยเท่าเทียมกัน 2. ความยืดหยุ่นรองรับการใช้งานของกลุ่มผู้ใช้ที่หลากหลายทั้งด้านสมรรถภาพและความชอบ 3. เรียบง่ายไม่ซับซ้อน 4. สื่อสารข้อมูลเข้าใจง่าย 5. เผื่อการใช้งานผิดพลาดให้อันตรายน้อยที่สุด 6. เบาแรง 7. ขนาดและพื้นที่ใช้งานเอื้อให้เข้าถึงได้ง่าย สามารถสรุปเป็นการจัดการสภาพแวดล้อมที่รูปธรรม 5 ประเด็นหลักได้แก่ บาทวิถีที่มีทางลาดเพื่อผู้พิการใช้รถเข็น ทางลาดเพื่ออำนวยความสะดวกในพื้นที่สาธารณะและย่านการค้า ระบบขนส่งมวลชนที่ผู้พิการใช้รถเข็นเข้าถึงได้ นายจ้างไม่สามารถเลือกปฏิบัติอย่างไม่เป็นธรรมต่อลูกจ้างผู้พิการที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการทำงานและการให้บริการโทรคมนาคมการสื่อสารระบบอินเทอร์เน็ตทั่วประเทศต้องรองรับการใช้งานอุปกรณ์ที่บุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยินและการพูดใช้ในการสื่อสารผ่านทางโทรศัพท์ ถือเป็นการยกระดับมาตรฐานการดำรงชีวิตในสหรัฐอเมริกาซึ่งประเทศที่พัฒนาแล้วอย่างต่อเนื่องมากว่า 6 ทศวรรษ และเป็นแบบอย่างของการรณรงค์ด้านการออกแบบเพื่อความเท่าเทียมกันในประเทศที่กำลังประยุกต์ใช้แนวความคิดการออกแบบเพื่อความเท่าเทียมกันและประกอบด้วยประชากรที่เริ่มเข้าสู่สังคมสูงวัยต่อจากนี้

เมื่อพิจารณาบทบาทของการออกแบบที่มีต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไขของมาตรฐานที่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพสังคม เศรษฐกิจ วัฒนธรรมและเทคโนโลยี อาจมองได้ว่าการออกแบบเพื่อความเท่าเทียมกันในสังคมเริ่มจากการลดอุปสรรคด้านกายภาพในการดำรงชีวิตร่วมกันที่แม้จะกระตุ้นให้เกิดความรู้สึกแปลกแยกจากการเรียกร้องการจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อผู้พิการที่

จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์สนับสนุนเช่น ทางลาดเพื่อรถเข็น พื้นผิวสัมผัสเพื่อผู้บกพร่องการมองเห็น แต่ในทางกลับกันถือเป็นโอกาสในการเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจ ขยายประสบการณ์ของแต่ละบุคคลที่จะมีส่วนร่วมในความหลากหลายของมนุษยชาติและเพื่อการบูรณาการให้แก้ปัญหาอย่างกลมกลืนเหมาะสมในด้านความพึงพอใจจากการใช้งานและสุนทรียภาพ ยิ่งไปกว่านั้นความตื่นตัวของแนวคิด UD ทั่วโลกจากยุค ค.ศ.1990 เป็นต้นมา เปิดโอกาสให้มีการสร้างสรรค์อุปกรณ์และการบริการใหม่ ๆ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศที่ตอบสนองได้เกินความต้องการขั้นต่ำของข้อกำหนดในมาตรฐานเพื่อผู้พิการ ถือเป็นโอกาสทางธุรกิจในระดับนานาชาติและเป็นกลไกขับเคลื่อนเศรษฐกิจไปพร้อมกันกับการยกระดับคุณภาพชีวิตและสำหรับประเทศอังกฤษ การสร้างนิยาม Inclusive Design ใน ค.ศ.2000 ถือเป็นการสรุปให้เห็นภาพรวมของการออกแบบผลิตภัณฑ์ การบริการ และสภาพแวดล้อม ที่ต้องสามารถตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้ใช้งานที่หลากหลายได้ครอบคลุมมากที่สุด

การออกแบบเพื่อมวลชน Universal Design: UD หลังจากเป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลายและนำไปสู่การปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรมในเชิงกฎหมายและเชิงวิชาชีพออกแบบ (Schulz, R., 2013) ได้เสนอนิยามโดยทั่วไปว่า UD คือการออกแบบผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อมที่ทุกคนสามารถใช้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพโดยไม่จำเป็นต้องปรับหรือออกแบบเป็นพิเศษ แนวคิดนี้ได้รับการปรับปรุงพัฒนาขึ้นจากประสบการณ์ทำงานออกแบบที่เกิดจากหลักการการออกแบบไร้อุปสรรค Barrier Free Design และการออกแบบที่เข้าถึงได้ Accessible Design โดยยังเป็นที่ถกเถียงกันว่าในสังคมที่มีความหลากหลายการออกแบบเพื่อมวลชนจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจที่กว้างขวางและลึกซึ้งเกี่ยวกับกลุ่มประชากรผู้ใช้งานจริงโดยเฉพาะปัจจัยด้านมิติร่างกาย อายุ (Kroemer Karl H.E., 2006) เพื่อลดเงื่อนไขความต้องการของการออกแบบเป็นพิเศษสำหรับผลิตภัณฑ์ สภาพแวดล้อมและการบริการ ข้อสังเกตคือนิยามของการออกแบบเช่น การออกแบบครอบคลุม (Inclusive Design) การออกแบบเพื่อทุกคน (Design for All) และการออกแบบเพื่อทุกวัย (Transgenerational Design) บางสถานการณ์ถูกใช้เพื่อสื่อความหมายในการออกแบบเช่นเดียวกันกับการออกแบบเพื่อมวลชน Universal Design: UD



รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่าง ผลิตภัณฑ์กระแสหลัก ผลิตภัณฑ์เพื่อมวลชน ผลิตภัณฑ์อำนวยความสะดวก ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์และผลิตภัณฑ์ฟื้นฟูสภาพ (Hersh MA., 2010)

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา พัฒนาการของการปฏิบัติวิชาชีพด้านการออกแบบด้วยหลักการ UD ถูกนำไปใช้ในเชิงสังคมอย่างแพร่หลายยิ่งขึ้น เกิดการตระหนักถึงความจำเป็นในกำหนดกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ (Baxter M., 1995, Ekels J., 1995) ที่อาศัยเทคโนโลยีอำนวยความสะดวกที่ครอบคลุมวัตถุประสงค์ด้านหน้าที่ใช้สอยไปสู่การตอบสนองความต้องการเชิงจิตใจ ภาพลักษณ์ รวมถึงความต้องการในการยกระดับคุณภาพชีวิตอย่างต่อเนื่องในกระบวนการออกแบบและการผลิต มีการขยายความนิยามว่า UD เป็นกระบวนการที่ช่วยเพิ่มศักยภาพการใช้งาน ความปลอดภัยและการมีส่วนร่วมในสังคม ตอบสนองต่อความหลากหลายและข้อแตกต่างด้านสมรรถภาพและทักษะของมนุษย์ เป็นที่ชัดเจนยิ่งขึ้นว่าความแตกต่างระหว่างการออกแบบเพื่อมวลชนกับเทคโนโลยีอำนวยความสะดวก ช่วยขยายขอบเขตของการตอบสนองความต้องการในการดำรงชีวิตของผู้พิการ ผู้สูงอายุ หรือผู้ป่วย ในแง่การยศาสตร์และปัจจัยมนุษย์ (Karwowski, 2011) ด้วยการอำนวยความช่วยเหลือและชดเชยข้อจำกัดจากสภาพร่างกายในแง่หน้าที่ประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์และการบริการ หลักการออกแบบด้วย UD ที่นำมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์อำนวยความสะดวกจึงเป็นการช่วย

แบ่งเบาภาระความต้องการเทคโนโลยีสนับสนุนด้วยการสร้างให้เกิดการใช้งานเทคโนโลยีได้อย่างเท่าเทียมกัน เป็นการบูรณาการหลักการออกแบบเพื่อมวลชน UD และเทคโนโลยีอำนวยความสะดวก AT ให้สอดคล้องกันในผลิตภัณฑ์

จากเหตุผลเบื้องต้น หลักการออกแบบ UD ได้รับการเสนอให้ปรับปรุงโดย (Steinfeld และ Maisel, 2012) จากเดิมที่มีเพียง 7 ประการจาก 1. สามารถใช้งานได้โดยเท่าเทียมกัน 2. ความยืดหยุ่นรองรับการใช้งานของกลุ่มผู้ใช้ที่หลากหลายทั้งด้านสมรรถภาพและความชอบ 3. เรียบง่ายไม่ซับซ้อน 4. สื่อสารข้อมูลเข้าใจง่าย 5. เผื่อการใช้งานผิดพลาดให้อันตรายน้อยที่สุด 6. เบาแรง 7. ขนาดและพื้นที่ใช้งานเอื้อให้เข้าถึงได้ง่าย โดยเพิ่มเติมเป็น 8 ประการดังนี้

1. เหมาะเจาะกับร่างกาย รองรับความแตกต่างของขนาดร่างกายและทักษะความสามารถผู้ใช้งานจริง

2. สบาย เป็นไปตามความต้องการใช้งานในขอบเขตของการทำงานของร่างกายและการรับรู้

3. ตระหนักรู้ ยืนยันให้ผู้ใช้งานมั่นใจว่าข้อมูลที่สำคัญและจำเป็นต่อการตัดสินใจสามารถรับรู้ได้โดยง่าย

4. เข้าใจ ทำให้กระบวนใช้งานและการปฏิบัติการของผลิตภัณฑ์ชัดเจนไม่คลุมเครือ ใช้ได้ตามสัญชาตญาณ

5. สุขภาวะ สนับสนุนการส่งเสริมสุขภาพ หลีกเลี่ยงความเจ็บป่วยและป้องกันการบาดเจ็บ

6. บูรณาการสังคม ปฏิบัติต่อทุกคนด้วยความเคารพและความมีศักดิ์ศรี

7. ความมีบุคลิกภาพ โอกาสสำหรับทางเลือกและการแสดงออกตามความชอบของแต่ละบุคคล

8. ความเหมาะสมต่อกาลเทศะ ให้ความเคารพและส่งเสริมคุณค่าเชิงสังคม วัฒนธรรมและบริบทของสิ่งแวดล้อม

ข้อเสนอ 8 ประการดังกล่าว มีเจตนาจัดการโครงสร้างของข้อมูลที่สำคัญและจำเป็นต่อการออกแบบด้วยหลักการ UD เพราะเป็นการตอบสนองต่อองค์ความรู้จำเพาะด้านและช่วยให้สามารถกำหนดกรอบการทำงานที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและยังเป็นการช่วยให้สามารถวัดว่าการออกแบบบรรลุวัตถุประสงค์การยกระดับคุณภาพชีวิต ด้วยการนำประเด็นการมีส่วนร่วมในสังคมและสุขภาวะมาร่วมพิจารณา

แนวคิดองค์รวมที่บูรณาการการออกแบบเพื่อมวลชน UD และเทคโนโลยีอำนวยความสะดวก AT โดยมีเป้าหมายเป็นการออกแบบเพื่อคุณภาพชีวิต Design for Quality of Life ที่ได้รับการเสนอโดย (Schulz R., 2013) ได้สรุปนิยามของคุณภาพชีวิตว่า เป็นโครงสร้างแนวความคิดของการแสดง

ความหมายของการประเมินปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตในหลายมิติ หมายรวมถึงการวัดด้วยด้านภาวะวิสัยและวัตถุวิสัย ตัวอย่างแง่มุมในการพิจารณาประกอบด้วย สุขภาพด้านร่างกายและความสามารถในการทำงาน สุขภาพจิต สติปัญญา การปฏิบัติตนตามบทบาทหน้าที่ ประสิทธิภาพการทำงาน และความพึงพอใจในชีวิต นอกจากนี้ ได้มีการเสนอแนวคิดในการแบ่งประเภทหลักการพิจารณาเทคโนโลยีอำนวยความสะดวกที่เหมาะสมในการตอบสนองวัตถุประสงค์การใช้งานโดยอ้างอิงจากขอบเขตหน้าที่ของ 4 ปัจจัยได้แก่ หน้าที่เชิงกายภาพ หน้าที่เชิงอารมณ์ หน้าที่เชิงสังคม และหน้าที่เชิงสติปัญญา ด้วยหลักการออกแบบเพื่อคุณภาพชีวิตจากการบูรณาการเบื้องต้น นำไปสู่กระบวนการประเมินแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์และกรอบกำหนดคุณลักษณะเชิงรูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์

บทที่ 3

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับขั้นตอนการออกแบบเครื่อง ไอโซนาร์-2 นั้น ใช้หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับผู้พิการ ตามหลักมาตรฐานการออกแบบของ (Lewis, 1985) ซึ่งกำลังเป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับผู้พิการทั่วโลก สำหรับขั้นตอนการออกแบบนี้แบ่งเป็นสี่ขั้นตอน ขั้นตอนแรก คือ ขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากผู้ใช้งาน (Gathering requirements) เพื่อที่จะเรียนรู้ความต้องการของผู้ใช้งานจัดปัญหาในชีวิตประจำวันที่เกิดขึ้นและพฤติกรรมของผู้ใช้ส่วนใหญ่ ส่วนขั้นตอนที่สองคือการนำองค์ความรู้ที่มีอยู่และความต้องการของผู้ใช้งานมาออกแบบผลิตภัณฑ์เบื้องต้น ขั้นตอนที่สาม คือ การนำต้นแบบเบื้องต้นนำไปให้ผู้ใช้งานกลุ่มเล็ก ๆ ได้ลองใช้จริง ส่วนขั้นตอนสุดท้ายคือการปรับปรุงรูปแบบผลิตภัณฑ์จากข้อติชมของผู้ใช้งานเบื้องต้น

3.1 การเก็บข้อมูลความต้องการจากผู้ใช้งาน

สำหรับการศึกษาเก็บข้อมูลความต้องการจากผู้ใช้งาน (Specific Requirement) ผู้วิจัยได้ศึกษาและเก็บข้อมูลปัญหาจากผู้บกพร่องทางการเห็น โดยใช้เทคนิคการสัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม โดยแบ่งการเก็บข้อมูลเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก คือ การเก็บข้อมูลด้านปัญหาข้อจำกัดในการใช้ชีวิตประจำวันจากผู้พิการทางสายตาเพื่อการออกแบบการทำงานหลักของระบบ โดยทีมผู้เชี่ยวชาญจากคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล ส่วนที่สอง คือ เก็บข้อมูลด้านการออกแบบด้วยการสัมภาษณ์ สังเกตและบันทึกภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวการทดสอบต้นแบบการใช้งานเบื้องต้น โดยทีมผู้ออกแบบรูปลักษณ์อุปกรณ์จากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 18 การเก็บข้อมูลความต้องการจากผู้พิการทางสายตา ณ คณะแพทยศาสตรศิริราชพยาบาล

การเก็บข้อมูลทั้งหมดใช้กลุ่มตัวอย่าง 100 คนจากการแบ่งกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิสามกลุ่ม (Stratified Random Sampling) จากอัตราส่วนจำนวนประชากรผู้บกพร่องทางการเห็นไทย 123,157 คน (สำรวจโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ พ.ศ. 2557) กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างดังสมการที่ 1

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \qquad \text{(สมการที่ 1)}$$

โดยที่ n = ขนาดกลุ่มตัวอย่าง, N = ขนาดประชากรทั้งหมด, e = ค่าความคลาดเคลื่อน โดยในที่นี้กำหนดไว้เท่ากับ 0.10 หรือ 10% แบ่งชั้นภูมิเป็นสามกลุ่มตามลักษณะความพิการและช่วงวัย จากการคำนวณจากสมการดังกล่าวสรุปได้ว่าต้องใช้ผู้กลุ่มตัวอย่างจำนวนขั้นต่ำ 100 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มสายตาเลือนรางขั้นต่ำจำนวน 60 คน, กลุ่มตาบอดสนิทขั้นต่ำ จำนวน 40 คน และจากการเก็บข้อมูลจริงขณะทำวิจัยสามารถเก็บข้อมูลจากผู้พิการทางสายตาได้ 112 คน ค่าเฉลี่ยอายุอยู่ที่ 37.3 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 16.27 โดยมีจำนวนผู้พิการสายตาเลือนราง 67 คน ผู้พิการตาบอดสนิท 45 คน ผลการเก็บข้อมูลแสดงดังตารางที่ 3.1 ถึง ตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.1 จำนวนผู้พิการทางสายตาผู้ให้ข้อมูลโดยแบ่งตามเพศและระดับการมองเห็น (n = 112)

ระดับการมองเห็น/เพศ	**ชาย**	**หญิง**	**รวม**
บอดสนิท	23	22	45
เลือนราง	30	37	67
รวม	53	59	112

ตารางที่ 3.2 ผลสำรวจระยะเวลาการเดินทางออกนอกบ้านของผู้พิการทางสายตา

การเดินทางออกนอกบ้าน	**ต่ำสุด**	**สูงสุด**	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**
วัน/สัปดาห์	1	7	4.45	1.95
ชั่วโมง/วัน	1	14	4.78	2.75

ตารางที่ 3.3 ผลสำรวจเทคนิคที่ใช้ในการเดินทางของผู้พิการทางสายตา

เทคนิคการเดินทาง	**จำนวน (คน)**	**ร้อยละจากทั้งหมด (%)**
ใช้ไม้เท้าขาว	23	20.53
ใช้ผู้นำทาง	35	31.25
ใช้ไม้เท้าขาวและผู้นำทาง	22	19.64
ไม่ใช้ไม้เท้าขาวและผู้นำทาง	32	28.57

ตารางที่ 3.4 ผลสำรวจพฤติกรรมด้านการชนสิ่งกีดขวางของผู้พิการทางสายตา

การชนสิ่งกีดขวาง	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน**	**ค่าเฉลี่ย (คะแนน 1-5)**	**ระดับคะแนนจากการเฉลี่ย**
ชนกระแทกสิ่งกีดขวางที่ศีรษะ	1.01	2.7	ปานกลาง
ชนกระแทกสิ่งกีดขวางลำตัว	1.10	2.9	ปานกลาง
ชนกระแทกสิ่งกีดขวางเอวลงไป	1.09	3.1	บ่อย
สะดุด/ตกทางต่างระดับ	1.10	3.6	บ่อย
สะดุด/ตกบันได	1.20	2.9	ปานกลาง

ตารางที่ 3.5 ผลสำรวจพฤติกรรมการด้านใช้ประสาทสัมผัสของผู้พิการทางสายตา

การใช้ประสาทสัมผัส	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน**	**ค่าเฉลี่ย (คะแนน 1-5)**	**ระดับคะแนนจากการเฉลี่ย**
ใช้การฟังเสียง	1.01	4.2	บ่อยมาก
ใช้การสัมผัส	1.29	3.7	บ่อย
ใช้การดมกลิ่น	1.17	3.1	บ่อย
ใช้การมองเห็น	1.39	3.2	บ่อย
พึ่งพาผู้อื่น	1.22	3.9	บ่อย

ตารางที่ 3.6 ผลสำรวจพฤติกรรมด้านการพกอุปกรณ์เสริมของผู้พิการทางสายตา

การพกอุปกรณ์เสริม	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน**	**ค่าเฉลี่ย (คะแนน 1-5)**	**ระดับคะแนนจากการเฉลี่ย**
ใช้ร่มขณะฝนตก	0.83	2.4	ปานกลาง
ใช้กระเป๋าสะพาย	1.34	4.2	บ่อย
สวมเสื้อคลุม	1.35	2.1	ปานกลาง
ใช้โทรศัพท์มือถือ	1.08	4.3	บ่อยมาก
ใช้อุปกรณ์หูฟังเสริม	1.61	2.6	ปานกลาง

จากข้อมูลการสำรวจที่ได้ทั้งหมดสามารถนำมาสรุปเป็นประเด็นความสำคัญในความต้องการหลัก (Functional requirements) จากผู้ใช้งานได้ ดังนี้

1. อุปกรณ์ควรมีอายุการใช้งานต่อการชาร์จแบตเตอรี่หนึ่งครั้ง อย่างน้อย 5 ชั่วโมงขึ้นไป เนื่องจากค่าเฉลี่ยการเดินทางออกจากบ้านของผู้พิการทางสายตาอยู่ที่ 4.78 ชั่วโมงต่อวัน
2. อุปกรณ์ควรจะออกแบบให้สามารถใช้กับไม้เท้าขาวของผู้พิการทางสายตาได้ เนื่องจาก ร้อยละ 40.17 ของผู้พิการทางสายตายังคงใช้ไม้เท้าขาวเป็นประจำ
3. อุปกรณ์ควรที่จะสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางตั้งแต่ระดับศรีษะลงไปถึงพื้นได้รวมถึงหลุมหรือทางต่างระดับ โดยเฉพาะทางต่างระดับเนื่องจากผู้พิการทางสายตาชนมากที่สุด
4. อุปกรณ์ไม่ควรปิดกั้นการใช้ประสาทการได้ยินของผู้พิการทางสายตาเนื่องจากคนพิการทางสายตาใช้ประสาทการฟังเสียงมากที่สุดเทียบกับประสาทสัมผัสอื่น ๆ
5. อุปกรณ์ไม่ควรบดบังการมองเห็นของผู้พิการทางสายตาเนื่องจากผู้พิการทางสายตา ยังคงสามารถใช้ประสาทการมองเห็นที่เหลืออยู่ได้ โดยเฉพาะผู้พิการสายตาเลือนราง
6. อุปกรณ์ไม่ควรขัดต่อการใช้กระเป๋าสะพายของผู้พิการทางสายตา เนื่องจากคนพิการทางสายตาใช้กระเป๋าสะพายเก็บสัมภาระที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตประจำวัน

สำหรับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจนี้ จะถูกนำไปใช้เป็นหลักเกณฑ์การพิจารณาหลัก ในการออกแบบระบบบอกเตือนสิ่งกีดขวางและรูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่อไป

3.2 การออกแบบระบบบอกเตือนสิ่งกีดขวาง

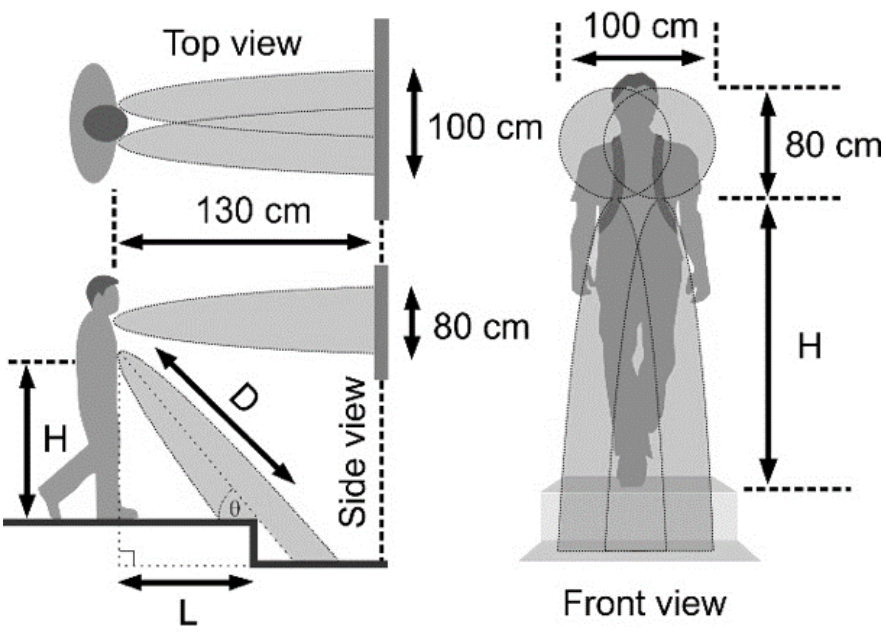
ในงานวิจัยนี้ เทคนิคการสะท้อนกลับของเสียงด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิคถูกใช้เพื่อการตรวจจับสิ่งกีดขวาง (Murugavel R., 2001) ประกอบด้วยตัวส่งคลื่นเสียงอัลตราโซนิค (Ultrasonic transmitter) ปล่อยคลื่นเสียงไปตามอากาศและรับคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับมาด้วยและตัวรับคลื่นเสียงอัลตราโซนิค (Ultrasonic receiver) ความเข้มของคลื่นที่สะท้อนกลับนี้ยังขึ้นอยู่กับวัตถุพื้นที่ผิวสัมผัสและคุณสมบัติการดูดซับคลื่นเสียงอีกด้วย ระยะทางระหว่างตัวรับส่งคลื่นเสียงอัลตราโซนิคและวัตถุซึ่งเป็นสิ่งกีดขวางสามารถคำนวณได้จากเวลาที่เสียงสะท้อนกลับมาและความเร็วของเสียงที่ใช้ในการเดินทางในอากาศ ดังสมการที่ 1 และ 2

$$V_{sound}(m/s) = 331.3 + (0.606 \times T(^{\circ}c)) \quad \text{(สมการที่ 1)}$$

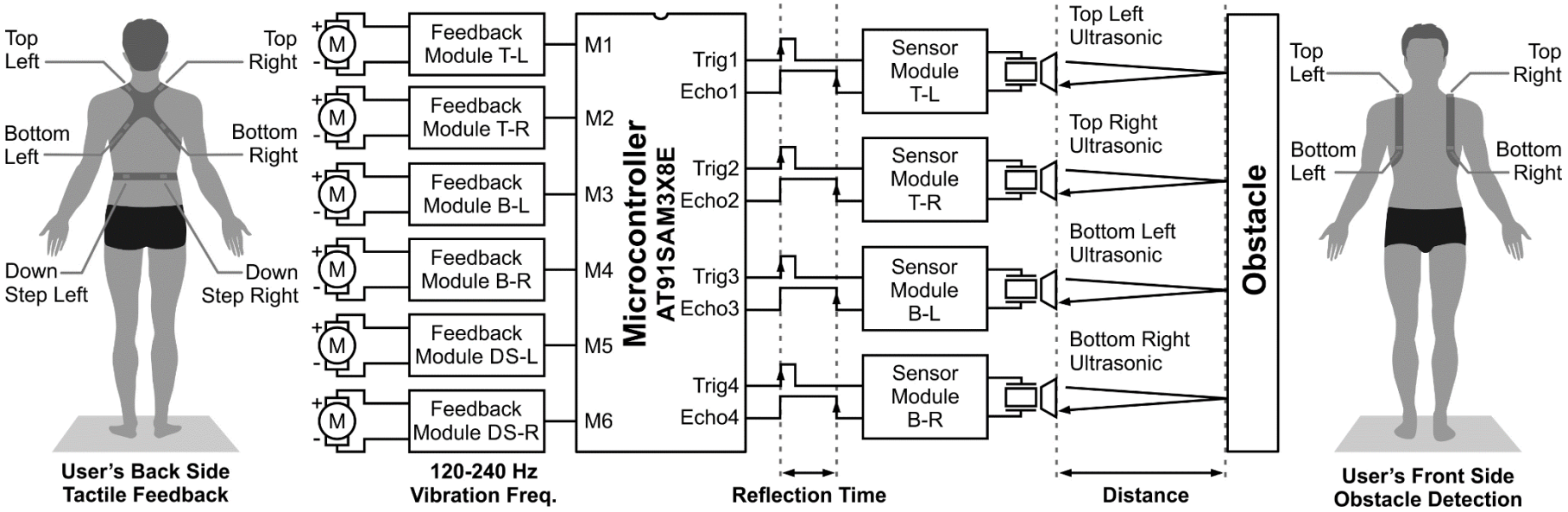
$$D(m) = \frac{V_{sound}(m/s) \times t(s)}{2} \quad \text{(สมการที่ 2)}$$

$$L(m) = \cos(\theta^{\circ}) \times D(m) \quad \text{(สมการที่ 3)}$$

ในที่นี้ V_{sound} คือความเร็วของเสียงที่ใช้ในการเดินทางในอากาศหน่วยเมตรต่อวินาที $T(°c)$ คืออุณหภูมิของกาศในหน่วยองศาเซลเซียส ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทุก ๆ 1 ℃ จะทำให้ความเร็วเสียงในอากาศเปลี่ยนไป 60 เซนติเมตร/วินาที ให้ $D(m)$ คือระยะทางระหว่างตัวรับส่งคลื่นเสียงอัลตราโซนิคและสิ่งกีดขวาง *(Distance)* หน่วยเป็นเมตร, $t(s)$ คือเวลาที่คลื่นเสียงอัลตราโซนิคใช้เวลาในการเดินทางจากตัวส่งคลื่นเสียงไปยังวัตถุและสะท้อนกลับมายังตัวรับคลื่นอัลตราโซนิค *(Reflection Time)* ในหน่วยวินาที ตัวอย่างเช่น ถ้าความเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 347 เมตรต่อวินาที ในอุณหภูมิห้องที่ 25.9 องศาเซลเซียส และระยะเวลาที่ใช้ในการสะท้อนคือ 7.5 มิลลิวินาที ดังนั้น ระยะทางระหว่างตัวรับส่งคลื่นอัลตราโซนิคกับสิ่งกีดขวางจะเท่ากับ 130 เซนติเมตร ทั้งนี้เราสามารถคำนวนระยะทางระหว่างผู้ใช้และขอบเขตของหลุม $L(m)$ ได้จากสมการที่ 3 โดยให้มุมตกกระทบเท่ากับ θ องศาตามรูปที่ 16

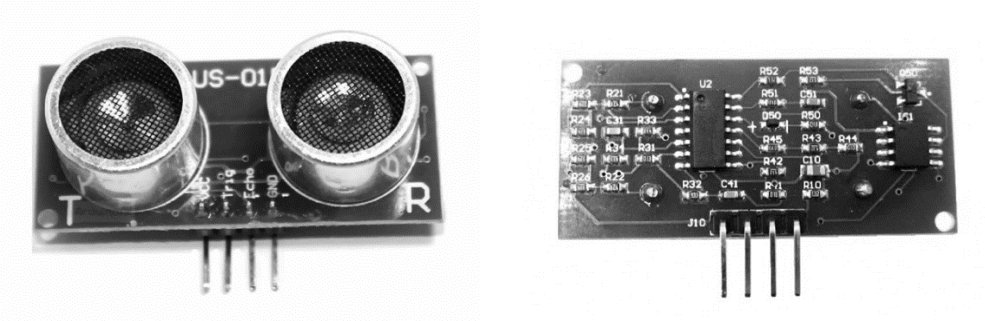


รูปที่ 16 รัศมีการทำงานและระยะการตรวจจับสิ่งกีดขวางของอุปกรณ์



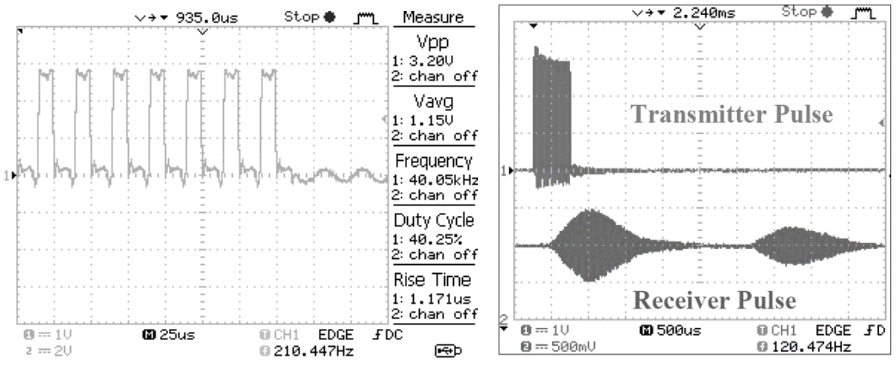
รูปที่ 17 แผนภาพการทำงานของระบบตรวจจับสิ่งกีดขวาง

การพัฒนาระบบตรวจจับสิ่งกีดขวางที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงในแผนภาพที่ 17 ใช้เซ็นเซอร์ตัวรับส่งคลื่นอัลตราโซนิค (Sensor Module) รุ่น US-015 ดังภาพที่ 18 ทั้งหมดสี่ชุด สองชุดใช้เพื่อใช้ตรวจจับสิ่งกีดขวางในระดับเอวถึงศีรษะ (Top zone) และอีกสองชุดใช้ในการตรวจจับสิ่งกีดขวางระดับเอวถึงเท้ารวมถึงทางต่างระดับ (Bottom zone) สำหรับตัวรับส่งคลื่นอัลตราโซนิครุ่น US-015 ให้ความแม่นยำสูงสุด ณ อุณหภูมิ 0 – 70 องศาเซลเซียส ในระยะ 2 – 500 เซนติเมตร รัศมีการทำงานที่มุม 45 องศา

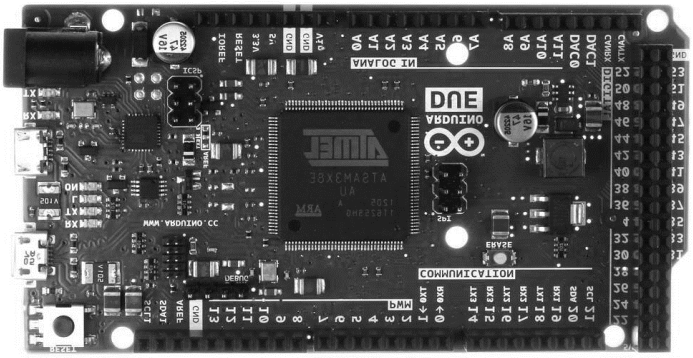


รูปที่ 18 เซ็นเซอร์ตัวรับส่งคลื่นอัลตราโซนิค (Sensor Module) รุ่น US-015

สำหรับการวัดระยะทาง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งสัญญาณพัลส์ลอจิกสูงเป็นเวลา 10 ไมโครวินาที ไปที่ขา Trig ของเซ็นเซอร์ตัวรับส่งคลื่นอัลตราโซนิค สัญญาณไฟฟ้านี้จะไปกระตุ้นให้เซ็นเซอร์ตัวรับส่งคลื่น อัลตราโซนิคปล่อยคลื่นเสียง 40 กิโลเฮิรตซ์ จำนวน 8 ลูกคลื่นออกไปทางอากาศ ดังรูปที่ 19 เมื่อเซ็นเซอร์ตัวรับส่งคลื่นอัลตราโซนิคได้รับคลื่นเสียงนี้สะท้อนกลับมาจะปล่อยสัญญาณไฟฟ้าลอจิกสูงออกมาจากขา Echo ของเซ็นเซอร์เป็นเวลาตามที่เสียงใช้ในการเดินทางสะท้อนกลับมา (Reflection time) ซึ่งระยะเวลาดังกล่าวจะถูกคำนวณกลับมาเป็นระยะทางระหว่างเซ็นเซอร์ตัวรับส่งคลื่นอัลตราโซนิคและสิ่งกีดขวางโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ทั้งนี้เนื่องจากเราใช้เซ็นเซอร์ตัวรับส่งคลื่นอัลตราโซนิคทั้งหมดสี่ตัวซึ่งเป็นรุ่นเดียวกันความถี่เดียวกัน เราจึงต้องสลับการทำงานแต่ละตัวเป็นคาบละ 25 ไมโครวินาที เพื่อป้องกันการรบกวนกันเองระหว่างเซ็นเซอร์แต่ละตัว

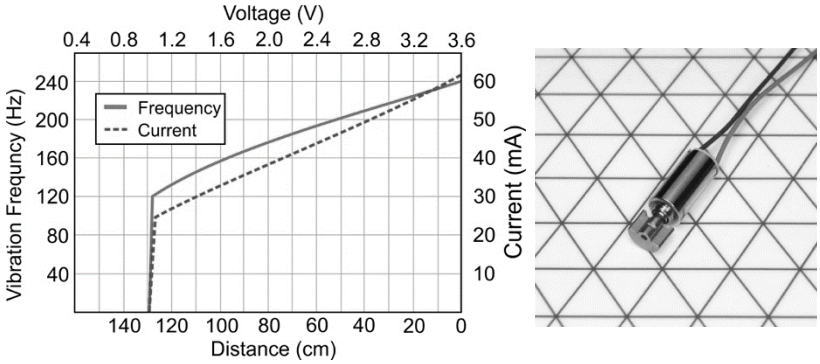


รูปที่ 19 แผนภาพการทำงานของระบบตรวจจับสิ่งกีดขวางแบบสื่อทิศทาง

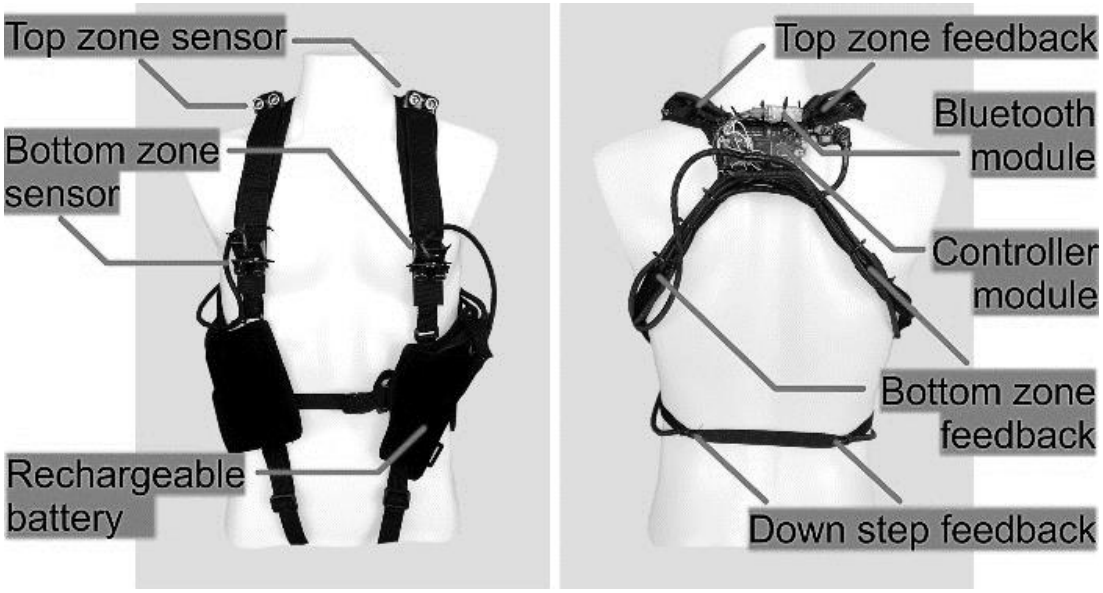


รูปที่ 20 บอร์ดทดลองเอนกประสงค์ Arduino Due

งานวิจัยนี้ใช้บอร์ดทดลองเอนกประสงค์ Arduino Due ดังรูปที่ 20 ซึ่งใช้หน่วยประมวลผล Atmel© SAM3X8E 32-bit ARM Cortex-M3 84-MHz ในการควบคุมการทำงานหลัก สำหรับชุดรับส่งอัลตราโซนิคในบริเวณช่วงบน (Top zone Sensor module) จะส่งสัญญาณไฟฟ้าไปกระตุ้นชุดบอกเตือนช่วงบน (Top zone Feedback module) ซึ่งจะทำให้ระบบสั่นเตือนเริ่มทำงานต่อเมื่อระยะทางระหว่างสิ่งกีดขวางด้านหน้าของผู้ใช้งานกับตัวรับส่งอัลตราโซนิคมีค่าน้อยกว่า 130 เซนติเมตร สำหรับตัวรับส่งอัลตราโซนิค บริเวณช่วงล่าง (Bottom zone Sensor module) มีหน้าที่ตรวจจับสิ่งกีดขวางระดับเอวลงไปจนถึงพื้นล่าง โดยเมื่อเปิดเครื่องครั้งแรกเซ็นเซอร์ตัวนี้จะทำการวัดความสูงของผู้ใช้งานและสร้างเป็นระยะการเตือนช่วงล่างเฉพาะบุคคล $L(m)$ ซึ่งได้มาจากระยะทางระหว่างตัวเซ็นเซอร์ถึงพื้นดินและมุมตกกระทบ $D(m)$ ดังสมการที่ 3 สำหรับระบบสั่นเตือนช่วงล่าง (Bottom zone Feedback module) จะเริ่มทำงานเมื่อระยะทางที่เซ็นเซอร์วัดได้น้อยกว่าค่า $L(m)$ และระบบสั่นเตือนทางต่างระดับ (Down step Feedback module) จะทำงานต่อเมื่อระยะทางที่เซ็นเซอร์วัดได้มากกว่าค่า $L(m)$ สำหรับชุดสั่นเตือนบริเวณต่าง ๆ จะเริ่มสั่นที่ความถี่ 120 เฮิรตซ์ และสั่นแรงเพิ่มขึ้นไปจนถึง 240 เฮิรตซ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะทางที่วัดได้ระหว่างสิ่งกีดขวางกับผู้ใช้งานตามรูปที่ 21

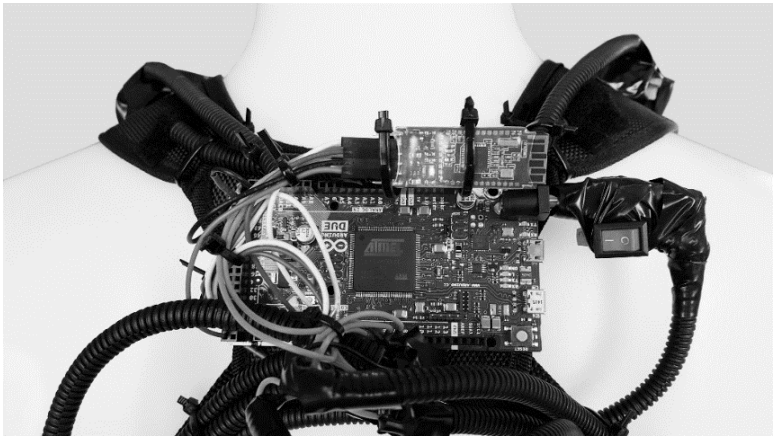


รูปที่ 21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางตรวจจับสิ่งกีดขวางกับการสั่นเตือน



รูปที่ 22 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบบอกเตือนสิ่งกีดขวาง

สำหรับส่วนประกอบหลักของระบบบอกเตือนสิ่งกีดขวางในงานวิจัยนี้แบ่งเป็น 5 ส่วน ดังรูปที่ 22 ประกอบด้วยชุดควบคุม (Controller module) ใช้สำหรับประมวลผลควบคุมการตรวจจับและการเตือนสิ่งกีดขวางทั้งหมด ตัวรับส่งคลื่นอัลตราโซนิค (Sensor) ทั้งสี่ตัวติดตั้งด้านหน้า ใช้สำหรับตรวจจับสิ่งกีดขวางในแต่ละตำแหน่งแบ่งเป็นช่วงบน (Top zone sensor) สองตัวใช้สำหรับตรวจจับสิ่งกีดขวางระดับเอวถึงศีรษะและช่วงล่าง (Bottom zone sensor) สองตัวใช้สำหรับตรวจจับสิ่งขวางระดับเอวลงไปถึงเท้ารวมถึงทางต่างระดับ ต่อมาคือส่วนที่เป็นระบบสั่นเตือน (Tactile Feedback) คือมอเตอร์สั่นแบบ 3 โวลต์ 80 มิลลิแอมแปร์ ความเร็วสูงสุด 12,500 รอบต่อวินาที ซึ่งใช้ทั้งหมดหกจุดติดตั้งบริเวณแผ่นหลังของผู้ใช้ สองจุดบน (Top zone feedback) ใช้สำหรับเตือนสิ่งกีดขวางระดับเอวขึ้นมาถึงศีรษะ สองจุดบริเวณกลางหลัง (Bottom zone feedback) ใช้สำหรับบอกเตือนสิ่งกีดขวางระดับเอวลงไปจนถึงพื้น และสองจุดล่าง (Down step feedback) ใช้สำหรับบอกเตือนทางต่างระดับ ชุดรับส่งข้อมูลไร้สาย (Bluetooth Module) รุ่น Tinysine© 2.4 GHz ใช้สำหรับส่งข้อมูลการตรวจจับสิ่งกีดขวางของเซ็นเซอร์แต่ละตัวมายังโปรแกรมวัดผลในคอมพิวเตอร์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบ ดังรูปที่ 23 สำหรับการใช้พลังงานของตัวอุปกรณ์อยู่ที่ 1.02 วัตต์ เมื่อใช้งานร่วมกับแบตเตอรี่ Ni-Cd 4.8-โวลต์ 4,400 มิลลิแอมป์ อายุการใช้งานเฉลี่ยในการใช้งานทั้วไปอยู่ที่ประมาณ 40 ชั่วโมง และใช้งานต่อเนื่องได้ 20 ชั่วโมง อุปกรณ์ติดตั้งบริเวณลำตัวช่วงบนของผู้ใช้โดยสายรัดตัว น้ำหนักของอุปกรณ์โดยรวมอยู่ที่ 526.8 กรัม



รูปที่ 23 แผงชุดควบคุมหลักเมื่อต่อกับชุดรับส่งข้อมูลไร้สาย

3.3 การออกแบบรูปลักษณ์ผลิตภัณฑ์

การออกแบบรูปลักษณ์ด้วยหลักการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล (Universal design) มีหลักการที่สำคัญ คือ การออกแบบเพื่อให้ทุกคนสามารถใช้งานได้อย่างเท่าเทียม กล่าวคือ สามารถรองรับการใช้งานที่แตกต่าง กันในกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่มีความหลากหลายด้านร่างกายและทักษะ นอกจากนี้การออกแบบเพื่อคนทั้งมวลเป็นการออกแบบให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้โดยไม่ทำให้รู้สึกว่าถูกแบ่งแยก หรือรู้สึกด้อยกว่าผู้ใช้งานอื่น ๆ ในทางปฏิบัติแล้ว บริบทของสังคมไทยยังขาดการเอาใจใส่ในด้านนี้เป็นอย่างมาก แม้จะมีกฎกระทรวงกำหนดสิ่งอานวยความสะดวกในอาคาร สำหรับผู้พิการ ทุพพลภาพและคนชรา พ.ศ. 2548 ได้มีการออกข้อกำหนดในการออกแบบไว้อย่างชัดเจน แต่ข้อกำหนดต่าง ๆ เหล่านี้เป็นเพียงข้อกำหนดด้านความปลอดภัย ยังไม่สามารถตอบสนองการใช้งานของผู้พิการได้อย่างเต็มที่ โดยเฉพาะผู้พิการทางสายตา ที่เป็นกลุ่มผู้พิการที่ยังด้อยโอกาสกว่าผู้พิการในการเคลื่อนไหวและผู้พิการทางการได้ยิน

การออกแบบรูปลักษณ์อุปกรณ์ไอโซนาร์ 2 ใช้เทคโนโลยีอำนวยความสะดวกที่เอื้อให้ผู้ใช้งานสามารถรับรู้โดยการตรวจจับสิ่งกีดขวางด้านหน้าของผู้ใช้งานได้แบบสามมิติ บอกเตือนสิ่งกีดขวางตั้งแต่ระดับเท้าจนถึงระดับศีรษะของผู้ใช้งาน ด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิค ใช้งานในสภาวะที่ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้การใช้อุปกรณ์ได้ด้วยตนเอง ให้การใช้งานเป็นไปตามลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ ด้วยการศึกษาค้นคว้าและทดสอบเกี่ยวกับอุปกรณ์ในเชิงเทคโนโลยีอำนวยความสะดวกที่บูรณาการแนวคิดการออกแบบเพื่อมวลชน ให้ได้กรอบความคิดและเงื่อนไขสำหรับการออกแบบอุปกรณ์ (Baxter, 1995 และ Ekel, 1995) ที่สามารถทำงานสอดคล้องกับท่าทางการใช้งาน ขนาดสัดส่วนร่างกายโดยเฉพาะช่วงกว้างของระยะการกำหนดมุมสัมพันธ์กับมิติ ตลอดจนอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อการใช้งานในบริบทสังคมที่ส่งเสริมภาพลักษณ์ผู้ใช้งาน ไม่ส่งผลให้เกิดความเปรียบเทียบในข้อบกพร่องด้านร่างกายจากบุคคลทั่วไป มีขนาดเหมาะสมกับการพกพาติดตัว น้ำหนักเบา สามารถ

ผลิตในระบบอุตสาหกรรม เหมาะสมกับเศรษฐานะของผู้ใช้ ศึกษาการใช้งานอุปกรณ์อาศัยการสังเกตการณ์ การสัมภาษณ์ จากการทดลองใช้งานกับผู้ใช้งานและการวิเคราะห์รายละเอียดอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง หลักการ UD ที่เน้นการออกแบบที่สามารถใช้งานได้โดยเท่าเทียมกัน ให้ได้ผลิตภัณฑ์อำนวยความสะดวกที่เหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการใช้งานปัจจุบันของผู้บกพร่องทางการเห็น เกิดความพึงพอใจเชิงหน้าที่ประโยชน์ใช้สอยและเชิงสังคมวัฒนธรรม อาศัยความรู้ความเข้าใจในบริบทการใช้งานจริงที่ช่วยให้ผู้ใช้มีโอกาสเข้าถึงอุปกรณ์ที่ใช้งานสะดวกปลอดภัย ส่งเสริมให้มีคุณภาพชีวิตที่ดี มีศักยภาพในการประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างเท่าเทียมกับผู้อื่นในสังคม

<u>แนวทางการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบไอโซนาร์-2</u>

1. รวบรวมข้อมูลคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านผู้บกพร่องการมองเห็นและเปรียบเทียบตัวอย่างอุปกรณ์ในลักษณะเดียวกันที่ออกแบบสำหรับผู้ใช้ในต่างประเทศ
2. ศึกษาความต้องการในเชิงของรูปลักษณ์ที่เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายในสังคมไทย
3. พิจารณาเงื่อนไขด้านวัสดุและกรรมวิธีการผลิตตามมาตรฐานอุตสาหกรรมเพื่อให้มีความสามารถในการแข่งขันเชิงการตลาด
4. วิเคราะห์และสังเคราะห์เพื่อกำหนดแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์
5. สร้างต้นแบบของผลิตภัณฑ์ ตามเงื่อนไขเทคโนโลยีอำนวยความสะดวกและการออกแบบเพื่อมวลชน
6. ติดต่อโรงงานผลิตอุปกรณ์ที่สามารถผลิตอุปกรณ์ต้นแบบได้ตรงตามรายละเอียดที่ออกแบบไว้
7. ผลิตอุปกรณ์ต้นแบบ
8. ทดสอบประสิทธิภาพอุปกรณ์ต้นแบบกับกลุ่มตัวอย่าง
9. วิเคราะห์ผลการทดสอบทั้งหมดสรุปผลและจัดทำรายงานความก้าวหน้าของการดำเนินการ

<u>รายละเอียดการกำหนดแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์</u>

1. กำหนดเงื่อนไขด้าน การยศาสตร์ Ergonomics และปัจจัยมนุษย์ Human Factors

   ก. สมรรถภาพร่างกายผู้ใช้งาน ขนาดสัดส่วนร่างกาย ท่าทาง อิริยาบถการใช้งานทั้งวงจรได้แก่ ก่อนใช้ ขณะใช้และหลังใช้ มุมและมิติที่กำหนดการใช้งานของอุปกรณ์และระยะที่เหมาะสมกับการใช้งานระบบตรวจจับสิ่งกีดขวางด้านหน้าของผู้ใช้งาน การให้ข้อมูลแสดงผลการเตือนและการควบคุมคำสั่งทำงานโดยเฉพาะด้วยผู้ใช้งานในอิริยาบถต่าง ๆ ในสภาพพื้นที่ใช้งาน ระยะเวลาและความถี่ในการใช้งาน เครื่องแต่งกายและ

อุปกรณ์พกพาที่ส่งผลต่อการกำหนดคุณลักษณะรูปลักษณ์ผลิตภัณฑ์เช่น เสื้อคลุม ผ้าคลุมศีรษะ ผ้าพันคอ อุปกรณ์เสริมของโทรศัพท์พกพาเช่นหูฟัง กระเป๋าสะพาย เป็นต้น

ข. ทักษะและความสามารถในการเรียนรู้การใช้งานและการบำรุงรักษาสัมพันธ์กับเงื่อนไขเชิงเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์

ค. บริบทของสภาพแวดล้อมด้านกายภาพเรื่องระยะเข้าถึงมุมองศาการใช้งาน สภาพแสง เสียง อุณหภูมิและบริบทเชิงสังคมวัฒนธรรม เพื่อการใช้งานในสภาพจริง ด้านความสัมพันธ์เชิงสังคมภาพลักษณ์ของผู้ใช้และการยอมรับจากผู้อื่น

2. ศึกษาผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงที่มีอยู่ในปัจจุบันที่เป็นการใช้งานในต่างประเทศเพื่อตอบสนองความต้องการด้านรูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ได้แก่ ความปลอดภัย น่าเชื่อถือ ความเป็นมิตรและไม่เป็นทางการ ความกลมกลืนกับเครื่องใช้ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน ความสมดุลและความเสถียรของผลิตภัณฑ์ขณะใช้งาน ราคาและความสามารถในการเข้าถึงเชิงเศรษฐานะ
3. พิจารณากรอบของคุณลักษณะจำเพาะของเทคโนโลยีอำนวยความสะดวกในผลิตภัณฑ์ได้แก่
    - ขอบเขตหน้าที่ประโยชน์ใช้สอยด้านการควบคุมบังคับอุปกรณ์การแสดงผล
    - ความสมดุลและเสถียรขณะอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่เคลื่อนไหว
    - รูปทรงขนาดน้ำหนักที่เหมาะสมและปลอดภัยทั้งในขณะใช้งาน
    - ระบบพลังงานของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการใช้งาน
    - การบำรุงรักษา
4. กำหนดปัจจัยการพิจารณาการออกแบบผลิตภัณฑ์ด้าน Universal Design ที่สัมพันธ์กับเงื่อนไขด้านการยศาสตร์และกรอบของคุณลักษณะจำเพาะของเทคโนโลยีอำนวยความสะดวกในผลิตภัณฑ์

<u>กรอบแนวคิดในการออกแบบ Schematic Design</u>

การออกแบบรูปลักษณ์ผลิตภัณฑ์ประเภทอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สวมใส่พกพาติดตัว (Wearable Product) มีลักษณะเริ่มต้นจากภายในสู่ภายนอก ด้วยการกำหนดมิติและการจัดวางตำแหน่งจากหน่วยต่าง ๆ ของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ตอบสนองความต้องการเชิงประสิทธิภาพตามเงื่อนไขการใช้งาน นำไปสู่การสร้างแนวคิดทางเลือกในการออกแบบ และทดสอบเป็นกระบวนการทำซ้ำ ด้วยแบบจำลองที่มีรูปทรง ขนาด น้ำหนัก วิธีการใช้ ใกล้เคียงของจริง นำผลการทดลองมาพัฒนาปรับปรุงเพื่อกำหนดรูปลักษณ์ผลิตภัณฑ์ ที่เหมาะสมต่อกลุ่มผู้ใช้งานเป้าหมายและสอดคล้องกับเงื่อนไขกระบวนการผลิต

นิยาม: ไอโซนาร์ 2 เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็น

สถานภาพ: ผลิตภัณฑ์ประเภทชี้นำด้วยเทคโนโลยีและผู้ใช้งาน Technology-and-User-driven Product เกิดจากการผสมผสานของคุณค่าเชิงเทคโนโลยีและคุณค่าเชิงปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้งานกับหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์ มีจุดแข็งด้านการตอบสนองความต้องการประโยชน์ใช้สอยเชิงเทคโนโลยีและความพึงพอใจของผู้ใช้งานจากความสะดวก ใช้งานง่าย รูปลักษณ์ภายนอกของผลิตภัณฑ์มีการสื่อสารต่อผู้บริโภคถึงเอกลักษณ์และเทคโนโลยีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์

แนวทางการออกแบบรูปลักษณ์: สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ความต้องการใช้งานของผู้ใช้งานจริง อาศัยการบูรณาการของหลักการออกแบบอุปกรณ์ในเชิงเทคโนโลยีอำนวยความสะดวก AT ร่วมกับหลักการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล UD เพื่อกำหนดคุณสมบัติจำเพาะของผลิตภัณฑ์ ให้ทุกคนสามารถใช้งานได้อย่างเท่าเทียมกัน สามารถรับรู้โดยการตรวจจับสิ่งกีดขวางด้านหน้าของผู้ใช้งานได้แบบสามมิติ แจ้งมิติของสิ่งกีดขวางตั้งแต่ระดับเท้าจนถึงระดับศีรษะของผู้ใช้งาน ด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิค และเตือนด้วยการทำงานของระบบสั่นสะเทือนเชิงเดี่ยวและเชิงผสม ประกอบกับการเปรียบเทียบลักษณะผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงที่มีอยู่ในปัจจุบัน การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานในการติดตั้งอุปกรณ์ การเตรียมการใช้งานอุปกรณ์ และสภาพผู้ใช้งานในอิริยาบถต่างๆ

วัตถุประสงค์เชิงการออกแบบอุตสาหกรรม: ประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐาน 5 ประการ ได้แก่ อรรถประโยชน์ (Utility) รูปลักษณ์ (Appearance) การดูแลบำรุงรักษา (Maintenance) ราคาเหมาะสม (Reasonable price) สื่อสารภาพลักษณ์ (Communication) (Dreyfuss, 1967) เป็นเป้าหมายสำคัญเบื้องต้นโดยทั่วไปในการออกแบบเพื่อผู้บริโภคและผู้ผลิต ด้วยการตระหนักถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อม สวยงาม ดูแลง่าย สามารถเป็นเจ้าของได้ตามเศรษฐานะ และ สื่อสารต่อผู้ใช้งานและผู้เกี่ยวข้องตลอดจนผู้ที่พบเห็น โดยในกระบวนการพัฒนา iSonar2 ใช้การใช้งาน Usability ประกอบการพิจารณาเพื่อทบทวนแนวทางการออกแบบให้บรรลุวัตถุประสงค์

หน้าที่การใช้งาน: หน้าที่การใช้งานของผลิตภัณฑ์เพื่อประโยชน์ใช้สอยเชิงกายภาพและเชิงจิตใจของผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักดังนี้

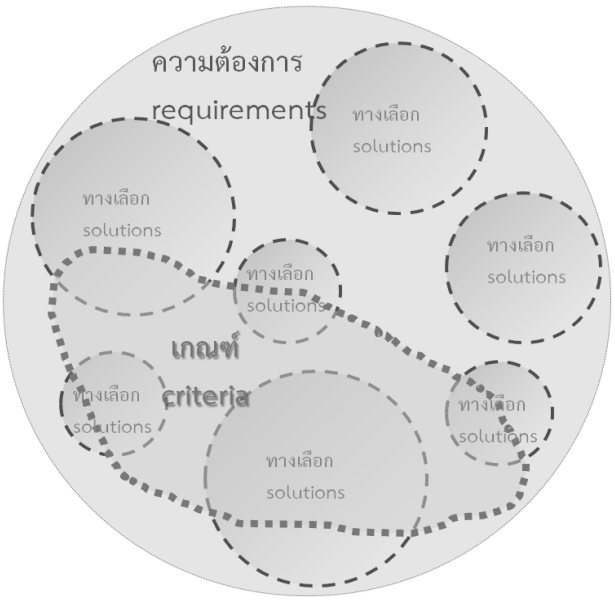
1. ประโยชน์ใช้สอยเชิงกายภาพ Physical/Practical Function เพื่อกำหนดหน้าที่การทำงานหลักของผลิตภัณฑ์
    1.1. ประโยชน์หลัก Essential Function ทำหน้าที่เตือนสิ่งกีดขวางเบื้องหน้าอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2. ประโยชน์รอง Supporting Function ขนาด น้ำหนัก รูปร่างรูปทรง เหมาะสมต่อการสวมใส่พกพา เรียนรู้การใช้งานได้ง่าย แข็งแรงทนทานต่อการใช้งานในสภาวะปกติ ดูแลบำรุงรักษาสะดวก ราคาเหมาะสมทั้งต่อผู้บริโภคและผู้ผลิต

2. ประโยชน์ใช้สอยเชิงจิตใจ Psychological Function เพื่อสร้างความพึงพอใจ ด้วยความสวยงาม น่าสนใจ มีเอกลักษณ์ สื่อถึงสถานะ ภาพพจน์ และ สัญลักษณ์

คุณสมบัติจำเพาะของผลิตภัณฑ์ (Product Specification PS) (Andreasen และ Hein 1987) ประกอบด้วยองค์ประกอบหลักพื้นฐาน 3 ประการได้แก่

1. รายละเอียดจำเพาะความต้องการ Requirement specification ข้อกำหนดเบื้องต้นเพื่อใช้ตัดสินใจกลั่นกรองทางเลือกในการแก้ปัญหาให้ตรงตามวัตถุประสงค์การทำงาน
2. เกณฑ์การออกแบบ Design criteria คุณสมบัติหรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เป็นเกณฑ์พิจารณาข้อดี-ข้อเสียของผลงานการออกแบบ
3. ลักษณะที่พึงปรารถนาของผลิตภัณฑ์ Desirable feature รูปลักษณ์ที่สำคัญในการสร้างคุณค่าเชิงบวกโดยไม่ทำให้ราคาสูงเกินเงื่อนไขการผลิตและการตลาด



รูปที่ 28 แผนภาพการเลือกแนวทางแก้ปัญหาด้วยเกณฑ์การออกแบบ

ดังนั้น เกณฑ์การออกแบบจึงทำหน้าที่คัดกรองทางเลือกเบื้องต้นในการแก้ปัญหาภายในขอบเขตของรายละเอียด จำเพาะของความต้องการใช้งาน ให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตและจำหน่ายได้ มีองค์ประกอบเหมาะสมตามหน้าที่ใช้สอยและมีรูปลักษณ์สวยงาม สร้างความพึงพอใจต่อผู้บริโภค

Product Specification Project: **iSonar2** Date: edition:

factors	demands	properties	dimension/details	remarks
Utility				
การควบคุม ตรวจจับสิ่งกีดขวาง และเตือน	PCB	on-off controll	0.5x5.5x7.0 cm	
	warning	detect by sensor L-R, body	dim.0.5 cm	
		warning by vibrating motors	dim.0.5 cm	
	power	rechargable battery: Li-Ion		6-8 ชั่วโมง
			total weight 78 g	
Design specification				
- usability การใช้งาน	safety ปลอดภัย	water resistant		
	efficiency ประสิทธิภาพ	ตำแหน่งติดตั้งบนร่างกาย		
		ตรวจจับสิ่งกีดขวางระดับระนาบร่างกาย		
		ตรวจจับสิ่งกีดขวางระดับต่ำกว่าระนาบร่างกาย		
	convenient สะดวก	ขั้นตอนการใส่-ถอด ควบคุม	ชุดสวมศีรษะและลำตัว	
	maintenance บำรุงรักษา	ชาร์จแบตเตอรี่ ทำความสะอาด		
- aesthetics ความสวยงาม	ภาพลักษณ์	energetic and sporitve		
		clean		
- production กรรมวิธีการผลิต		ความเหมาะสมของ วัสดุและกรรมวิธีการผลิต		
		ราคาสมเหตุผล เข้าถึงได้		
- novelty	พัฒนาการต่อยอด			

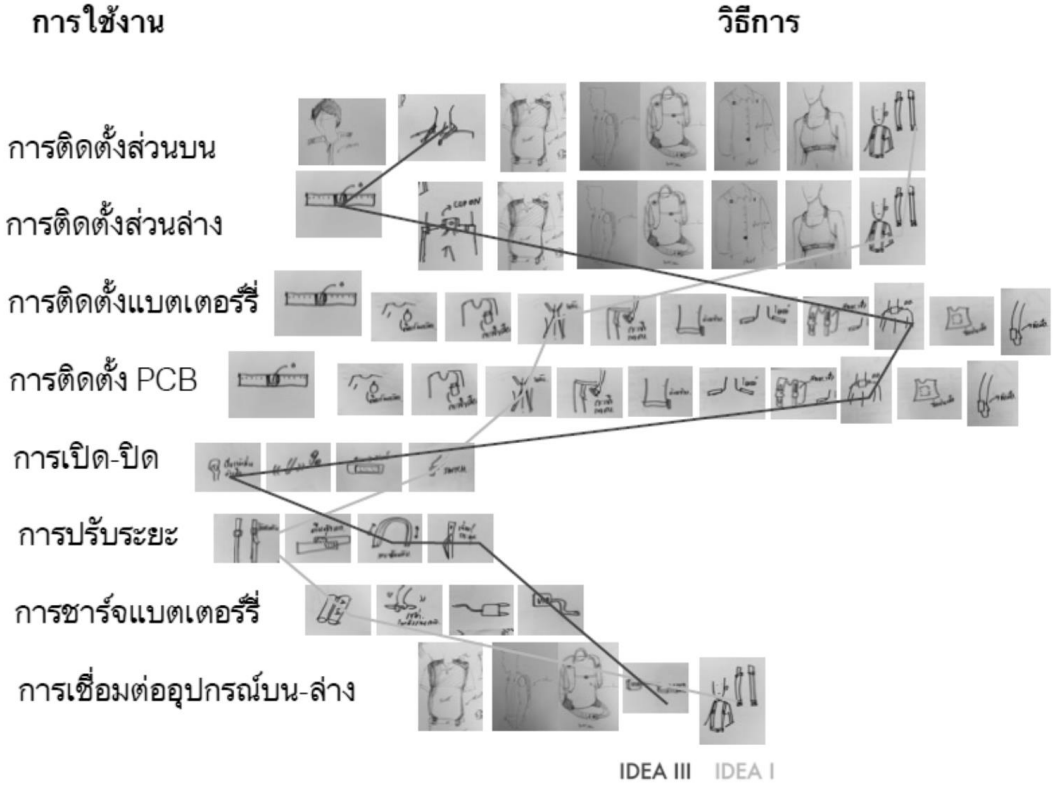
รูปที่ 29 แผนภาพการสรุปข้อมูลคุณสมบัติจำเพาะของผลิตภัณฑ์

เครื่องมือในการออกแบบรูปลักษณ์: เน้นหน้าที่การใช้งานเป็นคุณค่าหลักของผลิตภัณฑ์ ใช้การวิเคราะห์พิจารณาแนวทางการออกแบบด้วย Morphological Analysis (Roozenberg & Eekels, 1997., Álvarez & Ritchey, 2015)

การวิเคราะห์แยกส่วนเชิงสัณฐาน Morphological Analysis ได้ถูกนำเสนอใน ค.ศ.1966 โดย Fritz Zwicky นักฟิสิกส์ดาราศาสตร์และอวกาศ ชาวสวิส เป็นวิธีการสำหรับการจัดโครงสร้างข้อมูล ชุดความคิด และการตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรทั้งหมดที่ไม่ใช่เฉพาะเชิงปริมาณ ในยุคแรกใช้ศึกษาวิจัยในเชิงสัณฐานวิทยาของระบบที่มีความซับซ้อน เพื่อใช้ในการพัฒนาของอากาศยานและระบบขับเคลื่อนจรวด ต่อมาได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายและถูกประยุกต์ใช้ทั้งในเชิงชีววิทยาและสังคมวิทยา ในโครงการนี้ได้ใช้เพื่อพิจารณาแนวทางงานออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบต่างๆที่ทำหน้าที่แยกจากกัน รวบรวมทางเลือกจำนวนมากสำหรับแต่ละส่วนประกอบและสรุปวิธีการที่เหมาะสมรวมเข้าด้วยกันอย่างมีระบบ สามารถทบทวนในแต่ละขั้นตอนตามวัตถุประสงค์การออกแบบและคุณสมบัติจำเพาะของผลิตภัณฑ์

<u>เงื่อนไขการใช้เทคนิคการวิเคราะห์แยกส่วนเชิงสัณฐาน</u>

1. การสร้างความเข้าใจร่วมกันเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่โครงสร้างการทำงานหลักของผลิตภัณฑ์โดยพิจารณาอย่างครอบคลุมทั้งระบบก่อนจะแยกพัฒนารายละเอียดเป็นส่วน ๆ
2. การสร้างเมตริกวิเคราะห์แยกส่วนเชิงสัณฐานวิทยา Morphological Matrix เพื่อจัดการข้อมูล ทางเลือกการแก้ปัญหา และรายละเอียดการวิเคราะห์ แบ่งเป็น องค์ประกอบของการใช้งาน และวิธีที่เป็นไปได้
3. เหมาะสมกับปัญหาที่มีขอบเขตชัดเจน มีส่วนประกอบที่สามารถแยกจากกันได้อย่างเป็นอิสระโดยไม่มีผลกระทบซึ่งกันและกันมาก และต้องใช้เทคนิคการออกแบบเชิงความคิดสร้างสรรค์อื่นๆประกอบเพื่อเสนอแนวทางเลือกที่หลากหลาย อาจแสดงด้วย Thumb-nail sketch
4. สามารถประยุกต์ใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกันที่มีปรากฏอยู่แล้ว



รูปที่ 30 ตารางการวิเคราะห์แยกส่วนเชิงสัณฐานวิทยา Morphological Matrix

เครื่องมือในการทบทวนการพัฒนาออกแบบรูปลักษณ์: การใช้งาน Usability ประกอบการพิจารณาเพื่อทบทวนแนวทางการออกแบบให้บรรลุวัตถุประสงค์ (Nielsen, J. 1993., Nielsen, J. 2012., NISTIR 7432, 2007., ISO 9241-210:2010) เนื่องจากคุณสมบัติเชิงคุณภาพในแง่ที่เกี่ยวข้องกับปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้งานกับหน้าที่ประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมประกอบด้วย การใช้งาน (Usability) อรรถประโยชน์ (Utility) และ ความเป็นประโยชน์ (Useful) การใช้งานเป็นคุณลักษณะเชิงคุณภาพที่ถูกประเมินด้วยผู้ใช้ และหมายรวมถึงการประเมินการใช้งานโดยมีเป้าหมายในการปรับปรุงความสะดวกในการใช้งานในระหว่างขั้นตอนการออกแบบตามมาตรฐานอุตสาหกรรมด้านปฏิสัมพันธ์การออกแบบผลิตภัณฑ์และการบริการ

การใช้งาน (Usability) ประกอบด้วย 5 ปัจจัยได้แก่ ความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability) ความสามารถในการจดจำและระลึกได้ (Memorability) ประสิทธิภาพการทำงาน (Efficiency) การป้องกันและแก้ไขข้อผิดพลาด (Error) และความพึงพอใจ (Satisfaction) ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงควรได้รับการออกแบบและผลิตให้มีวิธีการใช้งานที่ง่าย สามารถบรรลุงานขั้นพื้นฐานในครั้งแรกที่ใช้ ทำงานได้ถูกต้องและรวดเร็ว ระลึกและเข้าใจวิธีการใช้แม้ไม่ได้ใช้เป็นประจำหรือเป็นระยะเวลานาน กลไกการใช้งานป้องกันสามารถแก้ไขความผิดพลาดได้ ผู้ใช้เกิดความพึงพอใจจากการ

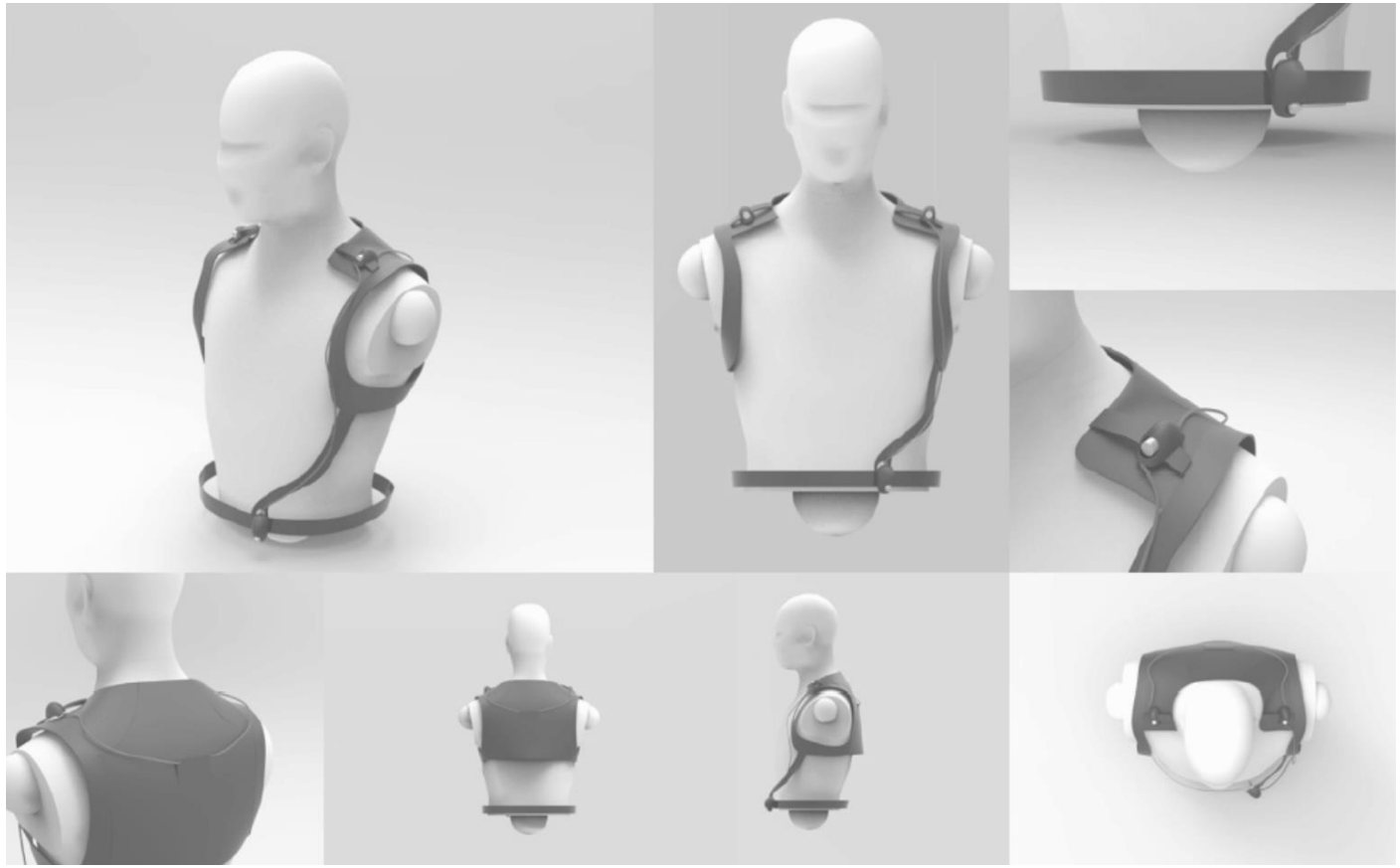
ใช้งานตามหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ การใช้งานด้วยหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ (function) และอรรถประโยชน์ (feature) ที่เกิดจากลักษณะเฉพาะมีความสำคัญเท่าเทียมกันในการออกแบบเพื่อผู้ใช้งานให้เป็นที่ยอมรับทั้งในแง่ประโยชน์ใช้สอยและเชิงสังคมวัฒนธรรม

<u>ขั้นตอนของการพิจารณาการใช้งานในปฏิบัติการออกแบบ</u>

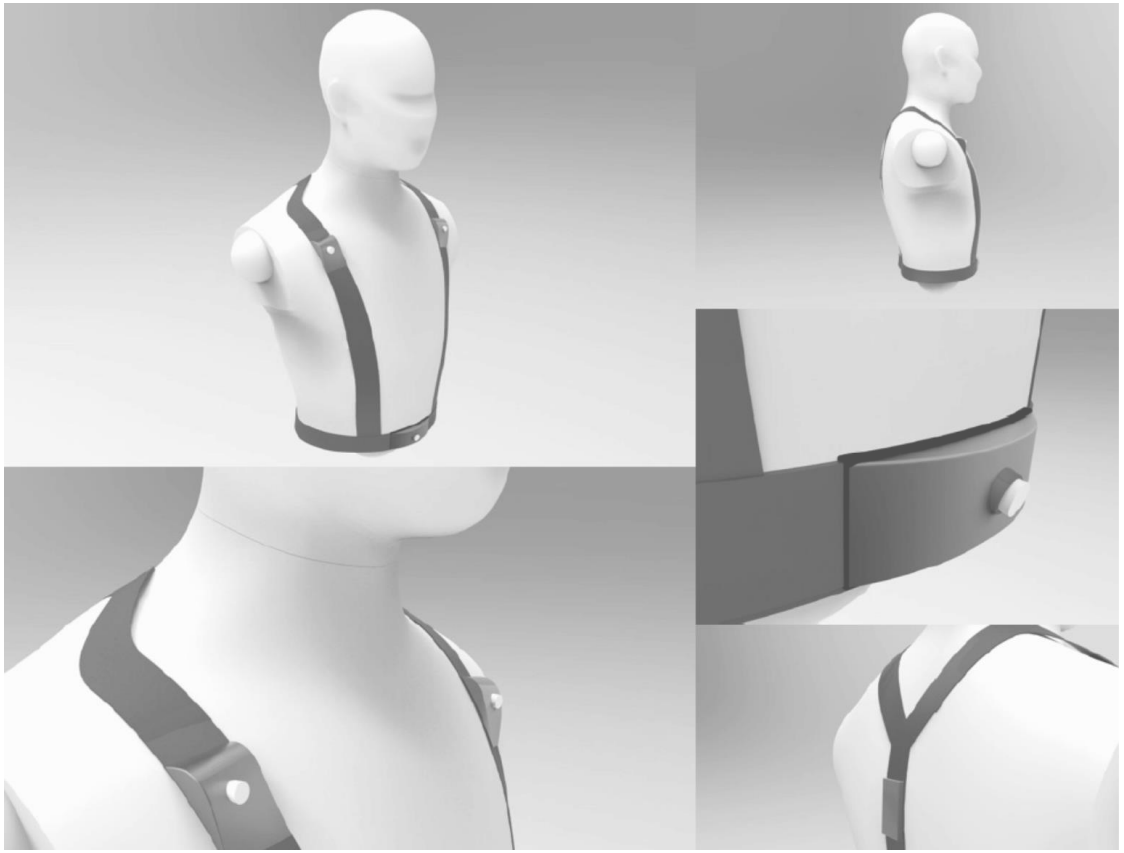
1. ทบทวนผลิตภัณฑ์เดิม ระบุข้อดีและข้อด้อยเพื่อใช้เป็นข้อกำหนดคุณลักษณะจำเพาะของผลิตภัณฑ์
2. ทดสอบผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงหรือของคู่แข่ง เรียนรู้ลักษณะการใช้งานและอรรถประโยชน์ที่ผู้ใช้งานให้ความสำคัญเพื่อระบุข้อดีและข้อด้อย ในการนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาและออกแบบ
3. ศึกษาผู้ใช้งานในสภาวะปกติตามธรรมชาติ เพื่อทำความเข้าใจกลุ่มประชากรผู้ใช้งานเป้าหมายให้ดียิ่งขึ้น
4. ทดลองแนวทางการออกแบบด้วยแบบร่างและแบบจำลอง เช่น แบบจำลองกระดาษ เพื่อความรวดเร็วและสะดวกในการปรับเปลี่ยน
5. กระบวนการทำซ้ำ จากการทดลองปรับเปลี่ยนอย่างต่อเนื่องเพื่อทบทวนความเหมาะสมของแบบต่อการใช้งานและการผลิต
6. กำหนดขอบเขตและข้อแนะนำการใช้งานที่ชัดเจนของผลงานการออกแบบ
7. ลงมือสร้างผลิตภัณฑ์ตามแบบจริง เพื่อนำไปทดสอบขั้นสุดท้ายก่อนการผลิตและจำหน่าย

<u>ข้อกำหนดการใช้งานเพื่อการประเมิน</u>

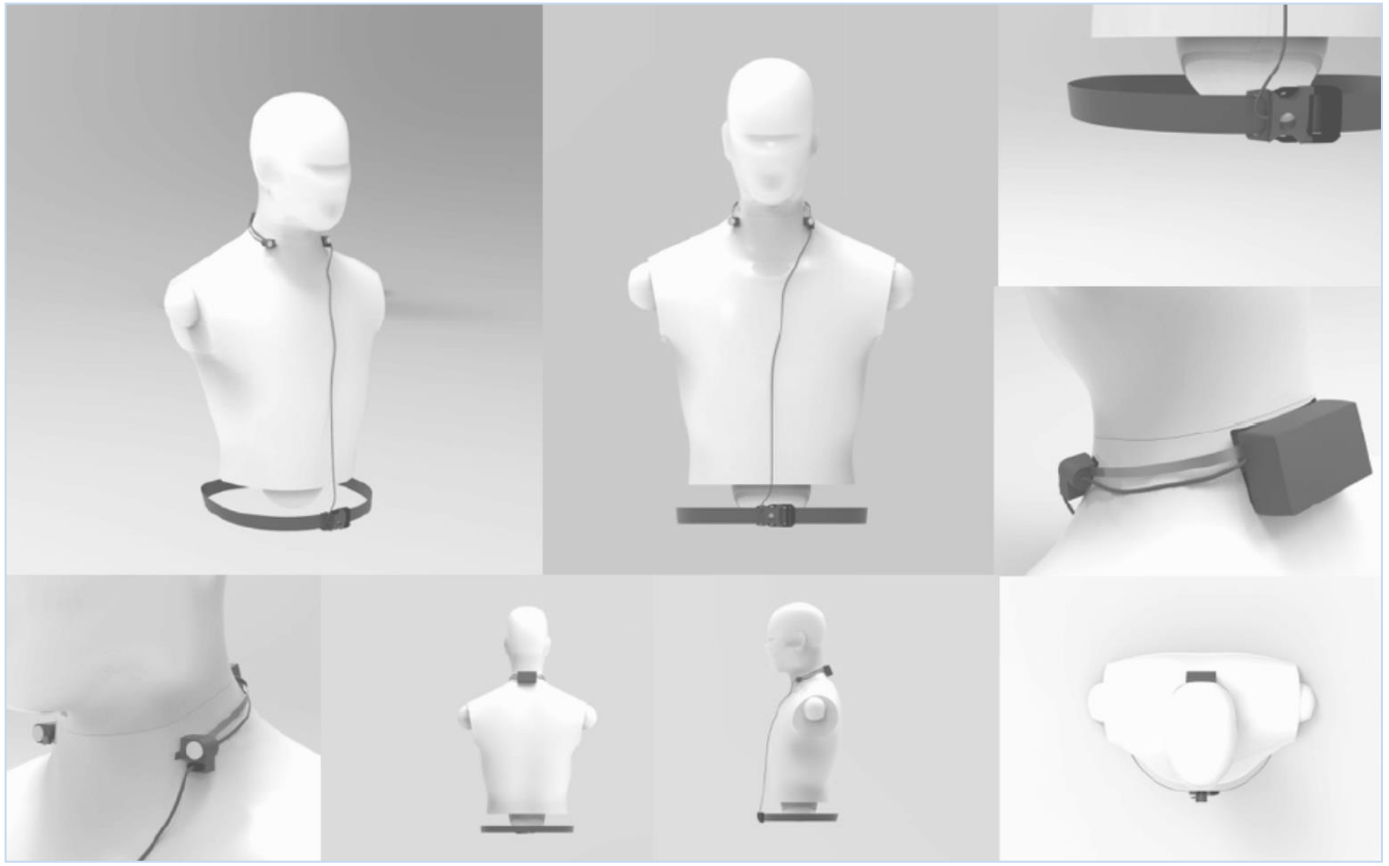
1. บริบทการใช้งาน พิจารณาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องและสภาพแวดล้อมทางกายภาพและสังคมที่ผลิตภัณฑ์ถูกนำมาใช้
2. เกณฑ์ประเมินผลหน้าที่ใช้งานและความพึงพอใจตามมาตรฐานของการใช้งานผลิตภัณฑ์
3. วิธีการและบริบทของการทดสอบความต้องการใช้งานตามวัตถุประสงค์



รูปที่ 31 SCHEMATIC DESIGN แบบที่ 1 Sensor L-R ติดบนบ่า และ Sensor Body ที่เข็มขัด Vibrating motor ติดหลังส่วนบน แนวนอน



รูปที่ 32 SCHEMATIC DESIGN แบบที่ 2 Sensor L-R ติดหน้าอก และ Sensor Body ที่เข็มขัด Vibrating motor ติดหลังส่วนบนแนวตั้ง



รูปที่ 33 SCHEMATIC DESIGN แบบที่ 3 Sensor L-R ติดลำคอ และ Sensor Body ที่เข็มขัด Vibrating motor ติดลำคอด้านหลัง

Morphological Matirx Project: iSonar2 Date: 2016.05.19 edition:

การใช้งาน	feature	วิธีการทางเลือกที่ 1	วิธีการทางเลือกที่ 2	วิธีการทางเลือกที่ 3	วิธีการทางเลือกที่ 4	วิธีการทางเลือกที่ 5	ข้อคิดเห็น
การควบคุมตรวจจับสิ่งกีดขวางและเตือน	PCB:	การจัดวางในแผ่นวงจรแบบซ้อน	**การจัดวางในแผ่นวงจรแบบเรียงต่อ**	-	-	-	ขนาดกะทัดรัด
	on-off control	กด	บีบ	หมุน	เลื่อน	-	ทราบสถานะเปิด-ปิด
	sensor L-R,	**ข้างหูซ้าย-ขวา**	ลำคอ	บ่า	ทรวงอก	-	ทิศทางการตรวจจับ-เตือนเป็นไปตามอิริยาบถการเคลื่อนไหวเคลื่อนที่
	sensor body	หน้าอกใต้ลิ้นปี่	**เอวด้านหน้า**	-	-	-	
	เตือน: มอเตอร์สั่น	**ท้ายทอย**	ลำคอด้านหลัง	บ่า	เอวด้านหน้า	เอวด้านหลัง	
	พลังงาน	**รีชาร์จแบตเตอรี่ Li-Ion**	แบตเตอรี่ใช้แล้วทิ้ง	-	-	-	ใกล้เคียงอุปกรณ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันเช่น โทรศัพท์ไร้สาย USB port
	safety ปลอดภัย	**ผนังหุ้มปิดถาวร**	ฝาครอบบางส่วน	ยางหุ้มทั้งหมด	วาวล์ยางที่จุดเชื่อมต่อ	-	
	วิธีการสวมใส่ส่วนตรวจจับ	**หนีบ แบบปรับระยะได้**	แปะด้วยเวลโคร	**เกี่ยวแบบปรับระยะได้**	ผูก	กลัด	
	วิธีการสวมใส่ส่วนเตือน	**หนีบ แบบปรับระยะได้**	แปะด้วยเวลโคร	**เกี่ยวแบบปรับระยะได้**	ผูก	**กลัด**	
	บำรุงรักษา	**เช็ดทำความสะอาด**	ล้าง	-	-	-	

รูปที่ 34 เมตริกซ์วิเคราะห์แยกส่วนเชิงสัณฐานวิทยา Morphological Matrix

การทดสอบทางเลือกออกแบบด้วยแบบจำลอง paper prototype

ขั้นตอนการทดลองด้วยแบบจำลองของแบบที่ผ่านการพิจารณา schematic design 3 ที่เป็นแบบสวมศีรษะ มีตัวตรวจจับซ้าย-ขวา และตัวตรวจจับที่ลำตัว รวมจำนวน 3 ชิ้น ตัวมอเตอร์สั่นสะเทือน ซ้าย-ขวาบริเวณส่วนบนของลำตัว รวมแผ่นวงจรควบคุมและแบตเตอรี่เป็นหน่วยเดียว มาพัฒนาปรับปรุง สร้างแบบจำลอง schematic design 3 A และ schematic design 3 B เพื่อกำหนดรูปลักษณ์ผลิตภัณฑ์ ด้วยการสร้างแบบจำลองที่สื่อถึงขนาด รูปร่าง รูปทรง น้ำหนัก วิธีการใช้งาน ที่สามารถทำได้อย่างรวดเร็วและต้นทุนต่ำ ให้ผู้ออกแบบได้เข้าใจสภาพการใช้งานได้มากขึ้น และเกิดความรู้สึกมีส่วนร่วมกับผู้ใช้งานจาก empathy works หลังจากการทดลองใช้งานเฉพาะส่วนของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในห้องปฏิบัติการ ทดสอบการกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์บนร่างกายที่มิติ การเคลื่อนที่เคลื่อนไหว อิริยาบถของแต่ละบุคคลที่แตกต่างกัน ความแตกต่างของเพศ เช่น ทรงผมสั้นยาว การใช้ค่ามาตรฐานอุตสาหกรรมเป็นแนวทางกำหนดขนาด เช่น ระยะรอบคอ จากเสื้อเชิ้ตสำเร็จรูป เป็นต้น



รูปที่ 35 การทดลองใช้งานเฉพาะส่วนของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในห้องปฏิบัติการ

Schematic design 3-A [paper prototype]: มีตัวตรวจจับซ้าย-ขวา และตัวตรวจจับที่ลำตัว รวมจำนวน 3 ชิ้น ตัวมอเตอร์สั่นสะเทือน ซ้าย-ขวาบริเวณท้ายทอย รวมแผ่นวงจรควบคุมและแบตเตอรี่เป็นหน่วยเดียว



รูปที่ 36 Schematic design 3 - A [paper prototype]

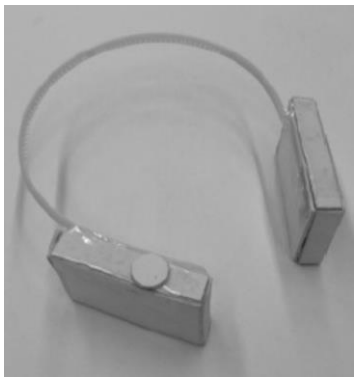


รูปที่ 37 Schematic design 3 - A [paper prototype] ทดสอบตำแหน่งติดอุปกรณ์กับร่างกายสัมพันธ์ทรงผม เสื้อผ้า เครื่องประดับและอุปกรณ์อื่นที่สวมใส่ อิริยาบถการเคลื่อนที่เคลื่อนไหว



รูปที่ 37 Schematic design 3 - A [paper prototype] ทดสอบตำแหน่งติดอุปกรณ์กับร่างกายสัมพันธ์กับทรงผม เสื้อผ้า เครื่องประดับและอุปกรณ์อื่นที่สวมใส่ อิริยาบถการเคลื่อนที่เคลื่อนไหว

Schematic design 3-B [paper prototype]: มีตัวตรวจจับซ้าย-ขวา และตัวตรวจจับที่ลำตัว รวมจำนวน 3 ชิ้น ตัวมอเตอร์สั่นสะเทือน ซ้าย-ขวาบริเวณข้างศีรษะ แยกแผ่นวงจรควบคุมและแบตเตอรี่เป็นซ้ายขวา



รูปที่ 38 Schematic design 3 - B [paper prototype]



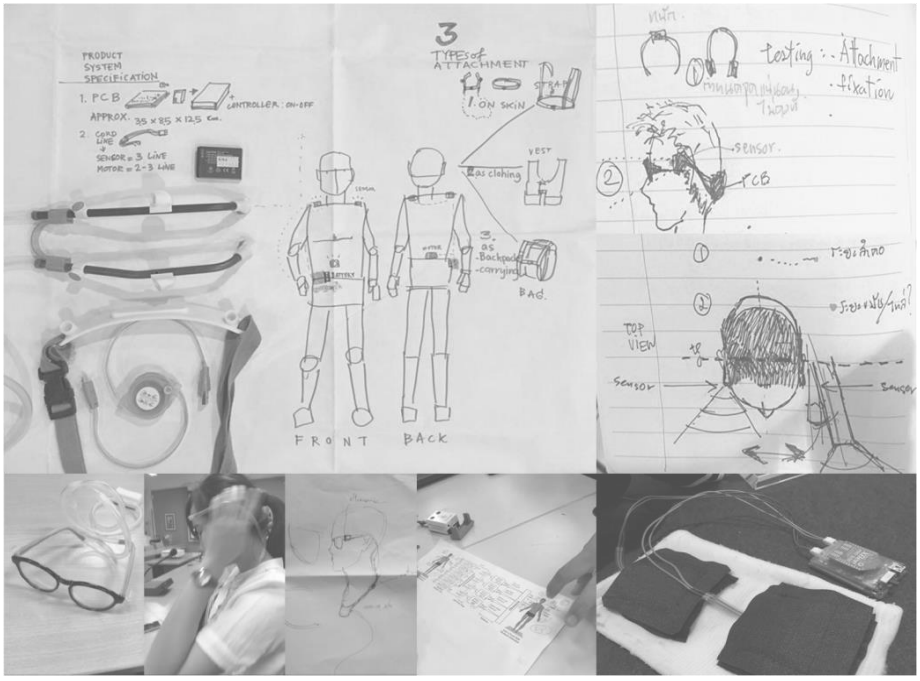
รูปที่ 39 Schematic design 3 - B [paper prototype] ทดสอบตำแหน่งติดอุปกรณ์กับ ร่างกายสัมพันธ์กับทรงผม เสื้อผ้า เครื่องประดับและอุปกรณ์อื่นที่สวมใส่ อิริยาบถการเคลื่อนที่เคลื่อนไหว



รูปที่ 40 Schematic design 3 - B 1, 3 - B 2 [paper prototype] ทดสอบตำแหน่งติดอุปกรณ์กับ ร่างกายสัมพันธ์กับทรงผม เสื้อผ้า เครื่องประดับและอุปกรณ์อื่นที่สวมใส่ อิริยาบถการเคลื่อนที่เคลื่อนไหว



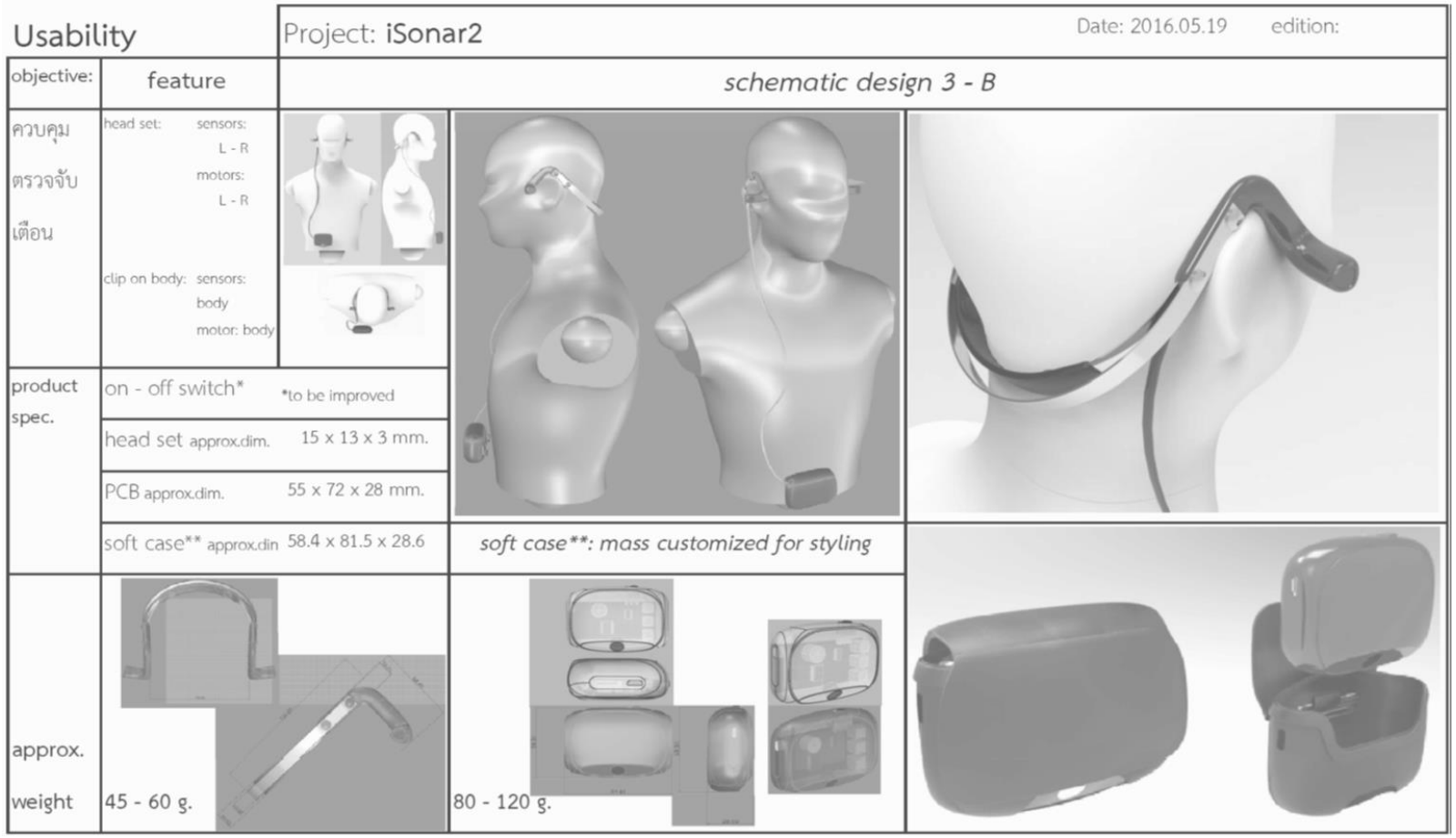
รูปที่ 41 Schematic design 3 [paper prototype] ทดสอบตำแหน่งติดอุปกรณ์กับ ร่างกาย สัมพันธ์กับทรงผม



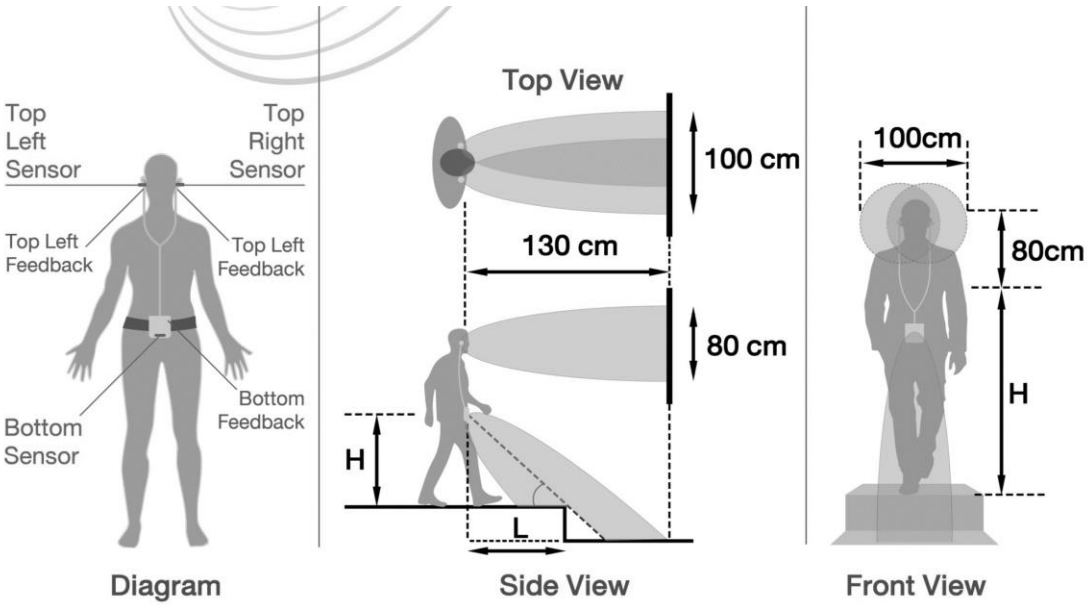
รูปที่ 42 กระบวนการทบทวนการพัฒนาการออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยแบบร่าง thumb nail sketches และแบบจำลองด้วย paper prototype และ rapid prototype

Usability	Project: **iSonar2**					Date: 2016.05.19	edition: 1
	usability						ข้อคิดเห็น
	Learnability	memorability	efficiency	errors	satisfaction		
objective:	feature	*Interaction*	*Secure*	*Operating*	*Novelty*	*Actualization*	*Reflection*	
ควบคุม	on - off switch	ความตั้งใจใช้งาน	ไม่เผลอเปิดปิดและกันน้ำ	ขนาดและวิธีเหมาะสมต่อการใช้มือเปิดปิดและออกแรง	ชิ้นส่วนอิเลคโทรนิกส์ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม	ตระหนักรู้การใช้งานและเชื่อมั่นในการทำงาน	การจัดตำแหน่งขึ้นกับเครื่องแต่งกาย	
ตรวจจับ เตือน	head set: sensors: L - R motors: L - R	การรับรู้ด้วยร่างกายจากความสัมพันธ์ของท่าทางกับรหัสการสั่นเตือนแจ้งตำแหน่งของสิ่งกีดขวาง	อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมตลอดเวลา	ตำแหน่งอุปกรณ์ควบคุมและตรวจจับอยู่ในพิสัยที่เอื้อมมือทำงานและจัดใส่ได้ตามปกติ เกิดความคุ้นเคยได้ง่าย	ใกล้เคียงที่ผู้อื่นใช้เพื่อการติดต่อสื่อสารหรือบันเทิง	ใช้งานได้เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงที่ผู้อื่นใช้เพื่อการติดต่อสื่อสารหรือบันเทิง	ความแตกต่างระหว่างหญิงชาย ทรงผม เครื่องประดับ เครื่องแต่งกาย	
	clip on body: sensors: body motor: body	การเรียนรู้การแปลความหมายเพื่อตัดสินใจ	อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมตลอดเวลา					
การสวมใส่	head set: clip on	ลำดับการใส่และจัดตำแหน่งบนร่างกาย	อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	ถูกต้องและรวดเร็ว	แก้ไขปรับตำแหน่งได้ด้วยตนเอง	วิธีการสวมใส่เรียนรู้และจดจำได้	ทำได้ด้วยตนเอง	
การดูแลบำรุงรักษา	ชุดอุปกรณ์	การเช็ดทำความสะอาดและการชาร์จแบตเช่นเดียวกับอุปกรณ์สื่อสารทั่วไป	มาตรฐานอุตสาหกรรมอุปกรณ์อิเลคโทรนิกส์	ทำงานได้ด้วยตนเอง	เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ทั่วไป	ทำงานได้ด้วยตนเอง	สามารถดูแลด้วยตนเองให้เป็นไปตามอายุการใช้งาน	

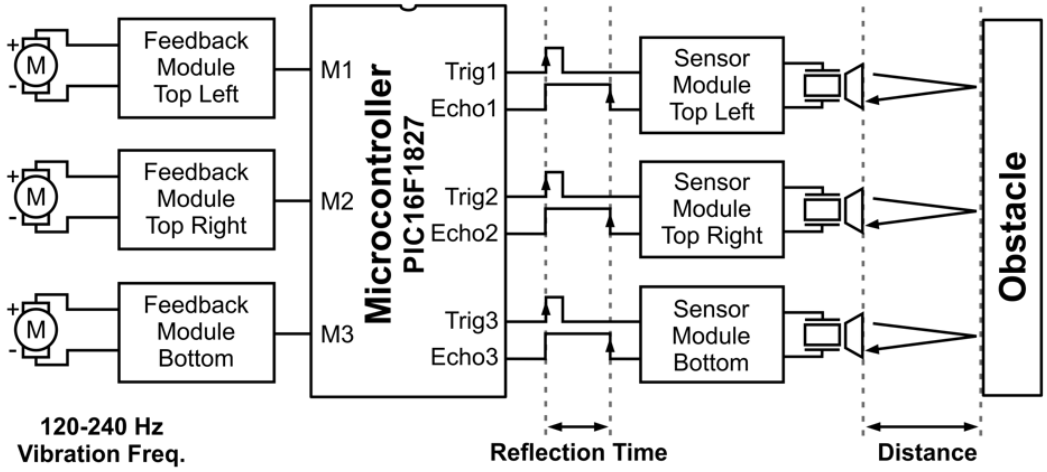
รูปที่ 43 แผนภาพกระบวนการทบทวนการพัฒนาการออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยUsability matrix



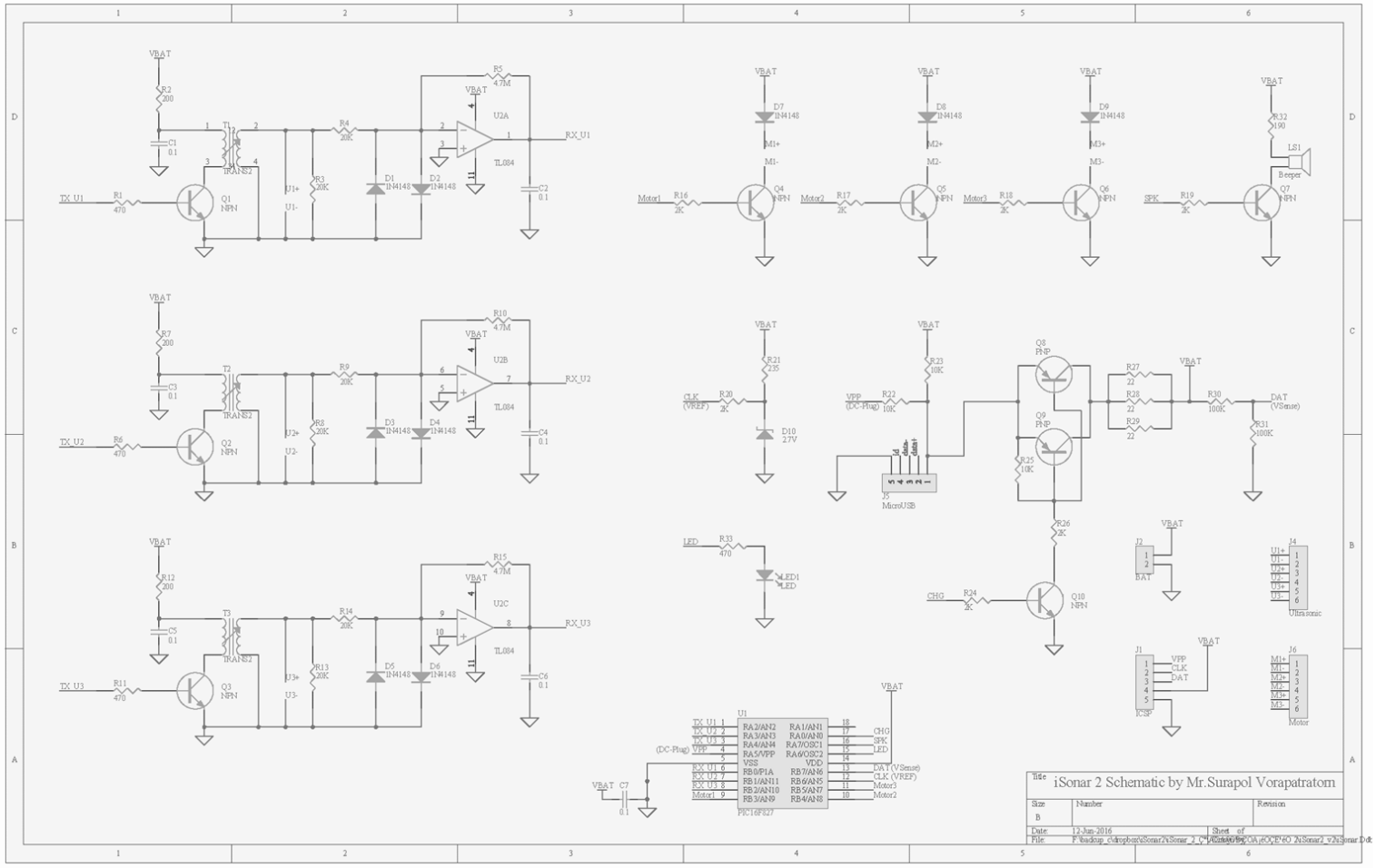
รูปที่ 44 แผนภาพกระบวนการทบทวนการพัฒนาการออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยUsability matrix



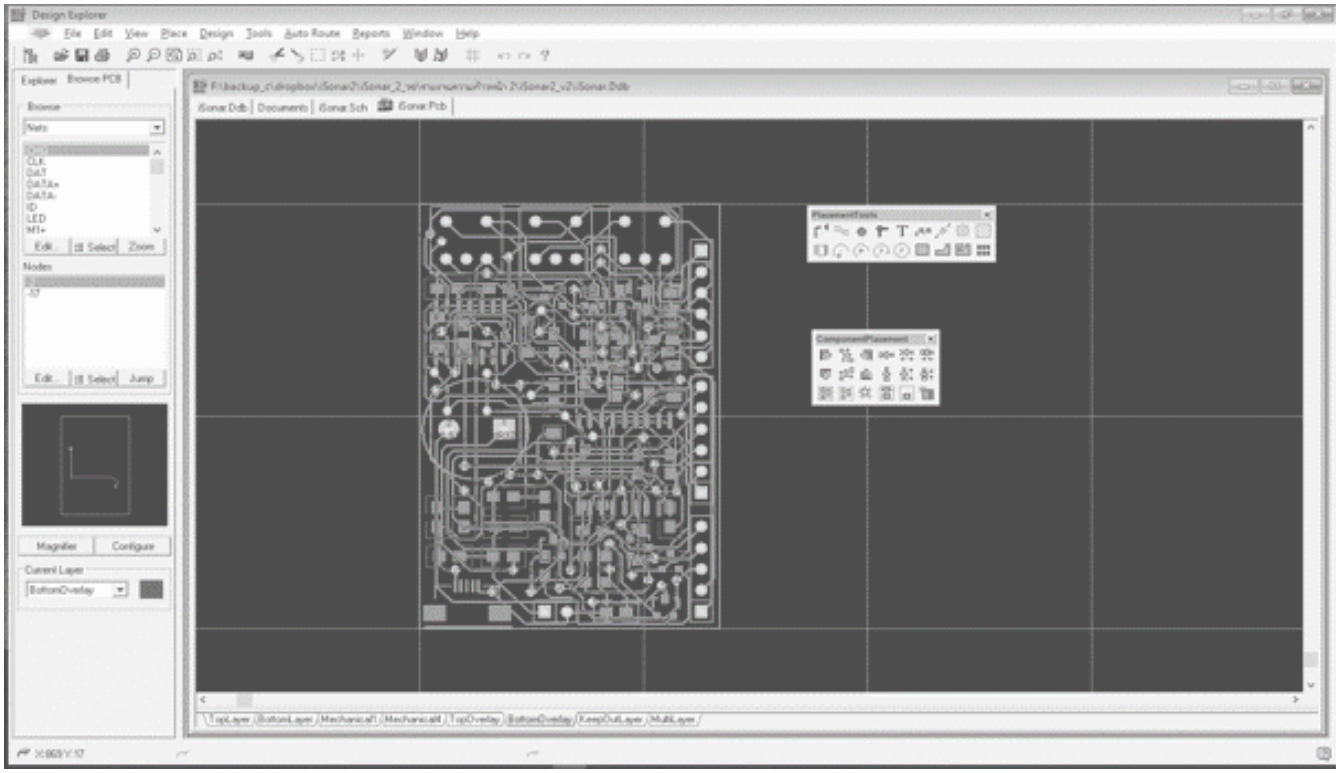
รูปที่ 45 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์และรัศมีการตรวจจับ



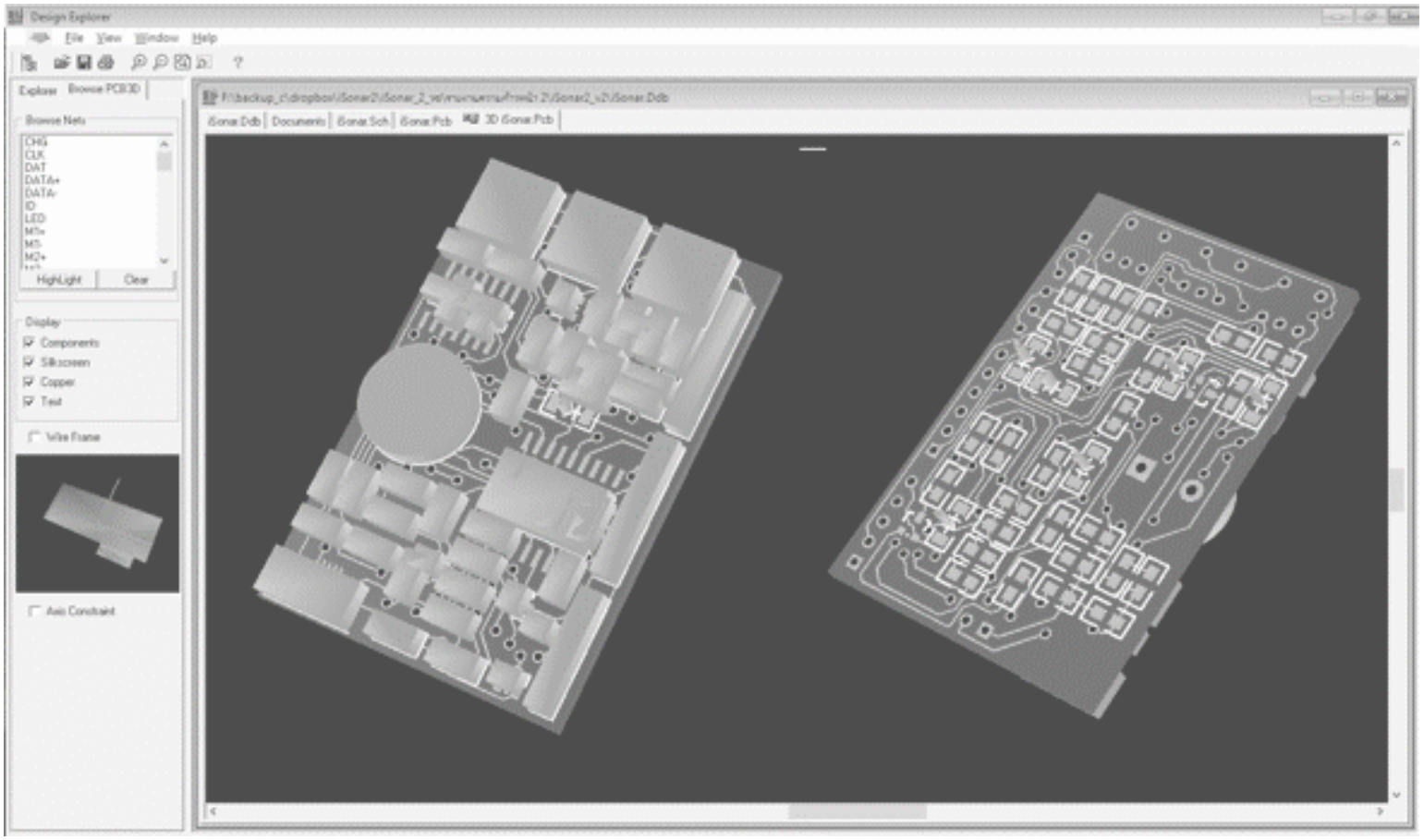
รูปที่ 46 แผนผังการทำงานของระบบควบคุม



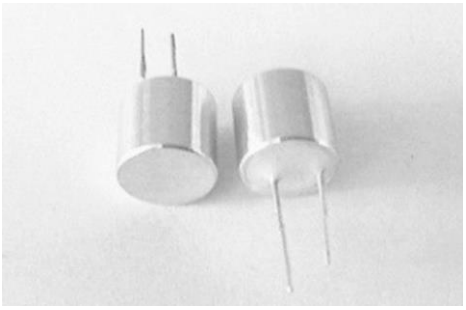
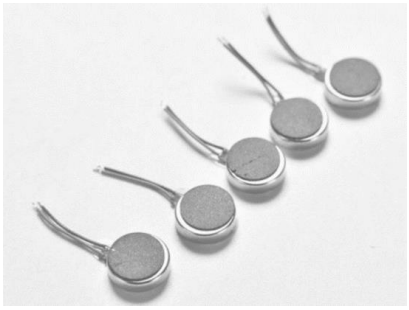
รูปที่ 47 แบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในอุปกรณ์



รูปที่ 48 การออกแบบวงจรไฟฟ้าสำหรับทำต้นแบบแผงควบคุม



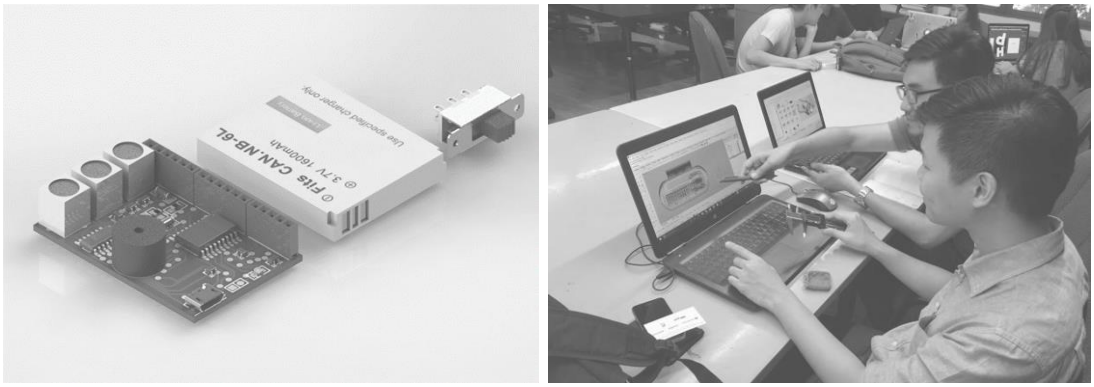
รูปที่ 48 การออกแบบวงจรไฟฟ้าสำหรับทำต้นแบบแผงควบคุม

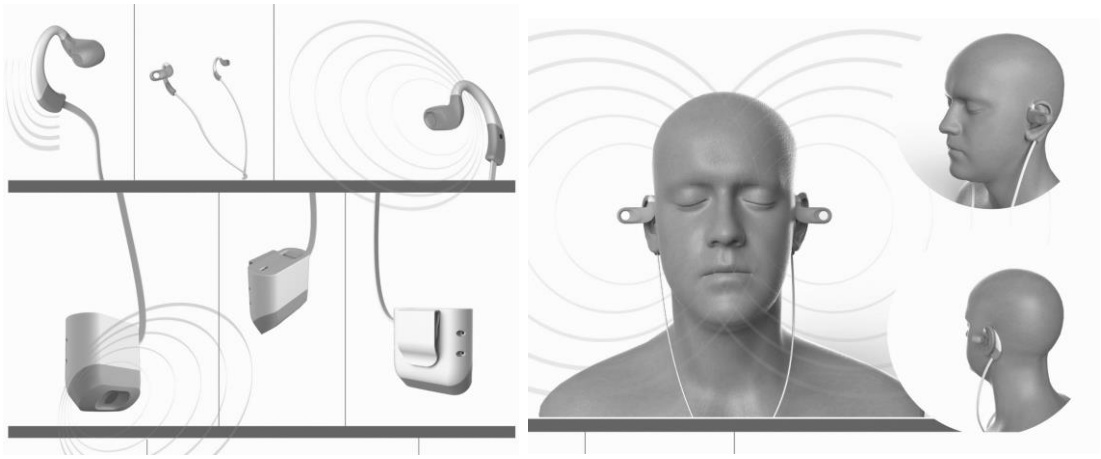
รูปที่ 49 หัวรับส่งอัลตราโซนิคแบบกันน้ำ (ซ้าย), มอเตอร์ซันแบบกันน้ำ (ขวา)

ตารางที่ 3.7 รายละเอียดค่าวัตถุดิบ (ต่อหนึ่งเครื่อง)

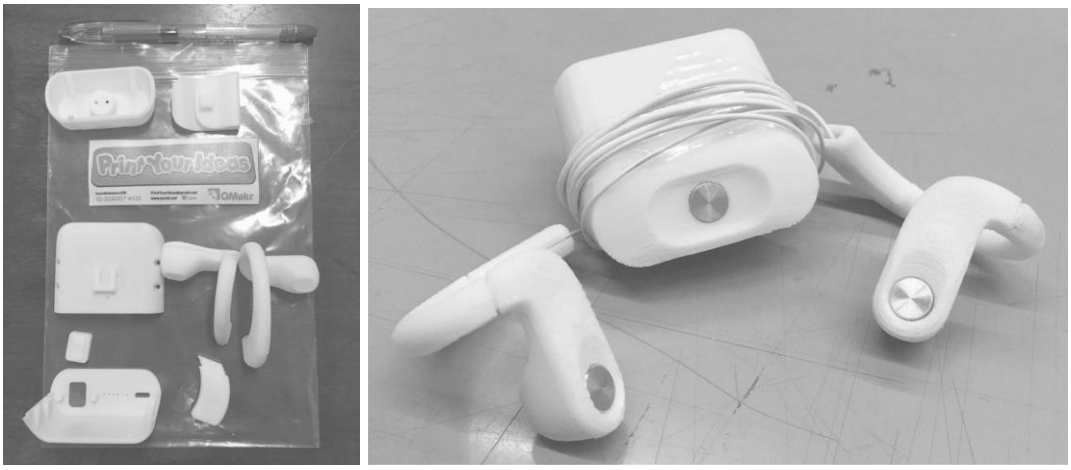
ลำดับ	รายการ	จำนวนหน่วย	ราคาต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)
1	Air Ultrasonic Ceramic Transducers	3	150	450
2	IC PIC MCU 8-BIT CMOS FLASH 20MHz	1	45.75	45.75
3	IC DUAL OP-AMP LOW POWER, SINGLE SUPPLY	1	12.03	12.03
4	LIN-CMOS PRECISION DUAL OPERATIONAL AMPLIFIER	1	11.27	11.27
5	Vibrator 3V DC Motor	3	50	150
6	ELECTRO MAGNETIC SPEAKER 5V,50MA, 2048 HZ	1	4.51	4.51
7	LED SMD 0603, RED, WATER CLEAR LENS	1	1.19	1.19
8	Lithium-ion polymer batteries 1,000mAh 3.7V	1	120	120
9	IC SOCKET 08 PINS, MACHINED PIN,PITCH 2.54MM.DIP SOLDER TYPE	1	3.56	3.56
10	GENERAL PURPOSE TRANSISTOR PNP,VCE=40V,IC=200mA	2	0.53	1.06
11	GENERAL PURPOSE TRANSISTOR NPN,VCE=40V,IC=200mA	3	0.53	1.59
12	ZENER DIODE 1/2W, 2.7V, SMD-TYPE	1	0.59	0.59
13	HIGH-SPEED SWITCHING DIODES 75V/200MA	2	0.36	0.72
14	CHIP Ceramic Capacitors 50V X7R (0805)	10	0.23	2.3
15	CHIP RESISTOR 1/8W 5% (0805)	30	0.1	3
16	VERTICAL SLIDE SWITCH 0.5A/50VDC	1	10	10
17	Printed circuit board (PCB)	1	100.43	100.43
18	3DPrinting Case	1	1,000	1,000
19	ET-SWITCHING ADAPTER 12V 0.5A	1	200	200
20	Battery 3.7V 760mAh NB4L NB-4L	1	150	150
รวมค่าวัตถุดิบต่อหนึ่งอุปกรณ์ (บาท)				**2,368.00**



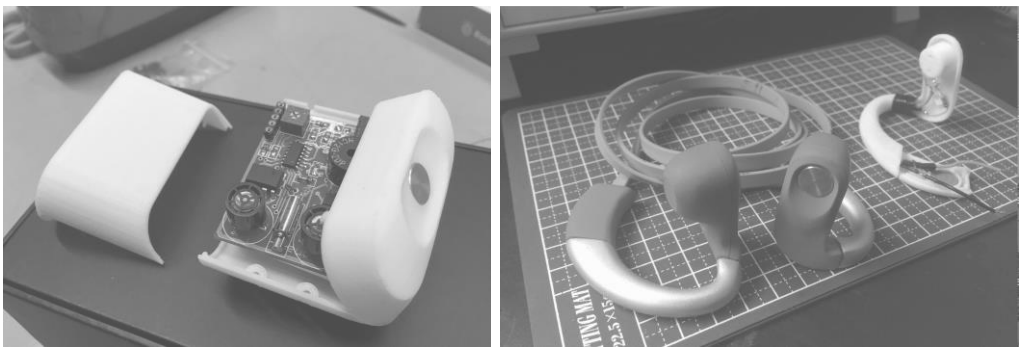
รูปที่ 50 การนำขนาดของอุปกรณ์ต่าง ๆ มากำหนดเพื่อออกแบบกล่องบรรจุปกรณ์



รูปที่ 51 การขึ้นรูปกล่องบรรจุอุปกรณ์สำหรับเตรียมนำไปพิมพ์แบบสามมิติ



รูปที่ 52 กล่องบรรจุปกรณ์หลังจากทำการพิมพ์แบบสามมิติ



รูปที่ 53 การนำแผงควบคุมและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บรรจุลงในกล่อง



รูปที่ 54 การติดตั้งเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ควบคุมโดยเซ็นเซอร์รับส่งจะติดตั้งบริเวณใบหู (ซ้าย), ส่วนกล่องควบคุมเหน็บอยู่บริเวณเอว (ขวา)



รูปที่ 55 ภาพการติดตั้งตัวอุปกรณ์กับผู้ใช้งาน

ต้นทุนการผลิตจำแนกตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ (Financial cost)

ส่วนประกอบของต้นทุนที่ใช้ในการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Cost of a Manufactured Product) จะประกอบด้วยวัตถุดิบทางตรง ค่าแรงงานทางตรง และค่าใช้จ่ายการผลิต ซึ่งถ้าพิจารณาในด้านทรัพยากรที่เป็นส่วนประกอบของสินค้าแล้ว ประกอบด้วย 1.) วัตถุดิบ (Materials) แบ่งเป็นค่าวัตถุดิบทางตรง (Direct materials) หมายถึง วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตและสามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่าใช้ในการผลิตสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่ง ในปริมาณและต้นทุนเท่าใด รวมทั้งจัดเป็นวัตถุดิบส่วนใหญ่ที่ใช้ในการผลิตสินค้าชนิดนั้น ๆ และ วัตถุดิบทางอ้อม (Indirect materials) หมายถึง วัตถุดิบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยทางอ้อมกับการผลิตสินค้า แต่ไม่ใช่วัตถุดิบหลักหรือวัตถุดิบส่วนใหญ่ 2.) ค่าแรงงาน (Labor) แบ่งเป็น ค่าแรงงานทางตรง (Direct labor) หมายถึง ค่าแรงงานต่าง ๆ ที่จ่ายให้แก่คนงานหรือลูกจ้างที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการผลิตสินค้าสำเร็จรูปโดยตรง รวมทั้งเป็นค่าแรงงานที่มีจำนวนมากเมื่อเทียบกับค่าแรงงานทางอ้อมในการผลิตสินค้าหน่วยหนึ่ง ๆ และจัดเป็นค่าแรงงานส่วนสำคัญในการแปรรูปวัตถุดิบให้เป็นสินค้าสำเร็จรูป และ ค่าแรงงานทางอ้อม (Indirect labor) หมายถึง ค่าแรงงานที่ไม่เกี่ยวข้องกับค่าแรงงานทางตรงที่ใช้ในการผลิตสินค้า 3.) ค่าใช้จ่ายการผลิต (Manufacturing Overhead) ค่าใช้จ่ายการผลิต หมายถึง แหล่งรวบรวมค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้าซึ่งนอกเหนือจากวัตถุดิบทางตรง ค่าแรงงานทางตรง เช่น วัตถุดิบทางอ้อม ค่าแรงงานทางอ้อม ค่าใช้จ่ายในการผลิตทางอ้อมอื่น ๆ เช่น ค่าวัสดุสำนักงาน, ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์, ค่าวัสดุเชื้อเพลิงและหล่อลื่น, ค่าวัสดุสิ้นเปลืองทางวิศวกรรมศาสตร์

ตารางที่ 3.8 รายละเอียดค่าแรงงาน (ต่อหนึ่งเครื่อง)

ลำดับ	รายการ	จำนวนหน่วย	ราคาต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)
1	ค่าออกแบบรูปลักษณ์อุปกรณ์	1	300	300
2	ค่าออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์	1	200	200
3	ค่าพัฒนาโปรแกรมและลงโปรแกรม	1	225	225
4	ค่าประกอบอุปกรณ์และทดสอบ	1	250	250
รวมค่าแรงงานต่อหนึ่งอุปกรณ์ (บาท)				**975.00**

ตารางที่ 3.9 รายละเอียดต้นทุนการผลิตทั้งหมด (ต่อหนึ่งเครื่อง)

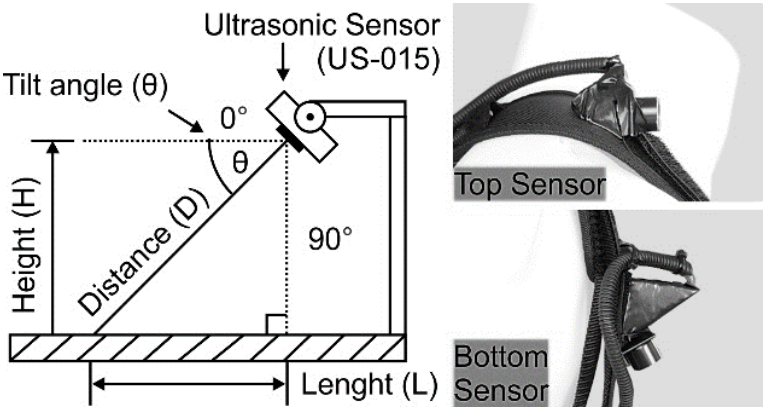
ลำดับ	รายการ	จำนวนหน่วย	ราคาต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)
1	ค่าวัตถุดิบ (Materials)	1	2,368	2,368
2	ค่าแรงงาน (Labor)	1	975	975
3	ค่าใช้จ่ายการผลิต (Manufacturing Overhead)	1	155	155
รายละเอียดต้นทุนการผลิตทั้งหมดหนึ่งอุปกรณ์ (บาท)				**3,498.00**

บทที่ 4

การทดสอบและอภิปรายผล

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์

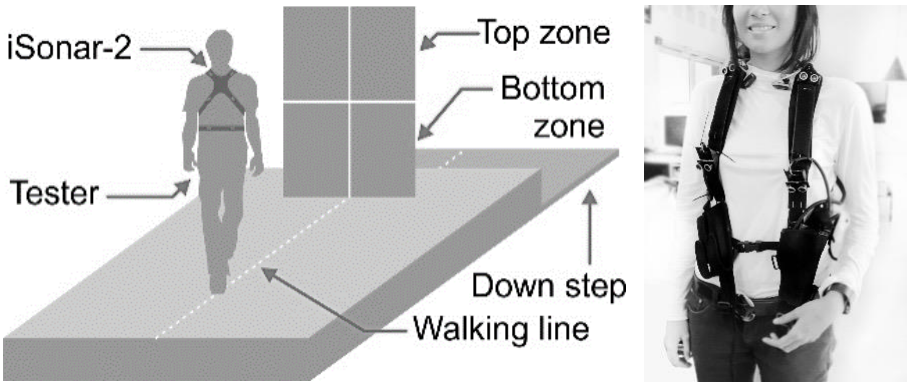
สำหรับการวัดประสิทธิภาพของระบบบอกเตือนสิ่งกีดขวางมีทั้งหมดสามการทดลอง การทดลองแรกคือการวัดประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์ US-015 ด้านระยะทาง โดยให้ตัวเซ็นเซอร์ทำมุมเป็นแนวระนาบ θ = 0 องศา กับสิ่งกีดขวางจำลอง เริ่มต้นวัดที่ระยะทาง 0 ถึง 700 เซนติเมตร การทดลองที่สองคือการวัดประสิทธิภาพการตรวจจับในมุมตกกระทบต่าง ๆ โดยที่ระยะทางระหว่างเซ็นเซอร์กับสิ่งกีดขวางเท่ากับ 100 เซนติเมตรส่วนมุมตกกระทบ θ ทำมุมตั้งแต่ 90 องศา ถึง 0 องศา แสดงดังรูปที่ 24



รูปที่ 56 การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพระบบตรวจจับสิ่งกีดขวาง

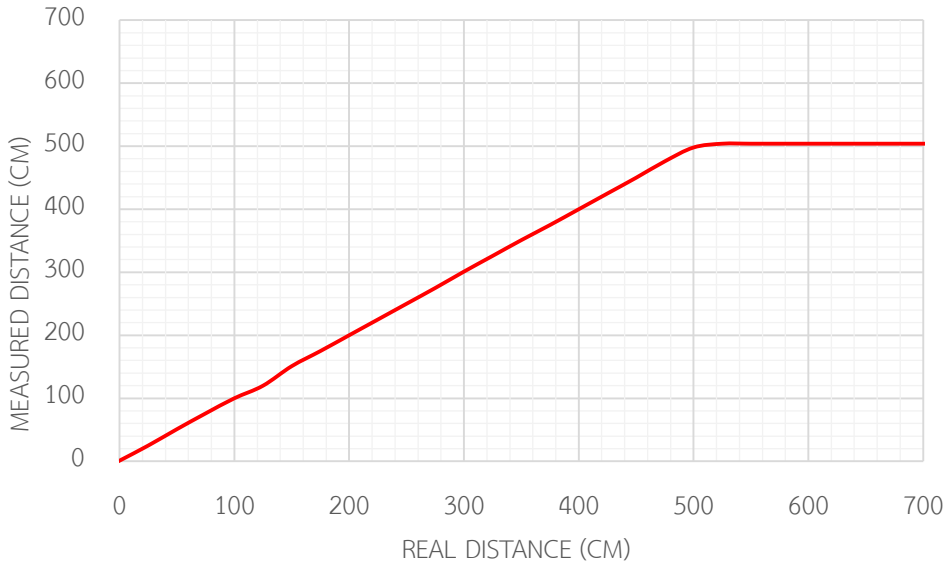
การทดลองที่สามคือการหาอัตราการชนสิ่งกีดขวางบริเวณต่าง ๆ ใช้อาสาสมัครซึ่งนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจำนวนสิบคนปิดตาขณะทดสอบ (Blindfolded subject) แบ่งเป็นเพศชายห้าคนและเพศหญิงห้าคน ความสูงอยู่ระหว่าง 157 ถึง 180 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยอยู่ที่โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 167.5 เซนติเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 6.0 อุปกรณ์บอกเตือนสิ่งกีดขวางถูกติดตั้งไว้บริเวณลำตัวของอาสาสมัครดังรูปที่ 26 ทั้งนี้ เซ็นเซอร์ตรวจจับด้านบน (Top zone sensor) ตั้งค่ามุมตกกระทบแนวระนาบไว้ที่ θ = 0 องศา ส่วนเซ็นเซอร์ด้านล่าง (Bottom zone sensor) ตั้งค่ามุมตกกระทบไว้ที่ 50 องศา วิธีการใช้งานและรูปแบบการเตือนของอุปกรณ์ถูกแนะนำให้อาสาสมัครเข้าใจก่อนจะทำการปิดตาเพื่อการทดลอง สนามทดสอบซึ่งมีสิ่งกีดขวางถูกจำลองขึ้นมา โดยมีความยาว 5 เมตร กว้าง 2 เมตร โดยมีสิ่งกีดขวางจำลองโดยใช้วัตถุที่ไม่เป็นอันตรายต่ออาสาสมัคร ทั้งนี้สิ่งกีดขวางทั้ง 7 ตำแหน่งประกอบด้วย สิ่งกีดขวางมุมซ้ายบน, ขวาบน, ด้านบน, ซ้ายล่าง, ขวาล่าง, ด้านล่าง

และทางต่างระดับความสูง 30 เซนติเมตร ดังรูปที่ 56 ทั้งนี้อัตราการชนสิ่งกีดขวางในตำแหน่งต่าง ๆ รวมถึงระยะทางที่อาสาสมัครหยุดก่อนสิ่งกีดขวางถูกบันทึกผล



รูปที่ 57 สนามทดสอบจำลองและการติดตั้งอุปกรณ์กับอาสาสมัคร

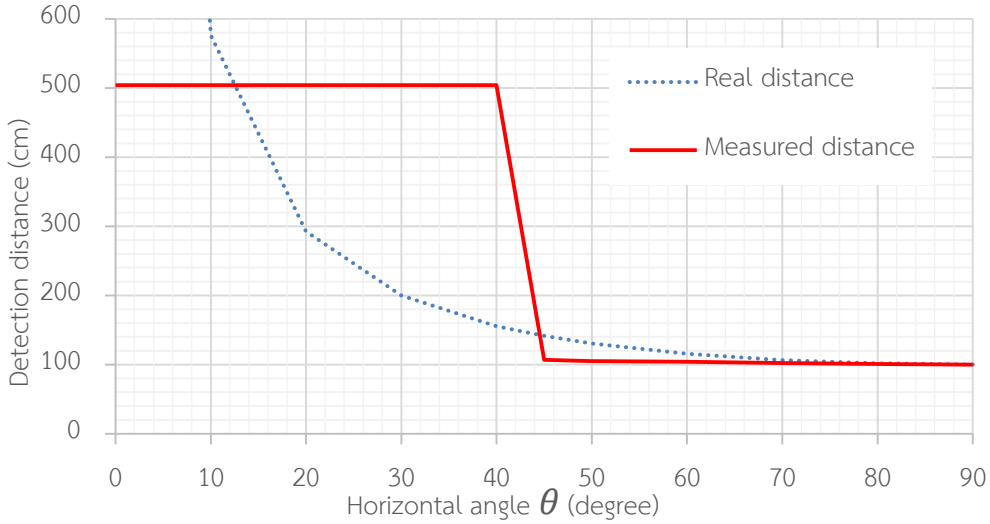
ผลการทดลองที่ 1 การวัดประสิทธิภาพการตรวจจับด้านระยะทาง แสดงดังรูปที่ 57 โดยเปรียบเทียบระหว่างค่าระยะทางจริงกับระยะทางที่วัดได้จากค่าของการตรวจจับโดยเซ็นเซอร์ US-015 โดยผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าการตรวจจับโดยใช้เซ็นเซอร์ US-015 นี้มีความแม่นยำที่ระยะทางระหว่าง 0 ถึง 504 เซนติเมตร โดยค่าความผิดพลาดการวัดแบบ Mean square error เท่ากับ 1.76 เซนติเมตร ค่าความผิดพลาดดังกล่าวเกิดจากข้อกำหนดของเซ็นเซอร์ US-015 ซึ่งกำหนดการวัดระยะทางไว้ที่ไม่เกิน 5 เมตร



รูปที่ 58 ผลการวัดประสิทธิภาพการตรวจจับด้านระยะทาง

ผลการทดลองที่ 2 การวัดประสิทธิภาพความแม่นยำในการวัดระยะทางในมุมตกกระทบต่าง ๆ แสดงดัง รูปที่ 58 กราฟดังกล่าวแสดงการเปรียบเทียบระยะทางจริงกับระยะทางที่อุปกรณ์วัดได้ใน

มุมตกกระทบต่าง ๆ ตั้งแต่ 0 องศา ถึง 90 องศา พบว่า เมื่อปรับมุมตกกระทบของเซ็นเซอร์ให้น้อยกว่า 45 องศา ตัวเซ็นเซอร์จะวัดระยะทางผิดพลาดเนื่องจากเกินขอบเขตความสามารถการทำงานของเซ็นเซอร์ US-015 ซึ่งกำหนดไว้ให้ทำงานได้ดีในมุมตกกระทบไม่เกิน 45 องศา



รูปที่ 59 ผลการวัดประสิทธิภาพการตรวจจับในมุมตกกระทบต่าง ๆ

ผลการทดลองที่ 3 การวัดผลอัตราการชนสิ่งกีดขวางและระยะทางการหยุดก่อนสิ่งกีดขวาง สามระดับ คือสิ่งกีดขวางด้านบน (Top zone), ด้านล่าง (Bottom zone) และพื้นต่างระดับ (Down step) แสดงในตารางที่ 3 โดยค่าเฉลี่ยอัตราการชนสิ่งกีดขวาง (Average collision percentage) คำนวณจากผลรวมจำนวนการชนสิ่งกีดขวางของอาสาสมัครหารด้วยจำนวนของอาสาสมัคร ส่วนค่าเฉลี่ยระยะการหยุด (Average stopping distance) คำนวณจากผลรวมระยะทางระหว่างปลายเท้าของอาสาสมัครและสิ่งกีดขวางเมื่ออาสาสมัครทำการหยุดเดินเมื่อพบสิ่งกีดขวางหารด้วยจำนวนอาสาสมัคร

ตารางที่ 3 ผลการวัดอัตราการชนสิ่งกีดขวางและระยะทางการหยุดก่อนสิ่งกีดขวาง

ระดับสิ่งกีดขวาง	ระยะการหยุด (ซม.)	อัตราการชน (%)
ระกับศีรษะ	60.4	6.67
ระดับลำตัว	22.5	16.67
ระดับเอวลงไป	4.45	30.00
รวม	**29.12**	**17.78**

จากผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการชนสิ่งกีดขวางเกิดมากที่สุดกับสิ่งกีดขวางบริเวณพื้นต่างระดับ ซึ่งเกิดจากอาสาสมัครที่ส่วนสูงน้อยกว่า 164 เซนติเมตร เนื่องจากอาสาสมัครดังกล่าวไม่

สามารถหยุดได้ทันและตกลงไปในทางต่างระดับจำลอง อย่างไรก็ตามการชนสิ่งกีดขวางส่วนใหญ่เกิดจากการที่อาสาสมัครไม่สามารถแยกแยะตำแหน่งซ้ายขวาของสิ่งกีดขวางด้านล่างได้ เนื่องจากชุดบอกเตือนสิ่งกีดขวางพื้นล่าง (Bottom zone feedback) อยู่ใกล้กันจนเกินไป ทั้งนี้ ข้อผิดพลาดดังกล่าวจะถูกแก้ไขในขั้นตอนการออกแบบและทดลองเพื่อพัฒนาและกำหนดรูปลักษณ์ผลิตภัณฑ์

4.2 การทดสอบความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน

สำหรับการทดสอบระดับความพึงพอใจผู้ใช้งานเครื่องไอโซนาร์-2 ได้ทดสอบกับผู้พิการทางโดยแบ่งเป็นกลุ่มสายตาเลือนราง 67 คน กลุ่มตาบอดสนิท 45 คน จำนวน 112 คน ค่าเฉลี่ยอายุอยู่ที่ 37.3 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอายุอยู่ที่ 16.27 ทำการทดสอบ ณ ตึกผู้ป่วยนอก คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ดังรูปที่ 60 การทดสอบจากให้ผู้ใช้งานเปิดและสวมใส่ด้วยตนเองเครื่องและเดินสำรวจพื้นที่บริเวณโดยรอบเป็นเวลาคนละ 5 นาที และให้ผู้ใช้งานปิดและเก็บอุปกรณ์ด้วยตนเอง หลังจากนั้นจึงทำการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานของอุปกรณ์ โดยใช้ชุดคำถามเพื่อประเมินความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ เช่น ความเหมาะสมของระยะการตรวจจับสิ่งกีดขวาง, การบอกเตือนด้วยระบบสั่น, ความยากง่ายในการใช้งาน, รูปลักษณ์ของอุปกรณ์ โดยใช้เกณฑ์ในการวัดแบบ Likert Scale ในการให้คะแนนความพึงพอใจ 5 ระดับ โดยที่ ระดับ 1 =ควรปรับปรุง, ระดับ 2 = พอใจ , ระดับ 3 = ปานกลาง, ระดับ 4 = ดี, ระดับ 5 = ดีมาก ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4



รูปที่ 60 การติดตั้งอุปกรณ์ไอโซนาร์-2 เพื่อทดสอบกับผู้พิการทางสายตา

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้พิการทางสายตาหลังการใช้งาน

หัวข้อความพึงพอใจ (n = 112)	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน**	**ค่าเฉลี่ย (คะแนน 1-5)**	**ระดับคะแนนจากการเฉลี่ย**
ระยะการตรวจจับสิ่งกีดขวาง	0.84	4.20	ดีมาก
การบอกเตือนด้วยระบบสั่น	0.82	3.80	ดี
การใช้งานอุปกรณ์	0.71	4.00	ดีมาก
การสวมใส่อุปกรณ์	0.55	3.60	ดี
รูปลักษณ์อุปกรณ์	1.14	3.40	ดี
ค่าเฉลี่ย	**0.81**	**3.80**	**ดี**

จากการสรุปผลการทดสอบความพึงพอใจของอุปกรณ์โดยกลุ่มตัวอย่างผู้พิการทางสายตา ในเบื้องต้น พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจ โดยรวมโดยใช้มาตรวัดลิเคิร์ท (ช่วงคะแนน 1-5) อยู่ที่ 3.80 คะแนน หรือในระดับดี หลังจากการทำแบบประเมินความพึงพอใจ ทางทีมงานได้ทำการสัมภาษณ์ผู้พิการทางสายตารายบุคคล สามารถสรุปประเด็นสิ่งที่ชอบและอยากให้ปรับปรุงได้ สำหรับสิ่งที่ผู้ใช้งานชอบอย่างแรกคือรูปทรงที่คล้ายกับหูฟังดูไม่แปลกแยกกับคนทั่วไปและรู้สึกทันสมัย ชอบการใส่ไว้ด้านหลังใบหูเนื่องจากไม่รู้สึกอึดอัดและสามารถใช้หูในการฟังเสียงสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ได้ ชอบการใช้งานที่ง่ายเพียงแค่กดปุ่มเปิดการ์ดใช้ได้แล้ว ชอบที่อุปกรณ์การชาร์จไฟที่คล้ายกับสมาร์ทโฟนรู้สึกคุ้นเคยเข้าใจง่าย ชอบการแยกระบบสั่นแบบซ้ายขวาเนื่องจากทำให้สามารถระบุทิศทางของสิ่งกีดขวางได้ สำหรับประเด็นที่ควรปรับปรุง คือ อยากให้ตัวอุปกรณ์แนบกับใบหูมากกว่านี้ โดยการสามารถปรับเข้ากับส่งใบหูของแต่ละบุคคลได้ อยากให้สามารถปรับระดับการสั่นได้ อยากให้อุปกรณ์ทำงานได้แบบไร้สาย อยากให้ตรวจจับสิ่งกีดขวางด้านข้างได้ด้วย อยากให้เลือกสีได้ตามต้องการ อยากให้ตัวอุปกรณ์บางและเล็กกว่านี้ อยากให้มีกล่องเก็บแบบเปิดเก็บได้กันกระแทกได้ อยากให้สามารถถอดสายหูฟังออกได้เพื่อการเก็บที่ง่ายขึ้นอยากให้อุปกรณ์สามารถบอกรายละเอียดของสิ่งกีดขวางได้ว่าคืออะไรและห่างในระยะกี่เมตร อยากให้อุปกรณ์สามารถบอกชื่อสถานที่ได้และสามารถบอกทิศทาง สุดท้ายคืออยากให้อุปกรณ์สามารถชาร์จไฟกับพาวเวอร์แบงค์ที่ผู้พิการทางสายตาพกติดตัวได้ สำหรับในขั้นตอนต่อไปทางทีมผู้วิจัยจะทำการทดสอบอุปกรณ์กับผู้พิการทางสายตาให้ครบตามจำนวนการเก็บข้อมูลที่กำหนดไว้

บรรณานุกรม

1. Visual impairment and blindness: World Health Organization (WHO) Fact Sheet. (2013, Jan 10). [Online]. Available:http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282
2. Loomis, J., Golledge, R.G., Klatzky, R.L. GPS-Based Navigation Systems for the Visually Impaired. In Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality, Associates Publishers: Mahwah, NJ, USA, 2001.
3. Oh, S.M., Tariq, S., Walker, B., Dellaert, F. Map-Based Priors for Localization. In Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Sendai, Japan, 28 September–2 October 2004.
4. Yuan, D., and Manduchi, R. A tool for range sensing and environment discovery for the blind. In Proc. 2004 Conf. Comput. Vis. Pattern Recogn.Workshop, Washington, DC, Jun. 27–Jul. 02, vol. 3, pp. 39–39.
5. Ritz, M., and Koenig, L. Laser technique improves safety for the blind. In International Newsletter on Micro–Nano Integration, vol. 5, pp. 39–40, October 2005.
6. Benjamin, J., Ali, N., and Schepsis, A. A laser cane for the blind. In Proc. San Diego Biomedical Symposium, vol. 12, pp. 53–7, 1973.
7. Rodríguez, A., Yebes, J.J., Alcantarilla, P.F., Bergasa, L.M., Almazán, J., Cela, A. Assisting the Visually Impaired: Obstacle Detection and Warning System by Acoustic Feedback. Sensors 2012, vol. 12, page 17476-17496.
8. Ifukube, T., Sasaki, T., and Peng, C. A blind mobility aid modeled after echolocation of bats. In IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 38, no. 5, pp. 461–465, May 1991.
9. Shoval, S., Borenstein, J., and Koren, Y. Mobile robot obstacle avoidance in a computerized travel aid for the blind. In Proc. 1994 IEEE Robot. Autom. Conf., San Diego, CA, May 8–13, pp. 2023–2029.
10. Aguerrevere, D., Choudhury, M., and Barreto, A. Portable 3D sound / sonar navigation system for blind individuals. Presented at the 2nd LACCEI Int. Latin Amer. Caribbean Conf. Eng. Technol. Miami, FL, Jun 2–4, 2004.

11. Ulrich, I., and Borenstein, J. The guidecane – applying mobile robot technologies to assist the visually impaired people. IEEE Trans. Syst., Man Cybern. A: Syst. Hum., vol. 31, no. 2, pp. 131–136, Mar. 2001.
12. Ito, K., Okamoto, M., Akita, J., Ono, T., Gyobu, I., Tagaki, T., Hoshi, T., and Mishima, Y. CyARM: An alternative aid device for blind persons. In Proc. CHI05, Portland, OR, Apr. 2–7, 2005, pp. 1483–1488.
13. M. Bouzit, A. Chaibi, K. J. De Laurentis, and C. Mavroidis. Tactile feedback navigation handle for the visually impaired. Presented at the 2004 ASME Int. Mech. Eng. Congr. RD&D Expo., Anaheim, CA, Nov.13–19.
14. Shah, C., Bouzit, M., Youssef, M., and Vasquez, L. Evaluation of RU-netra– tactile feedback navigation system for the visually impaired. In Proc. Int. Workshop Virtual Rehabil., New York, 2006, pp. 71–77.
15. S. Vorapatratorn, K. Nambunmee, "iSonar: An Obstacle Warning Device for the Totally Blind," Journal of Assistive, Rehabilitative & Therapeutic Technologies 2014, 2: 23114, eISSN 2001-6824, Vol 2, June 2014, pp. 1-6 – http://dx.doi.org/10.3402/jartt.v2.23114
16. GDP Research, Australia. (2013, Jan 10). [Online]. Available : http://www.gdp-research.com.au/
17. Bay Advanced Technologies Ltd. (2013, Jan 10). [Online]. Available: http://www.batforblind.co.nz/index.htm
18. [Nurion-Raycal. (2013, Jan 10). [Online]. Available: http://www.lasercane.com/
19. Murugavel, R. Ultrasonic Distance Measurement with the MSP430. In Texas Instruments Application report, Oct. 2001. Pp. 1–17.
20. Xiao, G., Brady, M., Noble, J., Zhang, Y.: Segmentation of Ultrasound B-mode Images with Intensity Inhomogeneity Correction. IEEE Trans. Med. Imaging., 21, 48–57 (2002)
21. Hersh MA. 2010. The Design and Evaluation of Assistive Technology Products and Devices Part 1: Design. In: JH Stone, M Blouin, editors. International Encyclopedia of Rehabilitation. [cited 2014 Oct 16] Available from: http://cirrie.buffalo.edu/encyclopedia/en/article/309/]
22. กุลธิดา เตชวรสินสกุล. 2557. "กว่ากึ่งทศวรรษของการออกแบบเพื่อคุณภาพชีวิต". Me Style Home and Living 11(2015): 134 – 137
23. Schulz, R. *Quality of Life Technology Handbook.* CPR Press, 2013

24. Kroemer Karl H.E. *'Extra-Ordinary' Ergonomics: How to Accommodate Small and Big Persons, The Disabled and Elderly, Expectant Mothers, and Children (Hfes Issues in Human Factors and Ergonomics).* CRC Press. Roozenburg, 2006.
25. E.Steinfeld and J. L. Maisel. *Universal Design: Creating a More Inclusive World.* Hoboken, NJ: Wiley, 2012
26. Baxter M. *Product Design: Product Design: Practical Methods for the Systematic Development of New Products (Design Toolkits)*. Chapman & Hall, 1995.
27. Ekels J. *Product design: fundamental and methods*. NFM, Wiley, 1995.
28. Karwowski W, Soares M.M., Stanton N A. 2011. Human Factors and Ergonomics in Consumer Product Design: Methods and Techniques. CRC Press.
29. Miller, G.A.,and Johnson-Laird, P. Language and Perception. Massachusetts: Belknap Press of Harvard University Press, 1976.
30. Vision Technology for the Totally Blind [Online]. Accessed 15 January 2012. Available from http//www.seeingwithsound.com
31. Álvarez A., and Ritchey T. *Applications of General Morphological Analysis From Engineering Design to Policy Analysis*. AMG Vol. 4 No. 1 (2015) [Online]. Accessed 18 May 2016. Available from http://www.amg.swemorph.com/pdf/amg-4-1-2015.pdf
32. *Morphological Analysis* [Online]. Accessed 18 May 2016. Available from http://npdbook.com/engineering-concepts/function-structure-diagram/ conceptual-design/morphological-analysis/
33. Andreasen M. M., and Hein L. *Integrated Product Development*. IFS, 1987 <product specification>
34. Function Structure [Online]. Accessed 18 May 2016. Available from http://designtechniques.wikispaces.com/Function+Structure
35. Andreasen [Online]. Accessed 18 May 2016. Available from http://designtechniques.wikispaces.com/Andreasen
36. *Roozenberg N. F. M.*, and Eekels J. *Product design: fundamental and methods*. Wiley, 1997.

37. Nielsen, J. (1993) Usability Engineering. Academic Press. Chapter 2.2, p. 26. [Online]. Accessed 19 May 2016. From http://garyperlman.com/quest/quest.cgi?form=NAU
38. Neilsen J. Usability: 101 Introduction to Usability Date: 2012-01-24 [Online]. Accessed 19 May 2016. From https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/
39. NISTIR 7432 Common Industry Specification for Usability – Requirements Information Access Division Information Technology Laboratory June 2007. Reference number of working document: IUSR: CISU-R v0.90 Date: 2007-03-26 [Online]. Accessed 19 May 2016. From http://zing.ncsl.nist.gov/iusr/documents/CISU-R-IR7432.pdf
40. ISO 9241-210:2010. Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems [Online]. Accessed 19 May 2016. From http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=52075
41. Kolchenko A. What are the differences between usability attributes and usability requirements Date: 2014-05-29 [Online]. Accessed 19 May 2016. From http://ux.stackexchange.com/questions/58135/what-are-the-differences-between-usability-attributes-and-usability-requirements
42. กรวิทย์ จันทร์ดี. “การศึกษาทักษะการทำความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมและการเคลื่อนไหวของคนตาบอดต้นแบบ : กรณีศึกษา ชุมชนคนตาบอดดาวคะนอง กรุงเทพมหานคร.”วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการงานฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยมหิดล, 2550.
43. เจเรมี ซีบรุก. คู่มือเข้าใจชนชั้น วรรณะความเหลื่อมล้ำ . กรุงเทพมหานคร : โครงการจัดพิมพ์คบไฟ, 2554.
44. ธรรม จตุนาม. “ศึกษารูปแบบการสอนการสร้างความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมและการเคลื่อนไหวของคนตาบอดและสายตาเลือนราง:กรณีศึกษาศูนย์พัฒนาสมรรถภาพคนตาบอด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการงานฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการบัณฑิตวิทยาลัยหาวิทยาลัยมหิดล, 2548.
45. ทิพย์สุดา ปทุมานนท์. กำเนิดสถาปัตยกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

46. ทิพย์สุดา ปทุมานนท์. สถาปัตยกรรมกัมปนาทแห่งความสงัด. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร :โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.
47. นฤมล จันทรางกูล. การต่อสู้กับชีวิตในโลกมืด บันทึกของผู้ไม่ยอมพ่ายต่อชะตากรรม. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แปลน พริ้นท์ติ้ง , 2547.
48. วิมลวรรณ อังสุวรรณ. “การเปรียบเทียบความหมายของกริยาแสดงระหว่างคนสายตาปกติและคนสายตาพิการ ตามแนวอรรถศาสตร์ปริชาน.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตสาขาวิชาภาษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2546.
49. สามารถ รัตนสาคร. “ศึกษาทักษะการมีวิถีชีวิตอิสระในกลุ่มผู้ใหญ่ที่พิการทางการมองเห็นในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการงานฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2545.
50. อรศิริ ปาณินท์. ที่ว่างทางสถาปัตยกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยรังสิต ,2538.

ภาคผนวก

ภาคผนวก 1 หนังสือรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์



เอกสารเลขที่ ๐๔๕/๒๕๕๙

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
ขอรับรองว่า

ชื่อโครงการวิจัย : ไอโซนาร์ 2 : เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็น
(iSonar-2: An Obstacle Warning Device for the visually impaired)
โครงการเลขที่ : REH-๕๙๐๔๕
ชื่อหัวหน้าโครงการ : นายสุรพล วรภัทราทร
สังกัด : สำนักวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

เป็นโครงการวิจัยที่ไม่ขัดต่อหลักจริยธรรมสากลตามคำปฏิญญาเฮลซิงกิ (The Declaration of Helsinki) และแนวทางจริยธรรมการวิจัยในคนแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๔๕

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการที่เสนอต่อคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงได้ ณ วันที่ ๒๙ เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๕๙

ลงชื่อ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา อุปโยคิน)
รองประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
ปฏิบัติการแทนประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
วันที่ ๒ มีนาคม ๒๕๕๙

ภาคผนวก 2 <u>หนังสือยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย</u>

REH_3

หนังสือยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย (Informed Consent Form)

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว)..... อายุ.....ปี อยู่บ้านเลขที่..... หมู่ที่.....ถนน.....ตำบล.....อำเภอ..... จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์.....ขอทำหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยเพื่อเป็นหลักฐานแสดงว่า

1. ข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยของ อาจารย์สุรพล วรภัทราพร เรื่อง "ไอโซนาร์ 2: เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็น" ด้วยความสมัครใจ โดยมิได้มีการบังคับ หลอกลวงแต่ประการใด และพร้อมจะให้ความร่วมมือในการวิจัย

2. ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายและตอบข้อสงสัยจากผู้วิจัยเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การวิจัย วิธีการวิจัย ความปลอดภัย อาการ หรืออันตรายที่อาจเกิดขึ้น รวมทั้งประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย โดยละเอียดแล้วตามเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยแนบท้าย

3. ข้าพเจ้าได้รับการรับรองจากผู้วิจัยว่าจะเก็บข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับ จะเปิดเผยได้เฉพาะในรูปแบบของการสรุปผลการวิจัยเท่านั้น

4. ข้าพเจ้าได้รับทราบจากผู้วิจัยแล้วว่า หากเกิดอันตรายใด ๆ จากการวิจัย ผู้วิจัยจะรับผิดชอบค่ารักษาพยาบาลที่เป็นผลสืบเนื่องจากการวิจัยนี้

5. ข้าพเจ้าได้รับทราบจากผู้วิจัยแล้วว่า ผู้วิจัยจะไม่รับผิดชอบค่ารักษาพยาบาล หากเกิดอันตรายใด ๆ จากการใช้งานเครื่องมือผิดวิธีหรือผิดจากระเบียบวิจัย ที่เป็นผลสืบเนื่องจากการวิจัยนี้

6. ข้าพเจ้าได้รับทราบว่า ข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะถอนตัวออกจากการวิจัยครั้งนี้เมื่อใดก็ได้ โดยไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อการรักษาพยาบาลตามสิทธิ์ที่ข้าพเจ้าควรได้รับ

ข้าพเจ้าได้อ่านและเข้าใจข้อความตามหนังสือนี้แล้ว จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญ พร้อมกับหัวหน้าโครงการวิจัยและพยาน

ลงชื่อ..... ผู้ยินยอม/ผู้ปกครอง
(.....)

ลงชื่อ..... ผู้ดำเนินโครงการวิจัย
(.....)

ลงชื่อ..... พยาน
(.....)

ลงชื่อ..... พยาน
(.....)

ภาคผนวก 3 แบบเก็บข้อมูลโครงการวิจัย

แบบเก็บข้อมูลโครงการ "ไอโซนาร์ 2: เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็น"

หัวหน้าโครงการ: อาจารย์สุรพล วรภัทราทร โทร.098-249-3517 อีเมล์: Surapol.vor@mfu.ac.th
หน่วยงาน: สำนักวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ชื่อผู้ให้ข้อมูล:_____ชื่อเล่น:_____
เลขประจำตัว:_____เพศ:_____ปีเกิด (พ.ศ.):_____อายุ:_____
ระดับการมองเห็น: ☐ ตาบอด (Blindness) ☐ เลือนราง (Low vision)
ระยะการมองเห็น (ถ้ามีข้อมูล): _____ ลานสายตา: _____องศา
สาเหตุการสูญเสียการมองเห็น: ☐ แต่กำเนิด ☐ อุบัติเหตุ ☐ จากโรคตา:_____
☐ อื่น ๆ (เช่น แพ้ยา):_____
เทคนิคการเดินทาง: ☐ ไม้เท้าขาว (White Cane) ☐ ผู้นำทาง (Sighted Guide)
☐ ไม่ใช้ไม้เท้าและผู้นำทาง (Solo technique) ☐ อื่น ๆ :_____
โรคประจำตัว:_____อาชีพ:_____
การเดินทางออกนอกบ้านประมาณ:_____วัน/สัปดาห์ _____ชั่วโมง/วัน ☐ อื่น ๆ:_____

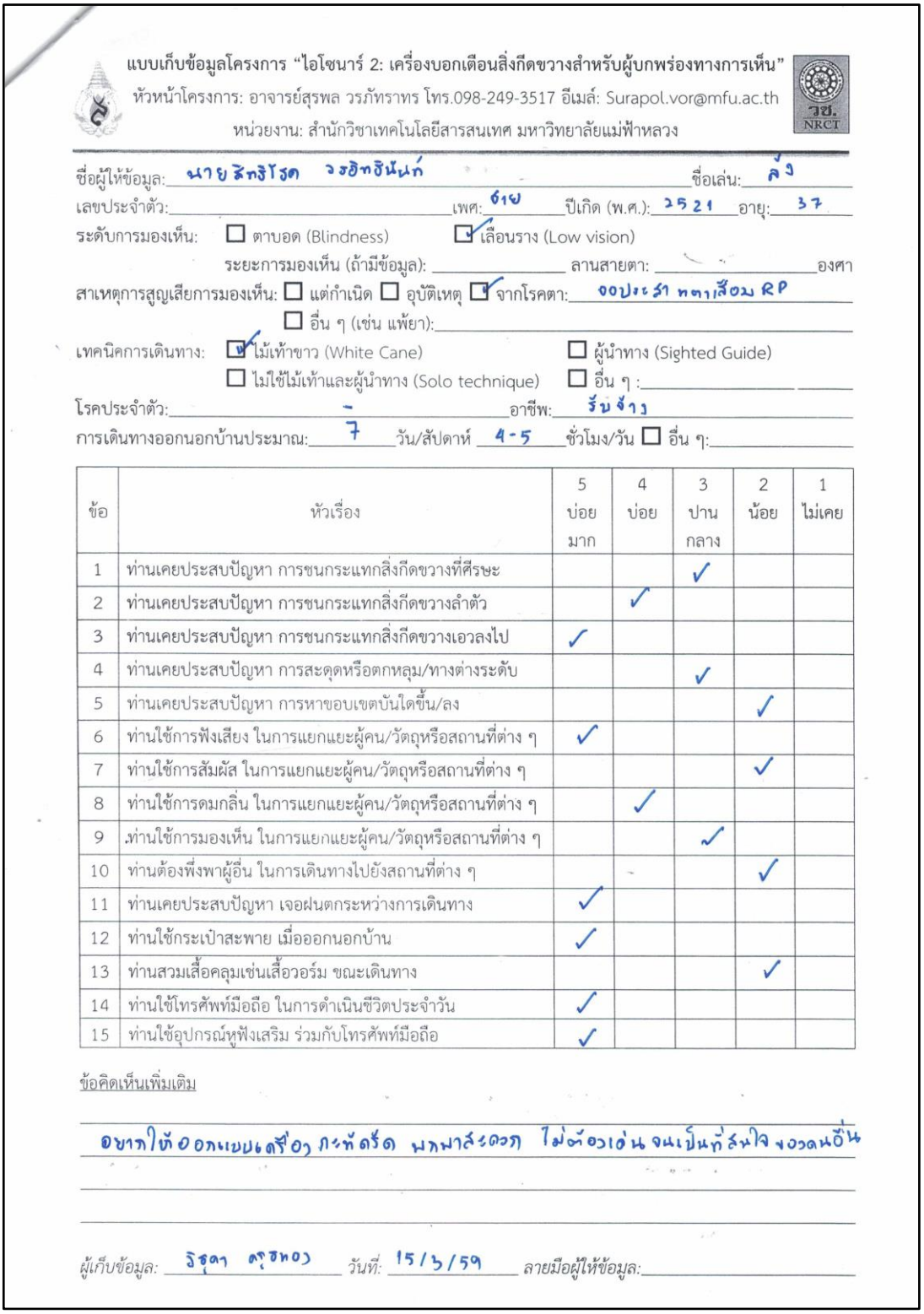
ข้อ	หัวเรื่อง	5 บ่อยมาก	4 บ่อย	3 ปานกลาง	2 น้อย	1 ไม่เคย
1	ท่านเคยประสบปัญหา การชนกระแทกสิ่งกีดขวางที่ศีรษะ					
2	ท่านเคยประสบปัญหา การชนกระแทกสิ่งกีดขวางลำตัว					
3	ท่านเคยประสบปัญหา การชนกระแทกสิ่งกีดขวางเอวลงไป					
4	ท่านเคยประสบปัญหา การสะดุดหรือตกหลุม/ทางต่างระดับ					
5	ท่านเคยประสบปัญหา การหาขอบเขตบันไดขึ้น/ลง					
6	ท่านใช้การฟังเสียง ในการแยกแยะผู้คน/วัตถุหรือสถานที่ต่าง ๆ					
7	ท่านใช้การสัมผัส ในการแยกแยะผู้คน/วัตถุหรือสถานที่ต่าง ๆ					
8	ท่านใช้การดมกลิ่น ในการแยกแยะผู้คน/วัตถุหรือสถานที่ต่าง ๆ					
9	ท่านใช้การมองเห็น ในการแยกแยะผู้คน/วัตถุหรือสถานที่ต่าง ๆ					
10	ท่านต้องพึ่งพาผู้อื่น ในการเดินทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ					
11	ท่านเคยประสบปัญหา เจอฝนตกระหว่างการเดินทาง					
12	ท่านใช้กระเป๋าสะพาย เมื่อออกนอกบ้าน					
13	ท่านสวมเสื้อคลุมเช่นเสื้อวอร์ม ขณะเดินทาง					
14	ท่านใช้โทรศัพท์มือถือ ในการดำเนินชีวิตประจำวัน					
15	ท่านใช้อุปกรณ์หูฟังเสริม ร่วมกับโทรศัพท์มือถือ					

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

_____
_____
_____
_____

ผู้เก็บข้อมูล: _____ *วันที่:* _____ *ลายมือผู้ให้ข้อมูล:*_____

ภาคผนวก 4 <u>ตัวอย่างแบบเก็บข้อมูลวิจัย</u>



แบบเก็บข้อมูลโครงการ "ไอโซนาร์ 2: เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็น"
หัวหน้าโครงการ: อาจารย์สุรพล วรภัทราทร โทร.098-249-3517 อีเมล์: Surapol.vor@mfu.ac.th
หน่วยงาน: สำนักวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ชื่อผู้ให้ข้อมูล: นาย สิทธิโชค วงชัยชันต์ ชื่อเล่น: ลิ้ง
เลขประจำตัว: _____ เพศ: ชาย ปีเกิด (พ.ศ.): 2521 อายุ: 37
ระดับการมองเห็น: ☐ ตาบอด (Blindness) ☑ เลือนราง (Low vision)
ระยะการมองเห็น (ถ้ามีข้อมูล): _____ ลานสายตา: _____ องศา
สาเหตุการสูญเสียการมองเห็น: ☐ แต่กำเนิด ☐ อุบัติเหตุ ☑ จากโรคตา: จอประสาทตาเสื่อม RP
☐ อื่น ๆ (เช่น แพ้ยา): _____
เทคนิคการเดินทาง: ☑ ไม้เท้าขาว (White Cane) ☐ ผู้นำทาง (Sighted Guide)
☐ ไม่ใช้ไม้เท้าและผู้นำทาง (Solo technique) ☐ อื่น ๆ : _____
โรคประจำตัว: - อาชีพ: รับจ้าง
การเดินทางออกนอกบ้านประมาณ: 7 วัน/สัปดาห์ 4-5 ชั่วโมง/วัน ☐ อื่น ๆ: _____

ข้อ	หัวเรื่อง	5 บ่อยมาก	4 บ่อย	3 ปานกลาง	2 น้อย	1 ไม่เคย
1	ท่านเคยประสบปัญหา การชนกระแทกสิ่งกีดขวางที่ศีรษะ			✓		
2	ท่านเคยประสบปัญหา การชนกระแทกสิ่งกีดขวางลำตัว		✓			
3	ท่านเคยประสบปัญหา การชนกระแทกสิ่งกีดขวางเอวลงไป	✓				
4	ท่านเคยประสบปัญหา การสะดุดหรือตกหลุม/ทางต่างระดับ			✓		
5	ท่านเคยประสบปัญหา การหาขอบเขตบันไดขึ้น/ลง				✓	
6	ท่านใช้การฟังเสียง ในการแยกแยะผู้คน/วัตถุหรือสถานที่ต่าง ๆ	✓				
7	ท่านใช้การสัมผัส ในการแยกแยะผู้คน/วัตถุหรือสถานที่ต่าง ๆ				✓	
8	ท่านใช้การดมกลิ่น ในการแยกแยะผู้คน/วัตถุหรือสถานที่ต่าง ๆ		✓			
9	ท่านใช้การมองเห็น ในการแยกแยะผู้คน/วัตถุหรือสถานที่ต่าง ๆ			✓		
10	ท่านต้องพึ่งพาผู้อื่น ในการเดินทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ				✓	
11	ท่านเคยประสบปัญหา เจอฝนตกระหว่างการเดินทาง	✓				
12	ท่านใช้กระเป๋าสะพาย เมื่อออกนอกบ้าน	✓				
13	ท่านสวมเสื้อคลุมเช่นเสื้อวอร์ม ขณะเดินทาง				✓	
14	ท่านใช้โทรศัพท์มือถือ ในการดำเนินชีวิตประจำวัน	✓				
15	ท่านใช้อุปกรณ์หูฟังเสริม ร่วมกับโทรศัพท์มือถือ	✓				

<u>ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม</u>

อยากให้ออกแบบเครื่องกระตุ้นสั่น มากกว่าเสียง ไม่ต้องเอ่น จนเป็นที่รำคาญของคนอื่น

ผู้เก็บข้อมูล: วิชุดา ศุขหอม วันที่: 15/3/59 ลายมือผู้ให้ข้อมูล: _____

ภาคผนวก 5 การตีพิมพ์บทความทางวิชาการนานาชาติ ครั้งที่ 1

Directional Obstacle Warning Device Using Multiple Ultrasonic Transducers for People with Visual Disabilities

Surapol Vorapatratorn
Assistive Technology Research Group
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok, Thailand
surapol.v@student.chula.ac.th

Kulthida Teachavorasinskun
Department of Industrial Design
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Bangkok, Thailand
kulthida.t@chula.ac.th

Nacha Chanwarapha
Department of Ophthalmology
Faculty of Medicine Siriraj Hospital
Mahidol University
Bangkok, Thailand
natchachanwarapha@yahoo.com

Atiwong Suchato
Assistive Technology Research Group
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok, Thailand
atiwong.s@chula.ac.th

Proadpran Punyabukkana
Assistive Technology Research Group
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok, Thailand
proadpran.p@chula.ac.th

ABSTRACT

Though there are various electronic travel aids for people with visual disabilities, target users in some areas may not be able to afford one due to their high cost. This paper proposes a prototype of iSonar-2; a low-cost directional obstacle warning device using multiple ultrasonic transducers with a miniaturized, high performance. To avoid collision, four ultrasonic transducers with 40 kHz are used to detect obstacles within the range of the user's head and the ground, including stairs. iSonar-2 provides directional tactile feedback with six DC motors that vibrate in different position and frequencies, depending on the details of the obstacle's whereabouts and characteristics. The coverage area is 130 cm forward and 100 cm from each side. We evaluated the maximum scanning range and the performance of the system and found that iSonar-2 can reduce the average collision rate to 17.78%.

Categories and Subject Descriptors

K.4.2 [**Computers and Society**]: Social Issues – Assistive technologies for persons with disabilities.

General Terms

Design, Experimentation, Human Factor, People with Disabilities.

Keywords

Visually Impaired, Obstacle Detection, Travel Aid for The Blind.

1. INTRODUCTION

Nowadays, the famous mobility tools for the virtual disabilities are long canes and guide dogs. Unfortunately, these are unable protected their head and upper body from collisions, such as with street signs, bus poles, open windows, tree branches, and fences, including down steps and hole. Various electronic traveling aids (ETAs) [1] including the global positioning system (GPS), lasers, cameras, and ultrasonic waves were used in research and commercial products to solve the aforementioned problems.

There have been some approaches that make use of GPS to localize and navigate the visually impaired in urban environments [2-3], this GPS service is not available in all areas and cannot provide information about the obstacles in front of the visually impaired. The laser distance measurement techniques [4-6], this detection has a limited coverage which is hazardous due to blind spots. A stereo camera vision system to detect potential obstacles in 3D indoor and outdoor scenarios [7], this device needs to be improved upon so that the main components fit into a smaller device. Ultrasonic detection techniques can be classified into two types: an audio feedback and a tactile feedback. The ultrasonic audio feedback devices [8-10]. The disadvantage of these audio feedback is that the visually impaired users cannot access auditory sense in urban scenarios. Regarding the ultrasonic tactile feedback approach [11-13], the user always needs to hold it to scan the environment, too heavy and to ensure its effectiveness, excessive user training is necessary. In addition to these research-led devices some commercial products [14-16], these devices still present some drawback such as limited functionalities, relatively high cost, and limited acceptability.

Having encountered limitations of previous developments, this article presents the prototype of iSonar generation 2nd (iSonar-2); directional obstacle warning device for avoiding head-to-ground levels collision including down steps. The operation of this device is based on four ultrasonic pulse transmitter. By using the six tactile feedback, it represents the collision distance and direction but does not block the user's auditory sense. Key features of iSonar-2 include high performance, low cost, miniaturized hardware and easy to use.

2. MOTIVATION

From our previous work iSonar [17] – an obstacle warning device for avoiding head and upper body collision based on an ultrasonic transducer, using one tactile feedback as shown in Figure 1. Fifteen volunteers with visually impaired (nine males and six females), aged between 20 and 50 years were enrolled to evaluating the iSonar performance and satisfaction for three months.

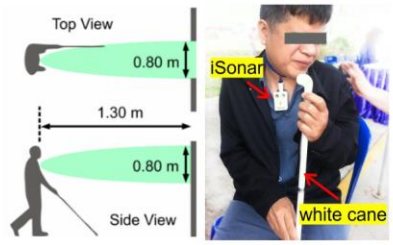


Figure 1. iSonar; our previous work coverage area (left), mounted iSonar with user's chest (right).

The result showed that the lowest satisfaction score is tactile feedback and coverage area detection. Due to some obstacles at different direction and heights that iSonar cannot cover it all. Moreover, users preferred a greater density and direction of tactile response for longer distances and more detection dimensions.

3. OBSTACLE DETECTON METHOD

The reflection of sound waves with an ultrasonic transducer is used in our obstacle detection technique. The ultrasonic transducer transmitter releases a burst of ultrasonic sound waves toward the air and receives a corresponding echo [18]. The echo amplitude also depends on the reflecting material surface and the sound absorption. The distance between the transducer and the object can be calculated by the reflection echo time and the speed of sound in the air, as shown in Equations (1) and (2):

$$V_{sound}(m/s) = 331.3 + (0.606 \times T(^{o}c)) \quad (1)$$

Where V_{sound} is the speed of sound in meters per second, $T(^{o}c)$ is the temperature in the air in degree Celsius. Therefore, every 1°C change of temperature is equal to approximately 60 cm/s change in the speed of sound.

$$D(m) = \frac{V_{sound}(m/s) \times t(s)}{2} \quad (2)$$

Provided that $D(m)$ is the distance between ultrasonic transducer surface and the obstacle in meters, $t(s)$ is the reflection for the ultrasonic burst to travel the distance from the transmitter to the object and back to the receiver in the second unit. Assuming that the speed of sound in air is 347 m/s at room temperature 25.9°c, the time taken for the reflection time is 7.5 ms, since the distance between the sensor surface and the obstacle is 130 cm. Moreover, we can calculate distance between user's body and the edge of down steps in Equations (3):

$$L(m) = \cos(\theta^{o}) \times D(m) \quad (3)$$

The distance measurement diagram is shown in Figure 2. Four modules of US-015 ultrasonic sensor two modules on top zone and two modules on bottom and down steps zone, used to determine distance between obstacle and the sensor, high accuracy and stable reading from 2 cm to 400 cm in effectual angles 45 degree as shown in Figure 4 (left). To start measurement a pulse of high logic for 10 microseconds that is controlled by the microcontroller to the Trig pin of the module, this will initiate the sensor transmitter to transmit 8-cycle ultrasonic burst at 40 kHz square wave signal. When the sensor's receiver detected the reflected of the ultrasonic burst, it will set the Echo pin to high logic and delay for a period which this width represents the time taken for the reflection time. The coverage area top zone is 130 cm length and 100 cm width, bottom zone detection area depends on the user height, shown in Figure 3.

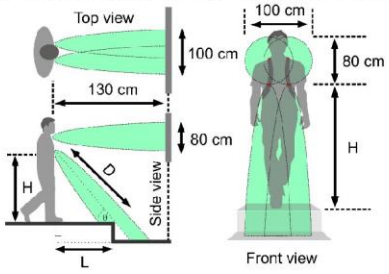


Figure 3. The iSonar-2 detection coverage area.

4. HARDWARE IMPLEMENTATION

The iSonar-2 uses an Arduino Due board based on Atmel© SAM3X8E 32-bit ARM Cortex-M3 84-MHz microcontroller to control the main function. In the first, a pulse of high logic 10 µs are sending to the trigger pin of each ultrasonic sensor modules.

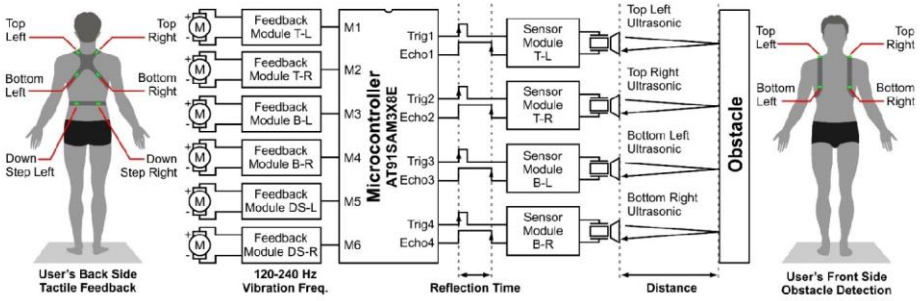


Figure 2. The directional obstacle detection and multiple tactile feedback diagram.

Then, the obstacles distance is calculated from the reflection time that is generated from each US-015's echo pin. For the top sensor module, if the obstacle distance is *less than* 130 cm, the top feedback module will start to vibrate. Next, the bottom sensor module will measure the distance between the bottom sensor and ground level and keep to the user's calibrated value at the first time when the system started. The bottom feedback module will start to vibrate when the bottom measured distance *less than* the calibrated value, the down steps feedback module will start when the measured distance *more than* the calibrated value. The vibration frequency starts at 120 Hz to 240 Hz, depends on distance between the obstacles and user.

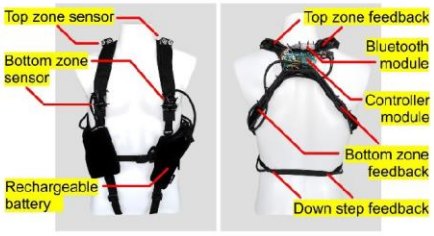


Figure 4. The front size of iSonar-2 component (left), the back side of iSonar-2 component (right).

The iSonar-2 main components of five parts as presented in Figure 4. A controller module is used for processing and controlling the collision warning. Four ultrasonic sensors, which are used to detect obstacles. The six tactile feedback with a 3-volt 80 mA 12,500 rpm vibration motor is used to generate the warning signal. A Tinysine© Bluetooth 2.4 GHz module with 100 meters range used for wireless transmission the measured value from each sensor to PC's observer. The iSonar-2 power consumption without the Bluetooth module is about 1.02 W when used with a rechargeable Ni-Cd 4.8-volt 4,400 mAh. Average battery lift is over 20 hours of continuous use, and 40 hours for standby. Our device is mounted on a user's body by the strap. The weight of iSonar-2 is 526.8 g including the strap and battery.

5. TESTING AND EVALUATION

In order to assess the performance of iSonar-2, a series of experiment were carried out, all tests were conducted in the open air with 25.0 °c. Initially, the maximum range detection of the system was measured. The reference obstacle was placed in front of iSonar-2's sensor with horizontal tile angle $\theta = 0°$ and its distance varied from 0 to 700 cm. In the second experiment, the measurement horizontal tile angle accuracy was determined.

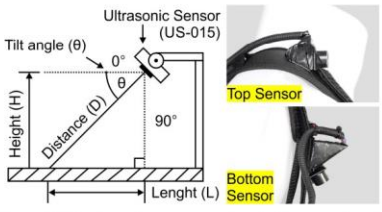


Figure 5. The detection range testing (left), mounting the sensors on user's body (right).

The reference obstacle was placed at a distance = 1 m from iSonar-2 sensor surface and its horizontal tile angle θ was varied from 90° to 0° as shown in Figure 5. The collision testing was evaluated in the last experiment. Ten student volunteers (five males and five females) from Department of Computer Engineering, Chulalongkorn University with the height between 157 and 180 centimeters ($\bar{x} = 167.5$, $\sigma = 6.0$) were enrolled with 50 degree of the bottom zone sensor's horizontal tilt angle and 0 degree for the top zone sensor. Information and instructions on how to use iSonar-2 provided to testers prior to commence the experiment. This information included device coverage area and directional tactile feedback. The test field with obstacles was created that simulated the type of urban environment the visually impaired typically face. The straight walking test field which was 5 meters long and 2 meters wide, contain seven obstacles which were not harmful to testers. These obstacles were randomly posted at seven difference position; top left, top right, both top, bottom left, bottom right, both bottom and down steps level. Collision rate and stopping distance between tester and obstacle were recorded, as shown in Figure 6.

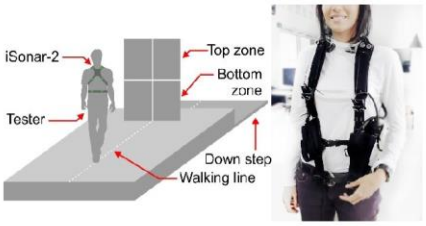


Figure 6. The simulated test field (left), mounting the iSonar-2 on tester (right).

6. RESULTS AND DISCUSSION

The experimental results of measuring accurate distance are shown in Figure 7, the distance measured by iSonar-2 versus the real distance between sensor surface and the obstacle. The results displayed that the maximum measured distance is 504 cm, which the measurement mean square error = 1.76 cm.

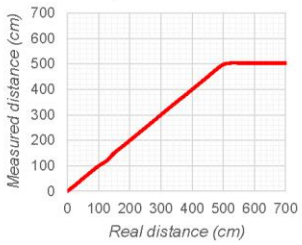


Figure 7. Measurement of distance to the obstacle

The experimental results of measuring the horizontal obstacle tile angle are shown in Figure 8. The stair-like shape due to the fact that when the horizontal tile angle θ less than 45°, the US-015 ultrasonic sensor will reach the limitation of the range and it is not able to measure the exact angular position with a resolution more than effectual angle 45°. Therefore, the obstacle target will be detected as an angular position surfaced more than 45°.

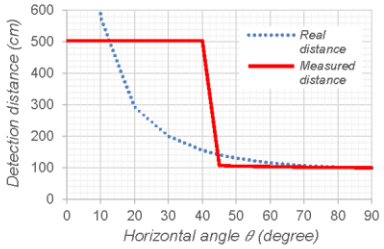


Figure 8. Obstacle's horizontal tile angle measurements.

The result of collision rate and stopping distance from the simulated test field is shown in Table 1. The average collision percentage was calculated from the number of collisions that testers had with the simulated obstacles, divided by number of the number of testers. The average stopping distance was collected by measured the distance between the simulated obstacles and tester's toe.

Table 1. The collision rate and stopping distance.

Obstacle level (n=10)	Average stopping distance (cm)	Average collision percentage (%)
Top zone	60.4	6.67
Bottom zone	22.5	16.67
Down steps	4.45	30.00
Total	**29.12**	**17.78**

Experimental results showed that when the testers used iSonar-2, collisions occurred mostly at the down steps level. Due to a few testers that smaller than 164 cm-height, cannot completely break in time after the down steps tactile feedback stimulated. However, some collisions caused by testers are unable to distinguish the left-right position of the bottom zone tactile feedback.

7. CONCLUSION

In this paper, we propose the prototype of iSonar-2; directional obstacle warning device for the visually impaired and acts as an electronic travel aid. It has been designed keeping in mind the specific problems from our previous work; iSonar. The device can decrease the obstacle collision rates head-to-ground level including down steps to 17.78%. The iSonar-2 is a new assistive technology for serving the visually impaired while travelling, and it should be improvised further. In addition, improvement in the device's detection accuracy should be modified through some universal design techniques aimed at reducing detection error from user's shape, especially with down steps detection. However, long term testing with among of people with disabilities needs to be conducted to examine some possible side effects when the iSonar-2 is in use for long period of time.

8. REFERENCES

[1] R. Velázquez, Wearable Assistive Devices for the Blind, In *Wearable and Autonomous Biomedical Devices and Systems for Smart Environment: Issues and Characterization*, LNEE 75, Springer, 2010, pp 331-349.

[2] Loomis, J., Golledge, R.G., Klatzky, R.L. GPS-Based Navigation Systems for the Visually Impaired. In *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality,* Associates Publishers: Mahwah, NJ, USA, 2001.

[3] Oh, S.M., Tariq, S., Walker, B., Dellaert, F. Map-Based Priors for Localization. In *Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems,* Sendai, Japan, 28 Sep–2 Oct, 2004.

[4] Yuan, D., Manduchi, R. A tool for range sensing and environment discovery for the blind. In *Proc. 2004 Conf. Comput. Vis. Pattern Recogn.Workshop,* Washington, DC, Jun. 27–Jul. 02, vol. 3, pp. 39–39.

[5] Ritz, M., and Koenig, L. Laser technique improves safety for the blind. In *International Newsletter on Micro–Nano Integration,* vol. 5, Oct, 2005, pp. 39–40.

[6] Benjamin, J., Ali, N., and Schepsis, A. A laser cane for the blind. In *Proc. San Diego Biomedical Symposium,* vol. 12, pp. 53–7, 1973.

[7] Rodriguez, A., Yebes, J.J., Alcantarilla, P.F., Bergasa, L.M., Almazán, J., Cela, A. Assisting the Visually Impaired: Obstacle Detection and Warning System by Acoustic Feedback. *Sensors*, vol. 12, 2012, pp. 17476-17496.

[8] Ifukube, T., Sasaki, T., and Peng, C. A blind mobility aid modeled after echolocation of bats. In *IEEE Trans. Biomed. Eng.,* vol. 38, no. 5, May, 1991, pp. 461–465.

[9] Shoval, S., Borenstein, J., and Koren, Y. Mobile robot obstacle avoidance in a computerized travel aid for the blind. In *Proc. 1994 IEEE Robot. Autom. Conf.,* San Diego, CA, May 8–13, pp. 2023–2029.

[10] Aguerrevere, D., Choudhury, M., and Barreto, A. Portable 3D sound / sonar navigation system for blind individuals. Presented at *the 2nd LACCEI Int. Latin Amer. Caribbean Conf. Eng. Technol.* Miami, FL, Jun 2–4, 2004.

[11] Ito, K., Okamoto, M., Akita, J., Ono, T., Gyobu, I., Tagaki, T., Hoshi, T., and Mishima, Y. CyARM: An alternative aid device for blind persons. In *Proc. CHI05,* Portland, OR, Apr. 2–7, 2005, pp. 1483–1488.

[12] M. Bouzit, A. Chaibi, K. J. De Laurentis, and C. Mavroidis. Tactile feedback navigation handle for the visually impaired. Presented at *the 2004 ASME Int. Mech. Eng. Congr. RD&D Expo.,* Anaheim, CA, Nov 13–19, 2004.

[13] Shah, C., Bouzit, M., Youssef, M., and Vasquez, L. Evaluation of RU-netra– tactile feedback navigation system for the visually impaired. In *Proc. Int. Workshop Virtual Rehabil.,* New York, 2006, pp. 71–77.

[14] GDP Research, Australia. (2015, Feb 14). [Online]. Available: http://www.gdp-research.com.au/

[15] Bay Advanced Technologies Ltd. (2015, Feb 14). [Online]. Available: http://www.batforblind.co.nz/index.htm

[16] Nurion-Raycal. (2015, Feb 14). [Online]. Available: http://www.lasercane.com/

[17] Vorapatratorn, S., Nambunmee, K. iSonar: An Obstacle Warning Device for the Totally Blind, *Journal of Assistive, Rehabilitative & Therapeutic Technologies 2014*, 2: 23114, eISSN 2001-6824, vol. 2, Jun , 2014, pp. 1-6.

[18] Murugavel, R. Ultrasonic Distance Measurement with the MSP430. In *Texas Instruments Application report,* Oct. 2001. pp. 1–4.

ภาคผนวก 6 การตีพิมพ์บทความทางวิชาการนานาชาติ ครั้งที่ 2

iSonar-2: Obstacle Warning Device, the Assistive Technology Integrated with Universal Design for the Blind

Kulthida Teachavorasinskun
Department of Industrial Design
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Bangkok, Thailand
kulthida.t@chula.ac.th

Surapol Vorapatratorn
Department of Computer Engineering
School of Information Technology
Mae Fah Luang University
Chiang Rai, Thailand
surapol.vor@mfu.ac.th

ABSTRACT

The iSonar-2 is a wearable travel aids product for the blind and visually impaired which aims to prevent the anterior collision from head to lower body of the user. This paper proposes a prototype of iSonar-2; an affordable directional obstacle warning device using multiple ultrasonic transducers with the optimum miniaturized, high performance features. To avoid the collision, three ultrasonic transducers with 40 kHz are used to detect obstacles within the range of the user's head and the ground, including stairs. The iSonar-2 provides directional tactile feedback with three DC motors that vibrate in different position and frequencies, depending on the details of the obstacle's whereabouts and characteristics. The coverage areas are 130 cm and 100 cm anterior and lateral respectively. The design development objective is to enhance the usability with more accurate detection of environment as well as product pleasurable appearance for users.

Categories and Subject Descriptors

K.4.2 [**Computers and Society**]: Social Issues – Assistive technologies for persons with disabilities.

General Terms

Design, Experimentation, Human Factor, People with Disabilities.

Keywords

Visually Impaired, Obstacle Detection, Travel Aid for The Blind, Assistive Technology Design.

1. INTRODUCTION

In 2012, the first generation of the iSonar as travel aids were made and donated to approximate a hundred of the visually impaired in Thailand who commute to work on daily basis with white cane [1-2]. The main purpose was to provide the surrounding information with vibration signals while traveling which perceivable by only the user. The users' feedbacks and comments on the result after experiencing the uncertainty of information according to the device features led to the continuous development of the second generation three years later.



Figure 1. iSonar-2 metaphoric position as the user's eyes

The iSonar-2; directional obstacle warning device for avoiding head-to-ground levels collision including down steps, defined as Assistive Technology Design product, was proposed to gain more user's usability in daily life. The operation of this device is based on three ultrasonic transmitters. By using the 2-sensor-tactile feedback at the left-right ears position, it communicates the collision distance and direction but does not block the user's auditory sense, a signal-tactile feedback attached at mid-body allow the user to comprehend overall circumstances. The five key attributes of iSonar-2 are; i.e., high performance, affordable price, miniaturized hardware, user friendly and pleasurable design.

2. ASSISTIVE PRODUCT DESIGN

The iSonar2, which is categorized according to the design for quality of life technology [3-4] as assistive technology device, is used to increase, maintain, or improve functional capabilities of individuals with disabilities. The design objective is to promote the independent living of user, as supporting tool for traveling that formerly difficult or unable to accomplish, by providing additional accessibility that interact with technology to individuals. The 7 Universal Design principles with 3 additional Product Performance Program, proposed as UD + PPP [5-6] provides the design consideration factors for user, manufacturer and social concern aspects. The UD principles describing characteristics that make designs universally usable are, equitable use, flexibility in use, simple and intuitive use, perceptible information, tolerance for error, low physical effort, and lastly, size and space for approach and use. The PPP are the system for design evaluation developed by concept and technology of UD, consist of 3 criteria as, the product durability and production economics, 2. the product quality and aesthetics, and 3. people's health and the natural environment.

3. DESCRIPTION OF THE APPROACH

The development of iSonar-2 was iteratively conducted in three procedures. The first step was the users' requirement specification based on user research. The second was the implementation of general morphological analysis incorporated with assistive technology design and universal design. The last was the usability assessment.

3.1 Users' Requirement Specification

The user requirement definitions were based on the comments and feedback from the 1st generation iSonar users recruited by the Thailand Association of the Blind. The volunteers were interviewed with regard to satisfaction level of using iSonar. The data were collected using a standard 5-point Likert-scale (1=poor, 2=fair, 3=average, 4=good, 5=excellent). The evaluation factors included distance detection ability, tactile feedback, user friendliness, accuracy, shape and size, and cost. The results were concluded as the following. The key requirement specifications are accuracy, portability, user friendliness, and low cost. The first requirement of product accuracy based on the purpose that the device must be responsive to obstacles. A typical walking speed of the visually impaired is approximately 1 m per second and they require a reaction time of 1.5 s. As stated in previous design, the maximum distance for detection should not be more than 1.5 m for avoiding a collision. Portability is another critical issue. The device should be securely worn or attach to a part of user's body at a specific location, to provide the accurate information and the ability of using both hands for other devices, e.g., white cane, mobile phone or handrail. The ergonomically requirements relevant to portability were weight and shape for long period of use in daily life [7]. The third key requirement is the user preference towards a friendly electronics device. It should be easy to use, and its battery should retain charge for at least a week. The last key requirement is that the product must be reasonably priced for affordability. The identification of user requirements in this stage led to the establishing of a comprehensive product design specification PDS for design development and production [8].

3.2 General Morphological Analysis incorporated with Assistive Technology Design and Universal Design Implementation

The iSonar2 design started with the product definition as wearable electronics device, the inside-out approach concerned with the function allocation, and the specification of the hardware implementation internal dimension and the external dimension for body part, in order to optimize the availability of features under usage requirements. The design development based on schematic design generated by the General Morphological Analysis GMA technique incorporated with the Assistive Technology Design and Universal Design Principle. The concept of GMA was employed as a method for problem definition and the structuring of ideation within the range of relevant conditions or constraints [9-10]. The iterative design testing executed by numerous conceptual sketch designs paralleled with paper prototypes which represent as the mock-up of form, size, weight, and usability feature. The allocation of function on body part and the task perform for traveling were pair wise compared. The optimum design solution was selected by user requirement criteria for the target user and manufacturing condition.

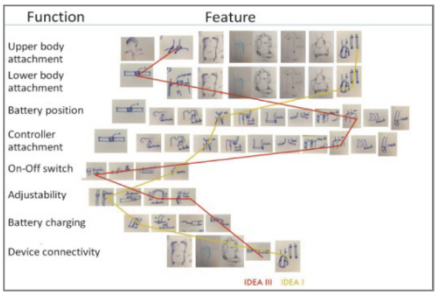


Figure 2. iSonar-2 General Morphological Analysis Chart

Schematic Design framework: By applying the Assistive Technology Design ATD integrated with Universal Design, this technology-and-user-driven product responses to the visually impaired in Thai society. The five design consideration factors are; utility, appearance, maintenance, affordable, and perceptible information of product. The Product Specification PS consisted of three fundamental elements as; requirement specification, design criteria, and desirable features. The specification defined the appropriate physical and psychological functions, while the design criteria were employed to evaluate the design alternatives. The desirable features provided the product image solutions without overpricing according to the manufacturing condition and marketability.

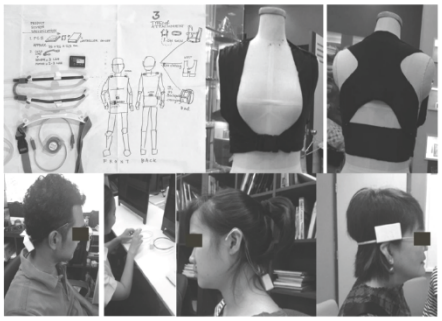


Figure 3. iSonar-2 Schematic Design and Usability Testing Mock-up

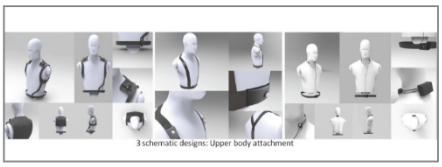


Figure 4. iSonar-2 Three Schematic Designs with optimum features

Hardware Implementation: The echo amplitude also depends on the reflecting material surface and the sound absorption. The distance between the transducer and the object can be calculated by the reflection echo time and the speed of sound in the air, as shown in Equations (1) and (2):

$$V_{sound}(m/s) = 331.3 + (0.606 \times T(^{\circ}c)) \quad (1)$$

Where V_{sound} is the speed of sound in meters per second, $T(^{\circ}c)$ is the temperature in the air in degree Celsius. Therefore, every 1°C change of temperature is equal to approximately 60 cm/s change in the speed of sound.

$$D(m) = \frac{V_{sound}(m/s) \times t(s)}{2} \quad (2)$$

Provided that $D(m)$ is the distance between ultrasonic transducer surface and the obstacle in meters, $t(s)$ is the reflection for the ultrasonic burst to travel the distance from the transmitter to the object and back to the receiver in the second unit. Assuming that the speed of sound in air is 347 m/s at room temperature 25.9°c, the time taken for the reflection time is 7.5 milliseconds, since the distance between the sensor surface and the obstacle is 130 centimeters. Moreover, we can calculate distance between user's body and the edge of down steps in Equations (3):

$$L(m) = \cos(\theta^{\circ}) \times D(m) \quad (3)$$

Four modules of US-015 ultrasonic sensor two modules on top zone and two modules on bottom and 1 module for down steps zone, used to determine distance between obstacle and the sensor, high accuracy and stable reading from 2 cm. to 400 cm. in effectual angles 45. To start measurement a pulse of high logic for 10 microseconds that is controlled by the microcontroller to the Trig pin of the module, this will initiate the sensor transmitter to transmit 8-cycle ultrasonic burst at 40 kHz square wave signal. When the sensor's receiver detected the reflected of the ultrasonic burst, it will set the Echo pin to high logic and delay for a period which this width represents the time taken for the reflection time. The coverage area top zone is 130 cm length and 100 cm width, bottom zone detection area depends on the user height, shown in Figure 5.

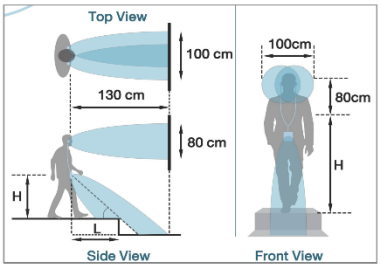


Figure 5. The iSonar-2 detection coverage area

3.3 Usability Assessment

Usability Matrix for design assessment offers the final design the core function of physical requirement as wearable device, and emotional requirement as technology device that assure the safety in traveling without disturbing other. Moreover, the lifestyle gadget appearance enables the user to be perceived as ordinary traveler. The usability chart consists of each function design objective interpreted into feature, details of dimension and properties of hardware implementation, material, and cost. The information will be further submitted to manufacturing party for marketability strength improvement.

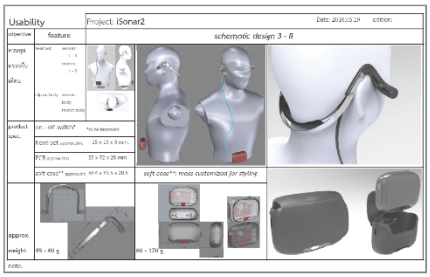


Figure 6. The Usability Chart for each Schematic Design

The optimum design of iSonar2 are, left-right ear attachment part connect to controller attachment at mid-body. The dimension and weight of the miniaturized sensor and motor allow the shape and weight as an all day long wearable device. The curve of ear attachment designs were tested with the volunteer subjects both genders, ages from 19 to 52 years old. The controller attachment consists of sensor, motor, PCB, and battery. The attach method is clipping that allow the user to adjust according to the attire.

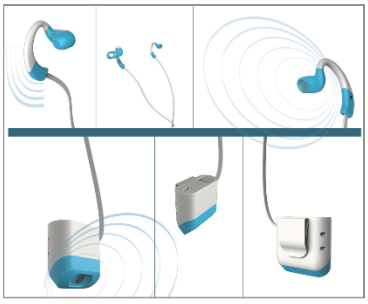


Figure 7. The front size of iSonar-2 component (left), the back side of iSonar-2 component (right).



Figure 8. Mounting the iSonar-2 on user.

4. EVALUATION AND DISCUSSION



Figure 9. Mounting the iSonar-2 on testers.

The evaluation of iSonar2 conducted within laboratory conditions, the distant and obstacle simulated based on the calculated pace of users. The information and usage instructions provided to 6 testers prior to commence the experiment. This information included device coverage area and directional tactile feedback. The position of device also differs due to the body dimension of testers. The calibration of angle of ear attachment is needed at the beginning. The device learnability of ear attachment and control are varied due to the tester hairstyle and attire.

5. CONCLUSION

The prototype of iSonar-2; directional obstacle warning device for the visually impaired operates as an electronic travel aids. The development of technology plays greater part as the reduction of size and weight with optimum performance providing more of the alternative design solutions. The subculture aspect also shown in open interview due to gender as Thai females are less preferred the wearable device attach to upper body at breast region. The marketability was considerably strengthened due to the 3D printing technology that enables the design customization in color and size. The potential of affordable price and pleasurable appearance are achieved and response to the requirement of the target users.

6. ACKNOWLEDGMENTS

The iSonar-2 project financial support was granted by "National Research Council of Thailand (NRCT)" the fiscal year 2015-2016. The iSonar-2 is now patent pending under joint patent ownership agreement of three holders, the Chulalongkorn University Intellectual Property Institute, the Mae Fah Luang University, and the National Research Council of Thailand.

7. REFERENCES

[1] Vorapatratorn, S., Nambunmee, K. iSonar: An Obstacle Warning Device for the Totally Blind, i-CREATe'13 Proceedings of the 7th International Convention on Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Article No. 57

[2] Vorapatratorn, S., Nambunmee, K. iSonar: An Obstacle Warning Device for the Totally Blind, *Journal of Assistive, Rehabilitative & Therapeutic Technologies 2014*, 2: 23114, eISSN 2001-6824, vol. 2, Jun, 2014, pp. 1-6.

[3] Schulz, R. Quality of Life Technology Handbook. CPR Press, 2013

[4] Hersh MA. 2010. The Design and Evaluation of Assistive Technology Products and Devices Part 1: Design. In: JH Stone, M Blouin, editors. International Encyclopedia of Rehabilitation. [cited 2014 Oct 16] Available from: http://cirrie.buffalo.edu/encyclopedia/en/article/309/]

[5] Steinfeld, E. and Maisel, J. L. *Universal Design: Creating a More Inclusive World.* Hoboken, NJ: Wiley, 2012

[6] Nakagawa S. ユニバサルデザイン実践マニュアル *UD* の教科書. *(Universal Design Practice Manual, UD teaching material)* Nikkei BP, 2005 [in Japanese]

[7] Kroemer Karl H.E. 'Extra-Ordinary' Ergonomics: How to Accommodate Small and Big Persons, The Disabled and Elderly, Expectant Mothers, and Children (Ifes Issues in Human Factors and Ergonomics). CRC Press. Roozenburg, 2006.

[8] Milton, A., Rodgers, P. *Research Methods for Product Design (Portfolio skills Product Design)* Laurence King Publishing, 2013

[9] Álvarez A., and Ritchey T. *Applications of General Morphological Analysis From Engineering Design to Policy Analysis.* AMG Vol. 4 No. 1 (2015) [Online]. Accessed 18 May 2016. Available from http://www.amg.swemorph.com/pdf/amg-4-1-2015.pdf

[10] *Morphological Analysis* [Online]. Accessed 18 May 2016. Available from http://npdbook.com/engineering-concepts/function-structure-diagram/conceptual-design/morphological-analysis/

[11] Oh, S.M., Tariq, S., Walker, B., Dellaert, F. Map-Based Priors for Localization. In *Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems,* Sendai, Japan, 28 Sep–2 Oct, 2004.

[12] Yuan, D., Manduchi, R. A tool for range sensing and environment discovery for the blind. In *Proc. 2004 Conf. Comput. Vis. Pattern Recogn.Workshop,* Washington, DC, Jun. 27–Jul. 02, vol. 3, pp. 39–39.

[13] Ritz, M., and Koenig, L. Laser technique improves safety for the blind. In *International Newsletter on Micro–Nano Integration,* vol. 5, Oct, 2005, pp. 39–40.

[14] Benjamin, J., Ali, N., and Schepsis, A. A laser cane for the blind. In *Proc. San Diego Biomedical Symposium,* vol. 12, pp. 53–7, 1973.

[15] Rodríguez, A., Yebes, J.J., Alcantarilla, P.F., Bergasa, L.M., Almazán, J., Cela, A. Assisting the Visually Impaired: Obstacle Detection and Warning System by Acoustic Feedback. *Sensors*, vol. 12, 2012, pp. 17476-17496.

[16] Ifukube, T., Sasaki, T., and Peng, C. A blind mobility aid modeled after echolocation of bats. In *IEEE Trans. Biomed. Eng.,* vol. 38, no. 5, May, 1991, pp. 461–465.

[17] Shoval, S., Borenstein, J., and Koren, Y. Mobile robot obstacle avoidance in a computerized travel aid for the blind. In *Proc. 1994 IEEE Robot. Autom. Conf.,* San Diego, CA, May 8–13, pp. 2023–2029.

[18] Aguerrevere, D., Choudhury, M., and Barreto, A. Portable 3D sound / sonar navigation system for blind individuals. Presented at *the 2nd LACCEI Int. Latin Amer. Caribbean Conf. Eng. Technol.* Miami, FL, Jun 2–4, 2004.

ภาคผนวก 7 การตีพิมพ์บทความทางวิชาการนานาชาติ ครั้งที่ 3


การสัมมนาวิชาการระดับชาติด้านคนพิการ
ครั้งที่ 10
NCPD2018
10th
การขับเคลื่อนสู่สังคมยั่งยืน
เพื่อคนทั้งมวล
Moving towards
Sustainable Society
for All
PROCEEDINGS
th Ratchasuda
INTERNATIONAL CONFERENCE
on Disability
2018
สวทช
NSTDA
จัดโดย กรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ
กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ ร่วมกับ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ภายใต้การสนับสนุนจาก กองทุนส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ



ลำดับบทความ / หัวข้อวิจัย / ชื่อเรื่อง	เวลา (น.)
UD-008 NCPD2018-0065 "แนวทางการออกแบบปรับปรุงท่าเรือท่องเที่ยวสำหรับคนทั้งมวล ท่าเรือวัดปรมัยยิกาวาส เกาะเกร็ด จังหวัดนนทบุรี Universal Design Guidelines for Improving The Tourist Pier at Wat Poramaiyikawas, Koh Kret Nonthaburi Province"	15.00-15.15
UD-009 NCPD2018-0071 "การออกแบบบรรจุภัณฑ์โลชั่นกันยุง ตรา เอฟตี้ โดยแนวคิดการออกแบบเพื่อมวลชน Packaging Design of EAFTY Mosquito Repellent Lotion with Universal Design Concepts"	15.15-15.30
UD-010 NCPD2018-0034 "การวิเคราะห์คุณลักษณะโมบายแอพพลิเคชั่นเพื่อรองรับการใช้งานธุรกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของผู้พิการและผู้สูงอายุ An Analysis of Mobile Application Features to Support the Use of Electronic Transactions for the Disabled and the Elderly" (กึ่งวิชาการ)	15.30-15.45
IP-001 NCPD2018-0041 "การออกแบบโต๊ะทำครัวสำหรับผู้พิการทางการเคลื่อนไหวที่นั่งวีลแชร์ Kitchen Table Design For Disability Movement Person Who Use The Wheelchair"	15.45-16.00
IP-003 NCPD2018-0044 "แผนธุรกิจสำหรับนวัตกรรมผลิตภัณฑ์เก้าอี้ย้ายตัวจุฬาฯ A Business Plan for the Innovation of “CU-Transfer Chair”"	16.00-16.15
IP-004 NCPD2018-0052 "การออกแบบสภาพแวดล้อมสำหรับที่พักอาศัยแบบรวมของผู้สูงอายุ: จากงานวิจัยสู่การปฏิบัติ A Universal Integrated Living Environment Design for the Elderly: Research Applied in Practice"	16.15-16.30
IP-005 NCPD2018-0079 "ไอโซนาร์ 2: เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็น iSonar-2: An Obstacle Warning Device for the visually impaired"	16.30-16.45

***บทความดีเยี่ยม**

IP-005

งานสัมมนาวิชาการระดับชาติด้านคนพิการ ครั้งที่ 10 ประจำปี 2561
The 10th National Conference on Persons with Disabilities

ไอโซนาร์ 2: เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็น
iSonar-2: An Obstacle Warning Device for the visually impaired

สุรพล วรภัทราทร
Surapol Vorapatratorn
School of Information Technology,
Mae Fah Luang University, Chiang Rai
Tel. 0-5391-6741 Fax. 0-5391-6741 E-mail: Surapol.vor@mfu.ac.th

1. บทคัดย่อ

ไอโซนาร์-2 คือ อุปกรณ์บอกเตือนสิ่งกีดขวางซึ่งทำให้ผู้พิการทางสายตาสามารถหลบหลีกวัตถุที่อยู่ระหว่างเท้าจนถึงศีรษะได้ ในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการสร้างต้นแบบเครื่อง ไอโซนาร์-2 ซึ่งออกแบบจากความต้องการของผู้พิการทางสายตาในประเทศไทย สำหรับการตรวจจับสิ่งกีดขวางใช้ ตัวรับส่งคลื่นเสียงอัลตราโซนิค จำนวนสามตัวความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ มีระยะการทำงาน 130 เซนติเมตรด้านหน้าและ 100 เซนติเมตรด้านข้างลำตัวของผู้พิการ ตรวจจับตั้งแต่พื้นจนถึงศีรษะรวมถึงสามารถตรวจจับหลุมหรือขั้นบันไดได้ด้วย สำหรับการบอกเตือนสิ่งกีดขวางใช้มอเตอร์สั่นจำนวนสามจุดเพื่อที่จะบอกตำแหน่งของสิ่งกีดขวาง ตำแหน่งและระยะทางต่าง ๆ ทั้งนี้นอกจากประสิทธิภาพที่ดีแล้ว ไอโซนาร์-2 ยังมีรูปลักษณ์ที่ถูกใจและเป็นมิตรกับผู้พิการทางสายตาอีกด้วย

คำสำคัญ: ผู้พิการทางสายตา; การตรวจจับสิ่งกีดขวาง; อุปกรณ์นำทางสำหรับคนตาบอด;

Abstract

iSonar-2 is obstacle warning device which allow the blind and visually impaired avoid dangerous objects from user's head to lower body. This research proposes a prototype of iSonar-2; a low-cost directional obstacle warning device using multiple ultrasonic transducers with a miniaturized, high performance. To avoid collision, three ultrasonic transducers with 40 kHz are used to detect obstacles within the range of the user's head and the ground, including stairs. iSonar-2 provides directional tactile feedback with 3 DC motors that vibrate in different positions and frequencies, depending on the details of the obstacle's whereabouts and characteristics. The coverage area is 130 cm forward and 100 cm from each

side which makes iSonar-2 more practicable and provides accurate awareness for users in tough and pleased in appearance.

Keywords: Visually impaired; Obstacle detection; Travel aid for the blind;

2. ความเป็นมาและความสำคัญ

จากข้อมูลการสำรวจทางระบาดวิทยาของโรคตาที่เป็นสาเหตุของสภาวะบกพร่องทางการเห็น และโรคตาที่เป็นปัญหาสาธารณสุขในประเทศไทย ครั้งที่ 1 พ.ศ.2549-2550 พบว่า อัตราการชุกจากการปรับโดยอายุและเพศของผู้ที่บกพร่องทางการมองเห็น ประมาณการณ์ว่า ประเทศไทยมีผู้ บกพร่องทางการมองเห็นแบ่งเป็น คนตาบอด 369,013 ราย และคนสายตาเลือนราง 987,993 ราย จากสายตาผิดปกติโดยไม่มีแว่นตาใส่เป็นสาเหตุอันดับหนึ่ง สาเหตุรองลงมา จากโรคต้อกระจก โรคต้อหิน โรคจุดศูนย์กลางจอประสาทตาเสื่อม โรคเบาหวานในจอประสาทตา ประสาทตาตาย ตาเหล่ และตาขี้เกียจ ซึ่งความบกพร่องทางการเห็นนี้เพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น จากการได้รับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับดวงตา การสูญเสียทางการเห็นเหล่านี้ส่งผลให้ผู้บกพร่องทางการเห็นไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้เช่นคนปกติอีกต่อไป เกิดความไม่มั่นใจในตัวเอง และมักประสบปัญหาการเดินชนกระแทกสิ่งกีดขวางระดับต่าง ๆ ในระหว่างการเดินทาง สำหรับงานวิจัยเดิมของผู้ทำวิจัย คือ ไอโซนาร์ เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางด้วยคลื่นอัลตราโซนิค (Vorapatratorn S., 2014) เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบโดยใช้ความต้องการจากผู้ใช้งานคือผู้บกพร่องทางการเห็นเป็นฐาน บอกเตือนสิ่งกีดขวางระดับเอวถึงศีรษะในระยะ 130 เซนติเมตรด้วยระบบสั่น สำหรับปัญหาของ iSonar จากการที่ให้ผู้บกพร่องทางการเห็นในประเทศไทยจำนวน 250 คนทดสอบการใช้งานจริง (มีนาคม 2556 – พฤศจิกายน 2557) พบว่า ผู้ใช้ยังคงเดินชนสิ่งกีดขวางในระดับ ศีรษะ ช่วงไหล่และช่วงเอวลงไป และจากปัญหาขนาดรูปร่างของผู้ใช้งานที่ไม่เท่ากันบางคนอ้วนหรือมีช่วงไหล่กว้างเกินกว่าที่ตัวเครื่องตรวจจับ ไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าต้องหลบสิ่งกีดขวางไปทางใดทำให้เสียเวลาหาเส้นทาง และการใช้งานไม่สะดวกเนื่องจากการใช้สายคล้องคอทำให้อุปกรณ์แกว่งหมุนบิดไปมา ทำให้หันหน้าตัวเครื่องผิดด้านบ้าง สั่นไม่โดนผู้ใช้บ้าง, ผู้ใช้งานมีการรับรู้ทางการสัมผัสไม่เท่ากัน บางคนใช้แล้วรู้สึกว่าการสั่นเตือนน้อยเกินไปหรือมากเกินไป และรูปลักษณ์ของอุปกรณ์ที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ใช้

งานวิจัยนี้จึงเสนอ ไอโซนาร์ 2: เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็น ออกแบบโดยใช้ความต้องการจากผู้ใช้งานคือผู้บกพร่องทางการเห็นเป็นฐาน ซึ่งสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางด้านหน้าของผู้ใช้งานได้แบบสามมิติ บอกเตือนสิ่งกีดขวางตั้งแต่ระดับเท้าจนถึงระดับศีรษะของผู้ใช้งาน ด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิคความถี่ 40 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งทำงานร่วมกันสี่ตัว (Quad-Ultrasonic Transducer) ในการตรวจหาสิ่งกีดขวางได้ทั้งสามมิติ (ความสูง, ความกว้าง, ความลึก) บอกตำแหน่งสิ่งกีดขวางด้วยระบบสั่นแบบสัมผัสคู่ (Dual-Tactile Feedback) ประสิทธิภาพความแม่นยำสูง มีความปลอดภัย, แข็งแรงทนทาน มีความ

สะดวกสบายในการใช้งาน รูปลักษณ์เป็นที่น่าพึงพอใจของผู้ใช้ ในราคาอันสมควร ได้รับการยอมรับจากผู้ใช้งานทั้งด้านประสิทธิภาพและการออกแบบ

3. วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาอุปกรณ์บอกเตือนสิ่งกีดขวางขวางระดับเท้าจนถึงศีรษะสำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น โดยใช้หลักการตรวจจับวัตถุด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิค บอกเตือนสิ่งกีดขวางที่เกิดจากทิศทางต่าง ๆ ด้วยระบบสั่นแบบสัมผัส ด้วยประสิทธิภาพความแม่นยำสูง, มีความปลอดภัย, แข็งแรงทนทาน, ใช้งานง่ายได้อย่างสะดวกสบาย และมีรูปลักษณ์เป็นที่น่าพึงพอใจของผู้ใช้งาน

4. กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตรวจจับสิ่งกีดขวางที่ไม่มีการดูดซับคลื่นเสียง ได้ตั้งแต่ระดับเท้าจนถึงศีรษะของผู้ใช้งาน ตรวจจับด้านหน้าในระยะ 130 เซนติเมตร ด้านกว้างระยะประมาณหนึ่งช่วงไหล่ 100 เซนติเมตร ใช้ในสภาพอากาศและอุณหภูมิปกติเท่านั้น (ในอุณหภูมิประมาณ 25-40 องศาเซลเซียส) หลีกเลี่ยงการใช้งานเมื่อฝนตก ใช้ได้ในผู้บกพร่องทางการมองเห็น สายตาเลือนราง จนถึงตาบอด

5. วิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับขั้นตอนการออกแบบเครื่อง ไอโซนาร์-2 นั้น ใช้หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับผู้พิการตามหลักมาตรฐานการออกแบบของ (Lewis, 1985) ซึ่งกำลังเป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ออกแบบ ผลิตภัณฑ์สำหรับผู้พิการทั่วโลก สำหรับขั้นตอนการออกแบบนี้แบ่งเป็นสี่ขั้นตอน ขั้นตอนแรก คือขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากผู้ใช้งาน (Gathering requirements) เพื่อที่จะเรียนรู้ความต้องการของผู้ใช้งานจัดปัญหาในชีวิตประจำวันที่เกิดขึ้นและพฤติกรรมของผู้ใช้ส่วนใหญ่ ส่วนขั้นตอนที่สองคือการ นำองค์ความรู้ที่มีอยู่และความต้องการของผู้ใช้งานมาออกแบบผลิตภัณฑ์เบื้องต้น ขั้นตอนที่สาม คือการนำต้นแบบเบื้องต้นนำไปให้ผู้ใช้งานกลุ่มเล็ก ๆ ได้ลองใช้จริง ส่วนขั้นตอนสุดท้ายคือการปรับปรุงรูปแบบผลิตภัณฑ์จากข้อติชมของผู้ใช้งานเบื้องต้น

5.1 การเก็บข้อมูลความต้องการจากผู้ใช้งาน สำหรับการศึกษาเก็บข้อมูลความต้องการจากผู้ใช้งาน (Specific Requirement) ผู้วิจัยได้ศึกษาและเก็บข้อมูลปัญหาจากผู้บกพร่องทางการเห็น โดยใช้เทคนิคการสัมภาษณ์และตอบแบบสอบถามโดยแบ่งการเก็บข้อมูลเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก คือ การเก็บข้อมูลด้านปัญหาข้อจำกัดในการใช้ชีวิตประจำวันจากผู้พิการทางสายตาเพื่อการออกแบบการทำงานหลักของระบบ โดยทีมผู้เชี่ยวชาญจากคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล ส่วนที่สอง คือ เก็บข้อมูลด้านการออกแบบด้วยการสัมภาษณ์ สังเกตและบันทึกภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวการทดสอบต้นแบบการใช้งานเบื้องต้น โดยทีมผู้ออกแบบรูปลักษณ์อุปกรณ์จากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 1 การเก็บข้อมูลความต้องการจากผู้พิการทางสายตา ณ คณะแพทยศาสตรศิริราชพยาบาล

การเก็บข้อมูลทั้งหมดใช้กลุ่มตัวอย่าง 100 คนจากการแบ่งกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิสามกลุ่ม (Stratified Random Sampling) จากอัตราส่วนจำนวนประชากรผู้บกพร่องทางการเห็นไทย 123,157 คน (สำรวจโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2557) กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างดังสมการที่ 1

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \qquad \text{(สมการที่ 1)}$$

โดยที่ n = ขนาดกลุ่มตัวอย่าง, N = ขนาดประชากรทั้งหมด, e = ค่าความคลาดเคลื่อน โดยในที่นี้กำหนดไว้เท่ากับ 0.10 หรือ 10% แบ่งชั้นภูมิเป็นสามกลุ่มตามลักษณะความพิการและช่วงวัย จากการคำนวณจากสมการดังกล่าวสรุปได้ว่าต้องใช้ผู้กลุ่มตัวอย่างจำนวนขั้นต่ำ 100 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มสายตาเลือนรางขั้นต่ำจำนวน 60 คน, กลุ่มตาบอดสนิทขั้นต่ำ จำนวน 40 คน และจากการเก็บข้อมูลจริงขณะทำวิจัยสามารถเก็บข้อมูลจากผู้พิการทางสายตาได้ 112 คน ค่าเฉลี่ยอายุอยู่ที่ 37.3 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 16.27 โดยมีจำนวนผู้พิการสายตาเลือนราง 67 คน ผู้พิการตาบอดสนิท 45 คน ผลการเก็บข้อมูลแสดงดังตารางที่ 1 ถึง ตารางที่ 3.6

ตารางที่ 1 จำนวนผู้พิการทางสายตาผู้ให้ข้อมูลโดยแบ่งตามเพศและระดับการมองเห็น (n = 112)

ระดับการมองเห็น/เพศ	ชาย	หญิง	รวม
บอดสนิท	23	22	45
เลือนราง	30	37	67
รวม	53	59	112

ตารางที่ 2 ผลสำรวจระยะเวลาการเดินทางออกนอกบ้านของผู้พิการทางสายตา

การเดินทางออกนอกบ้าน	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.
วัน/สัปดาห์	1	7	4.45	1.95
ชั่วโมง/วัน	1	14	4.78	2.75

ตารางที่ 3 ผลสำรวจเทคนิคที่ใช้ในการเดินทางของผู้พิการทางสายตา

เทคนิคการเดินทาง	จำนวน (คน)	ร้อยละจากทั้งหมด (%)
ใช้ไม้เท้าขาว	23	20.53
ใช้ผู้นำทาง	35	31.25
ใช้ไม้เท้าขาวและผู้นำทาง	22	19.64
ไม่ใช้ไม้เท้าขาวและผู้นำทาง	32	28.57

ตารางที่ 4 ผลสำรวจพฤติกรรมด้านการชนสิ่งกีดขวางของผู้พิการทางสายตา

การชนสิ่งกีดขวาง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย (คะแนน 1-5)	ระดับคะแนนจากการเฉลี่ย
ชนกระแทกสิ่งกีดขวางที่ศีรษะ	1.01	2.7	ปานกลาง
ชนกระแทกสิ่งกีดขวางลำตัว	1.10	2.9	ปานกลาง
ชนกระแทกสิ่งกีดขวางเอวลงไป	1.09	3.1	บ่อย
สะดุด/ตกทางต่างระดับ	1.10	3.6	บ่อย
สะดุด/ตกบันได	1.20	2.9	ปานกลาง

ตารางที่ 5 ผลสำรวจพฤติกรรมการด้านใช้ประสาทสัมผัสของผู้พิการทางสายตา

การใช้ประสาทสัมผัส	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย (คะแนน 1-5)	ระดับคะแนนจากการเฉลี่ย
ใช้การฟังเสียง	1.01	4.2	บ่อยมาก
ใช้การสัมผัส	1.29	3.7	บ่อย
ใช้การดมกลิ่น	1.17	3.1	บ่อย
ใช้การมองเห็น	1.39	3.2	บ่อย
พึ่งพาผู้อื่น	1.22	3.9	บ่อย

ตารางที่ 6 ผลสำรวจพฤติกรรมด้านการพกอุปกรณ์เสริมของผู้พิการทางสายตา

การพกอุปกรณ์เสริม	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย (คะแนน 1-5)	ระดับคะแนนจากการเฉลี่ย
ใช้ร่มขณะฝนตก	0.83	2.4	ปานกลาง
ใช้กระเป๋าสะพาย	1.34	4.2	บ่อย
สวมเสื้อคลุม	1.35	2.1	ปานกลาง
ใช้โทรศัพท์มือถือ	1.08	4.3	บ่อยมาก
ใช้อุปกรณ์หูฟังเสริม	1.61	2.6	ปานกลาง

จากข้อมูลการสำรวจที่ได้ทั้งหมดสามารถนำมาสรุปเป็นประเด็นความสำคัญในความต้องการหลัก (Functional requirements) จากผู้ใช้งานได้ ดังนี้ อุปกรณ์ควรมีอายุการใช้งานต่อการชาร์จแบตเตอรี่หนึ่งครั้ง อย่างน้อย 5 ชั่วโมงขึ้นไป เนื่องจากค่าเฉลี่ยการเดินทางออกจากบ้านของผู้พิการทางสายตาอยู่ที่ 4.78 ชั่วโมงต่อวัน, อุปกรณ์ควรจะออกแบบให้สามารถใช้กับไม้เท้าขาวของผู้พิการทางสายตาได้ เนื่องจาก ร้อยละ 40.17 ของผู้พิการทางสายตายังคงใช้ไม้เท้าขาวเป็นประจำ, อุปกรณ์ควรที่จะสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางตั้งแต่ระดับศีรษะลงไปถึงพื้นได้รวมถึงหลุมหรือทางต่างระดับ โดยเฉพาะทางต่างระดับเนื่องจากผู้พิการทางสายตาชนมากที่สุด, อุปกรณ์ไม่ควรปิดกั้นการใช้ประสาทการได้ยินของผู้พิการทางสายตาเนื่องจากคนพิการทางสายตาใช้ประสาทการฟังเสียงมากที่สุดเทียบกับประสาทสัมผัสอื่น ๆ , อุปกรณ์ไม่ควรบดบังการมองเห็นของผู้พิการทางสายตาเนื่องจากผู้พิการทางสายตา ยังคงสามารถใช้ประสาทการมองเห็นที่เหลืออยู่ได้ โดยเฉพาะผู้พิการสายตาเลือนราง, อุปกรณ์ไม่ควรขัดต่อการใช้กระเป๋าสะพายของผู้พิการทางสายตา เนื่องจากคนพิการทางสายตาใช้กระเป๋าสะพายเก็บสัมภาระที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตประจำวัน, สำหรับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจนี้ จะถูกนำไปใช้เป็นหลักเกณฑ์การพิจารณาหลัก ในการออกแบบระบบบอกเตือนสิ่งกีดขวางและรูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่อไป

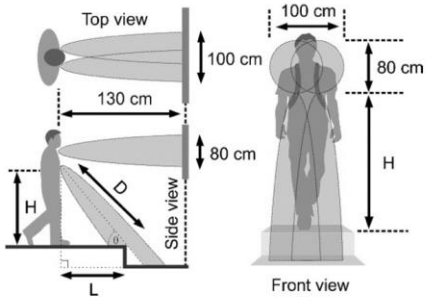
5.2 การออกแบบระบบบอกเตือนสิ่งกีดขวาง ในงานวิจัยนี้ เทคนิคการสะท้อนกลับของเสียงด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิคถูกใช้เพื่อการตรวจจับสิ่งกีดขวาง (Murugavel R., 2001) ประกอบด้วยตัวส่งคลื่นเสียงอัลตราโซนิค (Ultrasonic transmitter) ปล่อยคลื่นเสียงไปตามอากาศและรับคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับมาด้วยและตัวรับคลื่นเสียงอัลตราโซนิค (Ultrasonic receiver) ความเข้มของคลื่นที่สะท้อนกลับนี้ยังขึ้นอยู่กับวัตถุพื้นที่ผิวสัมผัสและคุณสมบัติการดูดซับคลื่นเสียงอีกด้วย ระยะทางระหว่างตัวรับส่งคลื่นเสียงอัลตราโซนิคและวัตถุซึ่งเป็นสิ่งกีดขวางสามารถคำนวณได้จากเวลาที่เสียงสะท้อนกลับมาและความเร็วของเสียงที่ใช้ในการเดินทางในอากาศ ดังสมการที่ 2 และ 3

$$V_{sound}(m/s) = 331.3 + (0.606 \times T(^{o}c)) \quad \text{(สมการที่ 2)}$$

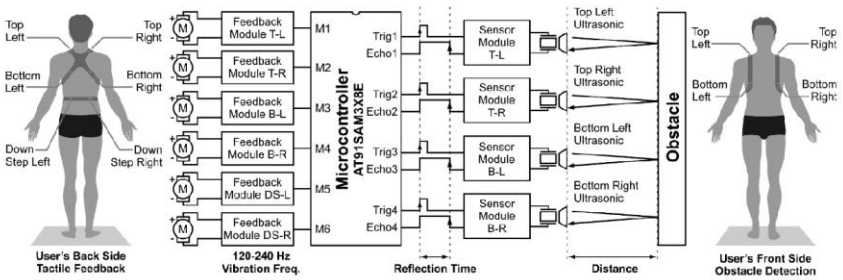
$$D(m) = \frac{V_{sound}(m/s) \times t(s)}{2} \quad \text{(สมการที่ 3)}$$

$$L(m) = \cos(\theta^{o}) \times D(m) \quad \text{(สมการที่ 4)}$$

ในที่นี้ V_{sound} คือความเร็วของเสียงที่ใช้ในการเดินทางในอากาศหน่วยเมตรต่อวินาที $T(^{o}c)$ คือ อุณหภูมิของกาศในหน่วยองศาเซลเซียส ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทุก ๆ 1 ℃ จะทำให้ความเร็วเสียงใน อากาศเปลี่ยนไป 60 เซนติเมตร/วินาที ให้ $D(m)$ คือระยะทางระหว่างตัวรับส่งคลื่นเสียงอัลตราโซนิคและสิ่ง กีดขวาง *(Distance)* หน่วยเป็นเมตร, $t(s)$ คือเวลาที่คลื่นเสียงอัลตราโซนิคใช้เวลาในการเดินทางจากตัวส่ง คลื่นเสียงไปยังวัตถุและสะท้อนกลับมายังตัวรับคลื่นอัลตราโซนิค *(Reflection Time)* ในหน่วยวินาที ตัวอย่างเช่น ถ้าความเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 347 เมตรต่อวินาที ในอุณหภูมิห้องที่ 25.9 องศาเซลเซียส และระยะเวลาที่ใช้ในการสะท้อนคือ 7.5 มิลลิวินาที ดังนั้น ระยะทางระหว่างตัวรับส่งคลื่นอัลตราโซนิคกับสิ่ง กีดขวางจะเท่ากับ 130 เซนติเมตร ทั้งนี้เราสามารถคำนวนระยะทางระหว่างผู้ใช้และขอบเขตของหลุม $L(m)$ ได้จากสมการที่ 3 โดยให้มุมตกกระทบเท่ากับ θ องศาตามภาพที่ 2

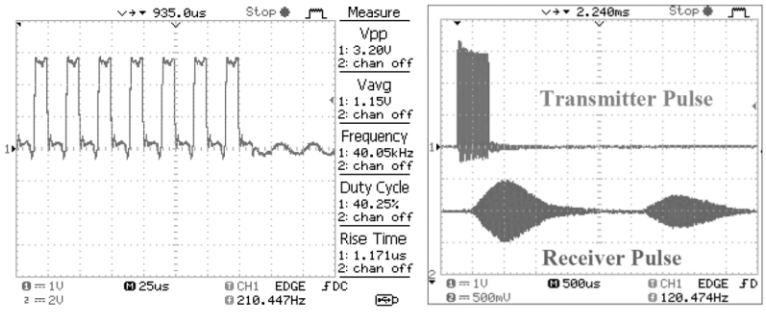


ภาพที่ 2 รัศมีการทำงานและระยะการตรวจจับสิ่งกีดขวางของอุปกรณ์



ภาพที่ 3 แผนภาพการทำงานของระบบตรวจจับสิ่งกีดขวาง

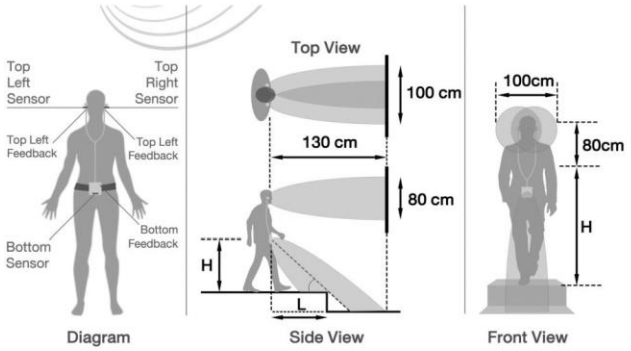
การพัฒนาระบบตรวจจับสิ่งกีดขวางที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงในแผนภาพที่ 2 ใช้เซ็นเซอร์ตัวรับส่งคลื่นอัลตราโซนิค (Sensor Module) รุ่น US-015 ดังภาพที่ 3 ทั้งหมดสี่ชุด สองชุดใช้เพื่อใช้ตรวจจับสิ่งกีดขวางในระดับเอวถึงศีรษะ (Top zone) และอีกสองชุดใช้ในการตรวจจับสิ่งกีดขวางระดับเอวถึงเท้ารวมถึงทางต่างระดับ (Bottom zone) สำหรับตัวรับส่งคลื่นอัลตราโซนิครุ่น US-015 ให้ความแม่นยำสูงสุด ณ อุณหภูมิ 0 – 70 องศาเซลเซียส ในระยะ 2 – 500 เซนติเมตร รัศมีการทำงานที่มุม 45 องศา สำหรับการวัดระยะทาง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งสัญญาณพัลส์ลอจิกสูงเป็นเวลา 10 ไมโครวินาที ไปที่ขา Trig ของเซ็นเซอร์ตัวรับส่งคลื่นอัลตราโซนิค สัญญาณไฟฟ้านี้จะไปกระตุ้นให้เซ็นเซอร์ตัวรับส่งคลื่น อัลตราโซนิคปล่อยคลื่นเสียง 40 กิโลเฮิรตซ์ จำนวน 8 ลูกคลื่นออกไปทางอากาศ ดังภาพที่ 4 เมื่อเซ็นเซอร์ตัวรับส่งคลื่นอัลตราโซนิคได้รับคลื่นเสียงนี้สะท้อนกลับมาจะปล่อยสัญญาณไฟฟ้าลอจิกสูงออกมาจากขา Echo ของเซ็นเซอร์เป็นเวลาตามที่เสียงใช้ในการเดินทางสะท้อนกลับมา (Reflection time) ซึ่งระยะเวลาดังกล่าวจะถูกคำนวณกลับมาเป็นระยะทางระหว่างเซ็นเซอร์ตัวรับส่งคลื่นอัลตราโซนิคและสิ่งกีดขวางโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ทั้งนี้เนื่องจากเราใช้เซ็นเซอร์ตัวรับส่งคลื่นอัลตราโซนิคทั้งหมดสี่ตัวซึ่งเป็นรุ่นเดียวกันความถี่เดียวกัน เราจึงต้องสลับการทำงานแต่ละตัวเป็นคาบละ 25 ไมโครวินาที เพื่อป้องกันการรบกวนกันเองระหว่างเซ็นเซอร์แต่ละตัว



ภาพที่ 4 แผนภาพการทำงานของระบบตรวจจับสิ่งกีดขวางแบบสื่อทิศทาง

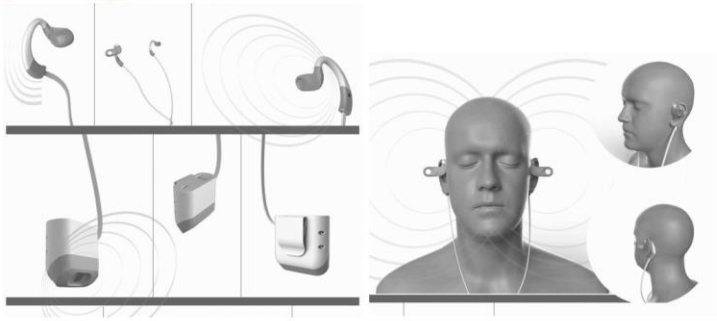
5.3 การออกแบบรูปลักษณ์ผลิตภัณฑ์ การออกแบบรูปลักษณ์ด้วยหลักการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล (Universal design) มีหลักการที่สำคัญ คือ การออกแบบเพื่อให้ทุกคนสามารถใช้งานได้อย่างเท่าเทียม กล่าวคือ สามารถรองรับการใช้งานที่แตกต่าง กันในกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่มีความหลากหลายด้านร่างกายและทักษะ นอกจากนี้การออกแบบเพื่อคนทั้งมวลเป็นการออกแบบให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้โดยไม่ทำให้รู้สึกว่าถูกแบ่งแยก หรือรู้สึกด้อยกว่าผู้ใช้งานอื่น ๆ ในทางปฏิบัติแล้ว บริบทของสังคมไทยยังขาดการเอาใจใส่ในด้านนี้เป็นอย่างมาก แม้จะมีกฎกระทรวงกำหนดสิ่งอานวยความสะดวกในอาคาร สำหรับผู้พิการ ทุพพลภาพและคนชรา พ.ศ. 2548 ได้มีการออกข้อกำหนดในการออกแบบไว้อย่างชัดเจน แต่ข้อกำหนดต่าง ๆ เหล่านี้เป็น

เพียงข้อกำหนดด้านความปลอดภัย ยังไม่สามารถตอบสนองการใช้งานของผู้พิการได้อย่างเต็มที่ โดยเฉพาะผู้พิการทางสายตา ที่เป็นกลุ่มผู้พิการที่ยังด้อยโอกาสกว่าผู้พิการในการเคลื่อนไหวและผู้พิการทางการได้ยิน



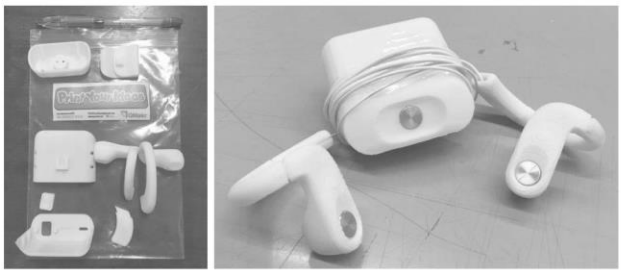
ภาพที่ 5 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์และรัศมีการตรวจจับ

การออกแบบรูปลักษณ์อุปกรณ์ไอโซนาร์ 2 ใช้เทคโนโลยีอำนวยความสะดวกที่เอื้อให้ผู้ใช้งานสามารถรับรู้โดยการตรวจจับสิ่งกีดขวางด้านหน้าของผู้ใช้งานได้แบบสามมิติ บอกเตือนสิ่งกีดขวางตั้งแต่ระดับเท้าจนถึงระดับศีรษะของผู้ใช้งาน ด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิค ใช้งานในสภาวะที่ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้การใช้อุปกรณ์ได้ด้วยตนเอง ให้การใช้งานเป็นไปตามลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ ด้วยการศึกษาค้นคว้าและทดสอบเกี่ยวกับอุปกรณ์ในเชิงเทคโนโลยีอำนวยความสะดวกที่บูรณาการแนวคิดการออกแบบเพื่อมวลชน ให้ได้กรอบความคิดและเงื่อนไขสำหรับการออกแบบอุปกรณ์ (Baxter, Ekel, 1995) ที่สามารถทำงานสอดคล้องกับท่าทางการใช้งาน ขนาดสัดส่วนร่างกายโดยเฉพาะช่วงกว้างของระยะการกำหนดมุมสัมพันธ์กับมิติตลอดจนอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อการใช้งานในบริบทสังคมที่ส่งเสริมภาพลักษณ์ผู้ใช้งาน ไม่ส่งผลให้เกิดความเปรียบเทียบในข้อบกพร่องด้านร่างกายจากบุคคลทั่วไป มีขนาดเหมาะสมกับการพกพาติดตัว น้ำหนักเบา สามารถผลิตในระบบอุตสาหกรรม เหมาะสมกับเศรษฐานะของผู้ใช้ ศึกษาการใช้งานอุปกรณ์อาศัยการสังเกตการณ์ การสัมภาษณ์ จากการทดลองใช้งานกับผู้ใช้งานและการวิเคราะห์รายละเอียดอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง หลักการ UD ที่เน้นการออกแบบที่สามารถใช้งานได้โดยเท่าเทียมกัน ให้ได้ผลิตภัณฑ์อำนวยความสะดวกที่เหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการใช้งานปัจจุบันของผู้บกพร่องทางการเห็น เกิดความพึงพอใจเชิงหน้าที่ประโยชน์ใช้สอยและเชิงสังคมวัฒนธรรม อาศัยความรู้ความเข้าใจในบริบทการใช้งานจริงที่ช่วยให้ผู้ใช้มีโอกาสเข้าถึงอุปกรณ์ที่ใช้งานสะดวกปลอดภัย ส่งเสริมให้มีคุณภาพชีวิตที่ดี มีศักยภาพในการประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างเท่าเทียมกับผู้อื่นในสังคม



ภาพที่ 6 การขึ้นรูปกล่องบรรจุอุปกรณ์สำหรับเตรียมนำไปพิมพ์แบบสามมิติ

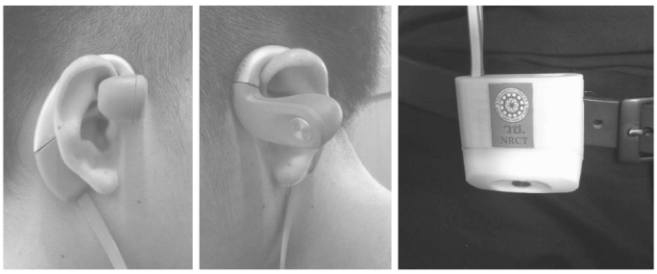
เครื่องมือในการทบทวนการพัฒนาออกแบบรูปลักษณ์: การใช้งาน Usability ประกอบการพิจารณาเพื่อทบทวนแนวทางการออกแบบให้บรรลุวัตถุประสงค์ (Nielsen, J. 1993, Nielsen, J. 2012) เนื่องจากคุณสมบัติเชิงคุณภาพในแง่ที่เกี่ยวข้องกับปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้งานกับหน้าที่ประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมประกอบด้วย การใช้งาน (Usability) อรรถประโยชน์ (Utility) และ ความเป็นประโยชน์ (Useful) การใช้งานเป็นคุณลักษณะเชิงคุณภาพที่ถูกประเมินด้วยผู้ใช้ และหมายรวมถึงการประเมินการใช้งานโดยมีเป้าหมายในการปรับปรุงความสะดวกในการใช้งานในระหว่างขั้นตอนการออกแบบตามมาตรฐานอุตสาหกรรมด้านปฏิสัมพันธ์การออกแบบผลิตภัณฑ์และการบริการ



ภาพที่ 7 กล่องบรรจุปกรณ์หลังจากทำการพิมพ์แบบสามมิติ

การใช้งาน (Usability) ประกอบด้วย 5 ปัจจัยได้แก่ ความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability) ความสามารถในการจดจำและระลึกได้ (Memorability) ประสิทธิภาพการทำงาน (Efficiency) การป้องกันและแก้ไขข้อผิดพลาด (Error) และความพึงพอใจ (Satisfaction) ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงควรได้รับการออกแบบและผลิตให้มีวิธีการใช้งานที่ง่าย สามารถบรรลุงานขั้นพื้นฐานในครั้งแรกที่ใช้ ทำงานได้ถูกต้องและรวดเร็ว ระลึกและเข้าใจวิธีการใช้แม้ไม่ได้ใช้เป็นประจำหรือเป็นระยะเวลานาน กลไกการใช้งานป้องกันสามารถแก้ไข

ความผิดพลาดได้ ผู้ใช้เกิดความพึงพอใจจากการใช้งานตามหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ การใช้งานด้วยหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ (function) และอรรถประโยชน์ (feature) ที่เกิดจากลักษณะเฉพาะมีความสำคัญเท่าเทียมกันในการออกแบบเพื่อผู้ใช้งานให้เป็นที่ยอมรับทั้งในแง่ประโยชน์ใช้สอยและเชิงสังคมวัฒนธรรม



ภาพที่ 8 การติดตั้งเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ควบคุมโดยเซ็นเซอร์รับส่งจะติดตั้งบริเวณใบหู (ซ้าย), ส่วนกล่องควบคุมเหน็บอยู่บริเวณเอว (ขวา)

นิยาม: ไอโซนาร์ 2 เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็น *สถานภาพ:* ผลิตภัณฑ์ประเภทชี้นำด้วยเทคโนโลยีและผู้ใช้งาน Technology-and-User-driven Product เกิดจากการผสมผสานของคุณค่าเชิงเทคโนโลยีและคุณค่าเชิงปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้งานกับหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์ มีจุดแข็งด้านการตอบสนองความต้องการประโยชน์ใช้สอยเชิงเทคโนโลยีและความพึงพอใจของผู้ใช้งานจากความสะดวก ใช้งานง่าย รูปลักษณ์ภายนอกของผลิตภัณฑ์มีการสื่อสารต่อผู้บริโภคถึงเอกลักษณ์และเทคโนโลยีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ *แนวทางการออกแบบรูปลักษณ์:* สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ความต้องการใช้งานของผู้ใช้งานจริง อาศัยการบูรณาการของหลักการออกแบบอุปกรณ์ในเชิงเทคโนโลยีอำนวยความสะดวก AT ร่วมกับหลักการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล UD เพื่อกำหนดคุณสมบัติจำเพาะของผลิตภัณฑ์ ให้ทุกคนสามารถใช้งานได้อย่างเท่าเทียมกัน สามารถรับรู้โดยการตรวจจับสิ่งกีดขวางด้านหน้าของผู้ใช้งานได้แบบสามมิติ แจ้งมิติของสิ่งกีดขวางตั้งแต่ระดับเท้าจนถึงระดับศีรษะของผู้ใช้งาน ด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิค และเตือนด้วยการทำงานของระบบสั่นสะเทือนเชิงเดี่ยวและเชิงผสม ประกอบกับการเปรียบเทียบลักษณะผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงที่มีอยู่ในปัจจุบัน การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานในการติดตั้งอุปกรณ์ การเตรียมการใช้งานอุปกรณ์ และสภาพผู้ใช้งานในอิริยาบถต่าง ๆ *วัตถุประสงค์เชิงการออกแบบอุตสาหกรรม:* ประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐาน 5 ประการได้แก่ อรรถประโยชน์ (Utility) รูปลักษณ์ (Appearance) การดูแลบำรุงรักษา (Maintenance) ราคาเหมาะสม (Reasonable price) สื่อสารภาพลักษณ์ (Communication) (Dreyfuss, 1967) เป็นเป้าหมายสำคัญเบื้องต้นโดยทั่วไปในการออกแบบเพื่อผู้บริโภคและผู้ผลิต ด้วยการตระหนักถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อม สวยงาม ดูแลง่าย สามารถเป็นเจ้าของได้ตามเศรษฐานะ และ

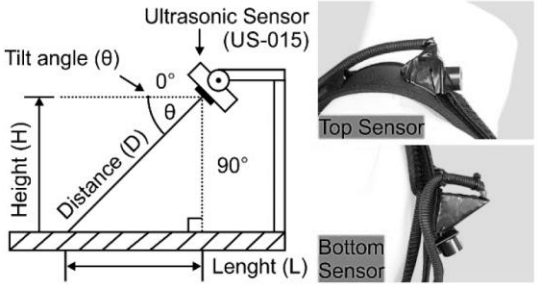
สื่อสารต่อผู้ใช้งานและผู้เกี่ยวข้องตลอดจนผู้ที่พบเห็น โดยในกระบวนการพัฒนา iSonar2 ใช้การใช้งาน Usability ประกอบการพิจารณาเพื่อทบทวนแนวทางการออกแบบให้บรรลุวัตถุประสงค์



ภาพที่ 9 ภาพการติดตั้งตัวอุปกรณ์กับผู้ใช้งาน

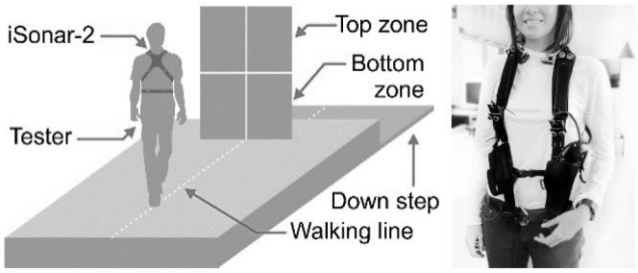
6. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

6.1 การทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ สำหรับการวัดประสิทธิภาพของระบบบอกเตือนสิ่งกีดขวางมีทั้งหมดสามการทดลอง การทดลองแรกคือการวัดประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์ US-015 ด้านระยะทาง โดยให้ตัวเซ็นเซอร์ทำมุมเป็นแนวระนาบ θ = 0 องศา กับสิ่งกีดขวางจำลอง เริ่มต้นวัดที่ระยะทาง 0 ถึง 700 เซนติเมตร การทดลองที่สองคือการวัดประสิทธิภาพการตรวจจับในมุมตกกระทบต่าง ๆ โดยที่ระยะทางระหว่างเซ็นเซอร์กับสิ่งกีดขวางเท่ากับ 100 เซนติเมตรส่วนมุมตกกระทบ θ ทำมุมตั้งแต่ 90 องศา ถึง 0 องศา แสดงดังภาพที่ 10



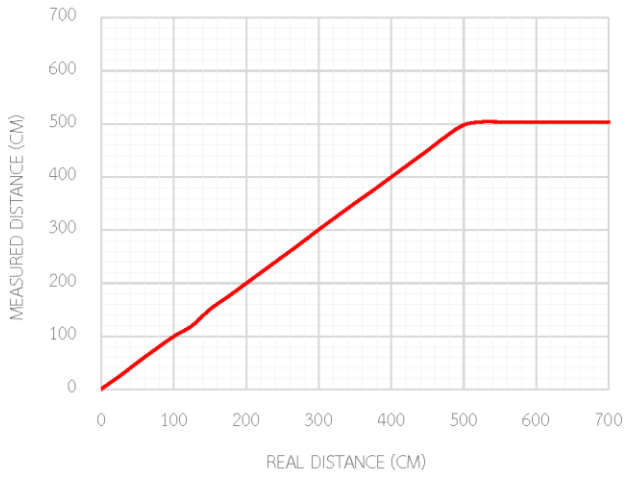
ภาพที่ 10 การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพระบบตรวจจับสิ่งกีดขวาง

การทดลองที่สามคือการหาอัตราการชนสิ่งกีดขวางบริเวณต่าง ๆ ใช้อาสาสมัครซึ่งนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจำนวนสิบคนปิดตาขณะทดสอบ (Blindfolded subject) แบ่งเป็นเพศชายห้าคนและเพศหญิงห้าคน ความสูงอยู่ระหว่าง 157 ถึง 180 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยอยู่ที่โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 167.5 เซนติเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 6.0 อุปกรณ์บอกเตือนสิ่งกีดขวางถูกติดตั้งไว้บริเวณลำตัวของอาสาสมัครดังภาพที่ 26 ทั้งนี้ เซ็นเซอร์ตรวจจับด้านบน (Top zone sensor) ตั้งค่ามุมตกกระทบแนวระนาบไว้ที่ $\theta = 0$ องศา ส่วนเซ็นเซอร์ด้านล่าง (Bottom zone sensor) ตั้งค่ามุมตกกระทบไว้ที่ 50 องศา วิธีการใช้งานและรูปแบบการเตือนของอุปกรณ์ถูกแนะนำให้อาสาสมัครเข้าใจก่อนจะทำการปิดตาเพื่อการทดลอง สนามทดสอบซึ่งมีสิ่งกีดขวางถูกจำลองขึ้นมา โดยมีความยาว 5 เมตร กว้าง 2 เมตร โดยมีสิ่งกีดขวางจำลองโดยใช้วัตถุที่ไม่เป็นอันตรายต่ออาสาสมัคร ทั้งนี้สิ่งกีดขวางทั้ง 7 ตำแหน่งประกอบด้วย สิ่งกีดขวางมุมซ้ายบน, ขวาบน, ด้านบน, ซ้ายล่าง, ขวาล่าง, ด้านล่าง และทางต่างระดับความสูง 30 เซนติเมตร ดังภาพที่ 11 ทั้งนี้อัตราการชนสิ่งกีดขวางในตำแหน่งต่าง ๆ รวมถึงระยะทางที่อาสาสมัครหยุดก่อนสิ่งกีดขวางถูกบันทึกผล



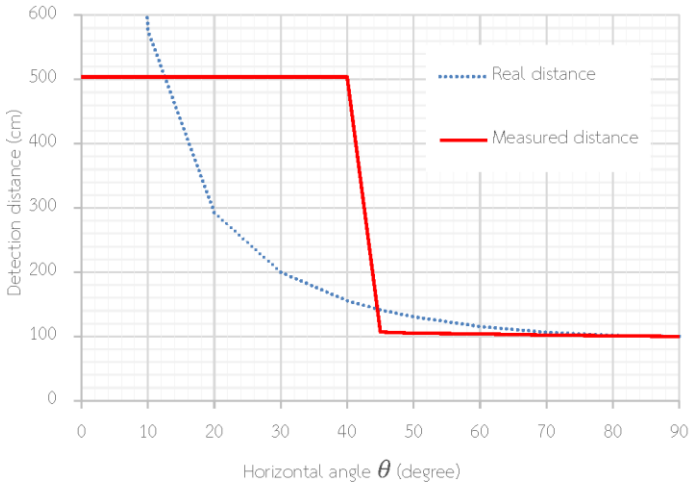
ภาพที่ 11 สนามทดสอบจำลองและการติดตั้งอุปกรณ์กับอาสาสมัคร

ผลการทดลองที่ 1 การวัดประสิทธิภาพการตรวจจับด้านระยะทาง แสดงดังภาพที่ 12 โดยเปรียบเทียบระหว่างค่าระยะทางจริงกับระยะทางที่วัดได้จากค่าของการตรวจจับโดยเซ็นเซอร์ US-015 โดยผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าการตรวจจับโดยใช้เซ็นเซอร์ US-015 นี้มีความแม่นยำที่ระยะทางระหว่าง 0 ถึง 504 เซนติเมตร โดยค่าความผิดพลาดการวัดแบบ Mean square error เท่ากับ 1.76 เซนติเมตร ค่าความผิดพลาดดังกล่าวเกิดจากข้อกำหนดของเซ็นเซอร์ US-015 ซึ่งกำหนดการวัดระยะทางไว้ที่ไม่เกิน 5 เมตร



ภาพที่ 12 ผลการวัดประสิทธิภาพการตรวจจับด้านระยะทาง

ผลการทดลองที่ 2 การวัดประสิทธิภาพความแม่นยำในการวัดระยะทางในมุมตกกระทบต่าง ๆ แสดงดัง ภาพที่ 13 กราฟดังกล่าวแสดงการเปรียบเทียบระยะทางจริงกับระยะทางที่อุปกรณ์วัดได้ในมุมตกกระทบต่าง ๆ ตั้งแต่ 0 องศา ถึง 90 องศา พบว่า เมื่อปรับมุมตกกระทบของเซ็นเซอร์ให้น้อยกว่า 45 องศา ตัวเซ็นเซอร์จะวัดระยะทางผิดพลาดเนื่องจากเกินขอบเขตความสามารถการทำงานของเซ็นเซอร์ US-015 ซึ่งกำหนดไว้ให้ทำงานได้ดีในมุมตกกระทบไม่เกิน 45 องศา



ภาพที่ 13 ผลการวัดประสิทธิภาพการตรวจจับในมุมตกกระทบต่าง ๆ

ผลการทดลองที่ 3 การวัดผลอัตราการชนสิ่งกีดขวางและระยะทางการหยุดก่อนสิ่งกีดขวางสามระดับ คือสิ่งกีดขวางด้านบน (Top zone), ด้านล่าง (Bottom zone) และพื้นต่างระดับ (Down step) แสดงในตารางที่ 3 โดยค่าเฉลี่ยอัตราการชนสิ่งกีดขวาง (Average collision percentage) คำนวณจากผลรวมจำนวนการชนสิ่งกีดขวางของอาสาสมัครหารด้วยจำนวนของอาสาสมัคร ส่วนค่าเฉลี่ยระยะการหยุด (Average stopping distance) คำนวณจากผลรวมระยะทางระหว่างปลายเท้าของอาสาสมัครและสิ่งกีดขวางเมื่ออาสาสมัครทำการหยุดเดินเมื่อพบสิ่งกีดขวางหารด้วยจำนวนอาสาสมัคร

ตารางที่ 7 ผลการวัดอัตราการชนสิ่งกีดขวางและระยะทางการหยุดก่อนสิ่งกีดขวาง

ระดับสิ่งกีดขวาง	ระยะการหยุด (ซม.)	อัตราการชน (%)
ระดับศีรษะ	60.4	6.67
ระดับลำตัว	22.5	16.67
ระดับเอวลงไป	4.45	30.00
ค่าเฉลี่ย	29.12	17.78

จากผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการชนสิ่งกีดขวางเกิดมากที่สุดกับสิ่งกีดขวางบริเวณพื้นต่างระดับ ซึ่งเกิดจากอาสาสมัครที่ส่วนสูงน้อยกว่า 164 เซนติเมตร เนื่องจากอาสาสมัครดังกล่าวไม่สามารถหยุดได้ทันและตกลงไปในทางต่างระดับจำลอง อย่างไรก็ตามการชนสิ่งกีดขวางส่วนใหญ่เกิดจากการที่อาสาสมัครไม่สามารถแยกแยะตำแหน่งซ้ายขวาของสิ่งกีดขวางด้านล่างได้ เนื่องจากชุดบอกเตือนสิ่งกีดขวางพื้นล่าง (Bottom zone feedback) อยู่ใกล้กันจนเกินไป ทั้งนี้ ข้อผิดพลาดดังกล่าวจะถูกแก้ไขในขั้นตอนการออกแบบและทดลองเพื่อพัฒนาและกำหนดรูปลักษณ์ผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 14 การติดตั้งอุปกรณ์ไอโซนาร์-2 เพื่อทดสอบกับผู้พิการทางสายตา

6.2 การทดสอบความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน สำหรับการทดสอบระดับความพึงพอใจผู้ใช้งานเครื่องไอโซนาร์-2 ได้ทดสอบกับผู้พิการทางสายตา โดยแบ่งเป็นกลุ่มสายตาเลือนราง 67 คน กลุ่มตาบอดสนิท 45 คน จำนวน 112 คน ค่าเฉลี่ยอายุอยู่ที่ 37.3 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 16.27 ทำการทดสอบ ณ ตึกผู้ป่วยนอก คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ดังภาพที่ 14 การทดสอบจากให้ผู้ใช้งานเปิดและสวมใส่ด้วยตนเองเครื่อง และเดินสำรวจพื้นที่บริเวณโดยรอบเป็นเวลาคนละ 5 นาที และให้ผู้ใช้งานปิดและเก็บอุปกรณ์ด้วยตนเอง หลังจากนั้นจึงทำการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานของอุปกรณ์ โดยใช้ชุดคำถามเพื่อประเมินความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ เช่น ความเหมาะสมของระยะการตรวจจับสิ่งกีดขวาง, การบอกเตือนด้วยระบบสั่น, ความยากง่ายในการใช้งาน, รูปลักษณ์ของอุปกรณ์ โดยใช้เกณฑ์ในการวัดแบบ Likert Scale ในการให้คะแนนความพึงพอใจ 5 ระดับ โดยที่ ระดับ 1 =ควรปรับปรุง, ระดับ 2 = พอใจ, ระดับ 3 = ปานกลาง, ระดับ 4 = ดี, ระดับ 5 = ดีมาก ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้พิการทางสายตาหลังการใช้งาน

หัวข้อความพึงพอใจ (n = 112)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย (คะแนน 1-5)	ระดับคะแนนจากการเฉลี่ย
ระยะการตรวจจับสิ่งกีดขวาง	0.84	4.2	ดีมาก
การบอกเตือนด้วยระบบสั่น	0.82	3.8	ดี
การใช้งานอุปกรณ์	0.71	4.0	ดีมาก
การสวมใส่อุปกรณ์	0.55	3.6	ดี
รูปลักษณ์อุปกรณ์	1.14	3.4	ดี
ค่าเฉลี่ย	0.81	3.8	ดี

7. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยเดิมของผู้ทำวิจัย คือ ไอโซนาร์ เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางด้วยคลื่นอัลตราโซนิคเป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบโดยใช้ความต้องการจากผู้ใช้งานคือผู้บกพร่องทางการเห็นเป็นฐาน บอกเตือนสิ่งกีดขวางระดับเอวถึงศีรษะในระยะ 130 เซนติเมตรด้วยระบบสั่น สำหรับปัญหาของไอโซนาร์ จากการที่ให้ผู้บกพร่องทางการเห็นในประเทศไทยจำนวน 250 คนทดสอบการใช้งานจริง (มีนาคม 2556 – พฤศจิกายน 2557) พบว่า ผู้ใช้ยังคงเดินชนสิ่งกีดขวางในระดับ ศีรษะ ช่วงไหล่และช่วงเอวลงไป ไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าต้องหลบสิ่งกีดขวางไปทางใดทำให้เสียเวลาหาเส้นทาง และการใช้งานไม่สะดวกเนื่องจากการใช้สายคล้องคอทำให้อุปกรณ์แกว่งหมุนบิดไปมา ทำให้หันหน้าตัวเครื่องผิดด้านบ้าง สั่นไม่โดนผู้ใช้บ้าง, ผู้ใช้งานมีการรับรู้ทางการสัมผัสไม่เท่ากัน บางคนใช้แล้วรู้สึกว่าการสั่นเตือนน้อยเกินไปหรือมากเกินไป และรูปลักษณ์ของอุปกรณ์ที่ไม่

เป็นที่ยอมรับของผู้ใช้ งานวิจัยนี้จึงเสนอ ไอโซนาร์-2 เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็น ออกแบบโดยใช้ความต้องการจากผู้ใช้งานคือผู้บกพร่องทางการเห็นเป็นฐานเป็นจำนวน 100 คน สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางด้านหน้าของผู้ใช้งานได้แบบสามมิติ บอกเตือนสิ่งกีดขวางตั้งแต่ระดับเท้าจนถึงระดับศีรษะของผู้ใช้งาน ด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิคความถี่ 40 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งทำงานร่วมกันสี่ตัว (Quad-Ultrasonic Transducer) ในการตรวจหาสิ่งกีดขวางได้ทั้งสามมิติ (ความสูง, ความกว้าง, ความลึก) บอกตำแหน่งสิ่งกีดขวางด้วยระบบสั่นแบบสัมผัสคู่ (Dual-Tactile Feedback) ประสิทธิภาพความแม่นยำสูง มีความปลอดภัย, แข็งแรงทนทาน มีความสะดวกสบายในการใช้งาน รูปลักษณ์เป็นที่น่าพึงพอใจของผู้ใช้ ในราคาอันสมควร ได้รับการยอมรับจากผู้ใช้งานทั้งด้านประสิทธิภาพและการออกแบบ สำหรับขั้นตอนการออกแบบเครื่อง ไอโซนาร์-2 นั้น ใช้หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับผู้พิการแบ่งเป็นสี่ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากผู้ใช้งาน (Gathering requirements) เพื่อที่จะเรียนรู้ความต้องการของผู้ใช้งาน จัดปัญหาในชีวิตประจำวันที่เกิดขึ้นและพฤติกรรมของผู้ใช้ส่วนใหญ่ ส่วนขั้นตอนที่สองคือการ นำองค์ความรู้ที่มีอยู่และความต้องการของผู้ใช้งานมาออกแบบผลิตภัณฑ์เบื้องต้น ขั้นตอนที่สาม คือ การนำต้นแบบเบื้องต้นนำไปให้ผู้ใช้งานกลุ่มเล็ก ๆ ได้ลองใช้จริง ส่วนขั้นตอนสุดท้ายคือการปรับปรุงรูปแบบผลิตภัณฑ์จากข้อติชมของผู้ใช้งานเบื้องต้น

จากการสรุปผลการทดสอบความพึงพอใจของอุปกรณ์โดยกลุ่มตัวอย่างผู้พิการทางสายตาเบื้องต้น พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจ โดยรวมโดยใช้มาตรวัดลิเคิร์ท (ช่วงคะแนน 1-5) อยู่ที่ 3.80 คะแนน หรือในระดับดี หลังจากการทำแบบประเมินความพึงพอใจ ทางทีมงานได้ทำการสัมภาษณ์ผู้พิการทางสายตารายบุคคล สามารถสรุปประเด็นสิ่งที่ชอบและอยากให้ปรับปรุงได้ สำหรับสิ่งที่ผู้ใช้งานชอบอย่างแรกคือรูปทรงที่คล้ายกับหูฟังดูไม่แปลกแยกกับคนทั่วไปและรู้สึกทันสมัย ชอบการใส่ไว้ด้านหลังใบหูเนื่องจากไม่รู้สึกอึดอัดและสามารถใช้หูในการฟังเสียงสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ได้ ชอบการใช้งานที่ง่ายเพียงแค่กดปุ่มเปิดการ์ดใช้ได้แล้ว ชอบที่อุปกรณ์การชาร์จไฟที่คล้ายกับสมาร์ทโฟนรู้สึกคุ้นเคยเข้าใจง่าย ชอบการแยกระบบสั่นแบบซ้ายขวาเนื่องจากทำให้สามารถระบุทิศทางของสิ่งกีดขวางได้ สำหรับประเด็นที่ควรปรับปรุง คือ อยากให้ตัวอุปกรณ์แนบกับใบหูมากกว่านี้ โดยการสามารถปรับเข้ากับส่งใบหูของแต่ละบุคคลได้ อยากให้สามารถปรับระดับการสั่นได้ อยากให้อุปกรณ์ทำงานได้แบบไร้สาย อยากให้ตรวจจับสิ่งกีดขวางด้านข้างได้ด้วย อยากให้เลือกสีได้ตามต้องการ อยากให้ตัวอุปกรณ์บางและเล็กกว่านี้ อยากให้มีกล่องเก็บแบบเปิดเก็บได้ กันกระแทกได้ อยากให้สามารถถอดสายหูฟังออกได้เพื่อการเก็บที่ง่ายขึ้นอยากให้อุปกรณ์สามารถบอกรายละเอียดของสิ่งกีดขวางได้ว่าคืออะไรและห่างในระยะกี่เมตร อยากให้อุปกรณ์สามารถบอกชื่อสถานที่ได้และสามารถบอกทิศทาง สุดท้ายคืออยากให้อุปกรณ์สามารถชาร์จไฟกับแบตเตอรี่พกพาที่ผู้พิการทางสายตาพกติดตัวได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ทุนวิจัยมุ่งเป้ากลุ่ม ผู้สูงอายุ ด้อยโอกาส และบุคคลพิการ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี พ.ศ. 2558

เอกสารอ้างอิง

Loomis, J., Golledge, R.G., Klatzky. (2001). R.L. GPS-Based Navigation Systems for the Visually Impaired. In Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality, Associates Publishers: Mahwah, NJ, USA.

Oh, S.M., Tariq, S., Walker, B., Dellaert, F. (2004). Map-Based Priors for Localization. In Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Sendai, Japan, 28 September–2 October.

Yuan, D., and Manduchi, R. (2004). A tool for range sensing and environment discovery for the blind. In Proc. 2004 Conf. Comput. Vis. Pattern Recogn.Workshop, Washington, DC, Jun. 27–Jul. 02, vol. 3, pp. 39–39.

Ritz, M., and Koenig, L. (2005). Laser technique improves safety for the blind. In International Newsletter on Micro–Nano Integration, vol. 5, pp. 39–40, October 2005.

Benjamin, J., Ali, N., and Schepsis, A. (1973). A laser cane for the blind. In Proc. San Diego Biomedical Symposium, vol. 12, pp. 53–7.

Rodríguez, A., Yebes, J.J., Alcantarilla, P.F., Bergasa, L.M., Almazán, J., Cela, A. (2012). Assisting the Visually Impaired: Obstacle Detection and Warning System by Acoustic Feedback. Sensors 2012, vol. 12, page 17476-17496.

Ifukube, T., Sasaki, T., and Peng, C. (1991). A blind mobility aid modeled after echolocation of bats. In IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 38, no. 5, pp. 461–465, May 1991.

Shoval, S., Borenstein, J., and Koren, Y. (1994). Mobile robot obstacle avoidance in a computerized travel aid for the blind. In Proc. 1994 IEEE Robot. Autom. Conf., San Diego, CA, May 8–13, pp. 2023–2029.

Shah, C., Bouzit, M., Youssef, M., and Vasquez, L. (2006). Evaluation of RU-netra– tactile feedback navigation system for the visually impaired. In Proc. Int. Workshop Virtual Rehabil., New York, 2006, pp. 71–77.

S. Vorapatratorn, K. Nambunmee. (2014). iSonar: An Obstacle Warning Device for the Totally Blind, Journal of Assistive, Rehabilitative & Therapeutic Technologies 2014, 2: 23114, eISSN 2001-6824, Vol 2, June 2014, pp. 1-6 – http://dx.doi.org/10.3402/jartt.v2.23114

Murugavel, R. (2001). Ultrasonic Distance Measurement with the MSP430. In Texas Instruments Application report, Oct. 2001. Pp. 1–17.

Xiao, G., Brady, M., Noble, J., Zhang, Y. (2002). Segmentation of Ultrasound B-mode Images with Intensity Inhomogeneity Correction. IEEE Trans. Med. Imaging., 21, 48–57.

Hersh MA. 2014. The Design and Evaluation of Assistive Technology Products and Devices Part 1: Design. In: JH Stone, M Blouin, editors. International Encyclopedia of Rehabilitation. [cited 2014 Oct 16] Available from: http://cirrie.buffalo.edu/encyclopedia /en/article/309/]

กุลธิดา เตชวรสินสกุล. 2557. "กว่ากึ่งทศวรรษของการออกแบบเพื่อคุณภาพชีวิต". Me Style Home and Living 11(2015): 134 – 137

Kroemer Karl H.E. (2006). Extra-Ordinary' Ergonomics: How to Accommodate Small and Big Persons, The Disabled and Elderly, Expectant Mothers, and Children (Hfes Issues in Human Factors and Ergonomics). CRC Press. Roozenburg, 2006.

Álvarez A., and Ritchey T. (2015). *Applications of General Morphological Analysis from Engineering Design to Policy Analysis*. AMG Vol. 4 No. 1 (2015) [Online]. Accessed 18 May 2016. Available from http://www.amg.swemorph.com/pdf/amg-4-1-2015.pdf

Nielsen, J. (1993) Usability Engineering. Academic Press. Chapter 2.2, p. 26. [Online]. Accessed 19 May 2016. From http://garyperlman.com/quest/quest.cgi?form=NAU

Neilsen J. (2016). Usability: 101 Introduction to Usability Date: 2012-01-24 [Online]. Accessed 19 May 2016. From https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/

Kolchenko A. (2016). What are the differences between usability attributes and usability requirements Date: 2014-05-29 [Online]. Accessed 19 May 2016. From http://ux.stackexchange.com/questions/58135/what-are-the-differences-between-usability-attributes-and-usability-requirements

กรวิทย์ จันทร์ดี. (2550) .การศึกษาทักษะการทำความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมและการเคลื่อนไหวของคนตาบอดต้นแบบ : กรณีศึกษา ชุมชนคนตาบอดดาวคะนอง กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการงานฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

เจเรมี ซีบรุก. (2554) คู่มือเข้าใจชนชั้น วรรณะความเหลื่อมล้ำ . กรุงเทพมหานคร : โครงการจัดพิมพ์คบไฟ.

ธรรม จตุนาม. (2548). ศึกษารูปแบบการสอนการสร้างความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมและการเคลื่อนไหวของคนตาบอดและสายตาเลือนราง:กรณีศึกษาศูนย์พัฒนาสมรรถภาพคนตาบอด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการงานฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการบัณฑิตวิทยาลัยหาวิทยาลัยมหิดล.

ทิพย์สุดา ปทุมานนท์. (2539). กำเนิดสถาปัตยกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิพย์สุดา ปทุมานนท์. (2541). สถาปัตยกรรมกัมปนาทแห่งความสงัด. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร :โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นฤมล จันทรางกูล. (2547). การต่อสู้กับชีวิตในโลกมืด บันทึกของผู้ไม่ยอมพ่ายต่อชะตากรรม. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แปลน พริ้นท์ติ้ง.

วิมลวรรณ อังสุวรรณ. (2546). การเปรียบเทียบความหมายของกริยาแสดงระหว่างคนสายตาปกติและคนสายตาพิการ ตามแนวอรรถศาสตร์ปริชาน.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตสาขาวิชาภาษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สามารถ รัตนสาคร. (2545). ศึกษาทักษะการมีวิถีชีวิตอิสระในกลุ่มผู้ใหญ่ที่พิการทางการมองเห็นในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการงานฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2545.

อรศิริ ปาณินท์. (2538). ที่ว่างทางสถาปัตยกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยรังสิต.

ภาคผนวก 8 <u>สิทธิบัตรการออกแบบ (ส่วนควบคุม)</u>

แบบ สป/สผ/อสป/001-ก

สำเนา

หน้า 1 ของจำนวน 3 หน้า



คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

☐ การประดิษฐ์
☑ การออกแบบผลิตภัณฑ์
☐ อนุสิทธิบัตร

ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ 2535 และพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ 2542

สำหรับเจ้าหน้าที่	
วันรับคำขอ 18 ส.ค. 2560	เลขที่คำขอ 1702003190
วันยื่นคำขอ 18 ส.ค. 2560	
สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	
ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์ ประเภทผลิตภัณฑ์	
วันประกาศโฆษณา	เลขที่ประกาศโฆษณา
วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่	

1.ชื่อที่แสดงถึง~~การประดิษฐ์~~/การออกแบบผลิตภัณฑ์
อุปกรณ์ควบคุมส่วนบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับยานยนต์ขนาดใหญ่

ยกเว้นค่าธรรมเนียม
ตามกฎกระทรวงพ.ศ.๒๕๔๑ ว่าด้วยอัตราค่าธรรมเนียมและการยกเว้นค่าธรรมเนียม
ตามกฎกระทรวง พ.ศ. ๒๕๔๙ ว่าด้วยอัตราค่าธรรมเนียมสิทธิบัตร และประกาศคณะกรรมการสิทธิบัตร

2.คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่
ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน

3.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์) ดูที่หน้า 3	3.1 สัญชาติ
	3.2 โทรศัพท์
	3.3 โทรสาร
	3.4 อีเมล์

4.สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~
☐ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☑ ผู้รับโอน ☐ ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5.ตัวแทน(ถ้ามี)/ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์) ดูที่หน้า 3	5.1 ตัวแทนเลขที่
	5.2 โทรศัพท์
	5.3 โทรสาร
	5.4 อีเมล์

6.ผู้~~ประดิษฐ์~~/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)
ดูที่หน้า 3

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม
ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร
เลขที่ วันยื่น เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ
☐ คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง ☐ ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ ☐ ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

<u>หมายเหตุ</u> ในกรณีที่ไม่อาจระบุรายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยระบุหมายเลขกำกับข้อและหัวข้อที่แสดงรายละเอียด

แบบ สป/สผ/อสป/001-ก

หน้า 2 ของจำนวน 3 หน้า

8.การยื่นคำขอนอกราชอาณาจักร

วันยื่นคำขอ	เลขที่คำขอ	ประเทศ	สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	สถานะคำขอ
8.1				
8.2				
8.3				

8.4 ☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอสิทธิให้ถือว่าได้ยื่นคำขอนี้ในวันที่ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในต่างประเทศเป็นครั้งแรกโดย

☐ ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอนี้ ☐ ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอนี้

9.การแสดงการประดิษฐ์ หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด

วันแสดง 15-19 มีนาคม 2560 วันเปิดงานแสดง 15 มีนาคม 2560 ผู้จัด จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10.การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ

10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ	10.2 วันที่ฝากเก็บ	10.3 สถาบันฝากเก็บ/ประเทศ

11.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารภาษาต่างประเทศก่อนในวันยื่นคำขอนี้ และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ที่จัดทำเป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอนี้ โดยขอยื่นเป็นภาษา

☐ อังกฤษ ☐ ฝรั่งเศส ☐ เยอรมัน ☐ ญี่ปุ่น ☐ อื่นๆ

12.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบดีประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร หรือรับจดทะเบียน และประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้หลังจากวันที่ เดือน พ.ศ

☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ใช้รูปเขียนหมายเลข ในการประกาศโฆษณา

13.คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ประกอบด้วย

ก. แบบพิมพ์คำขอ 3 หน้า

ข. ~~รายละเอียดการประดิษฐ์~~ หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์ 1 หน้า

ค. ข้อถือสิทธิ 1 หน้า

ง. รูปเขียน รูป หน้า

จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์

☑ รูปเขียน 7 รูป 4 หน้า

☐ ภาพถ่าย รูป หน้า

ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์ หน้า

14.เอกสารประกอบคำขอ

☐ เอกสารแสดงสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

☐ หนังสือรับรองการแสดงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์

☐ หนังสือมอบอำนาจ

☐ เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ

☐ เอกสารการขอนับวันยื่นคำขอในต่างประเทศเป็นวันยื่นคำขอในประเทศไทย

☐ เอกสารขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

☑ เอกสารอื่น ๆ

15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า

☑ การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร/ ~~อนุสิทธิบัตร~~มาก่อน

☐ การประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก.....

16.ลายมือชื่อ (☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร / ~~อนุสิทธิบัตร~~; ☑ ตัวแทน)

นางสาวธิดารัตน์ ตันนิรัตร์

หมายเหตุ บุคคลใดยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยการแสดงข้อความอันเป็นเท็จแก่พนักงานเจ้าหน้าที่ เพื่อให้

3.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
อยู่ที่ 196 ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
333 หมู่ 1 ต.ท่าสุด อ.เมือง จ. เชียงราย 57100
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อยู่ที่ 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

5. ตัวแทน(ถ้ามี)/ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์)

นายมงคล แก้วมหา
อยู่ที่ สถาบันทรัพย์สินทางปัญญาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 14 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
5.1 ตัวแทนเลขที่ 1453 5.2 โทรศัพท์ 0-2218-4195 5.3 โทรสาร 0-2218-4181

และ/หรือ

นางสาวธิดารัตน์ ตันนิรัตร์
อยู่ที่ สถาบันทรัพย์สินทางปัญญาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 14 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
5.1 ตัวแทนเลขที่ 2393 5.2 โทรศัพท์ 0-2218-4195 5.3 โทรสาร 0-2218-4181

และ/หรือ

นายเสกสิทธิ์ แต้มแก้ว
อยู่ที่ สถาบันทรัพย์สินทางปัญญาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 14 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
5.1 ตัวแทนเลขที่ 2478 5.2 โทรศัพท์ 0-2218-4195 5.3 โทรสาร 0-2218-4181 5.4 อีเมล์ Seksit.T@chula.ac.th

6.~~ผู้ประดิษฐ์~~/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)

นายธนพล ตั้งบุญนิธิวงศ์
อยู่ที่ ภาควิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
ผศ.กุลธิดา เตชวรสินสกุล
อยู่ที่ ภาควิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
อ.สุรพล วรภัทราทร
สำนักวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง 333 หมู่ 1 ต.ท่าสุด อ.เมือง จ. เชียงราย 57100

หน้า 1 ของจำนวน 1 หน้า

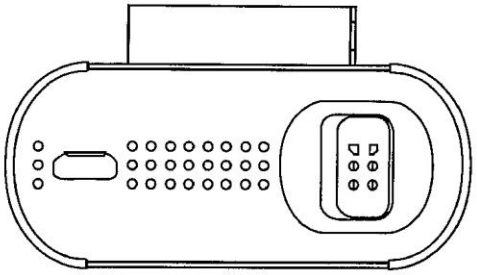
คำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์

เป็นแบบผลิตภัณฑ์ “อุปกรณ์ควบคุมส่วนบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็น” มีลักษณะเฉพาะที่สำคัญ 6 ประการคือ 1.โครงสร้างหลักเพื่อบรรจุแผ่นวงจรการทำงาน สามารถถอดประกอบเพื่อการดูแลบำรุงรักษา 2.ช่องใส่แบตเตอรี่แบบที่สามารถชาร์จเพื่อการใช้ซ้ำพร้อมฝาครอบ 3.การเปิดปิดเป็นสวิตช์แบบเลื่อนให้ตรงตำแหน่งบริเวณที่มีผิวสัมผัสให้ผู้ใช้งานรับรู้สถานะของอุปกรณ์ พร้อมเสียงเตือนและการสั่น 4.ช่องใส่เซนเซอร์และมอเตอร์เพื่อการเตือนระดับกลางลำตัวถึงพื้น 5.คลิปหนีบรูปตัวยู (U) เพื่อการสวมใส่อุปกรณ์กับเครื่องแต่งกาย และ 6.ช่องสายไฟเพื่อเชื่อมต่อกับเครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสวมศีรษะ

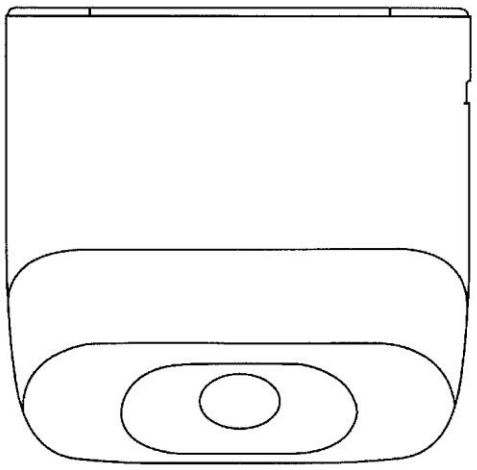
ข้อถือสิทธิ

ข้อถือสิทธิในแบบผลิตภัณฑ์ซึ่งได้แก่ รูปร่าง ลักษณะ ลวดลายของ "อุปกรณ์ควบคุมส่วนบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็น" ดังมีรายละเอียดตามที่ปรากฏในภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์ที่ได้เสนอมานี้

หน้า 1 ของจำนวน 4 หน้า

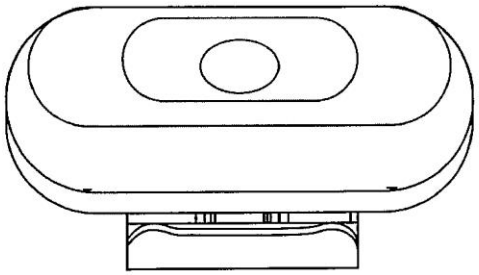


รูปที่ 1

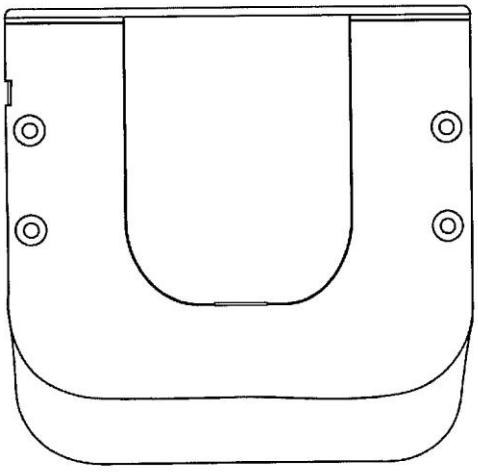


รูปที่ 2

หน้า 2 ของจำนวน 4 หน้า

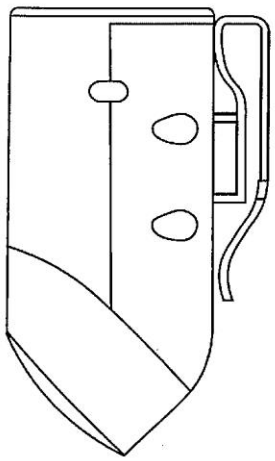


รูปที่ 3

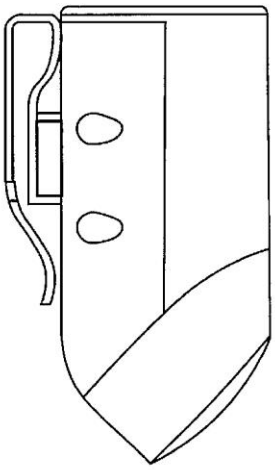


รูปที่ 4

หน้า 3 ของจำนวน 4 หน้า

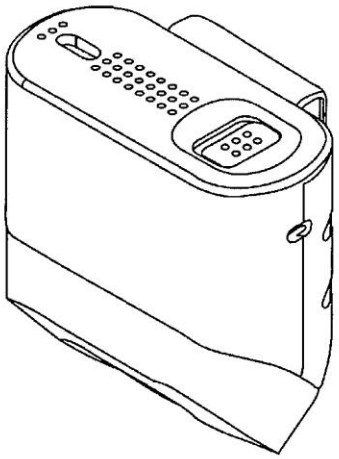


รูปที่ 5



รูปที่ 6

หน้า 4 ของจำนวน 4 หน้า



รูปที่ 7

ภาคผนวก 9 สิทธิบัตรการออกแบบ (ส่วนเซ็นเซอร์)

สำเนา

แบบ สป/สผ/อสป/001-ก
หน้า 1 ของจำนวน 3 หน้า



คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

☐ การประดิษฐ์
☑ การออกแบบผลิตภัณฑ์
☐ อนุสิทธิบัตร

ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ 2535 และพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ 2542

สำหรับเจ้าหน้าที่	
วันรับคำขอ 18 ส.ค. 2560	เลขที่คำขอ 1702003189
วันยื่นคำขอ 18 ส.ค. 2560	
สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	
ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์ ประเภทผลิตภัณฑ์	
วันประกาศโฆษณา	เลขที่ประกาศโฆษณา
วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่	

1.ชื่อที่แสดงถึง~~การประดิษฐ์~~/การออกแบบผลิตภัณฑ์
อุปกรณ์สวมบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้พิการทางการมองเห็นแบบสัมผัสคู่ซ้าย-ขวา

ยกเว้นค่าธรรมเนียม

2.คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่
ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน

ตามกฎกระทรวง พ.ศ.๒๕๔๙ ว่าด้วยอัตราค่าธรรมเนียมและการยกเว้นค่าธรรมเนียม ~~ตามกฎกระทรวงกำหนดค่าธรรมเนียมสำหรับสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร และประกาศคณะกรรมการสิทธิบัตร~~

3.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ) ดูที่หน้า 3	3.1 สัญชาติ
	3.2 โทรศัพท์
	3.3 โทรสาร
	3.4 อีเมล์

4.สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~
☐ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☑ ผู้รับโอน ☐ ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5.ตัวแทน(ถ้ามี)/ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์) ดูที่หน้า 3	5.1 ตัวแทนเลขที่
	5.2 โทรศัพท์
	5.3 โทรสาร
	5.4 อีเมล์

6.~~ผู้ประดิษฐ์~~/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)
ดูที่หน้า 3

7. คำขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~นี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม
ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร
เลขที่ วันยื่น เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ
☐ คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง ☐ ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ ☐ ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่อาจระบุรายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยระบุหมายเลขกำกับข้อและหัวข้อที่แสดงรายละเอียด

3.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

อยู่ที่ 196 ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

333 หมู่ 1 ต.ท่าสุด อ.เมือง จ. เชียงราย 57100

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อยู่ที่ 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

5. ตัวแทน(ถ้ามี)/ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์)

นายมงคล แก้วมหา

อยู่ที่ สถาบันทรัพย์สินทางปัญญาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 14 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

5.1 ตัวแทนเลขที่ 1453 5.2 โทรศัพท์ 0-2218-4195 5.3 โทรสาร 0-2218-4181

และ/หรือ

นางสาวธิดารัตน์ ตันนิรัตร์

อยู่ที่ สถาบันทรัพย์สินทางปัญญาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 14 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

5.1 ตัวแทนเลขที่ 2393 5.2 โทรศัพท์ 0-2218-4195 5.3 โทรสาร 0-2218-4181

และ/หรือ

นายเสกสิทธิ์ แต้มแก้ว

อยู่ที่ สถาบันทรัพย์สินทางปัญญาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 14 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

5.1 ตัวแทนเลขที่ 2478 5.2 โทรศัพท์ 0-2218-4195 5.3 โทรสาร 0-2218-4181 5.4 อีเมล์ Seksit.T@chula.ac.th

6.~~ผู้ประดิษฐ์~~/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)

นายธนพล ตั้งบุญนิธิวงศ์

อยู่ที่ ภาควิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

ผศ.กุลธิดา เตชวรสินสกุล

อยู่ที่ ภาควิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

อ.สุรพล วรภัทราทร

สำนักวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง 333 หมู่ 1 ต.ท่าสุด อ.เมือง จ. เชียงราย 57100

แบบ สป/สผ/อสป/001-ก

หน้า 2 ของจำนวน 3 หน้า

8.การยื่นคำขอนอกราชอาณาจักร

วันยื่นคำขอ	เลขที่คำขอ	ประเทศ	สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	สถานะคำขอ
8.1				
8.2				
8.3				

8.4 ☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอสิทธิให้ถือว่าได้ยื่นคำขอนี้ในวันที่ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในต่างประเทศเป็นครั้งแรกโดย

☐ ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอนี้ ☐ ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอนี้

9.การแสดงการประดิษฐ์ หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด

วันแสดง 15-19 มีนาคม 2560 วันเปิดงานแสดง 15 มีนาคม 2560 ผู้จัด จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10.การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ

10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ	10.2 วันที่ฝากเก็บ	10.3 สถาบันฝากเก็บ/ประเทศ

11.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารภาษาต่างประเทศก่อนในวันยื่นคำขอนี้ และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ที่จัดทำเป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอนี้ โดยขอยื่นเป็นภาษา

☐ อังกฤษ ☐ ฝรั่งเศส ☐ เยอรมัน ☐ ญี่ปุ่น ☐ อื่นๆ

12.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบดีประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร หรือรับจดทะเบียน และประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้หลังจากวันที่ เดือน พ.ศ

☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ใช้รูปเขียนหมายเลข ในการประกาศโฆษณา

13.คำขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~นี้ประกอบด้วย

ก. แบบพิมพ์คำขอ 3 หน้า

ข. ~~รายละเอียดการประดิษฐ์~~ หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์ 1 หน้า

ค. ข้อถือสิทธิ 1 หน้า

ง. รูปเขียน รูป หน้า

จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์

☑ รูปเขียน 7 รูป 4 หน้า

☐ ภาพถ่าย รูป หน้า

ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์ หน้า

14.เอกสารประกอบคำขอ

☐ เอกสารแสดงสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

☐ หนังสือรับรองการแสดงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์

☐ หนังสือมอบอำนาจ

☐ เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ

☐ เอกสารการขอนับวันยื่นคำขอในต่างประเทศเป็นวันยื่นคำขอในประเทศไทย

☐ เอกสารขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

☑ เอกสารอื่น ๆ

15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า

☑ การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร/ ~~อนุสิทธิบัตร~~มาก่อน

☐ การประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก.....

16.ลายมือชื่อ (☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร / ~~อนุสิทธิบัตร~~; ☑ ตัวแทน)

นางสาวธิดารัตน์ ตันนิรัตร์

หมายเหตุ บุคคลใดยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยการแสดงข้อความอันเป็นเท็จแก่พนักงานเจ้าหน้าที่ เพื่อให้ได้ไปซึ่งสิทธิบัตรหรือ[illegible]

หน้า 1 ของจำนวน 1 หน้า

คำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์

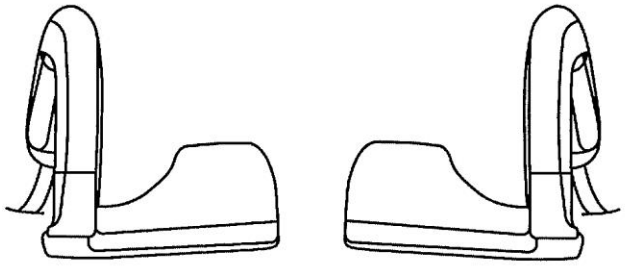
เป็นแบบผลิตภัณฑ์ “อุปกรณ์สวมบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็นด้วยระบบสั่นแบบสัมผัสคู่ซ้าย -ขวา” มีลักษณะเฉพาะที่สำคัญ 4 ประการคือ 1.โครงสร้างส่วนยื่นด้านข้างเพื่อบรรจุเซนเซอร์และมอเตอร์ สามารถถอดประกอบเพื่อการดูแลบำรุงรักษา 2.โครงสร้างโค้งเพื่อการสวมใส่แนบบริเวณหู 3. ช่องสายไฟเพื่อเชื่อมต่อเครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางฯกับอุปกรณ์ควบคุม และ 4.การแบ่งชิ้นส่วนโครงเครื่องบอกเตือนเพื่อการประกอบและการถอดเพื่อบำรุงรักษา ทำสีและพื้นผิวแตกต่างกันได้เพื่อประโยชน์การใช้งานและความงาม

หน้า 1 ของจำนวน 1 หน้า

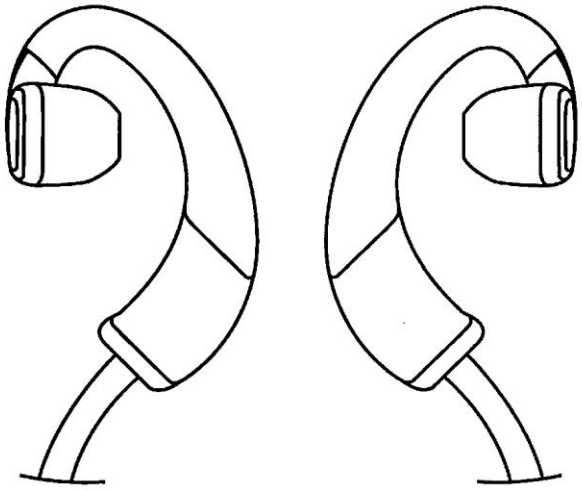
ข้อถือสิทธิ

ข้อถือสิทธิในแบบผลิตภัณฑ์ซึ่งได้แก่ รูปร่าง ลักษณะ ลวดลายของ "อุปกรณ์สวมบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็นด้วยระบบสั่นแบบสัมผัสคู่ซ้าย-ขวา" ดังมีรายละเอียดตามที่ปรากฏในภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์ที่ได้เสนอมานี้

หน้า 1 ของจำนวน 4 หน้า

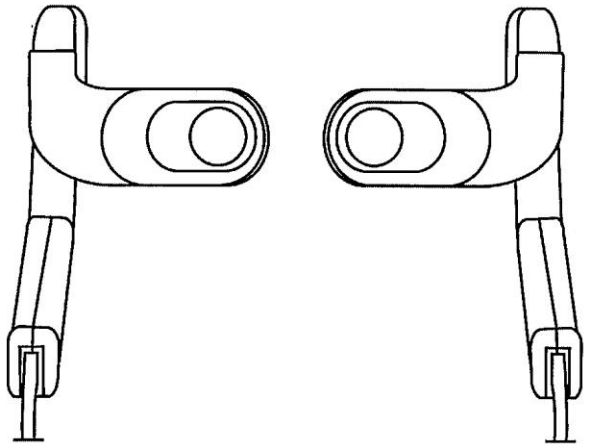


รูปที่ 1

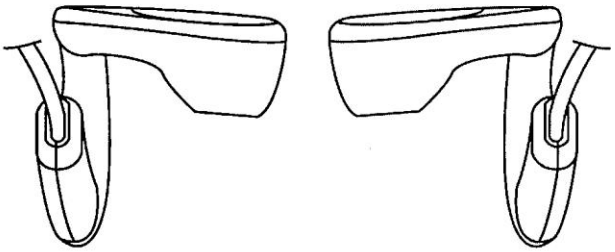


รูปที่ 2

หน้า 2 ของจำนวน 4 หน้า

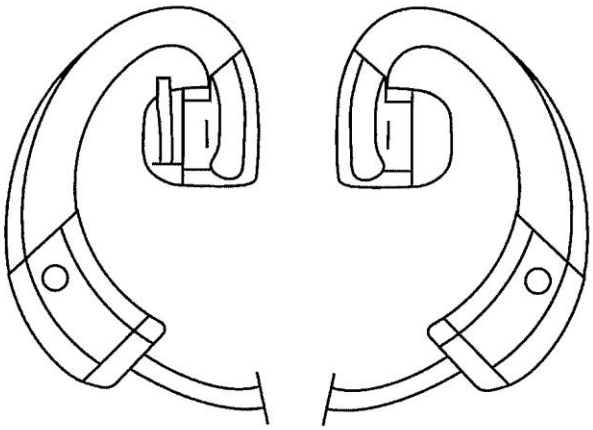


รูปที่ 3

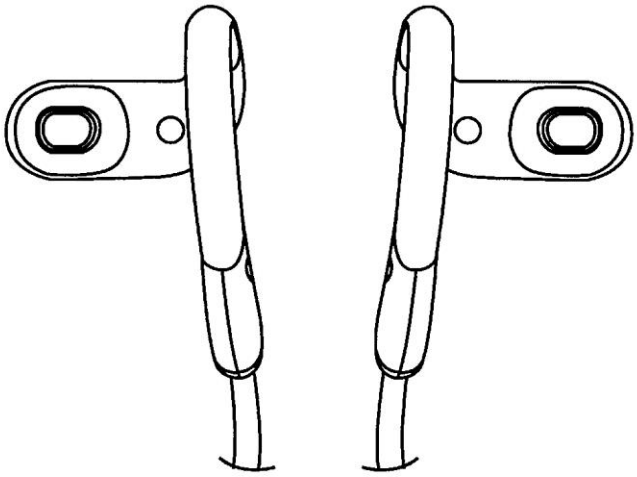


รูปที่ 4

หน้า 3 ของจำนวน 4 หน้า

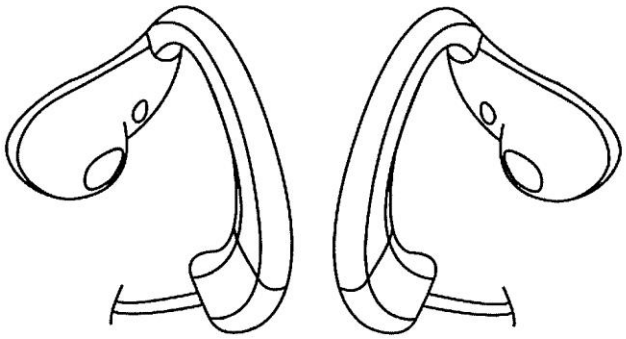


รูปที่ 5



รูปที่ 6

หน้า 4 ของจำนวน 4 หน้า



รูปที่ 7

ประวัติคณะผู้ทำวิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ: อาจารย์สุรพล วรภัทราทร
ตำแหน่ง: ผู้ช่วยคณบดี/อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
หน่วยงาน: สำนักวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
สถานที่ติดต่อ: สำนักวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
333 หมู่ 1 ต.ท่าสุด อ.เมือง จ.เชียงราย 57100
หมายเลขโทรศัพท์: 098-249-3517 E-mail: Surapol.vor@mfu.ac.th

ผู้ร่วมโครงการ 1

ชื่อ: ผู้ช่วยศาสตราจารย์กุลธิดา เตชวรสินสกุล
ตำแหน่ง: ผู้ช่วยศาสตราจารย์, อาจารย์ประจำภาควิชาการออกแบบอุตสาหกรรม
หน่วยงาน: ภาควิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สถานที่ติดต่อ: ภาควิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กทม. 10330
หมายเลขโทรศัพท์: 081-844-4246 E-mail: kulthida.t@chula.ac.th

ผู้ร่วมโครงการ 2

ชื่อ: นางณัชชา จันทร์วราภา
ตำแหน่ง: นักวิทยาศาสตร์ ชำนาญการพิเศษ (ระดับ 8), หัวหน้าคลินิกฟื้นฟูสมรรถภาพทางการมองเห็น
หน่วยงาน: ภาควิชาจักษุวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล
สถานที่ติดต่อ: ตึกผู้ป่วยนอก หน่วยตรวจคลื่นไฟฟ้านัยน์ตา ภาควิชาจักษุวิทยา
คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล เลขที่ 2 ถนนวังหลัง
แขวงศิริราช เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10700
หมายเลขโทรศัพท์: 081-648-7823 E-mail: natchachanwarapha@yahoo.com

แบบสรุปผู้บริหาร

[Executive Summary]

---

1. รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย

1.1. ชื่อเรื่อง

(ภาษาไทย) ไอโซนาร์ 2: เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็น

(ภาษาอังกฤษ) iSonar-2: An Obstacle Warning Device for the visually impaired

1.2. ชื่อคณะผู้ทำวิจัย

หัวหน้าโครงการ	อาจารย์สุรพล วรภัทราทร
หน่วยงานที่สังกัด	สำนักวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
หมายเลขโทรศัพท์:	098-249-3517 E-mail: Surapol.vor@mfu.ac.th
ผู้ร่วมโครงการ	ผศ.กุลธิดา เตชวรสินสกุล
หน่วยงานที่สังกัด	ภาควิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
หมายเลขโทรศัพท์:	081-844-4246 E-mail: kulthida.t@chula.ac.th
ผู้ร่วมโครงการ	นางณัชชา จันทร์วราภา
หน่วยงานที่สังกัด	ภาควิชาจักษุวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล
หมายเลขโทรศัพท์:	081-648-7823 E-mail: natchachanwarapha@yahoo.com

1.3. งบประมาณและระยะเวลาทำวิจัย

ได้รับงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 งบประมาณที่ได้รับ 1,042,000 บาท

ระยะเวลาทำวิจัย ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2558 ถึง 12 พฤศจิกายน 2561

2. สรุปโครงการวิจัย

สำหรับงานวิจัยเดิมของผู้ทำวิจัย คือ ไอโซนาร์ เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางด้วยคลื่นอัลตราโซนิคเป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบโดยใช้ความต้องการจากผู้ใช้งานคือผู้บกพร่องทางการเห็นเป็นฐาน บอกเตือนสิ่งกีดขวางระดับเอวถึงศีรษะในระยะ 130 เซนติเมตรด้วยระบบสั่น สำหรับปัญหาของไอโซนาร์จากการที่ให้ผู้บกพร่องทางการเห็นในประเทศไทยจำนวน 250 คนทดสอบการใช้งานจริง (มีนาคม 2556 – พฤศจิกายน 2557) พบว่า ผู้ใช้ยังคงเดินชนสิ่งกีดขวางในระดับ ศีรษะ ช่วงไหล่และช่วงเอวลงไป ไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าต้องหลบสิ่งกีดขวางไปทางใดทำให้เสียเวลาหาเส้นทาง และการใช้งานไม่สะดวกเนื่องจากการใช้สายคล้องคอทำให้อุปกรณ์แกว่งหมุนบิดไปมา ทำให้หันหน้าตัวเครื่องผิดด้าน

บ้าง สั่นไม่โดนผู้ใช้บ้าง, ผู้ใช้งานมีการรับรู้ทางการสัมผัสไม่เท่ากัน บางคนใช้แล้วรู้สึกว่าการสั่นเตือนน้อยเกินไปหรือมากเกินไป และรูปลักษณ์ของอุปกรณ์ที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ใช้

งานวิจัยนี้จึงเสนอ ไอโซนาร์-2 เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้บกพร่องทางการเห็น ออกแบบโดยใช้ความต้องการจากผู้ใช้งานคือผู้บกพร่องทางการเห็นเป็นฐานเป็นจำนวน 100 คน สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางด้านหน้าของผู้ใช้งานได้แบบสามมิติ บอกเตือนสิ่งกีดขวางตั้งแต่ระดับเท้าจนถึงระดับศีรษะของผู้ใช้งาน ด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิคความถี่ 40 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งทำงานร่วมกันสี่ตัว (Quad-Ultrasonic Transducer) ในการตรวจหาสิ่งกีดขวางได้ทั้งสามมิติ (ความสูง, ความกว้าง, ความลึก) บอกตำแหน่งสิ่งกีดขวางด้วยระบบสั่นแบบสัมผัสคู่ (Dual-Tactile Feedback) ประสิทธิภาพความแม่นยำสูง มีความปลอดภัย, แข็งแรงทนทาน มีความสะดวกสบายในการใช้งาน รูปลักษณ์เป็นที่น่าพึงพอใจของผู้ใช้ ในราคาอันสมควร ได้รับการยอมรับจากผู้ใช้งานทั้งด้านประสิทธิภาพและการออกแบบ

สำหรับขั้นตอนการออกแบบเครื่อง ไอโซนาร์-2 นั้น ใช้หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับผู้พิการแบ่งเป็นสี่ขั้นตอน ขั้นตอนแรก คือขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากผู้ใช้งาน (Gathering requirements) เพื่อที่จะเรียนรู้ความต้องการของผู้ใช้งานจัดปัญหาในชีวิตประจำวันที่เกิดขึ้นและพฤติกรรมของผู้ใช้ส่วนใหญ่ ส่วนขั้นตอนที่สองคือการ นำองค์ความรู้ที่มีอยู่และความต้องการของผู้ใช้งานมาออกแบบผลิตภัณฑ์เบื้องต้น ขั้นตอนที่สาม คือ การนำต้นแบบเบื้องต้นนำไปให้ผู้ใช้งานกลุ่มเล็ก ๆ ได้ลองใช้จริง ส่วนขั้นตอนสุดท้ายคือการปรับปรุงรูปแบบผลิตภัณฑ์จากข้อติชมของผู้ใช้งานเบื้องต้น จากการสรุปผลการทดสอบความพึงพอใจของอุปกรณ์โดยกลุ่มตัวอย่างผู้พิการทางสายตาเบื้องต้น พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจ โดยรวมโดยใช้มาตรวัดลิเคิร์ท (ช่วงคะแนน 1-5) อยู่ที่ 3.80 คะแนน หรือในระดับดี หลังจากการทำแบบประเมินความพึงพอใจ ทางทีมงานได้ทำการสัมภาษณ์ผู้พิการทางสายตารายบุคคล สามารถสรุปประเด็นสิ่งที่ชอบและอยากให้ปรับปรุงได้ สำหรับสิ่งที่ผู้ใช้งานชอบอย่างแรกคือรูปทรงที่คล้ายกับหูฟังดูไม่แปลกแยกกับคนทั่วไปและรู้สึกทันสมัย ชอบการใส่ไว้ด้านหลังใบหูเนื่องจากไม่รู้สึกอึดอัดและสามารถใช้หูในการฟังเสียงสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ได้ ชอบการใช้งานที่ง่ายเพียงแค่กดปุ่มเปิดการ์ดใช้ได้แล้ว ชอบที่อุปกรณ์การชาร์จไฟที่คล้ายกับสมาร์ทโฟนรู้สึกคุ้นเคยเข้าใจง่าย ชอบการแยกระบบสั่นแบบซ้ายขวาเนื่องจากทำให้สามารถระบุทิศทางของสิ่งกีดขวางได้ สำหรับประเด็นที่ควรปรับปรุง คือ อยากให้ตัวอุปกรณ์แนบกับใบหูมากกว่านี้ โดยการสามารถปรับเข้ากับส่งใบหูของแต่ละบุคคลได้ อยากให้สามารถปรับระดับการสั่นได้ อยากให้อุปกรณ์ทำงานได้แบบไร้สาย อยากให้ตรวจจับสิ่งกีดขวางด้านข้างได้ด้วย อยากให้เลือกสีได้ตามต้องการ อยากให้ตัวอุปกรณ์บางและเล็กกว่านี้ อยากให้มีกล่องเก็บแบบเปิดเก็บได้ กันกระแทกได้ อยากให้สามารถถอดสายหูฟังออกได้เพื่อการเก็บที่ง่ายขึ้นอยากให้อุปกรณ์สามารถบอกรายละเอียดของสิ่งกีดขวางได้ว่าคืออะไรและห่างในระยะกี่เมตร อยากให้อุปกรณ์สามารถบอกชื่อสถานที่ได้และสามารถบอกทิศทาง สุดท้ายคือ

อยากให้อุปกรณ์สามารถชาร์จไฟกับพาวเวอร์แบงค์ที่ผู้พิการทางสายตาพกติดตัวได้ สำหรับในขั้นตอนต่อไปทางทีมผู้วิจัยจะทำการทดสอบอุปกรณ์กับผู้พิการทางสายตาให้ครบตามจำนวนการเก็บข้อมูลที่กำหนดไว้

อุปกรณ์ไอโซนาร์-2 สามารถช่วยเหลือผู้พิการทางสายตาเดินทางไปยังจุดหมายที่ต้องการได้อย่างปลอดภัย มีความมั่นใจในการเดินทางมากขึ้น และเพื่อส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้พิการทางสายตา สอดคล้องกับโครงการวิจัยตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2555-2559) ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 4 การสร้างศักยภาพและความสามารถเพื่อการพัฒนานวัตกรรมและบุคลากรทางการวิจัย กลยุทธ์การวิจัยที่ 1 พัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม สู่เชิงพาณิชย์รวมทั้งองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์

3. บทคัดย่อภาษาไทยและบทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract)

ไอโซนาร์-2 คือ อุปกรณ์บอกเตือนสิ่งกีดขวางซึ่งทำให้ผู้พิการทางสายตาสามารถหลบหลีกวัตถุที่อยู่ระหว่างเท้าจนถึงศรีษะได้ ในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการสร้างต้นแบบเครื่อง ไอโซนาร์-2 ซึ่งออกแบบจากความต้องการของผู้พิการทางสายตาในประเทศไทย สำหรับการตรวจจับสิ่งกีดขวางใช้ ตัวรับส่งคลื่นเสียงอัลตราโซนิค จำนวนสามตัวความ ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ มีระยะการทำงาน 130 เซนติเมตรด้านหน้าของผู้พิการ ตรวจจับตั้งแต่พื้นจนถึงศรีษะรวมถึงสามารถตรวจจับหลุมหรือขั้นบันไดได้ด้วย สำหรับการบอกเตือนสิ่งกีดขวางใช้มอเตอร์สั่นจำนวนสาม. เพื่อที่จะบอกตำแหน่งของสิ่งกีดขวางตำแหน่งและระยะทางต่าง ๆ สำหรับการบอกเตือนสิ่งกีดขวางใช้มอเตอร์สั่นจำนวนสามจุด เพื่อที่จะบอกตำแหน่งของสิ่งกีดขวางตำแหน่งและระยะทางต่าง ๆ ทั้งนี้นอกจาประสิทธิภาพที่ดีแล้ว ไอโซนาร์-2 ยังมีรูปลักษณ์ที่ถูกใจและเป็นมิตรกับผู้พิการทางสายตาอีกด้วย

iSonar-2 is obstacle warning device which allow the blind and visually impaired avoid dangerous objects form user’s head to lower body. This research proposes a prototype of iSonar-2; a low-cost directional obstacle warning device using multiple ultrasonic transducers with a miniaturized, high performance. To avoid collision, three ultrasonic transducers with 40 kHz are used to detect obstacles within the range of the user’s head and the ground, including stairs. iSonar-2 provides directional tactile feedback with 3 DC motors that vibrate in different position and frequencies, depending on the details of the obstacle’s whereabouts and characteristics. The coverage area is 130 cm forward and 100 cm from each side which makes iSonar-2 more practicable and provides accurate awareness for users in tough and pleased in appearance.