

การพัฒนาชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายสำหรับผู้สูงอายุ DEVELOPMENT OF WIRELESS LIGHTING CONTROLLER FOR THE ELDERLY

กิตติศักดิ์ คงสีไพร* และอภิรักษ์ ทัดสอน

Kittisak Khongseepai* and Apirak Tudsorn

บทคัดย่อ

บทความวิจัยการพัฒนาชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายสำหรับผู้สูงอายุ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถเปิด/ปิดระบบแสงสว่างได้ง่ายเมื่อต้องการเข้าห้องน้ำในเวลากลางคืน ทั้งนี้ชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ สวิตช์เท้า ภาควงสัญญาณ และภาควงรับสัญญาณ โดยสวิตช์เท้าเป็นพรมเช็ดเท้าที่มีไฟอินฟราเรดหลายตัวซ่อนอยู่ภายใน เชื่อมต่อภาควงสัญญาณด้วยสายตัวนำ ซึ่งภาควงสัญญาณจะตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้าจากไฟอินฟราเรด ก่อนส่งสัญญาณไร้สายให้กับภาควงรับสัญญาณที่ควบคุมระบบแสงสว่างด้วยรีเลย์ สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพชุดควบคุมระบบแสงสว่างมี 3 ขั้นตอน คือ การทดสอบแรงดันไฟฟ้าจากไฟอินฟราเรดถึงไฟ (V_{pp}) ของไฟอินฟราเรด การทดสอบรับ/ส่งสัญญาณไร้สายที่ระยะ 10 เมตร และการทดสอบการทำงานของชุดควบคุมระบบแสงสว่าง สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของ V_{pp} (V_{pp, avg}), ตัวบ่งชี้ความแรงสัญญาณที่ได้รับ (RSSI) และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากการทำงาน (%Error) ผลการทดสอบพบว่า ไฟอินฟราเรด มีค่า V_{pp, avg} อยู่ที่ 2-3 โวลต์ เมื่อเทียบเต็มฝ่าเท้าบนสวิตช์เท้า ส่วนผลการรับ/ส่งสัญญาณ พบว่า เมื่อไม่มีสิ่งกีดขวาง ค่า RSSI อยู่ที่ -62 dBm ถึง -56 dBm เมื่อมีสิ่งกีดขวาง ค่า RSSI อยู่ที่ -84 dBm ถึง -70 dBm และเมื่อระดับพื้นต่างกัน ค่า RSSI อยู่ที่ -88 dBm ถึง -81 dBm ส่วนผลการทดสอบการทำงานพบว่า ที่พื้นระดับเดียวกันเมื่อมีสิ่งกีดขวางหรือไม่มีสิ่งกีดขวาง %Error มีค่า 0 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อทดสอบที่ระดับพื้นต่างกัน 90 องศา %Error มีค่า 73.33 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สาย, ชิกปี, ผู้สูงอายุ

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang District, Phitsanulok Province 65000

corresponding author e-mail: Kittisak_nat@hotmail.com

Received: 1 October 2021; Revised: 10 November 2021; Accepted: 14 December 2021

DOI: <https://doi.org/10.14456/lsej.2022.10>

Abstract

Research article on the development of wireless lighting controllers for the elderly. Its purpose is to make it easier for the elderly to turn on/off the lighting system when they need to go to the toilet at night. The wireless lighting controller is divided into 3 parts, which are footswitch, transmitter sector, and receiver sector. The footswitch is a doormat with multiple piezoelectric hidden inside. It connects the transmission sector with wire. The transmitter sector monitors the voltage level from the piezoelectric before transmitting the Zigbee wireless signal to the receiver sector that controls the lighting system with a relay. For testing the performance of the lighting controller is divided into 3 steps: testing the peak to peak voltage (Vpp) of the piezoelectric, Zigbee wireless transmitting/receiving test at a distance of 10 meters, and testing the operation of the lighting controller. The statistics used were average of Vpp (Vpp, avg), received signal strength indicator (RSSI), and percentage of operating errors (%Error). The test results showed that the piezoelectric has Vpp, avg of 2-3 volts when fully stepped on the footswitch. As for the reception/transmitting effect, it was found that without obstacles, the RSSI value was -62 dBm to -56 dBm and the RSSI value was -84 dBm to -70 dBm with obstacles. RSSI value on different floors was -88 dBm to -81 dBm. On a flat floor with or without obstacles, %Error was 0 percent, but when tested at a 90-degree position, %Error was 73.33 percent.

Keywords: Wireless lighting controller, Zigbee, Elderly

บทนำ

ในปี 2561 ประเทศไทยมีประชากรทั้งหมด 66 ล้านคน โดยเป็นผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป 12 ล้านคน หรือคิดเป็นร้อยละ 18 ของประชากรไทยทั้งหมด ทั้งนี้ประชากรไทยกำลังมีอายุสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งในปี 2565 สัดส่วนผู้สูงอายุมีมากถึงร้อยละ 20 ของประชากรไทยทั้งหมด นั้นย่อมหมายถึงประเทศไทยจะกลายเป็นสังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ (Foundation of Thai Gerontology Research and Development Institute, 2018) ซึ่งจากปัญหาที่เกิดขึ้น รัฐบาลไทยจึงให้ความสำคัญกับเรื่องนี้ ดังเห็นได้จากการจัดทำแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 ที่พยายามมุ่งเน้นส่งเสริมให้ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น สามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพ (Office of the National Economic and Social Development Board, 2016)

อย่างไรก็ตามการส่งเสริมคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ จำเป็นต้องเรียนรู้และเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายและจิตใจของผู้สูงอายุเสียก่อน โดยหนึ่งในปัญหาที่พบบ่อยคือการเสื่อมถอยระบบทางเดินปัสสาวะ ทำให้ผู้สูงอายุปัสสาวะบ่อยครั้งมากกว่าวัยอื่น (Tabootwong et al., 2015) และด้วยเหตุของการเปลี่ยนแปลงทางร่างกายนี้เองที่อาจส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงทางด้านจิตใจด้วย กล่าวคือ ผู้สูงอายุอาจเกิดความรำคาญที่ต้องลุกขึ้นมาปัสสาวะในเวลากลางคืนบ่อย ๆ ส่งผลให้การนอนหลับพักผ่อนไม่เพียงพอ หรือกรณีที่ไม่สามารถกลั้นปัสสาวะได้จนปัสสาวะเล็ดราดที่นอนหรือเสื้อผ้าที่สวมใส่ ทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์จนกลายเป็นปัญหาที่สร้างความกังวลใจให้แก่ผู้สูงอายุ จนขาดความมั่นใจในการเข้าสังคมหรือพบปะผู้คน ซึ่งเป็นการส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตโดยรวม

และจากการสัมภาษณ์กลุ่มผู้สูงอายุของคณะผู้วิจัย พบว่า ผู้สูงอายุต้องลุกขึ้นมาเข้าห้องน้ำขณะนอนหลับในเวลากลางคืนแทบทุกครั้ง แต่เนื่องด้วยสภาพภายในห้องนอนค่อนข้างมืด ประกอบกับห้องนอนส่วนใหญ่ติดตั้งสวิตช์ไฟไว้บริเวณประตูทางเข้า จึงไม่สะดวกนักที่ผู้สูงอายุจะเดินไปเปิดสวิตช์ไฟด้วยตัวเอง บางครั้งอาจเดินสะดุดสิ่งของที่ขวางทางอยู่ทำให้เกิดอันตรายได้ง่าย โดยเฉพาะผู้สูงอายุที่มีอายุมากหรือที่มีปัญหาการเคลื่อนไหวร่างกาย ซึ่งปัญหานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Detprapon et al. (2014) ที่กล่าวว่า ผู้สูงอายุนั้นการมองเห็นจะไม่ดี ปฏิบัติการตอบสนองของรูม่านตาต่อแสงลดลง กล้ามเนื้อลูกตาเสื่อม ความไวในการมองเห็นภาพลดลง การมองเห็นในที่มืดหรือกลางคืนไม่ดี ต้องอาศัยแสงสว่างช่วยจึงจะมองเห็นได้ชัดขึ้น ส่วนการเคลื่อนไหวและความคิดจะเชื่อมโยงทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย

ถึงแม้ว่าปัจจุบันการควบคุมระบบไฟฟ้าแสงสว่างจะมีการนำเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว (motion sensor) มาใช้ (Jost, 2019) แต่ก็มีข้อจำกัดอยู่บ้าง กล่าวคือ หากมีวัตถุทึบแสงมาบดบังตัวเซนเซอร์ก็ไม่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุให้สามารถช่วยเหลือตนเองได้ จึงได้ออกแบบและสร้างชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายสำหรับผู้สูงอายุขึ้นมา ด้วยการเปลี่ยนสวิตช์แบบมีกดให้เป็นสวิตช์แบบใช้เท้าเหยียบ กล่าวคือ เมื่อผู้สูงอายุต้องการเข้าห้องน้ำในเวลากลางคืน เพียงแค่เหยียบลงไปที่บนพรมเช็ดเท้าที่อยู่ข้างเตียง โดยภายในพรมเช็ดเท้ามีโพโซอิเล็กทริก (piezoelectric) หลายตัวซ่อนอยู่ ทำหน้าที่กำเนิดแรงดันไฟฟ้าเพื่อไปกระตุ้นให้ระบบควบคุมแสงสว่างแบบไร้สายทำงาน ทั้งนี้โพโซอิเล็กทริกถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกนำไปประยุกต์ใช้กับงานหลากหลายรูปแบบ อาทิเช่น Khare et al. (2020) ที่ได้ใช้โพโซอิเล็กทริกเป็นตัวกระตุ้นทางไฟฟ้าที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางชีวภาพที่เพิ่มขึ้นในการตอบสนองของเซลล์ในการสร้างเนื้อเยื่อกระดูก Zhang et al. (2021) ได้พัฒนามอเตอร์โรตารีเฉื่อยแบบสองระยะชุดเล็กโดยใช้ตัวกระตุ้นแบบโพโซอิเล็กทริกที่สร้างบนไบมอร์ฟ (Bimorph) สี่ตัว เป็นต้น นอกจากนี้ชุดควบคุมระบบแสงสว่างที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบไร้สายซิกบีซึ่งเป็นที่ยอมรับกันในปัจจุบัน อาทิเช่น Yan (2018) ที่ได้ทำการออกแบบบ้านอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีซิกบี โดยบูรณาการร่วมกับเทคโนโลยีทางอินเทอร์เน็ตที่สามารถตรวจสอบผ่านโทรศัพท์มือถือได้ Dhilipkumar et al. (2020) ได้ออกแบบ

ระบบเก็บค่าผ่านทางอัจฉริยะโดยใช้ชิปและ RFID เป็นการช่วยลดจำนวนแรงงานคนลงรวมถึงช่วยลดต้นทุนระบบเก็บค่าผ่านทาง ซึ่งจากบทความวิจัยข้างต้นเห็นได้ว่าการนำเทคโนโลยีชิปมาใช้ควบคุมระยะไกล ทำให้ไม่ต้องพึ่งพาสายตัวนำ ลดความยุ่งยาก และค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสายตัวนำ อีกทั้งคลื่นความถี่สัญญาณของชิปยังอยู่ในย่าน UHF (ultra-high frequency) ซึ่งเป็นย่านการใช้งานเดียวกับสัญญาณออกอากาศโทรทัศน์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ บลูทูธ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น (King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 2014) ดังนั้นชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายจึงค่อนข้างปลอดภัยต่อการใช้งานของผู้สูงอายุ

จากที่กล่าวมาเห็นได้ว่าการนำไฟโอซีแอลอีทริกมาใช้เป็นเซนเซอร์สวิตช์คอยตรวจจับแรงกดที่เกิดจากการเหยียบและการนำเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายชิปมาบูรณาการร่วมกันก่อให้เกิดชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สาย ซึ่งจะช่วยให้ผู้สูงอายุที่จำเป็นต้องเข้าห้องน้ำในเวลากลางคืนสามารถเปิดปิดไฟเองได้ง่าย ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการพัฒนานวัตกรรมนี้จะช่วยให้ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตที่ดี มีความสุขและพึงพอใจ สามารถดำรงชีวิตได้อย่างเหมาะสม ช่วยเหลือตนเองได้ตามอัตภาพ ไม่เป็นภาระแก่ลูกหลานหรือผู้อื่นและดำรงไว้ซึ่งการมีคุณค่าในตนเอง นั้นย่อมหมายถึงการส่งเสริมให้ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตที่ดีนั่นเอง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบและสร้างชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สาย

การออกแบบแยกออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย สวิตซ์เท้า (footswitch) ภาคส่งสัญญาณ (transmission sector) และภาครับสัญญาณ (receiver sector) โดยสวิตซ์เท้าเชื่อมต่อกับภาคส่งสัญญาณด้วยสายตัวนำจำนวน 2 เส้น และภาคส่งสัญญาณเชื่อมต่อกับภาครับสัญญาณด้วยระบบสัญญาณไร้สายชิป ดังแสดงในภาพที่ 1 (Figure 1)

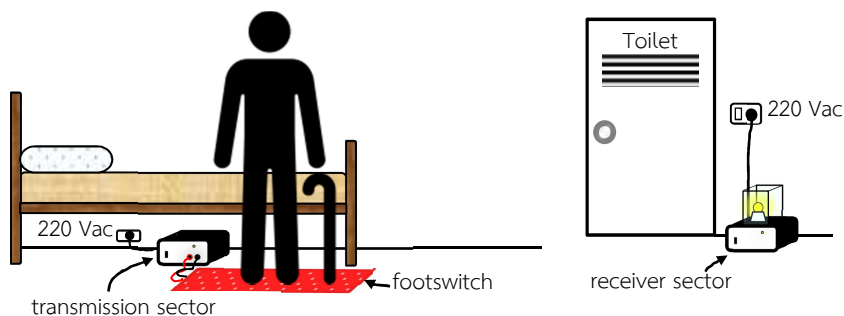


Figure 1 Operation of the wireless lighting controller

ทั้งนี้จากภาพที่ 1 (Figure 1) เมื่อผู้สูงอายุเหยียบลงบนสวิตซ์เท้าซึ่งเป็นพรมเช็ดเท้าข้างเตียงที่มีไฟโอซีแอลอีทริกซ่อนอยู่ โดยไฟโอซีแอลอีทริกทำหน้าที่เป็นเซนเซอร์สวิตซ์ กล่าวคือ เมื่อมีแรงกด (แรงกดที่เกิดจากการเหยียบ) มากระทำกับไฟโอซีแอลอีทริก ทำให้เกิดสัญญาณทางไฟฟ้าขึ้นมา ดังแสดงในสมการ (1) (Gómez, 2010)

$$D = \varepsilon^T E + dT \quad (1)$$

เมื่อ D คือ การกระจัดทางไฟฟ้า, E คือ สนามไฟฟ้า, T คือ ความเครียดทางกล, ε^T คือ สภาพยอมรับได้ทางไฟฟ้าเชิงซ้อนของไพโซอิเล็กทริกที่ความเครียดคงที่ และ d คือ สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ของไพโซอิเล็กทริก

จากหลักการดังกล่าว เมื่อเหยียบลงบนสวิตช์เท้าที่มีไพโซอิเล็กทริกซ่อนอยู่ภายใน จะเกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นและส่งไปยังภาคส่งสัญญาณที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 (MCU1) ทำหน้าที่ตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้าว่าต่ำกว่าที่กำหนดหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกรณีที่มิสสิ่งของตกลงบนสวิตช์เท้า แต่ถ้ามีระดับแรงดันไฟฟ้าตามเกณฑ์ที่กำหนดก็จะส่งสัญญาณไปยังโมดูลส่งสัญญาณไร้สายชิปตัวที่ 1 (Zigbee1) เพื่อส่งสัญญาณคลื่นวิทยุไปยังภาครับสัญญาณต่อไป และเมื่อโมดูลรับสัญญาณไร้สายชิปตัวที่ 2 (Zigbee2) รับสัญญาณคลื่นวิทยุได้ก็จะส่งสัญญาณไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 (MCU2) ในส่วนภาครับสัญญาณซึ่งทำหน้าที่ควบคุมจังหวะการทำงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง กล่าวคือ เริ่มต้น MCU2 จะตั้งค่าการนับ (count) เป็นศูนย์ เมื่อมีสัญญาณเข้ามาก็จะสั่งให้รีเลย์มีสถานะเปิดไฟ (on) และจะหน่วงเวลา 10 วินาที เพื่อป้องกันในกรณีที่ผู้สูงอายุย่อตัวอยู่กับที่ ในจังหวะเดียวกันก็จะตั้งค่าการนับเป็นหนึ่ง เมื่อผู้สูงอายุกลับจากห้องน้ำและเหยียบที่สวิตช์เท้า MCU2 ก็จะตรวจสอบข้อมูลค่าการนับว่าเป็นศูนย์หรือไม่ หากไม่ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดก็จะทำการหน่วงเวลาอีก 10 วินาที เพื่อให้ผู้สูงอายุขึ้นเตียงนอนให้เรียบร้อยเสียก่อน จากนั้น MCU2 ก็จะสั่งให้รีเลย์มีสถานะปิดไฟ (off) และตั้งค่าการนับเป็นศูนย์อีกครั้งเพื่อรอรับคำสั่งใหม่ต่อไป ทั้งนี้ขั้นตอนการทำงานของชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สาย แสดงไว้ในภาพที่ 2 (Figure 2)

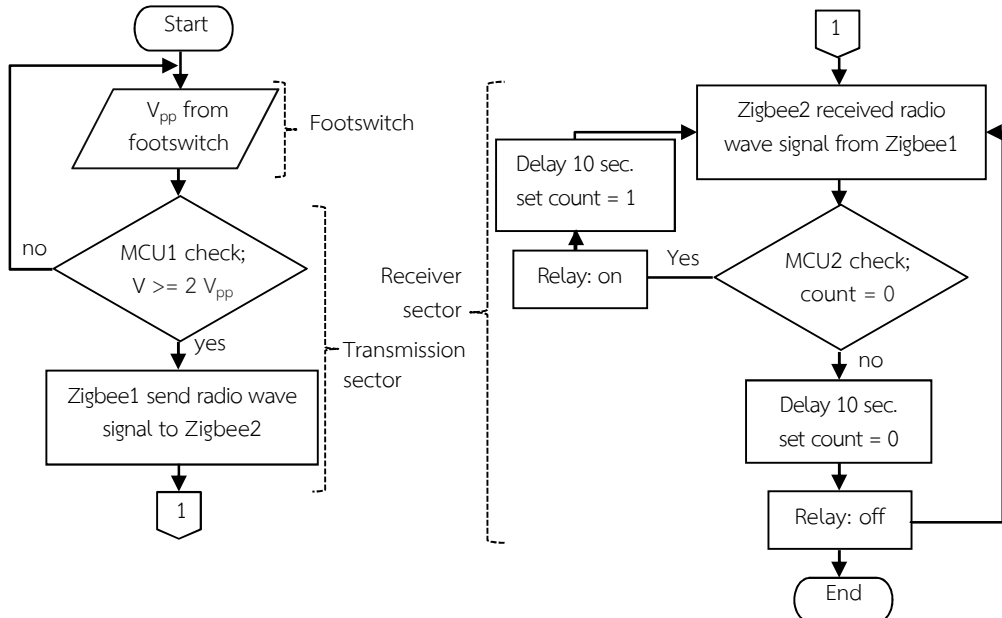


Figure 2 The sequence of operation of the wireless lighting controller

2. การทดสอบประสิทธิภาพชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สาย

เพื่อให้ชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามที่ได้ออกแบบไว้ในหัวข้อที่ผ่านมา จึงต้องมีการทดสอบประสิทธิภาพเพื่อให้ได้ผลตามต้องการ โดยมีขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้

2.1 การทดสอบระดับแรงดันไฟฟ้าของไฟโอซีแอลอีทริก

สำหรับการทดสอบวัดระดับแรงดันไฟฟ้าจากยอดถึงยอด (peak to peak voltage: V_{pp}) ที่เกิดจากสวิทช์เท้าด้วยเครื่องวัดออสซิลโลสโคป มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้กำหนดเงื่อนไขในโปรแกรมของ MCU1 ส่วนกระบวนการทดสอบจะให้อาสาสมัคร 1 คน ที่มีมวลกาย 41.4 กิโลกรัม เหยียบด้วยการลงน้ำหนักเท้าปกติลงบนสวิทช์เท้า 6 ตำแหน่ง ดังแสดงในภาพที่ 3 (Figure 3) โดยในขั้นตอนนี้จะทดสอบซ้ำตำแหน่งละ 15 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าจากยอดถึงยอด ($V_{pp, avg}$) สามารถเขียนเป็นสมการ (2) ได้ดังนี้

$$V_{pp, avg} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{pp, i}}{n} \quad (2)$$

เมื่อ $\sum_{i=1}^n V_{pp, i}$ คือ ผลรวมการทดสอบ V_{pp} ในแต่ละครั้ง, และ n คือ จำนวนการทดสอบทั้งหมด 15 ครั้ง

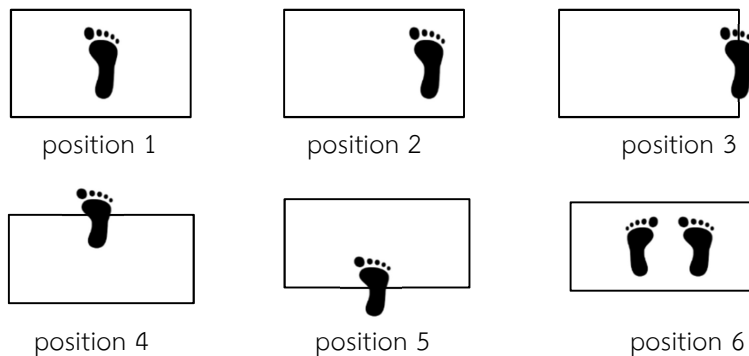


Figure 3 Position of foot sole on the footswitch

2.2 การทดสอบรับส่งสัญญาณข้อมูลไร้สายซิกบี

สำหรับการทดสอบรับส่งสัญญาณข้อมูลระหว่างภาคส่งสัญญาณกับภาครับสัญญาณ เป็นการวัดระดับบ่งชี้ความแรงคลื่นความถี่วิทยุที่วัดจากตัวรับ (received signal strength indicator: RSSI) แบ่งออกเป็น 5 ระดับ (Mammen, n.d.) โดยรูปแบบการทดสอบจะใช้โปรแกรม XCTU ที่มีหลักการทำงาน คือ ตัวโปรแกรมจะส่งชุดข้อมูลไปยัง Zigbee1 เพื่อส่งชุดข้อมูลที่ได้ไปยัง Zigbee2 จากนั้น Zigbee2 ก็จะส่งชุดข้อมูลเดิมกลับมาที่ Zigbee1 อีกครั้ง เพื่อส่งข้อมูลระดับบ่งชี้ความแรงคลื่นความถี่วิทยุไปยังโปรแกรม XCTU ดังแสดงในภาพที่ 4 (Figure 4)

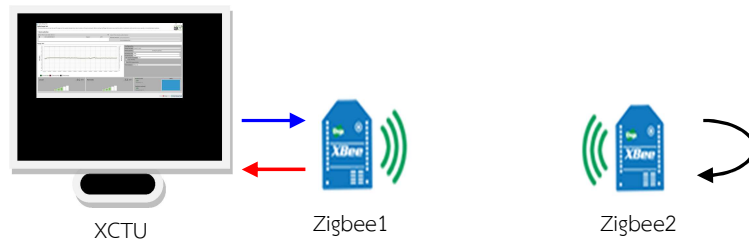


Figure 4 Testing data signal receiving/transmitting by the XCTU program

ซึ่งโดยปกติแล้วการรับส่งสัญญาณข้อมูลไร้สายซิกบีในอาคารมีระยะทาง 40 เมตร (Digi international Inc., n.d.) แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดของพื้นที่ภายในอาคารที่ใช้ในการทดสอบ ดังนั้น การทดสอบในชั้นตอนนี้จึงเป็นการทดสอบที่ระยะไม่เกิน 10 เมตร ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานกับบ้านขนาด 100 ตารางเมตรได้อย่างสบาย สำหรับการทดสอบจะแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

2.2.1 ทดสอบการรับส่งสัญญาณที่ระยะทาง 10 เมตร ในพื้นที่โล่งแจ้ง ไม่มีสิ่งกีดขวาง

2.2.2 ทดสอบการรับส่งสัญญาณที่ระยะทาง 10 เมตร ผ่านสิ่งกีดขวางหรือสัญญาณรบกวนในขณะที่ส่งสัญญาณ ได้แก่ ห้องกรงเหล็ก ฟังก์อัฐฉาบด้วยปูน ร่างกายมนุษย์ขนาดมวล 84 กิโลกรัม สนามแม่เหล็กจากเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทมอเตอร์พัดลม และคลื่นสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่

2.2.3 การทดสอบรับส่งสัญญาณพื้นต่างระดับ เป็นการทดสอบบริเวณชั้นบันไดที่มีพื้นต่างระดับ 43 องศา (Zigbee2 อยู่ตำแหน่ง A) โดยระยะทางระหว่าง Zigbee1 กับ Zigbee2 อยู่ที่ระยะ 6.3 เมตร ไม่มีสิ่งกีดขวาง และการทดสอบพื้นต่างระดับ 90 องศา (Zigbee2 อยู่ตำแหน่ง B) โดยระยะกระจัดระหว่าง Zigbee1 กับ Zigbee2 อยู่ที่ระยะ 4.5 เมตร แต่มีสิ่งกีดขวางเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก ทั้งนี้การทดสอบรับส่งสัญญาณพื้นต่างระดับแสดงไว้ในภาพที่ 5 (Figure 5)

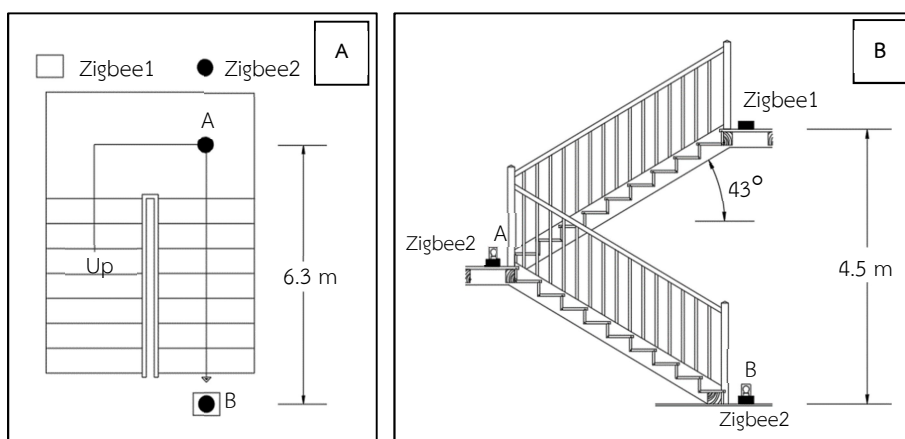


Figure 5 Testing data signal receiving/transmitting via different floor,

A) top view B) side view

2.3 การทดสอบการทำงานชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สาย

การทดสอบขั้นตอนนี้จะให้อาสาสมัครที่มีมวลกาย 41.4 กิโลกรัม เหยียบลงบนสวิตช์เท้าด้วยการลงน้ำหนักเท้าแบบปกติตามตำแหน่งการวางเท้าบนสวิตช์เท้าทั้ง 6 ตำแหน่ง ดังแสดงไว้ในภาพที่ 3 (Figure 3) โดยกำหนดขั้นตอนการทดสอบตามการทดสอบรับส่งสัญญาณข้อมูลในข้อ 2.2 ทั้งนี้ชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายจะต้องทำงานให้ได้ตามลำดับขั้นตอนการทำงาน ดังแสดงในภาพที่ 2 (Figure 2) จึงถือว่าสามารถทำงานได้จริง นอกจากนั้นการทดสอบในครั้งนี้จะทำการทดสอบซ้ำ 15 ครั้ง เพื่อศึกษาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากการทำงานของชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สาย (%Error) ซึ่งหาได้จากสมการ (3) ดังนี้

$$\%Error = \frac{\sum_{i=1}^n Error_i}{n} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ $\sum_{i=1}^n Error_i$ คือ ผลรวมความผิดพลาดจากการทำงานในแต่ละครั้งของชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สาย, และ n คือ จำนวนการทดสอบซ้ำ 15 ครั้ง

ผลการวิจัย

1. ผลการออกแบบและสร้างชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สาย

1.1 สวิตช์เท้า

สวิตช์เท้าที่สร้างขึ้นมีลักษณะเป็นพรมเช็ดเท้าขนาด 40x60 เซนติเมตร เป็นชนิดกันลื่นเพื่อป้องกันผู้สูงอายุลื่นล้มขณะใช้งาน โดยภายในตัวพรมเช็ดเท้ามีไฟโอซีแอลอีทริกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตรซ่อนอยู่ ซึ่งไฟโอซีแอลอีทริกแต่ละตัวต่อกันในลักษณะวงจรผสมแบบอนุกรมขนาน เพื่อให้ระดับแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นและช่วยให้สามารถทำงานได้ตามปกติในกรณีที่มีจุดเชื่อมต่อระหว่างไฟโอซีแอลอีทริกขาดไป ทั้งนี้รูปแบบการเชื่อมต่อระหว่างไฟโอซีแอลอีทริกแต่ละตัวแสดงไว้ในภาพที่ 6A (Figure 6A) ส่วนแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากไฟโอซีแอลอีทริกจะถูกส่งไปยังภาคส่งสัญญาณผ่านสายตัวนำ 2 เส้น ดังแสดงในภาพที่ 6B (Figure 6B)

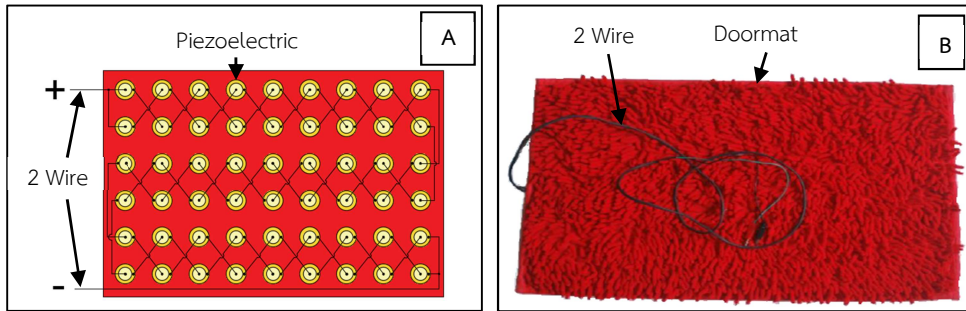


Figure 6 Footswitch A) piezoelectric connection pattern inside the doormat, B) the external shape of the footswitch

1.2 ภาคส่งสัญญาณ

ในส่วนภาคส่งสัญญาณประกอบไปด้วยวงจรโมดูลหลายตัวบรรจุรวมกันไว้ในกล่องสี่เหลี่ยมขนาด 16.5x12x7 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 7A (Figure 7A) โดยภายนอกกล่องมีสวิทช์ควบคุมการทำงานของภาคส่งสัญญาณ ไฟแสดงสถานะการทำงาน และช่องเสียบแจ็คสำหรับเชื่อมต่อกับสวิทช์เท้า ดังแสดงในภาพที่ 7B (Figure 7B) ทั้งนี้ภาคส่งสัญญาณมีหลักการทำงาน คือ เมื่อมีสัญญาณแรงดันไฟฟ้าผ่านสายตัวนำเข้ามาที่ MCU1 ซึ่งทำหน้าที่ตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้าจากสวิทช์เท้าก่อนส่งข้อมูลสัญญาณไฟฟ้าไปยัง Zigbee1 ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าไปเป็นคลื่นสัญญาณวิทยุในย่านความถี่ 2.4 จิกะเฮิรท์ (GHz) เพื่อส่งคลื่นสัญญาณข้อมูลไปยังภาครับสัญญาณต่อไป โดยมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC adapter) ทำหน้าที่ป้อนพลังงานไฟฟ้าให้แก่ MCU1 และ Zigbee1 ดังแสดงในภาพที่ 7C (Figure 7C)

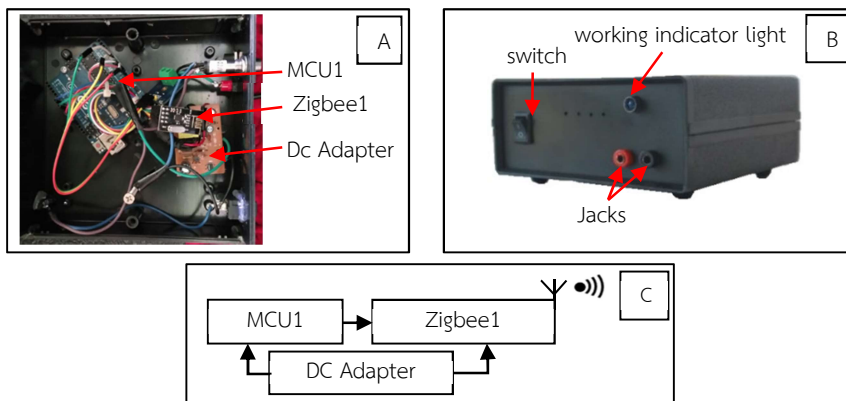


Figure 7 Transmission sector, A) inside the box, B) the external shape, C) connecting various circuit modules of the transmission sector

1.3 ภาครับสัญญาณ

ในส่วนภาครับสัญญาณประกอบไปด้วยวงจรโมดูลหลายตัวบรรจุรวมกันไว้ในกล่องสี่เหลี่ยมขนาด 16.5x12x7 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 8A (Figure 8A) โดยภายนอกกล่องมีสวิทช์ควบคุมการทำงานของภาครับสัญญาณ ไฟแสดงสถานะการทำงาน และขั้วหลอด E27 ดังแสดงในภาพที่ 8B (Figure 8B) ทั้งนี้ภาครับสัญญาณมีหลักการทำงาน คือ เมื่อ Zigbee2 รับสัญญาณคลื่นวิทยุที่ส่งมาจากภาคส่งสัญญาณได้ ก็จะแปลงกลับไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามเดิมแล้วส่งสัญญาณไฟฟ้าไปยัง MCU2 ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานรีเลย์ โดยรีเลย์จะทำหน้าที่เป็นสวิทช์เพื่อตัดต่อระบบวงจรไฟฟ้าแสงสว่างอีกทีหนึ่ง ทั้งนี้จะมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงทำหน้าที่ป้อนพลังงานไฟฟ้าให้แก่ MCU2 และ Zigbee2 ดังแสดงในภาพที่ 8C (Figure 8C)

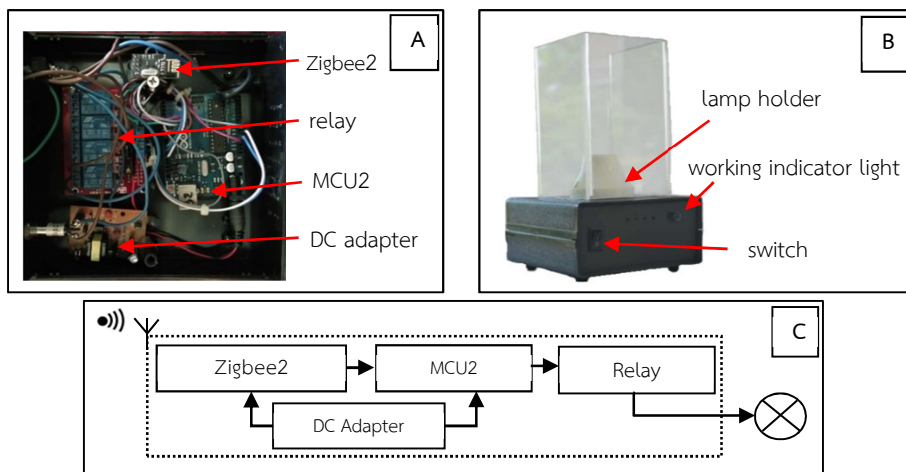


Figure 8 Receiver sector, A) inside the box, B) the external shape, C) connecting various circuit modules of the receiver sector

ทั้งนี้ไมโครคอนโทรเลอร์และโมดูลส่งสัญญาณไร้สายซิกบีจะใช้โมดูลที่มีคุณสมบัติเหมือนกันหมดทั้งภาคส่งสัญญาณและภาครับสัญญาณ โดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล Atmega328 ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า 0.36 มิลลิวัตต์ (Microchip, 2019) และโมดูลส่งสัญญาณไร้สายซิกบีที่มีอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล 250 กิโลบิตต่อวินาที (kbps) ใช้พลังงานไฟฟ้า 0.13 วัตต์ (Digi international Inc, n.d.)

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สาย

2.1 ผลการทดสอบระดับแรงดันไฟฟ้าของไฟไอโซอิเล็กทริก

สำหรับผลการทดสอบระดับแรงดันไฟฟ้าของไฟไอโซอิเล็กทริกแสดงไว้ในตารางที่ 1 (Table 1) ดังนี้

Table 1 Test results the $V_{pp, avg}$ generated by the piezoelectric

$V_{pp, avg}$ (Volt)					
Position 1	Position 2	Position 3	Position 4	Position 5	Position 6
2.14	2.11	0.99	1.86	1.46	2.90

จากตารางที่ 1 (Table 1) เมื่อทำการทดสอบซ้ำตำแหน่งละ 15 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย เห็นได้ว่าตำแหน่งที่ 6 ที่เกิดจากการเหยียบด้วย 2 เท้าลงบนตรงกลางของสวิตซ์เท้า มีค่า $V_{pp, avg}$ มากที่สุดคือ 2.90 โวลต์ รองลงมาคือตำแหน่งที่ 1 ที่เกิดจากการเหยียบลงบนสวิตซ์เท้า มีค่า $V_{pp, avg}$ อยู่ที่ 2.14 โวลต์ ส่วนตำแหน่งที่ 3 ที่เกิดจากการเหยียบด้านข้างของสวิตซ์เท้าด้วยครึ่งฝ่าเท้า มีค่า $V_{pp, avg}$ น้อยที่สุดคือ 0.99 โวลต์ อย่างไรก็ตามเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายทำงานอัตโนมัติในกรณีที่มีสิ่งของเล็กๆ ตกลงบนสวิตซ์เท้า จึงกำหนดให้ระดับแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากสวิตซ์เท้า มีระดับ V_{pp} ไม่ต่ำกว่า 2 โวลต์ ชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายจึงจะทำงาน

สำหรับตัวอย่างแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น เห็นได้ว่าภาพที่ 9A (Figure 9A) เมื่อเหยียบลงตำแหน่งที่ 1 แรงดันไฟฟ้ามีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ด้านบวก เมื่อเหยียบลงตำแหน่งที่ 6 แรงดันไฟฟ้า มีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ทั้งด้านบวกและด้านลบ ดังแสดงในภาพที่ 9B (Figure 9B) อย่างไรก็ตาม เมื่อเหยียบลงตำแหน่งที่ 3 และ 5 แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับการเหยียบลงตำแหน่งที่ 1 และ 6 ดังแสดงในภาพที่ 9C (Figure 9C) และภาพที่ 9D (Figure 9D) ตามลำดับ

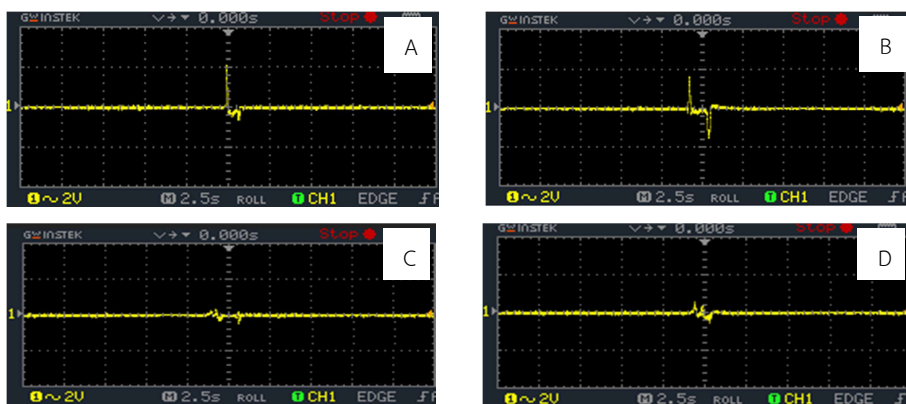


Figure 9 Example of V_{pp} from measured by the oscilloscope, (A) position 1, (B) position 6, (C) position 3, (D) position 5

2.2 ผลการทดสอบรับส่งสัญญาณข้อมูลไร้สายซิกบี

สำหรับผลการทดสอบรับส่งสัญญาณข้อมูลระหว่าง Zigbee1 และ Zigbee2 แสดงไว้ในตารางที่ 2 (Table 2) ดังนี้

Table 2 The results of testing data signal receiving/transmitting

Test method	RSSI (dBm)		Success (%)
	Zigbee1	Zigbee2	
1. No obstruction, distance 10 meters	-62 to -58	-58 to -56	100
2. Obstruction, distance 10 meters			
2.1 Steel grating wall	-93 to -84	-87 to -81	100
2.2 Plastered brick wall	-84 to -77	-79 to -71	100
2.3 Human body mass 84 kilogram	-80 to -75	-79 to -74	100
2.4 The magnetic field from the fan motor	-81 to -77	-80 to -75	100
2.5 Mobile phone signal (calling)	-76 to -73	-73 to -70	100
3. Level floor			
3.1 43 Degree, Distance 6.3 meters	-87 to -85	-86 to -81	90 to 100
3.2 90 Degree, Displacement 4.5 meters	-88 to -82	-86 to -81	70 to 100

จากตารางที่ 2 (Table 2) เห็นได้ว่าการรับส่งสัญญาณที่ระยะทาง 10 เมตร ในกรณีไม่มีสิ่งกีดขวาง ทั้ง Zigbee1 และ Zigbee2 มีระดับความแรงของสัญญาณในการรับส่งสัญญาณข้อมูลอยู่ในย่าน -62 dBm ถึง -56 dBm โดยผลการรับส่งข้อมูลสำเร็จอยู่ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาการรับส่งสัญญาณที่ระยะทาง 10 เมตร ในกรณีมีสิ่งกีดขวาง ทั้ง Zigbee1 และ Zigbee2 มีระดับความแรงของสัญญาณในการรับส่งสัญญาณข้อมูลอยู่ในย่าน -93 dBm ถึง -70 dBm โดยมีผลการรับส่งข้อมูลสำเร็จอยู่ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการรับส่งสัญญาณพื้นที่ต่างระดับ 43 องศา ระดับความแรงของสัญญาณในการรับส่งสัญญาณข้อมูลอยู่ในย่าน -87 dBm ถึง -81 dBm โดยมีผลการรับส่งข้อมูลสำเร็จอยู่ที่ 90 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ และการรับส่งสัญญาณพื้นที่ต่างระดับ 90 องศา ระดับความแรงของสัญญาณในการรับส่งสัญญาณข้อมูลอยู่ในย่าน -88 dBm ถึง -81 dBm โดยมีผลการรับส่งข้อมูลสำเร็จอยู่ที่ 70 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลของการใช้โปรแกรม XCTU ในการทดสอบรับส่งสัญญาณข้อมูลระหว่าง Zigbee1 และ Zigbee2 ในสถานการณ์ต่าง ๆ แสดงไว้ในภาพที่ 10 (Figure 10)

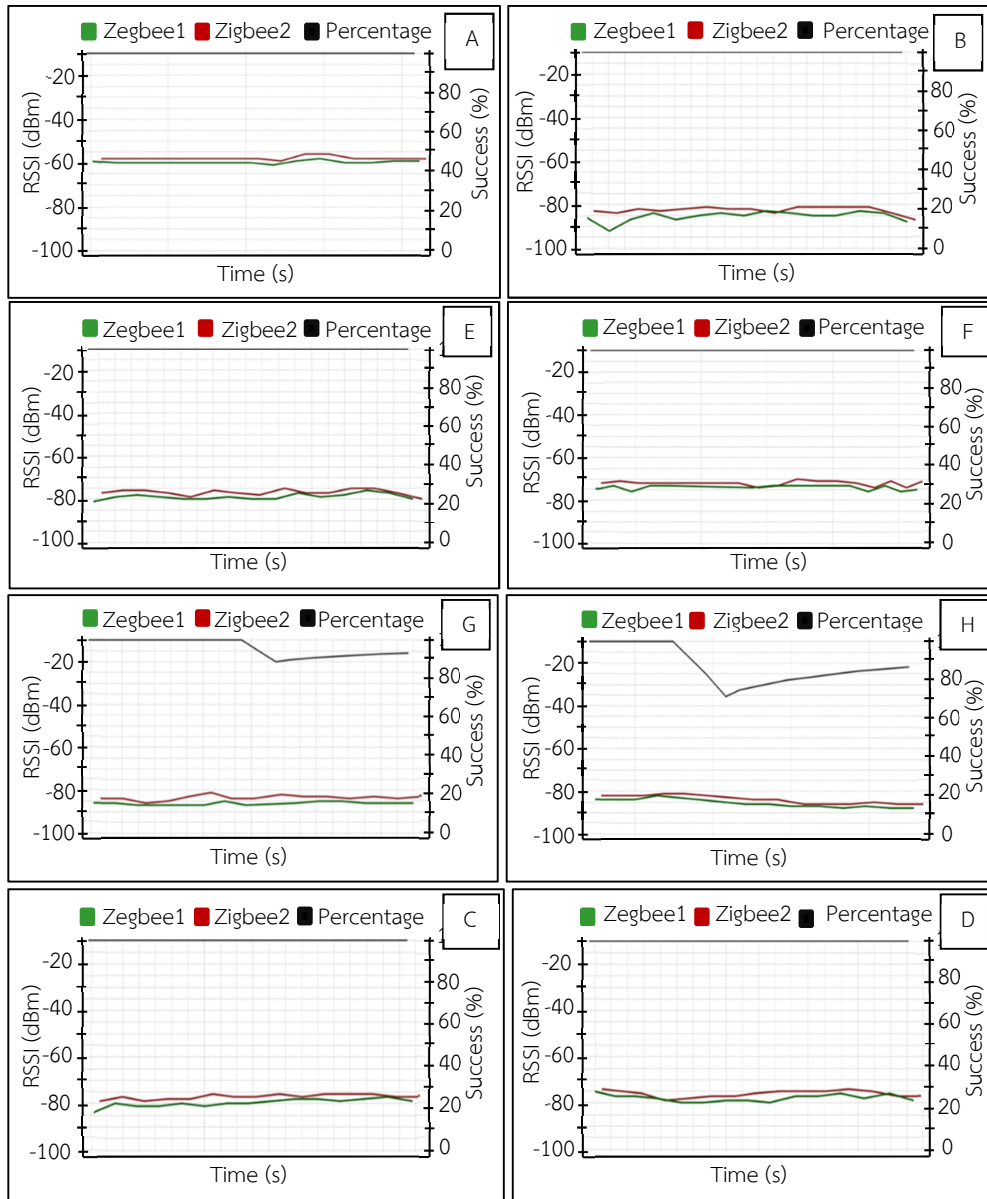


Figure 10 The strength of receiving/transmitting signals and percentage success,
A) No obstruction, B) Steel grating wall, C) Plastered brick wall,
D) Human body, E) Magnetic field, F) Mobile phone signal,
G) 43 degree, and H) 90 degree

เมื่อพิจารณาความแรงสัญญาณการรับส่งข้อมูล เห็นได้ว่าภาพที่ 10A (Figure 10A) มีระดับความแรงสัญญาณอยู่ในระดับดีมากทุกช่วงเวลา (> -70 dBm) ในกรณีที่ไม่มีสิ่งกีดขวางในระยะ 10 เมตร ซึ่งยังสามารถรับส่งสัญญาณข้อมูลสำเร็จ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีสิ่งกีดขวางในระยะ 10 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 10(B) ถึง 10(F) (Figure 10(B) to 10(F)) เห็นได้ว่า ระดับความแรงสัญญาณในการรับส่งข้อมูลลดลงอยู่ในระดับดี (-85 dBm ถึง -70 dBm) ซึ่งยังสามารถรับส่งสัญญาณข้อมูลสำเร็จ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อรับส่งสัญญาณในกรณีพื้นต่างระดับ ดังแสดงในภาพที่ 10(G) ถึง 10(H) (Figure 10(G) to 10(H)) เห็นได้ว่า ระดับความแรงสัญญาณในการรับส่งข้อมูลลดลงอยู่ในระดับพอใช้ (-100 dBm ถึง -86 dBm) อีกทั้งความสามารถในการรับส่งสัญญาณข้อมูลสำเร็จลดลงเหลือเพียง 90 เปอร์เซ็นต์ และ 70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการส่งสัญญาณข้อมูลในพื้นที่ต่างระดับ 43 และ 90 องศา ตามลำดับ

2.3 ผลการทดสอบการทำงานงานชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สาย

สำหรับผลการทดสอบการทำงานชุดควบคุมแสงสว่างแบบไร้สายแสดงไว้ในตารางที่ 3 (Table 3) ดังนี้

Table 3 Operation test results of the wireless lighting controller

Test method Foot placement	%Error (%)					
	Position 1	Position 2	Position 3	Position 4	Position 5	Position 6
Receiving/transmitting						
1. No obstruction	0	0	93.33	86.67	100.00	0
2. Steel grating wall	0	0	100.00	100.00	100.00	0
3. Plastered brick wall	0	0	93.33	80.00	100.00	0
4. Human body mass 84 kg.	0	0	100.00	93.33	100.00	0
5. The magnetic field from the fan motor	0	0	100.00	100.00	100.00	0
6. Mobile phone signal (calling)	0	0	100.00	93.33	100.00	0
7. Different floor 43 degree	20.00	13.33	100.00	100.00	100.00	6.67
8. Different floor 90 degree	73.33	80.00	100.00	100.00	100.00	73.33

จากตารางที่ 3 (Table 3) เมื่อเทียบลงบนสวิตช์เข้าด้วยการลงน้ำหนักปกติในตำแหน่งที่ 1, 2 และ 6 ไม่ว่ามีสิ่งกีดขวางหรือไม่มีสิ่งกีดขวางระหว่างภาคส่งสัญญาณกับภาครับสัญญาณที่ระยะ 10 เมตร ผลที่ได้จากการทดสอบซ้ำ 15 ครั้ง เห็นได้ว่าชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายทำงานไม่มีความผิดพลาด แต่เมื่อทดสอบกับพื้นต่างระดับ ชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายทำงานผิดพลาดขึ้น กล่าวคือ พื้นต่างระดับ 43 องศา มีความผิดพลาด 1 ครั้ง ถึง 3 ครั้ง คิดเป็น %Error 6.67 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพื้นต่างระดับ 90 องศา มีความผิดพลาด 11 ครั้ง ถึง 12 ครั้ง คิดเป็น %Error 73.33 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้เมื่อเทียบลงบนสวิตช์เข้าด้วยการลงน้ำหนักปกติในตำแหน่งที่ 3, 4 และ

5 ไม่ว่าจะไม่มีสิ่งกีดขวางหรือไม่มีสิ่งกีดขวางระหว่างภาคส่งสัญญาณกับภาครับสัญญาณที่ระยะ 10 เมตร หรือพื้นที่ต่างระดับ 43 และ 90 องศา ผลที่ได้จากการทดสอบซ้ำ 15 ครั้ง เห็นได้ว่าชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายมีความผิดพลาด 13 ถึง 15 ครั้ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด 86.67 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์

อภิปรายผล

จากการออกแบบและสร้างชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายในครั้งนี้เห็นได้ว่าเป็นไปได้จริง ถ้าหากผู้ใช้เหยียบลงบนสวิตช์เท้าในตำแหน่งที่ 1, 2 และ 6 ไม่ว่าจะไม่มีสิ่งกีดขวางหรือไม่มีสิ่งกีดขวางระหว่างภาคส่งสัญญาณกับภาครับสัญญาณที่ระยะ 10 เมตรก็ตาม ทั้งนี้อาจเนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้เป็นสวิตช์คือไฟโซิโอดีแอลทรานซิสเตอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถสร้างแรงดันไฟฟ้าได้เองเมื่อเกิดแรงกด ดังที่ Gómez (2010) ได้อธิบายปรากฏการณ์ไฟโซิโอดีแอลทรานซิสเตอร์ว่าเมื่อให้ความเค้นกลแก่ไฟโซิโอดีแอลทรานซิสเตอร์จะเกิดการกระตุ้นทางไฟฟ้าขึ้น และจากหลักการดังกล่าวนี้ไฟโซิโอดีแอลทรานซิสเตอร์จึงถูกนำไปใช้เป็นสัญญาณกระตุ้นให้แก่ภาคส่งสัญญาณเพื่อควบคุมการเปิดปิดระบบแสงสว่างที่ติดอยู่กับภาครับสัญญาณ นอกจากนี้เมื่อกล่าวถึงการส่งสัญญาณข้อมูลแบบไร้สาย Benjapolakul (2012) ได้อธิบายปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลว่าขึ้นอยู่กับแบนด์วิดท์และระยะทางระหว่างตัวรับกับตัวส่ง ซึ่งโมดูลชิปที่ใช้ในครั้งนี้มีความกว้างแบนด์วิดท์ 250 กิโลบิตต่อวินาที และสามารถรับส่งสัญญาณข้อมูลในอาคารที่ระยะทาง 40 เมตร (Digi international Inc., n.d.) แต่ชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายใช้การส่งสัญญาณข้อมูลครั้งละ 1 บิตเท่านั้น และส่งในระยะทาง 10 เมตร ซึ่งเป็นระยะทางที่เพียงพอต่อพื้นที่ภายในบ้านขนาด 100 ตารางเมตร ทำให้การทำงานของชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายเกิดความผิดพลาดน้อยมาก อย่างไรก็ตามยังมีข้อผิดพลาดอยู่หากผู้ใช้เหยียบลงบนสวิตช์เท้าในตำแหน่งที่ 3, 4 และ 5 รวมถึงการใช้งานในพื้นที่ต่างระดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเหยียบเพียงครั้งเดียวอาจเหยียบโดนไฟโซิโอดีแอลทรานซิสเตอร์จำนวนไม่มาก ส่งผลให้ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ไฟโซิโอดีแอลทรานซิสเตอร์สร้างขึ้นไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งเป็นเงื่อนไขป้องกันการทำงานอัตโนมัติของชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สาย และสำหรับความผิดพลาดที่เกิดจากการใช้งานในพื้นที่ต่างระดับ อาจเนื่องจากการรับส่งสัญญาณไร้สายผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก กล่าวคือ ฐานของโครงสร้างเหล็กที่ใช้ก่อนเทพื้นปูนมีลักษณะเป็นตะแกรง เปรียบเสมือนกรงฟาราเดย์ที่ถูกนำไปใช้เพื่อปกป้องอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อ่อนไหวจากการแทรกสอดของคลื่นวิทยุ (Smolyaninov et al., 2019) ซึ่งนั่นอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพในกรณีที่ต้องส่งสัญญาณผ่านพื้นต่างระดับที่เป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก อย่างไรก็ตามการเชื่อมต่อระหว่างชิปสามารถเชื่อมต่อได้หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นแบบ star, mesh และ cluster tree ที่สามารถกำหนดโมดูลชิปต้นทางซึ่งเป็นตัวส่งสัญญาณหนึ่งตัว โมดูลชิปตัวกลางสำหรับเป็นโหนดกลางเพื่อถ่ายโอนและส่งผ่านข้อมูลระหว่างโมดูลชิปต้นทางกับโมดูลชิปปลายทาง ซึ่งเป็นตัวรับสัญญาณได้หลายตัว (Riverplus, 2020) ซึ่งเป็นวิธีแก้ปัญหา

ส่งสัญญาณในกรณีพื้นต่างระดับหรือต้องการให้มีจำนวนภาครับสัญญาณมากกว่าหนึ่ง นอกจากนี้การพิจารณาค่าความส่องสว่างและอุณหภูมิสีของหลอดไฟที่จะนำมาใช้ร่วมกับภาครับสัญญาณก็มีความสำคัญเช่นกัน ซึ่งจากงานวิจัยของ Tuaycharoen et al. (2016) ได้กล่าวว่าแสงสว่างภายในอาคารต่อการมองเห็นของผู้สูงอายุชาวไทยควรเป็นห้องที่มีค่าความส่องสว่าง 1,000 ลักซ์ และมีอุณหภูมิสีของแสงโทนเย็น 6,500 เคลวิน ทั้งนี้ก็เพื่อให้ชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายมีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

ชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายมีทั้งหมด 3 ส่วนที่แยกออกจากกันชัดเจน ประกอบด้วย สวิตซ์เท้า ภาคส่งสัญญาณ และภาครับสัญญาณ ซึ่งการออกแบบแยกส่วนนี้ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเคลื่อนย้ายอุปกรณ์แต่ละชิ้นได้อย่างสะดวก ติดตั้งง่ายโดยไม่ต้องเดินระบบสายไฟ สามารถใช้งานได้ทันทีเพียงแค่เสียบปลั๊ก ทั้งนี้สวิตซ์เท้าเป็นพรมเช็ดเท้าแบบป้องกันลื่นโดยมีไฟไอโซอิเล็กทริกหลายตัวซ่อนอยู่ภายในซึ่งไฟไอโซอิเล็กทริกจะทำหน้าที่เป็นเซนเซอร์สวิตซ์คอยตรวจจับแรงกดที่ได้จากการเหยียบ ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะตามแรงกดที่เกิดขึ้น โดยระดับแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวกำหนดการทำงานของ MCU1 ในการสั่งให้ Zigbee1 ส่งสัญญาณข้อมูลในย่านคลื่นความถี่วิทยุ 2.4 จิกะเฮิร์ต ไปยัง Zigbee2 เพื่อส่งสัญญาณไปยัง MCU2 ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการเปิด/ปิดระบบแสงสว่างด้วยรีเลย์ และจากการทดสอบการใช้งานชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายเห็นได้ว่าเป็นไปได้ดีที่ระยะ 10 เมตร ไม่ว่าจะเป็นสิ่งกีดขวางหรือไม่มีสิ่งกีดขวางก็ตาม ซึ่งต่างจากสวิตซ์ที่ใช้หลักการตรวจจับการเคลื่อนไหวที่มีข้อจำกัดในเรื่องสิ่งกีดขวาง อย่างไรก็ตามชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายยังมีข้อจำกัดในเรื่องของการส่งสัญญาณผ่านพื้นต่างระดับดังเห็นได้จากผลการศึกษาที่ผ่านมา แต่ทว่าเมื่อพิจารณาในภาพรวมชุดควบคุมระบบแสงสว่างแบบไร้สายยังคงเหมาะกับการนำไปใช้กับกลุ่มผู้สูงอายุ ทำให้ผู้สูงอายุสามารถเข้าห้องน้ำในเวลากลางคืนได้อย่างสะดวก เกิดความสุขทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจที่ได้รับการตอบสนองต่อความต้องการในการดำเนินชีวิตประจำวัน ให้สามารถพึ่งพาตนเองได้ตามอัตภาพอย่างแท้จริง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2561 และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนสนับสนุนงานวิจัยประจำปีงบประมาณ 2561 สัญญารับทุนเลขที่ RDI-1-61-5-7

เอกสารอ้างอิง

Benjapolakul W. Data Communication and Networking. Bangkok: Chulalongkorn University Press; 2012.
Detprapon M, Thongyod P. Common eye problems and the way to promote the eye health for older people. Ramathibodi Nursing Journal 2014;20(1):1-9.

- Dhilipkumar S, Arunachalaperumal C. Smart toll collection system using ZIGBEE and RFID. *Materials today: proceedings* 2020;24(3):2054-2061.
- Digi international Inc. XBee & XBee-Pro ZB. n.d. Available at: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/ds_xbeezbmodules.pdf. Accessed December 8, 2021.
- Gómez ES. Piezoelectric ceramics. 2010. Available at: http://www.issp.ac.ru/ebooks/books/open/Piezoelectric_Ceramics.pdf. Accessed September 19, 2021.
- Jost D. What is a Motion Sensor? 2019. Available at: <https://www.fierceelectronics.com/sensors/what-a-motion-sensor>. Accessed November 4, 2019.
- Khare D, Basu B, Dubey AK. Electrical stimulation and piezoelectric biomaterials for bone tissue engineering applications. *Biomaterials* 2020;258:1-25.
- King Mongkut's institute of technology Ladkrabang. A complete study report project to hire a consultant to study the effects of electromagnetic radiation from the base station of the mobile phone system on the safety of human health. King Mongkut's institute of technology Ladkrabang; 2014. Available at: <http://www.tcp.nbt.go.th/uploads/vdo/pdfPublication/waveReport.pdf>. Accessed December 8, 2021.
- Mammen S. Making sense of signal strength/signal quality reading for cellular modems. *Industrial networking*. n.d. Available at: <http://blog.industrialnetworking.com/2014/04/making-sense-of-signal-strength-signal.html>. Accessed November 4, 2019.
- Microchip. ATmega48A/PA/88A/168A/328/P. 2019. Available at: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega48A-PA-88A-PA-168A-PA-328-P-DS-DS40002061B.pdf>. Accessed December 8, 2021.
- Office of the national economic and social development board, Prime minister's office. 12th National economic and social development plan, B.E. 2560-2564. Bangkok, Thailand: Office of the national economic and social development board, Prime minister's office; 2016: 1-204.
- Riverplus. What is Zigbee? 2020. Available at: <https://iiot.riverplus.com/zigbee-technology/>. Accessed December 8, 2021.
- Smolyaninov I, Balzano Q, Young D. Surface wave-based radio communication through conductive enclosures. *Progress in Electromagnetics Research M* 2019;85:21-28.
- Tabootwong W, Julmet P. Elderly received mechanical ventilation: psychosocial caring aspect. *The Journal of Faculty of Nursing Burapha University* 2015;23(2):41-51.
- Tuaycharoen N, Kornisranukul W, Namanee S. The effect of interior lighting on visibility of Thai elderly. *Academic Journal of Architecture* 2016;65:55-74.
- Yan H. Design of smart home gateway based on zigbee technology. Paper presented at: International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City; January 25-26, 2018. Xiamen, China; 2019.
- Zhang S, Liu Y, Deng J, Tian X, Gao X. Development of a two-DOF inertial rotary motor using a piezoelectric actuator constructed on four bimorphs. *Mechanical systems and signal processing* 2021;149:1-15.