

พฤติกรรมแบบกลุ่มของหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการค้นวัตถุที่สนใจ

Swarm Collective Behavior for Searching Objects

ปัญหาและความสำคัญของปัญหา

การค้นหาวัตถุที่สนใจในพื้นที่กำหนดเป็นหัวข้อที่ได้รับความสนใจมาเป็นเวลานานแล้ว ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาออกมามากมาย เริ่มตั้งแต่การใช้หุ่นยนต์เพียงตัวเดียวเพื่อค้นหา จนไปถึงการใช้หุ่นยนต์หลายๆตัวเข้ามาช่วยกันทำงาน แต่ในช่วงเวลาที่ผ่านมามีการเน้นที่การใส่ความสามารถเข้าไปในหุ่นยนต์มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อแก้ปัญหา จนในช่วงหลังที่เทคโนโลยีในการผลิตมีความก้าวหน้าทำให้เราสามารถสร้างหุ่นยนต์ที่มีความซับซ้อนไม่มากออกมาเป็นจำนวนมากได้ จึงเกิดแนวคิดใหม่ในการที่จะใช้หุ่นยนต์ที่เรียบง่ายจำนวนมาก เพื่อนำมาใช้แทนที่ในการแก้ปัญหา หรือเป็นที่เรียกกันสั้นๆว่า Swarm Robotic

การแก้ปัญหาด้วย Swarm กำลังเป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจมากในปัจจุบัน ด้วยความที่ทนต่อการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากลักษณะของหุ่นยนต์ที่ใช้ในระบบมีความซับซ้อนต่ำ ทำให้สามารถผลิตออกมาเป็นจำนวนมากได้ เพิ่มจำนวนหุ่นยนต์เข้ามาเพื่อแก้ปัญหาในระดับที่ใหญ่ขึ้นได้ อีกทั้งการออกแบบการทำงานที่ไม่จำเป็นต้องมีศูนย์กลางคอยสั่งงานทำให้ หุ่นยนต์ทุกตัวสามารถทำงานแทนกันได้ เมื่อเกิดความเสียหายต่อหุ่นยนต์บางตัวทำให้ไม่สามารถทำงานได้ต่อไป เมื่อไม่จำเป็นต้องมีศูนย์กลางสั่งงานทำให้สามารถใช้แค่การสื่อสารกันระหว่างหุ่นยนต์เพื่อนบ้านเพื่อแบ่งงานหรือช่วยกันแก้ปัญหาได้

Artificial Swarm intelligent เป็นการแก้ปัญหาที่ได้รับแรงบันดาลใจมาจากธรรมชาติที่ใช้การทำงานร่วมกันของสมาชิกจำนวนมากเข้ามาในการแก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น พฤติกรรมของมดในการกระจายตัวเพื่อหาอาหารและใช้ฟีโรโมนในการสร้างเส้นทางระหว่างแหล่งอาหารถึงรัง ซึ่งได้มีการนำพฤติกรรมนี้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆมากมาย เช่นการแก้ปัญหาในการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม, การสร้างระบบโครงข่ายแบบปรับเปลี่ยนได้, การจัดเก็บวัตถุด้วยหุ่นยนต์หลายๆตัว ฯลฯ นอกจากนี้ระบบแบบนี้มีข้อดีในการปรับตัวต่อปัญหาที่มีการเปลี่ยนแปลง เพราะ สามารถเพิ่มจำนวนสมาชิกเข้าไปเพื่อจัดการกับปัญหานั้นได้ และทนต่อความเสียหายเนื่องจากสมาชิกในระบบสามารถเข้าไปทำงานทำแทนกันได้เมื่อเกิดปัญหาขึ้น

ในโครงการนี้จึงสนใจที่จะนำพฤติกรรมการหาอาหารของมดและนำกลับรัง เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการค้นหาวัตถุที่สนใจในพื้นที่ที่กำหนด โดยเป็นการทดลองใน Simulator เพื่อทดสอบพฤติกรรมกลุ่มที่เลียนแบบจากมด และกำหนดให้หุ่นยนต์แต่ละตัวมีโครงสร้างและตัวรับรู้แบบไม่ซับซ้อนเท่านี้

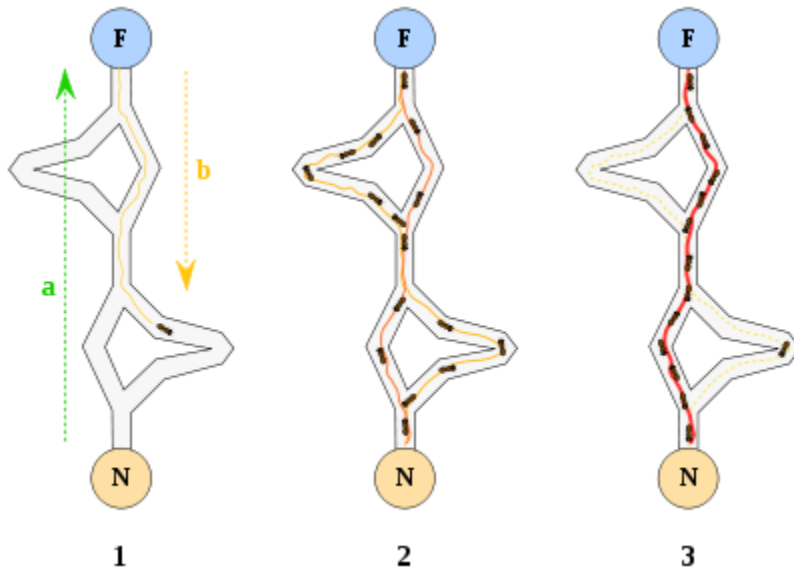
วัตถุประสงค์

ต้องการสร้างระบบของหุ่นยนต์ที่สามารถใช้ค้นหาวัตถุที่สนใจหลายๆชิ้นในพื้นที่ที่กำหนดและนำกลับมาที่จุดเริ่มต้นได้ โดยอาศัยการทำงานของหุ่นยนต์ร่วมกันหลายๆตัว และมีพื้นฐานจากหุ่นยนต์ที่มีโครงสร้างกับตัวรับรู้ที่ไม่ซับซ้อนเท่านั้น

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

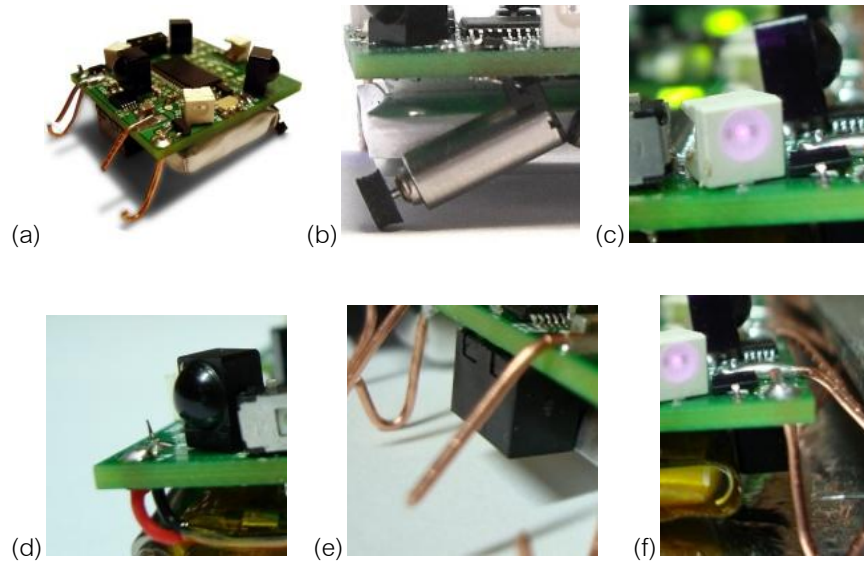
Ant colony algorithms

ในโลกธรรมชาติ มดจะเริ่มต้นด้วยการเดินทางหาอาหารไปแบบสุ่ม และเมื่อพบอาหารก็จะนำกลับไปยังรังของมัน โดยที่มีการทิ้งสารฟีโรโมนไว้ตามทางเพื่อเป็นการแนะแนวทางให้กับมดตัวอื่นๆ ซึ่งเมื่อมดตัวอื่นมาพบกับร่องรอยฟีโรโมนนี้ก็จะเดินตามทางย้อนกลับไปยังแหล่งอาหารนั้น และเมื่อเวลาผ่านไปจึงเกิดเป็นทางเดินที่เชื่อมระหว่างรังกับแหล่งอาหารโดยมี สารฟีโรโมนเป็นตัวนำทาง ซึ่งเราจะเห็นได้ว่า นี่เป็นกลไกการแก้ปัญหาที่ไม่สามารถทำได้ด้วยมดเพียงตัวเดียวแต่ต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของมดจำนวนมาก



รูปแสดงการสร้างเส้นทางระหว่างรังกับแหล่งอาหารและเมื่อเวลาผ่านไปยังทำให้เกิดเป็นเส้นทางสั้นที่สุดด้วย

Formica [1] เป็นหุ่นยนต์ที่เป็นชุด Kit สำหรับการนำมาประกอบและใช้สำหรับศึกษา โดยมีความเรียบง่ายและประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังรูปด้านล่าง



(a)ตัวหุ่นยนต์เมื่อประกอบเสร็จแล้ว (b)มอเตอร์ขนาดเล็กสำหรับการเคลื่อน (c)ตัวรับส่ง IR สำหรับสื่อสาร (d)เซนเซอร์วัดแสง (e)เซนเซอร์ตรวจจับพื้น (f)ขาสำหรับชาร์ตไฟ

Jasmine [2] เป็นหุ่นยนต์อีกแบบหนึ่งที่เป็น open-source hardware & software ถูกออกแบบให้มีขนาดเล็ก, ถูก และง่ายต่อการสร้าง โดยที่ยังมีคุณสมบัติในการเคลื่อนที่, การสื่อสารกับหุ่นยนต์ตัวอื่นๆรอบๆ และการรับรู้สิ่งกีดขวาง



รูปแสดงส่วนประกอบต่างๆและกลไกภายในของหุ่นยนต์ Jasmine

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

“Foraging Strategies of Ants” [3] เป็นงานที่อธิบายถึงกระบวนการหาอาหารของมด ไว้โดยละเอียด

“Kilobot: A Low Cost Scalable Robot System for Collective Behaviors” [4] เป็นงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นถึงการออกแบบหุ่นยนต์สำหรับใช้ในการศึกษาเรื่อง swarm intelligence ที่มีคุณสมบัติต่างๆเหมาะสม โดยในงานยังได้นำเสนอแบบที่สำเร็จแล้ว และทำการทดลองกับ algorithm พื้นฐานเช่น การค้นหาอาหาร การเดินเป็นรูปแบบ และกันเดินตามผู้นำ

“Distributed Shortest-Path Finding by a Micro-robot Swarm” [5] แก้ปัญหาโดยใช้การหาเส้นทางสั้นสุดโดยใช้ พฤติกรรมง่ายๆของ Swarm robot ที่อาศัยเพียงการติดต่อสื่อสารกับหุ่นยนต์ที่อยู่ใกล้ๆได้เท่านั้น และยังเป็นการทำงานแบบที่ไม่ต้องอาศัยการควบคุมจากศูนย์กลาง อีกด้วย

“Toward Finding an Universal Search Algorithm for Swarm Robot” [6] ในงานวิจัยได้นำเสนอ algorithm ในการกวาดค้นหาในพื้นที่ที่สนใจโดยอาศัยการทำงานง่ายๆ 4 ข้อซึ่งจะทำให้เกิดการทำงานร่วมกันของหุ่นยนต์แต่ละตัวและ แสดงผลออกมาเป็นการบังคับการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ที่วิ่งไปในพื้นที่ที่สนใจ แต่ยังคงอาศัยการข้อมจำกัดที่แบ่งพื้นที่ออกเป็นตารางเพื่อใช้ในการค้นหาซึ่งเป็นข้อหนึ่งที่จะทำให้มาปรับใช้กับหุ่นยนต์จริงๆได้ค่อนข้างยาก

“Two Foraging Algorithms for Robot Swarms Using Only Local Communication” [7] แสดงการใช้หลักการ ฟิโรโมนของมดมาปรับปรับใช้กับ Swarm และได้พัฒนาอีก Algorithm ที่มีพื้นฐานมาจากหลักการใช้ฟิโรโมนและได้แสดงให้เห็นในการทดลองว่า Algorithm ที่พัฒนาขึ้นมานั้นมีประสิทธิภาพดีกว่าเมื่อทดลองในสภาพแวดล้อมที่มีสิ่งกีดขวางระหว่างรังและแหล่งอาหาร เน้นอนว่าอาศัยเพียงการสื่อสารระยะใกล้เท่านั้น

แนวคิด

เป็นการสร้างระบบการทำงานร่วมกันของหุ่นยนต์หลายๆตัว ที่ไม่ต้องอาศัยโครงสร้างหรือตัวรับรู้ที่ซับซ้อน โดยจะใช้แนวคิดของการหาอาหารแบบมดนำมาปรับใช้ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่จำลองมาบนหุ่นยนต์แต่ละตัว เพื่อให้ช่วยกันค้นหาวัตถุในพื้นที่ที่กำหนด

การทดลองใน Simulator นั้น หุ่นยนต์แต่ละตัวจะมีโครงสร้างและตัวรับรู้ที่มีพื้นฐานมาจาก โมเลกุลหุ่นยนต์ที่อธิบายไว้ข้างต้น โดยมีคุณสมบัติพื้นฐานที่สำคัญเช่น การเคลื่อนที่, การสื่อสารกับหุ่นยนต์ที่อยู่โดยรอบ, ตัวรับรู้สิ่งกีดขวาง, ตัวรับรู้ถึงวัตถุที่ต้องการ

ขอบเขตของงาน

- การทดลองจะทำบน simulator เท่านั้น
- ได้ระบบหุ่นยนต์ที่สามารถค้นหาวัตถุที่สนใจและนำกลับมายังจุดเริ่มต้นได้
- เป็นระบบที่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนสมาชิก เช่น เมื่อมีการเพิ่มหรือลดจำนวนหุ่นยนต์ระบบจะต้องสามารถทำงานต่อไปได้ แม้จะไม่ได้ประสิทธิภาพที่เท่าเดิมก็ตาม

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษารูปแบบหุ่นยนต์ที่เหมาะสมในการนำมาใช้ ศึกษา Swarm intelligence
2. สร้าง Simulator สำหรับหุ่นยนต์ขึ้นมาเพื่อใช้สำหรับการทดสอบการทำงาน
3. ศึกษารูปแบบของพฤติกรรมหุ่นยนต์ที่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้กับ ปัญหาการค้นหา
4. ทดลองหาผลลัพธ์จำลองการทำงานของหุ่นยนต์เป็นกลุ่ม ใน Simulator
5. ลองศึกษาและปรับตัวแปรต่างๆเพื่อพัฒนาความสามารถในการทำงานของหุ่นยนต์ เช่น การเพิ่มสิ่งกีดขวางลงบนพื้นที่ค้นหา ผลของจำนวนหุ่นยนต์ต่อพื้นที่ค้นหา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำความรู้ที่ได้จากการทดลองใน Simulator ไปปรับใช้ได้กับหุ่นยนต์จริง หรือนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่ใหญ่ขึ้น เช่น การนำไปใช้กับงานค้นหาต่างๆ ซึ่งอาจเป็นในที่สุดกันดารไม่มีโครงข่ายการสื่อสารรองรับ เพราะระบบอาศัยเพียงการ

ติดต่อสื่อสารระยะใกล้ระหว่างหุ่นยนต์เท่านั้น และระบบที่ได้ยังมีการทนต่อความผิดพลาด ซึ่งแม้ว่าหุ่นยนต์บางส่วนจะไม่สามารถทำงานต่อไปได้แล้ว แต่ระบบก็ยังทำการค้นหาต่อไปได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] <http://formica.srobo.org>

- [2] <http://ipvs.informatik.uni-stuttgart.de/BV/swarmrobot/index.html/>

- [3] James F. A. Traniello, "Foraging Strategies of Ants", *Annual Review of Entomology*, Vol. 34: 191-210, Volume publication date January 1989

- [4] M. Rubenstein, N. Hoff, R. Nagpal, "Kilobot: A Low Cost Scalable Robot System for Collective Behaviors", *IEEE Spectrum: robotics*, June 16, 2011

- [5] M. Szymanski, T. Breitling, J. Seyfried, H. Wörn "Distributed Shortest-Path Finding by a Micro-robot Swarm", Springer, *Computer Science*, 2006, Volume 4150/2006, 404-411

- [6] D. J. Pack, B. E. Mullins, "Toward Finding an Universal Search Algorithm for Swarm Robot" *IEEE international Conference on Intelligent Robots and System Las Vegas, Nevada* October 2003

- [7] N.R. Ho, A. Sago, R.J. Wood, and R. Nagpal. "Two foraging algorithms for robot swarms using only local communication." *Awaiting publication*