วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 31, ฉบับที่ 1 ม.ค.–มี.ค. 2564
The Journal of KMUTNB., Vol. 31, No. 1, Jan.–Mar. 2021

บทความวิจัย

หุ่นยนต์จ่ายยาอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

กันยาลักษณ์ โพธิ์ดง* ต่อลาภ ไทยเขียว วิโรจน์ ยอดสวัสดิ์ วชิรา ปูชตรีรัตน์ และ ยุพิน พวกยะ
สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08 9439 9097 อีเมล: pkanyalag@aru.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2020.08.004
รับเมื่อ 17 มีนาคม 2563 แก้ไขเมื่อ 16 เมษายน 2563 ตอบรับเมื่อ 20 เมษายน 2563 เผยแพร่ออนไลน์ 31 สิงหาคม 2563
© 2021 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

การลืมรับประทานยาและการรับประทานยาเกินขนาด เกิดขึ้นได้กับผู้ป่วยทุกเพศทุกวัย โดยเฉพาะผู้สูงอายุ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหุ่นยนต์ "กะทิ" หุ่นยนต์จ่ายยาอัตโนมัติที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับการจ่ายยาพร้อมการแจ้งเตือนเวลาและการรับประทานยาในเครื่องเดียวกัน อุปกรณ์หลักในการพัฒนาหุ่นยนต์ประกอบด้วย บอร์ดราสเบอร์รี่พายสาม โมเดลบี บอร์ดอาดุยโน เมกะ มอเตอร์สเต็ปเปอร์ และอุปกรณ์ตรวจวัดระยะทาง การทำงานของหุ่นยนต์กะทิแบ่งเป็น 4 ส่วน ได้แก่ เซิร์ฟเวอร์ให้บริการเว็บแอปพลิเคชันและฐานข้อมูล ซ็อกเก็ตเซิร์ฟเวอร์รับคำสั่งจากโทรศัพท์ ส่วนการควบคุมอุปกรณ์ และแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ หุ่นยนต์กะทิได้รับการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน โดยการตั้งเวลาการแจ้งเตือน และทดลองการจ่ายยาในระยะเวลา 7 วันต่อเนื่องกัน จากผลการทดลองสรุปได้ว่า การทำงานของหุ่นยนต์กะทิมีค่าความถูกต้อง โดยเฉลี่ยร้อยละ 95.24 ทั้งการแจ้งเตือนและการจ่ายยาตามที่กำหนด และมีค่าเฉลี่ยโดยรวมของผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ทดลองใช้อยู่ที่ 4.48 ซึ่งอยู่ในระดับสูงมาก

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หุ่นยนต์จ่ายยา หุ่นยนต์กะทิ ราสเบอร์รี่พาย อาดุยโน

การอ้างอิงบทความ: กันยาลักษณ์ โพธิ์ดง, ต่อลาภ ไทยเขียว, วิโรจน์ ยอดสวัสดิ์, วชิรา ปูชตรีรัตน์, และ ยุพิน พวกยะ, "หุ่นยนต์จ่ายยาอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 31, ฉบับที่ 1, หน้า 130–143, ม.ค.–มี.ค. 2564.

Research Article

Automatic Pill Dispensing Robot Using Internet of Things Technology

Kanyalag Phodong*, Torlarb Thaikeow, Wirot Yotsawatl, Wachira Pushatrirat and Yupin Puakya
Computer Science, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phra Nakhon Si Ayutthaya, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08 9439 9097, E–mail: pkanyalag@aru.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2020.08.004
Received 17 March 2020; Revised 16 April 2020; Accepted 20 April 2020; Published online: 31 August 2020
© 2021 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

The problems of forgetting to take medicine and of drug overdose may occur to patients of all ages and genders, especially among the elderly patients. These situations can be life-threatening. This research aimed to develop a medical dispenser named "KATI". The KATI robot was used for medical dispensing and medication alerts. The aim of KATI is to solve the problems of forgetting to take medicine and drug overdose. The robot consists of Raspberry pi 3 model b board, Arduino mega HC-SR04 E18-D80NK and 28BYJ-48. The functional capabilities of KATI are divided into four parts: a server for web and database application, a socket server for listening voice commands, control unit, and android application. KATI was tested for efficiency by scheduling alerts and working experiments for 7 consecutive days. Based on the experimental results, KATI performed its functions accurately up to 95.24% on overall tasks. It received overall user satisfaction rating of 4.48, indicating a very high positive attitude and acceptability.

Keywords: Internet of Things, Pill Dispensing Robot, KATI Robot, Raspberry Pi, Arduino

Please cite this article as: K. Phodong, T. Thaikeow, W. Yotsawatl, W. Pushatrirat, and Y. Puakya, "Automatic pill dispensing robot using internet of things technology," *The Journal of KMUTNB*, vol. 31, no. 1, pp. 130–143, Jan.–Mar. 2021 (in Thai).

1. บทนำ

ในกลุ่มผู้สูงอายุมักพบปัญหาด้านสุขภาพ บางรายอาจมีอาการหลงลืมด้วย เช่น ลืมรับประทานยา ลืมว่าตนเองรับประทานยาไปแล้ว ทำให้รับประทานยาซ้ำ ถึงแม้ว่าปัจจุบันจะมีเครื่องมือที่ใช้สำหรับเตือนความจำในการรับประทานยา แต่ยังมีข้อจำกัด เช่น เครื่องจ่ายยา Medqpillbox [1] ที่ออกแบบมาเฉพาะการแจ้งเตือนการรับประทานยาตามเวลาเท่านั้น หุ่นยนต์ Pillo [2] สามารถจ่ายยาทั้งหมดลงไปในอุปกรณ์รับยา แต่ปัจจุบันมีราคาสูง และรองรับภาษาอังกฤษเท่านั้น ทำให้คนที่มีปัญหาด้านการฟัง-พูดภาษาอังกฤษ ไม่สามารถใช้งาน Pillo ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การพัฒนาเครื่องมือสำหรับระบบอัตโนมัติโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีราคาถูกลง ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีความเร็วและรองรับการสื่อสารข้อมูลของอุปกรณ์ได้มากขึ้น และสามารถเข้าถึงได้ง่าย เครื่องมืออุปกรณ์ รวมถึงระบบต่างๆ จึงได้รับการพัฒนาขึ้นมามากมาย เพื่อลดภาระการทำงานของมนุษย์ และเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานของระบบ รวมถึงแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น หุ่นยนต์สำหรับจ่ายยา เป็นอีกแนวคิดหนึ่งที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งร่วมกับเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาการลืมรับประทานยาของผู้ป่วย แต่ยังมีงานวิจัยไม่มากนักที่นำเสนอการพัฒนาหุ่นยนต์จ่ายยาดังกล่าว

จากปัญหาต่างๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับการลืมรับประทานยารวมถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น ทั้งจากผู้ป่วย ผู้สูงอายุ รวมถึงอุปกรณ์จ่ายยาที่มีการวิจัย และพัฒนา คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการสร้างเครื่องมือสำหรับการจ่ายยาเพื่อแก้ปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้น ซึ่งเกี่ยวเนื่องกับการรับประทานยา โดยพัฒนาระบบหุ่นยนต์จ่ายยา ที่นอกจากสามารถจ่ายยาได้ตรงตามเวลาแล้ว ยังสามารถตรวจสอบการรับประทานยา การเตือนความจำให้ผู้ใช้งานเมื่อถึงเวลาที่ต้องรับประทานยา และแจ้งเตือนด้วยข้อความเมื่อต้องทำกิจกรรมอื่นๆ ที่ผู้ใช้งานสามารถกำหนดเองได้ หุ่นยนต์จ่ายยาที่พัฒนาขึ้น จึงสามารถแก้ปัญหาที่เกี่ยวเนื่องกับการรับประทานยาให้แก่ผู้ป่วย ผู้สูงอายุ รวมถึงผู้ให้การดูแลได้เป็นอย่างดี หุ่นยนต์จ่ายยาที่ได้รับการพัฒนาขึ้นใหม่นี้ ใช้ชื่อว่า “กะทิ” โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อพัฒนาหุ่นยนต์จ่ายยาอัตโนมัติที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับผู้ป่วยและผู้สูงอายุ โดยงานวิจัยนี้ได้บูรณาการเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ พัฒนาเป็นหุ่นยนต์จ่ายยาอัตโนมัติ ทั้งในส่วนของซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ เพื่อนำมาแก้ปัญหาการลืมรับประทานยาของผู้ป่วยที่มีปัญหาการหลงลืมการรับประทานยา และยังเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับการก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุที่จะมาถึงในอนาคต

2. อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเป็นโครงข่ายการสื่อสารที่มีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้า ยานพาหนะ สิ่งก่อสร้าง หรือวัตถุอื่น โดยฝังระบบอิเล็กทรอนิกส์ ซอฟต์แวร์ อุปกรณ์ตรวจจับ (เซนเซอร์; Sensor) ที่ทำให้เกิดการเก็บ หรือแลกเปลี่ยนข้อมูลในโครงข่าย (International Telecommunication Union) [3] เพื่อให้มนุษย์สามารถควบคุม สั่งการอุปกรณ์ผ่านทางเครือข่าย และสามารถนำข้อมูลจากอุปกรณ์เหล่านั้นมาใช้ประโยชน์ได้ เทคโนโลยีที่เป็นรากฐานของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง [4] ได้แก่

- อินเทอร์เน็ต สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ เซนเซอร์ สิ่งก่อสร้างหรือสิ่งประดิษฐ์ เป็นต้น
- เซนเซอร์ อุปกรณ์ที่ใช้วัดปริมาณทางธรรมชาติ และเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าและข้อมูลเชิงตัวเลข [5] ใช้ในการเก็บข้อมูล เพื่อนำมาประมวลผล
- การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เครื่องมือที่สำคัญในการสร้างปัญญาประดิษฐ์ โดยสร้างกระบวนการตัดสินใจอัตโนมัติผ่านการเรียนรู้จากข้อมูลที่สนใจ
- เทคโนโลยี Machine to Machine (M2M) เป็นกลไกการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางที่เป็นมนุษย์เข้าไปมีส่วนร่วมในการสื่อสาร ทั้งยังครอบคลุมการ

ทำงานร่วมกันกับเซนเซอร์และการเรียนรู้ของเครื่องอย่างอัตโนมัติ

- เทคโนโลยีข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) เกิดจากข้อมูลจากระบบสารสนเทศมีปริมาณมากขึ้น จึงเกิดความซ้ำซ้อนในการจัดเก็บ วิเคราะห์ สืบค้น เทคโนโลยีข้อมูลขนาดใหญ่จึงเข้ามามีบทบาทในการประมวลผลข้อมูล

การประยุกต์ใช้งานอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมีหลากหลายด้าน ได้แก่ ด้านการผลิตและอุตสาหกรรม การเกษตรอัจฉริยะ การคมนาคมและการจัดการลอจิสติกส์ ด้านระบบข้อมูลสุขภาพและการแพทย์ ด้านจัดการพลังงานและสาธารณูปโภค ด้านการเงินการธนาคาร และด้านการจัดการภาครัฐ [6]

การดูแลสุขภาพผู้ป่วยหรือผู้พิการ รวมถึงผู้สูงอายุเป็นหัวข้อการวิจัยที่สำคัญเพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อตอบสนองความต้องการเฉพาะด้านสำหรับบุคคลกลุ่มนี้ ซึ่งแตกต่างจากบุคคลทั่วไป อุปกรณ์และเครื่องมือใหม่ๆ จึงได้รับการคิดค้นขึ้นอย่างต่อเนื่อง รวมถึงหุ่นยนต์ที่ได้รับการพัฒนาให้สามารถนำมาใช้ในงานที่หลากหลาย ทั้งทางการแพทย์และเภสัชกรรม เช่น การผ่าตัด การนับเม็ดยา การจัดยา หรือการเตรียมยาสำหรับผู้ป่วยเฉพาะราย เป็นต้น หุ่นยนต์ทางการแพทย์และเภสัชกรรม [7] ได้มีการพัฒนาต้นแบบหุ่นยนต์สำหรับการจ่ายยา จึงได้รับการวิจัยและพัฒนาให้มีความสามารถเพิ่มขึ้นโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ทั้งนี้ ได้มีการวิจัยที่ทำการสำรวจการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในด้านการดูแลสุขภาพ [8] ในงานวิจัยได้มีการแสดงความคิดเห็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการผลิตอุปกรณ์ดูแลสุขภาพสำหรับเด็ก การดูแลผู้ป่วยโรคเรื้อรัง และการดูแลสุขภาพเกี่ยวกับการเคลื่อนไหว และพบว่า เครื่องจ่ายยาอัตโนมัติจะเป็นแนวคิดหนึ่งในการพัฒนาเป็นนวัตกรรมที่นำมาแก้ปัญหาให้แก่กลุ่มบุคคลที่มีปัญหาด้านสุขภาพ

งานวิจัยของ Christo และคณะ [9] ได้พัฒนาหุ่นยนต์สำหรับจ่ายยาชนิดน้ำ โดยอาศัยการเปิด-ปิดวาล์วที่ควบคุมด้วยการเข้ารหัสลายนิ้วมือ นอกจากนี้งานวิจัยของกฤษฎาและคณะ [10] พัฒนาเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติสำหรับผู้สูงอายุเพื่อแก้ปัญหาการลืมรับประทานยา การรับประทานยาผิดเวลา การอ่านฉลากยาไม่ชัดเจน เพื่อช่วยลดปัญหาการรับประทานยาของผู้สูงอายุ และเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาโรค เครื่องจ่ายยาอัตโนมัติที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้ ถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับสั่งการอุปกรณ์ต่างๆ ความสามารถของเครื่องจ่ายยาดังกล่าว ได้แก่ การแจ้งเตือนเวลาที่ผู้สูงอายุต้องรับประทานยา พร้อมจ่ายยาทั้งหมดที่ต้องรับประทานในเวลานั้น ดังนั้น เมื่อวิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจริงเกี่ยวกับการรับประทานยา คือ การจ่ายยาตามเวลาที่กำหนด โดยไม่มีการตรวจสอบว่ามีผู้ใช้คอยรับยาอยู่หรือไม่ ยาที่สัมผัสอากาศอาจเสื่อมคุณภาพได้ นอกจากนี้ การแจ้งเตือนที่ไม่ชัดเจนในลักษณะเสียงไซเรน ทำให้เกิดข้อจำกัดมากกว่าการใส่เสียงพูดที่ผู้ใช้ฟังแล้วเข้าใจได้ทันที เครื่องจ่ายยาดังกล่าว ยังไม่มีส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) ในการตั้งค่าต่างๆ และไม่มีการแจ้งเตือนกรณียาใกล้หมดหรือยาหมด ซึ่งอาจจะทำให้ผู้ป่วยรับประทานยาไม่ต่อเนื่องได้

งานวิจัยของ Hatagundi และคณะ [11] พบว่า กลุ่มผู้สูงอายุส่วนใหญ่ที่ต้องพึ่งพายาเพื่อรักษาโรคที่เป็นอยู่ หรือทำให้สุขภาพแข็งแรง แต่ตารางเวลาการกินยาของผู้สูงอายุมีความซับซ้อนและอาจผิดพลาดได้ เช่น การลืมกินยา กินยาไม่ครบ และการรับประทานยาเกินขนาด จึงเป็นที่มาในการพัฒนาอุปกรณ์จ่ายยาที่สามารถช่วยผู้สูงอายุในรับประทานยาให้ถูกต้องตามกำหนดเวลา การพัฒนาอุปกรณ์จ่ายยาดังกล่าว คล้ายคลึงกับการพัฒนาเครื่องจ่ายยาของกฤษฎาและคณะ [10] ซึ่งทำให้พบปัญหาที่เกิดขึ้นในลักษณะเดียวกัน

งานวิจัยของ Shinde และคณะ [12] พบว่า ปัจจุบันผู้ป่วยส่วนใหญ่ที่ลืมรับประทานยา อาจเป็นสาเหตุให้ระยะในการฟื้นตัวจากโรคนานขึ้น และบางครั้งผู้ป่วยรับประทานยาเกินขนาด อาจทำให้เกิดปัญหารุนแรงตามมาได้ เพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้ จึงเป็นที่มาของการพัฒนาเครื่องจ่ายยาอัจฉริยะที่สามารถแจ้งเตือนเวลาการรับประทานยาได้ และยังสามารถส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลผู้ป่วยเกี่ยวกับข้อมูลการรับประทานยาของผู้ป่วย โดยใช้การส่งข้อความสั้น (SMS) อย่างไรก็ตาม เครื่องจ่ายยาอัจฉริยะดังกล่าว ยังมีข้อจำกัดในลักษณะเดียวกับอุปกรณ์จ่ายยาของ Hatagundi

และคณะ [11] และเครื่องจ่ายยาของกฤษฎาและคณะ [10]

การทำงานของหุ่นยนต์กะทิแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนเว็บเซิร์ฟเวอร์ ส่วนควบคุมอุปกรณ์ ส่วนซ็อกเก็ตเซิร์ฟเวอร์ และส่วนแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งส่วนเว็บเซิร์ฟเวอร์ให้บริการเว็บแอปพลิเคชัน และฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL) โดยผู้ใช้งานสามารถจัดการข้อมูลในการตั้งค่าหุ่นยนต์กะทิผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน ส่วนการควบคุมอุปกรณ์ เป็นโปรแกรมที่ทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนหุ่นยนต์ จัดการฐานข้อมูลในส่วนของการแจ้งเตือนการรับประทานยา การแจ้งเตือนด้วยข้อความ บันทึกข้อมูลพฤติกรรมของผู้ป่วย ข้อมูลยา และส่งข้อมูลการแจ้งเตือนไปยังไฟร์เบสคลาวด์เมสเสจ (Firebase Cloud Message) ส่วนซ็อกเก็ตเซิร์ฟเวอร์ทำหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้งานที่ใช้โทรศัพท์ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และส่วนแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์ ทำหน้าที่รับการแจ้งเตือนข้อมูลพฤติกรรมผู้ป่วย และข้อมูลยาจากไฟร์เบสคลาวน์เมสเสจ และรับคำสั่งในการสั่งงานหุ่นยนต์กะทิ

3. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการพัฒนาหุ่นยนต์กะทิ ประกอบด้วยบอร์ดและอุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ ซึ่งแต่ละอุปกรณ์มีรายละเอียดดังนี้

3.1 บอร์ดอาดุยโน เมกะ (Arduino Mega)

บอร์ดอาดุยโน เมกะ [13] เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ใช้ไมโครชิพ ATmega-2560 มีพอร์ตดิจิทัล จำนวน 54 พอร์ต และพอร์ตแอนะล็อก 16 พอร์ต ใช้แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ ในการพัฒนาหุ่นยนต์กะทิจะใช้บอร์ดอาดุยโน ติดต่อสื่อสารกับบอร์ดบอร์ดราสเบอร์รี่พาย เพื่อควบคุมมอเตอร์สเต็ปเปอร์ 8 ตัว สำหรับใช้เป็นตัวควบคุมฟันเฟืองการจ่ายยา

3.2 บอร์ดราสเบอร์รี่พายสาม โมเดลบี (Raspberry Pi 3 Model B)

บอร์ดราสเบอร์รี่พายสาม โมเดลบี [14] จัดเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ทำงานพื้นฐานได้เหมือนคอมพิวเตอร์ทั่วไป ใช้หน่วยประมวลผล BCM2837 Quad Cortex A53 @ 1.2 GHz มีพอร์ตจีพีไอโอ 40 พอร์ต ใช้แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ สามารถเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สายได้ ในการพัฒนาหุ่นยนต์กะทิ บอร์ดราสเบอร์รี่พายสาม โมเดลบี ถูกนำมาใช้เป็นเซิร์ฟเวอร์ ควบคุมอุปกรณ์อื่น และสื่อสารกับบอร์ดอาดุยโน เมกะ

3.3 อุปกรณ์ตรวจวัดระยะทาง

อุปกรณ์ตรวจวัดระยะทาง E18-D80NK [15] ใช้วัดระยะทางด้วยหลักการสะท้อนของคลื่นอินฟราเรด ตรวจจับวัตถุได้ในระยะ 3–80 เซนติเมตร ใช้แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ แบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วน คือ ตัวส่งคลื่นสร้างคลื่นเสียงออกไปในการวัดระยะแต่ละครั้ง เมื่อคลื่นไปกระทบวัตถุ คลื่นจะถูกสะท้อนกลับมายังตัวรับแล้วประมวลผลด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายใน ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นเชิงตรรกะ คือ 0 กับ 1 เมื่อ 0 คือไม่พบวัตถุในระยะ และ 1 คือพบวัตถุในระยะ อุปกรณ์ E18-D80NK สามารถปรับค่าระยะที่วัดได้โดยการตั้งค่าตัวต้านทาน

ในการพัฒนาหุ่นยนต์กะทิจะใช้อุปกรณ์วัดระยะทาง E18-D80NK 2 ตัว ตัวที่ 1 ใช้ในการตรวจจับมนุษย์ที่อยู่หน้าหุ่นยนต์กะทิ เพื่อตรวจสอบการมารับยา และตัวที่ 2 ใช้ในการตรวจจับแก้วจ่ายยา เพื่อตรวจสอบการรับยา และการนำแก้วจ่ายยากลับมาคืนในจุดเดิม

3.4 มอเตอร์สเต็ปเปอร์ 28BYJ-48

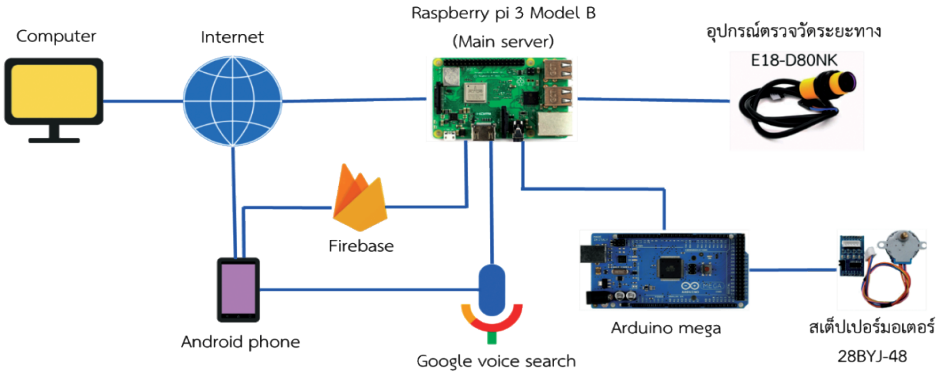
มอเตอร์สเต็ปเปอร์ 28BYJ-48 [16] เป็นอุปกรณ์ควบคุมการหมุน ใช้กำลังไฟ 5 โวลต์ เหมาะสำหรับใช้งานควบคุมการหมุนที่ต้องการตำแหน่ง และทิศทางที่แน่นอน ในการพัฒนาหุ่นยนต์กะทิจะใช้มอเตอร์สเต็ปเปอร์ในการควบคุมกลไกการเปิด-ปิด ช่องจ่ายยา

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาหุ่นยนต์กะทิมีลำดับดังนี้

4.1 วิเคราะห์ปัญหาและความต้องการ

กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ผู้ดูแลผู้ป่วย ผู้ป่วย และผู้สูงอายุ



รูปที่ 1 ภาพรวมการออกแบบการเชื่อมต่อระบบของหุ่นยนต์กะทิ

เพื่อนำมาออกแบบระบบ โดยปัญหาหลักที่พบคือ การลืมรับประทานยาและการรับประทานยาเกินขนาด นอกจากนี้ยังพบว่า อุปกรณ์การจ่ายยายังได้รับการวิจัยและพัฒนาไม่มากนัก และผู้ป่วยยังเข้าถึงได้ยากเนื่องจากมีราคาแพงและหาซื้อยาก

4.2 ออกแบบเครือข่ายและการเชื่อมต่อ

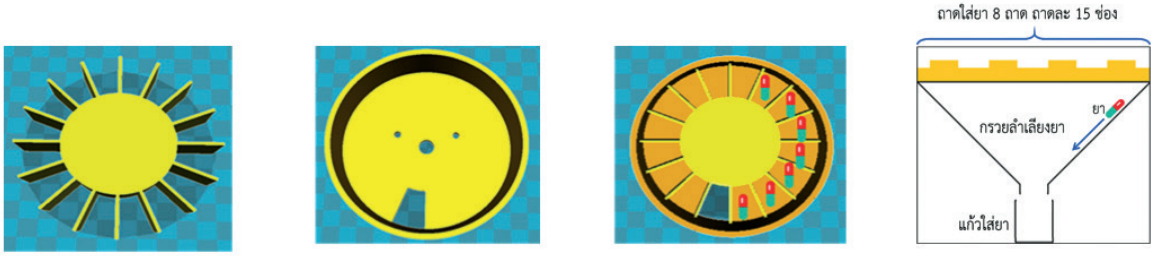
ในระบบหุ่นยนต์กะทิ ซึ่งมีตัวกลางในการติดต่อสื่อสาร คือ บอร์ดราสเบอร์รี่พาย ทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ ฐานข้อมูลของเซิร์ฟเวอร์ และซ็อกเก็ตเซิร์ฟเวอร์ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในวงแลน (Local Area Network: LAN) แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับบอร์ดราสเบอร์รี่พายโดยตรง ได้แก่ อุปกรณ์ตรวจวัดระยะทาง E18-D80NK 2 ตัว ตัวที่ 1 ใช้ตรวจจับมนุษย์ที่มารับยาหน้าเครื่อง ตัวที่ 2 ใช้ตรวจจับแก้วจ่ายยา และส่งข้อมูลไปประมวลผลบนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย และบอร์ดอาดุยโน เมกะ โดยอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับบอร์ดอาดุยโน เมกะ ได้แก่ มอเตอร์สเต็ปเปอร์ 28BYJ48 และ ULN2003 ใช้ในการควบคุมช่องจ่ายยา โดยบอร์ดอาดุยโน เมกะ ทำหน้าที่ติดต่อสื่อสารกับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย เพื่อนำไปควบคุมช่องจ่ายยา

สาเหตุที่นำบอร์ดอาดุยโนมาควบคุมช่องจ่ายยา เนื่องจากพอร์ตจีพีไอโอของบอร์ดราสเบอร์รี่พายไม่เพียงพอต่อการควบคุมมอเตอร์สเต็ปเปอร์ 8 ตัว ที่ใช้สำหรับช่องจ่ายยา จึงต้องใช้บอร์ดอาดุยโน เมกะ มาควบคุมอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อบอร์ดราสเบอร์รี่พายผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ได้แก่ คอมพิวเตอร์ที่ใช้ตั้งค่าหุ่นยนต์กะทิผ่านเว็บแอปพลิเคชัน และบันทึกข้อมูลไปยังฐานข้อมูล

นอกจากนี้ยังมีโทรศัพท์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีการทำงาน 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนการส่งคำสั่งเสียงโดยการรับเสียงจากผู้ใช้งาน จากนั้นประมวลผลข้อมูลเสียงด้วย Google Voice Search [17] และส่งข้อความที่ได้จากการประมวลผลไปยังซ็อกเก็ตเซิร์ฟเวอร์ ส่วนการรับข้อมูลการแจ้งเตือน โดยจะรับข้อมูลการแจ้งเตือนผ่านไฟร์เบส โดยข้อมูลการแจ้งเตือนจะถูกส่งมาจากบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ข้อมูลการแจ้งเตือนจะสอดคล้องกับฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของระบบหุ่นยนต์กะทิ แสดงดังรูปที่ 1

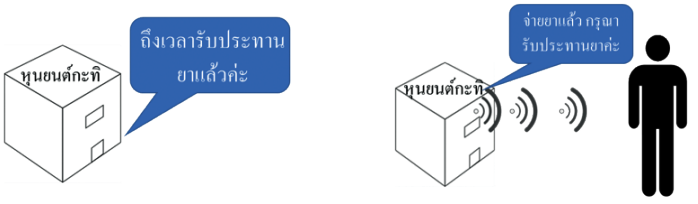
4.3 การออกแบบช่องจ่ายยา

หุ่นยนต์กะทิถูกออกแบบให้สามารถจ่ายยาได้ครั้งละ 1 ช่อง โดยการเลื่อนกังหันจ่ายยา โดยช่องจ่ายยาประกอบด้วยสองส่วน คือ ส่วนตัวกังหัน แบ่งถาดยาออกเป็น 16 ช่อง ดังรูปที่ 2 (ก) เพื่อใช้บรรจุยาลงไปในแต่ละช่อง และส่วนที่สองจะเป็นถาดสำหรับจ่ายยา ดังรูปที่ 2 (ข) โดยจะเว้นว่างไว้หนึ่งช่อง เพื่อให้ยาตกลงไปในช่องรูปทรงกรวยเพื่อลำเลียงไปในแก้วจ่ายยา เพื่อลำเลียงยาไปสู่แก้วใส่ยา ดังรูปที่ 2 (ง) โดยกังหันแบ่งถาดยา และถาดยาจะถูกนำมาประกอบกัน จะได้ดังรูปที่ 2 (ค) การออกแบบช่องจ่ายยาโดยวิธีดังกล่าวทำให้ผู้ใช้สามารถบรรจุยาลงช่องใส่ยาได้ครั้งละ 1–10 เม็ด



(ก) กังหันแบ่งถาดยา (ข) ถาดใส่ยา (ค) การประกอบถาดใส่ยาและกังหัน (ง) กลไกการจ่ายยาลงแก้วยา

รูปที่ 2 การออกแบบช่องจ่ายยาและกลไกการจ่ายยาลงในแก้วจ่ายยา



(ก) การแจ้งเตือนการรับประทานยาด้วยเสียง (ข) ขั้นตอนการจ่ายยาเมื่อมนุษย์มาหน้าเครื่อง

รูปที่ 3 การแจ้งเตือนการรับประทานยาด้วยเสียงและการจ่ายยา

ขึ้นอยู่กับขนาดของยา ซึ่งจะทำให้ช่องยาหนึ่งๆ สามารถบรรจุยาเป็นชุดสำหรับการจ่ายยาแต่ละครั้งได้โดยไม่ต้องแยกยาเป็นถาดละช่อง

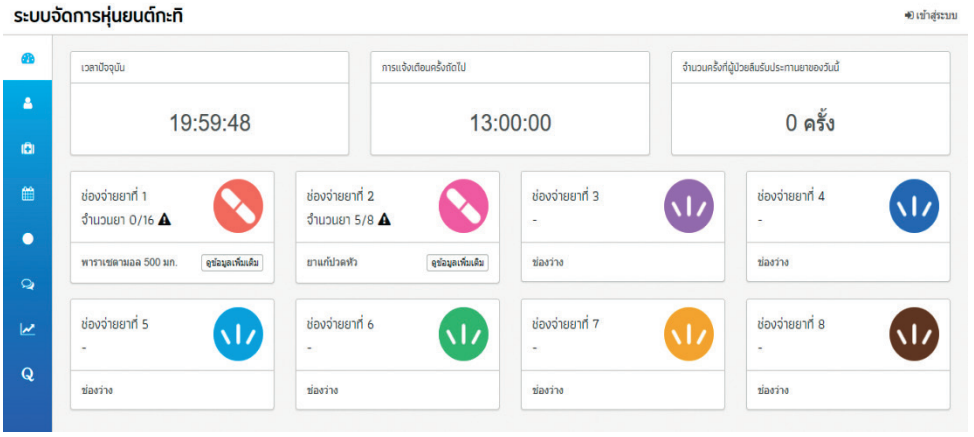
4.4 การออกแบบการทำงาน

ระบบหุ่นยนต์กะทิ ประกอบด้วยการทำงานสองส่วน คือ ส่วนของฮาร์ดแวร์และส่วนของซอฟต์แวร์ ซึ่งทำงานประสานกัน โดยซอฟต์แวร์จะควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์ ซึ่งสั่งการโดยผู้ใช้เป็นผู้ตั้งค่าเวลาการแจ้งเตือนและการจ่ายยา เมื่อมีการแจ้งเตือนการรับประทานยา ตามเวลาที่ผู้ใช้กำหนด หุ่นยนต์กะทิจะแจ้งเตือนด้วยเสียงพูดเพื่อให้ผู้ป่วย หรือผู้ดูแลผู้ป่วย มารับยาจากตัวหุ่นยนต์กะทิ ดังตัวอย่างในรูปที่ 3 (ก)

อย่างไรก็ตาม เมื่อถึงเวลารับประทานยาตามที่ผู้ใช้กำหนดแล้ว หุ่นยนต์กะทิยังไม่ได้จ่ายยาทันที แต่จะตรวจสอบก่อนว่ามีมนุษย์เดินมาหน้าเครื่องหรือไม่ โดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัดระยะทาง ถ้าไม่มีมนุษย์เดินมาหน้าเครื่องภายใน 30 นาที หุ่นยนต์กะทิจะส่งข้อความการแจ้งเตือนผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน และแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยจะระบุข้อความว่าผู้ป่วยลืมรับประทานยา การทำงานดังกล่าว จะทำให้ยาไม่เสื่อมคุณภาพจากการสัมผัสอากาศ

เมื่อหุ่นยนต์กะทิพบว่า มีมนุษย์เดินมาหน้าเครื่อง เซนเซอร์จะทำการตรวจจับวัตถุ และหุ่นยนต์กะทิจะจ่ายยาที่ผู้ใช้ระบุลงในแก้วจ่ายยา และตรวจสอบแก้วจ่ายยาว่ายังอยู่ในตัวเครื่องหรือไม่ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดระยะทาง E18-D80NK ถ้าแก้วจ่ายยายังอยู่ในตัวเครื่องหุ่นยนต์จะทำการแจ้งเตือนด้วยเสียงพูดดังรูปที่ 3 (ข) เพื่อให้ผู้ใช้มารับยา นอกจากนี้หุ่นยนต์กะทิยังได้รับการออกแบบมาให้ตรวจสอบว่าแก้วจ่ายยาอยู่ในช่องจ่ายยาหรือไม่ เพื่อให้มีแก้วจ่ายยารองรับกับการจ่ายยาครั้งต่อไป โดยมีการทำงานคือ การแจ้งเตือนให้นำแก้วมาคืนที่ตัวเครื่องด้วยเสียงพูด พร้อมตรวจสอบว่าแก้วอยู่ในตัวเครื่องหรือไม่ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดระยะทาง E18-D80NK นั่นเอง

หลังจากที่แก้วยาถูกนำออกไปแล้ว หุ่นยนต์กะทิจะส่งข้อความการแจ้งเตือนไปบนเว็บและแอปพลิเคชันบน



รูปที่ 4 หน้าจอเว็บแอปพลิเคชันระบบหุ่นยนต์กะทิ

โทรศัพท์เคลื่อนที่ ทำให้ผู้ดูแลผู้ป่วยติดตามพฤติกรรมการรับประทานยาของผู้ป่วยได้

4.5 ออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้

ประกอบด้วยเว็บแอปพลิเคชัน และแอปพลิเคชันการรายงานผลและการแจ้งเตือนบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

4.6 ขั้นตอนทดสอบระบบ

โดยนำหุ่นยนต์กะทิมาทดสอบการใช้งาน ภายในช่วงระยะเวลา 7 วัน แล้วจึงนำไปปรับปรุงแก้ไขข้อพกพร่อง โดยมีหลักการทดสอบระบบคือ ความแม่นยำในการแจ้งเตือนและจ่ายยา

4.7 ประเมินผลการใช้งานระบบ

โดยนำหุ่นยนต์กะทิไปสาธิตการใช้งานกับกลุ่มตัวอย่าง 10 คน โดยเก็บผลประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน และนำผลไปวิเคราะห์ในลำดับต่อไป

5. ผลการวิจัย

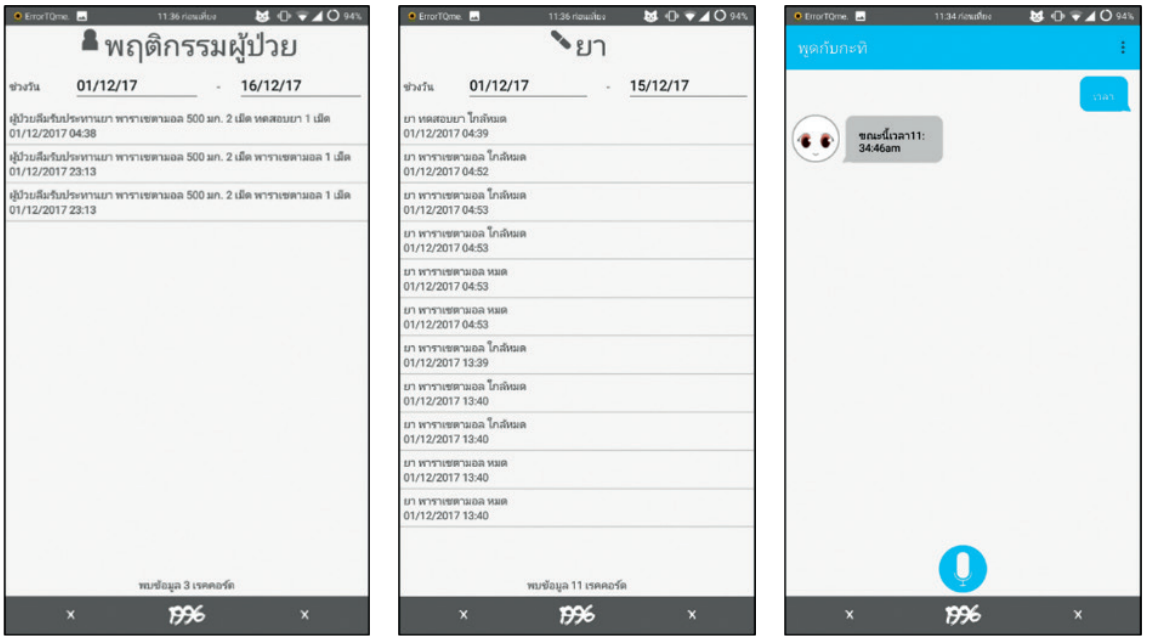
5.1 ซอฟต์แวร์

เว็บแอปพลิเคชันสำหรับจัดการข้อมูลในระบบหุ่นยนต์กะทิประกอบด้วยข้อมูลสมาชิก ข้อมูลบุคคลภายนอก ข้อมูลยา ข้อมูลช่องยา ข้อมูลตารางเวลา ข้อมูลคำถาม-คำตอบ และข้อมูลพฤติกรรมผู้ป่วย ดังรูปที่ 4

แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เป็นแอปพลิเคชันรับการแจ้งเตือน ผู้ดูแลผู้ป่วยสามารถเรียกดูข้อมูลพฤติกรรมการกินยาของผู้ป่วย และการแจ้งเตือนข้อมูลจำนวนยา เมื่อยาใกล้หมด นอกจากนี้ ยังสามารถโต้ตอบและสั่งการหุ่นยนต์ด้วยเสียงผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ โดยมีคำสั่งพื้นฐาน 6 หมวด ได้แก่ วันที่ เวลา การจ่ายยา สภาพอากาศ การคำนวณทางคณิตศาสตร์เบื้องต้น และการเตือนความจำ ดังรูปที่ 5

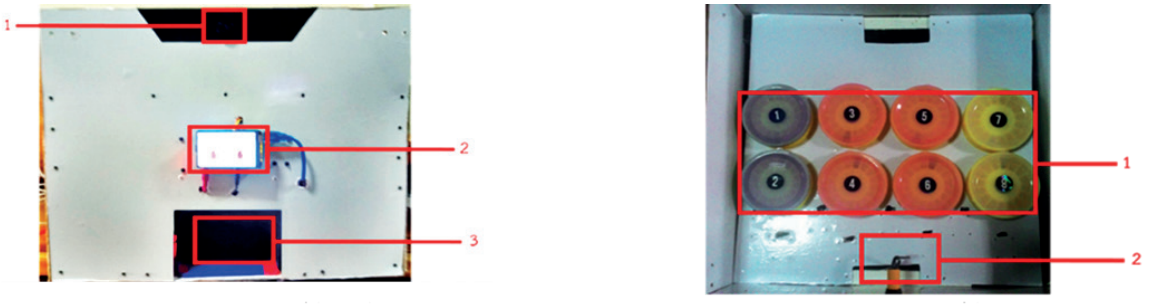
5.2 ฮาร์ดแวร์

โครงสร้างของหุ่นยนต์กะทิถูกออกแบบให้มีรูปทรงสี่เหลี่ยม มีความกว้าง ความยาว และความสูง ด้านละ 50 เซนติเมตร ตัวหุ่นยนต์สร้างจากไม้อัด ซึ่งทำให้หุ่นยนต์มีน้ำหนักเบา สามารถยึดติดกับผนังได้ ในส่วนของด้านหน้าของหุ่นยนต์กะทิ ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 3 อย่าง ดังรูปที่ 6 (ก) ได้แก่ หมายเลข 1 และ 3 เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดระยะทาง E18-D80NK และหมายเลข 2 เป็นจอแอลซีดี ขนาด 3.5 นิ้ว ที่ประกอบติดกับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ด้านบนหุ่นยนต์จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 2 อย่าง ได้แก่ หมายเลข 1 ช่องจ่ายยาจำนวน 8 ช่อง และหมายเลข 2 E18-D80NK ดังรูปที่ 6 (ข)



(ก) การแจ้งเตือนพฤติกรรมการกินยาของผู้ป่วย (ข) การแจ้งเตือนจำนวนยาใกล้หมด (ค) การโต้ตอบระหว่างหุ่นยนต์และมนุษย์

รูปที่ 5 แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับรับการแจ้งเตือนพฤติกรรมการกินยาของผู้ป่วย



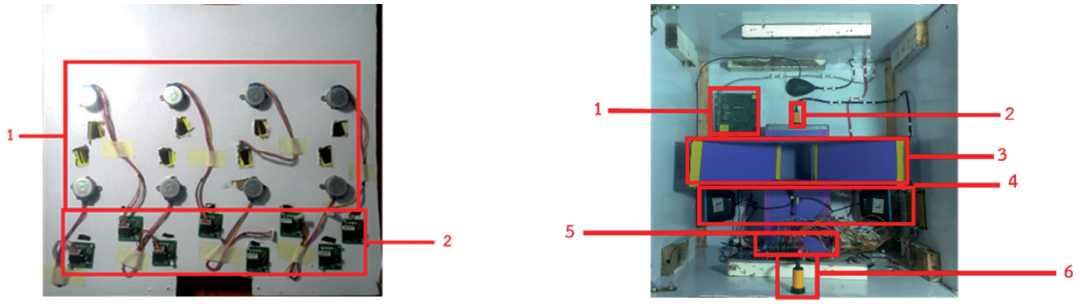
(ก) ส่วนประกอบของหุ่นยนต์ด้านหน้า (ข) ส่วนประกอบของหุ่นขนต์ด้านบน

รูปที่ 6 ส่วนประกอบด้านหน้าและด้านบนของหุ่นยนต์กะทิ

อุปกรณ์ในการควบคุมช่องจ่ายยาจะถูกซ่อนไว้ใต้ชั้นที่ 1 ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 2 อย่าง คือ หมายเลข 1 มอเตอร์สเต็ปเปอร์ และหมายเลข 2 อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์สเต็ปเปอร์ ดังรูปที่ 7 (ก) ส่วนด้านในของตัวหุ่นยนต์จะประกอบด้วยอุปกรณ์ 5 อย่าง ได้แก่ หมายเลข 1 สวิทชิงเพาเวอร์ซัพพลาย 5 VDC 20 แอมป์ หมายเลข 2 อุปกรณ์ตรวจวัดระยะทาง E18-D80NK หมายเลข 3 กรวยกรองยาลงในแก้วจ่ายยา หมายเลข 4 ลำโพง หมายเลข 5 บอร์ดอาดุยโน เมกะ และหมายเลข 6 E18-D80NK ดังรูปที่ 7 (ข)

5.3 ประสิทธิภาพของหุ่นยนต์กะทิ

การทดสอบประสิทธิภาพของหุ่นยนต์กะทิจะทำการตั้งค่าตารางเวลา ทั้งการแจ้งเตือนการรับประทานยา และการแจ้งเตือนด้วยข้อความสั้นและเสียง ดังตารางที่ 1



(ก) ส่วนประกอบของหุ่นยนต์ใต้ชั้นที่ 1 (ข) สวนประกอบภายในของหุ่นยนต์กะทิสำหรับควบคุมช่องจ่ายยา

รูปที่ 7 ส่วนประกอบด้านในของหุ่นยนต์กะทิ

ตารางที่ 1 กำหนดเวลาสำหรับการจ่ายยา และการแจ้งเตือน ใน 1 วัน

ลำดับ	เวลา	การกระทำ	รายละเอียดการกระทำ
1	T_1	การแจ้งเตือน	แจ้งเตือนการรับประทานอาหารด้วยเสียงพูด และข้อความ
2	T_2	การจ่ายยา	แจ้งเตือนการรับประทานยาด้วยเสียงพูด และจ่ายยา ช่องที่ 1 ช่องที่ 2 และช่องที่ 3
3	T_3	การแจ้งเตือน	แจ้งเตือนการรับประทานอาหารด้วยเสียงพูด และข้อความ
4	T_4	การจ่ายยา	แจ้งเตือนการรับประทานยาด้วยเสียงพูด และจ่ายยา ช่องที่ 5
5	T_5	การแจ้งเตือน	แจ้งเตือนการรับประทานอาหารด้วยเสียงพูด และข้อความ
6	T_6	การจ่ายยา	แจ้งเตือนการรับประทานยาด้วยเสียงพูด และจ่ายยา ช่องที่ 1 ช่องที่ 2 และช่องที่ 3

จากตารางที่ 1 กำหนดค่าการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์กะทิ โดยกำหนดช่วงเวลาสำหรับการแจ้งเตือน และการจ่ายยา 6 ช่วงเวลา การประเมินประสิทธิภาพการทำงานของหุ่นยนต์กะทิ ใช้วิธีการตั้งค่าการทำงาน ซึ่งได้แก่ การแจ้งเตือนและการจ่ายยา โดยประเมินการทำงานของหุ่นยนต์กะทิจากจำนวนเม็ดยา ชนิดของยาที่จ่ายที่จ่าย และการแจ้งเตือน ค่าที่ใช้วัดประกอบด้วย

5.3.1 ความถูกต้อง (Accuracy) ใช้วัดประสิทธิภาพความถูกต้องโดยรวมของระบบ มีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (1)

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} = \frac{\text{จำนวนครั้งของการกระทำที่ถูกต้องของระบบ}}{\text{จำนวนครั้งของการกระทำทั้งหมดของระบบ}} \quad (1)$$

5.3.2 ความแม่นยำ (Precision) ใช้วัดความแม่นยำในการแจ้งเตือน/จ่ายยาของระบบ มีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (2)

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} = \frac{\text{จำนวนครั้งในการแจ้งเตือน/จ่ายยาได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนครั้งในการแจ้งเตือน/จ่ายยาทั้งหมด}} \quad (2)$$

5.3.3 การแจ้งเตือน (Recall) ใช้วัดความถูกต้องในการแจ้งเตือน/จ่ายยาของระบบ มีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (3)

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} = \frac{\text{จำนวนครั้งในการแจ้งเตือน/จ่ายยาได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนครั้งที่ระบบจะต้องแจ้งเตือน/จ่ายยาทั้งหมด}} \quad (3)$$

โดยค่า TP, TN, FP และ FN ที่ใช้คำนวณ มีความหมายดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความหมายของการกระทำที่เกิดขึ้นในระบบ

การกระทำ	การกระทำของหุ่นยนต์กะทิ	เมทริกซ์
T: จ่ายยา/แจ้งเตือน	P: จ่ายยาถูกต้อง/แจ้งเตือนถูกต้อง	*TP*
T: ไม่จ่ายยา/ไม่แจ้งเตือน	N: ไม่จ่ายยา/ไม่แจ้งเตือน	*TN*
F: ไม่จ่ายยา/ไม่แจ้งเตือน	P: จ่ายยาผิด/แจ้งเตือนผิด	*FP*
F: จ่ายยา/แจ้งเตือน	N: ไม่จ่ายยาหรือจ่ายยาผิด/ไม่แจ้งเตือนหรือแจ้งเตือนผิด	*FN*

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์กะทิ ระยะเวลา 7 วัน

วันที่	การทำงานของหุ่นยนต์กะทิ						ความผิดพลาด
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
3	✓	✓	✓	✓	✓	×	T_6: จำนวนยาน้อยกว่าที่กำหนด
4	×	✓	✓	✓	✓	✓	T_1: มีการจ่ายยา
5	✓	×	✓	×	✓	✓	T_2: จำนวนยาน้อยกว่าที่กำหนด และ T_4: จำนวนยามากกว่าที่กำหนด
6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-

หมายเหตุ: ✓ ระบบทำงานถูกต้อง, × ระบบทำงานผิดพลาด

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการทำงานของหุ่นยนต์กะทิ

การทำงาน	Accuracy (ร้อยละ)	Precision (ร้อยละ)	Recall (ร้อยละ)
การแจ้งเตือน	100.00	100.00	100.00
การจ่ายยา	90.48	94.74	85.71
เฉลี่ยการทำงานในภาพรวม	95.24	97.37	92.86

ความถูกต้องของขั้นตอนการจ่ายยา หมายถึง การแจ้งเตือนการกินยาด้วยเสียงพูด การจ่ายยาในกรณีที่มีผู้มารับยา ทั้งจำนวนและชนิดของยา และไม่จ่ายยาในกรณีที่ไม่มีผู้มารับยา และส่งข้อความสั้นไปยังแอปพลิเคชัน หากมีการทำงานผิดพลาดในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง จะถือเป็นการทำงานผิดพลาดทั้งกระบวนการในช่วงเวลานั้นๆ ส่วนความถูกต้องของการแจ้งเตือน หมายถึง การแจ้งเตือนตรงเวลาด้วยข้อความที่ถูกต้อง

เมื่อทดสอบประสิทธิภาพความน่าเชื่อถือในการทำงานของหุ่นยนต์กะทิเป็นระยะเวลา 7 วัน และบันทึกผลการทดสอบดังตารางที่ 3 และจากตารางที่ 3 สามารถสรุปเป็น Confusion Matrix ของการแจ้งเตือน และการจ่ายยาได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	*S.D.*	ระดับ
1. ด้านซอฟต์แวร์			
ความสมบูรณ์ และความถูกต้องในการทำงานของโปรแกรม	4.2	0.60	มากที่สุด
ความเร็วในการตอบสนอง	4.9	0.30	มากที่สุด
ความสะดวกในการใช้งาน	4.3	0.46	มากที่สุด
การเข้าถึงหน้าจอต่างๆ	4.1	0.54	มากที่สุด
ความสวยงามของหน้าจอ	4.1	1.14	มากที่สุด
2. ด้านฮาร์ดแวร์			
วัสดุที่ใช้งาน	4.7	0.46	มากที่สุด
ความสวยงาม	4.7	0.46	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	**4.48**	**0.60**	**มากที่สุด**

หมายเหตุ: คะแนนความพึงพอใจ 5 ระดับ ได้แก่ น้อยที่สุด (1) น้อย (2) ปานกลาง (3) มาก (4) และมากที่สุด (5)

จากผลการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์กะทิในระยะเวลา 7 วัน พบว่า การทำงานของซอฟต์แวร์ถูกต้องทั้งหมด ทั้งการแจ้งเตือนด้วยเสียงพูด การแจ้งเตือนด้วยข้อความ และการควบคุมกลไกการทำงานของหุ่นยนต์กะทิ แต่ในส่วนของฮาร์ดแวร์ มีความผิดพลาดที่กรวยลำเลียงยาลงสู่แก้วจ่ายยาที่ไม่ลาดชันพอ ทำให้ยาที่ถูกจ่ายค้างอยู่ที่กรวยลำเลียงยาทั้งในช่วงเวลา T_6 และ T_2 ของวันที่ 3 และวันที่ 5 ตามลำดับ ส่งผลให้ช่วงเวลา T_1 ของวันที่ 4 มียาในแก้วจ่ายยา ซึ่งเป็นยาที่ตกค้างอยู่ในกรวยลำเลียงยา ซึ่งเป็นยาที่ถูกจ่ายในวันที่ 3 เช่นเดียวกับช่วงเวลา T_4 ของวันที่ 5 ที่มีจำนวนยามากกว่าที่กำหนด อันเป็นผลมาจากยาที่ตกค้างอยู่ในกรวยลำเลียงยาที่ถูกจ่ายในช่วงเวลา T_2 ของวันเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ทั้งในวันที่ 3 และวันที่ 5 ยาที่ค้างนั้น เป็นยาชนิดเดียวกันที่บรรจุไว้ในช่องจ่ายยาที่ 2 โดยเป็นยาเม็ดที่ถูกตัดจากห่อพลาสติกเพื่อไม่ให้เม็ดยาสัมผัสอากาศ จึงเป็นสาเหตุให้ยาค้างอยู่ในกรวยลำเลียงยา

5.4 ผลการการประเมินความพึงพอใจ

การประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานหุ่นยนต์กะทิ แบ่งเป็น 2 ด้าน คือ ด้านซอฟต์แวร์และด้านฮาร์ดแวร์ โดยในด้านซอฟต์แวร์ มีการประเมินความสมบูรณ์ของโปรแกรม ความเร็วในการตอบสนอง ความสะดวกในการใช้งาน การเข้าถึงหน้าจอต่างๆ ความสวยงามของระบบ ส่วนด้านฮาร์ดแวร์ มีการประเมินวัสดุที่ใช้งาน ความสวยงาม ประเมินการใช้งานโดยกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ซึ่งเป็นผู้ดูแลผู้ป่วยและผู้สูงอายุ โดยมีผลการประเมินความพึงพอใจดังตารางที่ 5

6. อภิปรายผลและสรุป

หุ่นยนต์กะทิ ได้รับการพัฒนามาเพื่อแก้ไขปัญหาการหลงลืมการรับประทานยาของผู้ป่วยโดยเฉพาะผู้สูงอายุ เนื่องจากผลิตภัณฑ์สำหรับการจ่ายยา รวมถึงแนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์การจ่ายยาจากงานวิจัยต่างๆ ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ครอบคลุม หุ่นยนต์กะทิได้รับการออกแบบและประกอบขึ้นจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กหลายชิ้นส่วน ได้แก่ บอร์ดราสเบอร์รี่พายสามโมเดลบี บอร์ดอาดุยโนเมกะ มอเตอร์สเต็ปเปอร์ และอุปกรณ์ตรวจวัดระยะทาง บนโครงสร้างที่ทำจากไม้อัด ทำให้มีน้ำหนักเบา การทำงานของหุ่นยนต์กะทิแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่ เซิร์ฟเวอร์ให้บริการเว็บแอปพลิเคชันและฐานข้อมูลสำหรับผู้ใช้ตั้งค่าการใช้งานระบบ ซ็อกเก็ตเซิร์ฟเวอร์ใช้รับคำสั่งจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ ส่วนกลไกการควบคุมอุปกรณ์ และแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่

การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์กะทิ พบว่าการทำงานของซอฟต์แวร์ถูกต้องร้อยละ 100 ทั้งการแจ้งเตือนด้วยเสียงพูด การแจ้งเตือนด้วยข้อความ และการควบคุมกลไกการทำงานของระบบ ในส่วนของฮาร์ดแวร์ มีความผิดพลาดที่กรวยลำเลียงยาลงสู่แก้วจ่ายยาที่ไม่ลาดชันพอทำให้ยาที่ถูกจ่าย ค้างอยู่ที่กรวยลำเลียงยา

จากการทดสอบ และการเก็บผลประเมินความพึงพอใจ พบว่า หุ่นยนต์กะทิสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามกำหนด ทั้งการแจ้งเตือนการจ่ายยา และการแจ้งเตือนข้อความ และมีผลประเมินความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก

จากความสามารถต่างๆ ที่ได้รับการออกแบบตามความต้องการของผู้ใช้ ทำให้หุ่นยนต์กะทิ สามารถช่วยให้ผู้ใช้ โดยเฉพาะผู้สูงอายุสามารถพึ่งพาตนเองได้ในระดับหนึ่ง ช่วยป้องกันอันตรายจากอาการหลงลืมได้ เช่น การลืมรับประทานยา และการลืมรับประทานอาหาร ซึ่งการลืมเหล่านี้อาจจะส่งผลอันตรายแก่ผู้ป่วย ช่วยเตือนความจำผู้ที่มีอาการหลงลืมได้ และช่วยให้ผู้ดูแลผู้ป่วยสามารถติดตามการรับประทานยาของผู้ป่วยได้อย่างใกล้ชิด

เมื่อเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย ของอุปกรณ์และหุ่นยนต์จ่ายยาอื่นๆ กับหุ่นยนต์กะทิ พบว่า Med-Q มีขนาดเล็ก สามารถพกพาได้ ใช้ไฟน้อย และใช้ได้นาน แต่ไม่ยืดหยุ่น เนื่องจากต้องใส่ยารวมกันใน 1 ช่อง สำหรับการจ่ายยาต่อครั้ง ส่วน Pillo [2] สามารถตั้งค่าตารางการจ่ายยาและการแจ้งเตือนความจำได้อย่างละเอียด รายงานพฤติกรรมผู้ป่วยผ่านแอปพลิเคชันได้ และสามารถสั่งการด้วยเสียงได้ แต่มีราคาที่แพง และรองรับเฉพาะภาษาอังกฤษ ส่วน Automatic Liquid Dispensing Robot มีข้อดีที่เคลื่อนที่ได้ มีระบบรักษาความปลอดภัยด้วยการสแกนลายนิ้วมือ ใช้สำหรับจ่ายยาชนิดน้ำ แต่มีข้อเสียคือมีขนาดใหญ่ ไม่เหมาะแก่การพกพา ไม่สามารถจ่ายยาเม็ดได้ ปริมาณยาน้ำที่จ่ายมีความผิดพลาด สำหรับหุ่นยนต์กะทิมีข้อดีคือสามารถตั้งค่าตารางการจ่ายยาและการแจ้งเตือนความจำได้อย่างละเอียด รายงานพฤติกรรมผู้ป่วยผ่านแอปพลิเคชันได้ สั่งการด้วยเสียงผ่านแอปพลิเคชัน รองรับทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ แต่ยังมีขนาดใหญ่ ไม่เหมาะแก่การพกพา

นอกจากนี้ในอนาคต หุ่นยนต์กะทิสามารถพัฒนาส่วนฮาร์ดแวร์ให้ดียิ่งขึ้นได้ ตัวอย่างเช่น ในกรณีผลการทดสอบของตารางที่ 3 ในบางครั้งยังมีปัญหาการจ่ายยาที่มีจำนวนยาน้อยกว่าที่กำหนด ซึ่งเป็นปัญหามาจากฮาร์ดแวร์และอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้ป่วยได้ จึงควรมีการพัฒนาส่วนกรวยบนแพลตฟอร์มให้มีความยืดหยุ่นขึ้น โดยใช้สปริงเป็นตัวช่วย และสร้างระบบสั่นหรือเขย่ากรวยเล็กน้อยด้วยมอเตอร์ในขณะที่เปิดช่องจ่ายยา จะช่วยให้ยาไหลลงสู่ช่องกรวยได้ดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Med-Q. (2018). Medqpillbox. Med-Q. Arizona, USA. [Online]. Available: https://medqpillbox.com/

[2] Pillohealth. (2016). Bringing Health Home. Pillo Inc. New York, United States. [Online]. Available: https://www. pillohealth.com/

[3] ITU-T Recommendations. (2012, June). ITU-T Recommendation Y. 2060. International Telecommunication Union (ITU). Geneva, Switzerland. [Online]. Available: https://www.itu.int/ITU-T/recommen dations/rec.aspx?rec=y.2060

[4] P. Kullimratchai, “Internet of things: Current technology trends for future,” *EAU Heritage Journal Science and Technology*, vol. 10, no. 1, pp. 29–36, 2016 (in Thai).

[5] D. Puccinelli and M. Haenggi, “Wireless sensor networks: Applications and challenges of ubiquitous sensing,” *IEEE Circuits and Systems Magazine*, vol. 5, no. 3, pp. 19–31, 2005.

[6] T. Thongkamwitoon, “Internet of things and regulatory guidelines for spectrum management in Thailand,” *Journal of The National Broadcasting and Telecommunications Commission*, vol. 1, pp. 167–194, 2016 (in Thai).

[7] D. Tripak and P. Pamonsinlapatham, "Medical and pharmaceutical robots," *Thai Bulletin of Pharmaceutical Sciences*, vol. 11, no. 2, pp. 61–75, 2016 (in Thai).

[8] A. S. Yeole and D. R. Kalbande, "Use of internet of things (IoT) in healthcare: A survey," in *Proceedings of the ACM Symposium on Women in Research*, 2016, pp. 71–76.

[9] B. B. Christo and M. R. Ebenezar Jebarani, "An automatic liquid dispensing robot with database management and biometric security systems," *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 11, no. 11, pp. 6964–6968, 2016.

[10] K. Trinate, N. Thamcharoen, T. Trisoonthorn, S. Pathomchaiwal, T. Chaisaengmongkol, and S. Sukphotharam, "Automatic medicine dispensing machine," *Executive Journal*, vol. 30, no. 2, pp. 119–121, 2010 (in Thai).

[11] D. H. Mrityunjaya, J. U. Kartik, B. Teja, and H. Kotresh, "Automatic pill dispenser," *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 5, no. 7, pp. 543–547, 2016.

[12] S. Shinde, N. Bange, M. Kumbhar, and S. Patil, "Smart medication dispenser," *International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering*, vol. 6, no. 4, pp. 200–204, 2017.

[13] Arduino. (2017). Arduino MEGA 2560. ARDUINO [Online]. Available: https://store.arduino.cc/

[14] Raspberry pi foundation. (2018). Raspberry Pi 3 Model B+. RASPBERRY PI FOUNDATION. UK. [Online]. Available: https:// www.raspberrypi.org/

[15] Tinkbox. (2016). Proximity Sensor/Switch E18-D80NK. rhydoLABZ. [Online]. Available: http://www.rhydolabz.com/documents/27/E18-D80NK.pdf

[16] Makerlab-electronics. (2015). Stepper Motor 28BYJ-48 with ULN2003 driver. Makerlab Electronics. Santa Cruz, Manila. [Online]. Available: https://www.makerlab-electronics.com/product/stepper-motor-28byj-48-uln2003-driver/

[17] Google Voice Search. (2018). AI & Machine Learning Products. Google Cloud. [Online]. Available: https://cloud.google.com/speech-to-text/