การพัฒนาระบบเตือนภัยส่วนบุคคลจากสภาพแวดล้อมในการทำงานก่อสร้าง

Developing Personal Warning System for Construction Environment Hazards

ผู้แต่ง กมลวิทย์ เรืองวงศ์วิทยา[1] กาญจนชัย ธนวิพุธ[2] จิรายุ สมเจริญสิน[3] และ ผศ.ดร.วัชระ เพียรสุภาพ[4]

[1,2,3,4] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

โครงการก่อสร้างประกอบด้วยกิจกรรมที่อาจเป็นสาเหตุของการเกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ไม่ว่าจะเป็นอันตรายจากความร้อน ความชื้น ฝุ่นละออง และความดังของเสียง หากปริมาณของมลภาวะดังกล่าวเกินค่ามาตรฐานที่องค์กรอนามัยโลกกำหนดอาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานล้มป่วยหรือเสียชีวิตได้ แต่อย่างไรก็ตามยังมีผู้ปฏิบัติงานก่อสร้างที่ขาดการตระหนักในการสวมอุปกรณ์ป้องกันหรือการที่ผู้ปฏิบัติงานนั้นไม่สามารถทราบระดับความรุนแรงของมลภาวะดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงได้ทำการพัฒนาระบบเตือนภัยส่วนบุคคลจากสภาพแวดล้อมในการทำงานก่อสร้าง โดยการนำเทคโนโลยี Internet of things (IoT) มาประยุกต์ใช้ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์วัดค่ามลภาวะ จากนั้นทำการเขียนคำสั่งเพื่อควบคุมอุปกรณ์ดังกล่าวผ่านโปรแกรม Arduino IDE เพื่อเก็บข้อมูลมลภาวะในช่วงระยะเวลาที่ผู้ใช้งานปฏิบัติงานก่อสร้าง และแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบหากมีมลภาวะเกินค่ามาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด

Abstract

The construction project consists of activities that may cause hazards to workers, be it the hazards from heat, humidity, dust, or sound level, if the amount of them exceeds the standards as designated by the World Health Organization, it may cause the workers can be fatal. However, there are some workers lacking awareness of wearing protective equipment or the workers cannot know the level of the hazards. Therefore this research has developed the system by using Internet of things technology. The equipment of the research consist of microcontroller board and sensors under the control of Arduino IDE program to collect hazards data during the period of working and notify to the workers if the level of the hazards exceeds the standards.

1. บทนำ

โครงการก่อสร้างประกอบด้วยกิจกรรมที่เป็นสาเหตุของการเกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน เช่น การตัดคอนกรีตก่อให้เกิดฝุ่นละอองและเสียง การกระแทกของเครื่องจักรก่อให้เกิดเสียงและการทำงานในที่อับชื้นก่อให้เกิดการขาดอากาศหายใจ จากการศึกษาของ Stuart&Vina (2004) ได้ทดลองหาปริมาณของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นในบริเวณสถานที่ก่อสร้าง โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ไว้ โดยรอบบริเวณสถานที่ก่อสร้าง 3 ตำแหน่ง โดยเริ่มทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เริ่มต้นโครงการจนโครงการก่อสร้างแล้วเสร็จ สามารถแสดงเป็นปริมาณค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ใน 1 วันโดยแบ่งตามช่วงกิจกรรมของการก่อสร้างได้ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 1 ปริมาณค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ใน 1 วัน

Activity at site	Mean 24-hour PM10 Concentration (μg/m^3)		
	Station 1	Station 2	Station 3
Site preparation	20	13.7	16
Soft stripping of building	22.9	15.3	17.6
Demolition	24.1	14.3	15.8
Sheet piling & Earthwork	22.3	13.3	14.7
Levelling & Stabilization	19.8	13.6	15.2

Auger piling & Foundation work	18.5	12.5	14.2
Brick blockwork & other general construction work	19.6	14.6	17.5
Total period	21.3	14.6	16.6

จากตารางข้างต้น แม้ว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จะมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกได้กำหนดไว้คือ 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แต่พบว่าในแต่ละช่วงของการทำงานของแต่ละกิจกรรมก่อนที่จะนำมาคิดค่าเฉลี่ย พบว่ามีช่วงเวลาที่มีค่าเกินมาตรฐานในทุกๆ ช่วงของกิจกรรมในการก่อสร้าง ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีฝุ่นละอองเกินค่ามาตรฐานจากบริเวณที่มีการก่อสร้าง

จากการศึกษาของ (L.W. Canter,1982) ได้ทดลองหาความดังของเสียงที่เกิดขึ้นในบริเวณสถานที่ก่อสร้าง สามารถประมาณค่าความดังของเสียงที่เกิดขึ้นในช่วงกิจกรรมของการก่อสร้าง เรียงลำดับจากน้อยไปมากได้ดังนี้ การขุดเจาะและการขึ้นโครงสร้างมีค่าระดับเสียงประมาณ 79 dB(A) การเตรียมพื้นที่มีค่าระดับเสียงประมาณ 83 dB(A) การเก็บงานและตกแต่งมีค่าระดับเสียงประมาณ 84 dB(A) และการทำฐานรากมีค่าระดับเสียงประมาณ 88 dB(A) แสดงให้เห็นว่าการทำฐานรากมีความดังของเสียงเกินค่ามาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกได้กำหนดไว้คือ 85 dB(A)

จากรายงานสถานการณ์โรคและภัยสุขภาพจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมในปี พ.ศ.2560 พบผู้ป่วยโรคจากความร้อนจากการทำงานจำนวน 103 ราย กลุ่มอาชีพที่พบผู้ป่วยมากที่สุดคือ กลุ่มอาชีพรับจ้างทั่วไป ซึ่งผู้ปฏิบัติงานก่อสร้างจัดอยู่ในกลุ่มอาชีพนี้เช่นกัน

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่างานก่อสร้างเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดอันตรายและปัญหาสุขภาพต่อผู้ปฏิบัติงานในงานก่อสร้าง โดยสภาพแวดล้อมที่เป็นอันตรายดังกล่าว ทางกระทรวงแรงงานได้ออกกฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับงานก่อสร้าง พ.ศ.2551 กำหนดให้สวมที่กรองอากาศสำหรับครอบจมูกและปากเพื่อป้องกันฝุ่นละออง และสวมปลั๊กลดเสียงหรือครอบหูลดเสียง อย่างไรก็ตามผู้ปฏิบัติงานก่อสร้างขาดการตระหนักในการสวมอุปกรณ์ป้องกัน ดังนั้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์การเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในงานก่อสร้างจึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็น

จากงานวิจัยที่ผ่านมาของ Nghi Dam,Andrew Ricketts,Benjamin Catlett,Justin Henriques (2017) ได้ทำการพัฒนาระบบที่สามารถเก็บข้อมูลปริมาณฝุ่นละออง อุณหภูมิ และความชื้นของสภาพแวดล้อมในขณะปฏิบัติงาน แต่ไม่ได้ทำการพัฒนาระบบที่สามารถเก็บข้อมูลความดังของเสียงซึ่งเป็นอีกหนึ่งปัญหามลพิษที่สำคัญในงานก่อสร้าง และไม่ได้ทำการพัฒนาระบบที่สามารถแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบเมื่อค่ามลพิษมีค่าเกินมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด ซึ่งการแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบถึงความรุนแรงของมลพิษที่เกิดขึ้นขณะปฏิบัติงานเป็นวิธีการที่จะช่วยให้ผู้ใช้งานมีความตระหนักถึงอันตรายจากมลพิษที่เกิดขึ้น

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการพัฒนาระบบเตือนภัยส่วนบุคคล เมื่อสภาพแวดล้อมในการทำงานมีปริมาณความร้อน ความชื้น ฝุ่นละออง และความดังของเสียงเกินค่ามาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด พร้อมทั้งสามารถเก็บข้อมูลปริมาณดังกล่าว ในช่วงระยะเวลาที่ผู้ใช้งานปฏิบัติงานก่อสร้าง เพื่อที่ผู้ใช้งานจะได้ทราบถึงค่ามลพิษจากสภาพแวดล้อมที่ได้รับในแต่ละวัน

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

2.1.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก มีความสามารถคล้ายกับคอมพิวเตอร์ โดยภายในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ และพอร์ตบรรจุไว้ภายในตัวถังเดียวกัน สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้โดยผ่านการออกแบบวงจรให้เหมาะสมกับงานที่เราต้องการ และเขียนโปรแกรมคำสั่งเพื่อควบคุมขา Input/Output ก็จะสามารถควบคุมอุปกรณ์ต่างๆได้ ทั้งทางด้านดิจิตอลและอนาล็อก ในปัจจุบันนี้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำการเชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ตได้ ดังนั้นการสั่งการจึงสามารถสั่งการได้ทั้งระยะใกล้และระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

2.1.2 เซนเซอร์ DHT22(AM2302)

คือ เซนเซอร์สำหรับตรวจจับค่าอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ สามารถวัดอุณหภูมิได้ระหว่าง -40 ถึง 80 องศาเซลเซียส (+/- 0.5 องศาเซลเซียส) และวัดความชื้นในอากาศได้ระหว่าง 20-90% (+/- 2%) สามารส่งข้อมูลได้ทั้งแบบอนาล็อกและดิจิทัล

2.1.3 เซนเซอร์ PMS5003 PM SENSOR

คือ เซนเซอร์สำหรับตรวจจับอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็ก โดยใช้พัดลมขนาดเล็กดูดอากาศเข้ามา แล้วทำการยิงเลเซอร์ เพื่อวัดความกระเจิงของเลเซอร์ที่ยิงผ่านอากาศที่ดูดเข้ามา และใช้เลเซอร์ไดโอดเป็นตัวรับและวัดความเข้มแสงของเลเซอร์ ถ้าแสงกระเจิงมาก แสดงว่ามีปริมาณฝุ่นมาก ในทางตรงกันข้าม ถ้าแสงมีความเข้มสูงหรือไม่มีการกระเจิง แปลว่ามีปริมาณฝุ่นน้อย

2.1.4 เซนเซอร์ KY-037 Sensitive Microphone

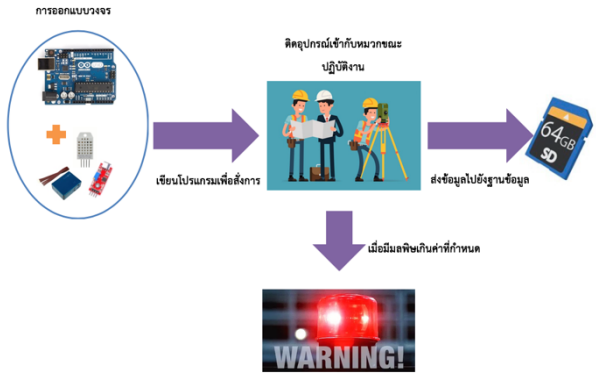
คือ เซนเซอร์ในการตรวจวัดความดังของเสียง โดยแปลงค่าเสียงที่ได้รับเป็นสัญญาณไฟฟ้า สามารถส่งข้อมูลได้ทั้งแบบอนาล็อกและดิจิทัล

2.2 การเขียนโปรแกรม Arduino IDE

การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่นำมาต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นส่วนสำคัญของระบบ ซึ่งซอฟต์แวร์ที่จะใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมและสั่งการคือ ซอฟต์แวร์ Arduino IDE โดยใช้หลักการพื้นฐานของภาษาซี

2.3 แนวคิดในการออกแบบและพัฒนาระบบ

ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นตัวควบคุมและประมวลผล เมื่อประกอบเข้ากับเซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณฝุ่นละออง และความดังของเสียง สามารถนำไปตรวจวัดค่ามลพิษในงานก่อสร้างได้ พร้อมกับเก็บข้อมูลมลพิษดังกล่าวไปยังฐานข้อมูล (การ์ดหน่วยความจำและ Cloud) และตัวอุปกรณ์สามารถแจ้งเตือนด้วยไฟแอลอีดีหากมีค่ามลพิษเกินค่าที่มาตรฐานกำหนด ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แนวคิดในการออกแบบและพัฒนาระบบ

3. การออกแบบและพัฒนาระบบ

3.1 การออกแบบและพัฒนาระบบย่อย

การพัฒนาและทดสอบระบบย่อยประกอบด้วย การพัฒนาระบบวัดอุณหภูมิและความชื้น การพัฒนาระบบวัดปริมาณฝุ่นละออง การพัฒนาระบบวัดระดับความดังของเสียง และการพัฒนาระบบแจ้งเตือน ด้วยไฟแอลอีดี โดยรายละเอียดของแต่ละระบบประกอบด้วยการออกแบบวงจร การเขียนโปรแกรม และการทดสอบระบบย่อยแต่ละส่วน

3.2 การออกแบบและพัฒนาระบบเต็ม

การพัฒนาและทดสอบระบบเต็ม คือการนำระบบย่อยมารวมกันเป็นระบบเดียว และทำการเก็บข้อมูลของแต่ละระบบไปยังฐานข้อมูล โดยวิธีการเก็บข้อมูลมี 2 วิธี ประกอบด้วย วิธีการเก็บข้อมูลลงในการ์ดหน่วยความจำ และวิธีการเก็บข้อมูลลงบน Cloud

4. การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

ทำการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากระบบกับอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิ ความชื้น ฝุ่นละออง และความดังของเสียงโดยเฉพาะ เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของระบบ โดยดูจากค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยกำลังสองของข้อมูลหรือ Root Mean Square

4.1 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ

ทำการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ได้จากระบบกับอุปกรณ์วัดเฉพาะ ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน 9 บริเวณ บริเวณละ 5 ข้อมูล แล้วนำ 5 ข้อมูลดังกล่าวมาหาค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนบริเวณนั้น จากนั้นหาค่าเฉลี่ย,ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยกำลังสองของข้อมูลของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากระบบกับอุปกรณ์วัดเฉพาะ

4.2 การเปรียบเทียบค่าปริมาณฝุ่นละออง PM1 , PM2.5 , PM10

ทำการเปรียบเทียบค่าฝุ่นละอองที่ได้จากระบบกับเครื่อง Xiaomi Mi Air Purifier 2s ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน 3 บริเวณ คือ ภายในตัวอาคาร บริเวณกลางแจ้ง และจุดบุหรี่รอบตัวเครื่อง โดยเก็บบริเวณละ 3 ,3 และ 5 ข้อมูลตามลำดับ จากนั้นหาค่าเฉลี่ย,ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยกำลังสองของข้อมูลของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากระบบกับเครื่อง Xiaomi Mi Air Purifier 2s

4.3 การเปรียบเทียบค่าความดังของเสียง

ทำการเปรียบเทียบค่าจากเซนเซอร์กับแอพพลิเคชัน Decibel : dB sound level โดยการสร้างเสียงรบกวนไปยังเซนเซอร์และโทรศัพท์ทั้งหมด 10 ครั้ง จากนั้นหาค่าเฉลี่ย,ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยกำลังสองของข้อมูลของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากระบบกับแอพพลิเคชัน

5. สรุปผลการทดลอง

5.1 ผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ

ได้ค่าเฉลี่ย,ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยกำลังสองของข้อมูลของผลต่างระหว่างค่าอุณหภูมิที่ได้จากระบบกับอุปกรณ์วัดเฉพาะเท่ากับ 0.27 , 0.93 และ 0.87 ตามลำดับ

ได้ค่าเฉลี่ย,ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยกำลังสองของข้อมูลของผลต่างระหว่างค่าความชื้นที่ได้จากระบบกับอุปกรณ์วัดเฉพาะเท่ากับ 0.35 , 2.64 และ 2.38 ตามลำดับ

โดยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิและความชื้นเท่ากับ 0.93 และ 2.64 ตามลำดับจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิมีความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นน้อยกว่าความชื้นค่อนข้างมาก

5.2 ผลการเปรียบเทียบค่าปริมาณฝุ่นละออง

ได้ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของผลต่างระหว่างค่าอุณหภูมิที่ได้จากระบบกับเครื่อง Xiaomi Mi Air Purifier 2s เท่ากับ 19.5 และ 22.2 ตามลำดับ

5.3 ผลการเปรียบเทียบค่าความดังของเสียง

ได้ค่าเฉลี่ย,ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยกำลังสองของข้อมูลของผลต่างระหว่างค่าความดังของเสียงที่ได้จากระบบกับแอพพลิเคชันเท่ากับ -3.80 , 3.97 และ 4.88 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.วัชระ เพียรสุภาพ ที่ให้คำแนะนำและชี้แนะจนงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] อุมาพร ครองสกุลสุขม, “กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการและดำเนินการ”, [Online]. Available: https://www.tosh.or.th/images/file/2018/power point_138/01.pdf

[2] สุเมธ มโหสถ,“ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน”, [Online].Available:http://cste.sut.ac.th/csteshe/wp-content/lews/Law28.pdf

[3] พรเทพ ศิริวนารังสรรค์, “ประกาศกรมอนามัย เรื่อง มาตรฐานค่าเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า10 ไมครอน”,[Online].Available:http://laws.anamai.moph.go.th/download/article/article_nov58/มาตรฐานค่าเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า%2010%20ไมครอน.pdf

[4] Ibukun, A. Eric, M. Matthew, H., “Wearable technology for personalized construction safety monitoring and trending: Review of applicable devices”, [Online]. Available: https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/science/article/pii/S0926 580517309184

[5] Riad, K. Obaidallah, E. Rofaida, B., “An IoT-based autonomous system for workers' safety in construction sites with real-time alarming, monitoring, and positioning strategies”,[Online].Available:https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/ science/article/pii/S0926580516303946

[6] Stuart, U. and Vina, K. Pollution emissions from construction-a case study. [Client report number218417]. London: Building Research Establishment Ltd. 2004.

[7] Nghi, D. Andrew, R. Benjamin, C. and Justin, H., “Wearable sensors for analyzing personal exposure to air pollution”, [Online].Available:https://ieeexplore.ieee.org/document/7937695