



ระบบควบคุมรังสียูวีทำงานตามการตั้งเวลาและเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวสำหรับ
การฆ่าเชื้อโรค



ชัชพงศ์ กอบกำ

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

ระบบควบคุมรังสียูวีทำงานตามการตั้งเวลาและเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวสำหรับการฆ่าเชื้อโรค



วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏ

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "ระบบควบคุมรังสียูวีทำงานตามการตั้งเวลาและเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว
สำหรับการฆ่าเชื้อโรค"

ของ ชัชพงศ์ กอบก้า

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(ดร.รัชชู กัดมัน)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คเชนทร์ แดงอุดม)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุดาร์ตน์ชาติสุทธิ)

อนุมัติ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.กรรองกาญจน์ ชูทิพย์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	ระบบควบคุมรังสียูวีทำงานตามการตั้งเวลาและเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวสำหรับการฆ่าเชื้อโรค
ผู้วิจัย	ชัชพงศ์ กอบก้า
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คเชนทร์ แดงอุดม
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ วท.ม. ฟิสิกส์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2565
คำสำคัญ	รังสียูวี, การฆ่าเชื้อโรค, ไมโครคอนโทรลเลอร์, เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

บทคัดย่อ

จากการระบาดของไวรัสโคโรนา (COVID-19) ผู้คนต่างตื่นตัวในการป้องกันตัวจากเชื้อโรค จึงเกิดกระแสของการใช้ชีวิตปกติในรูปแบบใหม่ (New normal) ซึ่งเน้นไปที่การรักษาความสะอาด การฆ่าเชื้อโรค เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรค งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างโปรแกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับระบบฆ่าเชื้อด้วยรังสี UVC โดยใช้บอร์ด Arduino เป็นแพลตฟอร์ม อิเล็กทรอนิกส์แบบ open source ที่ทำงานร่วมกับเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (PIR) และโมดูล ควบคุมตัวจับเวลา (RTC) วัดคุณสมบัติทางแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC 8 วัดได้ แหล่งกำเนิด UVC สี ยี่ห้อที่ตรวจสอบมีความยาวคลื่นตั้งแต่ 251 ถึง 577 nm ที่ความยาวคลื่น UVC 251 nm มีคุณสมบัติ ฆ่าเชื้อโรคได้ แต่ยังสามารถทำลายเนื้อเยื่อและเป็นอันตรายต่อมนุษย์ ผลการทดลองพบว่า ความเข้มของรังสี UVC ลดลงตามระยะห่างจากแหล่งกำเนิดตามฟังก์ชันแบบ exponential ระบบควบคุมที่ติดตั้ง ภายในอาคารเพื่อฆ่าเชื้อโรคในช่วงเวลาที่ไม่มีคนหรือสัตว์เลี้ยง สามารถควบคุมการทำงานของ แหล่งกำเนิดรังสี UVC ด้วยกำลังสูงสุด 2 kW เวลาในการทำงานสามารถปรับได้ โดยการตั้งค่าที่กล่อง ควบคุม เพิ่มความปลอดภัยต่อการใช้งานอีกชั้น ระบบสามารถปิดการทำงานได้หากเซนเซอร์ตรวจจับ การเคลื่อนไหวตรวจพบการเคลื่อนไหว บันทึกระยะเวลาการตรวจจับการเคลื่อนไหวที่มุม -90 ถึง 90 องศา พบว่าระยะเวลาการตรวจจับไกลสุด 11 เมตร ที่มุม 0 องศา โดยมีระยะเวลาตรวจจับมากกว่า 3 เมตร ที่ -45 ถึง 45 องศา ซึ่งเหมาะสำหรับการติดตั้งเหนือประตู ระบบฆ่าเชื้อด้วยรังสี UVC ที่ทำงาน ร่วมกับตัวจับเวลาและเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวนี้สามารถติดตั้งได้อย่างปลอดภัยเพื่อให้ห้อง ปลอดภัย เชื้อโรค สำหรับโอโซนที่เกิดจากแหล่งกำเนิด UVC ความเข้มของโอโซน ในระบบทดลองที่วัดได้นั้นมีค่าสูงสุดที่ 4.069 ppm หลังจากที่แหล่งกำเนิดถูกปิด โอโซนในกล่อง ทดลองใช้เวลาประมาณ 11 ชั่วโมง ในการย่อยสลายกลับเป็นออกซิเจน ซึ่งการสลายตัวของโอโซน เป็นไปตามฟังก์ชันแบบ exponential



Title	UV CONTROL SYSTEM WORKING WITH TIMER AND MOTION SENSORS FOR DISINFECTION.
Author	Chatpong Kobkam
Advisor	Assistant Professor Kachain Dangudom, Ph.D.
Academic Paper	M.S. Thesis in Physics, Naresuan University, 2022
Keywords	UV rays, disinfection, microcontroller, motion sensor

ABSTRACT

As a result of coronavirus (COVID-19) epidemic, people have become actively involved in bodily sanitation. The “New Normal” lifestyle now focuses on cleanliness and disinfection to prevent the spread of germs. This research designed and programmed a microcontroller for a UVC disinfection system using an Arduino board as an open-source electronics platform operated by a motion sensor (PIR) and timer control module (RTC). The optical properties of an 8 Watt (W) UVC source were measured. The four UVC sources investigated had wavelengths ranging from 251 to 577 nm. A UVC wavelength of 251 nm eradicates germs, but also destroys tissues and is harmful to humans. Experimental result showed that UVC intensity decreased with distance from the source according to the exponential decay function. A control system, installed inside a building to kill germs when there are no humans or pets, can control UVC light source operation with a maximum power of 2kW. Operational time can be adjusted by setting on the control case, while as an additional level of safety, the system can be turned off if a motion sensor detects movement. Movement detection distance at an angle of -90 to 90 degrees was recorded. Result gave 11 m detection distance at an angle of 0 degrees, with more than 3 m detection distance at -45 to 45 degrees, as suitable for installation above a door. This timer and motion sensor-operated UV germicidal ray system can be safely deployed to keep rooms germs free. For the ozone generated by the UVC source, the ozone intensity in the measured experimental system peaked at 4.069 ppm after the source was switched

off. The ozone inside the experiment box took about 11 hours to decompose back to oxygen. In which the decomposition of ozone follows an exponential function.



ประกาศขอบคุณการ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คเชนทร์ แดงอุดม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการอันประกอบไปด้วย ดร.รัชฌู กัดมันัน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และรองศาสตราจารย์ ดร.สุดารัตน์ชาติสุทธิ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้ความรู้และคำปรึกษา ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่อำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

ขอขอบคุณครอบครัว บุคคลรอบข้างรวมถึงเพื่อนสนิทที่คอยสนับสนุน ให้คำปรึกษาและให้กำลังใจในการศึกษาจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

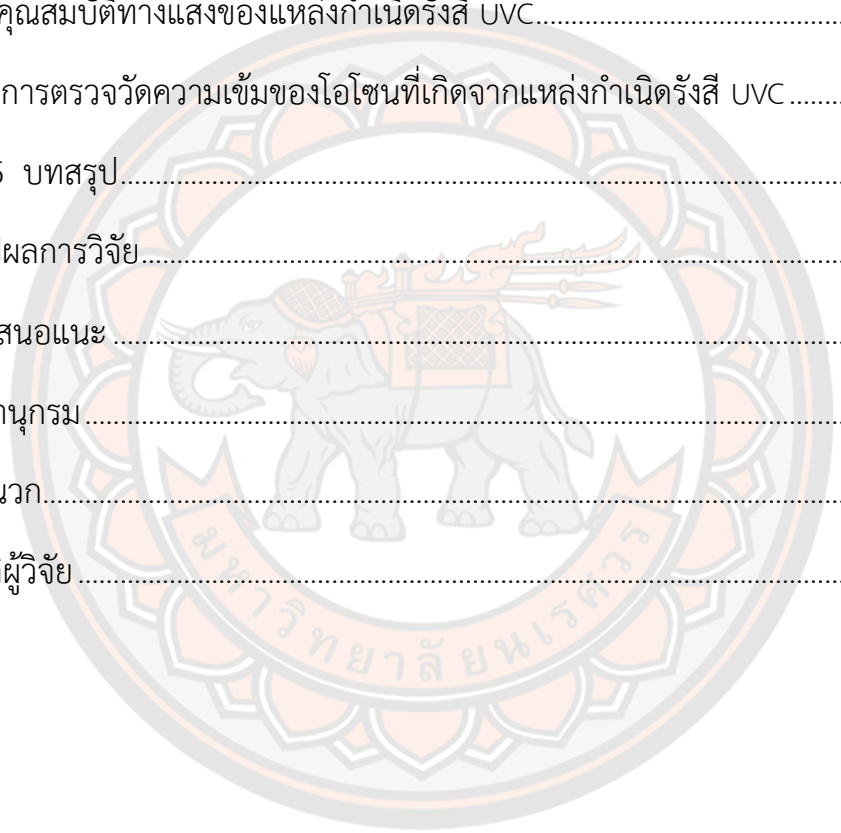
ท้ายที่สุดนี้ หากมีสิ่งใดขาดตกบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยเป็นอย่างสูงและหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ไม่มากนักน้อยต่อผู้ที่มาศึกษาค้นคว้างานจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ชัชพงศ์ กอบกำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
ประกาศคุุณูปการ	ช
สารบัญ	ซ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 จุดประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 สมมติฐาน.....	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	3
2.2 การสร้างไอโซน.....	5
2.3 บอร์ด Arduino.....	6
2.4 ระบบควบคุมการตั้งเวลา.....	7
2.5 เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Sensor).....	10
2.6 ทบทวนวรรณกรรม.....	13
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	15

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	15
3.2 การจัดตั้งการทดลอง.....	20
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	25
4.1 ระบบความคุมรังสี UV	25
4.2 ระยะเวลาตรวจจับของ motion sensors.....	32
4.3 คุณสมบัติทางแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC.....	39
4.4 การตรวจวัดความเข้มของไอโซนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดรังสี UVC.....	41
บทที่ 5 บทสรุป.....	47
สรุปผลการวิจัย.....	47
ข้อเสนอแนะ	48
บรรณานุกรม.....	49
ภาคผนวก.....	53
ประวัติผู้วิจัย.....	62



สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงระยะการทำงานของ motion sensors ตัวที่ 1 โดยปรับ sensitivity ระดับต่ำ	32
ตาราง 2 แสดงระยะการทำงานของ motion sensors ตัวที่ 1 โดยปรับ sensitivity ระดับกลาง.....	33
ตาราง 3 แสดงระยะการทำงานของ motion sensors ตัวที่ 1 โดยปรับ sensitivity ระดับสูง	34
ตาราง 4 แสดงระยะการทำงานของ motion sensors ตัวที่ 2 โดยปรับ sensitivity ระดับต่ำ	36
ตาราง 5 แสดงระยะการทำงานของ motion sensors ตัวที่ 2 โดยปรับ sensitivity ระดับกลาง.....	37
ตาราง 6 แสดงระยะการทำงานของ motion sensors ตัวที่ 2 โดยปรับ sensitivity ระดับสูง	38
ตาราง 7 แสดงความเข้มของโอโซนที่ตรวจวัดได้ในตู้ทดลองปิดสนิท	42

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 คุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	3
ภาพ 2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประเภทต่างๆ	4
ภาพ 3 คุณสมบัติช่วงสเปกตรัมย่อยรังสียูวี	4
ภาพ 4 ไอโซนที่ถูกสร้างขึ้นและถูกทำลายโดยรังสีอัลตราไวโอเล็ต	6
ภาพ 5 บอร์ด Arduino ต่อกับ LED	7
ภาพ 6 บอร์ด Arduino ต่อกับ XBee Shield	7
ภาพ 7 ตัวตั้งเวลาทั่วไป	8
ภาพ 8 ตัวตั้งเวลาแบบคู่	9
ภาพ 9 ตัวตั้งเวลาแบบดิจิทัล	9
ภาพ 10 โมดูลนาฬิกาแบบเวลาจริง (Real Time Clock, DS3231)	10
ภาพ 11 ไดอะแกรมการทำงานของตัวตรวจจับการแผ่รังสีอินฟราเรดซึ่งใช้ตรวจจับการเคลื่อนไหว	10
ภาพ 12 แสดงการทำงานของโมดูล PIR เมื่อนำมาใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว	11
ภาพ 13 โครงสร้างและหน้าตาของเลนส์ไฟรเนลที่นำมาใช้ในโมดูล PIR	12
ภาพ 14 ตัวอย่างตะเกียงที่ใช้เลนส์ไฟรเนลในการเพิ่มอัตราการส่องสว่าง	12
ภาพ 15 หลอด UVC ยี่ห้อ Lamptan	15
ภาพ 16 หลอด UVC ยี่ห้อ Osram	15
ภาพ 17 หลอด UVC ยี่ห้อ Philips	16
ภาพ 18 หลอด UVC ยี่ห้อ Tokiva	16

ภาพ 19 CCD Spectrometer	16
ภาพ 20 Arduino board	17
ภาพ 21 Motion sensors (PIR).....	17
ภาพ 22 โมดูลนาฬิกาแบบเวลาจริง (DS3231).....	17
ภาพ 23 Relay.....	18
ภาพ 24 LCD display	18
ภาพ 25 สวิตช์ปุ่มกด.....	19
ภาพ 26 Ozone meter	19
ภาพ 27 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทดสอบการทำงานของระบบ	20
ภาพ 28 สถานะการทำงานของอุปกรณ์ที่แสดงบน serial monitor	21
ภาพ 29 Flowchart แสดงการทำงานของระบบที่สร้างขึ้น	21
ภาพ 30 ตรวจสอบวัฏระยะและมุมการตรวจจับของเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว	22
ภาพ 31 การตรวจวัดสเปกตรัมแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC.....	23
ภาพ 32 การตรวจวัดความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC ที่ระยะที่แตกต่างกัน	24
ภาพ 33 การตรวจวัดปริมาณโอโซนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดรังสี UVC ภายในตู้ปิดสนิท	24
ภาพ 34 ภายในกล่องควบคุมที่ติดตั้งอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์	25
ภาพ 35 แสดงการเปิดระบบควบคุมการทำงาน (ก) ปิด (ข) เปิด	26
ภาพ 36 การหมุนสวิตช์ตั้งเวลาเปิดแหล่งกำเนิดรังสี UVC	26
ภาพ 37 ปุ่มกดสำหรับเลือกเวลาการทำงานของแหล่งกำเนิดรังสี UVC	27
ภาพ 38 การหมุนสวิตช์ตั้งเวลาปิดแหล่งกำเนิดรังสี UVC.....	27
ภาพ 39 การแสดงผลต่างๆบนหน้าจอแสดงผล	28
ภาพ 40 เคอร์เซอร์ (>) อยู่ที่ตำแหน่ง ON บนหน้าจอแสดงผล	28

ภาพ 41 เคอร์เซอร์ (>) อยู่ที่ตำแหน่ง OFF บนหน้าจอแสดงผล.....	29
ภาพ 42 สถานะ UVC Lamp : ON บนหน้าจอแสดงผล.....	29
ภาพ 43 สถานะ UVC Lamp : OFF บนหน้าจอแสดงผล.....	30
ภาพ 44 ไฟแสดงสถานะการทำงานสีเขียวบนกล่องควบคุม.....	30
ภาพ 45 หน้าต่าง serial monitor ในโปรแกรม Arduino IDE แสดงการตรวจจับการเคลื่อนไหว.....	31
ภาพ 46 มุมและระยะสำหรับเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวตัวที่ 1	35
ภาพ 47 มุมและระยะสำหรับเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวตัวที่ 2.....	39
ภาพ 48 ผลการตรวจวัดสเปกตรัมของแสงจากแหล่งกำเนิดรังสียูวีซี.....	40
ภาพ 49 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ UVC และระยะ.....	40
ภาพ 50 กราฟแสดงความเข้มของโอโซนเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้ในตู้ปิดสนิท	45
ภาพ 51 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของโอโซนหลังปิดแหล่งกำเนิดและเวลา	45

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เทคโนโลยีระบบควบคุมได้มีการพัฒนาอย่างมากโดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งสามารถเขียนคำสั่งเพื่อควบคุมรูปแบบการทำงานได้ จึงนิยมใช้ในภาคอุตสาหกรรมและชีวิตประจำวัน บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานร่วมกับเซนเซอร์ เช่น เซนเซอร์ตรวจจับ การเคลื่อนไหวด้วยความร้อนหรืออินฟราเรด ซึ่งสามารถใช้ในระบบควบคุมเพื่อเปิดหรือปิด หลอด UVC ในปัจจุบันได้ประสบปัญหาเรื่องเชื้อโรคและการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา ประชาชน จึงตระหนักถึงความจำเป็นในการป้องกันตัวเองจากเชื้อโรค จึงมีแนวโน้มในการใช้ชีวิตแบบวิถีชีวิตใหม่ (new normal) ที่เน้นเรื่องความสะอาด การฆ่าเชื้อ รวมถึงการป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรค สามารถทำได้หลายวิธี วิธีการหนึ่งที่ใช้ในการฆ่าเชื้อคือการฉายรังสีด้วยหลอด UVC เนื่องจากรังสี UV โดยเฉพาะในช่วง UVC มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค รวมถึงเนื้อเยื่อและเยื่อเซลล์ในสิ่งมีชีวิต จึงเป็นอันตรายต่อมนุษย์ ดังนั้น จึงต้องระมัดระวังในการใช้งานเพื่อความปลอดภัย

รังสียูวียังแบ่งย่อยออกได้ตามช่วงความยาวคลื่นได้แก่ รังสี UVA (315-400 nm) UVB (280-315 nm) UVC (100-280 nm) ซึ่งมีผลกระทบต่อเนื้อเยื่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิต DNA RNA และมีคุณสมบัติในการฆ่าหรือยับยั้งการจำลองตัวของเชื้อโรคแตกต่างกันออกไป โดยช่วงความยาวคลื่น 200-310 nm อยู่ในช่วง UVC และ UVB เป็นช่วงรังสีที่ทำปฏิกิริยากับเชื้อโรคได้ดี เป็นช่วงที่ DNA หรือ RNA ดูดกลืนรังสี จึงเป็นช่วงความยาวคลื่นของรังสียูวีที่สามารถฆ่าหรือยับยั้งการแพร่กระจายของเชื้อโรคได้ ซึ่งรังสียูวีในช่วงความยาวคลื่นต่ำกว่า 242 nm สามารถผลิตแก๊สพิษ โอโซนได้ แต่เนื่องด้วยรังสียูวียังมีผลกระทบต่อเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต เป็นอันตรายต่อดวงตา ดังนั้น การเลือกแหล่งกำเนิดรังสียูวีมาใช้ฆ่าเชื้อโรคต้องคำนึงถึงช่วงความยาวคลื่น ความเข้มและการใช้งานที่ปลอดภัย ตามหนังสือคู่มือของ Kowalski W (1)

ขณะนี้เชื้อไวรัสที่กำลังระบาดอยู่คือเชื้อไวรัส corona (COVID-19) ซึ่งอยู่ในกลุ่มไวรัสที่เคยระบาดมาแล้วในอดีตก็คือ SARS coronavirus ซึ่งได้มีงานวิจัยของ Dong X และคณะ ศึกษาความเสถียรของโรคซาร์สโคโรนาไวรัสในตัวอย่างมนุษย์และสภาพแวดล้อมและความไวต่อการทำความร้อนและการฉายรังสียูวี พบว่าการฉายรังสียูวีนาน 60 นาทีสามารถทำลายเชื้อไวรัสได้ (2) ซึ่งโมเดลกลไกในการยับยั้งเชื้อไวรัสทั้ง DNA และ RNA ได้ถูกอธิบายในงานวิจัยของ Kowalski W และคณะ กล่าวว่ารังสียูวีจะถูกดูดกลืนด้วย DNA หรือ RNA ของจุลินทรีย์หรือไวรัส กระตุ้นให้เกิดพันธะโควาเลนต์ระหว่างหมู่เบสไทมีน

หรือยูราซิลของนิวคลีโอไทด์ที่อยู่ใกล้กันเกิดเป็น pyrimidine dimer ทำให้สายโซ่ของ DNA หรือ RNA เกิดความผิดปกติบิดเบี้ยวไปจากเดิม แร่งพันธะไฮโดรเจนระหว่าง T (Thymine) หรือ U (Uracil) กับ A (Adenine) อ่อนลงเกิดการขาดของพันธะ ทำให้เชื้อจุลินทรีย์หรือไวรัสไม่สามารถจำลองตนเองได้ (3)

ในงานวิจัยนี้ได้สนใจที่จะศึกษาและสร้างระบบฆ่าเชื้อโรคจากรังสียูวี สำหรับฆ่าเชื้อในบริเวณที่เสี่ยงต่อการแพร่กระจายของเชื้อโรค ในช่วงเวลาที่ไม่มีคนหรือสัตว์เลี้ยง เพื่อใช้งานฆ่าเชื้อโรคอย่างสม่ำเสมอภายในบ้านเรือน อีกทั้งเหมาะกับการนำไปใช้งานในอาคารที่มีช่วงเวลาที่ใช้งานของคนจำนวนมากเป็นประจำอย่างเช่น ห้องเรียน อาคารเรียน ห้องสำนักงานต่างๆ ที่มีช่วงเวลาที่ใช้งานในช่วงกลางวัน ช่วงเวลากลางคืนหรือช่วงที่ไม่มีมนุษย์อยู่สามารถตั้งเวลาการทำงานของแหล่งกำเนิดรังสียูวีในการฆ่าเชื้อโรคได้และสามารถใช้เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อป้องกันอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยง เนื่องจากรังสียูวีโดยเฉพาะช่วง UVC สามารถทำอันตรายต่อเนื้อเยื่อและเยื่อต่างๆในสิ่งมีชีวิตได้จึงเป็นอันตรายต่อมนุษย์ จึงต้องมีการใช้งานอย่างระมัดระวัง

1.2 จุดประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและสร้างระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสี UV ที่สามารถตั้งเวลาการทำงานและควบคุมความปลอดภัยด้วยเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว สำหรับฆ่าเชื้อโรคอย่างสม่ำเสมอภายในอาคารบ้านเรือนในช่วงเวลาที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยง ตรวจวัดคุณสมบัติทางแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC และตรวจวัดปริมาณโอโซนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดรังสี UVC

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาและสร้างระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสี UV โดยใช้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานที่สามารถทำงานร่วมกับโมดูลนาฬิกาและเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว ใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการสร้างโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ

1.4 สมมติฐาน

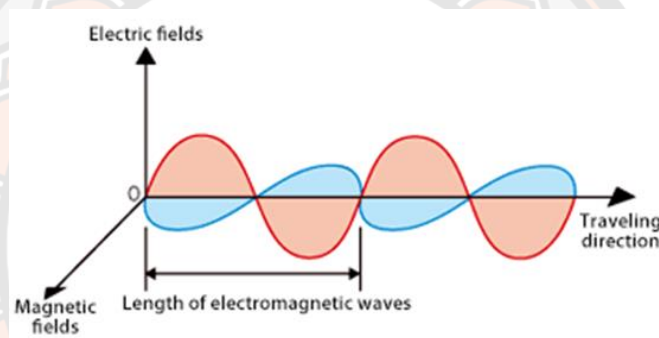
ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสี UV ที่ออกแบบขึ้นโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานร่วมกับโมดูลนาฬิกาและเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว สามารถควบคุมแหล่งกำเนิดรังสี UV สำหรับฆ่าเชื้อโรคให้ทำงานตามเวลาที่ระบบได้ตั้งไว้และระบบจะหยุดทำงานเมื่อครบกำหนดเวลาหรือเซนเซอร์ตรวจพบว่าการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตในบริเวณที่ระบบทำงาน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (4)

ธรรมชาติของ “แสง” แสดงความประพฤติเป็นทั้ง “คลื่น” และ “อนุภาค” เมื่อเรากล่าวถึงแสงในคุณสมบัติความเป็นคลื่น เราเรียกว่า “คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า” (Electromagnetic waves) ซึ่งประกอบด้วยสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าทำมุมตั้งฉาก ดังภาพ 1 แสงเคลื่อนที่ไปในอวกาศด้วยความเร็ว 3×10^8 m/s เมื่อเรากล่าวถึงแสงในคุณสมบัติของอนุภาค เราเรียกว่า “โฟตอน” (Photon) เป็นอนุภาคที่ไม่มีมวล

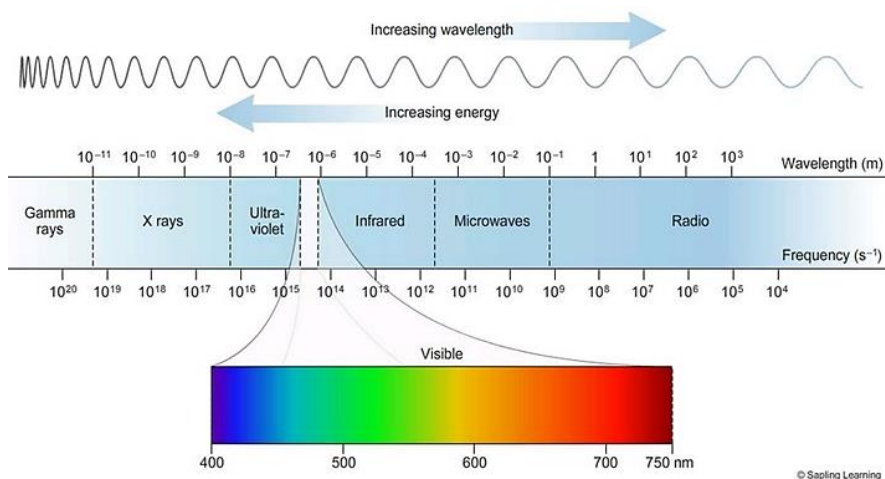


ภาพ 1 คุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

แสงที่ตามองเห็น (Visible light) เป็นส่วนหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในช่วงคลื่น 400 – 700 nm หากนำแท่งแก้วปริซึมมาหักเหแสงอาทิตย์ เราจะเห็นว่าแสงสีขาวถูกหักเหออกเป็นสีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง คล้ายกับสีของรุ้งกินน้ำ เรียกว่า “สเปกตรัม” (Spectrum) แสงแต่ละสีมีความยาวคลื่นแตกต่างกัน สีม่วงมีความยาวคลื่นน้อยที่สุด สีแดงมีความยาวคลื่นมากที่สุด นอกจากแสงที่ตามองเห็นแล้วยังมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดอื่นๆ ดังภาพ 2 ได้แก่

- รังสีแกมมา (Gamma ray) ความยาวคลื่นน้อยกว่า 0.01 nm
- รังสีเอ็กซ์ (X-ray) มีความยาวคลื่น 0.01 - 1 nm
- รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet radiation) มีความยาวคลื่น 1 - 400 nm
- แสงที่ตามองเห็น (Visible light) มีความยาวคลื่น 400 – 700 nm
- รังสีอินฟราเรด (Infrared radiation) มีความยาวคลื่น 700 nm – 1 mm
- คลื่นไมโครเวฟ (Microwave) มีความยาวคลื่น 1 mm – 10 cm

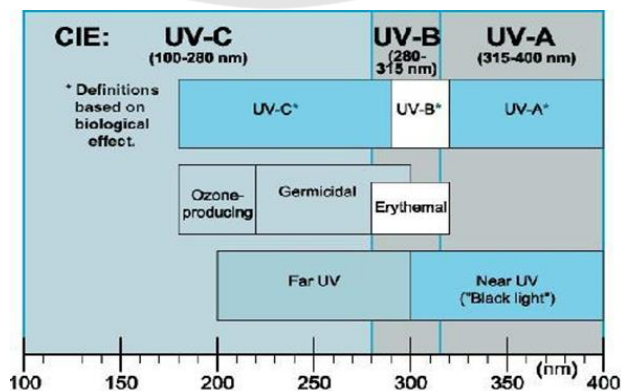
- คลื่นวิทยุ (Radio wave) ความยาวคลื่นมากกว่า 10 cm



ภาพ 2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประเภทต่างๆ

2.1.1 รังสีอัลตราไวโอเล็ต หรือ รังสียูวี (Ultraviolet) (5)

นอกจากแสงที่ตามนุษย์มองเห็น คลื่นที่มีความยาวคลื่นขนาดเล็กหรือใหญ่กว่านี้ ไม่อาจมองเห็นด้วยตาได้ แต่อาจรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส เช่น ถ้ารังสีอินฟราเรดทำให้เกิดความอบอุ่น รังสีอัลตราไวโอเล็ต (รังสียูวี) ทำให้ผิวหนังไหม้ ซึ่งรังสียูวียังแบ่งย่อยออกได้ตามช่วงความยาวคลื่น ได้แก่ รังสี UVA (315-400 nm) UVB (280-315 nm) UVC (100-280 nm) และมีผลกระทบต่อเนื้อเยื่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิต DNA RNA และสมบัติการฆ่าหรือยับยั้งการจำลองตัวของเชื้อโรคแตกต่างกันออกไป ดังภาพ 3



ภาพ 3 คุณสมบัติช่วงสเปกตรัมย่อยรังสียูวี

UVA เป็นแสงยูวีชนิดที่มีอันตรายน้อยที่สุดและพบได้บ่อยที่สุดเนื่องจากมีพลังงานน้อยที่สุด แสง UVA มักเรียกว่า “แบล็คไลต์” มีความสามารถในการทำให้วัสดุเรืองแสงเปล่งแสงในช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ ซึ่งทำให้ดูเหมือนจะเรืองแสงในที่มืด

โดยทั่วไปแล้ว UVB มีความเป็นอันตรายมากที่สุดของแสงยูวีเนื่องจากมีพลังงานเพียงพอที่จะทำลายเนื้อเยื่อผิวหนัง แต่ยังไม่เพียงพอที่จะถูกดูดกลืนโดยบรรยากาศได้ทั้งหมด UVB เป็นสาเหตุของมะเร็งผิวหนัง เนื่องจากแสง UVB จากนอกโลกส่วนใหญ่ถูกกั้นโดยชั้นบรรยากาศ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในชั้นโอโซนอาจเพิ่มความเสี่ยงของการเป็นมะเร็งผิวหนังได้

UVC มีความยาวคลื่นสั้นถูกดูดกลืนในชั้นบรรยากาศเกือบหมดภายในระยะไม่กี่ร้อยเมตร เมื่อโฟตอนของ UVC ชนกับอะตอมของออกซิเจนซึ่งในกระบวนการแลกเปลี่ยนพลังงานนั้น ทำให้เกิดการก่อตัวของโอโซนขึ้น (UVC ที่ทำให้เกิดการก่อตัวของโอโซนจะอยู่ในช่วงคลื่น 100 - 220 nm ดังภาพ 4) UVC ส่วนใหญ่ไม่ถูกพบในธรรมชาติเนื่องจากถูกดูดกลืนได้เร็วมาก หลอด UVC สำหรับฆ่าเชื้อโรคมักใช้ในการฟอกอากาศและน้ำ เนื่องจาก UVC มีความสามารถในการฆ่าเชื้อโรคไวรัส และแบคทีเรีย

ถึงแม้รังสีจะมีประโยชน์ในการนำมาใช้ในการฆ่าเชื้อโรคได้ แต่ก็ยังเป็นอันตรายต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิต และส่งผลแตกต่างกันออกไปในแต่ละช่วงความยาวคลื่นรวมถึงความสามารถในการผลิตแก๊สโอโซนซึ่งเป็นแก๊สพิษหรือเป็นมลพิษทางอากาศ ดังนั้นการนำต้นกำเนิดรังสียูวีมาใช้ในการฆ่าเชื้อโรค จำเป็นต้องมีความระมัดระวังที่จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายได้ ดังนั้น นอกจากต้องศึกษาในการเลือกแหล่งกำเนิดรังสียูวีที่เหมาะสมแล้วยังต้องคำนึงถึงพื้นที่การใช้งานและระบบควบคุมการทำงานเพื่อตั้งเวลาทำงานในช่วงที่ไม่มีมนุษย์และสัตว์เลี้ยง อีกทั้งเพื่อความปลอดภัยอีกระดับหนึ่งจึงต้องมีการติดตั้งระบบเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวควบคุมอีกครั้ง

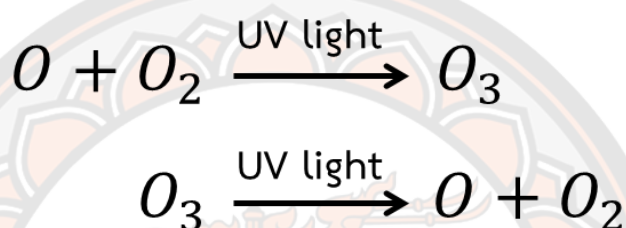
2.2 การสร้างโอโซน (6)

รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 175–210 nm สามารถเปลี่ยนออกซิเจนในบรรยากาศเป็นโอโซนได้ หลอดปรอทความดันปานกลางส่วนใหญ่มีสเปกตรัมที่ 185 nm ซึ่งผลิตโอโซนร่วมกับออกซิเจนจากอากาศแวดล้อม หลอดแรงดันต่ำมีสเปกตรัมใกล้เคียงกับ 185 nm ยังสามารถผลิตโอโซนที่ตรวจวัดได้บางส่วน ซึ่งหลอด UV แรงดันต่ำบางรุ่นจะปิดกั้นสเปกตรัม 185 nm เพื่อป้องกันการเกิดโอโซน

แม้ว่าโอโซนจะมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียและอาจส่งผลต่ออัตราการฆ่าเชื้อโดยรวมของระบบ UV แต่ก็เป็นการออกซิไดซ์ที่มีประสิทธิภาพและเป็นอันตรายต่อมนุษย์ในระดับที่สูงกว่าเกณฑ์ความปลอดภัยของ ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) (0.1 ppm สำหรับการสัมผัส 8 ชั่วโมง) นอกจากนี้ยังสามารถทำลายสารอินทรีย์บางชนิด

และพลาสติกบางชนิดที่อาจใช้ในระบอบระบายอากาศได้ โอโซนจะทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศ เพื่อผลิตอนุมูลไฮดรอกซิลและสารกัดกร่อนอื่นๆ

เนื่องจากโอโซนยังดูดซับรังสียูวีที่ 253.7 nm โอโซนจึงถูกสร้างขึ้นและถูกทำลายโดยรังสีอัลตราไวโอเล็ต ดังภาพ 4 และสเปกตรัม UV ของแหล่งกำเนิดแสงและสภาวะการทำงานจะเป็นตัวกำหนดอัตราการสร้างโอโซน ผู้ผลิตหลายรายรายงานอัตราการสร้างโอโซนของแหล่งกำเนิดแสง ตัวอย่างเช่น หลอดไฟรุ่น G48T6VH/U จะผลิตโอโซน 5.2 g/hr. ภายใต้สภาวะที่เอื้ออำนวย ในขณะที่หลอดไฟรุ่น G48T6L/U จะไม่ผลิตโอโซน (ตามข้อมูลจากผู้ผลิต)



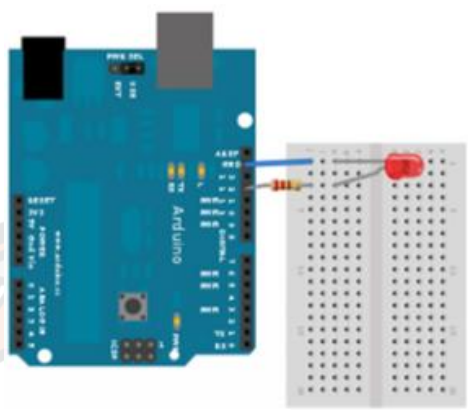
ภาพ 4 โอโซนที่ถูกสร้างขึ้นและถูกทำลายโดยรังสีอัลตราไวโอเล็ต

หลอด UV บางชนิดใช้เพื่อสร้างโอโซนโดยเฉพาะ และหลอดแก้วทำจากแร่ควอทซ์ผสมที่มีความบริสุทธิ์สูง อัตราการสร้างโอโซนสามารถเพิ่มได้โดยการเพิ่มออกซิเจนบริสุทธิ์เข้าไปในระบบ หลอดอื่นๆ ได้รับการออกแบบมาเพื่อลดการผลิตโอโซนและถูกกำหนดให้เป็นหลอดที่ไม่ผลิตโอโซน หลอดประเภทหลังมีหลอดที่ทำจากแก้วหรือผสมควอตซ์เพื่อป้องกันรังสีที่ต่ำกว่า 200 nm ในการใช้งานแบบเหนี่ยวนำ ระดับของโอโซนที่อาจผลิตโดยอาร์เรย์ของหลอด UV จะถูกลดลงอย่างมาก โดยปริมาตรของการไหลของอากาศจนถึงจุดที่อากาศที่ถูกปล่อยออกมาจะมีระดับโอโซนที่ไม่สามารถตรวจจับได้ กรณีนี้อาจไม่ใช่กรณีของระบบ Upper Room หรือระบบหมุนเวียนในพื้นที่ ซึ่งควรใช้เฉพาะหลอดที่ไม่ก่อให้เกิดโอโซนหรืออย่างน้อยก็ควรใช้หลอด UV แรงดันต่ำที่มีโอโซนน้อยที่สุด

2.3 บอร์ด Arduino (7)

Arduino อ่านว่า (อาดูอิโน้ หรือ อาดูยโน้) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

บอร์ด Arduino สามารถต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ โดยผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด ดังภาพ 5 หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ ดังภาพ 6



ภาพ 5 บอร์ด Arduino ต่อกับ LED



ภาพ 6 บอร์ด Arduino ต่อกับ XBee Shield

2.4 ระบบควบคุมการตั้งเวลา

2.4.1 ไทม์เมอร์ (timer) (8)

ไทม์เมอร์ คือ อุปกรณ์ทางไฟฟ้าเพื่อใช้ในการควบคุมเวลาการทำงานอุปกรณ์บางอย่างให้เป็นไปตามที่ผู้ใช้ต้องการ เช่น เราต้องการตั้งเวลาระบบไฟฟ้าในบ้านให้ทำงานตอน 18.00 น. เป็นต้น ซึ่งส่วนมากไทม์เมอร์จะถูกใช้ในงานอุตสาหกรรมในโรงงาน เป็นส่วนประกอบในเครื่องจักร ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมาก ในเครื่องจักรจะไม่มีแค่ไทม์เมอร์เพียงตัวเดียว บางเครื่องจักร

อาจมีไทม์เมอร์เป็นร้อยตัวเลยก็ได้ ไทม์เมอร์เป็นอุปกรณ์ตั้งเวลาและควบคุมการทำงานให้เอาท์พุททำงานตามเงื่อนไขและเวลาที่ตั้งไว้ ซึ่งมีหลายแบบหลายยี่ห้อและในแต่ละยี่ห้อจะมีคุณสมบัติและชื่อเรียกแตกต่างกันไป

ชนิดของไทม์เมอร์

1. General Timer หรือตัวตั้งเวลาทั่วไป ดังภาพ 7 ทำงานตรงไปตรงมา ทำงานเมื่อจ่ายไฟเข้าไป ไทม์เมอร์จะทำการจับเวลา จนเมื่อเวลาได้ผ่านไปจนถึงเวลาเป้าหมายจะส่งสัญญาณทำงานออกไป (คอนแทค NO อยู่ในสถานะเชื่อมวงจร close circuit และ คอนแทค NC อยู่ในสถานะตรงกันข้าม) จนกระทั่งแหล่งจ่ายไฟหายไป ไทม์เมอร์จะรีเซ็ตและตัดสัญญาณทำงานออก ไทม์เมอร์แต่ละรุ่นขึ้นอยู่กับย่านเวลาและค่าพิกัดของคอนแทครวมถึงลักษณะการใช้งาน



ภาพ 7 ตัวตั้งเวลาทั่วไป

2. Twin Timer หรือตัวตั้งเวลาแบบคู่ ดังภาพ 8 สามารถตั้งเวลาทั้งการทำงานและตั้งเวลาการพัก โดยไทม์เมอร์จะสลับเวลาทำงานและเวลาพักโดยอัตโนมัติ ตลอดเวลาขณะที่แหล่งจ่ายยังคงเลี้ยงระบบอยู่ Twin timer ยังจำแนกเป็น Flicker-on และ Flicker-off โดยให้การเริ่มต้นทำงานเป็นหลัก หากเราต้องการ Timer ที่เริ่มทำงาน (เริ่มจ่ายไฟ) ที่สถานะ “on” ต้องเลือกไทม์เมอร์แบบ flicker-on และหากต้องการแบบเริ่มจาก off ให้เลือก flicker-off



ภาพ 8 ตัวตั้งเวลาแบบคู่

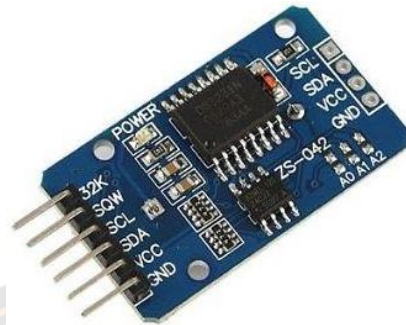
3. Timer แบบดิจิตอลหรือแบบแสดงผลด้วยตัวเลขและหน้าปัดที่แบบ LCD ดังภาพ 9 นับว่าเป็นไทม์เมอร์ที่ครอบคลุมการทำงานที่หลากหลาย เพราะทำงานได้ในหลายโหมด หลายแบบ และยังสามารถต่อสายสัญญาณเกท หรือรีเซทเพื่อกำหนดการทำงานได้ ถือว่าเป็นไทม์เมอร์ที่ครอบคลุมการทำงานทั้งแบบ twin แบบ flip-flop และย่านการทำงานกว้างมาก



ภาพ 9 ตัวตั้งเวลาแบบดิจิตอล

4. โมดูลนาฬิกาแบบเวลาจริง RTC (Real Time Clock) (9) เป็นอุปกรณ์ที่ให้ค่าเวลาตามจริง ทำงานโดยการจับสัญญาณนาฬิกาที่ได้มาจาก Crystal มีถ่านสำรองมาให้เพื่อให้สามารถบันทึกเวลาได้ถึงแม้ว่าจะไม่มีไฟเลี้ยงมาที่ตัวบอร์ดทำให้ไม่ต้องตั้งเวลาใหม่ทุกครั้ง โมดูล RTC นี้จำเป็นอย่างยิ่งกับการใช้งานที่ต้องมีการบันทึกเวลา (Time Stamp) หรือมีการทำงานที่เกี่ยวข้องกับเวลาจริง เช่น การตั้งเวลาเปิดปิด Relay Module เป็นต้น DS3231 ดังภาพ 10 เป็น RTC Module ที่มีข้อดีคือ มีการชดเชยการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณนาฬิกา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแวดล้อมด้วย หรือกล่าวคือเมื่อเวลาที่อุณหภูมิเปลี่ยน สัญญาณนาฬิกาจาก Crystal

ก็เปลี่ยน ทำให้เวลาถี่ขึ้นไปด้วย แต่โมดูลนี้ได้ทำการวัดค่าอุณหภูมิพร้อมทั้งชดเชยความเปลี่ยนแปลงนี้แล้ว ทำให้เวลาที่ไ้มีความแม่นยำสูง อีกทั้งยังใช้การเชื่อมต่อแบบบัส I2C ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน

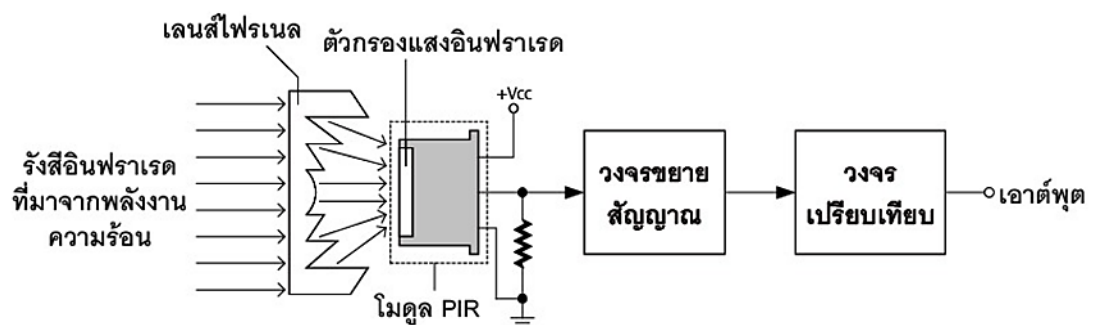


ภาพ 10 โมดูลนาฬิกาแบบเวลาจริง (Real Time Clock, DS3231)

2.5 เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Sensor) (10)

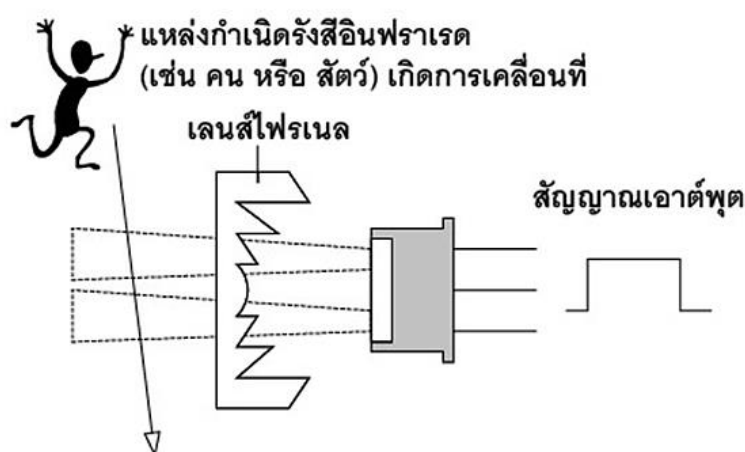
สิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะเป็นมนุษย์หรือสัตว์เลื้อยคุดอยู่ในภาวะที่ยังมีชีวิตอยู่จะมีการกระจายพลังงานความร้อนออกมาในรูปของการแผ่รังสีอินฟราเรด โดยมีปริมาณมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับสภาพของร่างกายในขณะนั้น เมื่อมีการเคลื่อนไหวปริมาณของการแผ่รังสีก็จะเปลี่ยนแปลง รังสีอินฟราเรดจากมนุษย์หรือสัตว์เลื้อยคุดที่มีระดับความเข้มสูงสุดจะมีความยาวคลื่นประมาณ 9.4 ไมโครเมตร

ตัวตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตหรือที่เรียกว่า โมชันเซนเซอร์ (motion sensor) ที่ได้รับความนิยมและใช้งานง่ายคือ ตัวตรวจจับแบบอินฟราเรด ซึ่งใช้หลักการตรวจจับที่เรียกว่า ไพโรอิเล็กทริก (pyroelectric) อันเป็นการตรวจจับการแผ่รังสีอินฟราเรด หากระดับของการแผ่รังสีไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่า สิ่งมีชีวิตที่ต้องการตรวจจับนั้นไม่มีการเคลื่อนไหว แต่ถ้าหากมีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้น ระดับของการแผ่รังสีอินฟราเรดจะเปลี่ยนแปลง จึงเรียกดตัวตรวจจับแบบนี้ว่า PIR (Passive InfraRed sensor)



ภาพ 11 ไดอะแกรมการทำงานของตัวตรวจจับการแผ่รังสีอินฟราเรดซึ่งใช้ตรวจจับการเคลื่อนไหว

ในภาพ 11 เป็นไดอะแกรมแสดงหลักการทำงานพื้นฐานของตัวตรวจจับพลังงานความร้อนจากมนุษย์หรือสัตว์เลือดอุ่น เมื่อเกิดการเคลื่อนไหวทำให้เกิดการแผ่รังสีอินฟราเรดขึ้น รังสีจะถูกรวมหรือโฟกัสไปยังตัวตรวจจับหลักโดยใช้เลนส์แบบพิเศษที่เรียกว่า เลนส์ไฟรเนลหรือเฟรสเนล (Fresnel lens) จากนั้นตัวตรวจจับหลักจะทำการขยายสัญญาณแล้วส่งไปยังวงจรเปรียบเทียบเพื่อสร้างสัญญาณเอาต์พุตต่อไป



ภาพ 12 แสดงการทำงานของโมดูล PIR เมื่อนำมาใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว

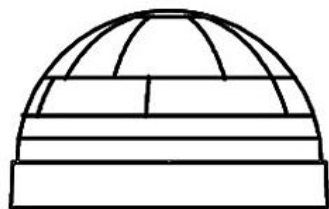
ในภาพ 12 แสดงสถานการณ์ที่แหล่งกำเนิดรังสีอินฟราเรด (อาจเป็นมนุษย์หรือสัตว์เลือดอุ่น) เกิดการเคลื่อนไหวภายในระยะทำการของตัวตรวจจับ จะทำให้โมดูลตรวจจับ PIR ตรวจจับพบการแผ่รังสีอินฟราเรดที่แตกต่างกัน จึงให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นลอจิกสูง (high) อยู่ชั่วขณะเมื่อตรวจจับพบการเคลื่อนไหว จากนั้นกลับมาเป็นลอจิกต่ำ (low) จนกว่าจะตรวจจับพบการเปลี่ยนแปลงของระดับรังสีอินฟราเรดอีกครั้ง

2.5.1 เลนส์ไฟรเนล

เลนส์ไฟรเนลเป็นเลนส์แบบพิเศษที่ได้รับการค้นคิดจากนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ ออกัสตินของไฟรเนล (Augustin-Jean Fresnel) โดยแนวคิดของเลนส์แบบนี้คือ เป็นเลนส์แบบชั้นบันไดที่ยอมให้แสงผ่านได้มากและจากทุกทิศทาง ดังมีโครงสร้างตามภาพ 13



ภาพตัดขวางของเลนส์ไฟรเนล



ลักษณะของเลนส์ไฟรเนลที่มีการสร้างเป็นโดมเพื่อครอบตัวตรวจจับ PIR ทำให้สามารถรับแสงได้จากทุกทิศทาง ทั้งด้านหน้าและด้านข้าง

ภาพ 13 โครงสร้างและหน้าตาของเลนส์ไฟรเนลที่นำมาใช้ในโมดูล PIR

ทั้งนี้เนื่องจากตัวเลนส์ได้ถูกสร้างขึ้นโดยลดเนื้อวัสดุในส่วนที่ไม่มีผลกับการหักเหของแสงลงไป ทำให้สามารถทำเลนส์ขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนักเบาได้ เดิมทีเลนส์ไฟรเนลนี้ได้รับการออกแบบเพื่อนำมาใช้ในการกระจายในประชากร เพื่อให้สามารถมองเห็นประชากรได้จากระยะไกล ต่อมาได้มีการพัฒนาให้มีขนาดเล็กลง แล้วนำมาครอบหลอดไฟเพื่อทำเป็นตะเกียง ทำให้ตะเกียงสามารถส่องแสงได้สว่างและมองเห็นได้จากระยะไกล ดังภาพ 14



ภาพ 14 ตัวอย่างตะเกียงที่ใช้เลนส์ไฟรเนลในการเพิ่มอัตราการส่องสว่าง

แต่เมื่อนำมาใช้ในโมดูลตรวจจับ PIR ตัวเลนส์ไฟรเนลจะถูกใช้งานในลักษณะกลับกันคือ ใช้เลนส์ไฟรเนลในการรวมแสงเข้ามาจากทุกทิศทางเพื่อโฟกัสลงไปยังส่วนตรวจจับแสงอินฟราเรดของโมดูลตรวจ จับ PIR เพื่อให้การตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของรังสีอินฟราเรดมีความไวสูง

2.6 ทบทวนวรรณกรรม

รังสียูวีแย่งแบ่งย่อยออกได้ตามช่วงความยาวคลื่นได้แก่ รังสี UVA (315-400 nm) UVB (280-315 nm) UVC (100-280 nm) ซึ่งมีผลกระทบต่อเนื้อเยื่อ เซลล์ของสิ่งมีชีวิต DNA RNA และมีคุณสมบัติในการฆ่าหรือยับยั้งการจำลองตัวของเชื้อโรคแตกต่างกันออกไป โดยช่วงความยาวคลื่น 200 - 310 nm อยู่ในช่วง UVC และ UVB เป็นช่วงรังสีที่ทำปฏิกิริยากับเชื้อโรคได้ดี เป็นช่วงที่ DNA หรือ RNA ดูดกลืนรังสี จึงเป็นช่วงความยาวคลื่นของรังสียูวีที่สามารถฆ่าหรือยับยั้งการแพร่กระจายของเชื้อโรคได้ ซึ่งรังสียูวีในช่วงความยาวคลื่นต่ำกว่า 242 nm สามารถผลิตแก๊สพิษโอโซนได้ แต่เนื่องด้วยรังสียูวียังมีผลกระทบต่อเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต เป็นอันตรายต่อดวงตา ดังนั้น การเลือกแหล่งกำเนิดรังสียูวีมาใช้ฆ่าเชื้อโรคต้องคำนึงถึงช่วงความยาวคลื่น ความเข้มและการใช้งานที่ปลอดภัย ตามหนังสือคู่มือของ Kowalski W (1)

ขณะนี้เชื้อไวรัสที่กำลังระบาดอยู่คือเชื้อไวรัส corona (COVID-19) ซึ่งอยู่ในกลุ่มไวรัสที่เคยระบาดมาแล้วในอดีตก็คือ SARS coronavirus ซึ่งได้มีงานวิจัยของ Dong X และคณะศึกษาความเสถียรของโรคซาร์สโคโรนาไวรัสในตัวอย่างมนุษย์และสภาพแวดล้อมและความไวต่อการทำความร้อนและการฉายรังสียูวี พบว่าการฉายรังสียูวีนาน 60 นาทีสามารถทำลายเชื้อไวรัสได้ (2)

โมเดลกลไกในการยับยั้งเชื้อไวรัสทั้ง DNA และ RNA ได้ถูกอธิบายในงานวิจัยของ Kowalski W และคณะ กล่าวว่ารังสียูวีจะถูกดูดกลืนด้วย DNA หรือ RNA ของจุลินทรีย์หรือไวรัสกระตุ้นให้เกิดพันธะโควาเลนต์ระหว่างหมู่เบสไทมีนหรือยูราซิลของนิวคลีโอไทด์ที่อยู่ใกล้กัน เกิดเป็น pyrimidine dimer ทำให้สายโซ่ของ DNA หรือ RNA เกิดความผิดปกติบิดเบี้ยวไปจากเดิม แรงพันธะไฮโดรเจนระหว่าง T (Thymine) หรือ U (Uracil) กับ A (Adenine) อ่อนลงเกิดการขาดของพันธะทำให้เชื้อจุลินทรีย์หรือไวรัสไม่สามารถจำลองตนเองได้ (3)

มีการคาดการณ์ว่า SARS-CoV-2 สามารถอยู่รอดบนพื้นผิวได้นานถึง 9 วัน บนพื้นฐานของความคล้ายคลึงกับ SARS และ MERS นั้ยาฆ่าเชื้อมาตรฐานใช้ได้ผลกับ SARS-CoV-2 แต่เป็นการป้องกันอีกระดับและเพื่อป้องกันข้อผิดพลาดในกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยตนเอง แสงอัลตราไวโอเล็ตสามารถใช้ในการฆ่าเชื้อบนพื้นผิวและอุปกรณ์หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการฆ่าเชื้อทางเคมี ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) แนะนำว่าการฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีเป็นกลยุทธ์หนึ่งในการจัดการกับการแพร่กระจายของโรค COVID-19 (11)

ในงานวิจัยของ K. Narita และคณะ ได้ทำการทดลองการฆ่าเชื้อไวรัส เอนโดสปอร์ของแบคทีเรีย และสปอร์ของเชื้อราด้วย UVC ที่มีความยาวคลื่น 222 nm พบว่ามีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคต่อเซลล์แบคทีเรีย ยีสต์ และไวรัส ซึ่งมีประสิทธิภาพเท่ากับ UVC 245 nm นอกจากนี้ UVC 222 nm ยังมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคที่มีศักยภาพมากกว่าต่อเอนโดสปอร์ของแบคทีเรียเมื่อเทียบกับ UVC 254 nm

ผลการฆ่าเชื้อราของ UVC 222 nm ต่อสปอร์ของเชื้อราและเส้นใยมีประสิทธิภาพน้อยกว่า UVC 254 nm (12)

การฉายรังสี UVC ที่มีพลังงานสูงและความยาวคลื่นสั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในช่วง 200 –290 nm มีศักยภาพที่ดีในการฆ่าเชื้อโรค คุณสมบัติเหล่านี้ของ UVC สร้างความเสียหายหรือทำลายกรดนิวคลีอิก (DNA/RNA) ในจุลินทรีย์ที่หลากหลาย (เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส) ดังนั้น แสง UVC จึงสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อหรือการแพร่กระจายได้ Sanjeev K. Bhardwaj และคณะ ได้กล่าวถึงการใช้อย่างมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อในหน่วยบริการสุขภาพ สถานที่สาธารณะ เครื่องมือแพทย์ เครื่องช่วยหายใจ และอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) บทความนี้คาดว่าจะจะเป็นแนวทางใหม่สำหรับการพัฒนาวิธีการฆ่าเชื้อไวรัสที่ใช้ UVC (13)

Jaeseok Yun และ Sang-Shin Lee ได้ศึกษาเกี่ยวกับการตรวจจับและระบุการเคลื่อนไหวของมนุษย์ใช้ชุดเซนเซอร์ PIR โดยการติดตั้งเซนเซอร์ไว้สามจุด คือ ผนังด้านซ้าย ขวา และบนเพดาน เก็บรวบรวมชุดข้อมูลการเคลื่อนไหวในรูปแบบที่แตกต่างกันสามแบบ คือ สองทิศทาง (เดินไป-กลับ) มีระยะห่างสามช่วง (ใกล้กับเซนเซอร์ผนังฝั่งซ้าย ตรงกลาง ใกล้กับเซนเซอร์ผนังฝั่งขวา) และระดับความเร็วสามระดับ (ช้า, ปานกลาง, เร็ว) พวกเขาประสบความสำเร็จในการจำแนกทิศทางและความเร็วของการเคลื่อนไหว ช่วงระยะห่าง และการระบุตัววัตถุ ซึ่งมีความแม่นยำถึง 92% (14)

เซนเซอร์อินฟราเรดแบบ passive (PIR) เป็นเซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่ใช้ในการเตือนความปลอดภัยและระบบไฟส่องสว่างอัตโนมัติ เซนเซอร์วัดการแผ่รังสีแสงอินฟราเรดจากวัตถุต่างๆ ซึ่งเซนเซอร์ PIR สามารถตรวจจับได้ เซนเซอร์ PIR มีต้นทุนต่ำ การตอบสนองรวดเร็ว และแม่นยำ Madhvi Verma และคณะ ได้อธิบายแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเซนเซอร์ PIR เพื่อเพิ่มความไวในการตรวจจับ รวมไปถึงส่วนประกอบและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเซนเซอร์ (15)

ครึ่งชีวิตของโอโซนในน้ำจะสั้นกว่าในอากาศมาก อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในตัวทำละลายตัวใดตัวหนึ่งจะลดครึ่งชีวิต มีงานวิจัยที่ตีพิมพ์ระบุว่าครึ่งชีวิต 20 นาทีสำหรับโอโซนที่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิ 20 °C และครึ่งชีวิตประมาณ 25 ชั่วโมงสำหรับโอโซนในอากาศแห้งที่อุณหภูมิ 24 °C เวลาครึ่งชีวิตที่ใช้งานได้จริงนี้น้อยกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอากาศ เนื่องจากการไหลเวียนของอากาศ ความชื้น การมีอยู่ของสารปนเปื้อนหรือผนังที่จะทำให้ปฏิกิริยาด้วย ฯลฯ ด้วยการเคลื่อนที่ของอากาศ อุณหภูมิที่อุ่นขึ้น และความชื้นสัมพัทธ์ปกติ ครึ่งชีวิตของโอโซนในอากาศอาจเท่ากับ 1 ชั่วโมงหรือน้อยกว่านั้น นอกจากนี้ การระบายอากาศของพื้นที่ปิดไปยังพื้นที่อื่นจะทำให้โอโซนกระจายตัวไปด้วย ดังนั้นระดับความเข้มข้นจะลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากการสร้างสิ้นสุดลง (16)

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้สร้างระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสี UVC โดยใช้ Arduino UNO R3 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่ายและสามารถทำงานร่วมกับเซนเซอร์หรืออุปกรณ์เสริมอื่นๆได้อีกมากมาย

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 แหล่งกำเนิดรังสี UVC

3.1.1.1 หลอด UVC ที่มีกำลังไฟฟ้า 8 วัตต์ ยี่ห้อ Lamptan (ภาพ 15)



ภาพ 15 หลอด UVC ยี่ห้อ Lamptan

3.1.1.2 หลอด UVC ที่มีกำลังไฟฟ้า 8 วัตต์ ยี่ห้อ Osram (ภาพ 16)



ภาพ 16 หลอด UVC ยี่ห้อ Osram

3.1.1.3 หลอด UVC ที่มีกำลังไฟฟ้า 8 วัตต์ ยี่ห้อ Philips (ภาพ 17)



ภาพ 17 หลอด UVC ยี่ห้อ Philips

3.1.1.4 หลอด UVC ที่มีกำลังไฟฟ้า 8 วัตต์ ยี่ห้อ Tokiva (ภาพ 18)



ภาพ 18 หลอด UVC ยี่ห้อ Tokiva

3.1.2 Spectrometer ยี่ห้อ Thorlabs (ภาพ 19)



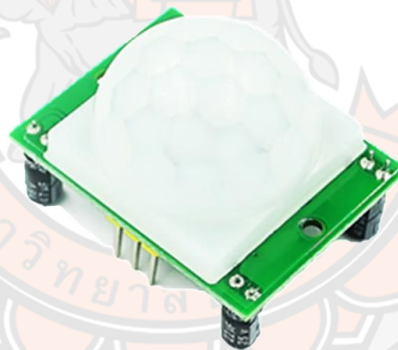
ภาพ 19 CCD Spectrometer

3.1.3 Arduino board (ภาพ 20)



ภาพ 20 Arduino board

3.1.4 Motion sensors (PIR) (ภาพ 21)



ภาพ 21 Motion sensors (PIR)

3.1.5 โมดูลนาฬิกาแบบเวลาจริง (DS3231) (ภาพ 22)



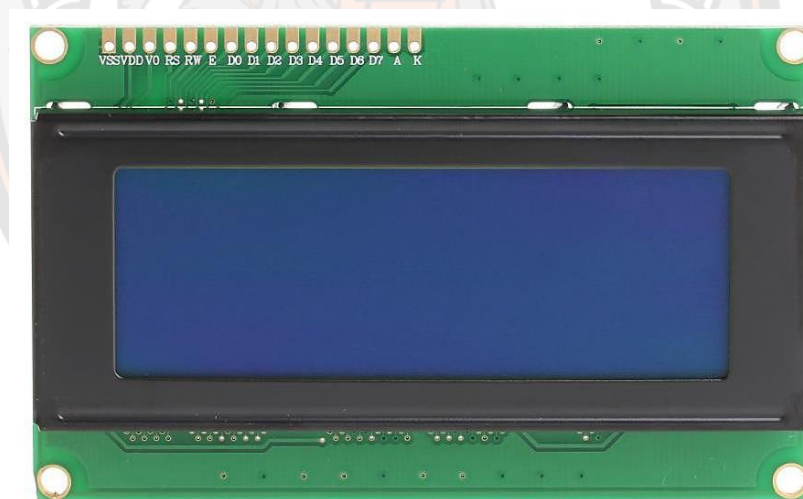
ภาพ 22 โมดูลนาฬิกาแบบเวลาจริง (DS3231)

3.1.6 Relay (ภาพ 23)



ภาพ 23 Relay

3.1.7 LCD display (ภาพ 24)



ภาพ 24 LCD display

3.1.8 สวิตช์ปุ่มกด (ภาพ 25)



ภาพ 25 สวิตช์ปุ่มกด

3.1.9 Ozone meter (ภาพ 26)

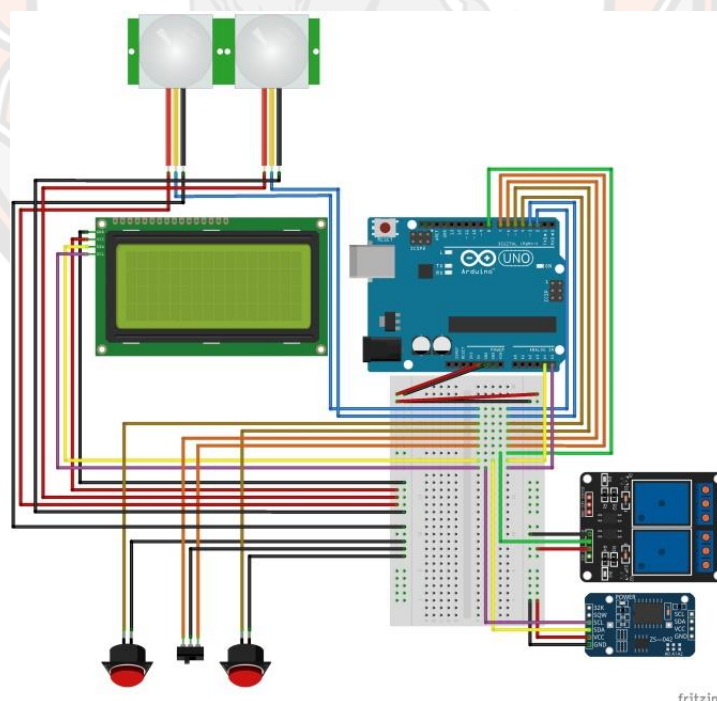


ภาพ 26 Ozone meter

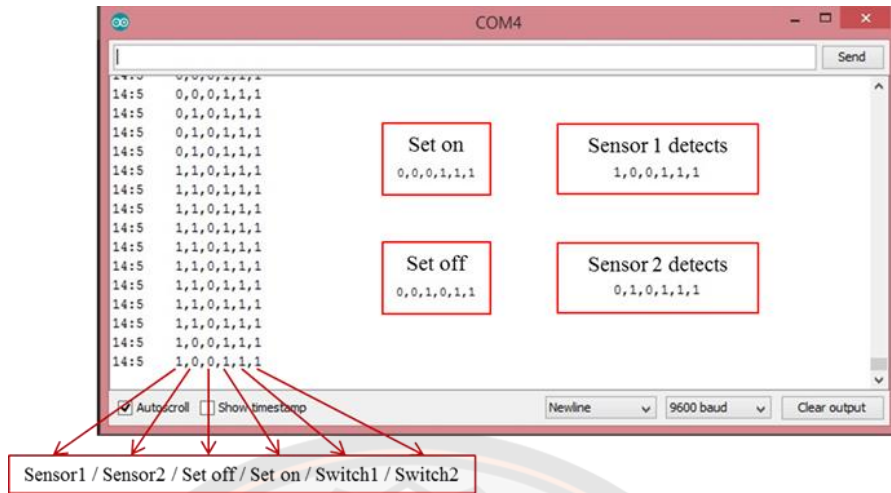
3.2 การจัดตั้งการทดลอง

3.2.1. สร้างและเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ

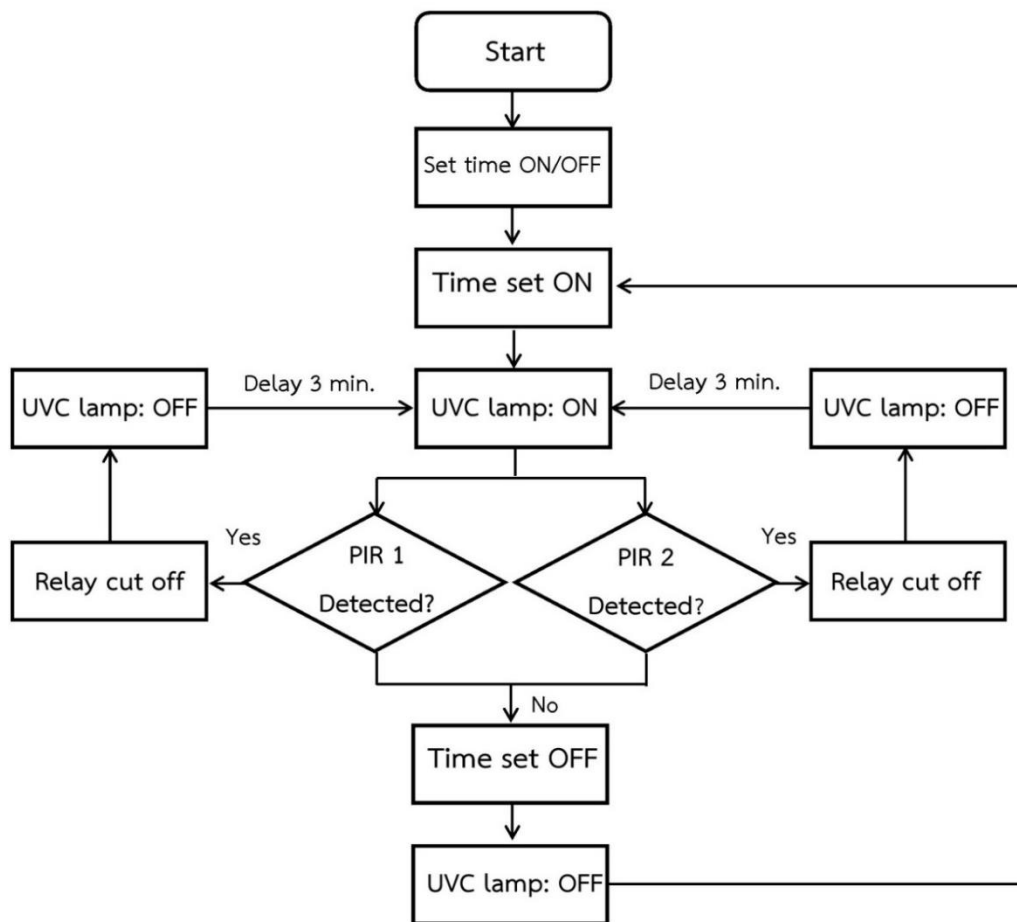
นำอุปกรณ์มาต่อเข้ากับ breadboard เพื่อทดสอบการทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังภาพ 27 โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการเขียนโปรแกรมและตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งสามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ได้จาก serial monitor ดังภาพ 28 การทำงานของระบบควบคุมใช้ Arduino UNO R3 ควบคุมการทำงาน โดยจะทำงานร่วมกับเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวและโมดูลนาฬิกา เมื่อเซนเซอร์สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตได้ ก็จะส่งสัญญาณไปที่บอร์ด Arduino UNO R3 จากนั้นบอร์ดจะสั่งงานให้รีเลย์ (Relay) ทำการตัดการทำงานของแหล่งกำเนิดรังสี UVC เมื่อเวลาผ่านไปจนถึงเวลาที่กำหนดจึงจะกลับมาทำงานตามปกติ ดังภาพ 29 ในส่วนของโมดูลนาฬิกาแบบเวลาจริง (DS3231) ใช้สำหรับการตั้งเวลาเปิด-ปิดแหล่งกำเนิดรังสี UVC นอกจากการกำหนดเวลาเปิด-ปิดผ่านโปรแกรมแล้ว ยังสามารถตั้งเวลาเปิด-ปิดแหล่งกำเนิดรังสี UVC แบบ manual ได้ที่กล่องควบคุมการทำงานได้ โดยการใช้สวิตช์ปุ่มกด ในการตั้งเวลาการทำงาน และยังติดตั้งหน้าจอแสดงผล (LCD display) ไว้ที่กล่องควบคุม เพื่อแสดงข้อมูลต่างๆ รวมถึงสถานะการทำงานของแหล่งกำเนิดรังสี UVC



ภาพ 27 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทดสอบการทำงานของระบบ



ภาพ 28 สถานะการทำงานของอุปกรณ์ที่แสดงบน serial monitor

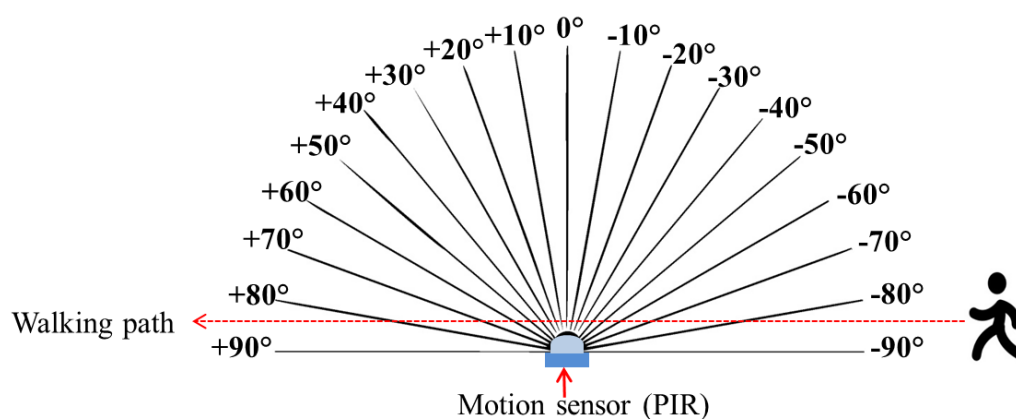


ภาพ 29 Flowchart แสดงการทำงานของระบบที่สร้างขึ้น

3.2.2. ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์

3.2.2.1 การวัดระยะการตรวจจับของ motion sensors

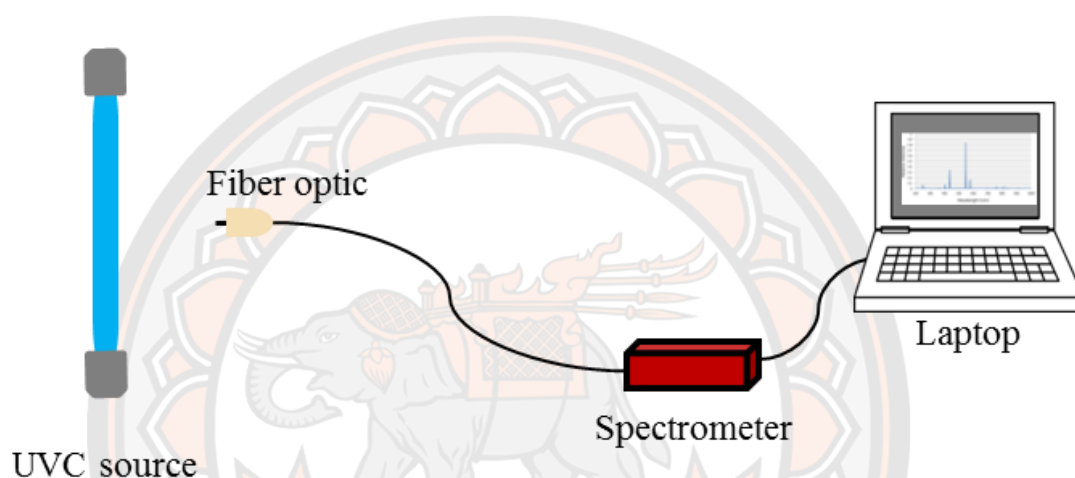
การทดลองนี้จะทำการตรวจวัดระยะการทำงานของ motion sensors 2 ตัว และมุมในการตรวจจับการเคลื่อนไหวกำหนดมุมการตรวจวัดที่ -90 ถึง $+90$ องศา ดังภาพ 30 โดยปรับ sensitivity ทั้งหมด 3 ระดับ คือ ต่ำ กลาง และสูง ก่อนการทดลองนำกล่องควบคุมต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดแสง ตั้งค่าระบบให้มีการทำงานในรูปแบบ “เมื่อ sensors ตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ จะทำการปิดการทำงานของแหล่งกำเนิดแสง” ซึ่งการทดลองจะใช้ตัวของผู้ทดลองเป็นวัตถุในการตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยทำการเดินผ่านหน้า sensors เพื่อให้ sensors ตรวจจับการเคลื่อนไหวและจดบันทึกระยะและมุมที่ sensors สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง ใช้โปรแกรม SigmaPlot ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง



ภาพ 30 ตรวจวัดระยะและมุมการตรวจจับของเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

3.2.2.2 การตรวจวัดสเปกตรัมแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC

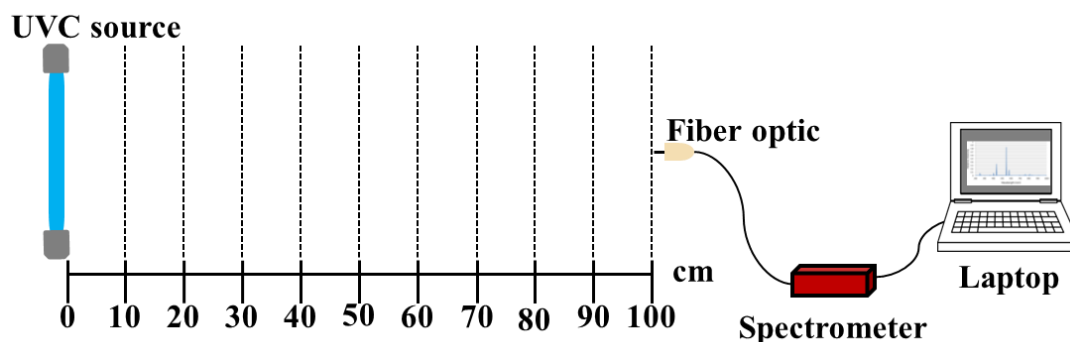
การทดลองนี้จะทำการตรวจวัดสเปกตรัมแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC ที่มีกำลังไฟ 8 วัตต์ ที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์ทั้งหมด 4 ยี่ห้อ ได้แก่ Lamptan Osram Philips และ Tokiva โดยนำ fiber optic ส่งไปที่กึ่งกลางของแหล่งกำเนิดแสง ใช้ Spectrometer ในการตรวจวัดสเปกตรัมแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC และใช้โปรแกรม Thorlabs ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง ดังภาพ 31



ภาพ 31 การตรวจวัดสเปกตรัมแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC

3.2.2.3 การตรวจวัดความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC ที่ระยะต่างๆ

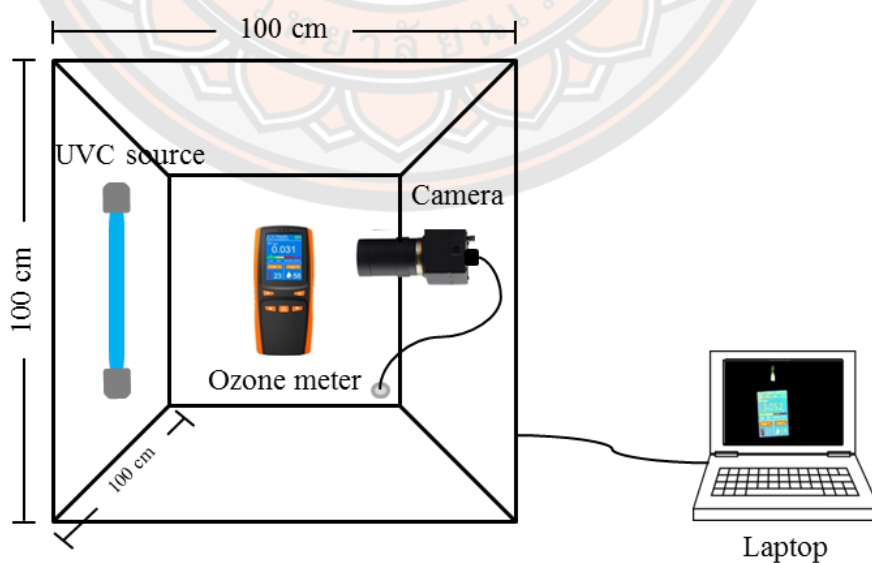
การทดลองนี้จะทำการตรวจวัดความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC ที่ระยะต่างๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC กับระยะ โดยที่ตรวจวัดเฉพาะช่วงความยาวคลื่น 251 nm โดยนำ fiber optic ส่งไปที่กึ่งกลางของแหล่งกำเนิดแสงและใช้ Spectrometer ในการตรวจวัดความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC และใช้โปรแกรม Thorlabs ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง ดังภาพ 32



ภาพ 32 การตรวจวัดความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC ที่ระยะที่แตกต่างกัน

3.2.2.4 การตรวจวัดปริมาณโอโซนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดรังสี UVC

การทดลองนี้จะทำการตรวจวัดปริมาณโอโซนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดรังสี UVC ในขณะที่เปิดแหล่งกำเนิดรังสี UVC และหลังปิดแหล่งกำเนิด เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโอโซนกับระยะเวลา โดยการจัดตั้งการทดลองในตู้ปิดสนิทที่มีขนาด 100x100x100 cm นำ Ozone meter ไว้ที่กึ่งกลางของตู้ ดังภาพ 33 จากนั้นทำการเปิดแหล่งกำเนิดรังสี UVC เป็นเวลา 6 ชม. และตรวจวัดปริมาณโอโซนหลังปิดแหล่งกำเนิดไปจนถึงช่วงที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต บันทึกปริมาณโอโซนที่แสดงบน Ozone meter ด้วย USB camera นำค่าปริมาณโอโซนที่บันทึกได้ มาหาค่าเฉลี่ยทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง ใช้โปรแกรม TableCurve ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง



ภาพ 33 การตรวจวัดปริมาณโอโซนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดรังสี UVC ภายในตู้ปิดสนิท

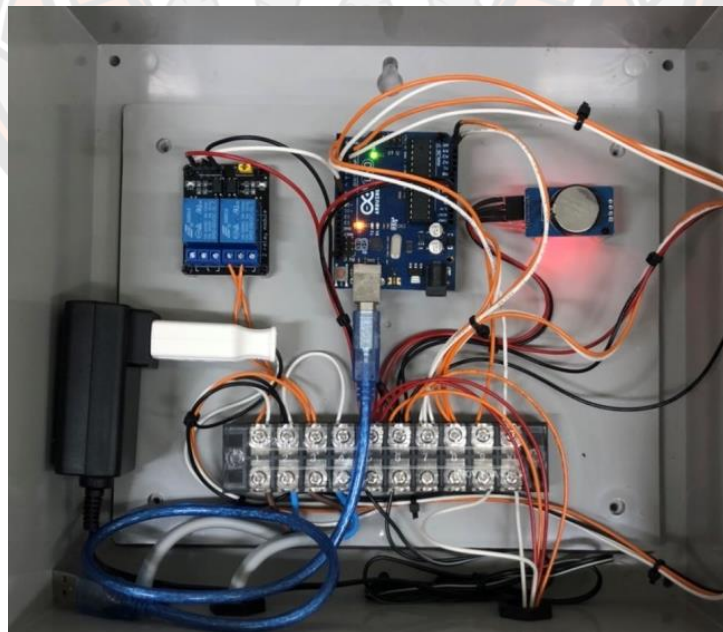
บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อการสร้างระบบฆ่าเชื้อโรคที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานร่วมกับโมดูลนาฬิกาแบบเวลาจริง (DS3231) ที่สามารถตั้งเวลาการทำงานได้และเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว ใช้โปรแกรม Arduino IDE สำหรับการเขียนโปรแกรมคำสั่งควบคุมการทำงานของระบบ ในการใช้นวัตกรรมดังกล่าวเพื่อการฆ่าเชื้อโรคที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศและพื้นผิวที่อยู่ในอาคารหรือห้องปฏิบัติการ

4.1 ระบบความคุมรังสี UV

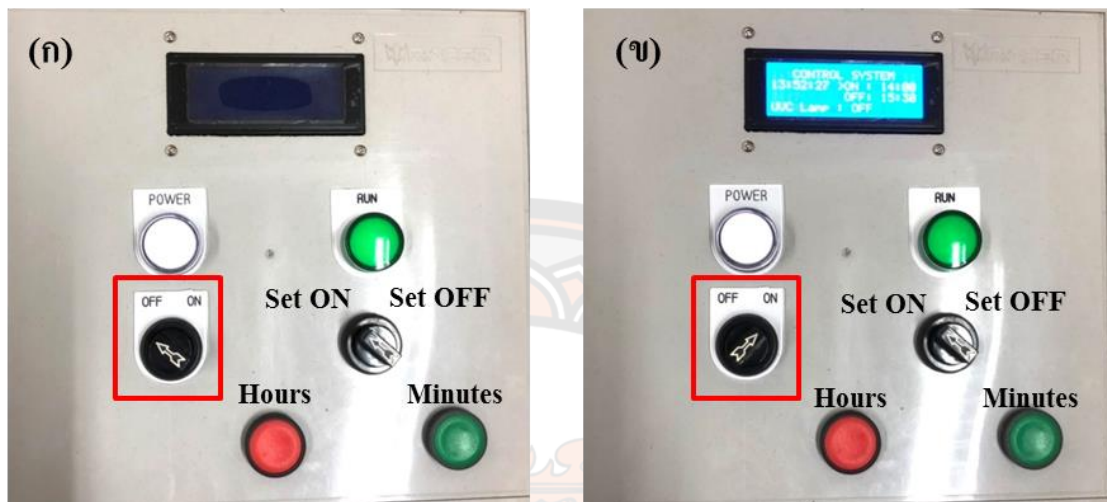
ระบบความคุมรังสี UV ที่สร้างขึ้นใช้ Arduino UNO R3 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับคุมการทำงานของระบบ นำมาเชื่อมต่อเข้ากับโมดูลนาฬิกาแบบเวลาจริง (DS3231) ที่สามารถตั้งเวลาการทำงานได้และเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว จากนั้นนำอุปกรณ์ทั้งหมดติดตั้งในกล่องควบคุมการทำงานเพื่อความสะดวกในการใช้งาน ดังภาพ 34



ภาพ 34 ภายในกล่องควบคุมที่ติดตั้งอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์

4.1.1 การตั้งเวลาเปิด-ปิดแหล่งกำเนิดรังสี UVC

ขั้นตอนการใช้งาน หมุนสวิตช์ POWER จาก OFF ภาพ 35 (ก) ไปที่ ON ภาพ 35 (ข) เพื่อเปิดระบบ ดังภาพ 35



ภาพ 35 แสดงการเปิดระบบควบคุมการทำงาน (ก) ปิด (ข) เปิด

จากนั้นตั้งเวลาเปิดแหล่งกำเนิดรังสี UVC ทำได้โดยการหมุนสวิตช์ไปทางซ้าย (Set ON) เมื่อต้องการตั้งเวลาเปิดแหล่งกำเนิดรังสี UVC ดังภาพ 36



ภาพ 36 การหมุนสวิตช์ตั้งเวลาเปิดแหล่งกำเนิดรังสี UVC

กดที่สวิตช์ปุ่มกดสีแดง (Hours) สำหรับตั้งเวลาในหน่วยชั่วโมงและกดที่สวิตช์ปุ่มกดสีเขียว (Minutes) สำหรับตั้งเวลาในหน่วยนาที ดังภาพ 37



ภาพ 37 ปุ่มกดสำหรับเลือกเวลาการทำงานของแหล่งกำเนิดรังสี UVC

เมื่อต้องการตั้งเวลาปิดแหล่งกำเนิดรังสี UVC หมุนสวิตช์ไปทางขวา (Set OFF) ดังภาพ 38 จากนั้นกดที่ปุ่มกดสีแดง (Hours) สำหรับตั้งเวลาในหน่วยชั่วโมงและกดที่ปุ่มกดสีเขียว (Minutes) สำหรับตั้งเวลาในหน่วยนาที



ภาพ 38 การหมุนสวิตช์ตั้งเวลาปิดแหล่งกำเนิดรังสี UVC

4.1.2 การแสดงผล

หน้าจอแสดงผลจะแสดงเวลาปัจจุบันแบบ real time แสดงเวลาเปิด-ปิดแหล่งกำเนิดรังสี UVC ที่ได้ตั้งค่าไว้ นอกจากนี้ยังแสดงสถานะของแหล่งกำเนิดรังสี UVC ไว้อีกด้วย ดังภาพ 39



ภาพ 39 การแสดงผลต่างๆบนหน้าจอแสดงผล

ในขณะที่หมุนสวิตช์สำหรับเลือกตั้งเวลาเปิดแหล่งกำเนิดรังสี UVC จะแสดงเคอร์เซอร์ (>) ที่ตำแหน่ง ON บนหน้าจอแสดงผล ดังภาพ 40 และเมื่อหมุนสวิตช์สำหรับเลือกตั้งเวลาปิดแหล่งกำเนิดรังสี UVC จะแสดงเคอร์เซอร์ (>) ที่ตำแหน่ง OFF บนหน้าจอแสดงผล ดังภาพ 41



ภาพ 40 เคอร์เซอร์ (>) อยู่ที่ตำแหน่ง ON บนหน้าจอแสดงผล



ภาพ 41 เซอร์เซอร์ (>) อยู่ที่ตำแหน่ง OFF บนหน้าจอแสดงผล

เมื่อแหล่งกำเนิดรังสี UVC เปิดการทำงานตามเวลาที่ถูกตั้งไว้จะแสดงสถานะ UVC Lamp : ON บนหน้าจอแสดงผล ดังภาพ 42 เมื่อเซนเซอร์สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ ทำให้การทำงานของแหล่งกำเนิดรังสี UVC ปิดตัวลงตามระยะเวลาที่ตั้งไว้ จะแสดง UVC Lamp : OFF บนหน้าจอแสดงผลด้วย ดังภาพ 43



ภาพ 42 สถานะ UVC Lamp : ON บนหน้าจอแสดงผล



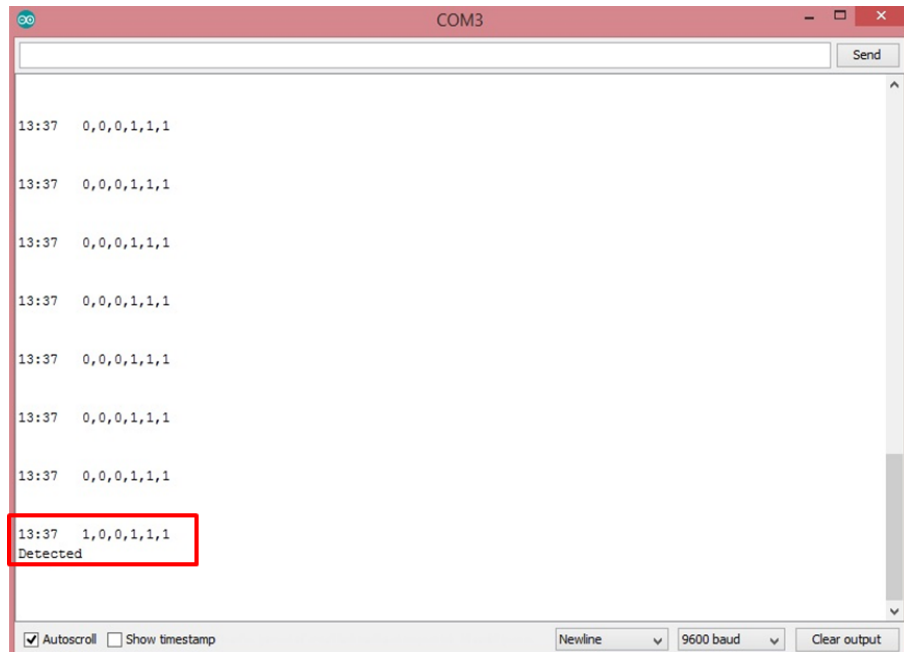
ภาพ 43 สถานะ UVC Lamp : OFF บนหน้าจอแสดงผล

และยังแสดงสถานะการทำงานของแหล่งกำเนิดรังสี UVC ด้วยไฟแสดงสถานะการทำงานสีเขียว บนกล่องควบคุมเพื่อความสะดวกต่อการสังเกตในระยะไกล ดังภาพ 44



ภาพ 44 ไฟแสดงสถานะการทำงานสีเขียวนบนกล่องควบคุม

นอกจากนี้ยังมีการบันทึกและแสดงผลการตรวจจับการเคลื่อนไหวที่หน้าต่าง serial monitor ในโปรแกรม Arduino IDE อีกด้วย ดังภาพ 45



ภาพ 45 หน้าต่าง serial monitor ในโปรแกรม Arduino IDE แสดงการตรวจจับการเคลื่อนไหว

4.2 ระยะเวลาตรวจจับของ motion sensors

4.2.1 การวัดระยะเวลาตรวจจับของ motion sensors

ผลการทดลองที่ 1 จากการตรวจวัดระยะเวลาการทำงานของ motion sensors 2 ตัว และมุมในการตรวจจับการเคลื่อนไหวกำหนดมุมการตรวจวัดที่ -90 ถึง +90 องศา โดยปรับ sensitivity ทั้งหมด 3 ระดับ คือ ต่ำ กลาง และสูง ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง

จากการวิเคราะห์การตรวจวัดระยะเวลาการทำงานของ motion sensors ตัวที่ 1 โดยปรับ sensitivity “ระดับต่ำ” ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อหาระยะเวลาตรวจจับเฉลี่ยของ motion sensors แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงระยะเวลาการทำงานของ motion sensors ตัวที่ 1 โดยปรับ sensitivity ระดับต่ำ

มุม (องศา)	ครั้งที่ 1 (m)	ครั้งที่ 2 (m)	ครั้งที่ 3 (m)	ครั้งที่ 4 (m)	ครั้งที่ 5 (m)	เฉลี่ย (m)	S.D.
90	0	0	0	0	0	0.0	0.0
80	1	2	2	1	2	1.6	0.5
70	2	2	2	2	2	2.0	0.0
60	2	2	2	2	2	2.0	0.0
50	6	6	4	4	3	4.6	1.3
40	6	6	5	5	5	5.4	0.5
30	6	5	6	6	6	5.8	0.4
20	6	6	7	5	5	5.8	0.8
10	9	6	6	7	9	6.8	1.3
0	7	8	7	8	7	7.4	0.5
-10	5	6	6	6	7	6.0	0.7
-20	8	7	5	5	5	6.0	1.4
-30	5	5	3	6	5	4.8	1.1
-40	5	4	3	5	4	4.2	0.8
-50	4	6	2	2	2	3.2	1.8
-60	2	1	1	1	5	2.0	1.7
-70	1	1	1	1	1	1.0	0.0

มุม (องศา)	ครั้งที่ 1 (m)	ครั้งที่ 2 (m)	ครั้งที่ 3 (m)	ครั้งที่ 4 (m)	ครั้งที่ 5 (m)	เฉลี่ย (m)	S.D.
-80	1	1	1	1	1	1.0	0.0
-90	0	0	0	0	0	0.0	0.0

จากการวิเคราะห์การตรวจวัดระยะการทำงานของ motion sensors ตัวที่ 1 โดยปรับ sensitivity “ระดับกลาง” ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อหาระยะการตรวจจับเฉลี่ยของ motion sensors แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงระยะการทำงานของ motion sensors ตัวที่ 1 โดยปรับ sensitivity ระดับกลาง

มุม (องศา)	ครั้งที่ 1 (m)	ครั้งที่ 2 (m)	ครั้งที่ 3 (m)	ครั้งที่ 4 (m)	ครั้งที่ 5 (m)	เฉลี่ย (m)	S.D.
90	0	0	0	0	0	0.0	0.0
80	2	1	1	1	1	1.2	0.4
70	2	2	2	2	2	2.0	0.0
60	2	2	2	2	2	2.0	0.0
50	9	8	6	8	6	7.4	1.3
40	8	6	8	6	8	7.2	1.1
30	5	8	6	7	6	6.4	1.1
20	5	7	5	5	5	5.4	0.9
10	9	5	6	7	7	6.8	1.5
0	8	9	9	9	9	8.8	0.4
-10	8	6	8	6	7	7.0	1.0
-20	5	5	6	5	6	5.4	0.5
-30	6	6	5	6	5	5.6	0.5
-40	6	5	4	4	5	4.8	0.8
-50	0	6	2	6	2	3.6	2.2
-60	0	2	1	1	2	1.6	0.5
-70	0	1	1	1	1	1.2	0.4

มุม (องศา)	ครั้งที่ 1 (m)	ครั้งที่ 2 (m)	ครั้งที่ 3 (m)	ครั้งที่ 4 (m)	ครั้งที่ 5 (m)	เฉลี่ย (m)	S.D.
-80	1	1	1	1	1	1.0	0.0
-90	0	0	0	0	0	0.0	0.0

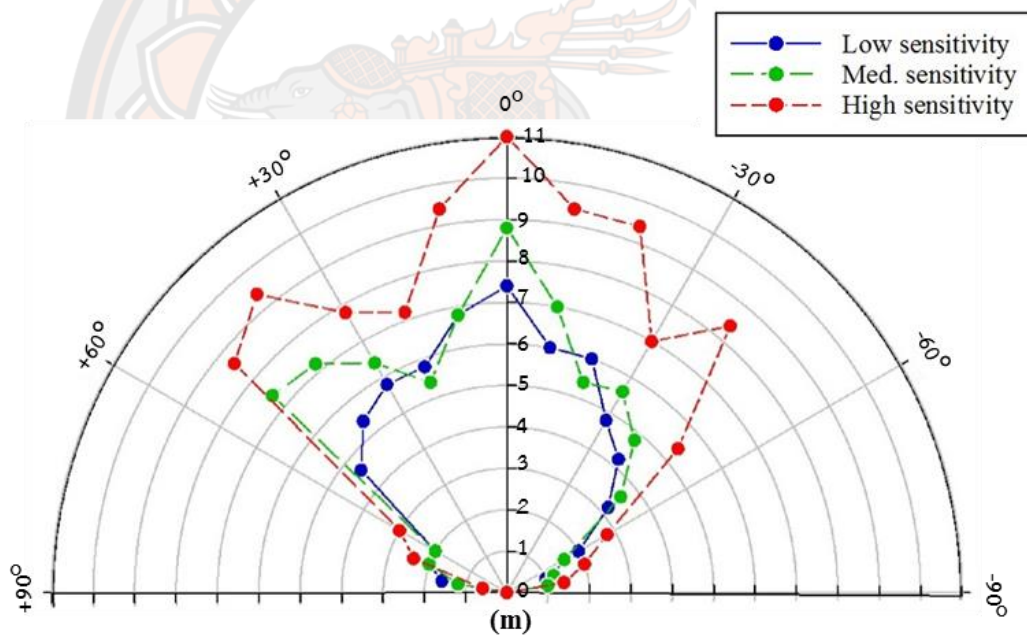
จากการวิเคราะห์การตรวจวัดระยะการทำงานของ motion sensors ตัวที่ 1 โดยปรับ sensitivity “ระดับสูง” ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อหาระยะการตรวจจับเฉลี่ยของ motion sensors แสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงระยะการทำงานของ motion sensors ตัวที่ 1 โดยปรับ sensitivity ระดับสูง

มุม (องศา)	ครั้งที่ 1 (m)	ครั้งที่ 2 (m)	ครั้งที่ 3 (m)	ครั้งที่ 4 (m)	ครั้งที่ 5 (m)	เฉลี่ย (m)	S.D.
90	0	0	0	0	0	0.0	0.0
80	2	1	0	0	0	0.6	0.9
70	3	2	3	2	2	2.4	0.5
60	3	3	3	3	3	3.0	0.0
50	8	10	9	7	9	8.6	1.1
40	10	9	9	9	10	9.4	0.5
30	8	8	7	9	7	7.8	0.8
20	7	7	7	8	7	7.2	0.4
10	9	10	9	10	9	9.4	0.5
0	11	11	11	11	11	11.0	0.0
-10	8	9	10	9	11	9.4	1.1
-20	11	7	8	11	10	9.4	1.8
-30	7	6	7	8	7	7.0	0.7
-40	6	7	10	10	9	8.4	1.8
-50	3	5	4	8	7	5.4	2.1
-60	2	6	2	2	2	2.8	1.8

มุม (องศา)	ครั้งที่ 1 (m)	ครั้งที่ 2 (m)	ครั้งที่ 3 (m)	ครั้งที่ 4 (m)	ครั้งที่ 5 (m)	เฉลี่ย (m)	S.D.
-70	2	2	2	2	2	2.0	0.0
-80	2	1	1	1	2	1.4	0.5
-90	0	0	0	0	0	0.0	0.0

จากการวิเคราะห์การตรวจวัดระยะการทำงานของ motion sensors เฉลี่ยตัวที่ 1 พบว่า มีระยะการตรวจจับไกลที่สุด 7.4, 8.8 และ 11 เมตร ที่มุม 0 องศา ตามลำดับ ดังภาพ 46



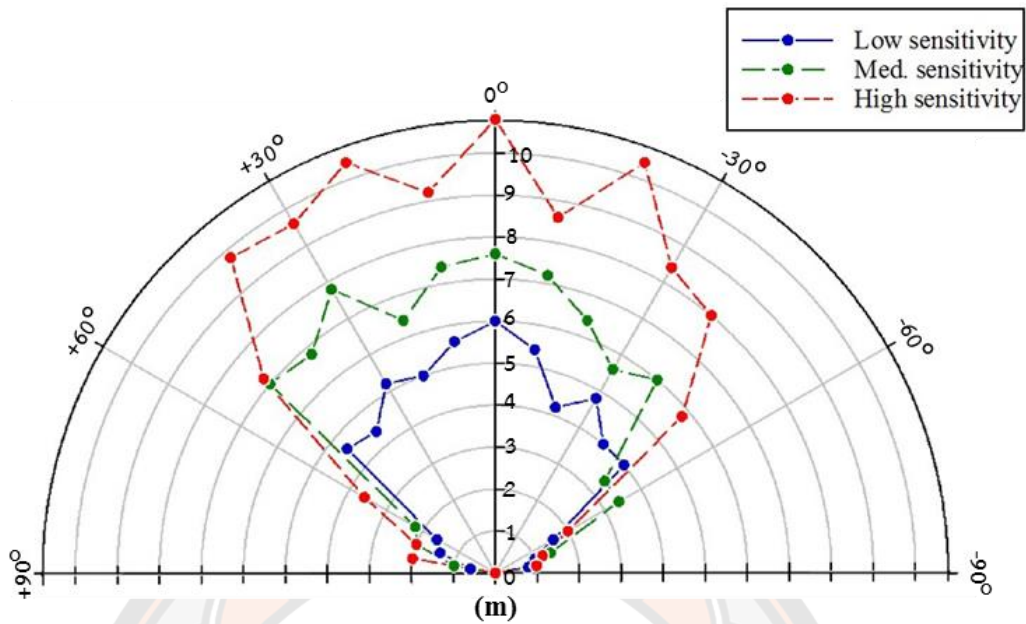
ภาพ 46 มุมและระยะสำหรับเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวตัวที่ 1

จากการวิเคราะห์การตรวจวัดระยะการทำงานของ motion sensors ตัวที่ 2 โดยปรับ sensitivity “ระดับสูง” ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อหาระยะการตรวจจับเฉลี่ยของ motion sensors แสดงดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงระยะการทำงานของ motion sensors ตัวที่ 2 โดยปรับ sensitivity ระดับสูง

มุม (องศา)	ครั้งที่ 1 (m)	ครั้งที่ 2 (m)	ครั้งที่ 3 (m)	ครั้งที่ 4 (m)	ครั้งที่ 5 (m)	เฉลี่ย (m)	S.D.
90	0	0	0	0	0	0.0	0.0
80	2	2	2	2	2	2.0	0.0
70	2	2	2	2	2	2.0	0.0
60	4	4	3	3	4	3.6	0.5
50	10	9	4	9	4	7.2	2.9
40	10	11	9	9	10	9.8	0.8
30	8	9	10	11	10	9.6	1.1
20	10	11	11	9	11	10.4	0.9
10	11	9	8	10	8	9.2	1.3
0	11	10	11	11	11	10.8	0.4
-10	9	8	9	8	9	8.6	0.5
-20	10	11	10	11	10	10.4	0.5
-30	9	7	9	8	9	8.4	0.9
-40	8	10	7	7	8	8.0	1.2
-50	6	5	8	5	5	5.8	1.3
-60	2	3	2	1	2	2.0	0.7
-70	2	1	1	1	1	1.2	0.4
-80	1	1	1	1	1	1.0	0.0
-90	0	0	0	0	0	0.0	0.0

จากการวิเคราะห์การตรวจวัดระยะการทำงานของ motion sensors เฉลี่ยตัวที่ 2 พบว่ามีระยะการตรวจจับไกลที่สุด 6, 7.6 และ 10.8 ม. ที่มุม 0 องศา ตามลำดับ ดังภาพ 47



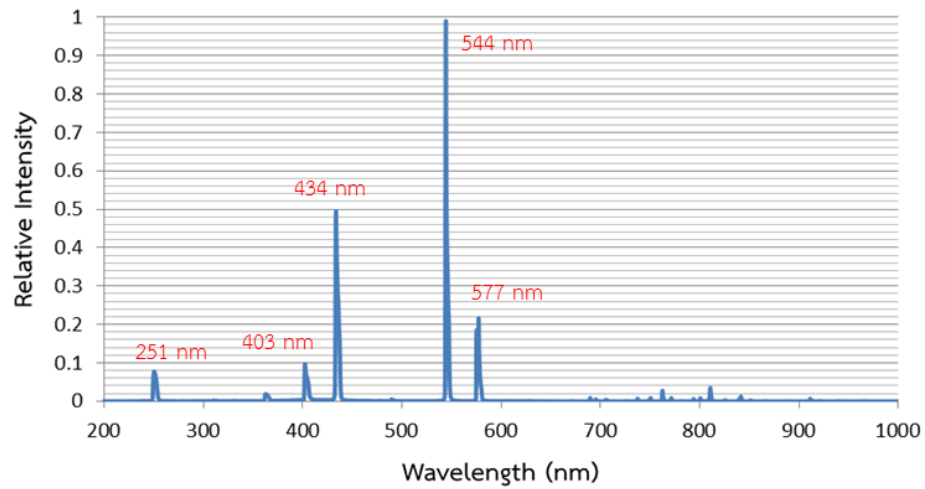
ภาพ 47 มุมและระยะสำหรับเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวตัวที่ 2

จากผลการทดลองของ sensors ทั้ง 2 ตัว จะเห็นได้ว่ามีระยะการตรวจจับที่ใกล้เคียงกันและมีมุมการตรวจจับที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดที่มุมตั้งแต่ -45 ถึง +45 องศาเหมือนกัน

4.3 คุณสมบัติทางแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC

4.3.1 การตรวจวัดสเปกตรัมแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC

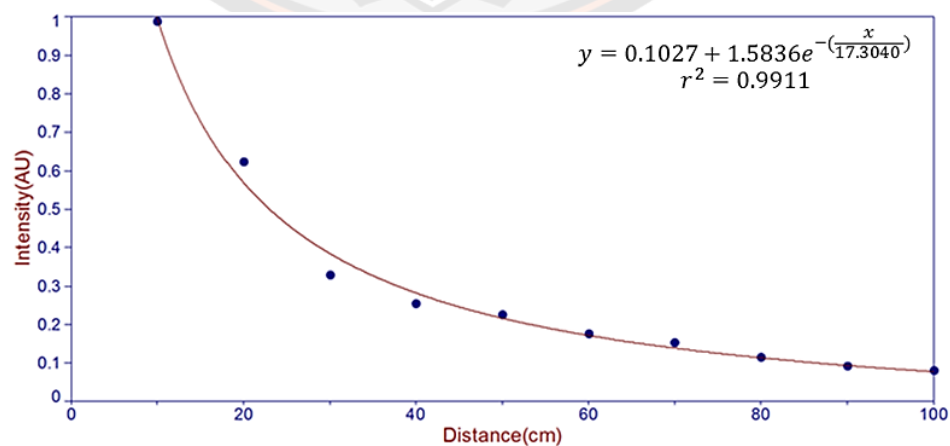
ผลการทดลองที่ 2 จากการตรวจวัดสเปกตรัมแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC ที่มีกำลังไฟ 8 วัตต์ ที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์ทั้งหมด 4 ยี่ห้อ ได้แก่ Lamptan Osram Philips และ Tokiva โดยใช้ Spectrometer ในการตรวจวัดสเปกตรัมแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC พบว่า แสงที่เปล่งออกมามีสีน้ำเงินเขียว (cyan) และมีความยาวคลื่นในช่วง 251-577 nm ซึ่งความยาวคลื่น 251 nm อยู่ในช่วงความยาวคลื่นของรังสี UVC เหมือนกันทั้งหมด 4 ยี่ห้อ ดังภาพ 48



ภาพ 48 ผลการตรวจวัดสเปกตรัมของแสงจากแหล่งกำเนิดรังสียูวีซี

4.3.2 การตรวจวัดความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC ที่ระยะต่างๆ

ผลการทดลองที่ 3 จากการตรวจวัดความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC ที่ระยะต่างๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC กับระยะ โดยที่ตรวจวัดเฉพาะช่วงความยาวคลื่น 251 nm โดยนำ fiber optic ส่งไปที่กึ่งกลางของแหล่งกำเนิดแสงและใช้ Spectrometer ในการตรวจวัดความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC พบว่า ความเข้มของรังสี UVC จะลดลงเมื่อระยะห่างเพิ่มมากขึ้น เป็นไปตาม exponential function ดังภาพ 49 ซึ่งผลการทดลองนี้มีความคล้ายกับผลการทดลองของ Wan Syazlin Wan Yunoh et al. (2021) ที่ได้ทำการตรวจวัดความเข้มแสงของผลิตภัณฑ์ UVGI 6 ตัวอย่าง (17)



ภาพ 49 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ UVC และระยะ

โดยปกติแล้วการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับระยะนั้น จะใช้ “กฎกำลัง-สองผกผัน” (Inverse Square Law) ในการวิเคราะห์ข้อมูล แต่เนื่องจากข้อจำกัดของกฎกำลังสองผกผันนั้นใช้ได้กับแหล่งกำเนิดแสงแบบจุดหรือทรงกลมเท่านั้น (18) หากเป็นแหล่งกำเนิดรูปทรงแบบอื่นๆจะใช้สมการนี้อธิบายไม่ได้ จากการพล็อตกราฟด้วยกฎกำลังสองผกผันพบว่า Curve fitting ของกราฟไม่ใกล้เคียงกับข้อมูลการทดลอง จึงต้องอธิบายผลการตรวจวัดความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC ที่ระยะต่างๆ ด้วยสมการ exponential function

4.4 การตรวจวัดความเข้มของโอโซนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดรังสี UVC

ผลการทดลองที่ 4 จากการตรวจวัดปริมาณโอโซนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดรังสี UVC ในขณะที่เปิดแหล่งกำเนิดรังสี UVC และหลังปิดแหล่งกำเนิดไปจนถึงช่วงที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต โดยใช้ Ozone meter ในการตรวจวัดปริมาณโอโซน ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง

จากการวิเคราะห์ปริมาณโอโซนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดรังสี UVC ในขณะที่เปิดแหล่งกำเนิดรังสี UVC และหลังปิดแหล่งกำเนิดไปจนถึงช่วงที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อหาปริมาณโอโซนเฉลี่ย แสดงดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงความเข้มข้นของไอโซนที่ตรวจวัดได้ในตู้ทดลองปิดสนิท

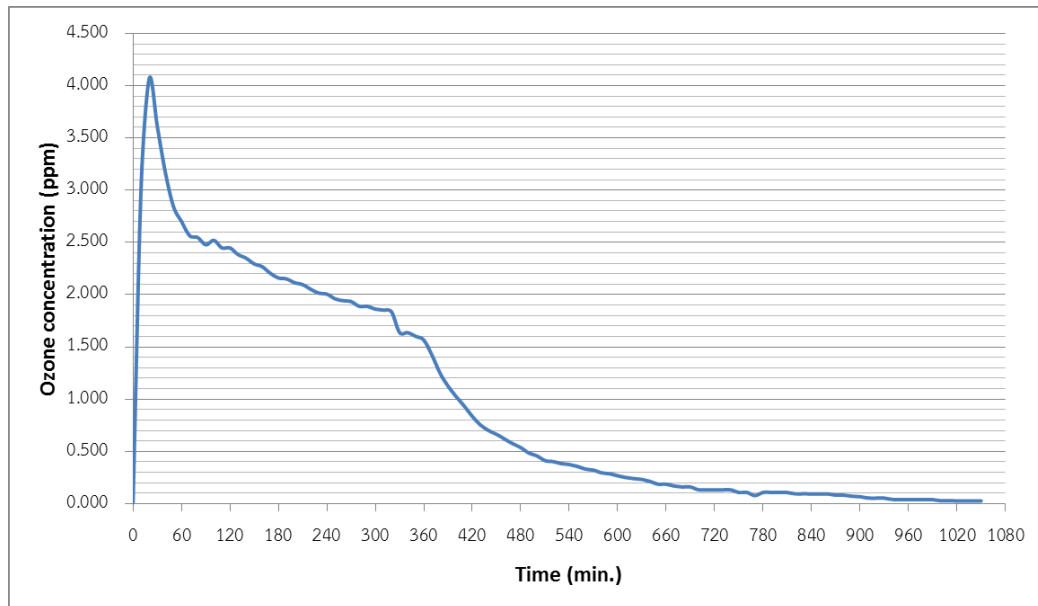
เวลา (นาที)	ครั้งที่ 1 (ppm)	ครั้งที่ 2 (ppm)	ครั้งที่ 3 (ppm)	เฉลี่ย (ppm)	S.D.
280	1.890	1.888	1.889	1.889	0.001
290	1.888	1.890	1.888	1.889	0.001
300	1.862	1.863	1.862	1.862	0.001
310	1.836	1.861	1.862	1.853	0.015
320	1.834	1.836	1.836	1.835	0.001
330	1.782	1.618	1.512	1.637	0.136
340	1.673	1.673	1.565	1.637	0.062
350	1.565	1.619	1.620	1.601	0.031
360	1.565	1.566	1.565	1.565	0.001
370	1.430	1.431	1.404	1.422	0.015
380	1.269	1.240	1.240	1.250	0.017
390	1.134	1.107	1.134	1.125	0.016
400	1.025	1.025	1.025	1.025	0.000
410	0.945	0.944	0.916	0.935	0.016
420	0.835	0.836	0.836	0.836	0.001
430	0.753	0.755	0.755	0.754	0.001
440	0.700	0.701	0.701	0.701	0.001
450	0.673	0.674	0.645	0.664	0.016
460	0.619	0.619	0.619	0.619	0.000
470	0.592	0.566	0.565	0.574	0.015
480	0.537	0.537	0.537	0.537	0.000
490	0.485	0.485	0.485	0.485	0.000
500	0.457	0.458	0.458	0.458	0.001
510	0.431	0.403	0.404	0.413	0.016
520	0.404	0.403	0.404	0.404	0.001
530	0.402	0.377	0.375	0.385	0.015

เวลา (นาที)	ครั้งที่ 1 (ppm)	ครั้งที่ 2 (ppm)	ครั้งที่ 3 (ppm)	เฉลี่ย (ppm)	S.D.
540	0.376	0.376	0.375	0.376	0.001
550	0.376	0.348	0.349	0.358	0.016
560	0.350	0.322	0.323	0.332	0.016
570	0.321	0.323	0.321	0.322	0.001
580	0.295	0.296	0.296	0.296	0.001
590	0.269	0.296	0.295	0.287	0.015
600	0.268	0.269	0.267	0.268	0.001
610	0.269	0.242	0.241	0.251	0.016
620	0.240	0.240	0.241	0.240	0.001
630	0.242	0.242	0.213	0.232	0.017
640	0.214	0.213	0.213	0.213	0.001
650	0.187	0.188	0.187	0.187	0.001
660	0.186	0.187	0.188	0.187	0.001
670	0.187	0.161	0.160	0.169	0.015
680	0.161	0.160	0.161	0.161	0.001
690	0.161	0.160	0.160	0.160	0.001
700	0.133	0.134	0.134	0.134	0.001
710	0.134	0.133	0.132	0.133	0.001
720	0.133	0.132	0.132	0.132	0.001
730	0.132	0.132	0.133	0.132	0.001
740	0.133	0.132	0.132	0.132	0.001
750	0.107	0.108	0.109	0.108	0.001
760	0.107	0.108	0.109	0.108	0.001
770	0.018	0.107	0.109	0.078	0.052
780	0.109	0.107	0.108	0.108	0.001
790	0.109	0.108	0.107	0.108	0.001
800	0.107	0.107	0.107	0.107	0.000
810	0.107	0.107	0.107	0.107	0.000

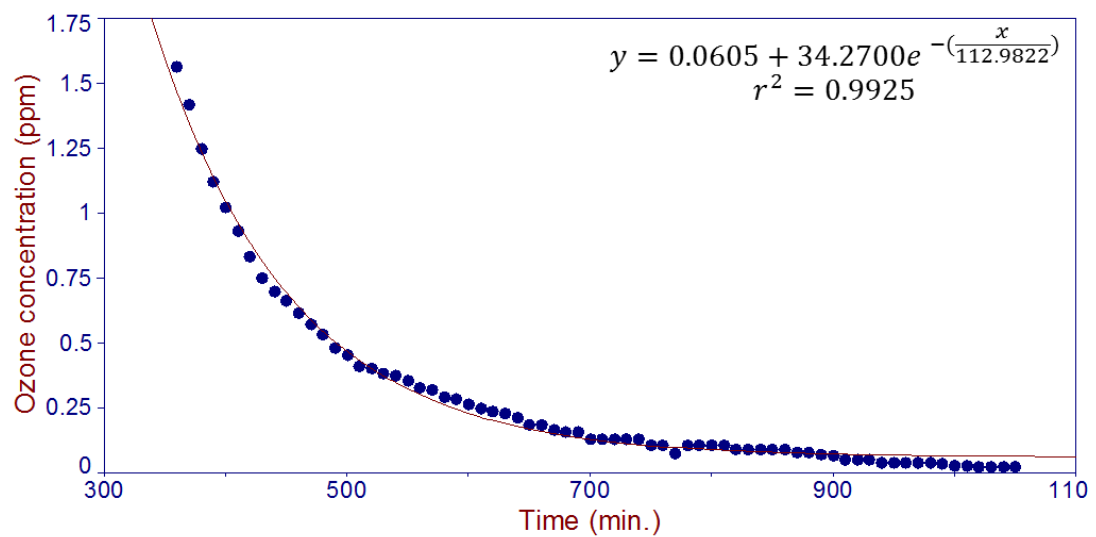
เวลา (นาที)	ครั้งที่ 1 (ppm)	ครั้งที่ 2 (ppm)	ครั้งที่ 3 (ppm)	เฉลี่ย (ppm)	S.D.
820	0.094	0.095	0.095	0.095	0.001
830	0.094	0.095	0.095	0.095	0.001
840	0.094	0.094	0.094	0.094	0.000
850	0.094	0.093	0.093	0.093	0.001
860	0.094	0.094	0.094	0.094	0.000
870	0.082	0.082	0.082	0.082	0.000
880	0.081	0.081	0.082	0.081	0.001
890	0.081	0.068	0.067	0.072	0.008
900	0.068	0.067	0.067	0.067	0.001
910	0.054	0.054	0.055	0.054	0.001
920	0.053	0.054	0.054	0.054	0.001
930	0.053	0.054	0.053	0.053	0.001
940	0.041	0.041	0.041	0.041	0.000
950	0.039	0.041	0.040	0.040	0.001
960	0.040	0.040	0.040	0.040	0.000
970	0.039	0.040	0.040	0.040	0.001
980	0.039	0.040	0.040	0.040	0.001
990	0.039	0.039	0.039	0.039	0.000
1000	0.028	0.029	0.029	0.029	0.001
1010	0.029	0.029	0.028	0.029	0.001
1020	0.027	0.027	0.028	0.027	0.001
1030	0.027	0.028	0.027	0.027	0.001
1040	0.027	0.028	0.027	0.027	0.001
1050	0.027	0.027	0.028	0.027	0.001

จากการวิเคราะห์ปริมาณไอโซนเฉลี่ย ดังภาพ 50 พบว่า ปริมาณไอโซนสูงสุดที่ตรวจวัดได้มีค่า 4.069 ppm เมื่อเปิดแหล่งกำเนิดไปเป็นเวลา 20 นาที ในขณะที่เปิดแหล่งกำเนิดอยู่ มีการสลายตัวของไอโซนเกิดขึ้นเนื่องจากพลังงานของไอโซนไม่เสถียร หลังจากปิดแหล่งกำเนิด

โอโซนภายในตู้ทดลองใช้เวลาประมาณ 11 ชม. ในการสลายตัวกลับไปเป็นออกซิเจน จากการวิเคราะห์การสลายตัวของโอโซนเป็นไปตาม exponential function ดังภาพ 51



ภาพ 50 กราฟแสดงความเข้มข้นของโอโซนเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้ในตู้ปิดสนิท



ภาพ 51 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโอโซนหลังปิดแหล่งกำเนิดและเวลา

ปริมาณกับการกำจัดเชื้อโรคต่างๆ (19)

1. ไวรัส ปริมาณไอโชน 0.5 - 1.5 ppm สามารถกำจัดเชื้อไวรัสได้ 99% โดยระยะเวลาการฆ่าเชื้อต้องไม่น้อยกว่า 4 นาที

2. แบคทีเรีย ปริมาณไอโชนที่ใช้ในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของแบคทีเรีย โดยทั่วไปไอโชนเข้มข้น 10 ppm สามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียได้ 99% โดยระยะเวลาการฆ่าเชื้ออย่างน้อย 10 นาที

3. เชื้อรา ปริมาณไอโชนที่ใช้กับเชื้อราจะต้องใช้ปริมาณไอโชนมากกว่าการใช้กับเชื้อไวรัสและเชื้อแบคทีเรีย เนื่องจากเชื้อรามีการสร้างสปอร์ฉะนั้นในการกำจัดเชื้อรา 99 % ต้องใช้ปริมาณไอโชนประมาณ 20 ppm ที่ระยะเวลาการฆ่าเชื้อ อย่างน้อย 30 นาที

จากข้อมูลข้างต้นทำให้ทราบว่าไอโชนที่ถูกสร้างขึ้นด้วยแหล่งกำเนิดรังสี UVC อยู่ในวงที่สามารถฆ่าเชื้อโรคได้และเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เนื่องจากปริมาณไอโชนที่ตรวจวัดได้นั้นสูงถึง 4.069 ppm



บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

ระบบฆ่าเชื้อโรคที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานร่วมกับโมดูลนาฬิกาแบบเวลาจริงและเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวสามารถควบคุมการทำงานของแหล่งกำเนิดรังสี UVC ด้วยกำลังสูงสุด 2 kW เวลาในการทำงานสามารถตั้งค่าได้ที่กล่องควบคุม ระบบสามารถปิดการทำงานได้เมื่อเซนเซอร์ตรวจพบการเคลื่อนไหว ผลของเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวมีระยะการตรวจจับประมาณ 11 ม. ที่มุม 0 องศา โดยมีระยะตรวจจับมากกว่า 3 ม. ที่ -45 ถึง 45 องศา ซึ่งจะเหมาะสำหรับการติดตั้งเหนือประตู

คุณสมบัติทางแสงของแหล่งกำเนิด UVC 8 W รวมถึงแสงสีฟ้าที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 251 ถึง 577 nm โดยที่จุดสูงสุดของสเปกตรัม UVC จะอยู่ที่ความยาวคลื่น 251 nm ความเข้มของ UVC จะลดลงตามระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเป็นไปตามฟังก์ชันแบบ exponential เนื่องจากข้อจำกัดของกฎกำลังสองผกผันนั้นใช้ได้กับแหล่งกำเนิดแสงแบบจุดหรือทรงกลมเท่านั้น หากเป็นแหล่งกำเนิดรูปทรงอื่นๆจะใช้สมการนี้อธิบายไม่ได้ จากการพล็อตกราฟด้วยกฎกำลังสองผกผัน พบว่า Curve fitting ของกราฟไม่ใกล้เคียงกับข้อมูลการทดลอง จึงต้องอธิบายผลการตรวจวัดความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดรังสี UVC ที่ระยะต่างๆ ด้วยฟังก์ชันแบบ exponential

นอกจากนี้แหล่งกำเนิดแสง UVC ยังสามารถทำให้ออกซิเจนในอากาศแตกตัวเป็นโอโซนได้ ซึ่งความเข้มของโอโซนในระบบการทดลองที่ตรวจวัดได้มีค่าสูงสุดที่ 4.069 ppm หลังจากปิดแหล่งกำเนิด โอโซนภายในตู้ทดลองใช้เวลาประมาณ 11 ชม. ในการสลายตัวกลับไปเป็นออกซิเจน ซึ่งการสลายตัวของโอโซนเป็นไปตามฟังก์ชันแบบ exponential

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อจำกัดของเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (PIR) จากการทดลองพบว่า เมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่ผ่านหน้าเซนเซอร์ ระบบจะปิดการทำงานของแหล่งกำเนิดรังสี UVC เมื่อเวลาผ่านไปตามที่ตั้งค่าไว้ระบบจะกลับมาทำงานตามปกติ ถ้าวัตถุนั้นยังมีการเคลื่อนไหวอยู่ระบบก็จะทำการปิดการทำงานของแหล่งกำเนิดรังสี UVC ต่อไป หลังจากที่ระบบปิดการทำงานของแหล่งกำเนิดรังสี UVC แต่ “วัตถุนั้นไม่มีการเคลื่อนไหวทำให้เซนเซอร์ไม่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ เมื่อเวลาผ่านไประบบจะกลับมาทำงานตามปกติ” ด้วยข้อจำกัดนี้อาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยงได้
2. การตั้งเวลาการทำงานของระบบในการพัฒนาระบบครั้งต่อไป ควรใช้ Keypad เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น
3. การป้องกันอันตรายจากโอโซนในการพัฒนาระบบครั้งต่อไป ควรเพิ่มเซนเซอร์ตรวจวัดโอโซนเนื่องจากแหล่งกำเนิดรังสี UVC ที่ใช้นั้นสามารถทำให้ออกซิเจนในอากาศแตกตัวเป็นโอโซนได้ จึงจำเป็นต้องเพิ่มเซนเซอร์ตรวจวัดโอโซนเพื่อความปลอดภัยในการใช้งานระบบฆ่าเชื้อโรค
4. การใช้โอโซนในการควบคุมอากาศให้บริสุทธิ์ (ขณะมีคนอยู่) ปริมาณโอโซนที่ใช้ไม่ควรเกิน 0.2 ppm เพราะป้องกันผลกระทบทางร่างกายที่อาจเกิดขึ้นได้ถ้าใช้โอโซนในความเข้มข้นที่สูงเกินไป แต่ปริมาณโอโซนต้องมากกว่าข้อมูลด้านความปลอดภัย เนื่องจากโอโซนส่วนใหญ่จะสลายตัวไปและโอโซนบางส่วนจะทำปฏิกิริยากับสารเคมีและเชื้อโรคต่างๆนี้ ปริมาณโอโซนขนาด 0.2 ppm นี้ไม่สามารถกำจัดเชื้อโรคและสารพิษต่างๆได้ทั้งหมด แต่เป็นการควบคุมปริมาณ เชื้อโรคและสารพิษให้มีปริมาณที่มากเกินไป

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

1. Kowalski W. Chapter 4 UV Rate Constants. In: Ultraviolet germicidal irradiation handbook. New York: Springer; 2009
2. Han J, Dong X. Stability of SARS coronavirus in human specimens and environment and its sensitivity to heating and UV irradiation. Biomedical and Environmental Sciences. [Internet]. 2003 [cited 2020 Nov 13]; 16: 246-255. Available from:
https://www.researchgate.net/publication/8995908_Stability_of_SARS_Coronavirus_in_Human_Specimens_and_Environment_and_Its_Sensitivity_to_Heating_and_UV_Irradiation
3. Kowalski W. Chapter 2 UVGI Disinfection Theory. In: Ultraviolet germicidal irradiation handbook New York: Springer; 2009.
4. ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [อินเทอร์เน็ต]. 2546 [สืบค้นเมื่อวันที่ 16 ก.ย. 2563] จาก:
http://www.pw.ac.th/emedial/media/science/lesa/3/nature_ligth/em_property/em_property.html
5. Dynamic Air Quality Solutions. What is UV Light? [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [สืบค้นเมื่อวันที่ 16 ก.ย. 2563] จาก:
<https://www.dynamicaqs.com/residential/indoor-air-quality/air-quality-importance/uv-light>
6. Kowalski W. Chapter 5 UVGI Lamps and Fixtures. In: Ultraviolet germicidal irradiation handbook New York: Springer; 2009.
7. ThaiEasyElec. บทความ Arduino คืออะไร. [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [สืบค้นเมื่อวันที่ 16 ก.ย. 2563] จาก: <https://blog.thaieasyelec.com/what-is-arduino-ch1/>
8. INNO INS. CO.,LTD. ความรู้เรื่อง Timer. [อินเทอร์เน็ต]. 2553 [สืบค้นเมื่อวันที่ 16 ก.ย. 2563] จาก: <http://www.inno-ins.com/14052173/ความรู้เรื่อง-timer>
9. Choonewza. Real Time Clock (RTC) คืออะไร? [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [สืบค้นเมื่อวันที่ 16 ก.ย. 2563] จาก:

<https://choonewza.medium.com/cat-lora-starter-kit->

[%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88-7-%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%B4%E0%B9%88%E0%B8%A1-real-time-clock-module-6dfc110ae994](https://choonewza.medium.com/cat-lora-starter-kit-%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88-7-%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%B4%E0%B9%88%E0%B8%A1-real-time-clock-module-6dfc110ae994)

10. INVENTOR.IN.TH. sensor ตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรด [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [สืบค้นเมื่อวันที่ 16 ก.ย. 2563] จาก:
<https://www.inventor.in.th/home/sensor-ตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรด/>
11. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE Resources Available to Address COVID-19 Concerns. Atlanta, GA; 2020.
12. K Narita, K Asano, K Naito, H Ohashi, M Sasaki, Y Morimoto, et al. Ultraviolet C light with wavelength of 222 nm inactivates a wide spectrum of microbial pathogens. *Journal of Hospital Infection* [Internet]. 2020 [cited 2020 Dec 24]; 105:459-467 Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.03.030>
13. Bhardwaj SK, Singh H, Deep A, Khatri M, Bhaumik J, Kim K, et al. UVC-based photoinactivation as an efficient tool to control the transmission of coronaviruses. *Science of the Total Environment*. [Internet]. 2021 [cited 2021 Oct 8]; 792: 148548. Available from:
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148548>
14. Yun J, Lee S. Human Movement Detection and Identification Using Pyroelectric Infrared Sensors. *Sensors*. [Internet]. 2014 [cited 2021 Nov 24]; 14(5): 8057-8081. Available from: <https://doi.org/10.3390/s140508057>
15. Verma M, Kaler R S. , Singh M. Sensitivity enhancement of Passive Infrared (PIR) sensor for motion detection. *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*. [Internet]. 2021 [cited 2021 Oct 8]; 244: 167503. Available from:
<https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2021.167503>
16. McClurkin J D, Maier D E, Ileleji K E. Half-life time of ozone as a function of air movement and conditions in a sealed container. *Journal of Stored Products Research*. [Internet]. 2013 [cited 2021 Oct 31]; 55: 41-17. Available from:
<https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.07.006>

17. Yunoh W, Tukimin R, Mat Isa N, Hamzah M Y, Halim K. A study on UVC irradiance emitted by various types of UVGI products. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. [Internet]. 2021 [cited 2022 Oct 20]; 1106 p 012008. Available from: DOI 10.1088/1757-899X/1106/1/012008
18. Ryer A. 7 Measurement Geometries. In: Light measurement handbook. International Light Inc; 1998 29-38.
19. U.S. Environmental Protection Agency. Ozone Generators that are Sold as Air Cleaners. [อินเทอร์เน็ต]. 2546 [สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ต.ค. 2565] จาก:
<https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/ozone-generators-are-sold-air-cleaners>





ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยนครพนม

โปรแกรมการทำงานของระบบ

```
#include <DS3231.h>
#include <SimpleTimer.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <EEPROM.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
SimpleTimer timer;

#define PIR1_pin 2
#define PIR2_pin 3

#define Relay 8

#define PB_Hr 4 //RED
#define PB_Mn 5 //GREEN

#define SL_on 6
#define SL_off 7

DS3231 rtc(SDA, SCL);
Time t;

int OnHour; //SET TIME TO ON RELAY (24 HOUR FORMAT)
int OnMin;
int OffHour; //SET TIME TO OFF RELAY
int OffMin;

bool PIR1_State;
```

```
bool PIR2_State;
bool State_Timer;

bool SL_on_State;
bool SL_off_State;

bool PB_Hr_State;
bool PB_Mn_State;

bool PB_Hr_State_LS;
bool PB_Mn_State_LS;

int check_PB1;
int check_PB2;

String stateDis;
String stateOffSTR = "UVC Lamp : OFF  ";
String stateOnSTR = "UVC Lamp : ON  ";
String TimeSTR;

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  lcd.begin();
  rtc.begin();
  //rtc.setTime(14, 26, 00); // Set the time to 12:00:00 (24hr format)
  //rtc.setDate(01, 10, 2021); // Set the date to January 1st, 2014
  lcd.backlight();
  pinMode(Relay, OUTPUT);

  pinMode(PIR1_pin, INPUT_PULLUP);
```

```
pinMode(PIR2_pin, INPUT_PULLUP);

pinMode(PB_Hr, INPUT_PULLUP);
pinMode(PB_Mn, INPUT_PULLUP);

pinMode(SL_off, INPUT_PULLUP);
pinMode(SL_on, INPUT_PULLUP);

digitalWrite(Relay, HIGH);

OnHour = EEPROM.read(0);
OnMin = EEPROM.read(2);
OffHour = EEPROM.read(4);
OffMin = EEPROM.read(6);

State_Timer = 1;

timer.setInterval(100, ReadTime);
timer.setInterval(1000, DisplayLCD);
}

void ReadTime() {
  PIR1_State = digitalRead(PIR1_pin);
  PIR2_State = digitalRead(PIR2_pin);

  SL_on_State = digitalRead(SL_on);
  SL_off_State = digitalRead(SL_off);

  PB_Hr_State = digitalRead(PB_Hr);
  PB_Mn_State = digitalRead(PB_Mn);
```

```
Serial.print(t.hour);
Serial.print(":");
Serial.print(t.min);
Serial.print("\t");
Serial.print(PIR1_State);
Serial.print(",");
Serial.print(PIR2_State);
Serial.print(",");
Serial.print(SL_on_State);
Serial.print(",");
Serial.print(SL_off_State);
Serial.print(",");
Serial.print(PB_Hr_State);
Serial.print(",");
Serial.println(PB_Mn_State);
}

void DisplayLCD() {
  t = rtc.getTime();

  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print(" CONTROL SYSTEM ");

  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(rtc.getTimeStr());
  lcd.print(" ");
  lcd.print(rtc.getDateStr());

  lcd.setCursor(10, 1);
  lcd.print("ON : ");
  if (OnHour < 10) lcd.print("0");
```

```

lcd.print(OnHour); lcd.print(":");
if (OnMin < 10) lcd.print("0"); lcd.print(OnMin);
lcd.setCursor(10, 2);
lcd.print("OFF: ");
if (OffHour < 10) lcd.print("0");
lcd.print(OffHour); lcd.print(":");
if (OffMin < 10) lcd.print("0"); lcd.print(OffMin);

lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print(stateDis);
}

void loop() {
  timer.run();
  //////////////////////////////////////Setting Time ON////////////////////////////////////
  if (SL_on_State == 0) {
    lcd.setCursor(9, 1); lcd.print(">");
    lcd.setCursor(9, 2); lcd.print(" ");
    if (PB_Hr_State != PB_Hr_State_LS) {
      if (PB_Hr_State == 0) {
        check_PB1 = 1;
        OnHour++;
        EEPROM.write(0, OnHour);
      } else {
        check_PB1 = 0;
      }
    }
  }
  PB_Hr_State_LS = PB_Hr_State;

  if (PB_Mn_State != PB_Mn_State_LS) {
    if (PB_Mn_State == 0) {

```



```

    check_PB2 = 1;
    OnMin++;
    EEPROM.write(2, OnMin);
} else {
    check_PB2 = 0;
}
}
PB_Mn_State_LS = PB_Mn_State;
}
////////////////////Setting Time OFF////////////////////
if (SL_off_State == 0) {
    lcd.setCursor(9, 1); lcd.print(" ");
    lcd.setCursor(9, 2); lcd.print(">");
    if (PB_Hr_State != PB_Hr_State_LS) {
        if (PB_Hr_State == 0) {
            check_PB1 = 1;
            OffHour++;
            EEPROM.write(4, OffHour);
        } else {
            check_PB1 = 0;
        }
    }
    PB_Hr_State_LS = PB_Hr_State;

    if (PB_Mn_State != PB_Mn_State_LS) {
        if (PB_Mn_State == 0) {
            check_PB2 = 1;
            OffMin++;
            EEPROM.write(6, OffMin);
        } else {
            check_PB2 = 0;
        }
    }
}

```

```

    }
  }
  PB_Mn_State_LS = PB_Mn_State;
}

if (OnHour > 23) {
  OnHour = 0;
} else if (OnMin > 59) {
  OnMin = 0;
} else if (OffHour > 23) {
  OffHour = 0;
} else if (OffMin > 59) {
  OffMin = 0;
}

if (t.hour == OnHour && t.min == OnMin) {
  State_Timer = 0; //ON Relay
  // Serial.print("PIR Non detector : ");
  // Serial.println("LIGHT ON");
}

else if (t.hour == OffHour && t.min == OffMin) {
  State_Timer = 1; //OFF Relay
  // Serial.print("PIR Non detector : ");
  // Serial.println("LIGHT OFF");
}

if (PIR1_State == 1 || PIR2_State) {
  digitalWrite(Relay, HIGH);
  stateDis = stateOffSTR;
  Serial.print("Detected : ");

```

```
// Serial.println("LIGHT OFF");
delay(5000);
}
else {
  digitalWrite(Relay, State_Timer);
  if (State_Timer == 0) {
    stateDis = stateOnSTR;
  }
  else {
    stateDis = stateOffSTR;
  }
}

Serial.println();
Serial.println("62062051");
Serial.println();
delay(10000);
}
```

