Journal of Energy and Environment Technology ISSN 2392-5701

http://jeet.siamtechu.net Research Article

ระบบเคลื่อนที่อัตโนมัติสำหรับหุ่นยนต์ประชาสัมพันธ์

Robot Navigation for PR Robot

ณรงค์เดช กีรติพรานนท์ [1*] รุ่งเพชร สุวรรณ[2]

Narongdech Keeratipranon[1*] Rungphet Suwan[2]

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

** อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

[*] **E-mail:** narongdech.ken@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

หุ่นยนต์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในสังคมไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มผลผลิตในระบบอุตสาหกรรม แต่ยังรวมถึงการอำนวยความสะดวกในภาคบริการอีกด้วย งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์โต้ตอบอัตโนมัติที่ชื่อว่า พี่จุก ซึ่งหุ่นยนต์ตัวนี้ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถโต้ตอบกับท่าทางและคำสั่งเสียงจากบุคคล ผู้ควบคุมสามารถบังคับหุ่นยนต์ผ่านเซนเซอร์ โทรศัพท์มือถือ จอยสติ๊ก และเว็บแอพลิเคชั่น ทั้งนี้หุ่นยนต์สามารถเปลี่ยนรูปกราฟฟิกที่หน้าจอเพื่อเปลี่ยนสีหน้าและเครื่องแต่งกายได้ รวมทั้งขยับส่วนต่างๆเช่นศีรษะ ไหล่ ศอก มือและล้อสำหรับระบบขับเคลื่อน ด้วยภารกิจที่หลากหลายดังได้กล่าวมาแล้ว การออกแบบต้องคำนึงถึงเรื่องการจัดสรรทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ จากผลการทดลองหุ่นยนต์นี้สามารถมีปฏิสัมพันธ์กับคนได้เป็นอย่างดีทั้งในรูปแบบอัตโนมัติและการบังคับด้วยมือ ในบทความนี้จะเน้นภารกิจที่สำคัญคือระบบนำทางอัตโนมัติ

คำสำคัญ: การออกแบบหุ่นยนต์ ระบบนำทางอัตโนมัติ หุ่นยนต์ประชาสัมพันธ์

ABSTRACT

Recently, robots have been increasing their importance in human lives not only in various industries, but also in home usage. This article presents a design and development of a personal reaction robot, called PJuk. PJuk is designed for interaction with human gesture and voice. The user can control the robot via various sensors and tablet on the robots, a joy stick, and a web application. According to the control commands, the robot can change face and outfit, and move its head, shoulders, elbows, hands, and wheels. With multiple functions previously mentioned, we have to allocate the robot resources effectively. The experimental results show that the robot can smoothly interact with human in both automatic and manual modes. In this paper we emphasize in robot navigation task.

Keywords: robot architecture designs, robot navigation, public relation robot.

http://jeet.siamtechu.net

1. บทนำ

การจะให้ข้อมูลส่งผ่านจากผู้ส่งสารไปยังผู้รับสาร นอกจากตัวข้อมูลเองที่จะต้องน่าสนใจและตรงกับสิ่งที่ผู้รับต้องการแล้ว รูปแบบการส่งก็มีความสำคัญไม่แพ้กัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานนิทรรศการขนาดใหญ่ที่มีการจัดงานจากหลายหน่วยงาน โดยแต่ละหน่วยงานจะต้องหากลวิธีเพื่อให้ผู้ฟังสนใจติดตามข้อมูลจากหน่วยงานตนเอง รูปแบบกิจกรรมที่เป็นที่นิยมในปัจจุบันเช่น การใช้ม่านน้ำเป็นจอรับภาพขนาดใหญ่ การใช้สื่อที่เป็นภาพยนต์สามมิ ติ การสร้างห้องและฉายภาพพร้อมการเคลื่อนไหว เพื่อให้ผู้ชมรู้สึกเสมือนได้เข้าไปในอุปกรณ์นั้น ๆโดยตรงเช่นสร้างเป็นรถไฟยานอวกาศหรือลิฟต์ หรือการใช้หุ่นยนต์เป็นสื่อในการส่งข้อมูลและดึงดูดให้ผู้ชมสนใจ [1]

หุ่นยนต์นอกจากจะทำหน้าที่ด้านการประชาสัมพันธ์ได้ดีแล้ว ยังถูกใช้ในกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม [2,3] เป็นหุ่นยนต์ช่วยในการตรวจตราในอาคารและดูแลผู้สูงอายุ [4] หุ่นยนต์ช่วยในการผ่าตัด [5] จะเห็นได้ว่าการประยุกต์ใช้งานหุ่นยนต์ มีในแทบทุกสาขา

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับโต้ตอบกับบุคคล ที่เรียกว่า พี่จุก โดยได้ออกแบบให้โต้ตอบกับสิ่งแวดล้อมได้อย่างอัตโนมัติเช่นการเคลื่อนไหวของมนุษย์ หรือคำสั่งเสียงเป็นต้น นอกจากนี้ผู้บังคับยังสามารถสั่งการหุ่นยนต์ได้จากโทรศัพท์มือถือ จอยสติ๊กไร้สาย และผ่านทางเว็บแอพลิเคชั่น หุ่นยนต์นี้ได้ถูกออกแบบมาสำหรับงานหลักสองด้านคือ ด้านการประชาสัมพันธ์ และด้านการสื่อสารระยะไกลระหว่างแพทย์และคนไข้

ด้วยภารกิจที่หลากหลาย จำเป็นที่หุ่นยนต์จะต้องมีหลายส่วนย่อยที่ทำงานประสานกันเพื่อให้ภารกิจบรรลุผล เช่น การเคลื่อนที่ไปตำแหน่งต่างๆ การตรวจจับการเคลื่อนไหว การรับคำสั่งเสียง การขยับแขน ซึ่งแต่ละส่วนย่อยนี้ต้องการทรัพยากรหลายประเภท โดยที่บ่อยครั้งทรัพยากรเหล่านี้ก็ต้องการโดยระบบงานอื่นด้วย ด้วยข้อจำกัดเหล่านี้ทำให้ระบบจะต้องจัดสรรทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ บทความฉบับนี้จะแสดงภาพรวมของการออกแบบระบบในระดับสถาปัตยกรรม รวมถึงระบบในการนำทางอัตโนมัติ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หุ่นยนต์ถูกใช้ในงานด้านการประชาสัมพันธ์ทั้งเป็นการให้ข้อมูลและการเป็นจุดดึงดูดให้ผู้เยี่ยมชมสนใจ นอกจากนี้ยังสามารถใช้แนะนำเส้นทางรวมทั้งการพาเยี่ยมชมสถานที่ได้อีกด้วย [6] นอกจากนี้ถ้าหุ่นยนต์มีระบบที่สามารถรับ ส่งภาพและเสียง ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ไกลกันออกไปก็จะสามารถทำหน้าที่เป็นระบบสื่อสารทางไกลได้อีกด้วย

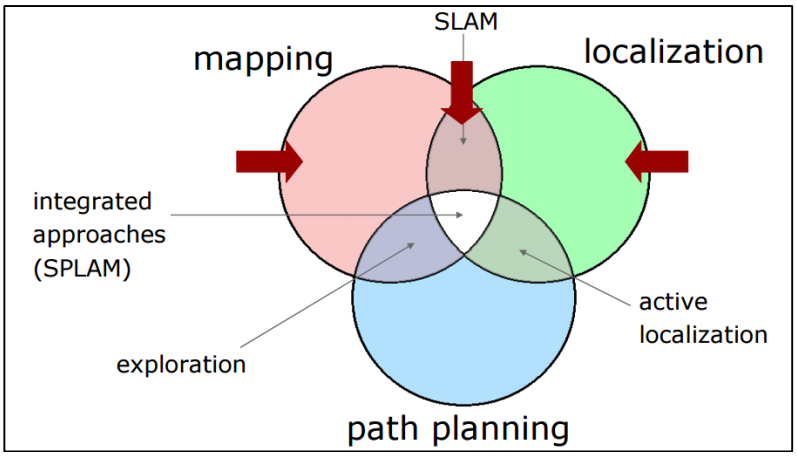
ในประเทศไทยมีหุ่นยนต์เพื่อการประชาสัมพันธ์ที่น่าสนใจหลายตัวเช่น หุ่นยนต์นะโม (NAMO, Novel Articulated MObile platform) ที่ถูกพัฒนาโดยสถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม (ฟีโบ้) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี [7] หุ่นยนต์ดินสอ [8] ที่ถูกพัฒนาโดยบริษัทซีทีเอเซีย โรโบติก โดยมุ่งเน้นทั้งการประชาสัมพันธ์และการเป็นหุ่นยนต์ที่ช่วยดูแลผู้สูงอายุ

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาหุ่นยนต์ที่มีลักษณะคล้ายมนุษย์ในส่วนบน โดยระบบขับเคลื่อนส่วนล่างยังใช้เป็นระบบล้อเพื่อความเสถียรและความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ หุ่นยนต์สามารถปฏิสัมพันธ์กับคนทั่วไปผ่านทางหน้าจอสัมผัส ระบบรู้จำเสียง ระบบตรวจจับการเคลื่อนไหว นอกจากนี้ยังสามารถเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตเพื่อบังคับและสื่อสารระยะไกล

ในการบริหารจัดการระบบหุ่นยนต์ที่มีความซับซ้อนสูง จะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบทั้งด้านระบบแมคคาโทรนิกส์ ระบบควบคุม ระบบบริหารทรัพยากร รวมทั้งมุมมองของผู้ใช้งาน ในงานนี้ได้มีการป้ องกันไม่ให้เกิด deadlock ของทรัพยากรโดยใช้ระบบลำดับสิทธิ์เพื่อป้ องกันไว้ล่วงหน้า

2.1 หลักการของ Autonomous Navigation

การเคลื่อนที่และการนำร่อง หุ่นยนต์จำเป็นต้องเข้าใจสิ่งแวดล้อมและตำแหน่งและสภาวะของตนเอง ในสิ่งแวดล้อมนั้นๆ โดยอาศัยข้อมูลการวัดจาก Sensor ระบบนำร่องจึงจำเป็นต้องอาศัย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ แผนที่ (Map) การระบุตำแหน่ง (Localization) การวางแผนเส้นทาง (Path Planning) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 องค์ประกอบของ Autonomous Navigation [9]

แผนที่ (Map) นำเสนอสิ่งแวดล้อมที่หุ่นยนต์กำลังทำงานอยู่ โดยบรรจุเอาองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่หุ่นยนต์สนใจ หรือจำเป็นต่อการทำงานของหุ่นยนต์ ทั้งนี้ แผนที่อาจอยู่ในรูปแบบที่หลากหลาย เช่น Metric Map ซึ่งกำหนดกรอบอ้างอิง (Reference Frame) ซึ่งหุ่นยนต์ใช้ในการอ้างอิง เพื่อกำหนดตำแหน่งของตนจากกรอกอ้างอิงดังกล่าว จากนั้นจึงสามารถคำนวณเส้นทาง (path) ซึ่งกำหนดแผนของการกระทำ (actions) เพื่อเดินทางไปยังเป้าหมาย

การระบุตำแหน่ง (Localization) คือการพิจารณาตำแหน่งปัจจุบันของหุ่นยนต์ โดยเทียบกับแผนที่

การวางแผนเส้นทาง (Path Planning) คือพิจารณาหาเส้นทาง และระบุชุดของการกระทำที่จะพาไปถึงจุดหมายปลายทาง โดยอาศัยแผนที่และการระบุตำแหน่ง

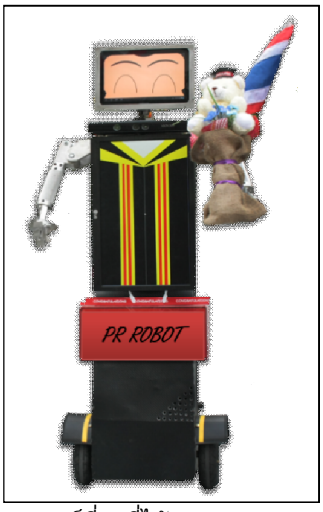
2.2 Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)

Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) คือกระบวนการระบุตำแหน่งของหุ่นยนต์และสร้างแผนที่ ทำโดยใช้ข้อมูลจากการวัดของ sensors เพื่อใช้สภาพแวดล้อมรอบตัวในการประมาณแผนที่ของสิ่งแวดล้อม และวิถีการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ SLAM เก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของตัวเองจาก Odometry และเก็บข้อมูล Landmark อันได้แก่ feature ต่างๆ ของสิ่งแวดล้อม เช่น มุม หรือสิ่งกีดขวาง จากการตรวจจับโดย Sensors โดยมีทั้งการเก็บ Landmark ใหม่และการสำรวจ Landmark เก่าที่เคยเก็บข้อมูลมาแล้ว ทั้งนี้ กระบวนการ SLAM ซึ่งต้องการกลไก เช่น Extend Kalman Filter (EKF) เพื่ออัปเดตข้อมูล Landmark และประมาณระดับความไม่แน่นอนของตำแหน่งหุ่นยนต์และข้อมูล Landmark ในสิ่งแวดล้อม โดยกระบวนการดังกล่าวจะกระทำไปเรื่อยๆ ในขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และสามารถนำมาสร้างเป็นแผนที่ได้ในที่สุด

การพัฒนาระบบนำร่องสำหรับหุ่นยนต์ด้วยการแก้ปัญหา SLAM โดยใช้ ROS กำลังเป็นที่สนใจในปัจจุบัน โดยได้พัฒนาฟังก์ชั่นการนำร่องให้กับ Mobile Robot 2 ล้อ โดยใช้ rotary odometry encode 4 ตัว, Range Finder Sensor พบว่าสามารถสร้างแผนที่และเคลื่อนที่ได้ดี โดยอาศัยการปรับแต่งค่า odometry ในการเพิ่มความแม่นยำให้กับ odometry model [10]

3. ภาพรวมของระบบ

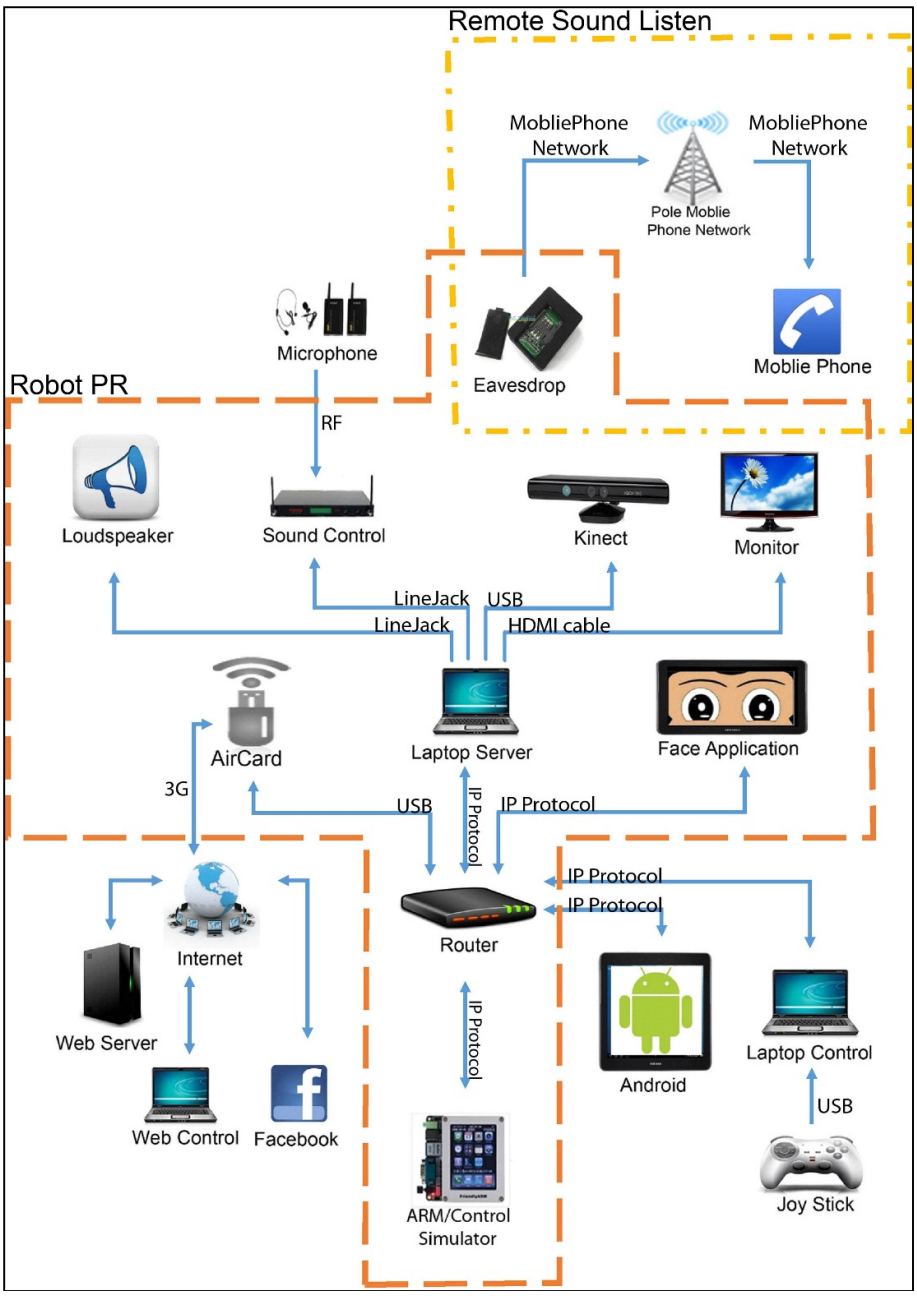
หุ่นยนต์ที่ถูกออกแบบและพัฒนานี้ สามารถโต้ตอบกับบุคคลและสิ่งแวดล้อมได้อย่างอัตโนมัติ ซึ่งได้แสดงในรูปที่ 2 ดังจะเห็นว่าหุ่นยนต์มีหน้าจอด้านบนแสดงอารมณ์ความรู้สึกได้ และที่บริเวณท้องมีหน้าจอขนาดใหญ่สามารถให้ข้อมูลทั่วไปหรือการเปลี่ยนเป็นเสื้อได้ รูปที่ 3 แสดงภาพรวมการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆ ตั้งแต่การบังคับหุ่นยนต์จากระยะไกลผ่านอินเตอร์เน็ต การบังคับไร้สายผ่านจอยสติ๊ก การพากษ์เสียงหุ่นยนต์ผ่านระบบไมค์ไร้สาย รวมทั้งระบบภายในตัวหุ่นยนต์ที่มีคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊คเป็นหน่วยประมวลผลหลัก มีบอร์ด ARM เป็นตัวควบคุมระดับล่าง



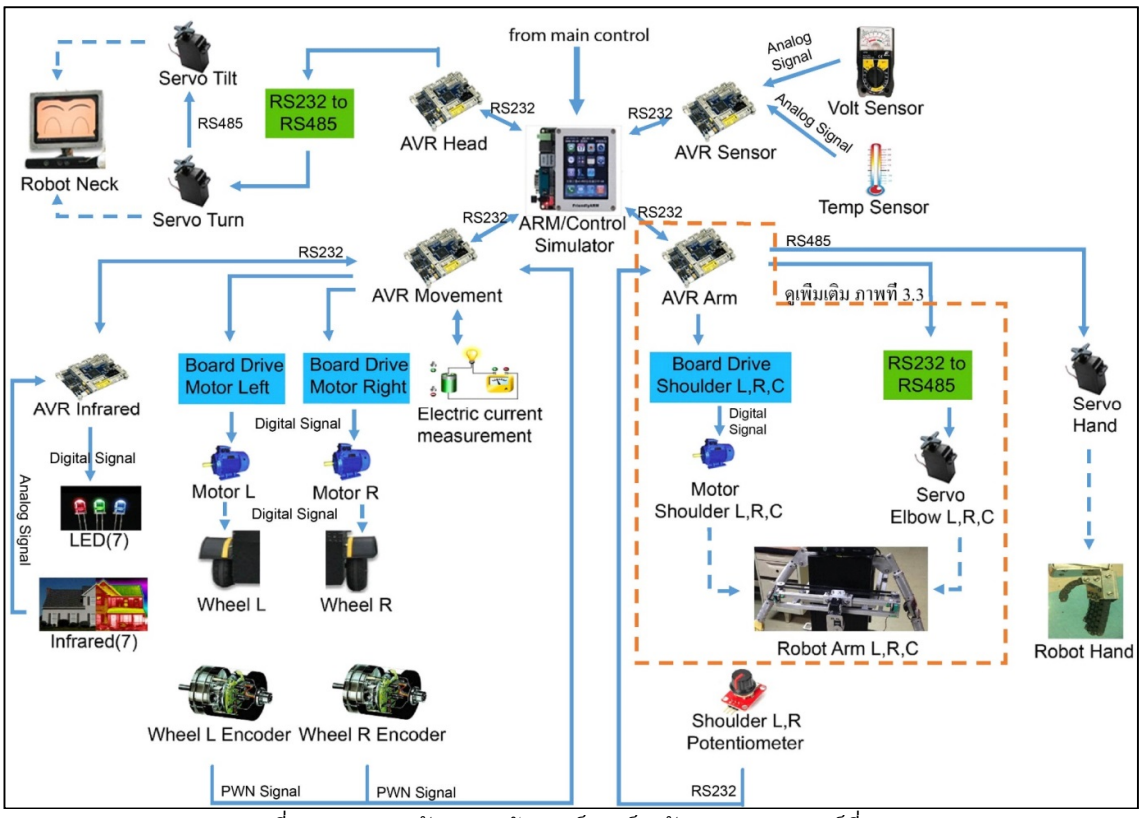
รูปที่ 2 หุ่นยนต์พี่จุกที่ได้ถูกออกแบบและพัฒนา

รูปที่ 4 แสดงการเชื่อมต่อระดับล่าง คือจากการควบคุมของ ARM ไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ย่อยอีก 4 ตัว เพื่อควบคุมระบบศีรษะ ระบบเคลื่อนที่ ระบบแขน และระบบการรับส่งค่าเซนเซอร์ โดยแต่ละบอร์ดจะทำหน้าที่อิสระต่อกัน โดยจะรับส่งข้อมูลกับบอร์ด ARM เท่านั้น ทำให้ระบบสามารถบริหารทรัพยากรได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ

ส่วนงานในหุ่นยนต์นี้ได้ถูกแบ่งออกเป็น 6 ระบบย่อยได้แก่ (1) ระบบควบคุมกลางโดยใช้คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊คทำหน้าที่ เป็นหลักในการสั่งการและบริหารจัดการทรัพยากรต่างๆทั้งหมดและยังควบคุมหน้าจอหลักด้วย (2) ระบบควบคุมระดับล่างได้แก่เซนเซอร์และการเคลื่อนที่ผ่านมอเตอร์ทั้งหมด (3) ระบบประมวลผลภาพสำหรับรู้จำวัตถุและท่าทางของมนุษย์ (4) ระบบรู้จำเสียงอีกทั้งยังระบุทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงโดยใช้ Kinect เป็นหลัก (5) ระบบแสดงสีหน้าผ่านหน้าจอ tablet และการโต้ตอบผ่านหน้าสัมผัส (6) ระบบควบคุมระยะไกลจากจอยสติ๊กและจากอินเตอร์เน็ต



รูปที่ 3 แสดงสถาปัตยกรรมด้านฮาร์ดแวร์ของหุ่นยนต์พี่จุก



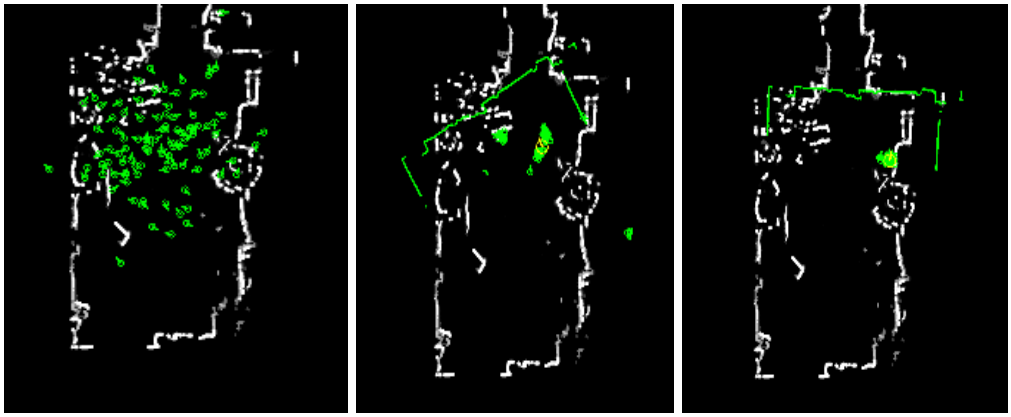
รูปที่ 4 แสดงสถาปัตยกรรมด้านฮาร์ดแวร์ระดับล่างของหุ่นยนต์พี่จุก

4. ระบบนำทางอัตโนมัติ

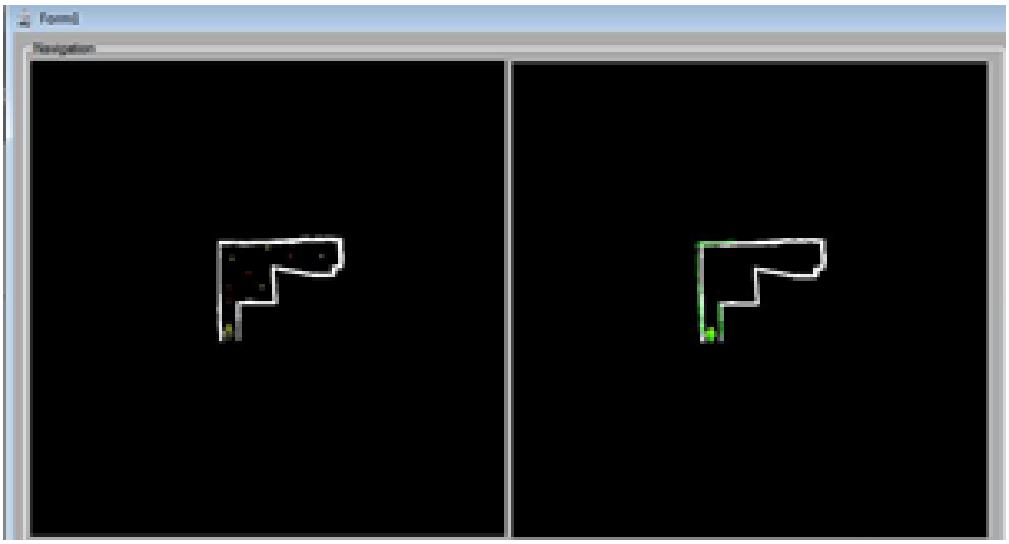
ในหุ่นยนต์พี่จุกนี้ได้ใช้เซนเซอร์ประเภท Laser Range Finder เพื่อหาระยะทางจากหุ่นยนต์ไปถึงสิ่งกีดขวาง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเข้ากระบวนการระบุตำแหน่งโดยใช้หลักการ particle filtering ซึ่งในที่นี้ทำเพียงแค่ระบุตำแหน่งเท่านั้น ไม่ได้สร้างแผนที่ไปด้วย

หลักการสำคัญคือระบบจะทำการสุ่มจุดที่คาดว่าจะเป็นตำแหน่งของหุ่นยนต์ขึ้นมา 100 จุด แต่จะจุดจะทำการหาค่าความน่าจะเป็นว่าจะเป็นจุดเหล่านั้นหรือไม่ โดยการนำค่าของเซ็นเซอร์ที่อ่านได้มาเทียบกับแผนที่ ที่ถูกสร้างไว้ตั้งแต่ต้น จุดที่มีการทับของเซ็นเซอร์กับแผนที่มากที่สุดจะมีความน่าจะเป็นที่เป็นตำแหน่งของหุ่นยนต์สูงกว่าจุดที่ไม่ทับซ้อน ความน่าจะเป็นนี้จะถูกใช้ในการสร้างตำแหน่งในรุ่นถัดไป เมื่อทำซ้ำไปเรื่อยๆจะได้ตำแหน่งที่แม่นยำของหุ่นยนต์ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 5

รูปที่ 6 ได้ทำการจำลองแผนที่ของห้องทดสอบ โดยเบื้องต้นหุ่นยนต์ไม่รู้ตำแหน่งของตัวเอง แต่เมื่อเคลื่อนที่ไประยะหนึ่ง หุ่นยนต์จะสามารถเทียบตำแหน่งของตัวเองกับแผนที่ได้ สังเกตได้จากการทับซ้อนของค่าเซนเซอร์ที่อ่านได้จากหุ่นยนต์จะเทียบได้กับกำแพงในแผนที่

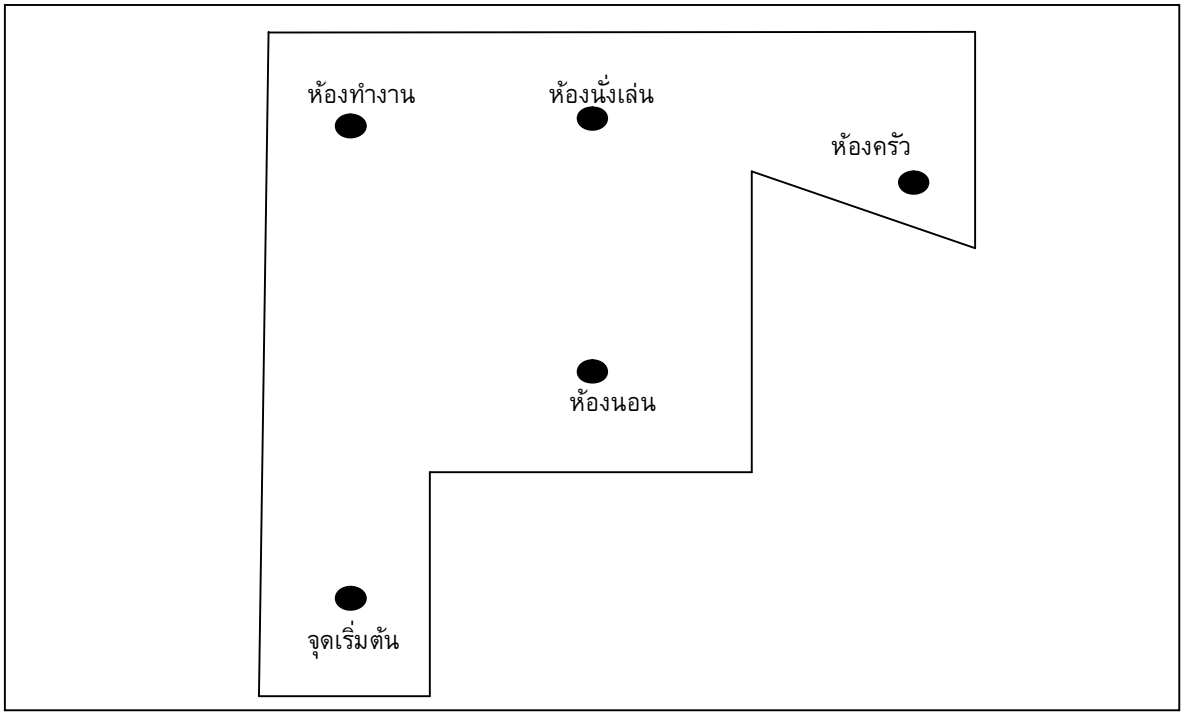


รูปที่ 5 ระบบระบุตำแหน่งที่ได้ออกแบบขึ้นจาก Particle Filtering



รูปที่ 6 แสดงแผนที่ตอนเริ่มต้นทางด้านซ้าย และระบบระบุตำแหน่งได้หาตำแหน่งของตัวเองดังรูปด้านขวา ซึ่งจะเห็นจากการทับซ้อนของค่าเซนเซอร์และผนังกำแพง

จากการทดสอบการเคลื่อนที่ในห้องจำลองดังแสดงในรูปที่ 7 หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนไปยังตำแหน่งที่ระบุได้ถูกต้องเป็นส่วนมากดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งแต่ละคู่ตำแหน่งได้ทดลอง 10 ครั้ง โดยตำแหน่งที่ไปถึงได้น้อยที่สุดคือห้องครัว เพราะเป็นห้องที่อยู่ริมสุดและมีพื้นที่เป็นสี่เหลี่ยมคางหมู ทำให้มีสิ่งกีดขวางบังมาก โดยไปถึงเฉลี่ย 67.5% ในขณะที่ห้องทำงานไปถึงได้สูงสุด 92.5% ทั้งนี้โดยเฉลี่ยทั้งหมดหุ่นยนต์สามารถไปยังเป้าหมายได้84.5%



รูปที่ 7 แผนผังจำลองสำหรับการทดสอบประกอบด้วย 5 จุดสำคัญ

ตารางที่ 1 แสดงอัตราความสำเร็จในการเคลื่อนที่อัตโนมัติในแผนที่

ปลายทาง / เริ่ม	จุดเริ่มต้น	ห้องทำงาน	ห้องนั่งเล่น	ห้องนอน	ห้องครัว	เฉลี่ย
จุดเริ่มต้น	-	100.0%	80.0%	90.0%	60.0%	82.5%
ห้องทำงาน	100.0%	-	100.0%	90.0%	70.0%	90.0%
ห้องนั่งเล่น	80.0%	100.0%	-	100.0%	80.0%	90.0%
ห้องนอน	90.0%	90.0%	100.0%	-	60.0%	85.0%
ห้องครัว	70.0%	80.0%	80.0%	70.0%	-	75.0%
	85.0%	92.5%	90%	87.5%	67.5%	84.5%

5. สรุป

บทความนี้ได้บรรยายการออกแบบและการพัฒนาหุ่นยนต์เพื่อการปฏิสัมพันธ์ที่เรียกว่าพี่จุก ซึ่งสามารถโต้ตอบกับมนุษย์ได้ทั้งระบบวิเคราะห์ภาพและวิเคราะห์เสียง นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถบังคับควบคุมได้โดยตรงผ่านโทรศัพท์มือถือ จอยสติ๊กและเว็บแอพลิเคชั่น ในบทความนี้ได้อธิบายเพิ่มเติมเรื่องการนำทางของหุ่นยนต์โดยใช้หลักการของ particle filtering ซึ่งทำให้หุ่นยนต์รู้ตำแหน่งของตัวเองและเคลื่อนไปยังจุดที่กำหนดได้ถูกต้องโดยเฉลี่ย 84.5%

6. เอกสารอ้างอิง

[1] P. Share and J. Pender, "Preparing for a Robot Future? Social Professions, Social Robotics and the Challenges Ahead," Irish Journal of Applied Social Studies, vol. 18, pp. 44-62, 2018.

[2] B. Yao, Z. Zhou, L. Wang, W. Xu, Q. Liu, and A. Liu, "Sensorless and adaptive admittance control of industrial robot in physical human−robot interaction," Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, vol. 51, pp. 158-168, 2018/06/01/ 2018.

[3] Q. Wu, Y. Liu, and C. Wu, "An overview of current situations of robot industry development," in ITM Web of Conferences, 2017.

[4] S.-i. Kaneko and G. Capi, "Human-robot Communication for Surveillance of Elderly People in Remote Distance," IERI Procedia, vol. 10, pp. 92-97, 2014/01/01/ 2014.

[5] G. Kronreif, "Advanced concepts for medical robotic systems," New Horizons in Clinical Case Reports, vol. 1, p. 5, 2017/08/01/ 2017.

[6] A. Sciutti, M. Mara, V. Tagliasco, and G. Sandini, "Humanizing Human-Robot Interaction: On the Importance of Mutual Understanding," IEEE Technology and Society Magazine, vol. 37, pp. 22-29, 2018.

[7] Institute of Field Robotics. (23 May). หุ่นยนต์ประชาสัมพันธ์. Available: http://www.fibo.kmutt.ac.th/fiboweb2015/%E0%B8%AB%E0%B8%B8%E0%B9%88%E0%B8%99%E0%B8%A2%E0%B8%99%E0%B8%95%E0%B9%8C%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%8A%E0%B8%B2%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B8%A1%E0%B8%9E%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%98%E0%B9%8C%E0%B8%99/

[8] CT Asia Robotics. (2018, 23 May). Dinsow Robotics. Available: http://dinsow.com/

[9] G. Grisetti, "Introduction to Navigation using ROS," Department of Computer, Control, and Management Engineering, Antonio Ruberti at Sapienza University of Rome.

[10] H. Ibrahim Mohamed Ahmed Omara and K. Sahari, Indoor mapping using kinect and ROS, 2015.