



การพัฒนาาระบบเฝ้าติดตามเครื่องขัดขาวในโรงสีข้าวโดยอาศัยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย
Development of a Monitoring System for a Whitening Machine
in a Rice Mill based on a Wireless Sensor Network

นพชัย คงเจริญ¹,
เกียรติสิน กาญจนวนิชกุล²

บทคัดย่อ

เครื่องขัดขาวเป็นเครื่องจักรที่สำคัญในกระบวนการสีข้าว เนื่องจากกำจัดรำและทำให้เมล็ดข้าวมีสีขาว สถานะการทำงานและการปรับตั้งค่าเครื่องขัดขาวไม่เหมาะสม มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวที่ได้ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยจึงได้นำเทคโนโลยีด้านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาประยุกต์ใช้กับเครื่องขัดขาว คณะผู้วิจัยได้พัฒนากลไกการสุ่มตัวอย่างข้าวหลังจากผ่านการขัดขาว เพื่อนำข้าวไปยังชุดตรวจวัดค่าความขาวและอุณหภูมิ พร้อมทั้งได้สร้างชุดตรวจวัดระดับการเปิดข้าวลงเครื่องขัดขาวเพื่อประมาณอัตราการป้อนข้าวลงเครื่องขัดขาว และ ชุดวัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องขัดขาว เนื่องจากกระแสไฟฟ้าเป็นตัวบ่งชี้ว่าเครื่องขัดขาวทำงานปกติหรือไม่ ถ้าหากค่าที่ตรวจวัดเหล่านี้ อยู่นอกช่วงที่กำหนด จะมีการแจ้งเตือนให้ผู้ปฏิบัติงานได้ทราบ เพื่อที่จะทำการแก้ไขได้ทันที่ นอกจากนี้ ค่าตรวจวัดทั้งหมดนี้ยังถูกส่งไปยังห้องควบคุมผ่านเครือข่ายไร้สาย เพื่อบันทึกฐานข้อมูลและแสดงผลบนหน้าจอและบนแอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือ ผลการทดลองพบว่า กลไกการสุ่มสามารถสุ่มตัวอย่างข้าวออกมาได้ตามช่วงเวลาที่กำหนด หลังจากวัดค่าความขาวและอุณหภูมิแล้วสามารถนำตัวอย่างข้าวคืนกลับสู่กระบวนการสีข้าวได้ ความคลาดเคลื่อนของชุดวัดระดับการเปิดข้าวลงเครื่องขัดขาวน้อยกว่า 0.2 ระดับ ความผิดพลาดของชุดวัดค่ากระแสสัญญาณ 4-20 mA น้อยกว่า 0.5 mA ผลการทดสอบการแจ้งเตือนและการเฝ้าติดตามผ่านทางเครือข่ายไร้สายและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ทำงานได้อย่างถูกต้อง ดังนั้น ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจวัดและเฝ้าติดตามค่าต่างๆ ด้วยความถูกต้อง ทำให้ทราบสถานะการทำงานของเครื่องตลอดเวลา และ เมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้น ผู้ปฏิบัติงานสามารถแก้ไขได้ทันที่

คำสำคัญ : เครือข่ายไร้สาย, โรงสีข้าว, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, เครื่องขัดขาว

Abstract

A whitening machine is an important machine in the rice milling process since it removes bran and makes white rice. The operating status and improper machine settings affects the quality of the milled rice grains. Thus, in this research, we applied the technology of wireless sensor networks and the Internet of things to the whitening machine. We developed a mechanism taking rice samples after being whitened for measuring whiteness and temperature. We also built a rice-releasing scale measurement set used to estimate the rice feeding rate into the whitening machine. We developed a whitening-machine current measurement set since the electric current is used to indicate whether the whitening machine is in normal operation or not. If any of these measurement quantities is out of specific range, operators will be notified

^{1,2}หน่วยวิจัยการออกแบบกระบวนการและการควบคุมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

in order to fix the problem in a timely manner. Likewise, all these measurement quantities are sent to the control room via a wireless network to be recorded into the database and shown on screen and on mobile applications. The experimental results showed that the sampling mechanism was able to take rice samples at the specific time correctly. After whiteness and temperature of rice samples were measured, they were released back to the process. The error of the rice-releasing scale measurement was less than 0.2. The error of whitening-machine current measurement was less than 0.5 mA. The experimental results of notification and monitoring via wireless networks and Internet of things showed that they functioned properly. As a result, the developed system can measure and monitor all parameters with high accuracy. This enables us to know machine conditions all the time. When an abnormal condition occurs, operators will fix the issue quickly.

Keywords : Wireless network, Rice mill, Internet of things, Whitening machine

บทนำ

ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อคุณภาพของข้าวสารมีหลายปัจจัย เช่น การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว คุณภาพข้าวเปลือกเริ่มต้น ลักษณะพันธุ์ข้าว ประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการสีข้าวและควบคุมเครื่องจักร ในบทความวิจัยนี้ จะมุ่งเน้นในส่วนของการสีข้าวซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของข้าวขาวที่ได้ การสีข้าวนั้นเป็นกระบวนการแปรรูปข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสาร โดยแต่ละขั้นตอนจะใช้เครื่องจักรกลที่มีหน้าที่ต่างๆ ทำงานสัมพันธ์กัน ได้แก่ เครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือก เครื่องกะเทาะเปลือก เครื่องขัดขาวและขัดมัน เครื่องคัดแยกขนาดและเครื่องยิงเมล็ดดำ ข้าวสารที่มีคุณภาพดีควรมีปริมาณข้าวตันสูง (เปอร์เซ็นต์ข้าวตัน หมายถึง เมล็ดข้าวที่มีความยาวมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ด และให้รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มีเนื้อที่เหลืออยู่ตั้งแต่ 80 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ด) ปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ข้าวหักในระหว่างการสีข้าว คือ การปรับตั้งค่าเครื่องกะเทาะเปลือกและเครื่องขัดขาวที่ไม่เหมาะสม มีรายงานการวิจัยโดยเก็บข้อมูลจากโรงสี 56 แห่งพบว่าทุกโรงสีมีปัญหาในกระบวนการกะเทาะเปลือกและกระบวนการขัดขาว (จินตามณี นิสัยนต์ และ อภิชาติ อาจนาเสียว, 2011) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่เครื่องขัดขาวเป็นหลัก

เครื่องขัดขาว (whitener) คือ กระบวนการทำให้รำหลุดออกจากข้าวกล้อง ซึ่งจะทำให้เมล็ดข้าวเปลี่ยนสีจากสีน้ำตาลเป็นสีขาวมากขึ้น ผลผลิตที่ได้คือ รำ (bran) และข้าวสาร (milled rice) ซึ่งระดับการขัดสามารถปรับตั้งได้ ถ้าปรับตั้งให้ขัดข้าวให้ขาวมาก ก็อาจจะส่งผลให้ข้าวหักมีปริมาณมากขึ้น สิ้นเปลืองพลังงานและเวลาเกินกว่าจำเป็น ดังนั้นระดับความขาวของเมล็ดข้าวสารจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ในปัจจุบันนี้โรงสีส่วนใหญ่จะใช้วิธีการสูบลมเป็นครั้งคราว โดยจะนำเมล็ดข้าวที่ผ่านเครื่องขัดขาว ไปวัดค่าด้วยเครื่องวัดความขาวข้าวซึ่งมีราคาค่อนข้างแพง หรือใช้ประสบการณ์ด้วยการใช้มือสัมผัสกับความร้อนของเมล็ดข้าวหลังจากการขัดขาว ซึ่งจะได้ค่าที่ไม่แม่นยำ และที่สำคัญก็คือการสูบลมนี้ถ้าหากทำซ้ำเกินไปความขาวของข้าวที่ได้ อาจจะไม่ได้ตามที่ต้องการ

จากปัญหาข้างต้นคณะผู้วิจัยได้พัฒนาเทคโนโลยีแบบเกลียวลำเลียง (Khongchareon และคณะ, 2020) สำหรับการสูบลมตัวอย่างข้าวมาวัดค่าความขาวและอุณหภูมิของข้าวที่ออกจากเครื่องขัดขาว เพื่อแจ้งเตือนให้ผู้ปฏิบัติงานทราบเมื่อข้าวมีค่าอุณหภูมิและความขาวอยู่นอกช่วงที่กำหนด พร้อมทั้งทำการส่งค่าไปบันทึกและแสดงผลที่ห้องควบคุม แต่กลไกดังกล่าวติดตั้งยุ่งยากและมีราคาสูงคณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบกลไกสูบลมตัวอย่างข้าวแบบใหม่ พร้อมมีการวัดค่ากระแส



ของเครื่องขัดขาวและระดับการเปิดข้าวลงเครื่องขัดขาวเพิ่มเติม เนื่องจากกระแสของมอเตอร์จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าเครื่องขัดขาวทำงานปกติหรือไม่ และปริมาณการเปิดข้าวลงเครื่องขัดขาวจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าอัตราการป้อนข้าวลงเครื่องขัดขาว ณ ปัจจุบันเหมาะสมหรือไม่ พร้อมกับได้นำเทคโนโลยีในด้านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) มาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้งาน

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาระบบเฝ้าติดตามคุณภาพของข้าวในกระบวนการขัดขาว โดยใช้เทคโนโลยีทางด้านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยตรวจวัดค่าความขาวและอุณหภูมิของข้าวที่ออกจากเครื่องขัดขาว, ค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องขัดขาวและระดับการเปิดข้าวลงเครื่องขัดขาว พร้อมทั้งมีการแจ้งเตือนให้ผู้ปฏิบัติงานได้ทราบเมื่อค่าต่างๆ อยู่นอกช่วงที่กำหนด ค่าที่ได้จากการตรวจวัดถูกจัดเก็บลงในฐานข้อมูลและแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์และบนแอปพลิเคชันของโทรศัพท์มือถือ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถดูค่าต่างๆ ได้อย่างสะดวกมากขึ้น

แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ปัจจัยที่ผลต่อเครื่องขัดขาว

ในการปรับตั้งค่าให้เครื่องขัดขาว ถ้าหากทำการขัดขาวมากเกินไปก็จะทำให้ข้าวหักได้ง่าย แต่ถ้าหากปรับตั้งค่าให้เครื่องขัดขาวทำการขัลดน้อยลงก็จะทำให้สีของข้าวสารไม่ได้ตามมาตรฐานข้าวของประเทศไทย ดังนั้นร้อยละความขาวของข้าวที่ออกจากเครื่องขัดขาวจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ในปัจจุบันนี้โรงสีส่วนใหญ่จะใช้วิธีการสุ่มอาจจะทุกๆ ชั่วโมง โดยจะนำเมล็ดข้าวที่ผ่านเครื่องขัดขาวไปทำการวัดกับเครื่องวัดความขาวข้าว หรือใช้ประสบการณ์ด้วยการใช้มือสัมผัสกับความร้อนของเมล็ดข้าวหลังจากการขัดขาว ซึ่งจะได้ค่าที่ไม่แม่นยำและที่สำคัญก็คือการสุ่มตรวจนี้ถ้าหากทำซ้ำเกินไปความขาวของข้าวที่ได้อาจจะไม่ได้ตามที่ต้องการ นอกจากนี้อุณหภูมิของข้าว

หลังจากการขัดขาวถ้ามีค่าสูงเกินไปอาจจะผลต่อการหักของเมล็ดข้าวได้

จากปัญหาดังกล่าว ได้มีคณะผู้วิจัยพัฒนาเซ็นเซอร์วัดความขาวของเมล็ดข้าว เช่น Kawamura และคณะ (2003) ได้พัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพของข้าวโดยอัตโนมัติ โดยมี reflectance sensor สำหรับทำการวัดความขาวของเมล็ดข้าวเพื่อใช้ในการแบ่งเกรดของเมล็ดข้าว แต่ไม่ได้ติดตั้งเพื่อตรวจวัดแบบออนไลน์โดยตรง Jangkajit และ Khunboa (2013) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความขาวของเมล็ดข้าวและอุณหภูมิของเมล็ดข้าว พร้อมทั้งใช้กระบวนการประมวลผลภาพ (image processing) เพื่อตรวจวัดค่าความขาวของเมล็ดข้าวอีกด้วย อย่างไรก็ตามการใช้กระบวนการประมวลผลภาพนั้นจะทำให้ต้นทุนสูงขึ้น การติดตั้งค่อนข้างยุ่งยาก และ อุณหภูมิที่ได้จากความสัมพันธ์ดังกล่าว ไม่ได้เป็นอุณหภูมิของเมล็ดข้าวจริงๆ เนื่องจากการตรวจวัดทางอ้อม Nascimento และ Galli (2009) ได้สร้างอุปกรณ์ที่ใช้วัดความขาวและความโปร่งแสงของเมล็ดข้าวด้วยการวัดการสะท้อนของแสงและการดูดซับของแสงตามลำดับ อย่างไรก็ตาม วิธีที่นำเสนอนี้เป็นเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นเพื่อทดแทนเครื่องมือวัดมาตรฐานที่มีราคาแพงเท่านั้น Yadav และ Jindal (2001) ใช้กระบวนการประมวลผลภาพ เพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยของระดับสีเทา (gray level) ที่ได้จากภาพ แต่วิธีนี้ มีราคาค่อนข้างสูงและติดตั้งยุ่งยาก ต้องใช้อุปกรณ์จำนวนมาก ดังนั้นบทความวิจัยนี้ จึงนำเสนออุปกรณ์ตรวจวัดความขาว อุณหภูมิของเมล็ดข้าวที่ออกจากเครื่องขัดขาว ค่ากระแสของเครื่องขัดขาว และระดับการเปิดข้าวลงเครื่องขัดขาว ที่มีราคาถูกและสามารถตรวจวัดได้ตลอดเวลา พร้อมทำการแสดงผลแบบออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชันของโทรศัพท์มือถือ

2. เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย คือ การใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์จำนวนมากเพื่อตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆ ของสิ่งที่น่าสนใจและประมวลผลข้อมูลเหล่านั้นเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับสิ่งที่สนใจ หรือ สามารถตอบสนองกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้โดยอัตโนมัติ ในอดีต

ที่ผ่านมา มีตัวอย่างการประยุกต์ใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (wireless sensor network: WSN) มากมาย เช่น การใช้ XBee ในการตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นของเครื่องอบ (Hidayat และคณะ, 2018) การใช้ Zigbee™ ในการตรวจสอบความชื้นในดินของแปลงข้าว (Miskam และคณะ, 2009) การใช้ 6LoWPAN กับเซ็นเซอร์วัดความยาวของข้าว ที่ออกจากเครื่องขัดขาว (Chantima และคณะ, 2016) คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะประยุกต์ใช้ WSN สำหรับการเฝ้าติดตามคุณภาพของเมล็ดข้าวหลังจากผ่านเครื่องขัดขาว ทำให้ลดปัญหาทางด้านสุขภาพของผู้ดูแล เนื่องจากภายในโรงสีนั้นจะมีฝุ่นและรำข้าวฟุ้งกระจายและมีเสียงดัง นอกจากนี้การประยุกต์ใช้ WSN สำหรับโรงสีจะทำให้การบริหารจัดการโรงสีสะดวกมากขึ้น สามารถแสดงผลทั้งแบบจอแสดงผลและแบบออนไลน์ได้

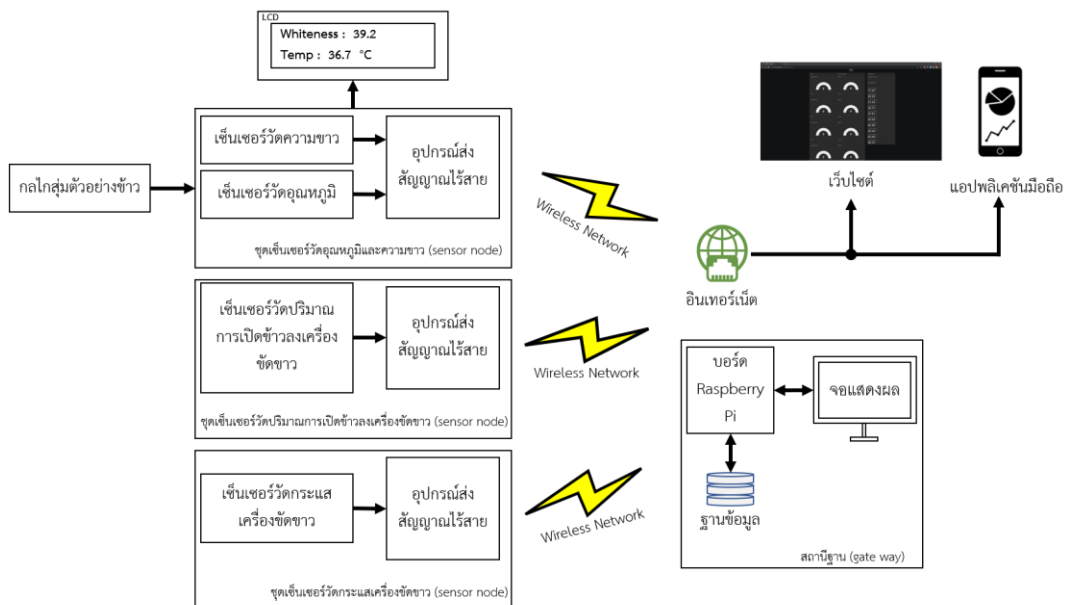
3. อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) คือ การทำให้อุปกรณ์ต่างๆ ที่มีวงจรควบคุมฝังอยู่ข้างใน สามารถเชื่อมต่อและมีการแลกเปลี่ยนหรือส่งข้อมูลไปยัง

อุปกรณ์อื่นๆ ได้ โดยมีรูปแบบในการส่งข้อมูลเป็นตัวกำหนด อีกทั้งยังสามารถควบคุมอุปกรณ์ในระยะไกลผ่านระบบเครือข่ายได้ด้วย เช่น การสั่งเปิดปิดไฟด้วยมือถือ สั่งรดน้ำต้นไม้ การรับการแจ้งเตือนจากเซ็นเซอร์กันขโมยเมื่อมีคนเดินผ่าน เป็นต้น (Atzori และคณะ, 2010)

วิธีดำเนินการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ข้างต้น คณะผู้วิจัยได้ออกแบบการส่งข้อมูลของระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายดังภาพที่ 1 โดยส่วนโหนดเซ็นเซอร์ (sensor node) แบ่งเป็น 3 ส่วนหลักคือ ชุดเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น ชุดเซ็นเซอร์วัดกระแสของเครื่องขัดขาว และชุดเซ็นเซอร์วัดระดับการเปิดข้าวลงเครื่องขัดขาว ข้อมูลที่ได้จากโหนดเซ็นเซอร์ถูกส่งข้อมูลไปยังสถานีฐาน (base station) ผ่านเครือข่ายไร้สาย สถานีฐาน ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่ได้จากโหนดเซ็นเซอร์ พร้อมแสดงผลที่หน้าจอและส่งค่าไปยังหน้าเว็บไซต์เพื่อแสดงผลแบบออนไลน์

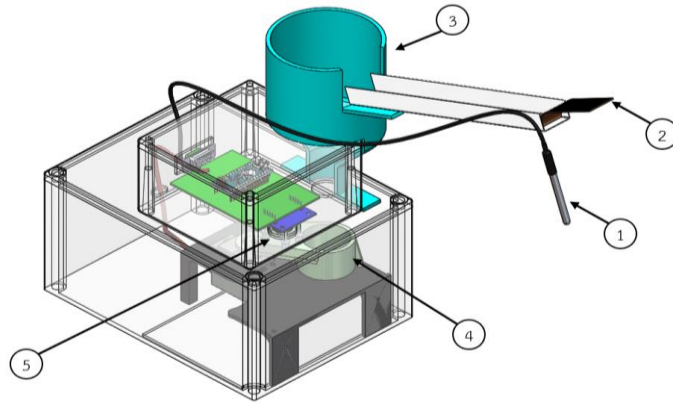


ภาพที่ 1 แผนภาพของระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการเฝ้าติดตามคุณภาพของข้าวของเครื่องขัดขาว

1. กลไกการสูมแบบรางลาดเอียง

เนื่องจากข้าวที่ไหลออกมาจากเครื่องขัดขาว มีปริมาณและความเร็วค่อนข้างสูง ทำให้เซ็นเซอร์ไม่สามารถตรวจจับได้อย่างถูกต้อง คณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบกลไกสูมตัวอย่างข้าวเพื่อนำมาวัดค่าความขาว ในงานวิจัยในอดีต (Khongchareon และคณะ, 2020) คณะผู้วิจัยได้พัฒนา กลไกแบบเกลียวลำเลียง แต่กลไกแบบเกลียวลำเลียงติดตั้งค่อนข้างซับซ้อน จึงได้ออกแบบกลไกการสูมแบบรางลาดเอียง ซึ่งติดตั้งและดูแลง่ายขึ้น อีกทั้งยังมีต้นทุนในการสร้างต่ำ ดังแสดงในภาพที่ 2 ชุดกลไกการสูมข้าวแบบรางลาดเอียง มีเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (DS18B20) ติดอยู่ที่ปลายของ

ราง (หมายเลข 1) เพื่อทำการวัดอุณหภูมิของข้าวที่ไหลออกมาจากเครื่องขัดขาว ที่ปลายสุดของตัวรางจะมีช่องรับข้าวที่สามารถปรับระยะเข้าออกได้ (หมายเลข 2) จากนั้นข้าวจะไหลไปตามรางไปยังกรวยเพื่อไหลเข้าไปยังกล่องอุปกรณ์วัดความขาว (หมายเลข 3) เมื่อถึงเวลาที่กำหนดไว้ ถาดรับตัวอย่างข้าวจะเคลื่อนที่ด้วยเซอร์โวมอเตอร์ขนาดเล็ก มายังบริเวณใต้กรวยเพื่อให้ข้าวไหลลงไปในถาด (หมายเลข 4) จากนั้นถาดจะเคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งใต้เซ็นเซอร์วัดความขาว (หมายเลข 5) เมื่อตรวจวัดค่าความขาวเสร็จแล้ว ข้าวจะถูกปล่อยกลับลงสู่ระบบต่อไป

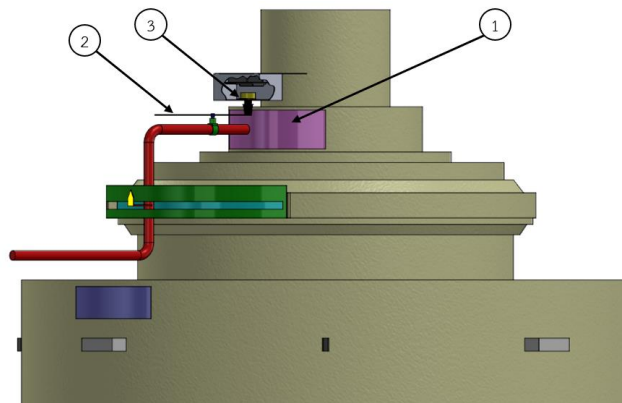


ภาพที่ 2 กลไกการสูมแบบรางลาดเอียง

2. ชุดเซ็นเซอร์วัดระดับการเปิดข้าวลงเครื่องขัดขาว

ชุดเซ็นเซอร์วัดระดับการเปิดข้าวลงเครื่องขัดขาว คณะผู้วิจัยได้ใช้ตัวต้านทานแบบหมุนปรับค่าได้ มา

สร้างกลไกโดยใช้ก้านปรับลิ้นปล่อยข้าวของเครื่องขัดขาว ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยที่ก้านปรับลิ้นปล่อยข้าว (หมายเลข 1) จะเป็นตัวทำให้แกน (หมายเลข 2) ของตัวต้านทาน (หมายเลข 3) หมุนเปลี่ยนค่าไปจากเดิม

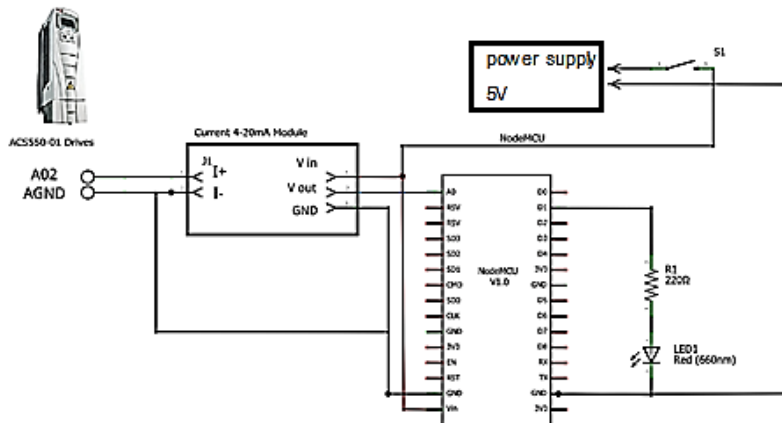


ภาพที่ 3 กลไกการวัดระดับการเปิดข้าวลงเครื่องขัดขาว

3. ชุดเซ็นเซอร์วัดกระแสเครื่องชัตขาว

เนื่องจากมอเตอร์สำหรับเครื่องชัตขาวมีตัวควบคุมความเร็ว (Inverter : MITSUBISHI ACS550-01) ซึ่งอุปกรณ์นี้มีช่องจ่ายสัญญาณกระแส 4-20 mA ตามกระแส

ที่จ่ายให้มอเตอร์ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้โมดูลแปลงกระแส 4-20 mA เป็นแรงดัน 0-5 V ต่อเข้ากับตัวโหนดเซ็นเซอร์ ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 วงจรการต่อเซ็นเซอร์เพื่อวัดค่ากระแส

4. ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

ในการสร้างระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (WSN) นั้น NodeMCU V2 จะถูกใช้เป็นตัวรับค่าจากเซ็นเซอร์ที่ได้พัฒนาขึ้น โดยจะถูกติดตั้งกับเครื่องชัตขาวเพื่อที่จะทำหน้าที่เป็นโหนดเซ็นเซอร์ของ WSN ข้อมูลจากโหนดเซ็นเซอร์จะถูกส่งไปยังสถานีฐาน ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ใช้ Raspberry Pi Single Board Computer รูปแบบการส่งข้อมูลระหว่าง NodeMCU กับสถานีฐาน ใช้โปรโตคอลแบบ TCP/IP ซึ่งการเชื่อมต่อลักษณะนี้จำเป็นต้องทราบหมายเลข IP Address ของเครื่องที่จะติดต่อ แต่เนื่องจากการเชื่อมต่อผ่านระบบ WiFi อุปกรณ์ในเครือข่ายอาจจะได้รับหมายเลข IP Address ที่เปลี่ยนไปในแต่ละครั้งที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายได้ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้แก้ปัญหาโดยให้สถานีฐานส่งสัญญาณในลักษณะ broadcast ผ่านโปรโตคอล UDP (User Datagram Protocol) ออกมาทุกๆ 5 วินาที และโหนดเซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่อ WiFi ต้องรอรับ IP Address ของสถานีฐานผ่านทาง UDP เมื่อทราบ IP Address ของสถานีฐานแล้ว โหนดเซ็นเซอร์จึงจะสามารถส่งข้อมูลไปยังสถานีฐานเพื่อทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลและแสดงผลบนหน้าจอที่ห้องควบคุม ซึ่งทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเฝ้าติดตาม

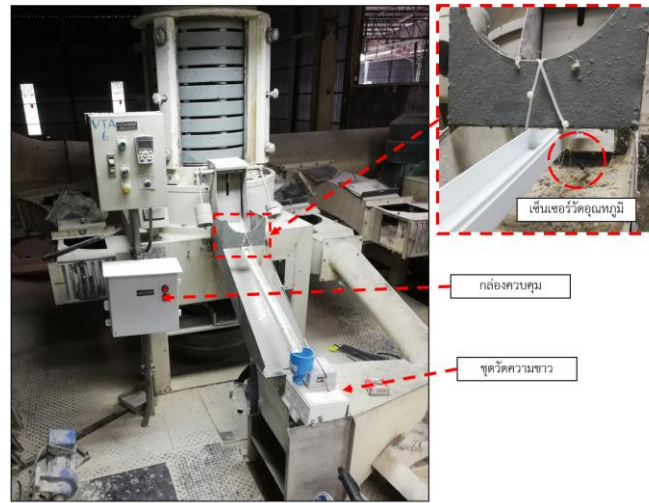
ประสิทธิภาพของเครื่องจักรและคุณภาพของเมล็ดข้าวได้ตลอดเวลา นอกจากนี้โหนดเซ็นเซอร์ยังส่งค่าต่างๆผ่านโปรโตคอล MQTT ไปยัง NETPIE Cloud Platform เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถดูค่าได้แบบออนไลน์อีกด้วย

5. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. กลไกการสุ่มแบบรางวัลเอียง

เมื่อนำชุดกลไกการสุ่มแบบรางวัลเอียงไปติดตั้งดังภาพที่ 5 พบว่า ติดตั้งได้ง่ายและรวดเร็วกว่ากลไกการสุ่มแบบเดิม ข้าวสามารถไหลลงมาจากราง และสามารถปรับช่องรับข้าวเพื่อปรับปริมาณการไหลของตัวอย่างข้าวได้เป็นอย่างดี

กลไกการสุ่มทำหน้าที่สุ่มตัวอย่างข้าวเพื่อนำมาวัดค่าความขาวและอุณหภูมิ (Khongchareon และคณะ, 2020) โดยเซ็นเซอร์วัดสี (tcs3200 color sensor) และใช้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (DS18B20) ซึ่งพบว่าค่าความขาวผิดพลาดต่ำสุดอยู่ที่ 0.32 และมีค่าความผิดพลาดสูงสุดอยู่ที่ 1.79 และในการวัดอุณหภูมิ พบว่าค่าความผิดพลาดต่ำสุดอยู่ที่ 0.2 องศาเซลเซียส และมีค่าความผิดพลาดสูงสุดอยู่ที่ 1.4 องศาเซลเซียส (Khongchareon และคณะ, 2020)



ภาพที่ 5 ชุดกลไกการสูมแบบรางลาดเอียง

2. ชุดเซ็นเซอร์วัดปริมาณการเปิดข่าวลงเครื่องขัดขาว

ชุดเซ็นเซอร์วัดปริมาณการเปิดข่าวลงเครื่องขัดขาวที่ใช้ตัวต้านทานแบบหมุนปรับค่าได้ คณะผู้วิจัยได้ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าช่วง 0-5 V แปลงเป็นค่าดิจิตอล 10 Bit โดยปรับระดับการเปิดเพิ่มขึ้น ทุกๆ 2 ระดับการเปิดค่าที่อ่านได้สามารถนำมาหาสมการความสัมพันธ์ระหว่าง

ระดับการเปิดเทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้าได้ตั้งสมการที่ 1 ซึ่งได้ค่า $R^2(\text{adj})$ อยู่ที่ 99.74% นำสมการที่ได้ไปใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อหาค่าระดับการเปิด จากนั้นทำการทดสอบความถูกต้องโดยการปรับระดับการเปิดข่าว แล้วอ่านค่าจากเซ็นเซอร์เป็นแรงดันไฟฟ้า 0-5 V หลังจากนั้นใช้สมการที่ 1 เพื่อคำนวณหาระดับการเปิด ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 1 การติดตั้งสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 6

$$Y = (0.0002)X^2 - (0.4954)X + 289.48 \quad (1)$$

โดยที่ Y คือ ระดับการเปิด

X คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าแปลงเป็นค่าดิจิตอล

ตารางที่ 1 ค่าความถูกต้องของการวัดระดับการเปิดข่าวลงเครื่องขัดขาว

ระดับการเปิด	ระดับการเปิดที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์	ความคลาดเคลื่อน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2.3	2.2	0.1	0.05
2.9	2.9	0.0	0.08
4.5	4.4	0.1	0.05
6	6	0.0	0.05
9.4	9.3	0.1	0.05



ภาพที่ 6 ชุดเซ็นเซอร์วัดปริมาณการเปิดข้าวลงเครื่องขัดขาว

3. ชุดเซ็นเซอร์วัดกระแสเครื่องขัดขาว

เนื่องจากชุดเซ็นเซอร์วัดกระแสเครื่องขัดขาว อ่านค่าจากช่องจ่ายสัญญาณกระแส 4-20 mA ตามกระแสที่จ่ายให้มอเตอร์ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้โมดูลแปลงกระแส 4-20 mA เป็นแรงดันไฟฟ้า 0-5 V ต่อเข้ากับตัวควบคุมมอเตอร์ (Inverter : MITSUBISHI ACS550-01) ค่าที่อ่านได้สามารถนำมาหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างกระแส 4-20 mA เทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้าได้ดัง

สมการที่ 2 ซึ่งได้ค่า $R^2(\text{adj})$ อยู่ที่ 99.68% นำสมการที่ได้ไปใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อหาค่ากระแส 4-20 mA จากนั้นทำการทดสอบความถูกต้องโดยการปรับค่ากระแส 4-20 mA แล้วทำการวัดค่าด้วยโมดูลแปลงกระแส 4-20 mA เป็นแรงดันไฟฟ้า 0-5 V แรงดันไฟฟ้าที่ได้ ถูกแปลงเป็นค่าดิจิทัลและแทนค่าลงในสมการที่ 2 ผลการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 2

$$Y = (0.0161)X + 2.7631 \quad (2)$$

โดยที่ Y คือ กระแส 4-20 mA

X คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าแปลงเป็นค่าดิจิทัล

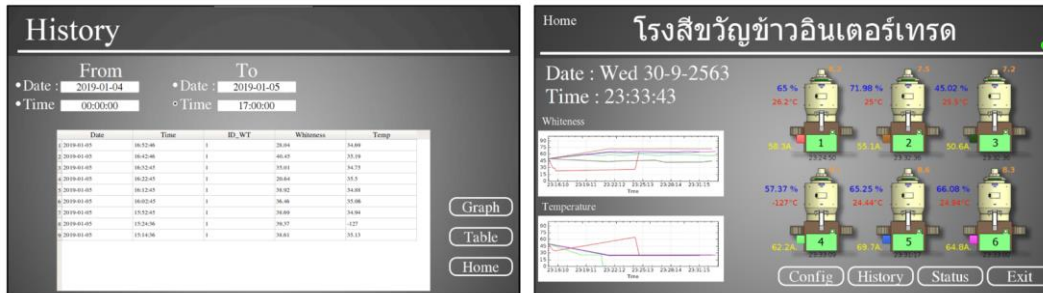
ตารางที่ 2 ค่าความถูกต้องของการวัดกระแสโดยใช้สัญญาณ 4-20 mA

สัญญาณกระแส 4-20 mA จากตัวควบคุมมอเตอร์ (mA)	สัญญาณกระแส 4-20 mA ที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ (mA)	ความคลาดเคลื่อน (mA)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
5.56	5.5	0.06	0.03
7.48	7.51	0.03	0.02
9.68	9.83	0.15	0.02
13.41	13.71	0.29	0.03
15.55	15.95	0.40	0.03

4. ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

การทดสอบสถานีฐาน คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการจับเก็บข้อมูลที่ได้จาก WSN ลงฐานข้อมูล การดึงข้อมูลออกมาแสดงผลย้อนหลัง การแสดงผลที่หน้าจอใน

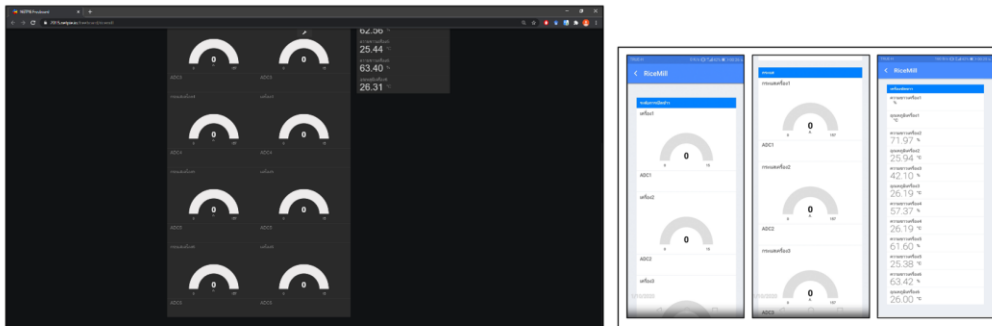
ห้องควบคุม สามารถทำได้อย่างถูกต้องดังภาพที่ 7 โดยที่ภาพแรกคือ การดึงข้อมูลออกมาแสดงผลย้อนหลัง และการแสดงผลที่หน้าจอควบคุม ตามลำดับ



ภาพที่ 7 การแสดงผลที่หน้าจอในห้องควบคุม

การทดสอบเครือข่ายไร้สายและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง คณะผู้วิจัยได้ทำการส่งค่าต่างๆผ่านโปรโตคอล MQTT ไปยัง NETPIE Cloud Platform จากนั้นทดสอบ

การแสดงผลที่หน้าเว็บไซต์ และการแสดงผลที่แอปพลิเคชันของโทรศัพท์มือถือ ดังภาพที่ 8 ซึ่งพบว่าทุกระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง



ภาพที่ 8 การแสดงผลที่หน้าเว็บไซต์และแอปพลิเคชันของโทรศัพท์มือถือ

การอภิปรายผล

ชุดกลไกกลุ่มข้าวที่ได้พัฒนาขึ้นใหม่ทำให้การติดตั้งและการดูแลรักษาง่ายขึ้น และไม่จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าในการขับเคลื่อน การวัดค่าความขาวและการวัดอุณหภูมิมีความถูกต้องในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สามารถนำมาดูแนวโน้มเพื่อประเมินความผิดปกติของเครื่องขัดขาวเบื้องต้นได้

ชุดวัดกระแสมีความถูกต้องสูง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำ สามารถนำมาวัดกระแสเพื่อบ่งบอกได้ว่าเครื่องจักรทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ ถ้าเครื่องจักรเกิดความ

ผิดปกติ ค่ากระแสไฟฟ้าจะมีค่าสูงหรือต่ำกว่าค่าที่ควรจะเป็น จะมีการแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแล

ชุดวัดมูมมีความถูกต้องค่อนข้างสูง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำ สามารถนำมาใช้ดูระดับการเปิดข้าวลงเครื่องขัดขาวได้ ความผิดพลาดในการวัดมูม เกิดจากกลไกลิ้นปิดข้าวกับก้านเหล็กที่ปรับลื่นมีการโยกตัวได้เนื่องจากการยึดไม่มั่นคง

ภาพรวมการทำงานของทั้งระบบ พบว่าสามารถตรวจวัดและส่งค่าไปยังสถานีฐานผ่านเครือข่ายแบบไร้สาย

ได้อย่างถูกต้อง การแสดงผลสามารถทำได้ทั้งหน้าเครื่อง
ห้องควบคุม เว็บไซต์และบนแอปพลิเคชันตามวัตถุประสงค์
ของโครงการวิจัย

7. สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการทำเทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์
แบบไร้สายมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการสีข้าว โดยมุ่งเน้น
ในขั้นตอนของเครื่องขัดขาว ค่าที่ตรวจวัดประกอบไปด้วย
ค่าความขาวและอุณหภูมิของข้าวที่ออกจากเครื่องขัดขาว,
ค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องขัดขาวและระดับการเปิดข้าวลง
เครื่องขัดขาว ค่าทั้งหมดจะถูกส่งไปยังสถานีฐานผ่าน
เครือข่ายแบบไร้สาย เพื่อบันทึกค่าและแสดงผล ระบบที่
พัฒนาขึ้นนี้ ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถตรวจสอบการ
ทำงานของเครื่องขัดขาวได้สะดวกและรวดเร็ว และ ยัง
สามารถขยายไปยังเครื่องจักรอื่นๆ ในกระบวนการสีข้าวได้
ซึ่งจะทำให้ระบบบริหารจัดการโรงสีมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนวิจัยจากสำนักงานกองทุน
สนับสนุนการวิจัย (สกว.) ภายใต้โครงการพัฒนานักวิจัยและ
งานเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณ
เป็นอย่างสูง และ ขอขอบพระคุณ บริษัทห้วยข้าว อินเตอร์
เทรด จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. จินตามณี นิสัยนต์ และ อภิชาติ อางนาเสียว.
(2011). การเพิ่มประสิทธิภาพโรงสีข้าวหอม
มะลิ. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัย ระดับ
บัณฑิตศึกษาแห่งชาติ. ครั้งที่ 12; มหาวิทยาลัย
ขอนแก่น.
2. Atzori, L. Iera, A. and Morabito G. (2010).
The Internet of things: A survey.
Comput. Netw., vol. 54, no. 15.
3. Chantima, P. et al. (2016). **A sensor node
prototype for real-time rice whiteness
measurement.** 2016 13th International

Joint Conference on Computer Science
and Software Engineering (JCSSE).

4. Hidayat, S. S. et al. (2018). **Development
of two-in-one type drying machine and
grinder control system based on
wireless sensors network.** 2018 International
Conference on Applied Science and
Technology (ICAST).
5. Jangkajit, C. and Khunboa, C. (2013). **The
study of relationship between
whiteness and temperature of rice.**
Adv. Comput. Inf. Technol. (ACIT 2013).
6. Khongchareon, N. et al. (2020). **Development of a wireless sensor
network for monitoring husking and
whitening process in rice mills.**
Mahasarakham Inter J of Eng Tech., vol.
6, no. 2.
7. Kawamura, S. et al. (2003). **Development
of an automatic rice-quality inspection
system.** Comput. Electron. Agric., vol. 40,
no. 1–3.
8. Miskam, M. et al. (2009). Preliminary
design on the development of wireless
sensor network for paddy rice cropping
monitoring application in Malaysia.
**European Journal of Scientific Research.,
vol. 37, no. 1.**
9. Nascimento, T. and Galli, R. (2009). **An
equipment to measure whiteness and
transparency of rice.** Rev. Ciencias
Exatas., vol. 2.
10. Yadav, K. B. and Jindal, K. V. (2001). **Monitoring milling quality of rice by
image analysis.** Comput. Electron. Agric.,
vol. 33, no. 1.