

อุปกรณ์วัดความสูงแบบดิจิทัลโดยใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิก

Digital height meter using ultrasonic sensor

■ ธัญญารัตน์ วงศ์เกี¹ ปณัสดา อวิคุณประเสริฐ^{1*} ชยานนท์ อวิคุณประเสริฐ²
Thunyarat Wongke¹ Panatsada Awikunprasert^{1*} Chayanon Awikunprasert²

¹ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น

¹Department of Physics, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen Province, Thailand

²คณะวิทยาการจัดการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนครพนม จ.นครพนม

²Faculty of Management Science and Information Technology, Nakhon Phanom University, Nakhon Phanom Province, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: panaaw@kku.ac.th)

* Corresponding author (Email: panaaw@kku.ac.th)

Received June 2017

Accepted as revised July 2017

Abstract

Introduction: Typical height measurement is to read from scale at the level of observer's eyes. An error occurs from reading and estimation. Another way is using commercial automatic height meter but quite expensive. Nowadays, Arduino microcontroller board and sensors have been developed and provided an easy way to build a simple, accurate, and cheap a measuring device.

Objectives: To design and create a digital height meter that provides an accurate and precise measurement. The digital height meter was measured using ultrasonic sensor with Arduino board. Temperature sensor was added to the circuit to take account on changes of temperature affecting the accuracy of measures. Height of subject was digitally displayed on LCD display.

Materials and methods: The first step was to design the circuit and connect ultrasonic sensor and other electronics parts to Arduino board. Equation and code were complied with microcontroller. Efficiency and assessment of the assembled height meter was performed. Height measures were then compared between typical method and the digital height meter.

Results: The result showed that efficiency of ultrasonic sensor has an error of 0.6-1.0% for the measurement range of 2-200 cm. Comparison result of three measurement methods, typical measurement, digital height meter with a cardboard, and a digital height meter showed that there was a significant difference between typical height measurement and height meter ($p=0.017$) with measurement error of 4.0%. However, measurement using height meter with a cardboard has an error of 1.0% and was not different from typical method ($p=0.793$). After improvement of equation, the results showed that efficient of digital height meter was increased by 2.0%.

Conclusion: This digital height meter is easy to construct and cheap. It provides touchless and fast technique to measure height. However, precision and accuracy of the digital height meter depend on performance of the ultrasonic sensor. The more accurate ultrasonic sensor is more expensive. Adding temperature sensor helps to enhance accuracy of measurement. In addition, angle of reflection of the sensor affects accuracy of the measurement.

Journal of Associated Medical Sciences 2017; 50(3): 435-441. Doi: 10.14456/jams.2017.60

Keywords: Ultrasonic sensor, temperature sensor, height measurement, Arduino microcontroller

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: โดยทั่วไป การวัดความสูงเป็นการอ่านค่าความสูงจากระดับสายตาของผู้วัด ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการอ่านและการประมาณ อีกหนึ่งวิธีคือ การใช้เครื่องวัดความสูงแบบดิจิตอล แต่มีราคาสูง การใช้งานบอร์ดอาร์ดูইโน (Arduino board) และเซนเซอร์ต่างๆ เพื่อพัฒนาและสร้างเครื่องมือสามารถทำได้ง่ายและมีความถูกต้องมากขึ้น และราคาไม่แพง

วัตถุประสงค์: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการสร้างอุปกรณ์วัดความสูงแบบดิจิตอลที่สามารถวัดค่าได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และใช้งานสะดวก โดยอุปกรณ์วัดความสูงนี้ใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกกับบอร์ดอาร์ดูইโน (Arduino board) ทำงานร่วมกับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิเพื่อให้ค่าที่วัดได้มีความถูกต้องมากขึ้นและข้อมูลผ่านหน้าจอแอลซีดี

วัสดุและวิธีการ: ออกแบบวงจรและสร้างอุปกรณ์วัดความสูงโดยใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกทำงานร่วมกับบอร์ดอาร์ดูইโน จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น และนำไปใช้งานจริง โดยเปรียบเทียบกับวิธีการวัดโดยวิธีการทั่วไป และคำนวณหาความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์

ผลการศึกษา: ประสิทธิภาพของเซนเซอร์อัลตราโซนิกในการวัดระยะทางตั้งแต่ 2-200 เซนติเมตร มีความคลาดเคลื่อน 0.6 ถึง 1.0% เมื่อเปรียบค่าวัดความสูงจากการวัด 3 วิธี คือ วิธีทั่วไป วิธีที่ใช้อุปกรณ์วัดความสูงแบบดิจิตอลคู่กับฉากเรียบ และวิธีที่ใช้อุปกรณ์วัดความสูงแบบดิจิตอลเพียงอย่างเดียว พบว่าค่าความสูงที่ได้จากการใช้อุปกรณ์วัดความสูงแบบดิจิตอลกับค่าความสูงที่ได้จากการวัดความสูงโดยวิธีทั่วไป และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.017$) ค่าความคลาดเคลื่อน 4.0% เมื่อใช้อุปกรณ์วัดความสูงแบบดิจิตอลคู่กับฉากเรียบไม่พบความแตกต่างของค่าความสูงที่วัดได้เทียบกับการวัดโดยวิธีทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.793$) และความคลาดเคลื่อนของค่าที่วัดได้มีเพียง 1.0% เมื่อปรับแก้สมการในโปรแกรมและนำอุปกรณ์ไปใช้งานจริง พบว่าการนำอุปกรณ์วัดความสูงแบบดิจิตอลไปใช้งานมีความคลาดเคลื่อนลดลงเหลือเพียง 2.0%

สรุปผลการศึกษา: อุปกรณ์วัดความสูงแบบดิจิตอลที่สร้างขึ้น มีราคาถูก สามารถใช้งานได้สะดวกรวดเร็ว และไม่ต้องสัมผัสตัวผู้วัด อย่างไรก็ตาม ความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ขึ้นกับประสิทธิภาพของเซนเซอร์อัลตราโซนิกซึ่งมีราคาแพงหากเลือกชนิดที่ประสิทธิภาพสูง การเพิ่มเซนเซอร์วัดอุณหภูมิส่งผลให้ประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดความสูงแบบดิจิตอลดีขึ้น นอกจากนี้ มุมในการสะท้อนของเซนเซอร์ยังส่งผลต่อความถูกต้องในการวัดด้วย

Journal of Associated Medical Sciences 2560; 50(3): 435-441. Doi: 10.14456/jams.2017.60

คำสำคัญ: เซนเซอร์อัลตราโซนิก เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ การวัดความสูง ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาร์ดูইโน

บทนำ

ความสูงเป็นค่าที่แสดงถึงการเจริญเติบโตหรือความสมบูรณ์ของร่างกาย ความสูงของคนเป็นข้อมูลที่สามารถประเมินการเจริญเติบโตพัฒนาการด้านร่างกาย การวิเคราะห์พัฒนาการและการเจริญเติบโตของเด็กในวัยเรียนเพื่อประเมินความสมบูรณ์ของร่างกาย การประเมินความเสี่ยงต่อโรคต่างๆ การคำนวณปริมาณยาบางชนิดที่ต้องการทราบข้อมูลน้ำหนักความสูง ดัชนีมวลกายของผู้ป่วยเพื่อกำหนดขนาดยาที่เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละราย การวัดความสูงโดยทั่วไปเป็นการวัดความสูงโดยใช้ไม้กันและอ่านค่าความสูงจากระดับสายตาของผู้วัด ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการอ่านและการประมาณค่า

นอกจากนี้ กรณีผู้อ่านมีความสูงน้อยกว่าผู้ที่ถูกวัดความสูง อาจทำให้เกิดความไม่สะดวกในการอ่านค่าความสูง และใช้เวลานานในการวัด อีกหนึ่งวิธีของการวัดความสูง คือการใช้เครื่องวัดความสูงแบบอัตโนมัติซึ่งมีราคาสูงกว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดแบบวิธีทั่วไป

ปัจจุบัน มีการพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และการเขียนคำสั่งเพื่อใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ง่ายและสะดวกมากขึ้น เช่น การใช้งานบอร์ดอาร์ดูইโน (Arduino board) และเซนเซอร์ต่างๆ¹ ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน เช่น การนำเซนเซอร์อัลตราโซนิกมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ในการวัดระยะห่างระหว่างรถสองคัน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสามารถนำไปใช้งานจริงได้ และสามารถช่วยลดอุบัติเหตุได้²

เซนเซอร์อัลตราโซนิกสามารถนำมาใช้ในระบบตรวจจับสิ่งกีดขวางที่เป็นวัตถุต่างชนิดกัน สีและพื้นผิวต่างกัน ได้แก่ ไม้ พลาสติก กระดาษ ไม้อัด และคอนกรีต ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ³ รวมถึงการสร้างเครื่องวัดความสูงอัตโนมัติแบบพกพาโดยใช้เซนเซอร์อินฟราเรด (IR sensor) ทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และแสดงผลผ่านจอแสดงผลแอลซีดี เครื่องวัดความสูงอัตโนมัติมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา สามารถใช้งานได้สะดวกรวดเร็ว⁴ อย่างไรก็ตาม เซนเซอร์อินฟราเรดมีข้อเสีย คือ ความคลาดเคลื่อนในการวัดในสภาวะแสงรอบที่มีการรบกวนจากแสงจากดวงอาทิตย์หรือหลอดไฟ การทำงานของเซนเซอร์อินฟราเรดขึ้นกับสีของวัตถุโดยสภาวะแสงรอบมีผลต่อความถูกต้องในการวัดระยะทาง ในขณะที่การทำงานของเซนเซอร์อัลตราโซนิกไม่ขึ้นกับสีของวัตถุและสภาวะแสงรอบ แต่อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมีผลต่อความถูกต้องในการวัดระยะทาง⁵ ดังนั้น การศึกษานี้จึงใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกร่วมกับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิในการสร้างอุปกรณ์วัดความสูงแบบดิจิทัลโดยควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดิวโนและแสดงผลผ่านทางหน้าจอแอลซีดี เพื่อให้ได้เครื่องมือวัดความสูงที่สามารถแสดงค่าความสูงได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ ใช้งานได้สะดวก สามารถวัดค่าได้อย่างรวดเร็วและอัตโนมัติโดยไม่ต้องมีการสัมผัสกับบุคคลที่ต้องการวัดความสูง

วัสดุและวิธีการศึกษา

การออกแบบวงจรและสร้างอุปกรณ์วัดความสูง

เซนเซอร์อัลตราโซนิก โมดูล HC-SR04 มีพิสัยในการวัดระยะทางตั้ง 2-400 เซนติเมตร⁶ การคำนวณระยะทางระหว่างเซนเซอร์ถึงวัตถุใช้สมการอัตราเร็วของคลื่นเสียงในอากาศและสมการการเคลื่อนที่ในแนวราบโดย

อัตราเร็วของเสียงในอากาศ คำนวณได้จากสมการ

$$v = 311.4 + 0.606T \dots (1)$$

การวัดระยะทางโดยใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิก อาศัยสมการการเคลื่อนที่ในแนวราบ จะได้

$$s = vt/2 \dots (2)$$

เมื่อ v = อัตราเร็วของคลื่นเสียงในอากาศ (เมตรต่อวินาที)

T = อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

S = ระยะทาง (เมตร)

T = เวลา (วินาที)

การคำนวณความสูงของอาคารสมัก ทำโดยวางเซนเซอร์อัลตราโซนิกให้สูงจากพื้นเป็นระยะ 200 เซนติเมตร กำหนด

เป็นตัวแปรคงที่ในสมการ จากนั้น เซนเซอร์อัลตราโซนิกจะวัดระยะห่างระหว่างศีรษะของอาคารสมัก (คือค่า s ในสมการ) และนำไปลบออกจาก 200 เซนติเมตร (Figure 1) ดังสมการ

$$\text{Height (cm)} = 200 \text{ cm} - s \text{ (cm)} \dots (3)$$

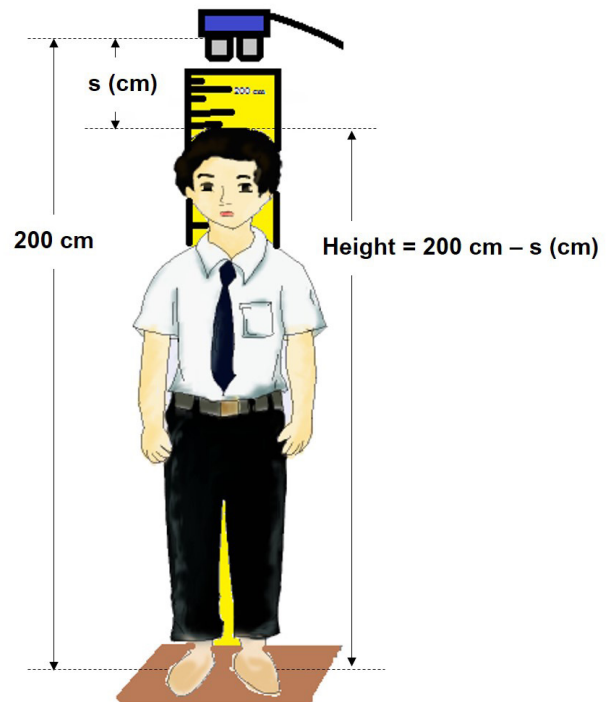


Figure 1 Concept of height measurement using ultrasonic sensor

สร้างอุปกรณ์วัดความสูงให้เชื่อมต่อเซนเซอร์อัลตราโซนิก เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และจอแสดงผลแอลซีดีเข้ากับบอร์ดอาร์ดิวโน จากนั้น เขียนโปรแกรมหรือโค้ดลงในไมโครคอนโทรลเลอร์โดยนำค่าอุณหภูมิที่ได้จากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (ตัวแปรที่กำหนดในโค้ดคือ `int readData`) แทนค่าในสมการอัตราเร็วของคลื่นเสียงในอากาศที่เปลี่ยนตามอุณหภูมิ (ตัวแปรที่กำหนดในโค้ดคือ `spdSnd`) ดังสมการที่ (1) เพื่อนำไปคำนวณความสูงของอาคารสมัก โดยกำหนดตัวแปรคงที่เท่ากับ 200 เซนติเมตร คือระยะห่างระหว่างเซนเซอร์และพื้นราบ และลบด้วยค่าระยะห่างระหว่างศีรษะของอาคารสมักกับเซนเซอร์ โดยใช้สมการการเคลื่อนที่ในแนวราบ (ตัวแปรที่กำหนดในโค้ดคือ `distance`) (Figure 2)

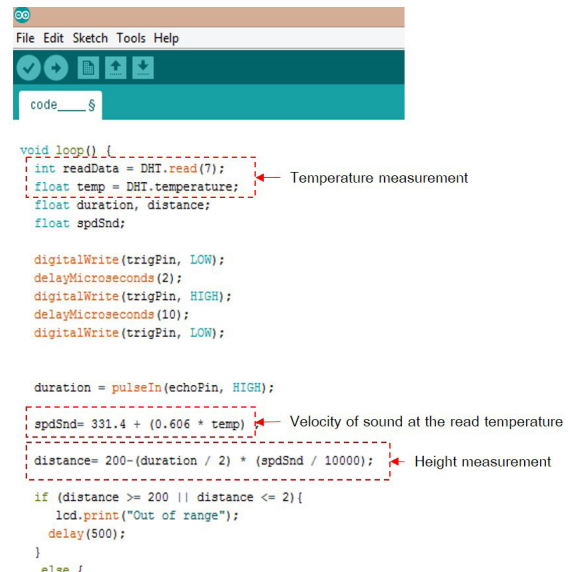
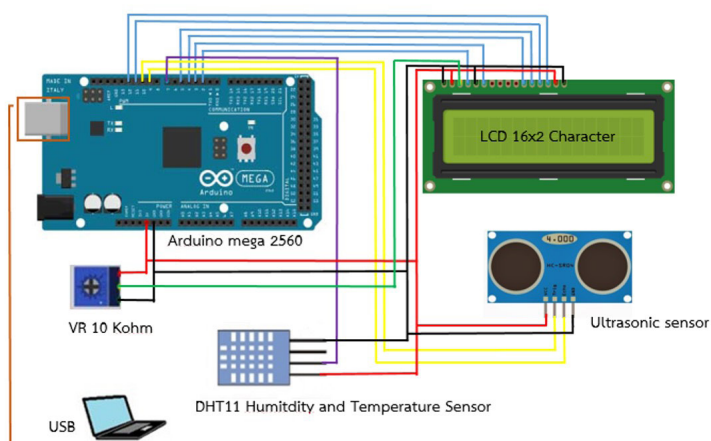


Figure 2 Structure of the equipment. Connection of Arduino microcontroller, ultrasonic sensor, temperature sensor and other electronics components of digital height meter (Left). Arduino code for temperature measurement, sound velocity, and height measurement (Right).

การทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดความสูง

นำอุปกรณ์วัดความสูงที่สร้างขึ้นไปวัดค่าความสูงโดยใช้ฉากเรียบแทนค่าความสูงต่างๆ เลื่อนฉากออกจากเซนเซอร์คราวละ 1 เซนติเมตร จนถึงระยะ 200 เซนติเมตร วัดค่าความสูง

ซ้ำ 3 ครั้ง นำค่าเฉลี่ยความสูงที่วัดได้เปรียบเทียบกับระยะความสูงจริงจากพื้นถึงฉากเรียบ (Figure 3) และนำไปคำนวณความคลาดเคลื่อน



LCD to display the measured height

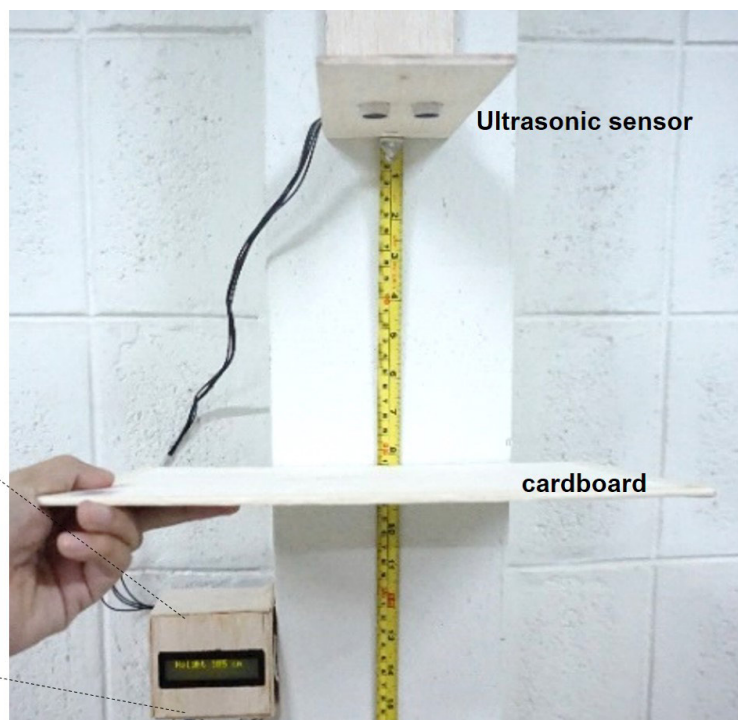


Figure 3 Performance assessment of digital height meter.

การเปรียบเทียบการวัดค่าความสูง 3 วิธี

วัดความสูงของอาสาสมัครชายและหญิงที่มีอายุระหว่าง 20-22 ปี จำนวน 70 ราย โดยทำวัดความสูง 3 วิธี ได้แก่ การวัดความสูงโดยวิธีทั่วไป วัดโดยใช้อุปกรณ์วัดความสูงแบบดิจิทัลคู่กับฉากเรียบ และวัดโดยใช้อุปกรณ์วัดความสูงแบบดิจิทัลเพียงอย่างเดียว ในการวัดความสูงทั้ง 3 วิธี ให้อาสาสมัครยืนอยู่ที่ตำแหน่งเดิมทุกครั้ง (Figure 4) นำค่าความสูงจากการวัดทั้งสามวิธีไปวิเคราะห์หาความคลาดเคลื่อนและความแตกต่างทางสถิติ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงในส่วนของการสมการที่ใช้คำนวณความสูง และในส่วนของการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของบอร์ดอาร์ดิวโน เพื่อให้ประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดความสูงมีความถูกต้องมากขึ้น

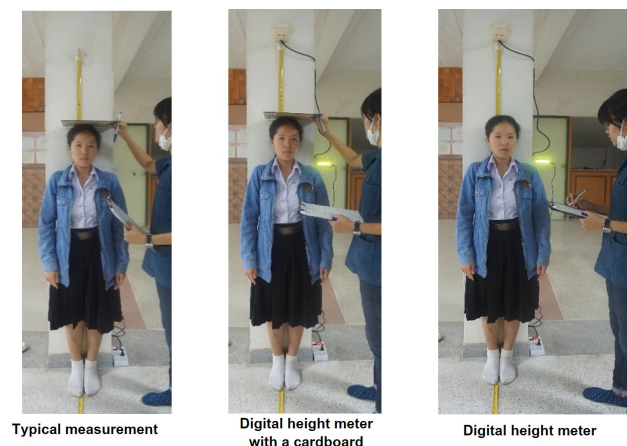


Figure 4 Three different method of measuring volunteer's height.

การทดสอบอุปกรณ์วัดความสูงในการใช้งานจริง

หลังจากการทดสอบและปรับปรุงสมการในโปรแกรมอาร์ดิวโน ในส่วนของโค้ดที่กำหนดสมการสำหรับคำนวณค่าความสูงโดยใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิก โดยเปลี่ยนตัวแปรคงที่จากเดิมที่กำหนด 200 เซนติเมตรเป็น 203 เซนติเมตรเนื่องจากค่าความสูงที่วัดได้จากสมการที่กำหนดตัวแปรคงที่ 200 เซนติเมตรได้ค่าความสูงที่น้อยกว่าค่าความสูงจริงถึง 2-4 เซนติเมตร ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน 4.0% และเพิ่มเติมอุปกรณ์ส่วนของแหล่งจ่ายไฟของอุปกรณ์วัดความสูง จากนั้นนำอุปกรณ์ไปทดสอบการใช้งานโดยการวัดความสูงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3-6 ช่วงอายุ 9-12 ปี จำนวน 106 ราย นำค่าความสูงที่วัดจากอุปกรณ์วัดความสูงแบบดิจิทัลเปรียบเทียบกับค่าความสูงที่วัดได้จากการวัดโดยวิธีทั่วไป (Figure 5)



Figure 5 Measurement of height comparing between typical method and digital height meter.

ผลการศึกษา

ประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดความสูงแบบดิจิทัล

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเซนเซอร์อัลตราโซนิกเมื่อใช้งานร่วมกับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิในการวัดความสูงโดยใช้ฉากเรียบแทนอาสาสมัคร พบว่าเมื่อวัดความสูงที่ 2-100 เซนติเมตรมีค่าความคลาดเคลื่อน 1.0% แต่เมื่อวัดความสูงเพิ่มขึ้นในช่วง 100-200 เซนติเมตร ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าลดลงเหลือ 0.6% (Figure 6)

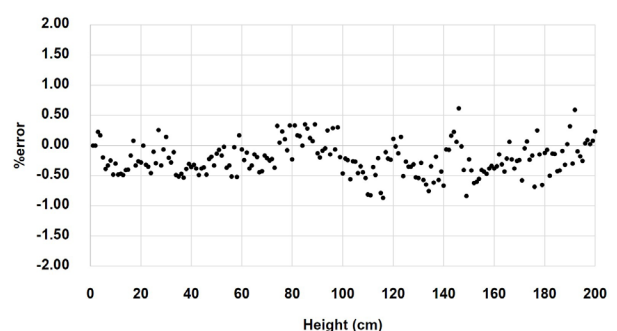


Figure 6 Percentage error of height measurement using the digital height meter with a cardboard.

การเปรียบเทียบวิธีการวัดความสูง

เมื่อเปรียบเทียบค่าความสูงที่ได้จากการใช้อุปกรณ์วัดความสูงแบบดิจิทัลกับค่าที่ได้จากการวัดความสูงโดยวิธีทั่วไป พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.017$) และอุปกรณ์วัดความสูงแบบดิจิทัลมีค่าความคลาดเคลื่อน 4.0% อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้อุปกรณ์วัดความสูงแบบดิจิทัลคู่กับฉากเรียบ ไม่พบความแตกต่างของค่าความสูงที่วัดได้เทียบกับการวัดโดยวิธีทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.793$) และความคลาดเคลื่อนของค่าที่วัดได้มีเพียง 1.0%

การทดสอบการใช้งานจริง

เมื่อนำอุปกรณ์วัดความสูงแบบดิจิทัลไปใช้งานจริงโดยไม่ใช้ฉากเรียบ โดยเปรียบเทียบกับวิธีการวัดโดยทั่วไป พบว่าเมื่อวัดความสูงที่ต่ำกว่า 130 เซนติเมตร ค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 2.0% และความคลาดเคลื่อนลดลงเหลือ 1.0% เมื่อความสูงเพิ่มขึ้นในช่วง 130-167 เซนติเมตร (Figure 7)

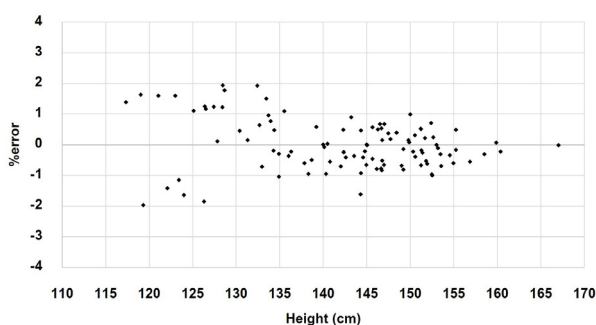


Figure 7 Percentage error of height measurement using digital height meter.

วิจารณ์และสรุปผลการศึกษา

อุปกรณ์วัดความสูงที่ใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกร่วมกับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่สร้างขึ้น สามารถวัดค่าความสูงตั้งแต่ 130-167 เซนติเมตรได้ถูกต้อง โดยมีความคลาดเคลื่อนเพียง 1.0% ความคลาดเคลื่อนในการวัดความสูงจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะห่างระหว่างเซนเซอร์และฉากเรียบเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลจากแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเซนเซอร์อัลตราโซนิกไม่เพียงพอในการทำให้เซนเซอร์อัลตราโซนิกส่งสัญญาณคลื่นเสียงความถี่สูงไปในระยะไกลได้ สามารถแก้ปัญหาโดยเพิ่มวงจรแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่เซนเซอร์มีความเสถียรมากขึ้น การเพิ่มความถูกต้องของการวัดค่าความสูงโดยใช้อุปกรณ์วัดความสูงแบบดิจิทัลนี้สามารถทำได้โดยใช้ร่วมกับการวัดโดยวิธีทั่วไป คือ การใช้ฉากเรียบร่วมกับอุปกรณ์วัดความสูง เนื่องจากลักษณะของทรงผมหรือเส้นผมที่ไม่เรียบส่งผลให้การสะท้อนคลื่นเสียงไม่ดี ในขณะที่ฉากเรียบสัมผัสกับศีรษะของอาสาสมัครและสามารถสะท้อนคลื่นเสียงความถี่สูงที่ปล่อยมาจากเซนเซอร์ได้ดีกว่าเส้นผม นอกจากนี้ หากอาสาสมัครยืนไม่ตรงกับตำแหน่งของเซนเซอร์จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดค่า รวมถึงมุมตกกระทบของเซนเซอร์ต่อวัตถุไม่ควรเกิน 15 องศา

1. Arduino. What is Arduino? 2017. Available from: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>.
2. Prabha M, Seema M, Saraswathi P, editors. Distance based Accident Avoidance System using Arduino. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) 2015.
3. Mustapha B, Zayegh A, Begg RK. Ultrasonic and Infrared Sensors Performance in a Wireless Obstacle Detection System. First International Conference on Artificial Intelligence, Modelling & Simulation; Washington, DC, USA: IEEE Computer Society Washington, DC, USA ©2013; 2013. p. 487-92.
4. Marathe R, Kulkarni A, Devkar U. Portable automatic height detector. International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR). 2014; 3(10): 2693-8.
5. Awikunprasert P, Wayopat O, Wongke T, Charnnuwong T, Hanpanich P, Awikunprasert C. Performance of Infrared Sensor and Ultrasonic Sensor for Medical Applications. Srinakharinwirot Science Journal. 2017; 33(1): 31-41.
6. Technologies C. Product User's Manual-HC-SR04 Ultrasonic Sensor [datasheet]. Cytron Technologies; 2013 [updated May 2013; cited 2016 May 22]. Available from: <http://www.cytron.com.my/p-sn-hc-sr04>.