

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

การออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์นำเที่ยว Design and Development of Tour Guide Robot

ภักพงศ์ จันทเปรมจิตต์^{1*}, ณัฐพงษ์ บัวคอม¹, นกุล ไชยมงคล¹, ศักดิ์กรินทร์ อินเทพ¹ และ ปาริชา รัตนศิริ¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี 20131

*Email: pakpong@buu.ac.th

โทรศัพท์: 038 102 222 ต่อ 3385, โทรสาร: 038 745 806

บทคัดย่อ

เอกสารนี้นำเสนอการออกแบบ การสร้าง ทดสอบและพัฒนาการทำงานของหุ่นยนต์นำเที่ยวเพื่อใช้นำเสนอผลงานต่างๆ หุ่นยนต์ประกอบด้วย 4 ส่วนคือ โครงสร้าง ระบบขับเคลื่อน ระบบควบคุมและระบบการนำเสนอ โครงสร้างของรถประกอบขึ้นจากโครงอลูมิเนียมแผ่นซึ่งสามารถรับน้ำหนักได้ประมาณ 40 กิโลกรัม ระบบขับเคลื่อนเลือกใช้ต้นกำลังจากเซอร์โวมอเตอร์กระแสตรงขนาด 24 โวลต์ มีแรงบิดสูงสุด 35 กิโลกรัม-เซนติเมตร จำนวน 4 ตัว ขับล้อแบบบอมบี้ 4 ล้อ ระบบควบคุมซึ่งเลือกใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต และชุดขับมอเตอร์ เลือกใช้คอมพิวเตอร์แบบมินิไอทีเอ็กซ์สำหรับการประมวลผลของระบบควบคุมและการนำเสนอ ซึ่งการนำเสนอในระบบนี้คือระบบประมวลผลต่างๆ พร้อมทั้งแสดงข้อมูลทางเสียงผ่านลำโพงที่ติดตั้งบนหุ่นยนต์ หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ตามเส้นสีดำซึ่งเป็นเส้นทางที่กำหนดโดยอาศัยข้อมูลจากเซ็นเซอร์อินฟราเรด ในการนำเสนอข้อมูลของผลงาน หุ่นยนต์ส่งเสียงผ่านระบบการสังเคราะห์เสียงจากข้อความที่ถูกบันทึกไว้ให้ผู้เข้าชมฟัง พร้อมกันนี้หุ่นยนต์ยังมีชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรดที่ใช้สำหรับหลบสิ่งกีดขวางเพื่อป้องกันการชนในขณะที่เดินตามเส้น

คำหลัก: หุ่นยนต์นำเที่ยว นำเสนอผลงาน เดินตามเส้น

Abstract

The paper presents the design, fabrication, implementation and development of the tour guide robot. The robot aims to use for presenting various information. The robot consists of four parts: main structure, motor driving system, control system and audio system. The structure is aluminum sheet cable of 40 kg. of loads. Four DC Servo motors are chosen for the driving system. The control system is undertaken through various custom built PCBs, off-the-shelf components and a mini ITX computer. The central computer also controls the presenting system. Sensing is undertaken through the use of infrared sensors. This allows the robot to follow the desired path and to avoid obstacles.

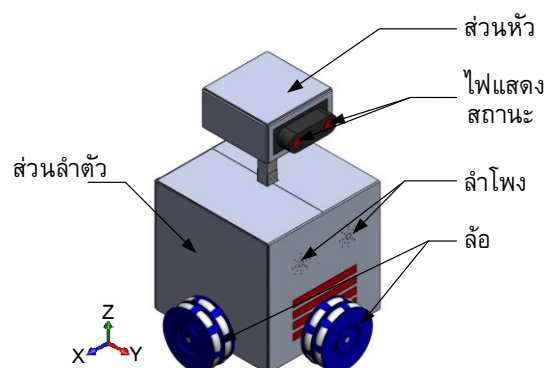
Keywords: Tour guide robot, presentation, line following

1. บทนำ

หุ่นยนต์ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในงานทางด้านวิศวกรรม ด้านอุตสาหกรรม ด้านการศึกษา และด้านการทหาร หุ่นยนต์ถูกเพิ่มขีดความสามารถจากการเป็นเพียงเครื่องจักรกลที่ทำงานซ้ำๆ เช่น แขนกลอุตสาหกรรม หรืองานในสภาพแวดล้อมที่อันตราย เช่น ยานสำรวจใต้น้ำอัตโนมัติ [1] และยานสำรวจอวกาศ [2] เป็นต้น มาเป็นสิ่งที่เสมือนมีชีวิต (Virtual life form) [3] สามารถเรียนรู้และตอบสนองต่อปฏิกิริยาภายนอกได้ด้วยตัวเอง เช่น หุ่นยนต์ Asimo ของบริษัท เอเซียฮอนด้า มอเตอร์ [4] ซึ่งสามารถเรียนรู้และตอบสนองสิ่งต่างๆ ได้ด้วยตัวเอง โดยสามารถเรียนรู้สภาวะรอบตัวและเคลื่อนไหวให้เหมาะสมได้ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาหุ่นยนต์ที่มีปฏิสัมพันธ์กับมนุษย์ได้ โดยนำเสนอผลงานและประชาสัมพันธ์ข้อมูลขององค์กรนั้นๆ แต่เดิมใช้มนุษย์ในการทำงานส่วนนี้ ซึ่งมนุษย์ทำงานวันละหลายๆ รอบซ้ำๆ กันจะเกิดการเหนื่อยล้าทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์นำเที่ยว เช่น Autonomous City Explorer เป็นหุ่นยนต์ที่สามารถมีปฏิสัมพันธ์กับมนุษย์ได้ โดยนำนักท่องเที่ยวเดินทางตามแผนที่ที่กำหนดไว้โดยใช้ระบบจีพีเอส [5] และ ในงานวิจัย [6] หุ่นยนต์ Robovie สามารถแนะนำเส้นทางแก่ผู้ที่เข้ามาสอบถามได้โดยการใช้เสียง จากความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น จึงเป็นที่มาของการพัฒนาหุ่นยนต์นำเที่ยว (Tour guide robot) ที่สามารถนำผู้เยี่ยมชมสิ่งที่น่าสนใจ และให้ข้อมูลของเครื่องมือต่างๆ ภายในโรงประลองของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาได้

2. การออกแบบและการสร้าง

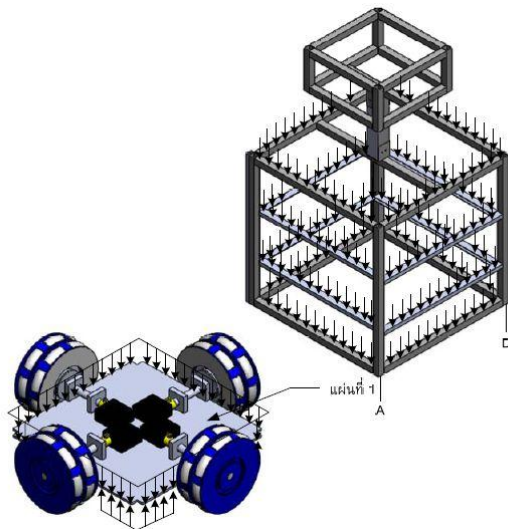
หุ่นยนต์นำเที่ยวต้นแบบแสดงได้ดังรูปที่ 1 มีขนาด 0.35x0.35x0.63 เมตร ขับเคลื่อนแบบสี่ล้อ omniscure ในการออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์นำเที่ยวนั้น เลือกแผ่นโครงพื้นเป็นอลูมิเนียมซึ่งจะรับภาระหลายอย่าง เช่น แบตเตอรี่ และอุปกรณ์อื่นๆ



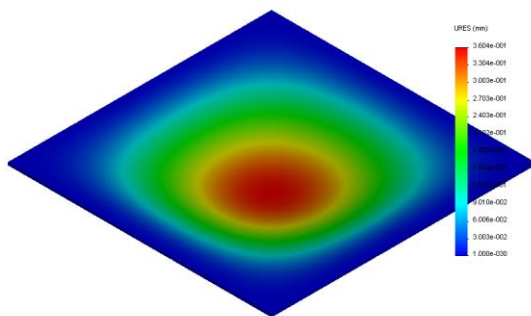
รูปที่ 1 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์นำเที่ยวที่ออกแบบ

ในการจำลองภาระที่กระทำกับแผ่นพื้นได้เป็นแรงกระจาย ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดความเค้นและการโก่งของแผ่นพื้น ดังนั้นจึงประเมินความเสียหายโครงพื้นหุ่นยนต์นำเที่ยวจากโปรแกรมวิเคราะห์ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป ในการพิจารณาความเค้น โดยพิจารณาพื้นที่ที่รับความเค้นหลักทั้งสามแกนเพื่อรับน้ำหนัก 40 กิโลกรัม รูปที่ 2 แสดงการกำหนดลักษณะแรงกระจายกระทำตลอดหน้าตัดของแผ่นพื้น และให้ขอบของแผ่นพื้นทั้งสี่ถูกจับอยู่กับที่ (มีโครงสร้างยึดรองรับ) พบว่าจะเกิดความเค้นสูงสุดที่ขอบทั้งสี่ด้าน ขนาด 10.16 เมกะปาสคาล เมื่อตรวจสอบการโก่งของแผ่นพื้นพบว่าการโก่งสูงสุดที่จุดกึ่งกลางของแผ่นเท่ากับ 0.0004 เมตร (แสดงผลการจำลองดังรูปที่ 3) การเลือกใช้วัสดุทำโครงสร้างเลือกใช้อะลูมิเนียมแบบกลวง เบอร์ 6063-T6 ขยายตามท้องตลาดทั่วไป น้ำหนักเบา ราคาเหมาะสมที่จะใช้ทำโครงสร้างหุ่นยนต์นำเที่ยว

ต่อมาวิเคราะห์ชุดขับเคลื่อนและชุดส่งกำลังของหุ่นยนต์นำเที่ยว จากนั้นคำนวณหาขนาดของค่าแรงขับเคลื่อนของหุ่นยนต์นำเที่ยวโดยมีสมมุติฐานว่าความเร็วสูงสุดของหุ่นยนต์นำเที่ยวที่ผู้เยี่ยมชมเดินตามได้ทันทีคือ 1.28 เมตร/วินาที [8] จากผลการคำนวณเมื่อกำหนดให้เส้นผ่านศูนย์กลางของล้อมีค่าเท่ากับ 0.13 เมตร จะเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีความเร็วรอบอย่างน้อยเท่ากับ 188 รอบ/นาที



รูปที่ 2 การกำหนดลักษณะแรงกระทำลงบนโครงสร้างแผ่นพื้น (แผ่นที่ 1) เพื่อใช้ในการจำลองความแข็งแรงของโครงสร้าง



รูปที่ 3 ระยะการโก่งของแผ่นอะลูมิเนียมที่ใช้ทำแผ่นพื้น มีค่าการโก่งสูงสุดที่ตำแหน่งกึ่งกลางของแผ่นเท่ากับ 0.0004 เมตร

ในการคำนวณหาแรงบิดที่เกิดขึ้นจะพิจารณาจากแรงจุดให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่จาก 0 ถึง 1.28 เมตร/วินาที ในเวลา 2 วินาที โดยพบว่าแรงจุดเพื่อเอาชนะแรงเสียดทานขนาด 58.86 นิวตัน มีค่าเท่ากับ 65.26 นิวตัน ดังนั้นโมเมนต์บิดมีเท่ากับ 35 กิโลกรัม-เซ็นติเมตร และกำลังที่มอเตอร์ มีค่าเท่ากับ 84 วัตต์ตามลำดับ จากนั้นทำการหาขนาดของเพลลา จาก

$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau} [(C_t T)^2 + (C_m M^2)]^{\frac{1}{2}}$$

เมื่อ T คือ ความเค้นเฉือนสูงสุดที่เพลลา (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)

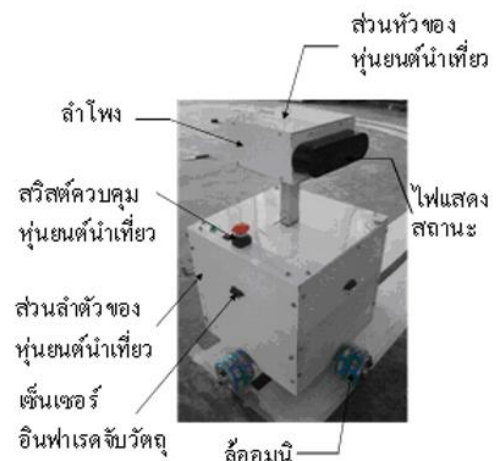
T คือ โมเมนต์บิด (กิโลนิวตัน-มิลลิเมตร)

M คือ โมเมนต์ดัด (กิโลนิวตัน-มิลลิเมตร)

C_t คือ ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด = 1

C_m คือ ตัวประกอบความล้าจากการดัด = 1.5

จะเลือกใช้เพลลากลมตันมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (d) ใหญ่กว่าที่คำนวณไว้เล็กน้อย คือเท่ากับ 0.008 เมตร เพื่อให้เหมาะสมกับมอเตอร์ที่นำมาใช้ ต่อมาจะพิจารณาการเคลื่อนที่ที่ต้องการให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างคล่องแคล่ว จึงเลือกรูปแบบล้ออมนิ เพราะสามารถเคลื่อนที่ได้ทุกทิศทาง อย่างคล่องแคล่ว โดยการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์นำเที่ยวเมื่อใช้ล้ออมนิสามารถทำได้คือ การเคลื่อนที่ไปข้างหน้า การเคลื่อนที่ถอยหลัง การเคลื่อนที่แบบทแยงหน้าซ้าย-ขวา ทแยงหลังซ้าย-ขวา เคลื่อนที่ไปทางซ้าย และเคลื่อนที่ไปทางขวา รูปที่ 4 แสดงหุ่นยนต์นำเที่ยวต้นแบบ

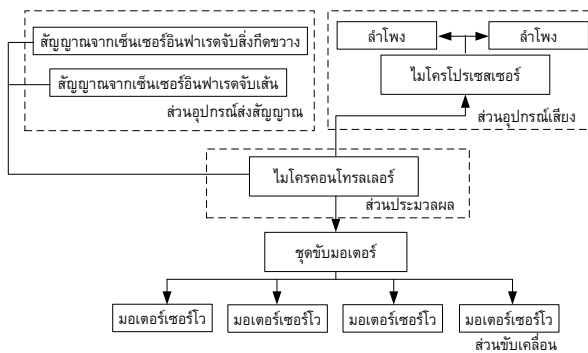


รูปที่ 4 ส่วนประกอบหุ่นยนต์นำเที่ยวต้นแบบ

3. ระบบควบคุมเบื้องต้น

ระบบควบคุมเบื้องต้นจะประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ส่วนประมวลผลกลาง อุปกรณ์เซ็นเซอร์ ชุดขับเคลื่อน และอุปกรณ์เสียง (รูปที่ 5 แสดงแผนภาพแสดงระบบควบคุมแบบง่าย ซึ่งจะมีการพัฒนาต่อไปในอนาคต) ส่วนประมวลผลกลางจะมีอุปกรณ์หลัก คือ คอมพิวเตอร์แบบมินิไอทีเอ็กซ์สำหรับการประมวลผลและบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งควบคุมสั่งการ

ระบบขับเคลื่อน ส่วนระบบเซ็นเซอร์ประกอบไปด้วย เซ็นเซอร์จับเส้น เซ็นเซอร์จับวัตถุ ซึ่งจะส่งข้อมูลให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผล ส่วนชุดขับเคลื่อน ประกอบไปด้วยวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์และเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งรับการสั่งงานจากส่วนประมวลผลและสั่งงานมอเตอร์ และส่วนอุปกรณ์เสียงโดยได้เลือกใช้ โมดูล รุ่น TDS 055 ในการเล่นเสียง ที่ได้ทำการสังเคราะห์เสียงจากข้อความและบันทึกไว้ในการ์ดความจำ เพื่อนำไปเชื่อมต่อกับโมดูลเล่นเสียงใช้ในการเล่นเสียง และจะเล่นเสียงเมื่อมีคำสั่งมาจากส่วนประมวลผล



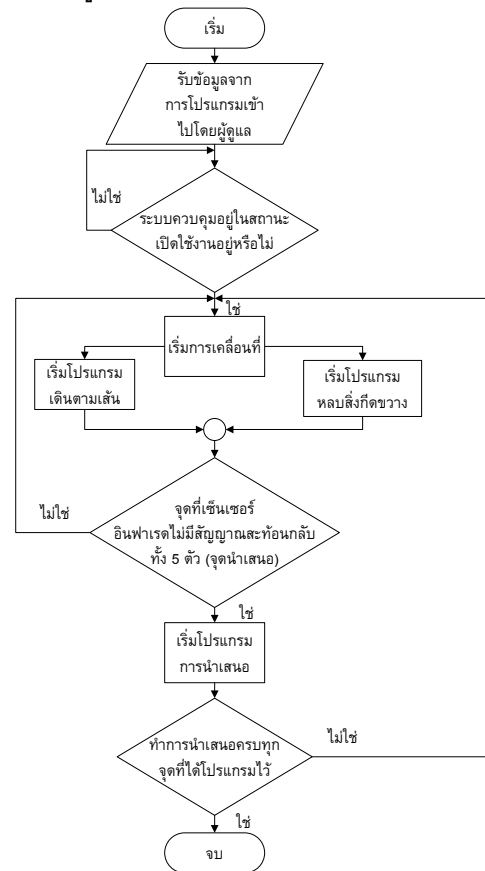
รูปที่ 5 แสดงแผนภาพแสดงระบบควบคุมแบบง่าย

โดยหลักการทำงานของระบบควบคุมของหุ่นยนต์นำเทียวนั้นจะเริ่มจากการรับค่าจากเซ็นเซอร์จับเส้นสีดำ จากนั้นนำสัญญาณที่ได้มาประมวลผลที่คอมพิวเตอร์แบบมินิไอทีเอ็กซ์เพื่อที่จะประมวลผลตามโปรแกรมที่กำหนด จากนั้นคำสั่งจะถูกส่งไปที่ บอร์ดคอนโทรลเลอร์ สั่งงานให้บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ตามการเคลื่อนที่ที่ได้ออกแบบไว้ และเมื่อถึงจุดที่เซ็นเซอร์เดินตามเส้นตรวจพบจุดที่จะต้องนำเสนอ ระบบจะงานให้โมดูลเสียงทำการเล่นเสียงที่เราได้บันทึกไว้ ขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมแสดงได้ดังรูปที่ 6

4. การทดสอบหุ่นยนต์นำเทียวน

ในการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์นำเทียวน ได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 4 การทดสอบคือ การทดสอบการเคลื่อนที่พื้นฐานของหุ่นยนต์นำเทียวน การทดสอบหลบสิ่งกีดขวางของหุ่นยนต์นำเทียวน การทดสอบการเคลื่อนที่ตามเส้นของหุ่นยนต์นำเทียวน และการทดสอบการนำเทียวนำชมโรงประลองภาควิชา

วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา



รูปที่ 6 ขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์นำเทียวน

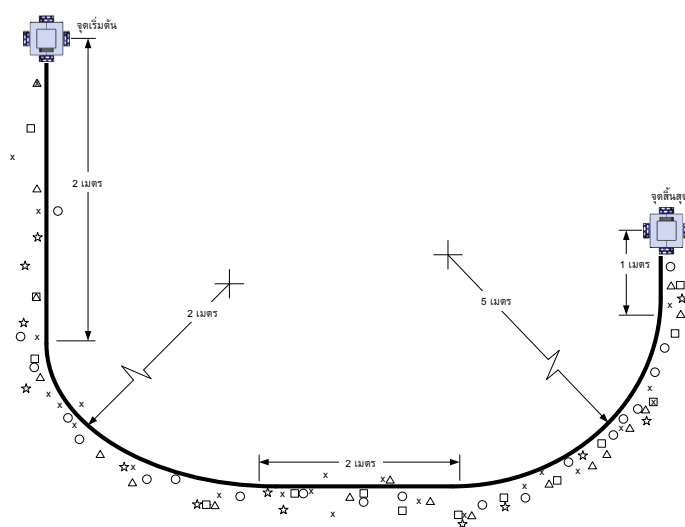
การทดสอบการเคลื่อนที่พื้นฐานเป็นการทดสอบหาความเร็วและความแม่นยำของการเคลื่อนที่ในแต่รูปแบบ ผลการทดสอบพบว่าความเร็วเฉลี่ยมีค่าประมาณ 0.230 เมตร/วินาที มีความผิดพลาดอยู่ที่ของตำแหน่งอยู่ที่ 0.53 เมตร ในการทดสอบการเดินตามเส้นซึ่งพบว่าสามารถเดินตามเส้นได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมากซึ่งไม่ทำให้การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ออกนอกเส้นสีดำที่เป็นเส้นทางเดิน การทดสอบหลบสิ่งกีดขวางและป้องกันการชน หุ่นยนต์นำเทียวนสามารถหลบสิ่งกีดขวางที่อยู่ด้านหน้าได้ ที่ระยะ 0.5 เมตร ส่วนสุดท้ายเป็นการทดสอบนำเทียวนำชมอุปกรณ์ในโรงประลองภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล โดยให้หุ่นยนต์เดินไปตามแผนที่ที่กำหนดไว้และเมื่อถึงจุดที่นำเสนอ หุ่นยนต์ก็สามารถนำเสนอข้อมูลให้ผู้ชมได้รับฟังได้ ซึ่งรูปที่ 7 แสดงตำแหน่งของการเคลื่อนที่และแสดงการนำเสนอ

5. สรุป

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์นำเที่ยว ให้สามารถมีปฏิสัมพันธ์กับมนุษย์มากขึ้น โดยหุ่นยนต์ที่สามารถเดินตามเส้นทางและนำเสนอผลงานได้อย่างอัตโนมัติ โดยหุ่นยนต์มีขนาด $0.35 \times 0.35 \times 0.63$ เมตร ขับเคลื่อนแบบสี่ล้อ รับน้ำหนักได้ 40 กิโลกรัม เมื่อทำการทดสอบการเคลื่อนที่ หุ่นยนต์นำเที่ยวสามารถเดินตามเส้นทางที่กำหนดสามารถหลบสิ่งกีดขวางในระยะ 0.5 เมตรได้ และสามารถนำเสนอข้อมูลเป็นเสียงสังเคราะห์ได้ แนวทางในการพัฒนา คือ ติดตั้งกล้องและระบบจีพีเอสเพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ได้กว้างและมีความแม่นยำขึ้น พัฒนาระบบสื่อสารเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถมีปฏิสัมพันธ์กับมนุษย์ได้มากขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Healey, A. J., Marco, D. B. and McGhee, R. B. (1996). Autonomous Underwater Vehicle Control Coordination Using A Tri-Level Hybrid Software Architecture, *In Proceedings of the IEEE Robotics and Automation Conference*, 1996.
- [2] Russo, G., De Matteis, P. P., Sabatano, R., Richiello, C. and Marino, G. (2008). USV: Unmanned Space Vehicle, *Memorie della Societa Astronomica Italiana*, v.79, p.863, 2008.
- [3] Kiyohiro, N. and Suzuki, N. (2546). *มาสร้างหุ่นยนต์กันเถอะ*, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น): กรุงเทพฯ, 2546.
- [4] Antonescu, O. and Antonescu P. (2007). ASIMO - Advanced Stepping Innovative Mobility, *Fascicle of Management and Technological Engineering*, Volume VI (XVI), 2007.
- [5] Bauer, A., Klasing, K. and Lidoris, G. (2008). The Autonomous City Explorer: Towards Natural Human-Robot Interaction in Urban Environments, *International Journal of Social Robotics*, 2008.
- [6] Okuno, Y., Kanda, T. and Imai, M. (2009). Providing Route Directions: Design of Robot's Utterance, Gesture, and Timing, *In Proceedings of the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction*, 2009.



รูปที่ 7 ตำแหน่งของหุ่นยนต์ในการทดสอบการเคลื่อนที่ตามเส้นจำนวน 5 ครั้ง