เครือข่ายตรวจจับไร้สายอาณานิคมมดที่ปรับเปลี่ยนหน้าที่เพื่อใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

Power Efficient Ant Colony System Wireless Sensor Networks Using Adaptive Node Function

วณพันธ์ วัยวุฒิ [1] และ ศิริชัย รุจิพัฒนพงศ์ [2]
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ [1]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[2]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้มีการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้าน เครือข่ายตัวตรวจจับไร้สาย (Wireless Sensor Network: WSN) ให้มีขนาดเล็ก ภายในมีส่วนประมวลผล ส่วนติดต่อสื่อสารและส่วนตรวจจับ (Sensing Device) ซึ่งจะมีข้อจำกัดในเรื่องของพลังงานและความสามารถในการประมวลผล WSN จะทำงานร่วมกันเป็นเครือข่ายขนาดใหญ่ เพื่อตรวจจับเหตุการณ์ที่ต้องการในพื้นที่ขนาดใหญ่ ที่มีการเข้าถึงลำบากหรือต้องเสี่ยงภัย มีการรับส่งข้อมูลจากจุดตรวจจับ (Sensor Nodes) แต่ละจุด รวบรวมและส่งต่อข้อมูลเพื่อนำไปประมวลผล หรือใช้ในการเตือนภัย งานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการใช้พลังงานของ WSN แบบอาณานิคมมด ที่ปรับเปลี่ยนหน้าที่ในการทำงานเพื่อลดการใช้พลังงาน ทำให้ระบบสามารถทำงานอยู่ในพื้นที่ตรวจจับได้นานมากขึ้น การวิจัยจะใช้โปรแกรมจำลองแบบ (Simulation) ความคิดพื้นฐานในการทำวิจัย อยู่ที่การใช้พลังงานแต่ละจุดที่ทำหน้าที่ต่างกันจะใช้พลังงานไม่เท่ากัน

คำสำคัญ: เครือข่ายตรวจจับไร้สาย ระบบอาณานิคมมด

Abstract

Today wireless sensor networks are developed and comprised of a small fully autonomous processing, communication and sensing devices. It has been restricted power supply, low computing power. WSNs work in vast area, unreachable or crucial area, send and receive raw data from each sensor node. It has the ability to cooperatively collect data and retransmit in order to process or alert. This paper, used ns-2 simulation, propose a power efficient wireless sensor network ant colony system that can adapt it's function to reduce average energy consumption per node and work in area for a longer time.

Keyword: Wireless Sensor Network, Ant Colony System

1. บทนำ

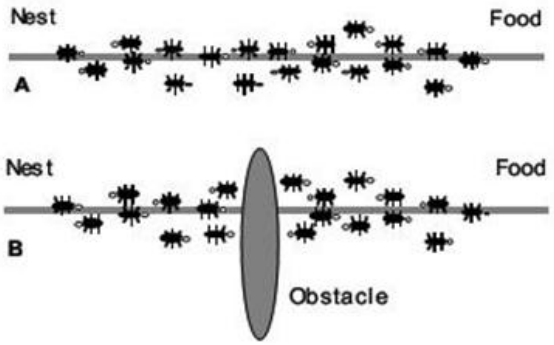
เครือข่ายตรวจจับไร้สาย (Wireless Sensor Networks: WSN) จะประกอบด้วยจุดตรวจจับ (Sensor Node: SN) ที่มีการกระจายตัวเป็นจำนวนมากในพื้นที่ตรวจจับแต่ละจุดตรวจจับประกอบไปด้วย ส่วนประมวลผลและส่วนสื่อสาร มีหน้าที่หลักคือเฝ้าดูหรือรอเหตุการณ์ที่สนใจจะตรวจจับภายในบริเวณนั้น เพื่อรวบรวมข้อมูลที่สนใจและส่งกลับไปที่สถานีหลัก (Base Station) เพื่อประมวลผล ปัจจุบันมีการพัฒนา WSN มาประยุกต์มาใช้กับงานหลายๆอย่าง เช่นการควบคุมการใช้พลังงานภายในอาคาร การตรวจจับการเกิดไฟป่า [1] ระบบรักษาความปลอดภัยในบ้านหรืออาคาร การตรวจจับศัตรูในทางทหาร และอื่นๆ ที่ต้องการตรวจจับเหตุการณ์ ที่มีโอกาสเกิดหลายๆจุด โดยที่มีจุดตรวจจับ, SN แบบไร้สาย โดยที่แต่ละจุดตรวจจับจะมีขนาดเล็ก ราคาไม่สูงติดตั้งได้ง่าย ไม่ต้องมีระบบรองรับพื้นฐาน (Network Infrastructure) ทำให้ในบางพื้นที่ที่ต้องการเฝ้าดู ไม่จำเป็นต้องเข้าไปในพื้นที่นั้น หรือต้องกำหนดตำแหน่งของ WSN โดยโปรยหรือทิ้งตัวตรวจจับอย่างสุ่มในพื้นที่นั้น ดังนั้นการควบคุมการใช้พลังงานของ SN จึงมี

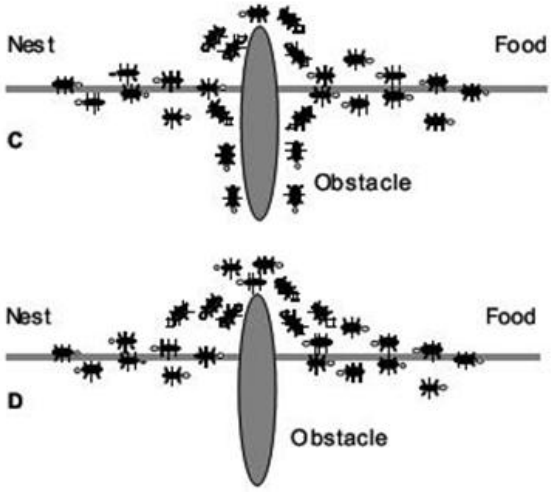
ความสำคัญ เพื่อที่จะทำให้ SN และเครือข่ายทำงานได้นานที่สุด ทำให้การออกแบบระบบในแต่ละชั้นของระบบ (System Layer) ต้องให้ความสำคัญของการใช้พลังงานที่น้อยที่สุด (Power-Aware)

ในบทความนี้ เสนอวิธีการปรับเปลี่ยนหน้าทีการทำงานของโนด (Node) ที่จุดตรวจจับ ให้เหมาะสมกับพลังงานที่เหลืออยู่ของตัวมัน เพื่อการประหยัดพลังงาน และทำให้ โนดอยู่ในระบบได้นานมากขึ้น แทนที่จะใช้วิธีการเพิ่ม อุปกรณ์ตรวจจับแบบ พลวัตตามวิธีการของ [3] แต่ใช้การปรับเปลี่ยนการทำงานของโนดในหน้าที่ ที่ใช้พลังงานน้อยลง โดยใช้ระบบอาณานิคมมดตามมาตรฐานของ IEEE 802.15.4 [4] โดยมีการกำหนดชนิดของอุปกรณ์แบบง่าย 2 ชนิด คือ Full Function Device (FFD) และ Reduced Function Device (RFD)

2. ระบบอาณานิคมมด (Ant Colony System, ACS)

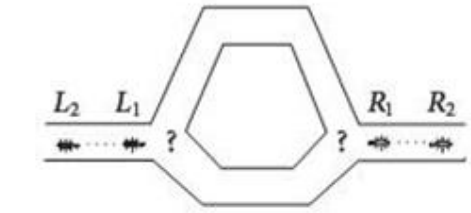
สัตว์ที่อยู่ในธรรมชาติเช่น สังคมของมด จะมีการแบ่งหน้าที่ในการทำงาน ยกตัวอย่างการหาอาหาร มดที่พบแหล่งของอาหาร จะทำการวางสารเคมี ที่เรียกว่า ฟีโรโมน (Pheromone) ไว้ตามเส้นทางที่ไปถึงแหล่งอาหารได้



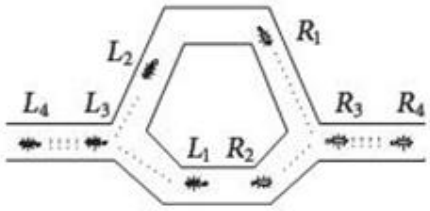


ภาพที่ 1 แสดงมดกับแหล่งอาหาร [10]

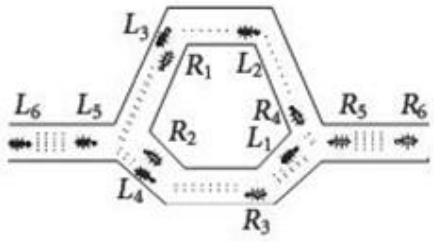
จาก**ภาพที่ 1** แสดงการเดินจากรังมดไปแหล่งอาหาร เมื่อมีสิ่งที่มาขวางทางเดิน มดจะแยกทางเดินไป 2 ทาง ทางเดินที่สั้นกว่าจะมีปริมาณ ฟีโรโมน มากกว่า มดจะเลือกทางเดินที่สั้นกว่าอีกทางหนึ่ง



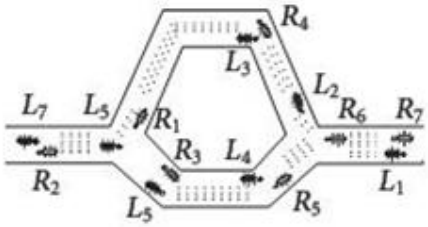
(a)



(b)



(c)



(d)

ภาพที่ 2 แสดงมดกับการเลือกทางเดิน [11]

จากภาพที่ 2 (a) แสดงการเลือกทางเดินของมดเมื่อมาถึงจุดที่ต้องตัดสินใจ มดมีโอกาสเลือก 2 ทางเดินแบบสุ่มเท่าๆ กัน ถ้ามดมีความเร็วในการเดินเท่ากัน เส้นทางที่สั้นกว่ามดจะมาถึงจุดที่จะต้องตัดสินใจในครั้งต่อไป ปริมาณฟีโรโมนที่สะสมบนเส้นทางที่สั้นกว่า จะสะสมอย่างรวดเร็วมากกว่า มดจะเลือกเส้นทางที่สั้นกว่าตามปริมารของฟีโรโมน

โดยการเลียนแบบวิธีการนี้ในระบบเครือข่ายตรวจจับไร้สาย โดยอยู่บนพื้นฐานของการใช้วิธีการ การร้องขอข้อมูลหรือเหตุการณ์ (Sink) กระจายเข้าไปในเครือข่ายโดยไม่ระบุจุดส่งข้อมูล (Query Flooding) [12] หรืออาจจะส่งข้อมูลเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์เริ่มต้น (Source) กระจายเข้าไปในเครือข่าย โดยไม่ระบุจุดรับข้อมูล (Event Flooding) [13] หรือ วิธีที่มีการเจาะจงเลือกเส้นทาง (Directed Diffusion) [12] เมื่อเพิ่มวิธีการของระบบอาณานิคมมด จะแบ่งการทำงานเป็น 2 ลักษณะ วิธีแรกเริ่มจาก Sink ต้องการข้อมูลเหตุการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ก็จะมีการส่ง แพ็กเกต (Packet) เข้าไปในเครือข่ายโดยไปแต่ละโนด แต่ละโนดจะมีข้อมูลของโนดที่อยู่ใกล้เคียงกัน ทำให้สามารถส่งแพ็กเกจ ไปได้ตลอดทั้งเครือข่าย ในขณะที่แพ็กเกจส่งไปแต่ละโนดจะมีการบันทึกเส้นทางไว้ และมีการปรับค่าของตัวแปรที่เก็บค่า ฟีโรโมนไว้ เมื่อมีการค้นพบข้อมูลที่ต้องการก็จะเดินทางกลับเส้นทางเก่า ที่ถูกบันทึกไว้แล้ว

2.1 ส่วนประกอบของโนด

จะมีตารางที่เก็บข้อมูลเหตุการณ์ ที่เก็บข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับ มีตารางเส้นทางที่เก็บข้อมูลของโนดที่อยู่ใกล้เคียง

2.2 แพ็กเกต

เป็นโครงสร้างข้อมูลที่กำหนดรูปแบบของข่าวสารที่ใช้ในการติดต่อภายในเครือข่าย เช่นเป็นแพ็กเกตที่ใช้ในการค้นหาข้อมูล หรือเป็นแพ็กเกตที่ใช้ในการส่งข้อมูลออกมาจาก source เพื่อไปยัง sink

2.3 การปรับเปลี่ยนหน้าที่

โดยใช้วิธีการของระบบอาณานิคมมด และเพิ่มขั้นตอนในการตรวจสอบพลังงาน ของแต่ละโนดด้วย เมื่อพบว่าพลังงานของโนดตัวเอง หรือโนดใกล้เคียงต่ำลง ก็จะไม่มีการส่งแพ็กเกตผ่านโนดนั้น ทำให้โนดนั้นเปลี่ยน หน้าที่ในค้นหาเส้นทาง (Routing) เหลือเพียงหน้าที่ในการตรวจจับเพียงอย่างเดียว

3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

ผลการทดลองการใช้พลังงานของโนดต่างๆ มีการกระจายไปได้อย่างทั่วถึง ทำให้ระบบในภาพรวมสามารถทำงานในระยะเวลาที่นานมากขึ้น

ผลการทดลองกรณีที่มี โนดต่อพื้นทีมากเกินไปจะทำให้การใช้พลังงานโดยรวมหมดอย่างรวดเร็ว แต่ถ้ามีการกระจายของโนดน้อยเกินไปจะทำให้โอกาส ในการหาข้อมูลพบลดลง

ผลการทดลองเมื่อเพิ่มการกระจายของโนดที่เกิดเหตุการณ์ โดยใช้วิธี flooding จะทำให้โอกาสในการหาข้อมูลพบมีสูงมากขึ้น

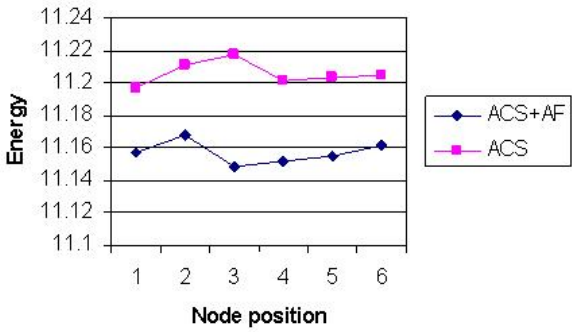
ค่าเริ่มต้นของระบบที่ทดสอบกำหนดให้ โนดที่ร้องขอข้อมูล (Sink) อยู่ที่ตำแหน่ง (0, 0) โนดที่ต้องการอ่าน (Source) อยู่ที่จุดต่างๆ ตามตาราง เช่น (0,100), (0, 200), (100, 0), (200, 0), (200, 200) ค่าพลังงานเริ่มต้นกำหนดที่ 100 joules และ 11 joules เวลาในการจำลอง 360 วินาที

3.1 ระดับพลังงานเริ่มต้น 100 joules

ตารางที่ 3-1 พลังงานเฉลี่ยของโนดที่ถูกใช้ไป 6 โนด 200 x 200

Source	ACS+AF	ACS
0,99	11.15656	11.19707
0,199	11.16765	11.21138
0,99	11.14828	11.21719
99,99	11.15194	11.20085
199,0	11.15544	11.20338
199,199	11.16177	11.20429

จากตารางที่ 3.1 แสดงให้เห็นว่า พลังงานที่ถูกใช้ไปโดยเฉลี่ยของระบบ ที่มีการเพิ่มการตรวจสอบพลังงาน และปรับเปลี่ยนหน้าที่ได้ มีค่าน้อยกว่า ระบบที่ไม่ได้ใช้



ตารางที่ 3-2 พลังงานเฉลี่ยของโนดที่ถูกใช้ไป 12 โนด 400 x 400

Source	ACS+AF
b1	11.12629
b2	11.1307
b3	11.13862
b4	11.13015
b5	11.12994
b6	11.12965
b7	11.13991

ตารางที่ 3-3 พลังงานเฉลี่ยของโนดที่ถูกใช้ไป 20 โนด 400 x 400

Source	ACS+AF	ACS
0,99	11.13142	11.19707
0,199	(not found)	11.21138
0,99	(not found)	11.21719
99,99	(not found)	11.20085
199,0	(not found)	11.20338
199,199	(not found)	11.20429

จากตารางที่ 3-1, 3-2 และ 3-3 เมื่อมีการเพิ่ม โนด และพื้นที่ให้มากขึ้น จะมีการใช้พลังงานที่น้อยลงเพราะมีการเฉลี่ย การใช้พลังงานไปโนดต่างๆ มากขึ้น แต่ถ้ามีจำนวนโนดมากเกินไป จะไม่พบ โนดที่ต้องการ ในเวลาที่กำหนด

ตารางที่ 3-4 จากตาราง 3-3 เพิ่ม algorithm flooding เข้าไป 1 ระดับ 20 โนด 400 x 40 0

Source	ACS+AF
0,200	11.12949
0,300	11.13155
100,100	11.13008
200,0	11.12733
200,200	11.12174
300,0	11.13166
300,300	11.13354

จากตารางที่ 3-3 เมื่อมีการเพิ่ม algorithm flooding เข้าไป 1 ระดับจะทำให้มีโอกาสพบโนดที่ต้องการขอมูลได้มากขึ้น ผลตามตาราง 3-4

4. สรุป

จากการทดลองในช่วงที่สอง ที่ใช้การทำงานแบบ ระบบอาณานิคมมดจะพบว่า sink สามารถหา source ได้ แต่จะมีการใช้พลังงานที่มีการกระจายของพลังงานน้อย กว่าระบบ ACS+AF ที่นำเสนอ แต่ถ้าโนดมีการกระจายไม่สม่ำเสมอ หรือมีโนดต่อพื้นที่มากไป ทำให้โอกาสที่จะพบโนดที่ต้องการน้อยลง

แนวทางแก้ปัญหาโดยการเพิ่ม algorithm แบบ flooding เข้าไปที่ source โนด ในตอนเริ่มต้นที่มีเหตุการณ์ หรือตรวจจับเหตุการณ์ได้

ข้อเสนอแนะ หรือแนวทางที่จะทำวิจัยต่อไปคือ ให้มีการหาขนาดของพลังงานที่เหมาะสม ที่จะใช้เพื่อเปลี่ยนหน้าที่การทำงาน หาการกระจายของโนดที่เหมาะสมต่อพื้นที่ และทดลองใช้การปรับเปลี่ยนหน้าที่ของ โนดแบบ LRWPAN ที่มีโนดที่ทำหน้าที่แตกต่างกันอยู่แล้ว (FFD, RFD)

ในงานวิจัยนี้ยังไม่ได้ พิจารณาถึงปริมาณข้อมูลที่ส่งได้ทั้งหมด และยังไม่ได้พิจารณาถึงการทำงานของ โนดอื่นๆ ที่เพิ่มขึ้นและ มีผลต่อเส้นทางที่ข้อมูลเดินทาง รวมถึงการนำไปทดลองสร้างขึ้นมาจริงๆ ซึ่งจะนำเสนอในงานวิจัยครั้งต่อไป

5. เอกสารอ้างอิง

[1] Supada Laosooksathit, Vara Varavithya, and Nachol Chaiyaratana, "Ant Colony with Event Flooding in Sensor Networks: Forest Fire Detection," in the proceeding of the National Electrical Engineering Conference (EECON 28), 2005.

[2] Itziar Marin, Eduardo Arceredillo, Aitzol Zuloaga and Jagoba Arias,"Wireless Sensor Networks: A Survey on Ultra-Low Power-Aware Design", TRANSACTIONS ON ENGINEERING, COMPUTING AND TECHNOLOGY V1 DECEMBER 2004 ISSN 1305-5313.

[3] Ioannis Chatzigiannakisyz, Athanassios Kinalis and Sotiris Nikoletseas, "Adaptive Energy Management for Incremental Deployment of Heterogeneous Wireless Sensor.", Research Academic Computer Technology Institute, P.O. Box 1122, 26110 Patras, Greece,Dept of Computer Engineering and Informatics, University of Patras, 26500, Patras, Greece.

[4] Eric Bonabeau, Marco Dorigo and Guy Theraulax. "Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Intelligence." Oxford.

[5] J. Zheng and Myung J. Lee, "A comprehensive performance study of IEEE 802.15.4," *Sensor Network Operations*, IEEE Press, Wiley Interscience, Chapter 4, pp. 218-237, 2006.

[6] "ZigBee Tutorial", http://www.ifn.et.tu-dresden.de/~marandin/ZigBee/ZigBeeTutorial.html

[7] William C. Craig "Zigbee: Wireless Control That Simply Works"; Program Manager Wireless Communications ZMD America, Inc.; www.zigbee.org/imwp/idms/popups/pop_download.asp?contentID=5438

[8] "The Network Simulator: NS-2", http://www.isi.edu/nsnam/ns"

[9] Jianliang Zheng, "IEEE 802.15.4 modeling and simulation platform", Department of Electrical Engineering, City College and Graduate School, The City University of New York, Convent Avenue at 140th Street, New York, NY 10031.

[10] Marco Dorigo, Luca Maria Gambardella, "Ant colonies for the traveling salesman problem",Accepted for publication in BioSystems, 1997. In press.

[11] KEIVAN GHOSEIRI, FAHIMEH MORSHEDSOLOUK, "ACS-TS: TRAIN SCHEDULING USING ANT COLONY SYSTEM", Hindawi Publishing Corporation,Journal of Applied Mathematics and Decision Sciences,Volume 2006,Article ID 95060,Pages 1–28.

[12] Chalermek Intanagonwiwat, Ramesh Govindan and Deborah Estrin. "Directed diffusion: a scalable and robust communication paradigm for sensor networks." Mobile Comput-ing and Networking, 56-67, 2000.

[13] David Braginsky and Deborah Estrin. "Rumor routing algorithm for sensor networks." University of California, Los Angeles, CA, 2002.