บทความวิจัย

การพัฒนาระบบควบคุมการพลิกเตียงผู้ป่วยและการแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียงผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

สกุล คำนวนชัย
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0 3642 2125 อีเมล: skulkmitl@gmail.com
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.12.004
รับเมื่อ 9 มิถุนายน 2564 แก้ไขเมื่อ 28 กรกฎาคม 2564 ตอบรับเมื่อ 2 สิงหาคม 2564 เผยแพร่ออนไลน์ 23 ธันวาคม 2564
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาระบบควบคุมการพลิกเตียงผู้ป่วย และการแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียงผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ดูแลผู้ป่วยลดภาระในการช่วยเหลือผู้ป่วย ส่งผลให้ผู้ดูแลผู้ป่วยสามารถดำเนินชีวิตการทำงานควบคู่ไปกับการดูแลผู้ป่วยได้อย่างเป็นปกติสุข และยังส่งผลให้ผู้ป่วยมีสุขภาพจิตที่ดีขึ้น การพัฒนาระบบควบคุมการพลิกเตียงผู้ป่วย และการแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียงผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ มีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ 3 ส่วน คือ 1) การพัฒนารูปแบบการพลิกเตียงตัวผู้ป่วย 2) การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับระบบการควบคุมเตียงผู้ป่วย และ 3) ระบบการแจ้งผู้ป่วยลุกออกจากเตียงผ่านแอปพลิเคชันไลน์ จากการทดลองระบบทั้ง 3 ส่วน พบว่า รูปแบบเตียงที่พัฒนาขึ้นใหม่สามารถพลิกเตียงในแนวระนาบรองรับน้ำหนักตัวผู้ป่วยได้สูงสุดเท่ากับ 110 กิโลกรัม ในส่วนแอปพลิเคชันที่พัฒนานั้น สามารถพลิกเตียงผู้ป่วยในแนวตั้งแต่ละด้านได้สูงสุด 90 องศา และการทดลองระบบการแจ้งผู้ป่วยลุกออกจากเตียง ณ หอผู้ป่วยพิเศษ VIP 5 โรงพยาบาลอานันทมหิดล จังหวัดลพบุรี ตัวเซนเซอร์สามารถตรวจสอบผู้ป่วยได้ระยะสูงสุด 75 เซนติเมตร และในการใช้ระบบได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้งานเป็นอย่างดี

คำสำคัญ: เตียงผู้ป่วย แอปพลิเคชัน การควบคุมเตียงผู้ป่วย การแจ้งเตือน

การอ้างอิงบทความ: สกุล คำนวนชัย, "การพัฒนาระบบควบคุมการพลิกเตียงผู้ป่วยและการแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียงผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 33, ฉบับที่ 3, หน้า 1–13, เลขที่บทความ 233–195143, ก.ค.–ก.ย. 2566.

Research Article

Developing a System to Control the Movements of a Hospital Bed Position and Notification Alarm When the Patient Gets Out of Bed Through the Mobile Telephone Application

Skul Kamnuanchai*
Department of Information and Communication Engineering, Faculty of Industrial Technology, Thepsatri Rajabhat University, Lop Buri, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0 3642 2125, E–mail: skulkmitl@gmail.com
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.12.004
Received 9 June 2021; Revised 28 July 2021; Accepted 2 August 2021; Published online: 23 December 2021
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

The objective of this study is to developing a system to control the movements of a hospital bed position and notification alarm when the patient gets out of bed through the mobile telephone application to serve the needs of medical staffs by reducing the dependence of the patients on their assistants. This equipment will help the caretakers to be able to carry out their routine work and look after the patient at the same time with peace of mind as well as improving the mental health of the patient. The three important elements involved in developing a system to control the movements of a hospital bed position and notification alarm when the patient gets out of bed through the mobile telephone application are as follows: 1) Developing the system for controlling movements of the hospital bed, 2) Developing the application for controlling the movements of the hospital bed position, and 3) the notification alarm system through the LINE application when the patient gets out of bed. The testing of the 3 elements mentioned above demonstrated that the system for controlling the hospital bed could handle a patient that weighs up to 110 kilograms and the developed application is able to lift the patient up to a 90-degree angle on either side. The testing of the notification alarm system when the patient gets out of bed has been tested in VIP room 5 in Ananda Mahidol Hospitals, Lop Buri, Thailand and was able to verify that the sensor is able to detect the presence of the patient at a distance up to 75 centimeters and the usage of this system has exceeded the expectation of the users.

Keywords: Hospital Bed, Application, Hospital Bed Control, Notification

Please cite this article as: S. Kamnuanchai, "Developing a system to control the movements of a hospital bed position and notification alarm when" the patient gets out of bed through the mobile telephone application," *The Journal of KMUTNB*, vol. 33, no. 3, pp. 1–13, ID. 233–195143, Jul.–Sep. 2023 (in Thai).

1. บทนำ

ในปัจจุบันโลกมีประชากรประมาณ 7,550 ล้านคน [1] เป็นคนที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 926 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 12.7 ถือว่าโลกอยู่ในเกณฑ์กล่าวคือเป็นสังคมสูงอายุไปแล้ว ส่วนในภูมิภาคอาเซียนมีประชากรทั้งหมด ประมาณ 647 ล้านคน เป็นประชากรที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 63.9 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 9.9 ถือว่ายังไม่แตะเส้นการเป็น “สังคมสูงอายุ” และเมื่อพิจารณาประเทศไทยได้เข้าสู่สังคมผู้สูงวัย (Aged Society) แล้ว เนื่องจากมีจำนวนประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 17.1 และเข้าใกล้การเป็นสังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์ (Completely Aged Society) ในปี 2564 และในอีก 20 ปีข้างหน้า คาดว่าประเทศไทยจะมีสัดส่วนของผู้สูงอายุประมาณ 1 ใน 3 ของประชากรทั้งประเทศ นั่นคือการเข้าสู่สังคมสูงวัยระดับสุดยอด (Super-Aged Society) สอดคล้องกับข้อมูลของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ [2] ด้านสถานการณ์ผู้สูงวัยในประเทศไทยมีผู้สูงวัยเป็นอันดับ 2 ในอาเซียน และจากการสำรวจสุขภาวะผู้สูงอายุไทย [3] พบว่า ผู้สูงอายุร้อยละ 2 อยู่ในสภาวะ “ติดเตียง” คือ อยู่ในสภาพพิการไม่สามารถช่วยตัวเองได้ และร้อยละ 19 “ติดบ้าน” คือ มีปัญหาการเคลื่อนไหวไม่สามารถออกจากบ้านได้โดยสะดวก และจากข้อมูลของ วรวรรณและยศ [4] กล่าวว่า ผู้ป่วยติดบ้าน-ติดเตียงในประเทศไทย พบว่า ปี 2560 ไทยมีผู้ป่วยติดบ้าน 235,301 ราย ผู้ป่วยติดเตียง 136,677 ราย และคาดการณ์ว่า ในปี 2570 ผู้ป่วยติดบ้านจะเพิ่มเป็น 357,391 ราย ผู้ป่วยติดเตียงเป็น 209,277 ราย ในปี 2580 ผู้ป่วยติดบ้านจะเพิ่มเป็น 526,228 ราย ผู้ป่วยติดเตียงเป็น 311,256 ราย และในปี 2590 ผู้ป่วยติดบ้านจะเพิ่มเป็น 727,103 ราย ผู้ป่วยติดเตียงเป็น 434,694 ราย

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าผู้สูงอายุที่เป็นผู้ป่วยติดบ้าน ติดเตียงมีแนวโน้มที่สูงขึ้น ปัญหาที่ตามมาคือผู้ป่วยมักเกิดภาวะแทรกซ้อนจากการนอนติดเตียง จะเป็นแผลกดทับเนื่องจากนอนอยู่ในท่าเดิมๆ เป็นเวลานาน โดยพิศมัย และคณะ [5] ได้พบว่า ผู้สูงอายุนอนติดเตียงยังขาดการดูแลที่เหมาะสม เนื่องจากผู้ดูแลขาดความรู้และทักษะ ส่งผลทำให้ผู้สูงอายุดังกล่าวเกิดภาวะแทรกซ้อนจากการนอนติดเตียง เช่น การเกิดแผลกดทับ จะเห็นได้ว่าสิ่งหนึ่งที่สำคัญที่จะทำให้ผู้ป่วยติดเตียงไม่เกิดภาวะแทรกซ้อน ผู้ดูแลผู้ป่วยต้องทำการพลิกตัวผู้ป่วยให้เป็นไปตามระบบสาธารณสุข ดังนั้นเตียงผู้ป่วยพร้อมอุปกรณ์เป็นสิ่งที่ช่วยป้องกันผู้ป่วยติดเตียงเกิดโรคแทรกซ้อนได้

สุทธิรัตน์ และคณะ [6] ได้ทำการพัฒนาเตียงผู้ป่วยให้สามารถพลิกเตียงผู้ป่วยได้ทุก 2 ชั่วโมง มีหลักการทำงาน คือ เตียงผู้ป่วย แบ่งแผ่นรองเตียงเป็นสองส่วนตามยาว โดยแต่ละส่วนติดตั้งมอเตอร์ควบคุมด้านล่าง มีแผงบังคับติดตั้งอยู่ข้างเตียง เพื่อตั้งเวลาในการพลิกตัวผู้ป่วยตามเวลาที่กำหนด แผ่นรองด้านหนึ่งจะยกสูงขึ้น 30 องศา และค้างไว้ตามเวลาที่กำหนดก่อนจะดันลงและเมื่อถึงเวลา แผ่นรองอีกข้างก็จะยกสูงขึ้นสลับกันไป เตียงยาว 2 เมตร รองรับน้ำหนักได้สูงสุด 70 กิโลกรัม สำหรับผู้ป่วยทั่วไปก็สามารถใช้เตียงนี้ได้ไม่มีปัญหา ตั้งความเอียงไว้สูงสุด 30 องศา ในโหมดที่ปรับด้วยมือสามารถยกสูงที่ 10 หรือ 20 องศา พบว่า ผู้ป่วยที่ใช้เตียงมีสุขภาพจิตที่ดีขึ้น เพราะไม่ต้องนอนท่าเดียวเป็นเวลานานๆ นอกจากนี้สุขภาพผิวหนังส่วนที่ถูกกดทับก็ดีขึ้น

วิชัย [7] ได้พัฒนาเตียงพิเศษสำหรับช่วยพลิกตะแคงตัวผู้ป่วยที่อ่อนแรง โดยใช้มอเตอร์ชนิดพิเศษคือหมุนช้า ด้วยการทดเกียร์ของมอเตอร์ เพื่อให้ผู้ป่วยนอนบนเตียงไม่รู้สึกถึงการเคลื่อนไหว เตียงดังกล่าวสามารถปรับระดับเตียงเพื่อให้ญาติใช้งานได้อย่างเหมาะสม การตั้งโปรแกรมสามารถกำหนดระยะเวลาให้เตียงเคลื่อนไหวได้ตามที่ต้องการ ด้วยหลักการดังกล่าวจะทำให้คนไข้เปลี่ยนจุดกดทับ สามารถป้องกันแผลกดทับได้ดี Bustamante และคณะ [8] ได้ศึกษาพฤติกรรมการนอนของผู้ป่วยซึ่งอยู่บนเตียงด้วยท่าทางลักษณะต่างๆ ได้แก่ ท่านอนหงายราบ ท่านอนตะแคงด้านซ้าย ท่านอนตะแคงด้านขวา ท่านั่งบนเตียง โดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับแรงดันที่กดลงบนเตียงของผู้ป่วย จำนวน 12 จุด เพื่อส่งสัญญาณการตรวจจับของเซนเซอร์ที่ได้รับน้ำหนักจากผู้ป่วยไปยังระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อแจ้งสถานะของผู้ป่วยก่อนจะตกจากเตียง

สุณิสา [9] ได้พัฒนาระบบตรวจสอบตำแหน่งผู้นอนเพื่อใช้ตรวจจับการลุกออกจากเตียง ด้วยเซนเซอร์วัดแรงดันกด

100 ปอนด์ ที่ติดตั้งไว้บริเวณขาเตียงทั้ง 4 ขา ของเตียงผู้ป่วย ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบสามารถตรวจจับตำแหน่งผู้นอนบนพื้นที่ของเตียง 3 กลุ่ม ได้แก่ ตรงกลาง ด้านซ้าย และด้านขวา มีความถูกต้องร้อยละ 94.12 ซึ่งสามารถนำไปใช้ประยุกต์การตรวจจับการลุกออกจากเตียงของผู้ป่วยได้

จากความสำคัญและปัญหาของผู้ป่วยติดเตียง และจากผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเห็นได้ว่า การพลิกตัวผู้ป่วยมีความสำคัญมากเพื่อป้องกันการเกิดโรคแทรกซ้อน หรืออุบัติเหตุจากการลุกออกจากเตียง แต่จากงานวิจัยที่กล่าวข้างต้นได้นำเสนองานวิจัยด้านการพัฒนาเตียงของผู้ป่วยออกเป็นสองลักษณะ คือ 1) การพัฒนารูปแบบของการพลิกพื้นเตียง มีความสามารถด้านการพลิกเตียงได้สูงสุด 30 องศา รับน้ำหนักผู้ป่วยได้สูงสุด 70 กิโลกรัม [6] และ 2) การควบคุมการเคลื่อนไหวของเตียง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าในการขับเคลื่อนการพลิกเตียง ทำให้เกิดเสียงรบกวนต่อผู้ป่วย [7] ส่วนงานวิจัยที่นำเสนอด้านการใช้อุปกรณ์เซนเซอร์ [8], [9] ในการตรวจจับน้ำหนักของผู้ป่วยที่อยู่บนเตียงได้ใช้อุปกรณ์สำเร็จรูปมาประยุกต์ใช้ ส่งผลให้มีต้นทุนที่สูงในการพัฒนาระบบ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่างานวิจัย [6], [7] ยังมีข้อจำกัดด้านองศาของการพลิกเตียง การรับน้ำหนักของเตียง และงานวิจัย [8], [9] มีข้อจำกัดด้านเซนเซอร์ ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบควบคุมการพลิกเตียงผู้ป่วยผ่านแอปพลิเคชัน และการแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียงผ่านแอปพลิเคชันไลน์ขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการควบคุมเตียงผู้ป่วย รูปแบบการพลิกเตียงของผู้ป่วย และระบบการแจ้งเตือนเมื่อผู้ป่วยลุกออกจากเตียงผ่านแอปพลิเคชันไลน์ เพื่อให้ผู้ป่วยมีสุขภาพกาย สุขภาพจิตที่ดีขึ้น ตามวิธีการดูแลผู้ป่วย [10] และตอบสนองความต้องการของผู้ดูแลผู้ป่วย ลดภาระในการช่วยเหลือผู้ป่วย ทำให้สามารถดำเนินชีวิตการทำงานควบคู่ไปกับการดูแลผู้ป่วยได้อย่างเป็นปกติสุข ลดการสัมผัสระหว่างผู้ป่วยกับผู้ดูแลผู้ป่วยให้น้อยลง เป็นการป้องกันการแพร่เชื้อไวรัสโควิด – 19 หรือโรคระบาดอื่นได้ในระดับหนึ่งด้วย

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้แนวคิดหลักการด้านวิศวกรรมซอฟต์แวร์ วงจรชีวิตการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software Development Life Cycle; SDLC) [11] 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การวางแผน (Planning) 2) การวิเคราะห์ความต้องการ (Defining Requirements) 3) การออกแบบ (Designing) 4) การผลิต (Building) 5) การทดสอบ (Testing) และ 6) การส่งมอบงาน (Deployment) โดยทั้ง 6 ขั้นตอน ผู้วิจัยกับผู้ใช้งานวิจัยได้ร่วมกันดำเนินการตามแต่ละขั้นตอนมาพัฒนางานวิจัยอย่างเป็นระบบ กล่าวคือ ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน ผู้วิจัยได้ร่วมวางแผนร่วมกับพยาบาลวิชาชีพ ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความต้องการ ผู้วิจัยได้ร่วมกำหนดความต้องการให้ชัดเจนเข้าใจตรงกัน ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบ ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบตัวเซนเซอร์ ขั้นตอนที่ 4 การผลิต ผู้วิจัยทำการสร้างเครื่องต้นแบบ ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบ ผู้วิจัยได้ร่วมกับพยาบาลวิชาชีพทดสอบระบบ และขั้นตอนที่ 6 การส่งมอบงาน ผู้วิจัยได้ทำการส่งมอบระบบให้กับผู้ใช้งาน รวมทั้งผู้วิจัยได้ใช้ทฤษฎีของธีโอ แมนเดล (Theo Mandel) [12] เป็นแนวทางการออกแบบส่วนต่อประสานกราฟิกผู้ใช้งาน (Graphic User Interface; GUI) กล่าวคือ ผู้ใช้งานสะดวก ใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน ไม่ต้องจำรูปแบบการสั่งงาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ให้ผู้ใช้ประโยชน์มีส่วนร่วมในการออกแบบหน้าแอปพลิเคชัน ที่มุ่งเน้นให้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดฟังก์ชันการทำงานตามความเหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านรูปแบบการควบคุมต้องคงเส้นคงวาการใช้งานเหมือนซอฟต์แวร์ที่ผู้ใช้งานคุ้นเคยทั่วไป

ผู้วิจัยได้นำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาพัฒนางานวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบควบคุมการพลิกเตียงผู้ป่วย และการแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียงผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ 1) การพัฒนารูปแบบการพลิกเตียงตัวผู้ป่วย 2) การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับระบบการควบคุมเตียงผู้ป่วย และ 3) ระบบการแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียงผ่านระบบแอปพลิเคชันไลน์ ตามขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

2.1 การพัฒนารูปแบบการพลิกเตียงตัวผู้ป่วย

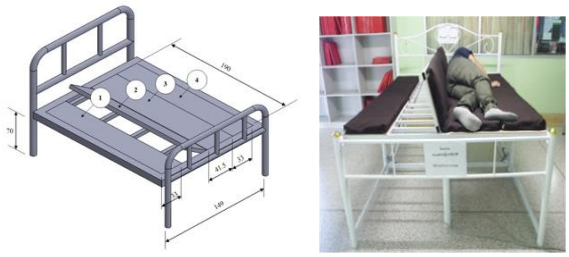
จากการศึกษาโครงสร้างของเตียงผู้ป่วยที่จำหน่ายในปัจจุบันพบว่า มีความสามารถปรับระดับหลังหรือหัวเตียง

ได้ 0–80 องศา ปรับระดับปลายเท้าในท่างอหัวเข่าได้ 0–40 องศา ตามแนวระนาบ ปรับระดับสูงของเตียงได้สูงสุด 38–80 เซนติเมตร สะดวกในการขึ้นลงของผู้ป่วย และการเก็บข้อมูลจากพยาบาลวิชาชีพได้ให้ข้อมูลในด้านขนาดของเตียงผู้ป่วยติดเตียงต้องมีความกว้าง ความสูงกว่าเตียงผู้ป่วยปกติ เพื่อมีพื้นที่ในการพลิกตัวผู้ป่วย รวมทั้งความสูงต้องเหมาะสม เพื่อผู้ดูแลผู้ป่วยจะได้ใช้แรงไม่มากสำหรับการเปลี่ยนอิริยาบถของผู้ป่วย เพื่อให้เตียงผู้ป่วยเป็นไปตามข้อมูลที่ได้จากพยาบาลวิชาชีพ ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเตียงผู้ป่วยร่วมกับงานวิจัยของ [6] ที่ได้ทำการแบ่งส่วนของพื้นเตียงออกเป็น 2 ส่วน ใช้ในการพลิกตัวผู้ป่วย ซึ่งส่งผลให้เป็นข้อจำกัดในการพลิกเตียงที่สามารถทำได้สูงสุด 30 องศา งานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบพื้นเตียงออกเป็น 4 ส่วน โดยให้พื้นเตียง 2 ส่วน ด้านนอกไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ ออกแบบไว้สำหรับป้องกันผู้ป่วยตกเตียง และพื้นด้านในของเตียง 2 ส่วน สามารถพลิกเตียงได้สูงสุด 90 องศา ดังรูปที่ 1 ส่วนการออกแบบอุปกรณ์ต้นกำลังในการผลักดันการพลิกเตียง ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของงานวิจัย [7] มาลดข้อจำกัด ที่ได้นำมอเตอร์มาทดเกียร์เป็นต้นกำลังในการพลิกเตียงทำให้เกิดเสียงดังสร้างความรำคาญกับผู้ป่วย งานวิจัยนี้จึงได้นำลิเนียร์มอเตอร์มาใช้เป็นต้นกำลังในการพลิกเตียงแทน โดยลิเนียร์มอเตอร์นี้เป็นอุปกรณ์ถูกออกแบบมาสำหรับการใช้งานทางการแพทย์โดยตรง ซึ่งมีเสียงการทำงานที่เงียบ และมีความคงที่ (Smooth) ในการทำงาน รวมทั้งผู้วิจัยได้ใช้แนวคิดกระบวนการคำนวณการรองรับน้ำหนักด้วยหลักการตรีโกณมิติเรื่องการแตกแรงในการติดตั้งลิเนียร์มอเตอร์ ดังรูปที่ 2 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) งานวิจัยนี้พัฒนาเตียงมาจากเตียง 5 ฟุต เนื่องจากเตียงโรงพยาบาลนั้นมีขนาด 3 ฟุต มีพื้นที่ไม่เพียงพอต่อการสร้างเตียงพลิกตัวผู้ป่วย ทำให้ผู้ป่วยนอนในท่าตะแคงซ้าย-ขวา ขาและแขนของผู้ป่วยจะเลยออกจากขอบเตียง

2) การออกแบบเตียงพลิกตัวผู้ป่วยโดยแบ่งพื้นที่บนเตียงเป็น 4 ส่วน และเพิ่มความสูงของขาเตียง ดังนี้

ส่วนที่ 1 มีขนาด 33 × 190 เซนติเมตร (กว้าง × ยาว)
ส่วนที่ 2 มีขนาด 41.5 × 190 เซนติเมตร (กว้าง × ยาว)
ส่วนที่ 3 มีขนาด 41.5 × 190 เซนติเมตร (กว้าง × ยาว)

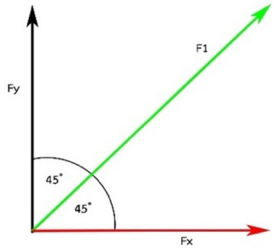


(ก) แบบโครงสร้างเตียงผู้ป่วย (ข) เตียงผู้ป่วยต้นแบบ

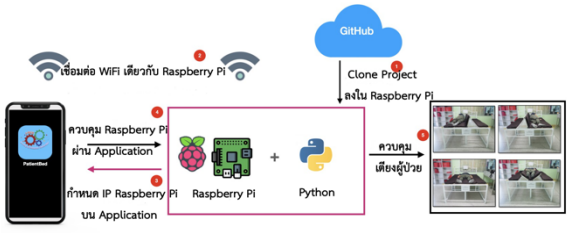
รูปที่ 1 รูปแบบการพลิกเตียงผู้ป่วย

ส่วนที่ 4 มีขนาด 33 × 190 เซนติเมตร (กว้าง × ยาว) และเพิ่มความสูงของขาเตียงให้สูง 70 เซนติเมตร โดยแบบเตียงพลิกตัวผู้ป่วยจะแบ่งพื้นที่เตียงเป็น 4 ส่วน มีเพียงส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 ที่อยู่ตรงกลางสามารถเคลื่อนไหวยกขึ้นลงได้เท่านั้น ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้เพื่อสำหรับพลิกตัวผู้ป่วย ในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 4 เป็นส่วนที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้เพื่อสำหรับรองรับขา และแขนของผู้ป่วยที่ยื่นออกมา เมื่อมีการพลิกตัวผู้ป่วย ส่งผลให้ผู้ป่วยมีพื้นที่ในการนอนท่าพลิกตะแคงปลอดภัยมากขึ้น ป้องกันการเกิดปัญหาผู้ป่วยตกเตียงในระหว่างการพลิกเตียง ส่วนการเพิ่มความสูงของเตียงเป็น 70 เซนติเมตร นั้น เพื่อให้ผู้ดูแลผู้ป่วยมีความสะดวกในการเคลื่อนย้ายตัวผู้ป่วยโดยไม่ต้องย่อตัวลงไประหว่างให้ความช่วยเหลือผู้ป่วย และต้องการให้มีขนาดตามมาตรฐานความสูงของเตียงโรงพยาบาล รวมทั้งในด้านการออกแบบให้รองรับน้ำหนักผู้ป่วยได้อย่างแข็งแรง นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ติดตั้งลิเนียร์มอเตอร์และติดตั้งเข้ากับพื้นเตียงในส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 ส่วนละ 3 ตำแหน่ง คือ ด้านบน ด้านล่าง และแกนกลางของเตียงทั้งข้างซ้ายและข้างขวา ทำหน้าที่เป็นจุดหมุนให้เตียงในส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 สามารถยกขึ้นได้มากสุดถึง 90 องศา ดังรูปที่ 1 และการคำนวณการรองรับน้ำหนักของลิเนียร์มอเตอร์ ดังรูปที่ 2

จากรูปที่ 1 รูป (ก) แบบโครงสร้างเตียงผู้ป่วย (ข) แสดงเตียงผู้ป่วยต้นแบบ ทดลองทำการพลิกเตียงด้านซ้ายเป็นส่วนที่ 2 ของเตียง โดยแกนลิเนียร์มอเตอร์สามารถยืดขยาย และลดแกนของมอเตอร์ได้ เพื่อการพลิกเตียงยกขึ้น และลดระดับเตียงลงในแนวระนาบได้ตามต้องการ



รูปที่ 2 การคำนวณการรองรับน้ำหนักของลิเนียร์มอเตอร์



รูปที่ 3 ระบบการควบคุมเตียงผู้ป่วยผ่านแอปพลิเคชัน

จากรูปที่ 2 การคำนวณการรองรับน้ำหนักของลิเนียร์มอเตอร์ และสมการที่ (1), (2)

สมการตามแนวแกน x $F1x = Fx \cdot cos\theta$ (1)

สมการตามแนวแกน y $F1y = Fy \cdot sin\theta$ (2)

การออกแบบโครงสร้างของเตียงตัวผู้ป่วยได้ใช้ลิเนียร์มอเตอร์รองรับน้ำหนักมากสุดอยู่ที่ 750 นิวตัน (ตามคุณลักษณะของลิเนียร์มอเตอร์) การทำมุม 45° สามารถคำนวณตามสูตรได้ดังสมการที่ (3)–(8)

แกน x $F1x = Fx \cdot cos\theta$ (3)

$F1x = 750 \cdot cos45°$ (4)

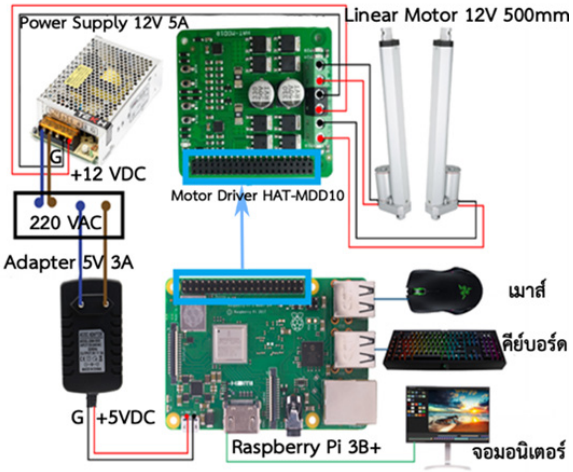
$F1x = 530.33\ N$ (5)

แกน y $F1y = Fy \cdot sin\theta$ (6)

$F1y = 750 \cdot sin45°$ (7)

$F1y = 530.33\ N$ (8)

จากสมการที่ (5) และสมการที่ (8) พบว่า แรงรับน้ำหนักที่ลิเนียร์มอเตอร์ต่อข้างจะสามารถรองรับได้มากสุดประมาณ 530.33 นิวตัน เมื่อนำค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกอยู่ที่ 9.81 ไปหารจะได้ค่าน้ำหนักที่ลิเนียร์มอเตอร์ต่อข้างสามารถรองรับน้ำหนักได้มากสุด 54.06 กิโลกรัมต่อข้าง ดังนั้นถ้าผู้ป่วยนอนอยู่ระหว่างกึ่งกลางเตียงทำให้น้ำหนักของผู้ป่วยจะกระจายไปทั้งสองฝั่งซ้าย-ขวาของเตียง จึงทำให้เตียงสามารถรองรับน้ำหนักโดยรวมของผู้ป่วยได้มากสุด 108.12 กิโลกรัม



รูปที่ 4 การเชื่อมระบบฮาร์ดแวร์บอร์ดราสเบอร์รีพายกับลิเนียร์มอเตอร์

2.2 การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับระบบการควบคุมเตียงผู้ป่วย

ในการพัฒนาระบบการควบคุมเตียงผู้ป่วย ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีการดูแลผู้ป่วย [10] ต้องพลิกตัวผู้ป่วยทุกๆ 2 ชั่วโมง เพื่อป้องกันแผลกดทับ ดังนั้นผู้วิจัยจึงออกแบบระบบการควบคุมเตียงผู้ป่วยผ่านแอปพลิเคชัน ดังรูปที่ 3 และการเชื่อมระบบฮาร์ดแวร์บอร์ดราสเบอร์รีพายกับลิเนียร์มอเตอร์ดังรูปที่ 4

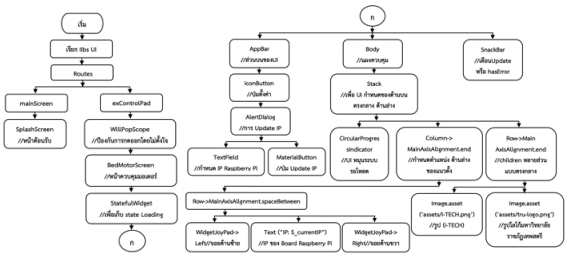
จากรูปที่ 3 แสดงระบบการควบคุมเตียงผู้ป่วยผ่านแอปพลิเคชัน โดยมีขั้นตอนการทำงานของระบบดังนี้ 1) ติดตั้งอุปกรณ์เตียงนอนผู้ป่วยด้วยมอเตอร์ 2 ตัว โดยติดตั้งไว้สองด้าน คือ ด้านซ้าย และด้านขวา 2) ต่อมอเตอร์เข้ากับบอร์ดราสเบอร์รีพายภาคเอาต์พุตของบอร์ด HAT-ของมอเตอร์ทั้ง

2 ตัว 3) เชื่อมต่อบอร์ดราสเบอร์รีพายร่วมกับไวไฟ และตั้งค่าแอปพลิเคชันด้วยไพทอน 4) ดาวน์โหลดแอปพลิเคชันสำหรับแอนดรอยด์ (Android) 5) ดาวน์โหลดกิตฮับ (GitHub) ติดตั้งค่า Daemon-service เพื่อให้โปรแกรมเริ่มทำงานทุกครั้งที่ระบบดาวน์หรือเปิดเครื่อง และ 6) การตั้งค่าเลขไอพีของบอร์ดราสเบอร์รีพายบนแอปพลิเคชัน

จากรูปที่ 4 แสดงการเชื่อมต่อบอร์ดราสเบอร์รีพายเข้ากับจอมอนิเตอร์ คีย์บอร์ด เมาส์ และแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 5VDC ส่วนแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 12VDC 5A เป็นแหล่งจ่ายพลังงานหลักของชุดขับมอเตอร์ HAT-MDD10 กับลิเนียร์มอเตอร์ ทั้ง 2 ตัว ส่วนการประมวลผลด้วยบอร์ดราสเบอร์รีพายสามบีพลัส ใช้ซีพียู BCM2837B0 มีคอร์ ARM Cortex-A53 โดยมีแกนประมวลผลจำนวน 4 แกน (Quad-Core) 1.4 กิกะเฮิรตซ์ต่อแกน ด้วยระบบปฏิบัติการ Raspbian สำหรับการเขียนโปรแกรมใช้ภาษาไพทอน ควบคุมบอร์ดชุดขับมอเตอร์ HAT-MDD10 ส่วนวงจรขับมอเตอร์ HAT-MDD10 ขาอินพุตจะเชื่อมกับบอร์ดราสเบอร์รีพายสามบีพลัส ทางขา PWM1 input (GPIO12) DIR1 input (GPIO26) และ PWM2 input (GPIO13) DIR2 input (GPIO24) โดยมี 2 พอร์ตที่สำคัญในการขับเคลื่อนการพลิกเตียงคือ 1) ขาช่อง Terminal M1A-M1B ของบอร์ดชุดขับมอเตอร์ต่อเข้ากับลิเนียร์มอเตอร์ด้านขวา และ 2) ขาช่อง Terminal M2A-M2B ของบอร์ดชุดขับมอเตอร์ต่อเข้ากับลิเนียร์มอเตอร์ด้านซ้าย เมื่อการเชื่อมระบบฮาร์ดแวร์บอร์ดราสเบอร์รีพายเข้ากับลิเนียร์มอเตอร์พร้อมติดตั้งระบบเข้ากับเตียงผู้ป่วยแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับระบบการควบคุมการพลิกเตียงผู้ป่วย ด้านการออกแบบแพลตฟอร์มเพื่อส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (UI) ด้วยเทคโนโลยีของ Flutter ดังรูปที่ 5

การออกแบบส่วนต่อประสานกราฟิกผู้ใช้งาน โดยเฉพาะหน้าส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานมุ่งเน้นให้ระบบควบคุมมีความง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อนและสะดวก ตามหลักการออกแบบของธีโอ แมนเดล [12] ดังรูปที่ 6

จากรูปที่ 6 มีฟังก์ชันการใช้งานแอปพลิเคชัน ดังนี้ 1) เลื่อนจอยแพดด้านซ้ายขึ้น เพื่อพลิกเตียงด้านซ้ายขึ้นไปทางแกนกลางจนได้มุมที่ต้องการ 2) เลื่อนจอยแพดด้านซ้ายลง เพื่อพลิกเตียงด้านซ้ายกลับลงมาที่มุม 0 องศา 3) เลื่อนจอยแพดด้านขวาขึ้น เพื่อพลิกเตียงด้านขวาขึ้นไปทางแกนกลางจนได้มุมที่ต้องการ และ 4) เลื่อนจอยแพดด้านขวาลง เพื่อพลิกเตียงด้านขวากลับลงมาที่มุม 0 องศา



รูปที่ 5 ไดอะแกรมการพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งานด้วย Flutter

รูปที่ 6 หน้าแอปพลิเคชันของระบบ

การควบคุมการพลิกเตียงผู้ป่วยโดยแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนวิธี ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ติดค่าเลขไอพีของบอร์ดราสเบอร์รีพายเพื่อนำไปตั้งค่า API

ขั้นตอนที่ 2 ผู้ใช้งานสั่งควบคุมผ่านแอปพลิเคชันการเลื่อนจอยแพดควบคุมมอเตอร์ซ้ายและขวา

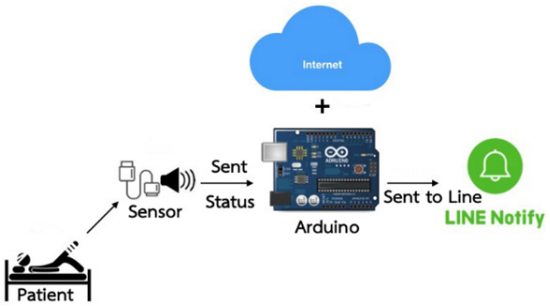
ขั้นตอนที่ 3 แอปพลิเคชันส่งคำขอ (Request) คำสั่งงานควบคุมไปยังเครื่องแม่ข่าย

ขั้นตอนที่ 4 เครื่องแม่ข่ายตรวจสอบคำสั่งเป็นคำสั่งเริ่มต้นใหม่หรือไม่

ขั้นตอนที่ 4.1 ถ้าเป็นคำสั่งเดิมบอร์ดราสเบอร์รีพาย ส่งคำสั่งไปยังบอร์ด Hat-Mdd10 เหมือนเดิม

ขั้นตอนที่ 4.2 ถ้าเป็นคำสั่งใหม่บอร์ดราสเบอร์รีพายส่งคำสั่งไปยังบอร์ด Hat-Mdd10 ให้สลับขั้วมอเตอร์

ขั้นตอนที่ 5 เครื่องแม่ข่ายจะหยุดมอเตอร์ให้อัตโนมัติ



รูปที่ 7 ระบบการแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียงผ่านไลน์

2.3 ระบบการแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียงผ่านระบบแอปพลิเคชันไลน์

ระบบเตือนผู้ป่วยนี้ได้รับโจทย์จากกลุ่มงานพยาบาลหอผู้ป่วยพิเศษ VIP 5 โรงพยาบาลอานันทมหิดล จังหวัดลพบุรี ที่ต้องการระบบการเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียง โดยมีเงื่อนไขคือ ต้องเป็นระบบที่สามารถใช้งานง่าย ใช้ต้นทุนอย่างเหมาะสม ไม่เป็นอันตรายและสร้างความรำคาญกับผู้ป่วย ผู้วิจัยจึงได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [8], [9] ซึ่งมีกระบวนการขั้นตอนติดตั้งที่ซับซ้อน และมีต้นทุนที่สูง ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอระบบเซนเซอร์ ต่อกลุ่มพยาบาลวิชาชีพที่สามารถติดตั้งระบบได้ง่ายด้วยตนเอง และราคาเหมาะสม พร้อมทั้งเป็นอุปกรณ์ที่ทำให้ผู้ป่วยมีความรู้สึกคุ้นเคยกับอุปกรณ์ที่ได้เคยสัมผัส เคยใช้งานประจำบ้าน ผู้วิจัยนำโจทย์มาสร้างระบบการทำงานทั้งโครงสร้างแสดงไดอะแกรมการเชื่อมอุปกรณ์ ดังรูปที่ 7

จากรูปที่ 7 แสดงการทำงานระบบการแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียงผ่านระบบแอปพลิเคชันไลน์ ดังนี้ ผู้ป่วยติดเซนเซอร์ หนีบบริเวณส่วนใดส่วนหนึ่งของชุดผู้ป่วยขณะที่นอนอยู่บนเตียงผู้ป่วย ระบบจะตีความหมายว่า ผู้ป่วยอยู่บนเตียงด้วยปลายอีกด้านของตัวเซนเซอร์ ถูกเชื่อมต่อสัญญาณเข้าอินพุตกล่องควบคุมระบบมีสถานะปกติ (วงจรเปิด) ในตรงกันข้ามถ้าผู้ป่วยมีการกระทำใดๆ ที่ทำให้เซนเซอร์หลุดออกจากชุดผู้ป่วย ตัวเซนเซอร์จะส่งสัญญาณไปยังกล่องควบคุมระบบ แจ้งสถานะครบวงจร (วงจรปิด) กล่องควบคุมระบบซึ่งได้ทำการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจะส่งสัญญาณเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียงผู้ป่วยไปยังแอปพลิเคชันไลน์ของสมาชิกไลน์ที่กลุ่มหอผู้ป่วยห้อง VIP 5 โรงพยาบาลอานันทมหิดล จะได้รับสัญญาณเตือนเพื่อให้พยาบาลได้เข้าตรวจสอบสถานะผู้ป่วยได้ทันที ทันต่อเหตุการณ์ต่อไป

จากทฤษฎีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistivity) [13] เป็นค่าแสดงผกผันกับค่าความนำไฟฟ้า กล่าวคือ ถ้าค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำก็แสดงว่าค่านำกระแสไฟฟ้าได้ดี ตามสูตรคำนวณสภาพความต้านทานไฟฟ้าที่อุณภูมิ 20 องศาเซลเซียส (°C) ดังสมการที่ (9)

$$R = \rho l/A \tag{9}$$

กำหนดให้

R คือ ความต้านทานทางไฟฟ้า

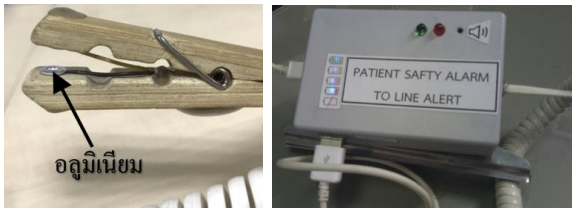
ρ คือ สภาพต้านทานไฟฟ้า

l คือ ความยาวตัวนำไฟฟ้า

A คือ พื้นที่หน้าตัดของตัวนำไฟฟ้า

ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า แสดงในรูปแบบอักษรกรีกตัว ρ หน่วยวัด โอห์มเมตร (Ωm) ตามมาตรฐานธาตุที่นิยมนำมาเป็นตัวนำไฟฟ้า [14] นั้น มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า ดังนี้ 1) เงิน เท่ากับ 1.59×10^{-8} โอห์มเมตร 2) ทองแดง เท่ากับ 1.68×10^{-8} โอห์มเมตร 3) ทองคำ เท่ากับ 2.44×10^{-8} โอห์มเมตร และ 4) อะลูมิเนียม เท่ากับ 2.82×10^{-8} โอห์มเมตร ดังนั้นโลหะที่นำกระแสไฟฟ้าได้ดีที่สุดเรียงลำดับจากมากไปน้อย 4 อันดับ ได้แก่ เงิน ทองแดง ทอง และอะลูมิเนียม ซึ่งอะลูมิเนียมมีน้ำหนัก 1 ใน 3 ของทองแดงในปริมาตรที่เท่ากัน โดยมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ยอมรับได้ และราคาอะลูมิเนียมจะถูกกว่าทองแดง ในปัจจุบันจึงนิยมนำอะลูมิเนียมมาทำเป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าเช่นเดียวกับทองแดง ผู้วิจัยจึงนำอะลูมิเนียมมาสร้างหน้าสัมผัสของเซนเซอร์ ให้ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตรวจจับด้วยเช่นกัน ส่วนฉนวนของเซนเซอร์ทำมาจากไม้ด้วยไม้มีสภาพต้านทานไฟฟ้า เท่ากับ $1\times10^{3\text{ to }4}$ โอห์มเมตร [15] จึงเหมาะกับการนำมาทำฉนวนด้านไฟฟ้า ผู้วิจัยและผู้กำหนดโจทย์งานวิจัยจึงเลือกตัวหนับผ้าทำจากไม้มาประยุกต์ใช้เป็นตัวเซนเซอร์ ดังรูปที่ 8 (ก)

จากรูปที่ 8 (ก) ตัวเซนเซอร์การตรวจจับโดยส่วนที่



(ก) ตัวเซนเซอร์การตรวจจับ (ข) กล่องระบบควบคุม

รูปที่ 8 เซนเซอร์ส่งสัญญาณเข้าระบบควบคุม

ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ใช้วัสดุที่เป็นอะลูมิเนียม และรูปที่ 8(ข) กล่องระบบควบคุมภายในประกอบด้วยบอร์ดอาดูโน แบตเตอรี่ สายรับสัญญาณจากเซนเซอร์ ซึ่งทำมาจากสายหูโทรศัพท์บ้าน ไฟเอลอีดี และสายยูเอสบีเพื่อใช้เชื่อมต่อสำหรับเขียนโปรแกรมควบคุม โดยโปรแกรมการควบคุมระบบการแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียงผ่านไลน์ ผู้วิจัยได้เขียนโปรแกรมการตรวจจับผู้ป่วยที่ติดเซนเซอร์กับชุดผู้ป่วยโดยต่อสัญญาณมายังหน่วยอินพุต D2 ของบอร์ดอาดูโน เพื่อเก็บสถานะของหน้าสัมผัสเซนเซอร์ กล่าวคือ เมื่อเซนเซอร์ติดอยู่กับผู้ป่วยสถานะเป็นวงจรเปิด ถ้าเซนเซอร์ไม่ได้ติดอยู่กับผู้ป่วยสถานะเป็นวงจรปิด ดังนั้นถ้าสถานะของเซนเซอร์เป็นวงจรปิด เซนเซอร์จะส่งสัญญาณมายังบอร์ดอาดูโน และบอร์ดอาดูโนส่งด้วยข้อความ “ผู้ป่วยลุกออกจากเตียง” ไปยังแอปพลิเคชันไลน์กลุ่ม “ICE_AnanDramahidolHospital” ทุก 4 วินาที จนกว่าผู้ดูแลผู้ป่วยจะยกเลิกการส่งสัญญาณ

3. ผลการทดลอง

ผลการทดลองของงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยการทดลอง 2 ส่วน คือ 1) ผลการทดลองการรับน้ำหนักของเตียงผู้ป่วย และ 2) ผลทดลองการทำงานของระบบการแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียงส่งสัญญาณไปยังบอร์ดควบคุม

3.1 ผลการทดลองการรับน้ำหนักของเตียงผู้ป่วย

จากการคำนวณการรองรับน้ำหนักของลิเนียร์มอเตอร์สมการที่ (1)–(8) เตียงผู้ป่วยสามารถรับน้ำหนักผู้ป่วยสูงสุดเท่ากับ 108.12 กิโลกรัม ดำเนินการทดลองการรับน้ำหนักจริงของเตียงผู้ป่วย พร้อมกับทดลองการควบคุมเตียงผู้ป่วยผ่านแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยแบ่งการทดลองการรองรับน้ำหนักเป็น 2 ระบบ คือ

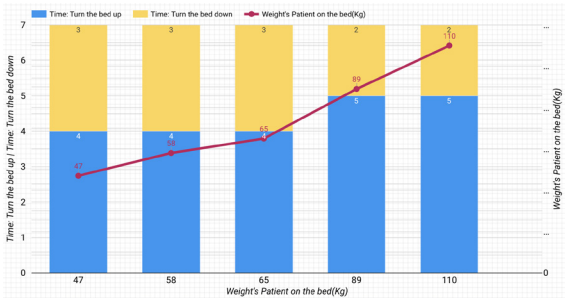
ระบบที่ 1 ทดลองการรับน้ำหนักเตียงผู้ป่วยร่วมกับการทำงานแอปพลิเคชันควบคุมเตียงด้านขวาและด้านซ้าย ดังตารางที่ 1 และผลการทดลองดังรูปที่ 9

ตารางที่ 1 การทดลองระบบควบคุมการพลิกเตียงผู้ป่วยของลิเนียร์มอเตอร์ด้านขวามือและด้านซ้ายมือ

มอเตอร์ขวา	**เวลาที่ใช้สั่งควบคุมพลิกเตียงขึ้น (วินาที)**					**เวลาที่ใช้สั่งควบคุมลดเตียงลง (วินาที)**				
น้ำหนัก Kg	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
110	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2
89	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2
65	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
58	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
47	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
มอเตอร์ซ้าย	**เวลาที่ใช้สั่งควบคุมพลิกเตียงขึ้น (วินาที)**					**เวลาที่ใช้สั่งควบคุมลดเตียงลง (วินาที)**				
น้ำหนัก Kg	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
110	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2
89	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2
65	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
58	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
47	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3

หมายเหตุ: T1 = (ทดลองครั้งที่ 1),...T5 = (ทดลองครั้งที่ 5)

จากตารางที่ 1 เป็นการเก็บข้อมูลการทดลองการรับน้ำหนักของเตียงผู้ป่วยเป็นไปตามที่คำนวณได้ สามารถรองรับน้ำหนักได้ 110 กิโลกรัม ซึ่งตัวลิเนียร์มอเตอร์สามารถทำการยกน้ำหนักได้ทั้งด้านขวา และด้านซ้ายของเตียงผู้ป่วยตามลำดับ โดยลิเนียร์มอเตอร์ของงานวิจัยนี้ได้ทำการติดตั้งไว้บริเวณใต้โครงสร้างของเตียง เมื่อแขนแกนลิเนียร์มอเตอร์ยืดแขนแกนสุด (Stroke) ทำมุม 45 องศา กับจุดจับยึดฐานเตียง ส่งผลให้พื้นของเตียงส่วนด้านในสุดของแต่ละด้านของเตียงถูกยกขึ้นสูงสุดเป็นแนวตั้ง 90 องศา กับแนวระนาบ ซึ่งเป็นไปตามความต้องการของการพลิกผู้ป่วยที่นอนบนเตียง



รูปที่ 9 กราฟแสดงผลการทดลองการรับน้ำหนักเตียงผู้ป่วยร่วมกับการทำงานแอปพลิเคชันควบคุมเตียง

ให้นอนในท่าตะแคงตัวทีละด้านทั้งสองด้านสลับกัน เพื่อให้ด้านหลังของผู้ป่วยไม่สัมผัสกับพื้นเตียง ด้านหลังของผู้ป่วยจะได้รับอากาศถ่ายเท ตลอดระยะเวลาที่อยู่ในท่านอนตะแคงเป็นการลดความเสี่ยงเพื่อไม่ให้เกิดแผลกดทับกับผู้ป่วย

จากตารางที่ 1 และรูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ของระบบการควบคุมเตียงผ่านแอปพลิเคชัน ทดลองกับน้ำหนักผู้ป่วยที่อยู่บนเตียงจำนวน 5 ขนาด ตามค่าน้ำหนักเฉลี่ยของผู้ป่วยทั่วไป คือ 1) น้ำหนัก 47 กก. 2) น้ำหนัก 58 กก. 3) น้ำหนัก 65 กก. 4) น้ำหนัก 89 กก. และ 5) น้ำหนัก 110 กก. โดยการพลิกเตียงด้านขวา ด้านซ้าย ในแต่ละด้านจะถูกพลิกพื้นเตียงพร้อมผู้ป่วยที่มีน้ำหนักดังกล่าว ซึ่งลิเนียร์มอเตอร์ 12 โวลต์ 500 มิลิเมตร์ ของแต่ละด้าน พบว่าระบบการควบคุมของแอปพลิเคชันทำงานได้ดีมีความเสถียรการควบคุมไม่ติดขัดภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตที่เหมาะสม ส่วนการทำงานของการพลิกเตียงของแต่ละด้าน ทั้งด้านขวาและด้านซ้ายด้วยลิเนียร์มอเตอร์การทำงานมีความคงที่ของลิเนียร์มอเตอร์ขวาและซ้ายสมมาตรกัน ส่วนความสามารถในการพลิกเตียงเมื่อเทียบกันระหว่างน้ำหนักกับเวลาที่ใช้ในการพลิกเตียงพบว่า น้ำหนักผู้ป่วยที่มีน้ำหนัก 47 กก. น้ำหนัก 58 กก. และน้ำหนัก 65 กก. ในการพลิกเตียงให้ตั้งตรงทำมุม 90 องศา หรือผู้ป่วยนอนตะแคงได้สมบูรณ์เท่ากัน ใช้เวลา 4 วินาที ส่วนความสามารถในการพลิกเตียงเมื่อเทียบกันระหว่างน้ำหนักกับเวลาที่ใช้ในการพลิกเตียงพบว่า น้ำหนักผู้ป่วยตั้งแต่น้ำหนัก 89 กก. และน้ำหนัก 110 กก. การพลิกเตียงให้ตั้งตรงทำมุม 90 องศา หรือผู้ป่วยนอนตะแคงได้สมบูรณ์เท่ากัน ใช้เวลา 5 วินาที ส่วนในด้านความสามารถในการลดระดับพื้นเตียงเมื่อเทียบกันระหว่างน้ำหนักกับเวลาที่ใช้ในการพลิกเตียงพบว่า น้ำหนักผู้ป่วยที่มีน้ำหนัก 47 กก. น้ำหนัก 58 กก. และน้ำหนัก 65 กก. ในการพลิกเตียงให้ตั้งตรงทำมุม 0 องศา หรือผู้ป่วยนอนแนวระนาบได้สมบูรณ์เท่ากันใช้เวลา 3 วินาที ส่วนความสามารถในการลดระดับพื้นเตียงเมื่อเทียบกันระหว่างน้ำหนักกับเวลาที่ใช้ในการพลิกเตียงพบว่า น้ำหนักผู้ป่วยที่มีน้ำหนัก 89 กก. และน้ำหนัก 110 กก. ในการพลิกเตียงให้ตั้งตรงทำมุม 0 องศา หรือผู้ป่วยนอนแนวระนาบได้สมบูรณ์เท่ากันใช้เวลา 2 วินาที สรุปได้ว่าน้ำหนักของผู้ป่วยค่อนข้างไปทางมากคือ ผู้ป่วยที่มีน้ำหนัก 89 กก. และน้ำหนัก 110 กก. จะทำให้เวลาในการพลิกเตียงขึ้นใช้เวลาช้ากว่าผู้ป่วยที่มีน้ำหนัก 47 กก. น้ำหนัก 58 กก. และน้ำหนัก 65 กก. เป็นเวลา 1 วินาที เช่นเดียวกันในน้ำหนักของผู้ป่วยค่อนข้างไปทางมากคือ ผู้ป่วยที่มีน้ำหนัก 89 กก. และน้ำหนัก 110 กก. จะทำให้เวลาในการลดระดับเตียงลงใช้เวลาเร็วกว่าผู้ป่วยที่มีน้ำหนัก 47 กก. น้ำหนัก 58 กก. และน้ำหนัก 65 กก. เป็นเวลา 1 วินาที โดยถ้านำระบบดังกล่าวไปใช้ทำงานจริงแล้วสามารถทำงานได้โดยไม่ได้สร้างความรู้สึกแตกต่างในการควบคุมที่ใช้เวลาแตกต่างกันเพียง 1 วินาที

3.2 ผลทดลองการทำงานของระบบแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียงส่งสัญญาณไปยังบอร์ดควบคุม

การทดลองการทำงานของระบบการแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียงส่งสัญญาณไปยังบอร์ดควบคุม แสดงตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การทำงานของระบบการแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียงส่งสัญญาณไปยังบอร์ดควบคุม

ระยะเซนเซอร์	ตัวเซนเซอร์	หลอดแอลอีดี	แจ้งเตือนระบบไลน์
30 ซม.	วงจรเปิด	ไม่สว่าง	เงียบ
45 ซม.	วงจรเปิด	ไม่สว่าง	เงียบ
60 ซม.	วงจรเปิด	ไม่สว่าง	เงียบ
75 ซม.	วงจรปิด	สว่าง	เตือน

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 10 นำระบบทำการทดลองใช้งานจริงหอผู้ป่วย

จากตารางที่ 2 ระยะสายเซนเซอร์ หมายถึง ระยะที่เซนเซอร์โดยปลายสายด้านหนึ่งหนีบกับชุดผู้ป่วย และปลายสายอีกด้านต่อเข้ากับกล่องควบคุม ถ้าผู้ป่วยเคลื่อนตัวและหรือเปลี่ยนอริยาบทในท่าทางต่างๆ ได้ตามปกติ ผู้ป่วยสามารถนั่งหรือนอนอยู่บนเตียงได้สูงสุดไม่เกิน 75 เซนติเมตร และตัวเซนเซอร์ยังไม่หลุดออกจากชุดผู้ป่วย ระบบเตือนจะยังไม่ทำงาน กล่าวคือ ตัวเซนเซอร์อยู่ในสถานะวงจรเปิด หลอดแอลอีดีมีสถานะไม่สว่าง ระบบมีสถานะปกติ ไม่มีการเตือน แต่ถ้าผู้ป่วยมีการเคลื่อนตัวและหรือเปลี่ยนอริยาบทแล้ว ผู้ป่วยห่างจากกล่องควบคุมตั้งแต่ 75 เซนติเมตร ขึ้นไป และตัวเซนเซอร์หลุดออกจากชุดผู้ป่วย หลอดแอลอีดีมีสถานะสว่าง และระบบควบคุมส่งสัญญาณแจ้งเตือนมายังกลุ่มไลน์ชื่อ “ICE_AnanDramahidolHospital” ด้วยข้อความว่า “ผู้ป่วยลุกออกจากเตียง” โดยระบบนี้ได้นำมาส่งมอบ และทดสอบการใช้งาน ณ โรงพยาบาลอานันทมหิดล ดังรูปที่ 10

จากรูปที่ 10 (ก) แนะนำการใช้งานของระบบเรียนรู้การแสดงสถานะการทำงานของสัญญาณมอนิเตอร์ คือ สถานะแบตเตอรี่ ไฟแอลอีดี การต่อสายเซนเซอร์ การชาร์ตแบตเตอร์รี่ รูปที่ 10 (ข) การนำระบบทดลองกับพยาบาลวิชาชีพ แสดงจำลองเป็นผู้ป่วยเคลื่อนตัวบนเตียงผู้ป่วยของหอผู้ป่วยพิเศษจริง เพื่อทดลองการทำงานของระยะสายเซนเซอร์ที่ติดอยู่กับชุดผู้ป่วย และถ้าผู้ป่วยอยู่ห่างจากกล่องควบคุมเกินกำหนดระบบควบคุมจะทำการแจ้งเตือนด้วยหลอดแอลอีดีสว่างขึ้น และระบบจะแจ้งเตือนไปยังกลุ่มไลน์หอผู้ป่วยพิเศษดังรูปที่ 10 (ค) แสดงการแจ้งเตือนทางกลุ่มไลน์ “ผู้ป่วยลุกออกจากเตียง” ตามลำดับ จากการทดสอบระบบจากพยาบาลวิชาชีพระบบสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบงานวิจัยกับงานวิจัยอ้างอิง

รายการ	[6]*	[7]*	[8]*	[9]*	งานวิจัยนี้
แผ่นรองเตียง (แผ่น)	2	-	-	-	4
รับน้ำหนัก (กก.)	-	150	-	65	110
การยกเตียง (องศา)	30	20	-	-	90
เซนเซอร์ (ตัว)	-	-	12	4	1
ความถูกต้อง (%)	ใช้งานได้	พอใจ	100	94.12	100

หมายเหตุ: [x]* x คือเลขลำดับงานวิจัยตามอกสารอ้างอิง

4. อภิปรายผลและสรุป

งานวิจัยนี้ได้ใช้แนวคิดด้านวิศวกรรมซอฟต์แวร์ วงจรชีวิตการพัฒนาซอฟต์แวร์ [11] รวมทั้งผู้วิจัยได้ใช้ทฤษฎีของธีโอ แมนเดล [12] เป็นแนวทางการออกแบบส่วนต่อประสานกราฟิกผู้ใช้งาน หน้าแอปพลิเคชันที่เน้นให้ผู้ใช้งานเป็นส่วนสำคัญ ส่งผลให้กลุ่มงานพยาบาลวิชาชีพหอผู้ป่วยพิเศษโรงพยาบาลอานันทมหิดล จังหวัดลพบุรี พึงพอใจงานวิจัยนี้เป็นอย่างมากจึงได้มาร่วมนำเสนองานวิจัยด้วยวาจาในงานครบรอบ 100 ปี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ผลจากการวิจัยนี้พบว่า ระบบสามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของงานวิจัย และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ดังแสดงในตารางที่ 3 ได้แก่ เรื่องระบบควบคุมเตียงลดแผลกดทับด้วยพีแอลซีโดยอาศัยปัจจัยความชื้นของผิวหนัง สุทธิรัตน์ และคณะ [6] ที่มีหลักการทำงาน คือ แบ่งแผ่นรองเตียงเป็นสองส่วนตามยาว ตั้งเวลาในการพลิกตัวผู้ป่วยตามเวลาที่กำหนด แผ่นรองด้านหนึ่งจะยกสูงขึ้น 30 องศา รองรับน้ำหนักได้สูงสุด 70 กิโลกรัม เปรียบเทียบกับงานวิจัยเรื่องเตียงพิเศษช่วยพลิกตัวผู้ป่วยอ่อนแรง วิชัย [7] มีมุมเอียงยกได้สูงสุด 20 องศา สามารถรับน้ำหนักผู้ป่วยได้ 150 กิโลกรัม เปรียบเทียบกับงานวิจัยเรื่อง In-Bed Patients Behaviour Monitoring System. Bustamante และคณะ [8] งานวิจัยนี้ได้ศึกษาพฤติกรรมของผู้ป่วยที่นอนอยู่บนเตียงในท่าทางลักษณะใดบ้างโดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับแรงดันที่กด

ลงบนเตียงของผู้ป่วย จำนวน 12 จุด เพื่อมอนิเตอร์การนอนของผู้ป่วย เปรียบเทียบกับงานวิจัยเรื่องระบบตรวจสอบตำแหน่งผู้นอนเพื่อใช้ตรวจจับการลุกออกจากเตียง สุณิษา [9] ได้ใช้การตรวจสอบตำแหน่งของผู้นอนด้วยเซนเซอร์วัดแรงดันกด 100 ปอนด์ ที่ติดตั้งไว้บริเวณขาเตียงทั้ง 4 ขา ของเตียงผู้ป่วย ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบมีความถูกต้องร้อยละ 94.12 จะเห็นได้ว่างานวิจัยดังกล่าวทั้งหมดที่อ้างถึง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานของผู้วิจัย แล้วพบว่างานของผู้วิจัย การพัฒนาระบบควบคุมการพลิกเตียงผู้ป่วยและการแจ้งเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียงผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือนี้ สามารถยกเตียงได้สูงสุดที่ 90 องศา และรองรับน้ำหนักได้สูงสุด 110 กิโลกรัม ด้วยงานวิจัยนี้ได้แบ่งส่วนของเตียงออกเป็น 4 ส่วน จึงมีความสามารถพลิกเตียงได้ดีกว่า รวมทั้งงานวิจัยนี้ยังสามารถควบคุมเตียงได้อย่างอิสระผ่านแอปพลิเคชัน ไม่จำกัดการพลิกเตียงทุกๆ 2 ชั่วโมง งานวิจัยนี้ยังได้ให้ความสำคัญด้านความปลอดภัยของผู้ป่วย เพราะบางกรณีที่ผู้ป่วยอาจจะไม่พร้อมในการจะพลิกตัวในทุกรอบการพลิกเตียง รวมทั้งงานวิจัยนี้ได้นำลิเนียร์มอเตอร์มาเป็นต้นกำลังในการพลิกเตียง ซึ่งลิเนียร์มอเตอร์มีระบบการทำงานที่เงียบตามข้อกำหนดของทางการแพทย์ นอกจากนี้งานวิจัยได้สร้างระบบการเตือนผู้ป่วยลุกออกจากเตียงแจ้งเตือนผ่านไลน์ สามารถแจ้งเตือนได้ถูกต้องร้อยละ 100 โดยมีต้นทุนในการสร้างระบบแจ้งเตือนผ่านไลน์ต่ำมาก และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยเรื่อง In-Bed Patients Behavior Monitoring System. Bustamante และคณะ [8] และงานวิจัยเรื่องระบบตรวจสอบตำแหน่งผู้นอนเพื่อใช้ตรวจจับการลุกออกจากเตียง สุณิษา [9] ต้องใช้ต้นทุนในการสร้างระบบสูงมากกว่า รวมทั้งระบบงานวิจัยนี้มีการแจ้งเตือนผ่านระบบไลน์ซึ่งเป็นกลุ่มไลน์ที่งานพยาบาลใช้ในการสื่อสารทำงานเป็นประจำอยู่ปกติ ระบบนี้ไม่ได้เพิ่มภาระงานในการทำงานให้มากขึ้นแต่อย่างใด

แนวทางการพัฒนางานวิจัยต่อด้านการออกแบบเซนเซอร์ตรวจจับการนอนของผู้ป่วยที่ไม่ใช่ผู้ป่วยติดเตียงหรือผู้ป่วยอัลไซเมอร์ นักวิจัยสามารถใช้เซนเซอร์ชนิดไร้สายหรือการตรวจจับการนอนผู้ป่วยด้วยสัญญาณภาพได้ โดยคำนึงถึงสิทธิส่วนบุคคลของผู้ป่วยตามความเหมาะสม

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ พันโทหญิง เจริญรัตน์ ญาณศิริ หัวหน้าหอผู้ป่วยพิเศษ และพยาบาลวิชาชีพหอผู้ป่วยพิเศษ โรงพยาบาลอานันทมหิดล จังหวัดลพบุรี ได้ให้โจทย์และสถานที่ทดลองงานวิจัย ขอขอบคุณ นักศึกษาและอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร ที่ได้ให้ความร่วมมือร่วมสนับสนุนการดำเนินการวิจัย และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่ได้สนับสนุนทุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] S. Malee, “Know the aging society and the situation of the elderly (in Thailand),” *OCSC e-Journal*, vol. 60, no. 4 pp. 6, 2018 (in Thai).

[2] T. Yongyusuk. (2021, June). *Infographic* [Online] (in Thai). Available: https://dol.thaihealth.or.th/Media/Index/9938133b-ea39-e711-80df-00155d08702f?isSuccess=False

[3] P. Silangirn, “Factors related to self-care behaviors among elderly of Phayao province,” M.S. thesis, Faculty of Public Health, Thammasat University, 2017 (in Thai).

[4] W. Chandouywit and Y. Wacharakup, *Long-term care insurance system: A system suitable for Thailand*. The Thailand Development Research Institute (TDRI), 2017, pp. 107 (in Thai).

[5] P. Butimal, S. Isaramalai, and P. Thaniwattananon, “Development of nursing practice guideline for preventing complications in bed-bound elders at home,” *Songklanagarind Journal of Nursing*, vol. 38, no. 3, pp. 79–91, 2018 (in Thai).

[6] S. Weerakul, “Integration of knowledge medical-engineering to set the conditions

controls for reduce pressure ulcers in critical patients," in *Proceedings the 9th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2017 (EENET 2017)*, 2017, pp. 590–593 (in Thai).

[7] W. Aungpinitpong, "A special bed to help turn the weak patient on his side," Thailand, Number of Patent 43483, 2015 (in Thai).

[8] P. Bustamante, N. Guarretxena, G. Solas, and U. Bilbao, "In-bed patients behavior monitoring system," in *International Conference on Biocomputation, Bioinformatics, and Biomedical Technologies*, 2014, p. 5.

[9] S. Kamonwan, "Intelligent sleeping position determination system for bed-exit monitoring," M.S. thesis, Faculty of Engineering. Prince of Songkla University, 2017 (in Thai).

[10] S. Chansirikarn. (2016, February). Infection from pressure sores, Long Term Care. Ministry of Public Health, Bangkok, Thailand. [Online] (in Thai). Available: https://med.mahidol.ac.th/ramacme/sites/default/files/public/Family%20Doctor-01.pdf?fbclid=IwAR3fov5kWqWO6uKZ3ieZQy8C0rq_N8Z4JtVaarsbNWl80-bZrxwD-1MhyHQ

[11] Tutorials Point. (2021, June). *Software Development Life Cycle* [Online]. Available: https://www.tutorialspoint.com/sdlc/sdlc_overview.htm

[12] T. Mandel. (2021, June). *The Golden Rules of User Interface Design* [Online]. Available: https://theomandel.com/wp-content/uploads/2012/07/Mandel-GoldenRules.pdf

[13] L. William. "Fundamentals of Geophysics," in *Proceedings Cambridge University Press*, 2007, pp. 254–255.

[14] Electronics-notes. (2021, June). *Electrical Resistivity Table for Common Materials* [Online]. Available: https://www.electronics-notes.com/articles/basic_concepts/resistance/electrical-resistivity-table-materials.php

[15] M. A. Helmenstine. (2021 June). *Electrical Resistivity Table for Common Materials* [Online]. Available: https://www.thoughtco.com/table-of-electricalresistivityconductivity608499