

หุ่นยนต์อัตโนมัติฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต ประเภท C

Automatic UVC sterilization Robot

ดร.ปรัชญา เปรมปราณีรัชต์ (Dr.Pradya Prempraneerach)^{1*}

เฉลิมเกียรติ อังสุวัฒนา (Chalermkiat Angsuwattana)** พีระพล จุลละมณฑล (Peeraphon Junlamonton)**

(Received: September 24, 2021; Revised: January 24, 2022; Accepted: January 24, 2022)

บทคัดย่อ

เนื่องจากการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ทีมวิจัยต้องการหาวิธีลดการแพร่เชื้อไวรัสโควิด-19 ในพื้นที่สาธารณะลง โดยใช้รังสียูวีซี (UVC) ที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อไวรัสอย่างมีประสิทธิภาพ ทีมวิจัยได้ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์อัตโนมัติที่ติดตั้งหลอดไฟ UVC 15 วัตต์ จำนวน 4 หลอด หุ่นยนต์แบบสี่ล้อที่ขับเคลื่อนด้วย 2 ล้อหลัง หุ่นยนต์อัตโนมัตินี้สามารถบังคับการเคลื่อนที่ได้ 3 โหมด โดยใช้ 1) รีโมทบังคับด้วยคลื่นวิทยุ หรือ 2) มือถือ/คอมพิวเตอร์ผ่าน web server ด้วยสัญญาณ wi-fi ที่ผู้ใช้งานสามารถเห็นภาพ live stream จากด้านหน้าหุ่นยนต์ หรือ 3) การควบคุมการเคลื่อนที่ขนานไปตามกำแพงแบบอัตโนมัติ (โหมด Wall keeping) โดยใช้การควบคุมแบบพีดี โดยระยะห่างระหว่างด้านข้างของหุ่นยนต์และผนัง ที่วัดระยะทางด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก 2 ตัว จะถูกรักษาอยู่ในช่วง 20-40 cm แล้วจึงเปิดหลอดไฟยูวีซีที่ให้ความเข้มรังสียูวีซีในช่วง 0.70-0.24 mW/cm² ในระยะ 26-50 cm เพื่อทำการฆ่าเชื้อบริเวณที่อยู่ในแนวระดับมือจับประตูและปุ่มกดลิฟต์ ในเวลา 12.5-18 sec เพื่อลดการแพร่เชื้อไวรัสจากการสัมผัสของผู้ใช้งานภายในตึก

ABSTRACT

Due to recent pandemic of COVID-19 virus, our research team finds a way to reduce transmission of virus-infection in public areas using UVC irradiance, which can kill viruses effectively. Our research team design and construct autonomous robot, equipped with four 15-watt UVC lamps. This developed 4-wheel robot, driven by 2 back-wheels, can be controlled in 3 different modes using: 1) a radio remote control or 2) smart phone/ computer through wi-fi web server, so users can view forward live-stream image from robot or 3) a wall-following autonomous navigation (or Wall keeping mode) using a PD controller so that a distance between robot and wall, measured by 2 ultrasonic sensors, is maintained within 20-40 cm. Then, UVC lamps, which provide USC irradiance between 0.70-0.24 mW/cm² for a distance range of 26-50 cm, turns on for sterilizing areas at level of doorknob and elevator buttons within 12.5-18 sec to prevent spread of virus in buildings due to user contact.

คำสำคัญ: หุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ การเคลื่อนที่ตามแนวผนัง การฆ่าเชื้อด้วยยูวีซี

Keywords: Autonomous robot, Wall following motion, UVC sterilization

¹Corresponding author: ppradya@engr.tu.ac.th

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต)

**สำเร็จศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต)

บทนำ

เนื่องจากในสถานการณ์โควิด-19 ที่ผ่านมามาจนถึงปัจจุบัน ทำให้เห็นว่าการติดต่อของเชื้อไวรัสเกิดขึ้นได้ง่ายและการติดต่อกันสามารถแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็วจากการได้รับเชื้อจากผู้ติดเชื้อที่มีการแสดงอาการและไม่แสดงอาการ ทำให้ผู้ที่สัมผัสภาพไม่แข็งแรงนั้นเกิดความเสี่ยงสูงที่จะได้รับเชื้อ/ติดเชื้อโควิด-19 แล้วมีอาการที่รุนแรง จนอาจถึงแก่ความตายได้ โดยการติดเชื้อเกิดได้จากการได้รับสารคัดหลั่งของผู้ติดเชื้อเข้าไปในร่างกาย ทั้งทางตรงจากการไอจามหรือทางอ้อมจากการสัมผัสวัตถุที่มีสารคัดหลั่งติดอยู่ในพื้นที่ต่าง ๆ เช่น ในพื้นที่สาธารณะ โดยเชื้อโควิด-19 นี้สามารถอยู่บนพื้นผิวต่าง ๆ เช่น โลหะ พลาสติก ไม้ ที่อุณหภูมิห้อง เชื้อสามารถอยู่ได้ถึง 1 - 2 วัน ถ้าอยู่ในพื้นที่ที่มีแดดส่องถึง จะอยู่ได้ไม่เกิน 1 - 2 ชั่วโมง ทำให้ทีมวิจัยเริ่มคิดที่จะหาวิธีการลดการแพร่เชื้อในพื้นที่สาธารณะ เช่น บริเวณปั๊มกดลิฟต์ หรือ มือจับและประตูห้องเรียนต่าง ๆ โดยเฉพาะในอาคารเรียนของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) โดยจะใช้แสง Ultraviolet ประเภท C หรือ (UVC) ซึ่งรังสีของแสง Ultraviolet ประเภท C ที่มีความยาวคลื่นสั้นในช่วง 200 - 280 nm. ซึ่งมีคุณสมบัติในการทำลาย DNA ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ได้ดี และสามารถใช้ในการฆ่าเชื้อโรคต่าง ๆ และเชื้อไวรัสได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง จากงานวิจัยเรื่อง Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) Instrument for Sterilizing Surgical Respirator Masks โดย Prempraneerach P, and et al. [1] ได้ทำการออกแบบเครื่องฆ่าเชื้อโรคบนหน้ากากทางการแพทย์ (surgical mask) ด้วยรังสี UVC โดยได้สร้างเป็นตู้ที่สามารถวางหน้ากากได้จำนวนสองชั้น โดยมีการทดลองเพื่อหาระยะห่างระหว่างหลอด UVC ขนาด 8 วัตต์ จำนวน 2 หลอด และเวลาที่ใช้ในการอบหน้ากาก และ ทำการทดสอบการฆ่าเชื้อแบคทีเรียซึ่งฆ่าได้ยากกว่าเชื้อไวรัส แล้วพบว่าเครื่องตู้อบหน้าด้วยรังสี UVC นี้สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ทั้งด้านบนและล่างของหน้ากาก (surgical mask) ได้ 100 % ภายใน 5 นาที นอกจากนั้นในงานวิจัยเรื่อง Effectiveness of 222-nm ultraviolet light on disinfecting SARS-CoV-2 surface contamination โดย Kitagawa H, and et al. [2] ได้ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของรังสี far-ultraviolet light UVC ที่มีความยาวคลื่น 222 นาโนเมตร ในการฆ่าเชื้อ SARS-CoV-2 ที่อยู่บนพื้นผิว ในการทดลองการฆ่าเชื้อไวรัสโควิด-19 ที่ได้รับปริมาณรังสีในขนาด 0.1 mW/cm^2 ในระยะเวลา 10-300 sec ในหลอดทดลองเนื้อเยื่อที่ติดเชื้อ ผลการทดสอบพบว่าด้วยความเข้ม 3 mJ/cm^2 ด้วยรังสี UVC ที่มีความยาวคลื่น 222 nm สามารถ ฆ่าเชื้อได้ 88.5% และ 99.7% ในระยะเวลา 10 และ 30 sec แต่การนำมาใช้จริงจำเป็นต้องมีการประเมินเพิ่มเติมเกี่ยวกับความปลอดภัยต่อผู้คนและประสิทธิภาพของการฉายรังสี UVC 222-nm ในการลดการแพร่เชื้อ SARS-CoV-2

เพื่อให้การฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซีเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้นในงานวิจัยเรื่อง Ultraviolet Sterilization Robot for Disinfection โดย Chanprakon P, and et al. [3] ได้สร้างหุ่นยนต์ที่ติดตั้งหลอด UVC ขนาด 19.7 วัตต์ จำนวนสามหลอดตามแนวตั้ง ไว้ทางด้านบนของตัวหุ่นยนต์ เพื่อใช้ฆ่าเชื้อในห้องผู้ป่วยที่ติดเชื้อได้รอบ 360 องศา โดยหุ่นยนต์ UVC นี้ใช้ raspberry pi เป็นตัวควบคุมการเคลื่อนที่และสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ และมีการทดสอบการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งผลการทดสอบสามารถฆ่าเชื้อได้ภายใน 8 วินาที ในระยะห่าง 35 cm จากหลอด UVC และ ในการเพิ่มศักยภาพให้แก่หุ่นยนต์แบบล้อที่สามารถเคลื่อนที่ได้แบบอัตโนมัติตามโถงทางเดิน เช่นเดียวกับในงานวิจัยเรื่อง Intelligent disinfection robots assist medical institutions in controlling environmental surface disinfection โดย Fan Y, and et al. [4] ได้นำหุ่นยนต์แบบล้อที่ติดตั้งหลอดไฟ UVC ซึ่งมีระบบนำทางด้วยภาพจากกล้องและเซนเซอร์เลเซอร์เพื่อให้สามารถเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ ที่ประยุกต์ใช้ช่วยฆ่าเชื้อไวรัสโควิด-19 ในโถงทางเดินในโรงพยาบาล เพื่อช่วยลดการแพร่เชื้อต่อบุคลากรทางการแพทย์ในโรงพยาบาล ในงานวิจัยเรื่อง A mobile robot for corridor navigation: A multi-agent approach โดย Ono Y, and et al. [5] ได้ทำการออกแบบระบบนำทางของหุ่นยนต์แบบล้ออย่างอัตโนมัติที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับรถเข็นคนพิการได้ในอนาคต โดยเสนอหลักการสำหรับการ

ออกแบบและใช้โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์แบบล้อที่มีความยืดหยุ่นในการทำงานและสามารถปรับเปลี่ยนไปใช้กับแพลตฟอร์มหุ่นยนต์อื่นๆได้ง่าย ระบบควบคุมนั้นประกอบด้วย 4 agents โดย agent แรกจะทำหน้าที่ในการรับข้อมูลป้อนกลับจากเซนเซอร์ต่างๆ และ agent ที่สองจะทำการประมวลผลภาพเพื่อตรวจหาผนังของทางเดินด้วยภาพ และ agent ที่สามจะคำนวณด้วยเทคนิค fuzzy logic เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง และ agent จะทำหน้าที่ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของล้อหุ่นยนต์/รถ และ ในงานวิจัยเรื่อง Wall Follower Autonomous Robot Development Applying Fuzzy Incremental Controller โดย Hanafi D, and et al. [6] ได้ศึกษาและออกแบบระบบนำทางของหุ่นยนต์แบบล้อให้เคลื่อนที่เกาะไปตามผนังได้อย่างอัตโนมัติโดยใช้ระบบควบคุมแบบ fuzzy incremental controller (FIC) ที่พัฒนาบน PIC18F4550 microcontroller เพื่อใช้สำหรับทำความสะอาดช่องลมและโถงทางเดิน โดยใช้เซนเซอร์ Ultrasonic สองตัวในการวัดระยะห่างจากผนังเพื่อใช้ป้อนกลับไปยังระบบควบคุมเพื่อรักษาระยะห่างระหว่างตัวหุ่นยนต์และผนังให้คงที่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. การออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์แบบล้อที่ขับเคลื่อนด้วยสองล้อหลัง ที่ติดตั้งหลอดไฟรังสียูวีซี (UVC) เพื่อใช้ฆ่าเชื้อไวรัสโควิด-19 ที่ตกค้างอยู่ตามพื้นผิวต่าง ๆ เช่น มือจับประตู และ ปุ่มกดลิฟต์ และ ผนังตึก เป็นต้น
2. พัฒนาหุ่นยนต์ให้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ด้วย 1) รีโมทบังคับผ่านคลื่นวิทยุ และ 2) มือถือผ่านคลื่น wi-fi โดยมีกล้องถ่ายภาพ live stream ส่งกลับมายังผู้บังคับหุ่นยนต์ได้อีกด้วย หรือ 3) การเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติไปตามโถงทางเดินตามแนวผนัง/กำแพงโดยรักษาระยะห่างจากผนังตามที่กำหนด เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำการฆ่าเชื้อครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ได้อย่างรวดเร็ว ทั้งทางเดินบนอาคาร ห้องเรียน เป็นต้น

หุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซี

ในการออกแบบและการพัฒนาหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซีนี้น้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายด้าน เช่น ความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ ความสามารถในการควบคุมหุ่นยนต์ในระยะไกล และ ความปลอดภัยต่อทั้งผู้ใช้งานและในบริเวณใกล้เคียง และ ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อไวรัสต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ที่จะช่วยให้เป้าหมายในการฆ่าเชื้อไวรัสโควิด-19 รวมไปถึงเชื้อโรคต่างๆ บนพื้นผิวภายในห้อง ตามโถงทางเดิน ชั้นวางของ และ มือจับ/ลูกบิดประตู ที่มีความสูงถึง 2 เมตร หรือตามพื้นผิววัตถุต่างๆ โดยใช้รังสียูวีซี (UVC) ที่ติดตั้งบนหุ่นยนต์ได้

1. การออกแบบหุ่นยนต์

ในส่วนการออกแบบหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซี ผู้วิจัยได้ศึกษาเปรียบเทียบกับหลายงานวิจัย [3,4,5,6] เพื่อหาข้อดีและข้อเสียของหุ่นยนต์ในแต่ละรูปแบบ เพื่อให้ได้แบบหุ่นยนต์ที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่และมีประสิทธิภาพตรงตามเป้าหมายและงบประมาณที่ตั้งไว้ ดังนั้นจึงได้ออกแบบหุ่นยนต์ขับเคลื่อนล้อหลังด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 2 ตัว และ ล้อทางด้านหน้าเป็นล้ออิสระ 2 ล้อ ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดงบประมาณและพลังงานของตัวหุ่นยนต์ในขณะที่ทำงาน แต่ยังคงสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้ดี โดยมีฐานหุ่นยนต์ที่กว้างเพื่อถ่วงน้ำหนักในการติดตั้งหลอดไฟรังสียูวีซี (UVC) จำนวน 4 หลอดในแนวอนหันหลอดไฟทางด้านซ้ายเข้าหากำแพง ดังในภาพที่ 1 การติดตั้งหลอดไฟในแนวอน สามารถปรับระดับความสูงในการฆ่าเชื้อบนพื้นที่ในพื้นที่ย่อยๆได้เหมาะสมตามความต้องการของสถานที่นั้นๆ และ ทำให้สามารถกำหนดจุดรวมแสงได้งายอีกด้วย มากไปกว่านั้นการติดตั้งหลอดไฟรังสียูวีซี (UVC) แนวอนทำให้ช่วงระยะเวลาในการส่องแสงบนวัตถุนานมากขึ้นเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่นั้นๆ ซึ่งจะเพิ่มความสามารถในการฆ่าเชื้อโรคเมื่อเปรียบเทียบกับติดตั้ง

หลอดไฟรังสียูวีซีในแนวตั้ง ส่วนการติดตั้งหลอดไฟรังสียูวีซี (UVC) หันเข้าหากำแพงและมีแผ่นพลาสติกกันแสงไม่ให้ส่องย้อนกลับ จะช่วยให้ผู้ใช้งานปลอดภัยจากอันตรายของแสงยูวีซี (UVC) อันเนื่องจากการมองหลอดไฟยูวีซีโดยตรง

2. โครงสร้างของหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซี

โครงสร้างส่วนฐานของหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซี มีขนาดความสูงจากพื้น 156.1 เซนติเมตร ฐานมีความกว้างมากที่สุด 59.8 เซนติเมตร และมีความยาวตัวรถ 70.6 เซนติเมตร โดยมีน้ำหนักรวมประมาณ 20 กิโลกรัม แสดงสัดส่วนของหุ่นยนต์ดังแสดงในภาพที่ 2

โครงสร้างโดยรวมของหุ่นยนต์ดังภาพที่ 3 เป็นหุ่นยนต์ล้ออิสระใช้มอเตอร์ขนาด 12 โวลต์ ที่มีเกียร์ทด 500 รอบต่อนาที จำนวนสองตัวใช้ขับเคลื่อน/ควบคุมการเคลื่อนที่ล้อทั้งสองข้าง ตัวหุ่นยนต์สามารถทำความเร็วสูงสุดที่ 0.37 เมตรต่อวินาที ซึ่งได้รับคำสั่งจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ที่มี Ultrasonic sensor รุ่น HS-SR04 จำนวน 3 ตัวติดตั้งทางด้านซ้ายของตัวหุ่นยนต์ 2 ตัว ตัวหน้าและหลังใช้ตรวจวัดระยะห่างของตัวรถกับกำแพงทางด้านซ้าย และ ตัวที่ 3 ติดตั้งทางด้านหน้าของตัวหุ่นยนต์เพื่อตรวจจับสิ่งกีดขวาง ด้านบนฐานตัวหุ่นยนต์มีหลอดไฟรังสียูวีซี (UVC) จำนวน 4 หลอด (สามารถติดตั้งได้สูงสุด 8 หลอด) และติดตั้งกล้อง Raspberry pi camera ไว้ทางด้านหลังของตัวหุ่นยนต์

ส่วนของสวิตช์ที่ใช้ในการควบคุมการเปิด/ปิดระบบไฟฟ้าอยู่บริเวณด้านหลังของหุ่นยนต์ ประกอบด้วย 1) สวิตช์เปิด/ปิด ไฟเข้า converter แปลงไฟจาก 12 โวลต์ เป็น 5 โวลต์ เพื่อจ่ายไฟให้กับ Raspberry pi (สวิตช์สีดำ) 2) สวิตช์เปิด/ปิดไฟเข้า inverter แปลงไฟจาก 12 โวลต์ กระแสตรง แปลงเป็น 220 โวลต์ กระแสสลับ เพื่อจ่ายไฟให้กับหลอดไฟรังสียูวีซี (UVC) (สวิตช์สีดำ) 3) สวิตช์เปิด/ปิดหลัก ใช้ในการปล่อยไฟ 12 โวลต์ เข้าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และบอร์ด Motor drive ขับเคลื่อน 12 โวลต์ (สวิตช์สีแดง) โดยเรียงจากซ้ายไปขวา ดังภาพที่ 4 และยังมีช่องเสียบชาร์จไฟฟ้าแบตเตอรี่ที่อยู่ภายในตัวหุ่นยนต์เพื่ออำนวยความสะดวกการใช้ชาร์จไฟ

3. ระบบไฟฟ้าและระบบควบคุมของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์ที่พัฒนาขึ้นนี้มีบอร์ดควบคุมหลักเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Mega 2560 ใช้เป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงาน โดยจะ 1) รับค่าข้อมูลจากเซนเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic sensor) จำนวน 3 ตัวเพื่อวัดระยะทางจากตัวหุ่นยนต์ถึงวัตถุด้านหน้าและด้านข้างของหุ่นยนต์ และ 2) รับสัญญาณแบบ PWM จาก Receiver ของรีโมทวิทยุบังคับ (Futaba remote control) แบบ 4 ช่องสัญญาณ (channel) และ 3) ยังใช้ส่งคำสั่งทิศทาง/ความเร็วรอบการหมุนมอเตอร์ไปยังบอร์ดควบคุมมอเตอร์ (Motor drive) ของ Smile Robotics EVO249 ทั้งสองบอร์ด สำหรับควบคุมทิศทาง/ความเร็วการหมุนของทั้งมอเตอร์แบบตีซีของล้อซ้ายและขวา โดยประมวลผลจาก channel ที่ 1 และ 2 และ 4) ส่งคำสั่งแบบดิจิทัลที่ใช้ควบคุมการเปิด/ปิดของหลอดไฟยูวีซีไปยัง 8-channel relay ดังแสดงในภาพที่ 5 ส่วนหลอดไฟยูวีซี (UVC) จำนวน 4 หลอดนั้นต้องการกระแสไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ จึงได้ติดตั้ง Inverter เพื่อแปลงไฟกระแสตรง 12 โวลต์ ไปเป็นไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ แหล่งจ่ายพลังงานหลักของหุ่นยนต์นี้มาจากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 20 Ah จึงต้องมีการแปลงไฟสำหรับอุปกรณ์แต่ละตัว ที่ต้องการแรงดันไฟฟ้าที่ระดับต่างกันไป โดยต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของอุปกรณ์ต่าง/ผู้ใช้งาน ดังในภาพที่ 8 และ แบตเตอรี่นี้จะช่วยให้หุ่นยนต์ทำงานอย่างต่อเนื่องได้นาน้อย 2 ชม.

โดยผู้ใช้งานสามารถควบคุมหุ่นยนต์ได้โดยตรง 2 วิธี คือ 1) ควบคุมด้วยรีโมทวิทยุบังคับในระยะทางไม่เกิน 50 เมตร ภายในอาคาร 2) ควบคุมผ่าน Web server ที่มีบอร์ด Raspberry pi 4 model B เป็นตัวเชื่อมต่อผ่านระบบ wifi [7] ผู้ใช้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ และ การเปลี่ยนโหมดและการเปิด/ปิดหลอดไฟยูวีซี (UVC) ดังกระบวนการทำงานหรือผังงาน ในภาพที่ 6 Raspberry pi 4 เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านระบบ wi-fi ได้จึงมีการนำประยุกต์ใช้ในการสร้างระบบ IOT ในการควบคุมส่งคำสั่งผ่าน Web server ทำให้เราสามารถควบคุมหุ่นยนต์ได้ผ่านหลายอุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ เช่น Smartphone คอมพิวเตอร์ อื่น ๆ และ ยังสามารถส่ง

ภาพ live stream จากกล้อง Pi cam ที่ติดตั้งไว้กับหุ่นยนต์ได้อีกด้วย [8] สามารถทำให้มองเห็นสภาพแวดล้อมในการทำงานของหุ่นยนต์ได้ โดยหน้า web server ใช้ภาษา HTML ในการตกแต่งและวางตำแหน่งต่าง ๆ บนหน้า Web server ส่วนของการรับและส่งออกข้อมูลจาก Web server ใช้ python ในการรับข้อมูลที่ส่งมาจาก Web server ด้วยไลบรารี flask และส่งออกมาเป็นการทำงานผ่านหัว GPIO ของ Raspberry pi ส่วน live stream เป็นแพ็คเกจที่ต้องดาวน์โหลดลงใน Raspberry pi ในชื่อ MJPG-Streamer โดยการเชื่อมต่อระหว่าง Raspberry pi กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 นั้นแสดงในภาพที่ 7

4. ระบบควบคุมการเดินอัตโนมัติ (Wall keeping)

ระบบช่วยเหลือนการขับที่รักษาให้อยู่ให้เส้นทาง (Wall keeping) ควบคุมระยะห่างระหว่างกำแพงโถงทางเดินกับตัวหุ่นยนต์ หุ่นยนต์จะต้องเดินไปข้างหน้าพร้อมกับรักษาระยะอยู่ตลอดเวลา จึงนำหลักควบคุมแบบสัดส่วน-อนุพันธ์ (PD controller) มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลขาเข้าเพื่อใช้ในการควบคุมการเดินรักษาระยะหน้าและหลังให้เท่ากันเพื่อให้เดินไปข้างหน้าได้ตรง และลดการเกิดข้อผิดพลาดจากข้อมูลขาเข้า (input) ที่จะส่งผลไปถึงการควบคุมการเคลื่อนที่โดยระบบควบคุมของเราเป็นดังภาพที่ 9

วิธีการทดสอบการทำงานและอภิปรายผลการทดสอบ

1. การทดสอบวัดความเข้มของรังสียูวีซี (UVC) จากหลอดไฟยูวีซี (UVC)

หลอดไฟรังสียูวีซี (UVC) ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้หลอดยูวีซีของ Philips TUV รุ่น GT15T84ed ขนาด 15 วัตต์ ซึ่งจะให้รังสียูวีซีที่มีความยาวคลื่นสั้นที่สุดที่ 253.7 นาโนเมตร เพื่อวัตถุประสงค์ในการฆ่าเชื้อโรค หลอดยูวีซี (UVC) นี้ให้เอาต์พุตรังสียูวีซีเกือบคงที่ เพื่อความปลอดภัยสูงสุดในการฆ่าเชื้อโรคและประสิทธิภาพของระบบที่สูง โดยอายุเฉลี่ยในการใช้งานของหลอดไฟประมาณ 8,000 ชั่วโมง และด้านในหลอดมีสารเคลือบป้องกันด้านในหลอดที่ป้องกันการปล่อยก๊าซไอโซน โดยมีข้อควรระวังของรังสี UVC กำลังสูงนี้อาจทำให้ผิวหนังที่สัมผัสกับรังสีได้รับบาดเจ็บอย่างรุนแรง ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับดวงตาและผิวหนังที่ไม่มีการป้องกันอย่างถูกวิธี หรือ ควรใช้เฉพาะในสภาพแวดล้อมที่ปิดซึ่งป้องกันผู้ใช้งานจากการสัมผัสกับรังสี

เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการปล่อยความเข้มของรังสียูวีซี (UVC) ที่ระยะทางห่างจากกันจากหลอดไฟรังสียูวีซี จนถึงผนังหรือมือจับประตู เพื่อให้มั่นใจในการทำงานว่าสามารถฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซีได้จริง และมีความเข้มแสงมากเพียงพอ ซึ่งสามารถนำค่าความเข้มของรังสี UVC ที่ได้มาคำนวณหาระยะเวลาในการฆ่าเชื้อไวรัสให้หมดไป หรือ ระยะเวลาที่ต้องฉายรังสียูวีซี ในขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ผ่าน ณ ตำแหน่งลูกบิดประตูหรือมือจับประตู ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องวัดความเข้มของรังสียูวีซี (UVC) ยี่ห้อ Lutron รุ่น (YK-37UVSD) ดังภาพที่ 10 (a) โดยการนำหัวเซนเซอร์วัดความเข้มรังสียูวีซี (UVC) มาใช้วัดความเข้มของแสง/รังสียูวีซี ที่ปล่อยออกมาจากหลอดยูวีซีที่ติดตั้งอยู่กับหุ่นยนต์ ในระยะห่างต่าง ๆ กัน โดยจะจำกัดระยะทางในการทดสอบให้ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงของหุ่นยนต์ โดยจะทดสอบในระยะห่างจากกำแพงถึงหลอดยูวีซี 26-68 เซนติเมตร ดังในภาพที่ 10 (c) ผลจากการบันทึกการวัดค่าความเข้มรังสี UVC ด้วยเครื่องวัดรังสียูวีซี (UVC) ยี่ห้อ Lutron รุ่น YK-7UVSD ที่ระยะห่างจากผนังในระยะทางต่าง ๆ กันดังใน ภาพที่ 11

2. การฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตประเภทซี

จากงานวิจัยของ Chanprakon P และคณะ [3] ได้ใช้วิธีการคำนวณหาความเข้มรังสี UVC และเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตประเภทซีที่เหมาะสมโดยใช้สมการที่ (1) ในการหาความสว่างของหลอดไฟต่อหน่วยพื้นที่และสมการที่ (2) ในการหาเวลาด้วยการเปรียบเทียบปริมาณ UV Dose ในการฆ่าเชื้อในกลุ่มไวรัสที่มีความใกล้เคียงกัน

ตามตารางที่ 1 [9] และจากผลการทดลอง [3] พบว่าควรเพิ่ม Factor ที่ 4 เท่า เพื่อลดความผิดพลาดจากการคำนวณ โดยคณะผู้วิจัยได้สร้างหุ่นยนต์ที่ติดตั้งหลอดไฟรังสียูวีซี (UVC) ขนาด 15 วัตต์ จำนวน 4 หลอด วางขนานหันไปในทิศเดียวกัน และ กำหนดระยะห่างจากหลอดยูวีซีถึงเป้าหมายที่ต้องการฆ่าเชื้ออยู่ที่ประมาณ 35 เซนติเมตร

$$\text{UVC irradiance} = \frac{15 \times 4 (W)}{4\pi \times 35^2 (\text{cm}^2)} = 3,897.67 \mu\text{W}/\text{cm}^2 \quad (1)$$

$$\text{Time} = \frac{6,600 (\mu\text{W} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2)}{3,897.67 (\mu\text{W}/\text{cm}^2)} = 1.69 \text{ sec} \quad (2)$$

ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อไวรัส Influenza และ ไวรัส Polio ตามปริมาณ UV dose [9] ด้วยรังสียูวีซีจากหลอดไฟรังสียูวีซี ขนาด 15 วัตต์ 4 หลอด ที่ระยะห่าง 35 เซนติเมตร ที่คำนวณได้จากสมการที่ (2) ต้องใช้เวลาในการฆ่าเชื้ออยู่ที่ประมาณ 2 วินาที และเมื่อนำมาคูณ Factor จะใช้เวลาอย่างน้อยประมาณ 8 วินาที ขึ้นไป หรือเมื่อนำมาพล็อตเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างกับเวลา จะได้ดังนี้เมื่อใช้หลอดไฟรังสียูวีซี (UVC) แบบเดิม ดังภาพที่ 12 และเมื่อนำผลการวัดค่าความเข้มรังสียูวีซีด้วยเครื่องวัดค่าความเข้มรังสี ยี่ห้อ Lutron (YK-37UVSD) จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 1 ที่กล่าวมาข้างต้น ที่ระยะห่างจากหลอดไฟยูวีซี ถึงหัววัดในระยะ 38 เซนติเมตร จะมีความเข้มของรังสียูวีซีเท่ากับ $528 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ จะสามารถฆ่าเชื้อไวรัสด้วยรังสียูวีซี ได้ภายในเวลาตามที่คำนวณในสมการที่ 3 ดังนี้

$$\text{Time} = \frac{6,600 (\mu\text{W} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2)}{528 (\mu\text{W}/\text{cm}^2)} = 12.5 \text{ sec} \quad (3)$$

3. การทดสอบวัดระยะทางด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic sensor)

หุ่นยนต์ที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic sensor) รุ่น HC-SR04 ที่เป็นเซนเซอร์ที่ใช้คลื่นเสียงในการวัดระยะทางระหว่างหัวเซนเซอร์และวัตถุในระยะทางที่ไม่เกิน 2 เมตร มีขนาดขนาดเล็กและราคาถูก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบความแม่นยำของระยะทางที่วัดได้จากเซนเซอร์อัลตราโซนิก เพื่อประเมินความแม่นยำและขีดจำกัดของเซนเซอร์อัลตราโซนิกนี้

เพื่อทดสอบและประเมินความแม่นยำในการวัดระยะทางด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก สำหรับระยะทางต่าง ๆ กัน จำกัดให้มุมตกกระทบของคลื่นเสียงจากเซนเซอร์กับวัตถุแผ่นเรียบเป็นมุม 90 องศา ดังภาพที่ 13 โดยจะทำการทดสอบการวัดระยะทาง 3 ระยะ ด้วยกันคือ 15, 30, 100 เซนติเมตร โดยการทดลองแต่ละระยะจะทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง

1. ผลการทดลองการวัดระยะทางด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic sensor)

จากผลการทดสอบการวัดระยะทางที่ระยะห่าง 15 เซนติเมตร ได้ทำการทดลองทั้งหมดจำนวน 5 ครั้ง โดยแต่ละครั้งในการทดสอบใช้ข้อมูลจำนวน 274 ข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 14 เมื่อนำข้อมูลที่วัดได้มาวิเคราะห์จะสามารถระบุความผิดพลาดเฉลี่ยรวมตามเวลาทั้งหมดเท่ากับ 0.057% หรือ มีค่าความผิดพลาดเป็นครั้งคราว แสดงให้เห็นได้ว่าระยะทางที่วัดได้มีความผิดพลาดเล็กน้อยมาก ส่วนการทดสอบการวัดระยะทางที่ระยะห่าง 30 เซนติเมตร ได้ทำการทดลองทั้งหมดจำนวน 5 ครั้ง โดยแต่ละครั้งในการทดสอบใช้ข้อมูลจำนวน 450 ข้อมูลโดยเฉลี่ย ดังแสดงในภาพที่ 15 จะเห็นได้ว่าค่าระยะทางที่วัดได้อยู่ในช่วง 29–32 เซนติเมตร เมื่อนำข้อมูลที่วัดได้มาวิเคราะห์จะสามารถระบุความผิดพลาดเฉลี่ยรวมตามเวลาทั้งหมดเท่ากับ 1.340% และ ในการทดสอบการวัดระยะทางที่ระยะห่าง 100 เซนติเมตร ที่มากที่สุดสำหรับหุ่นยนต์จากผนังด้านซ้ายของตัวหุ่นยนต์ เช่นเดิมได้ทำการทดลองทั้งหมดจำนวน 5 ครั้ง โดยแต่ละครั้งในการ

ทดสอบใช้ข้อมูลจำนวน 260 ข้อมูลโดยเฉลี่ย ดังแสดงในภาพที่ 16 จะเห็นได้ว่าค่าระยะห่างที่วัดได้อยู่ในช่วง 99-107 เซนติเมตร เมื่อนำค่าที่วัดได้มาวิเคราะห์ จะมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยรวมตามเวลาทั้งหมดเท่ากับ 0.763 % ยกเว้นข้อมูลในการทดสอบครั้งที่ 1 จะมีข้อมูลที่เกาะกลุ่มข้อมูลอยู่ในช่วง 50-79 เซนติเมตร ในช่วงเวลาหนึ่ง จากข้อมูลทั้งหมดสำหรับ 3 ระยะห่าง นั้นแสดงให้เห็นว่าเซนเซอร์อัลตราโซนิกมีความแม่นยำในระยะทางที่ใกล้ แต่เมื่อระยะห่างมากกว่า 30 เซนติเมตร ขึ้นไปค่าที่วัดได้จะแปรปรวนมากในการวัดในแต่ละครั้ง โดยมีค่าผิดพลาดเฉลี่ยตามเวลามากที่สุด 1.34%

4. การทดสอบการควบคุมหุ่นยนต์ผ่าน web server

การทดสอบระบบการควบคุมหุ่นยนต์ผ่าน web server โดยใช้ Raspberry pi ผ่านสัญญาณ wi-fi ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) ตามพื้นที่ต่าง ๆ ในอาคาร เพื่อใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และเปลี่ยนโหมดการควบคุม และ ควบคุมการเปิด-ปิดของหลอดไฟยูวีซี และ เพื่อส่งภาพ live stream จากกล้อง Pi cam ช่วยให้ผู้บังคับหุ่นยนต์สามารถดูสภาพแวดล้อมบริเวณด้านหน้าของตัวหุ่นยนต์ได้ ผู้ใช้งานหุ่นยนต์สามารถเปิดระบบ web server ผ่านพอร์ต 8000 บน Raspberry-pi และทำการเชื่อมต่อเข้ากับ web server ด้วย smart phone หรือคอมพิวเตอร์ ที่สามารถเชื่อมต่อเข้าในวงสัญญาณ wi-fi เดียวกัน โดยต้องทำการป้อน IP address ของ Raspberry pi ในตัวหุ่นยนต์จึงจะสามารถเข้าใช้ web server นี้ได้ [8] โดยคณะผู้วิจัยได้ออกแบบหน้าจอของ web server ดังแสดงในภาพที่ 17

การใช้ web server มีข้อดีที่รีโมทวิทยุบังคับไม่สามารถทำได้ คือสามารถควบคุมหุ่นยนต์จากระยะไกลมากกว่า ระยะที่รีโมทวิทยุบังคับสามารถควบคุมได้ถึง อันเนื่องจากสัญญาณ wi-fi ครอบคลุมทั้งอาคาร และผู้บังคับยังสามารถมอง live stream ผ่านมุมมองหน้าจอได้จาก Pi cam ที่ติดตั้งไว้บริเวณหลังหุ่นยนต์ ดังในภาพที่ 18 ซึ่งจะสามารถทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าไปมาซื้อได้ในพื้นที่ปิดหรือห้องต่าง ๆ ซึ่งจะสามารถควบคุมภายนอกห้องนั้นได้ แต่ระบบ web server ก็มีกระบวนการในการเปิดระบบที่ซับซ้อน และ ในบางพื้นที่สัญญาณ wi-fi เข้าไม่ถึงก็อาจจะทำให้ระบบขาดการเชื่อมต่อหรือเกิดการล่าช้าในการควบคุมหุ่นยนต์ขึ้นได้

5. การควบคุมการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติไปตามแนวขนานกับผนัง

โดยเป้าหมายในการทำงานของระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติของหุ่นยนต์นี้ คือ การเคลื่อนที่ตามแนวเส้นตรงไปตาม โถงทางเดินเพื่อฆ่าเชื้อไวรัสบนผนังและประตูห้องต่างๆ ดังนั้นการทดลองในโหมดอัตโนมัติจึงเป็นการเคลื่อนที่ขนานไป ตามโถงทางเดินเป็นระยะทาง 10 ถึง 15 เมตร โดยให้หุ่นยนต์รักษาระยะห่างผนัง/กำแพงอยู่ในช่วง 20-40 เซนติเมตร โดยพื้นที่ที่ใช้ในการทดลองคือโถงทางเดินหน้าห้องชมรม ชั้น 1 ของอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) ดังในภาพที่ 19 คณะผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมการควบคุมการเคลื่อนที่ไปตามแนว เส้นตรง เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถรักษาระยะห่างระหว่างตัวหุ่นยนต์กับผนัง/กำแพงทางด้านซ้ายของตัวหุ่นยนต์ ใน ระยะห่างจากผนังไม่เกิน 40 เซนติเมตร ได้อย่างอัตโนมัติ ดังแสดงในไดอะแกรมระบบการควบคุมแบบ PD ดังในภาพที่ 9 แล้วทำการเก็บค่าระยะห่างด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก เพื่อนำมาวิเคราะห์การทำงานและทำการปรับปรุงระบบจนมีความ แม่นยำในการรักษาระยะห่างที่คงที่

1. การทดสอบขับเคลื่อนอัตโนมัติตามแนวผนัง (Wall keeping)

ภาพที่ 20 ถึงภาพที่ 22 แสดงผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไปตามโถงทางเดินแบบอัตโนมัติเพื่อรักษาระยะห่างจากกำแพงด้านซ้ายของตัวหุ่นยนต์ให้อยู่ในช่วง 20 - 40 เซนติเมตร จำนวน 3 ครั้งด้วยกัน เมื่อองศาการหันเหของหุ่นยนต์ ณ ขณะออกตัวการเคลื่อนเป็นมุมหันเข้าหากำแพง มุมขนานกับกำแพง และ มุมหันออกจากกำแพงตามลำดับ โดยการควบคุมการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัตินี้ได้ใช้การควบคุมแบบ PD เพื่อใช้ปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของล้อด้านซ้ายและขวา อันเนื่องมาจากค่าความผิดพลาดของระยะห่างที่วัดได้จากเซนเซอร์อัลตราโซนิกทางด้านหน้าของ

หุ่นยนต์และด้านหลังของหุ่นยนต์ที่ติดตั้งไว้ฝั่งซ้ายของตัวหุ่นยนต์ดังในภาพที่ 3 ในการควบคุมระบบเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลการวัดระยะทางด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิกด้านหน้าและหลัง ที่เป็นเส้นสีน้ำเงินและสีส้มตามลำดับ จากผลการทดสอบทั้งสามครั้งนี้แสดงให้เห็นได้ว่าระบบควบคุมการเคลื่อนที่ตามแนวเส้นตรงอย่างอัตโนมัติจะสามารถรักษาระยะห่างเฉลี่ยระหว่างหุ่นยนต์และผนังประมาณ 20-25 เซนติเมตรได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ในกรณีที่หุ่นยนต์ทำมุมชนกับผนัง/กำแพงและอยู่ในช่วงระยะที่กำหนดไว้แล้วตั้งแต่ตอนเริ่มต้น หุ่นยนต์ก็สามารถรักษาระยะห่างนั้นไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นได้วัดความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ประมาณ 30 cm/sec ดังนั้นเมื่อเปิดหลอดไฟยูวีสีระหว่างหุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบอัตโนมัติตามแนวผนัง ดังในภาพที่ 23 ก็จะสามารถฆ่าเชื้อไวรัสได้ในระยะเวลาตามที่ได้คำนวณไว้ตามทางทฤษฎีในสมการที่ 2 และตามข้อมูลที่ได้วัดได้ในสมการที่ 3 เนื่องจากหลอดไฟยาว 32 cm ซึ่งจะทำให้ผนังจะสัมผัสกับรังสีอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาอย่างน้อย 13 วินาที ในขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ผ่านผนัง/กำแพงไป

สรุปผลการวิจัย

หุ่นยนต์อัตโนมัติฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซี (UVC) ที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้เป็นหุ่นยนต์แบบล้อที่ขับเคลื่อนด้วย 2 ล้อหลัง ซึ่งใช้มอเตอร์ดีซี ขนาด 12 โวลต์ จำนวน 2 ตัว เป็นต้นกำลังที่หมุนด้วยความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที เพื่อใช้ขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ทำให้สามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดที่ 0.37 เมตรต่อวินาที โดยมีหน่วยประมวลผลหลักเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ที่เชื่อมต่อ/รับสัญญาณจากเซนเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic sensor) จำนวน 2 ตัว ที่ติดตั้งทางฝั่งซ้ายของตัวหุ่นยนต์ทางด้านหน้าและหลัง เพื่อใช้วัดระยะทางของตัวหุ่นยนต์กับกำแพง/ผนังสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ในโหมดอัตโนมัติ ส่วนเซนเซอร์ตัวที่ 3 ติดตั้งทางด้านหน้าของตัวหุ่นยนต์ เพื่อใช้ตรวจจับสิ่งกีดขวางทางด้านหน้าเมื่อวัดได้ระยะถึงวัตถุด้านหน้าที่ต่ำกว่า 50 เซนติเมตร หุ่นยนต์ก็จะหยุดการเคลื่อนที่ชั่วคราวและถอยหลังแล้วจึงเลี้ยวขวาเพื่อหลบสิ่งกีดขวาง นอกจากนั้นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ยังเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi ที่เชื่อมต่ออยู่กับกล้อง Pi camera ซึ่งติดตั้งไว้บนเสาด้านหลังของตัวหุ่นยนต์เพื่อไว้ใช้ส่งภาพแบบ live streamมายังผู้บังคับผ่านสัญญาณ wi-fi และบอร์ด Arduino ยังใช้ส่งคำสั่งไปยังรีเลย์เพื่อใช้เปิด-ปิด หลอดไฟยูวีซี (UVC) จำนวน 4 หลอดในแนวนอน ที่ติดตั้งไว้บนเสาเหนือตัวหุ่นยนต์ที่สูงจากพื้นขึ้นมาเป็นระยะ 90 ถึง 150 เซนติเมตร ซึ่งสัญญาณคำสั่งนั้นจะส่งผ่านมาจาก receiver ของรีโมทคอนโทรลหรือจากคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi

หุ่นยนต์อัตโนมัติฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซีสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้ด้วยกัน 3 โหมด คือ 1) ผ่านรีโมทวิทยุบังคับด้วยคลื่นวิทยุ 2.4 GHz ที่ผู้ใช้งานสามารถบังคับหุ่นยนต์ได้ในระยะทางไม่เกิน 50 เมตรในตัวอาคาร หรือ 2) ผ่าน Web server ด้วยสัญญาณ wi-fi ที่เชื่อมต่อในวงเดียวกันกับ smart phone หรือ คอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีหน้าต่างแสดงภาพ live stream ให้ผู้ใช้งานสามารถเห็นมุมมองหน้ารถได้ หรือ 3) ระบบการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติให้เคลื่อนที่ขนานไปตามแนวผนัง/กำแพง (หรือ โหมด Wall keeping) ทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ขนานไปกับกำแพงตามแนวโคงทางเดิน โดยจะรักษาระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์กับผนังให้อยู่ในช่วง 20 - 40 เซนติเมตร โดยป้อนกลับค่าความผิดพลาดของระยะทางไปยังระบบควบคุมแบบ PD เพื่อใช้ควบคุมความเร็วรอบในการหมุนของล้อขับเคลื่อนด้านซ้าย/ขวา ในส่วนการฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซี (UVC) โดยใช้หลอดยูวีซีของ Philips ขนาด 15 วัตต์ จำนวน 4 หลอด ผู้วิจัยได้วัดค่าความเข้มของรังสียูวีซีด้วยเครื่องวัดความเข้มของแสง UVC โดยสามารถวัดความเข้มของรังสียูวีซีได้ในช่วง $0.697-0.239 \text{ mW/cm}^2$ ที่ระยะ 26-50 เซนติเมตร ดังนั้นจะใช้เวลาในการฆ่าเชื้อไวรัสที่อยู่บนพื้นที่ที่โดนรังสียูวีซีโดยตรง เช่น ผนังหรือประตูตามโคงทางเดินชั้นวางของ และ มือจับ/ลูกบิดประตู ได้ในเวลาประมาณ 12.5-18 วินาที บนเสายูวีซีมีแผ่นบอร์ดและแผ่นอลูมิเนียมสะท้อนแสงที่ติดตั้งด้านหลังของหลอดไฟยูวีซี (UVC) เพื่อใช้ในการป้องกันการมองเห็นโดยบังเอิญเพื่อความปลอดภัยและ

จะช่วยลดการกระเจิงของรังสียูวีอีกด้วย การฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีนี้จะกระทำในช่วงเวลาเข้าก่อนมีการใช้อาคารหรือช่วงเย็นหลังจากเลิกใช้อาคารแล้วเพื่อความปลอดภัยต่อผู้ที่ใช้อาคาร

เอกสารอ้างอิง

1. Prempraneerach P, Samosornsuk W, JearsirPongkul T. UltraViolet Germicidal Irradiation (UVGI) Instrument for Sterilizing Surgical Respirator Masks. The 35th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC); 2020 July 3-6; Nagoya, Japan; 2020. pp. 452-455.
2. Kitagawa H, Nomura T, Nazmul T, Omori K, Shigemoto N, Sakaguchi T, Ohge H. Effectiveness of 222-nm ultraviolet light on disinfecting SARS-CoV-2 surface contamination. American Journal of Infection Control. 2021; 49(3): 299-301.
3. Chanprakon P, Sae-Oung T, Treebupachatsakul T, Hannanta-Anan P, Piyawattanametha W. An Ultra-violet Sterilization Robot for Disinfection. 2019 5th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST); 2019 July 2-5; Luang Prabang, Laos; 2019.
4. Fan Y, Hu Y, Jiang L, Liu Q, Xiong L, Pan J, Hu W, Cui Y, Chen T, Zhang Q. Intelligent disinfection robots assist medical institutions in controlling environmental surface disinfection. Intelligent Medicine, 2021; 1(1): 19-23.
5. Ono Y, Uchiyama H, Potter W. A mobile robot for corridor navigation: A multi-agent approach. Proceedings of the 42nd Annual Southeast Region Conference; 2004 April 2-3; Alabama, USA; 2004. pp. 379-384.
6. Hanafi D, Abueejela YM, Zakaria MF. Wall Follower Autonomous Robot Development Applying Fuzzy Incremental Controller. Intelligent Control and Automation. 2013; 4(1): 18-25.
7. Project of Raspberry Pi Robot controlled through webpage, [Internet] 2019 [cited 2020 Nov 20]. Available from: <https://www.robotsiam.com/article/56/> โปรเจคหุ่นยนต์-raspberry-pi-ควบคุมด้วยเว็บเพจ
8. IoT: Raspberry Pi Robot With Video Streamer and Pan/Tilt Camera Remote Control Over Internet, [Internet] 2016 [cited 2020 Nov 16]. Available from: <https://www.instructables.com/IoT-Raspberry-Pi-Video-Streamer-and-PanTilt-Camera/>
9. Wannapaisan P. UVC Sterilization [Internet] 2020 March 27, [cited 2020 Nov 15]. Available from: [www.tcels.or.th/getattachment/Mini-Site/COVID-19/การฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวี\(UVC\)-ดร-ผกากรอง-ม. pdf.aspx?lang=th-TH](http://www.tcels.or.th/getattachment/Mini-Site/COVID-19/การฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวี(UVC)-ดร-ผกากรอง-ม. pdf.aspx?lang=th-TH)

ตารางที่ 1 ปริมาณ UV Dose ที่มีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อไวรัสชนิดต่างๆด้วยรังสียูวีซี ที่มีความยาวคลื่น 253.7 nm [9]

ชนิดของเชื้อไวรัส	ปริมาณ UV dose ($\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$) ประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อไวรัส	
	90%	100%
Bacteriophage – E. coli	2,600	6,600
Infectious Hepatitis	5,800	8,000
Influenza	3,400	6,600
Polio virus	3,150	6,600

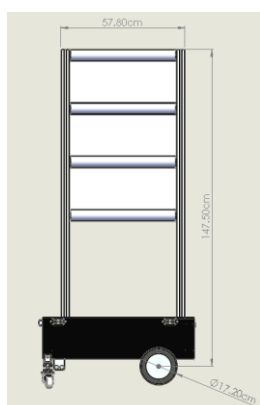


(a)

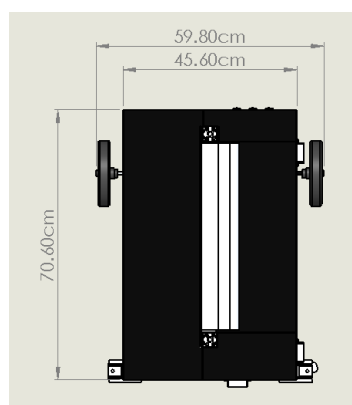


(b)

ภาพที่ 1 ภาพออกแบบหุ่นยนต์ต้นแบบ (a) ภาพการจำลองการทำงานของหุ่นยนต์ (b)

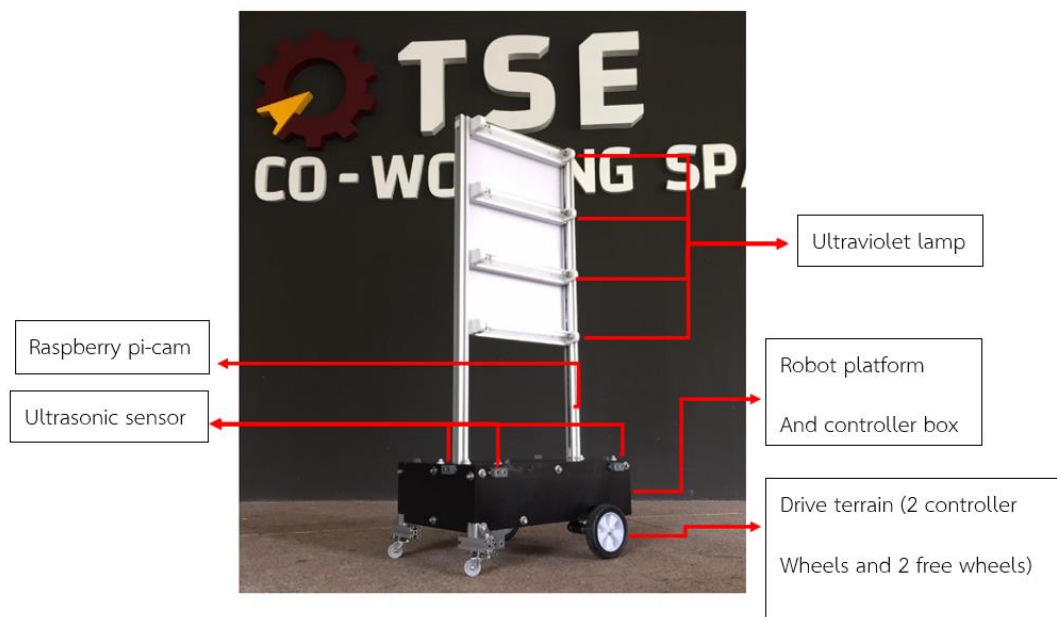


(a)

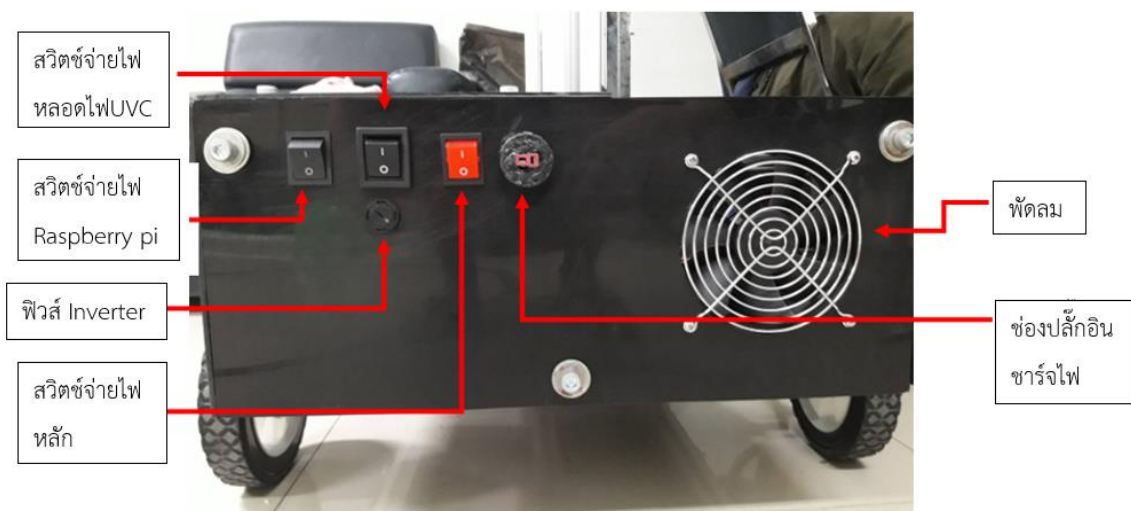


(b)

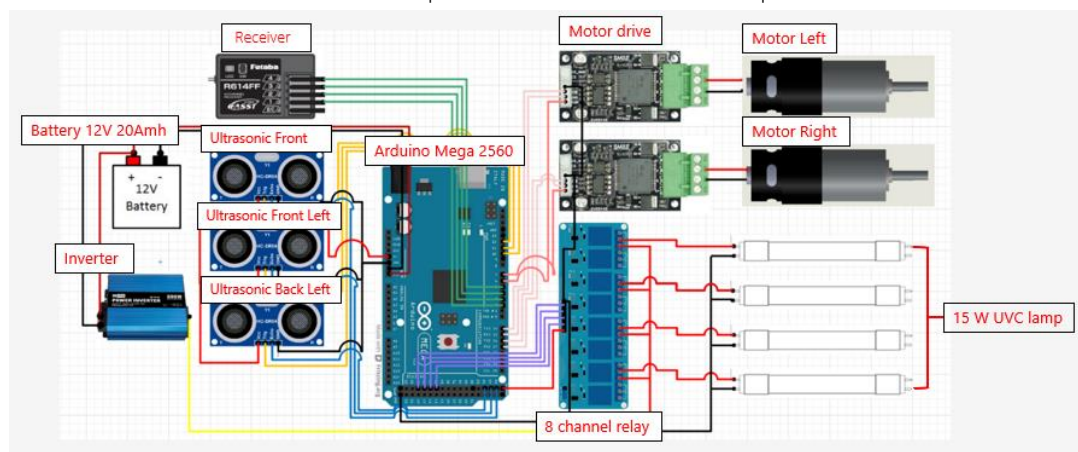
ภาพที่ 2 ขนาดโครงสร้างของหุ่นยนต์ side-view (a) และ top-view (b)



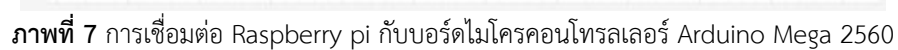
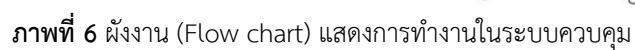
ภาพที่ 3 ส่วนประกอบต่างๆของหุ่นยนต์ฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซี

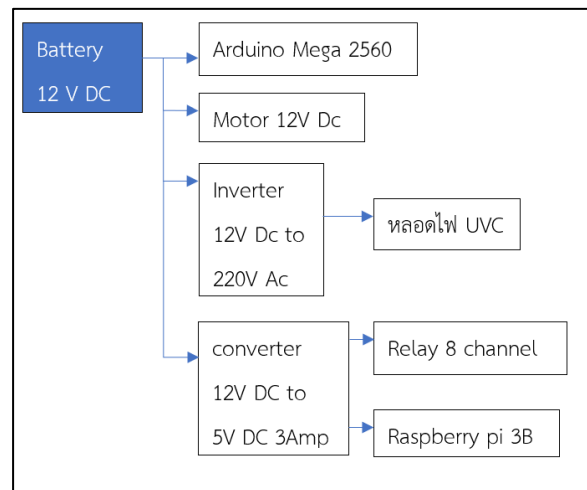


ภาพที่ 4 ส่วนด้านหลังของหุ่นยนต์ แสดงให้เห็นถึง สวิตช์ควบคุมไฟและช่องชาร์จ

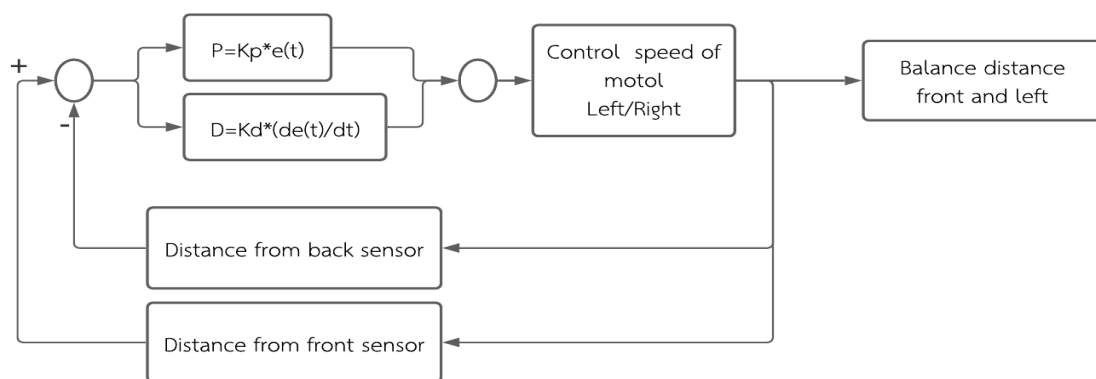


ภาพที่ 5 แสดงการต่อวงจรไฟฟ้าเข้ากับบอร์ด Arduino Mega 2560 อย่างง่าย

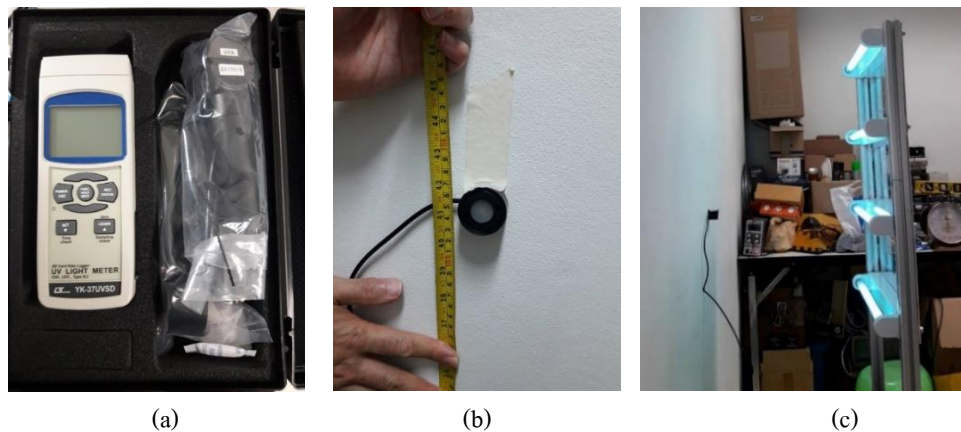




ภาพที่ 8 แสดงการจ่ายไฟในระบบ



ภาพที่ 9 ไดอะแกรมระบบการควบคุม Wall keeping

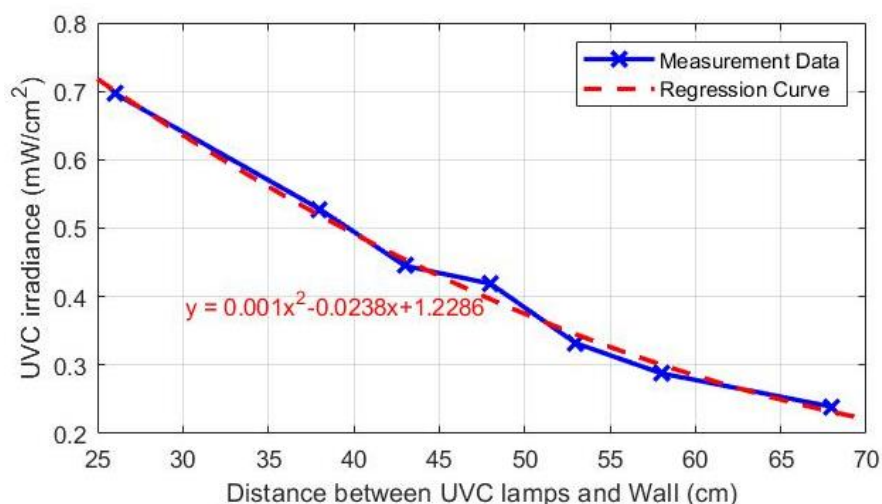


(a)

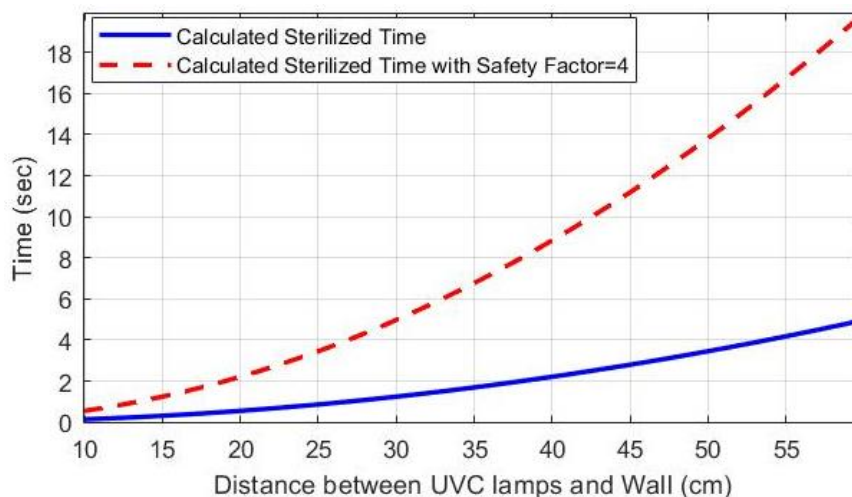
(b)

(c)

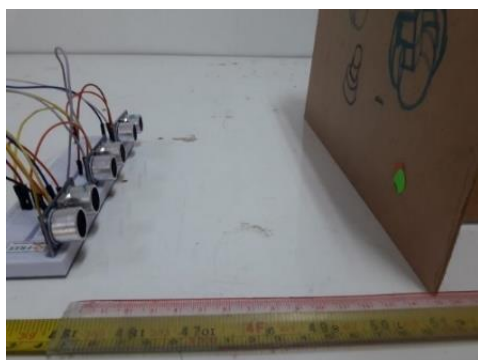
ภาพที่ 10 เครื่องวัดความเข้มของแสง UVC ยี่ห้อ Lutron (YK-37UVSD) (a) หัว sensor วัดความเข้มรังสี UVC (b) และการทดสอบวัดความเข้มของรังสียูวีซี (UVC) (c)



ภาพที่ 11 ค่าความเข้มรังสี UVC (UVC irradiance) ที่วัดได้จากเครื่องวัดรังสียูวีซี (UVC) ในระยะห่างจากผนัง (Distance between UVC lamps and Wall) ในช่วง 26-68 เซนติเมตร



ภาพที่ 12 ระหว่างระยะห่างจากผนังกับหลอดยูวีซี (Distance between UVC lamps and Wall) และ เวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (Sterilized Time) เมื่อใช้หลอดไฟยูวีซี (UVC) และเพิ่มค่าแฟคเตอร์ = 4 ในการฆ่าเชื้อ



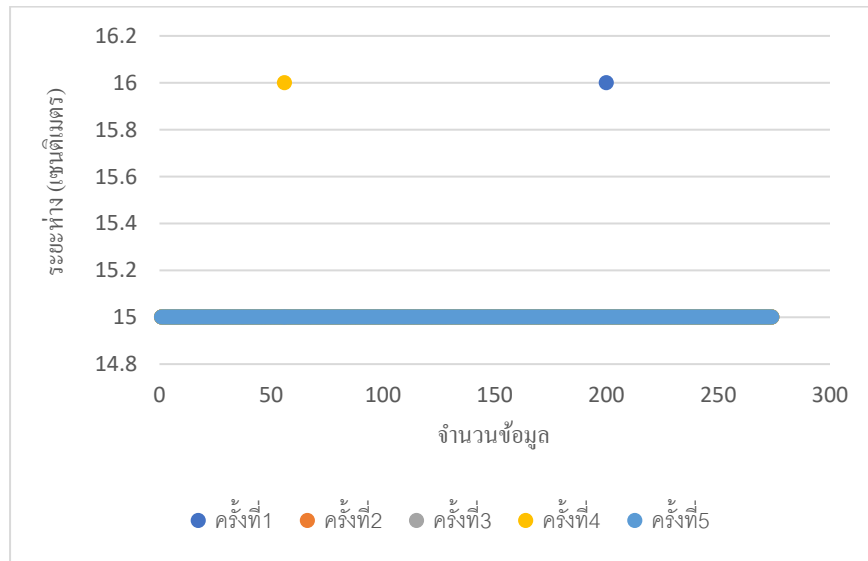
(a)



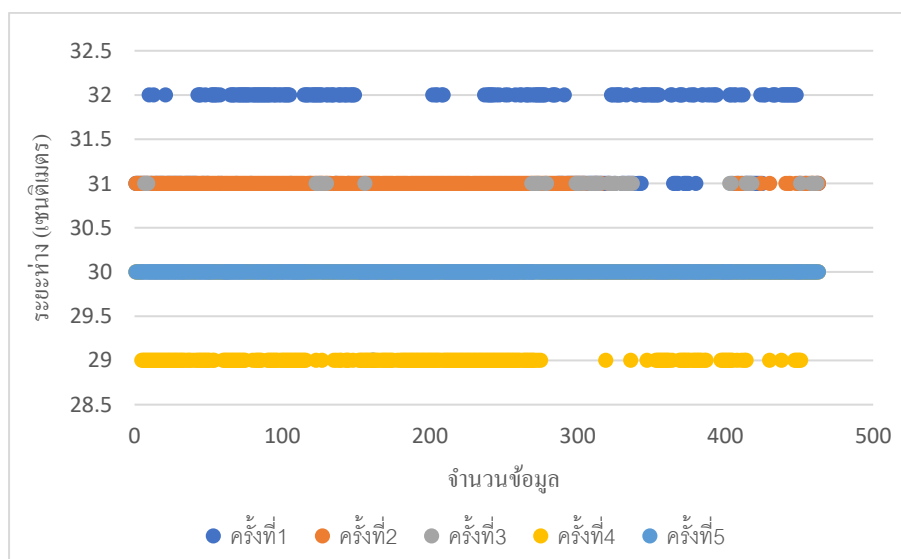
(b)

ภาพที่ 13 ทดสอบความแม่นยำในการวัดระยะทางด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิกในระยะ 15 เซนติเมตร (a) และ 100

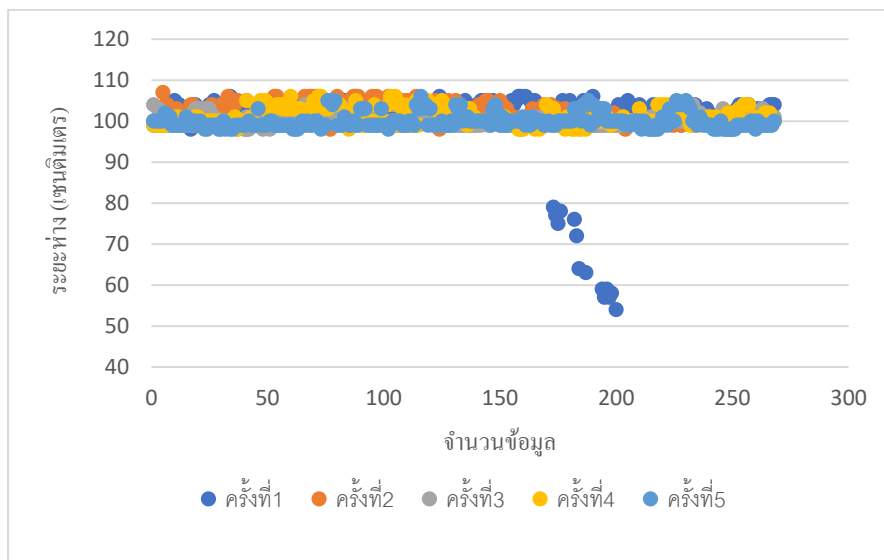
เซนติเมตร (b)



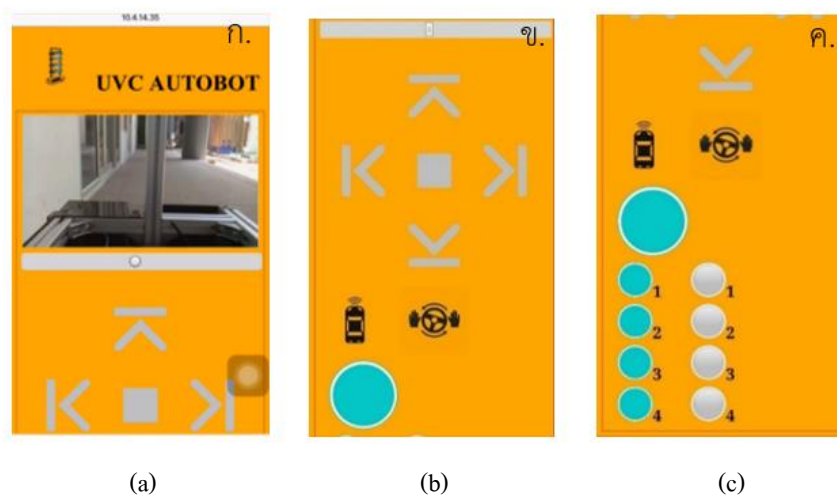
ภาพที่ 14 ผลการทดลองการวัดระยะห่างจากเซนเซอร์อัลตราโซนิกถึงวัตถุที่ 15 เซนติเมตร



ภาพที่ 15 ผลการทดลองการวัดระยะห่างจากเซนเซอร์อัลตราโซนิกถึงวัตถุที่ 30 เซนติเมตร



ภาพที่ 16 ผลการทดลองการวัดระยะห่างจากเซนเซอร์อัลตราโซนิกถึงวัตถุที่ 100 เซนติเมตร



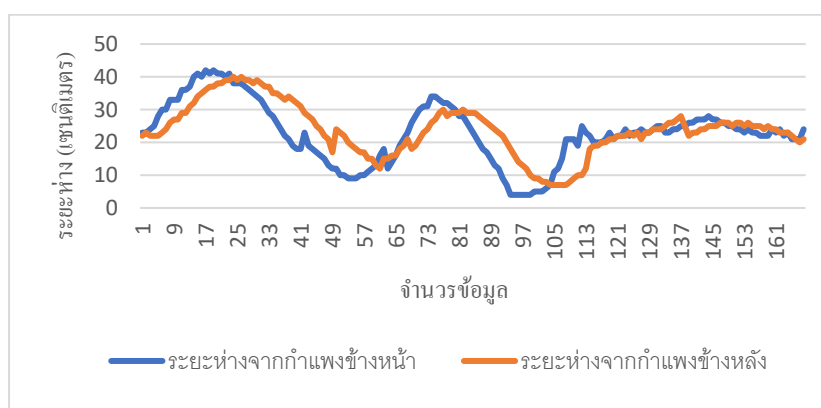
ภาพที่ 17 หน้าจอ Web server (a) ส่วนการส่งภาพ live stream (b) ส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และ (c) ส่วนการเปลี่ยนโหมดและเปิด/ปิดหลอดไฟ



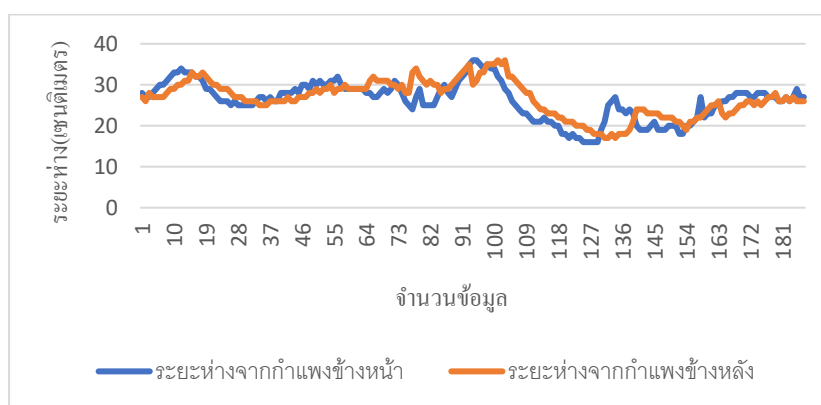
ภาพที่ 18 ตำแหน่งที่ติดตั้งกล้อง Raspberry Pi cam



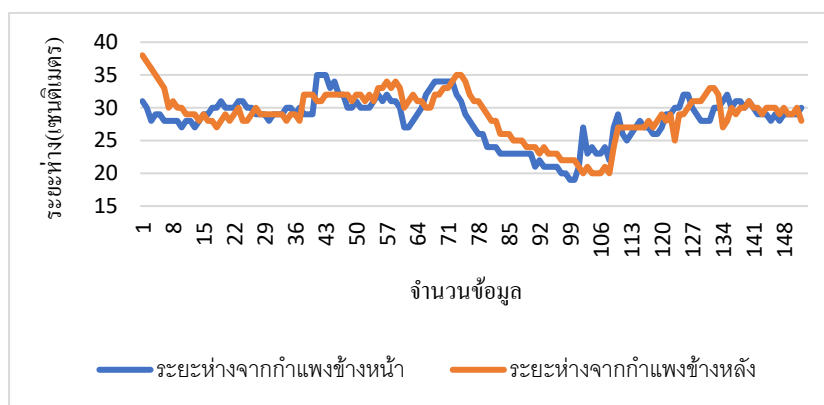
ภาพที่ 19 การทดลองการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติขนานกับผนัง/กำแพงในช่วง 20-40 เซนติเมตร



ภาพที่ 20 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ ครั้งที่ 1 เมื่อหุ่นยนต์หันเข้าหากำแพงตอนเริ่มต้น โดยพิจารณาจากระยะจากเซนเซอร์อัลตราโซนิก 2 ตัว ที่อยู่ฝั่งด้านซ้ายของตัวหุ่นยนต์ แสดงด้วยเส้นสีฟ้าและสีส้ม



ภาพที่ 21 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ ครั้งที่ 2 เมื่อหุ่นยนต์ขนานกับกำแพงตอนเริ่มต้น โดยพิจารณาจากระยะจากเซนเซอร์อัลตราโซนิก 2 ตัว ที่อยู่ฝั่งด้านซ้ายของตัวหุ่นยนต์ แสดงด้วยเส้นสีฟ้าและสีส้ม



ภาพที่ 22 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ ครั้งที่ 3 เมื่อหุ่นยนต์หันออกจากกำแพงตอนเริ่มต้น โดยพิจารณาจากระยะจากเซนเซอร์อัลตราโซนิก 2 ตัว ที่อยู่ฝั่งด้านซ้ายของตัวหุ่นยนต์ แสดงด้วยเส้นสีฟ้าและสีส้ม



ภาพที่ 23 การทดสอบการใช้งานระบบ Wall keeping ร่วมกับการเปิดหลอดรังสียูวีซี (UVC) เพื่อทำการฆ่าเชื้อไวรัสที่อาจอยู่บนผนังหรือประตูห้องต่างๆ