



การพัฒนาต้นแบบระบบถังขยะไอโอทีและระบบจัดเก็บข้อมูลการทิ้งขยะแบบออนไลน์ของ นักเรียนในโรงเรียนระดับประถมศึกษา

The development of IoT smart trash system model for online solid waste management at the primary school

ณิชนีย์ ธัญพรหิรัญ* และ ชุตินารัฐ อุตมะสิริเสนี

กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สำนักศึกษาทั่วไป สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ นนทบุรี 11120

Nitdanee Tanyapornhirun* and Chutitanrat Uttamasiriseni

Department of Sciences and Mathematics, The Office of General Education,

Panyapiwat Institute of Management, Nonthaburi 11120

Received: 2 April 2021/ Revised: 24 June 2021/ Accepted: 28 June 2021

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาต้นแบบระบบถังขยะไอโอทีและจัดเก็บสถิติข้อมูลการทิ้งขยะแบบออนไลน์ของนักเรียนในโรงเรียนระดับประถมศึกษา เป็นระบบที่ใช้ในการจัดเก็บสถิติข้อมูลการทิ้งขยะของนักเรียนโดยมีขั้นตอน ดังนี้ 1) การออกแบบตัวถัง 2) จัดทำระบบตัวถัง 3) จัดทำระบบจัดเก็บข้อมูล โดยได้ออกแบบถังขยะสำหรับทิ้งขยะ 4 ประเภท ได้แก่ ขยะรีไซเคิล ขยะอินทรีย์ ขยะอันตราย และขยะทั่วไป จากนั้นทำการติดตั้งระบบ sensor เพื่อเล่นเสียงแนะนำการทิ้งขยะและระบบเก็บข้อมูลปริมาณและช่วงเวลาในการทิ้งขยะ การจัดเก็บข้อมูลจะแยกเป็นประเภทของขยะทั้ง 4 ประเภทตามชนิดของถัง ซึ่งระบบที่จัดเก็บข้อมูลจะเป็นการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นสถิติการทิ้งขยะแยกตามประเภทของถังขยะ และช่วงเวลาในการทิ้งในแต่ละวัน แสดงผลแบบ dashboard ผ่าน cloud server สามารถเข้าถึงข้อมูลได้แบบ real time ทุกที่ทุกเวลา ทุกอุปกรณ์ ข้อมูลดิบที่ได้มาจะถูกจัดนำมาวิเคราะห์โดยแยกตามประเภทของขยะและความถี่ในการทิ้งขยะ โดยสามารถคิดเป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ทางสถิติได้อย่างครบถ้วน การทดสอบระบบ sensor ที่ใช้เก็บข้อมูลปริมาณและช่วงเวลาในการทิ้งขยะ ทำการทดสอบ พบว่าสามารถแสดงผลจัดเก็บบน cloud server ได้ถูกต้องร้อยละ 100

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง แดชบอร์ด คลาวด์เซิร์ฟเวอร์



Abstract

This research aim to develop a prototype of the IoT trash system and to collect online garbage statistics of students in elementary schools, the steps are as follows: 1) trash body design 2) programing circuit board system 3) create a data storage system by collecting data from 4 types of waste: recyclable waste, organic waste, hazardous waste and general waste, then installed a sensor system connect to the loudspeakers to play a waste separation guide and a system to collect information on the amount and time of dumping garbage. The data collection is categorized into 4 types of trash according to the type of bin. The data storage system is a number of garbage statistics classified by type of trash and the time of dumps each day. The result will show on a dashboard via cloud server which can access the data in real time at anytime, anywhere, any device. The raw data of type of waste and frequency of dumping are tested put trash in different types of bins. The essay found that the results can be stored on the cloud server 100% correct.

Keywords: IoT, Dashboard, Cloud server

บทนำ

ปัจจุบันสถานการณ์ขยะในประเทศไทยมีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมตามมาอย่างมากมาย โดยจากสถิติประเทศไทยติดอันดับที่ 5 ของประเทศที่ปล่อยขยะลงสู่ทะเลมากที่สุดในโลก โดยกว่าครึ่งในปริมาณขยะกว่า 8 ล้านตันที่ไหลลงมหาสมุทรนั้นเป็นพลาสติก ถือเป็นความท้าทายในการจัดการขยะของสังคมไทยลำดับแรก ๆ และต้องไม่ลืมว่า รายละเอียดเกี่ยวกับขยะบ้านเรานั้นมีอะไรซ่อนอยู่มากมาย ตั้งแต่ปริมาณขยะมูลฝอย 23 จังหวัดชายทะเล จากรายงานของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปี พ.ศ. 2560 พบว่ามีกว่า 11 ล้านตัน เข้าสู่กระบวนการจัดการอย่างถูกวิธี 6.8 ล้านตัน และถูกนำไปใช้ประโยชน์อีกราว 3 ล้านตัน ขณะที่ยังมีขยะอีกกว่า 1.5 ล้านตัน มีการกำจัดไม่ถูกต้อง หากเทียบเคียงกับภาพใหญ่ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในประเทศก็จะต้องพบว่า ปริมาณขยะที่สังคมไทยสร้างขึ้นกว่า 27.93 ล้านตัน ต่อปีนั้นถูกกำจัดอย่างถูกวิธีเพียง 10.85 ล้านตัน หรือราว 26 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น [1] ดังนั้นปัญหาขยะของประเทศไทยยังคงเป็นเรื่องที่ต้องให้ความสำคัญ

ขยะที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ทิ้งไม่ถูกที่ ไม่มีการคัดแยกขยะก่อนทิ้ง หรือไม่เข้าใจเรื่องของถังขยะของแต่ละประเภทว่า ถังขยะสีใดทิ้งอะไรได้บ้าง เมื่อทิ้งขยะไม่ถูกประเภทก็จะส่งผลให้เกิดปัญหา โดยสามารถแยกได้เป็น 2 ด้านหลัก คือด้านกายภาพ ได้แก่ ปัญหาปริมาณขยะที่สะสมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเพิ่มความยุ่งยากในการกำจัด ส่งผลให้เกิดปัญหากลิ่นเหม็นรบกวน เป็นต้น และด้านปัญหาทางมลพิษ ได้แก่ การเกิดปัญหาก๊าซมีเทนที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดโลกร้อน รวมไปถึงปัญหาการเกิดก๊าซไดออกซิน (dioxins) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง เป็นต้น อีกทั้งการเก็บรวบรวมของเสียในปัจจุบันไม่สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถึงขยะบางถังอาจล้นถัง ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดโดยไม่จำเป็น ซึ่งทำให้เสียเวลา เสียค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น และเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งหากมีการคัดแยกขยะก่อนทิ้ง หรือปลูกจิตสำนึกในการทำความเข้าใจกับขยะก่อนทิ้ง ส่งเสริม “งดใช้ถุงพลาสติก” ตามที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (ทส.) ได้ออกกฎบังคับใช้ให้ห้างสรรพสินค้า ซูเปอร์มาร์เก็ต และร้านสะดวกซื้องดแจกถุงพลาสติก ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2563 เป็นต้นไป ถือเป็นก้าวแรกของการนำ

ไปสู่การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ภายใต้โรดแมพการจัดการขยะพลาสติก พ.ศ. 2561-2573 โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อลดและเลิกการใช้พลาสติก รวมถึงการนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ประโยชน์ ก็จะสามารถลดปัญหาขยะได้มากขึ้น [2]

ในวงการของการศึกษานั้น เรื่องของขยะในโรงเรียนเป็นปัญหาหนึ่งที่หลายภาคส่วนให้ความสนใจ และต้องการแก้ไขปัญหามาในโรงเรียน อีกทั้งหลาย ๆ โรงเรียนมีการส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องขยะ บูรณาการลงไปในห้องเรียนผ่านสื่อการเรียนการสอนแบบต่าง ๆ โดยมีชุมชนให้ความร่วมมือ โดยเน้นในเรื่องการคัดแยกขยะในโรงเรียนผ่านนวัตกรรมที่จัดสร้างขึ้นและสามารถนำไปบูรณาการเป็นสื่อการเรียนการสอนในชั้นเรียน เพราะปลูกฝังการทิ้งขยะให้ถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญ ปัจจุบันมีการวิจัยมีงานวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาเครื่องแยกขยะอัจฉริยะขึ้นเพื่อเป็นการปลูกฝังให้เด็กรุ่นใหม่ตระหนักถึงการแยกขยะโดยคำนวณเงินตามปริมาณขยะแต่ละประเภท [3] อีกทั้งยังมีงานวิจัยที่นำเทคโนโลยีมาพัฒนาเรื่องขยะโดยออกแบบถังขยะอัจฉริยะ แจ้งเตือนผ่านเว็บไซต์ที่สามารถเปิด-ปิดฝถังแบบอัตโนมัติ [4]

ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นความสำคัญเรื่องของปัญหาขยะในโรงเรียน ถึงแม้ว่าโรงเรียนได้จัดหาถังขยะแยกตามประเภทของขยะ เพื่อให้แยกขยะก่อนทิ้ง แต่ปัญหาการทิ้งขยะโดยไม่มีการแยกยังคงพบอยู่ตลอดเวลา สาเหตุมาจากความเคยชินและการไม่สังเกต โดยพฤติกรรมของผู้ทิ้งขยะคือเดินผ่าน และเมื่อเจอถังขยะไม่ว่าจะเป็นถังสีอะไร จะไม่สนใจและทิ้งขยะทันที ด้วยสาเหตุนี้จึงเป็นที่มาในการจัดสร้างนวัตกรรมในการแก้ไขปัญหาการทิ้งขยะโดยต้องมีการแยกขยะก่อนทิ้ง และเก็บบันทึกข้อมูลปริมาณขยะที่มีการทิ้งในแต่ละวัน เพื่อหาทางปรับพฤติกรรมผู้ทิ้งต่อไปในอนาคต โดยงานวิจัยนี้ได้ออกแบบนวัตกรรมเพื่อจัดทำระบบถังขยะไอโอที (IoT) จัดเก็บข้อมูลพฤติกรรมในการทิ้งขยะแบบออนไลน์ รวบรวมเก็บข้อมูลพฤติกรรมในการทิ้งขยะของนักเรียนประถมศึกษา โดยใช้เทคโนโลยีโครงข่ายของสรรพสิ่ง (Internet of Things) [5] ในการออกแบบพัฒนาระบบและมีการพัฒนาโปรแกรมเพื่อติดตั้งในถังขยะ IoT จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาต้นแบบระบบถังขยะ

อัจฉริยะ IoT สำหรับจัดเก็บสถิติข้อมูลการทิ้งขยะของนักเรียนในโรงเรียนระดับประถมศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ เพื่อออกแบบและสร้างถังขยะ IoT และเพื่อจัดทำระบบออนไลน์จัดเก็บสถิติข้อมูลการทิ้งขยะของนักเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กรอบแนวความคิดและกระบวนการทำงานของระบบ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาต้นแบบระบบถังขยะ IoT [6, 7] สำหรับจัดเก็บสถิติข้อมูลออนไลน์ในการทิ้งขยะของนักเรียนในโรงเรียนระดับประถมศึกษา โดยขั้นตอนการพัฒนาต้นแบบระบบถังขยะ IoT เพื่อจัดเก็บข้อมูลออนไลน์โดยมีกรอบแนวคิด 1) การออกแบบตัวถัง 2) จัดทำระบบตัวถัง และ 3) จัดทำระบบจัดเก็บข้อมูล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 การออกแบบตัวถังขยะ

การทำถังขยะ เพื่อจัดเก็บขยะแยกตามประเภท มีการออกแบบรูปแบบตัวถังขยะ แสดงดังภาพที่ 1

1. ตัวถังขยะเป็นพลาสติกใส เพื่อให้เห็นวัตถุ ด้านใน ด้านหน้ากว้าง 22 เซนติเมตร สูง 55 เซนติเมตรและด้านข้างกว้าง 30 เซนติเมตร

2. ฝาถังเป็นสีแยกตามประเภทขยะ

3. ช่องสำหรับทิ้งขยะ เจาะช่องเป็นสัญลักษณ์ของขยะประเภทต่าง ๆ

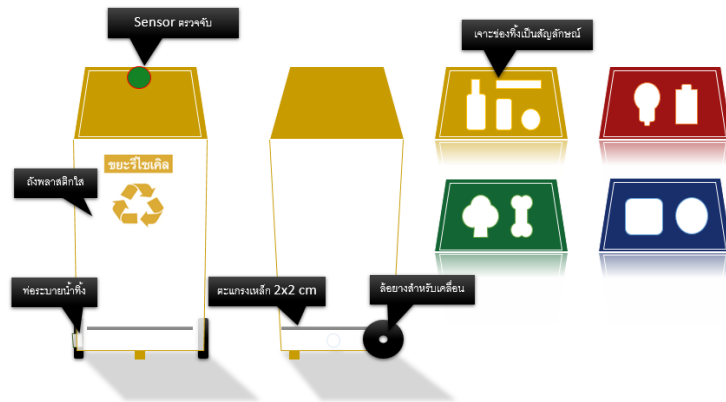
4. ภายในถังเป็นตะแกรงเหล็กวางด้านล่าง สำหรับกรองน้ำที่จะติดมากับขยะ

5. ด้านหลังถังเจาะรูสำหรับต่อท่อระบายน้ำทิ้ง

6. มีตัวอย่างสำหรับใช้ในการเคลื่อนที่

7. อุปกรณ์สำหรับตรวจจับการเคลื่อนที่และแสดงผลด้วยเสียง

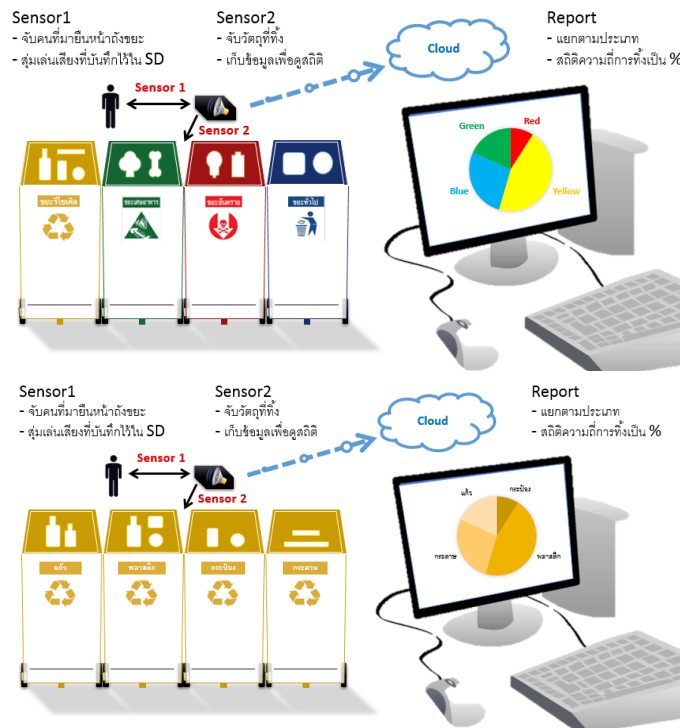
8. อุปกรณ์สำหรับตรวจจับการทิ้งเพื่อเก็บข้อมูลปริมาณการทิ้ง



ภาพที่ 1 การออกแบบรูปแบบตัวถังขยะ IoT

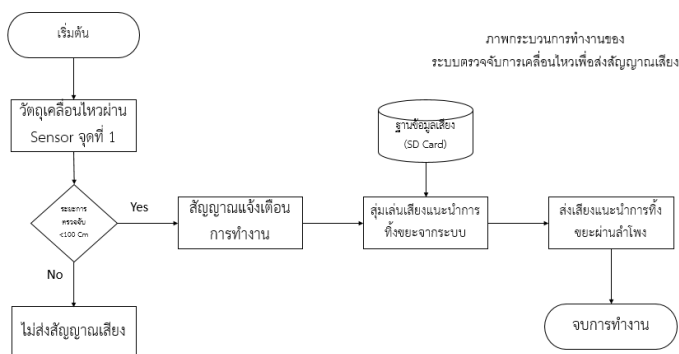
1.2 ขั้นตอนกระบวนการออกแบบการทำงานของระบบตัวถัง

ในการพัฒนาระบบเพื่อติดตั้งในถังขยะ IoT นั้น มีการพัฒนาระบบตัว sensor 2 จุด โดยเขียนชุดโปรแกรม Arduino ในการจัดทำชุดอุปกรณ์ [8, 9] โดยมีลักษณะการทำงาน แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กระบวนการออกแบบพัฒนาระบบถังขยะ IoT เพื่อเก็บข้อมูลการทิ้งขยะออนไลน์

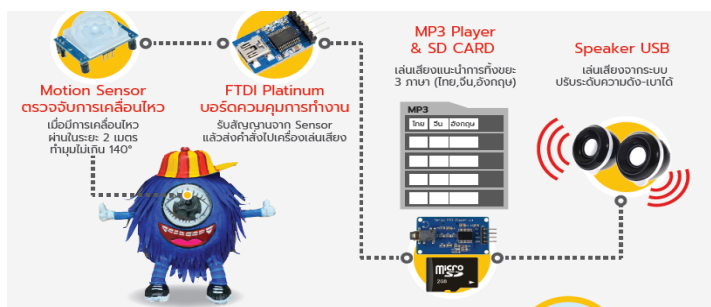
โดยขั้นตอนจะมีกระบวนการทำงานของระบบตรวจจับสัญญาณการเคลื่อนไหวเพื่อส่งสัญญาณเสียง แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กระบวนการทำงานของระบบตรวจจับสัญญาณการเคลื่อนไหวเพื่อส่งสัญญาณเสียง

จากภาพที่ 3 สามารถอธิบายลักษณะการทำงาน: เมื่อนำถังขยะมาวางบริเวณจุดทิ้งขยะ sensor จุดที่ 1 บริเวณด้านหน้าถัง จะจับการเคลื่อนไหวว่ามีคนเข้ามาใกล้บริเวณถังขยะ และจะส่งเสียงแจ้งเตือนการทิ้งขยะแต่ละประเภทให้ถูกตามประเภทของถังขยะ เช่น “ขวดพลาสติก ทิ้งถังสีเหลือง

นำไปรีไซเคิลได้ค่ะ” และ “ถ่านไฟฉาย เป็นขยะอันตราย ทิ้งถังสีแดงครับ” โดยส่งเสียงจากคลังเสียงที่บันทึกไว้ โดยมีการให้ความรู้สอดแทรกไปด้วย แสดงการออกแบบ sensor ตรวจจับคนมาขึ้นหน้าถัง แสดงดังภาพที่ 4

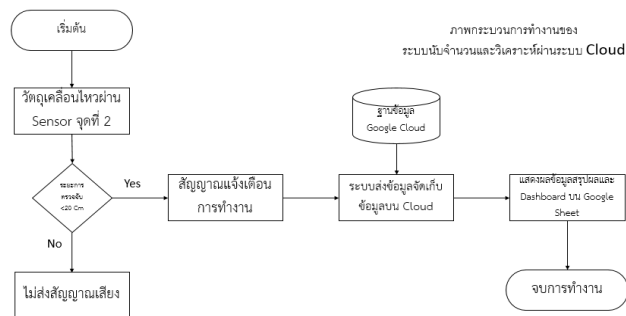


ภาพที่ 4 Sensor ตรวจจับคนมาขึ้นหน้าถัง

1.3 ระบบจัดเก็บข้อมูล

การจัดทำระบบจัดเก็บข้อมูล จะมี sensor จุดที่ 2 บริเวณด้านในถัง จะจับวัตถุที่ทิ้งเข้ามาภายในถัง เพื่อเก็บ

สถิติข้อมูลการทิ้งในถังขยะแต่ละประเภท โดยขั้นตอนจะมีกระบวนการทำงานของระบบนับจำนวนและวิเคราะห์ผ่านระบบ cloud เพื่อจัดเก็บข้อมูล แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 กระบวนการทำงานของระบบนับจำนวนและวิเคราะห์ผ่านระบบ cloud

จากภาพที่ 5 จะมีจัดทำระบบการเก็บข้อมูลแสดงผลแบบ dashboard ผ่าน google cloud server โดยข้อมูลจากการเก็บจากจุด sensor ที่ 2 จะถูกส่งขึ้นระบบ cloud นำเสนอในรูปแบบรายงานสถิติข้อมูลแยกตามประเภทการ

ทิ้ง สถิติความถี่ในการทิ้ง เมื่อได้ข้อมูลที่เก็บบันทึก สามารถนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล หรือ data analysis เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมมารทิ้งขยะ ปริมาณขยะ เป็นต้น ทั้งนี้การออกแบบ sensor ตรวจจับวัตถุที่ทิ้ง แสดงดังภาพที่ 6

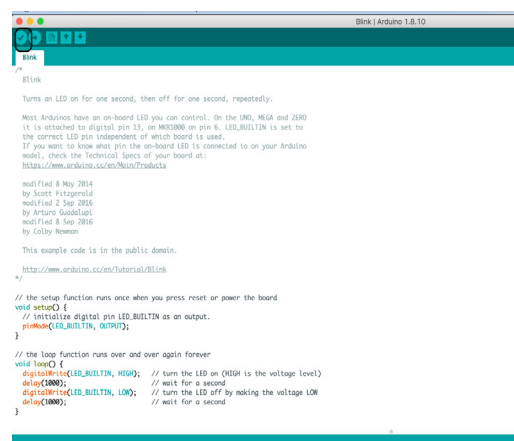


ภาพที่ 6 Sensor 2 ตรวจจับวัตถุที่ทิ้ง

2. การพัฒนาโปรแกรม

การพัฒนาโปรแกรมจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

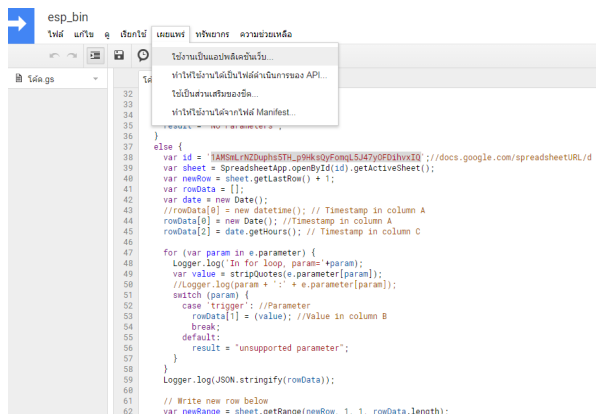
1. ส่วนของการเขียนโปรแกรม code sensor เพื่อส่งเสียงแจ้งเตือนเมื่อมีอะไรผ่านจุด sensor แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ตัวอย่างโปรแกรม code sensor เพื่อส่งเสียงแจ้งเตือน เมื่อมีอะไรผ่านจุด sensor



2. ส่วนของการเขียนโปรแกรม สำหรับเก็บข้อมูล ส่งข้อมูลขึ้นไปบน google cloud ด้วย excel แสดงต่งนั้นจะมีการเขียนโปรแกรมเพื่อนับจำนวนการทิ้งขยะ ที่จะ ภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมเพื่อนับจำนวนการทิ้งขยะ

ผลการวิจัย

สำหรับผลการทดลองจากการออกแบบต้นแบบถังขยะ IoT แสดงดังภาพที่ 9 โดยเมื่อมีการเคลื่อนไหวผ่านด้านหน้าบริเวณถังขยะในระยะ 2 เมตร



ภาพที่ 9 ต้นแบบถังขยะ IoT

จากภาพที่ 9 ในส่วนของตัวถังขยะจะฝังอุปกรณ์ ด้วยกัน ได้แก่ ภาษาไทย ภาษาจีน และภาษาอังกฤษ เมื่อ sensor ไวเพื่อส่งเสียงแนะนำการทิ้งขยะ เป็นเสียง 3 ภาษา ทำการทิ้งขยะลงไปในถัง แสดงดังภาพที่ 10



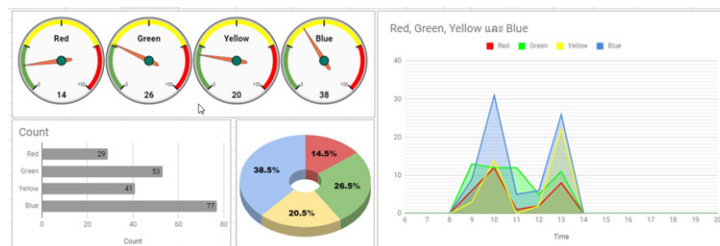
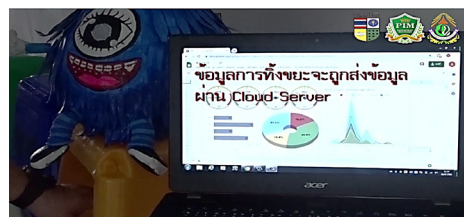
ภาพที่ 10 การทิ้งขยะลงไปในถังขยะ IoT

โดยตัวอุปกรณ์ sensor ที่อยู่ในฝาดังจะส่งข้อมูลสถิติการทิ้งขยะผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ตัวอย่างอุปกรณ์ sensor แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ตัวอุปกรณ์ sensor ที่ส่งข้อมูลสถิติการทิ้งขยะผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังระบบ cloud server แสดงดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ระบบการจัดเก็บข้อมูลสถิติการทิ้งแยกตามประเภทของถังขยะผ่าน cloud server

จากภาพที่ 12 เป็นระบบที่จัดเก็บข้อมูลออนไลน์ จะทำการจัดเก็บข้อมูลที่เกิดขึ้นจะเป็นสถิติการทิ้งขยะแยกตามประเภทของถังขยะ และช่วงเวลาในการทิ้งในแต่ละวัน

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้คิดพัฒนาต้นแบบระบบถังขยะไอโอทีและจัดเก็บข้อมูลการทิ้งขยะแบบออนไลน์ของนักเรียนในโรงเรียนระดับประถมศึกษา โดยได้ออกแบบถังขยะสำหรับทิ้งขยะ 4 ประเภท โดยติดตั้งระบบ sensor เพื่อเล่นเสียง แนะนำการทิ้งขยะ และระบบเก็บข้อมูลปริมาณและช่วงเวลาในการทิ้งขยะ โดยเก็บข้อมูลแยกเป็นประเภทของขยะ 4 ประเภท ได้แก่ ขยะรีไซเคิล ขยะอินทรีย์ ขยะ

อันตราย และขยะทั่วไป โดยข้อมูลจะถูกจัดเก็บบน cloud server ซึ่งสามารถเข้าถึงข้อมูลได้แบบ real time ทุกที่ทุกเวลา ทุกอุปกรณ์ ข้อมูลดิบที่ได้มาจะถูกจัดนำมาวิเคราะห์โดยแยกตามประเภทของขยะ และความถี่ในการทิ้งขยะมาคิดเป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ทางสถิติ ได้อย่างครบถ้วน การทดสอบระบบ sensor ที่ใช้เก็บข้อมูลปริมาณและช่วงเวลาในการทิ้งขยะ ทำการทดสอบโดยใส่ขยะลงไปในถังประเภทต่าง ๆ พบว่าสามารถแสดงผลจัดเก็บบน cloud server ได้ถูกต้องร้อยละ 100 ทั้งนี้คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นการต่อยอดในการพัฒนานวัตกรรมเพื่อสร้างความตระหนักและแก้ไขปัญหาการคัดแยกขยะก่อนทิ้งคือการสร้างนวัตกรรมเพื่อพัฒนาโรงเรียน



และชุมชน โดยนำเอา Internet of Things (IoT) เข้ามาช่วยในการทำงาน ดีกว่าใช้วิธีเก็บข้อมูลจากการสังเกต ซึ่งการเก็บข้อมูลด้วย IoT จะมีความแม่นยำและนำมาประมวลผลได้รวดเร็ว ประหยัดเวลา และถูกต้องมากกว่า ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป หากอนาคตมีการใช้ถังขยะ IoT เพิ่มมากขึ้นในระดับจังหวัด ระดับประเทศ ข้อมูลการทิ้งขยะจะถูกจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลขนาดใหญ่ (big data) สามารถนำมาพัฒนาเพื่อตอบสนองความต้องการของแต่ละรูปแบบ สามารถข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อการบริหารจัดการขยะ และพัฒนาระบบ recycle ขยะให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. กรมควบคุมมลพิษ. คู่มือแนวทางการลดและข้อกำหนดเบื้องต้นการลดและใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอย. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2560.
2. กรุงเทพฯเศรษฐกิจ. ประเทศไทย 2563: สถานการณ์ขยะในไทย. [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 5 มี.ค. 2564]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/863554>
3. จิตรภานู วุฒิกวิภาค, นายัญพล โต๊ะชา. ถังขยะอัจฉริยะ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ; 2560.
4. อานนท์ เนตรयोग, นางสาวธิติมา นริศเนตร. ถังขยะอัจฉริยะ. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสำหรับนักศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 2 วันที่ 7 มิถุนายน 2562. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. กรุงเทพฯ; 2562. หน้า 128-133.
5. วิวัฒน์ มีสุวรรณ. อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (internet of things) กับการศึกษา internet of things on education. วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม 2559;4(2):83-92.
6. ทิพานัน พงษ์สุวรรณ, อนุพงษ์ ตีตะ, ภาณุวัตร อุทัยบาล. ระบบติดตามถังขยะอัจฉริยะ smart trash tracking system. Pulinet J 2019;6(2):41-50.
7. ปัญจพล ไทยปิยะ. รายงานการวิจัยการพัฒนาต้นแบบถังขยะอัจฉริยะเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และสร้างเศรษฐกิจสร้างสรรค์ ภายใต้แผนงานวิจัยการพัฒนาระบบบริหารจัดการขยะ. อุดรดิตถ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์; 2560.
8. Thota SR, Neelima S, Pruthvi KVNL, Mouika K, Pravallika M, Sowmya N. Smart trash can monitoring system using IoT-creating solutions for smart cities. Int Res J Eng Technol 2018;5(3):238-42.
9. Jia G, Zhu Y, Han G, Chan S, Shu L. STC: an intelligent trash can system based on both NB-IoT and edge computing for smart cities. Enterp Inf Syst 2019;14(9):1422-38.