A Survey of Data Gathering techniques using mobile sink techniques in Wireless Sensor Network

ชาติชาย ปุณริบูรณ์ (Chatchai Punriboon)
ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
chatchai@kkumail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษางานด้านการเก็บข้อมูลของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายโดยใช้ตัวเก็บข้อมูลแบบเคลื่อนที่ งานวิจัยในปัจจุบันได้มุ่งเน้นไปที่การเลือกจุดเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ บางส่วนเน้นไปที่การลดระยะเวลาหน่วงของการเดินทางและงานบางส่วนได้เสนอกระบวนการการใช้ต้นไม้ตัดสินใจนำมาช่วยแก้ปัญหา การศึกษานี้ได้ทำการสรุปและแบ่งประเภทของกลุ่มเทคนิคที่ใช้ และประเมินประสิทธิภาพของแต่ละเทคนิค ซึ่งจากผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่าการใช้ตัวเก็บข้อมูลแบบเคลื่อนที่มาแก้ปัญหาการเก็บข้อมูลของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายนั้นสามารถเพิ่มระยะเวลาการใช้งานของเซ็นเซอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและใช้เวลาในการรับข้อมูลแต่ละรอบไม่สูงมาก

คำสำคัญ: ตัวเก็บข้อมูลแบบเคลื่อนที่, การเก็บข้อมูล, เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

Abstract

This research interested the data gathering of wireless sensor networks using mobile sink. In current research has focused on the selection of rendezvous points. Someone focus on reduce travel time delays and some work propose using of minimum spanning tree to help solve problem. This research summarizes and classifies the techniques. And evaluate the effectiveness of each technique. From analysis it be conclude that using a mobile sink to solve the data gathering problem of wireless sensor networks can increase the period of energy sensor efficiency and time delays to data gathering for each cycle is not very high.

Keyword: Mobile sink, Data gathering, Wireless sensor network

1.บทนำ

ในปัจจุบันเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network : WSN) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมากในชีวิตประจำวัน โดยการใช้โหนดเซ็นเซอร์ (Sensor) เพื่อรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เช่น ภาพ อุณหภูมิ ความชื้น การสั่นไหวเป็นต้น โดยนิยมใช้สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยต่าง ๆ เช่น พื้นที่สงคราม พื้นที่ที่มีสารเคมีร่วงไหล ใต้น้ำลึกเป็นต้น[1][2][3] โดยปกติแล้วโหนด

เซ็นเซอร์จะใช้พลังงานจากแบตเตอร์รี่ ในการรับส่งข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งตัวแบตเตอร์รี่เป็นข้อจำกัดของการทำงานของโหนดเซ็นเซอร์ให้มีประสิทธิภาพ ดังนั้นการจัดการพลังงานในการใช้ส่งข้อมูลต่าง ๆ จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดของงานวิจัยด้านนี้

โดยปกติการส่งข้อมูลของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายจะเป็นการส่งแบบส่งผ่านกันและกันจนถึงสถานีฐาน (Sink)[4] ซึ่งการเก็บข้อมูลแบบนี้จะทำให้โหนดเซ็นเซอร์ที่อยู่ใกล้สถานีฐานใช้พลังงานสูงมาก ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนากระบวนการในการเก็บข้อมูลแบบเคลื่อนที่ (Mobile Sink : MS) ซึ่งช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานของโหนดเซ็นเซอร์ลงเป็นอย่างมาก

ทั้งนี้การใช้ MS นั้นยังคงมีปัญหาเรื่องการรอเวลาในการเก็บข้อมูลในแต่ละรอบซึ่งใช้เวลามากเมื่อเทียบกับการให้โหนดเซ็นเซอร์ส่งผ่านกันและกัน ทำให้ต้องมีการจัดการระบบเส้นทางที่จะใช้ในการเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ รวมถึงการกำหนดจุดในการเข้าไปเก็บข้อมูลเพื่อลดระยะเวลาในการเก็บข้อมูลในแต่ละรอบ

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอหัวข้อการเปรียบเทียบการใช้เทคนิคต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาการเก็บข้อมูลของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายโดยใช้ตัวเก็บข้อมูลแบบเคลื่อนที่

โดยในงานวิจัยนี้ยังมีโครงสร้างของการนำเสอนหัวข้อดังนี้ 2 นำเสนอทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแก้ปัญหาการเก็บข้อมูลของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายโดยใช้ตัวเก็บข้อมูลแบบเคลื่อนที่ ในส่วนที่ 3 จะเป็นการนำเสนอวิธีการวิจัยและประเมินผลการทดลองในส่วนที่ 4 และส่วนสุดท้ายจะเป็นการสรุปผลของการวิจัยนี้

2.ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โดยทั่วไปการรวบรวมข้อมูลของ WSN นั้นจะใช้การส่งข้อมูลเป็นลำดับจนถึง sink โดยใช้เส้นทางที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ซึ่งมีงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าโหนดเซ็นเซอร์ที่อยู่ใกล้กับ sink จะใช้พลังงานสูงมากเมื่อเทียบกับโหนดเซ็นเซอร์ที่อยู่ห่างไกล[4] เนื่องจากโหนดเซ็นเซอร์ที่อยู่ไกล้เคียง sink จะเป็นเส้นทางในการรับข้อมูลซึ่งนำไปสู่การโหลดข้อความที่หนักกว่าและใช้พลังงานมากขึ้น นักวิจัย [5], [6] ได้ออกแบบแผนจำลองการใช้พลังงานเพื่อให้คำอธิบายถึงอัตราการสูญเสียพลังงานซึ้งนำไปสู่ประสิทธิภาพของเครือข่ายที่ลดลงและอายุการใช้งานของเครือข่ายสั้นลง หากโหนดเซ็นเซอร์ทั้งหมดรอบ sink ไม่ถูกเก็บข้อมูลแยกออกจากเครือข่ายจะทำให้เครือข่ายทั้งหมดล้มเหลว และถ้าการเปลี่ยนหรือชาร์จแบตเตอรี่เซ็นเซอร์แบบแมนนวลนั้นไม่สามารถทำได้เนื่องจากปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมบางอย่าง ดังนั้นการลดและปรับสมดุลการใช้พลังงานจึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพใน WSN

ในปัจจุบันการเคลื่อนย้ายของซิงค์ได้ถูกใช้เพื่อลดและปรับสมดุลการใช้พลังงานของโหนดเซ็นเซอร์ ซึ่งสามารถแบ่ง MS ออกได้สองประเภทคือประเภทที่ควบคุมไม่ได้

(uncontrollable,random)[7] และประเภทควบคุมได้ (controllable)[8] ในส่วนของ uncontrollable เกินจากการที่ติดตั้ง Sink ในสภาพแวดล้อมที่ไม่ได้ถูกควบคุมโดยเครือข่ายเช่นสัตว์ต่าง ๆ ในทางกลับกัน controllable เกิดจากการเพิ่ม sink ลงบนเครือข่ายโดยมีการดำเนินการกับโหนดเซ็นเซอร์เรียกว่า MS ทั้งนี้เนื่องจาก uncontrollable นั้นทำได้ง่ายแต่จะเกิดความล่าช้าที่ไม่จำเป็นในการรวบรวมข้อมูล[4] ทำให้ในปัจจุบันจึงนิยมใช้ MS แบบ ควบคุมได้มากกว่า

การเคลื่อนที่เก็บข้อมูลของ MS สามารถแบ่งได้สองแบบคือ เก็บข้อมูลโดยตรง (Direct-contact strategy : DP) และเก็บข้อมูลโดยกำหนดจุดนัดพบ (Rendezvous-based strategy : RP) โดยในอดีต DP ถูกใช้ในการรวบรวมข้อมูลบน WSN [9]–[12] ซึงวิธีการนี้ช่วยลดการใช้พลังงานของโหนดเซ็นเซอร์ได้สูงสุด แต่อย่างไรก็ตาม DP ก็ทำให้เกิดความล่าช้าเมื่อจำนวนงโหนดเซ็นเซอร์มีปริมาณมากขึ้น โดยทางออกที่เป็นไปได้ในการลดความล่าช้าคือการให้ MS เข้าเก็บข้อมูลแบบ RP ซึ่งมีไม่กี่จุดที่ต้องเข้าไปเก็บข้อมูล [13]–[15] ส่วนงโหนดเซ็นเซอร์อื่น ๆ ใช้การส่งข้อมูลไปหา MS ผ่าน RP เหล่านี้ ซึ่งวิธีการนี้ทำให้การแลกเปลี่ยนระหว่างการใช้พลังงานและการหน่วงเวลาสมดุลขึ้น

3.วิธีการวิจัย

บทความนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจ โดยการศึกษาเกี่ยวกับการเลือกกระบวนการเกี่ยวข้องที่สุด นำมาใช้แก้ปัญหาการส่งข้อมูลของโหนดเซ็นเซอร์ โดยสำรวจและศึกษางานวิจัยเป็นจำนวน 8 งานได้แก่ K. Almi’ani, A. Viglas, and L. Libman (2010)[16] โดยเป็นงานวิจัยต้นๆ เสนอปัญหาและออกแบบวิธีแก้ปัญหาของ MS บน WSN โดยกระบวนการเน้นไปที่การจัดการ RP เป็นหลัก H. Salarian, K. W. Chin, and F. Naghdy (2014)[17] ได้ต่อยอดจาก [16] โดยการนำการคำนวณค่าน้ำหนัก RP มาใช้แทนการสุ่ม A. Alsaafin, A. M. Khedr, and Z. Al Aghbari (2018)[18] แสดงให้เห็นถึงการจัดการเส้นทางโดยเน้นไปที่การประหยัดพลังงานโหนดเซ็นเซอร์กับการสร้างเส้นทางที่ลดความล่าช้าและนำทั้งสองวิธีมาปรับปรุงเส้นทางโดยเน้นไปที่การประหยัดพลังงานโหนดเซ็นเซอร์โดยยังคงอยู่ในข้อจำกัดความล่าช้า W. Wen, S. Zhao, C. Shang, and C. Y. Chang (2018)[19] ได้เสนอการแก้ปัญหาโดยต่อยอดมาจาก [17] โดยเสนอการใช้ Prim's algorithm มาช่วยในการสร้าง MST แทนการเลือก RP จากการคำนวณค่าน้ำหนัก A. Kaswan, K. Nitesh, and P. K. Jana (2017)[20] ประยุกค์การใช้ K-mean มาช่วยในการแก้ปัญหาโดยเน้นไปที่การเลือก RP และการจัดลำดับกลุ่ม C. F. Cheng and C. F. Yu (2016)[21] เสนอการเลือกมุมในการเข้าไปเก็บข้อมูลของโหนดเซ็นเซอร์โดยเลือกเก็บข้อมูลจุดที่ใกล้กับรัศมีแทนการเดินเข้าไปเก็บที่ตัวโหนด C. F. Cheng, L. H. Li, and C. C. Wang (2017)[22] เสนอการลดจำนวน Multi-hop ในการเข้าไปเก็บข้อมูลโดยการวัดความหนาแน่นของโหนดเซ็นเซอร์ H. Q. Qadori, Z. A. Zukarnain, Z. M. Hanapi, and S. Subramaniam (2018)[23] เสนอการใช้ฟัซซี่มาช่วยในการเลือก RP และการเลือกเส้นทาง

4.ผลการดำเนินงาน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้น สามารถจำแนกออกเป็นหัวข้อได้ดังต่อไปนี้

4.1 การเลือก RP

การเลือก RP ที่เหมาะสมนั้นควรกระจายกันอย่างคลอบคลุมและมีพื้นที่ทับซ้อนตามรัศมีน้อย ซึ่งช่วยให้ MS มีความรวดเร็วในการเก็บข้อมูลและโหนดเซ็นเซอร์ยังประหยัดพลังงานโดย ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นตัวแปรที่ใช้เลือก RP ของแต่ละงานวิจัย

ตารางที่ 1 การเลือก RP

[16]	สุ่ม
[17]	จำนวณโหนดใกล้เคียง,ระยะทาง
[18]	พลังงาน,การเชื่อมต่อ
[19]	เลือกตามลำดับ MST
[20]	ระยะทางจากจุดที่ดีที่สุด,จำนวนโหนดใกล้เคียง, ค่าเฉลี่ย
[21]	-
[22]	-
[23]	พลังงาน,ระยะทาง,โหนดใกล้เคียง

4.2 การจัดกลุ่ม

การจัดกลุ่มที่ดีของโหนดเซ็นเซอร์นั้นสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานของตัวเซ็นเซอร์ได้ ดังนั้นการเลือก RP ที่ใกล้ที่สุดดูจะเป็นการประหยัดพลังงานมากที่สุด แต่ทั้งนี้การเลือกการเชื่อมต่องแบบ Multi-hop ก็สามารถรถพลังงานของ RP ลงด้วยเช่นกัน ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าแต่ละงานวิจัยใช้กระบวณการใดในการจัดกลุ่ม

ตารางที่ 2 การจัดกลุ่ม

[16]	เลือก RP ที่ใกล้ที่สุด
[17]	เลือกตามลำดับ MST
[18]	เลือกตามระยะทางที่ใกล้ที่สุด โดยคำนึงถึงลำดับชั้นของการส่งข้อมูล
[19]	เลือกตามลำดับ MST
[20]	เลือกตามรัศมี RP ที่เรียงลำดับการเลือก
[21]	-
[22]	-
[23]	ใกล้ที่สุด

4.3 การสร้างเส้นทาง

การสร้างเส้นทางก่อนการเดินทางเก็บข้อมูลนั้นสามารถลดความล่าช้าในการเก็บข้อมูลได้ โดยทั่วไปนิยมใช้ TSP ในการจัดการเส้นทางแต่ก็ยังมีกระบวนการอื่นที่สามารถนำมาใช้สร้างเส้นทางได้เหมือนกัน ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าแต่ละงานวิจัยเลือกใช้วิธีการใดในการจัดการเส้นทาง

ตารางที่ 3 การสร้างเส้นทาง

[16]	ใช้ TSP
[17]	ใช้ MST
[18]	ใช้ TSP
[19]	ใช้ MST
[20]	ใช้ TSP
[21]	ใช้ TSP
[22]	ใช้ความหนาแน่น
[23]	ใช้การเลือกค่าน้ำหนักจาก RP อื่น

4.4 การแก้ปัญหาข้อจำกัดความล่าช้า

การกำหนดความล่าช้าเป็นกระบวนการหนึ่งที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของงานวิจัยด้านนี้ แต่ละงานวิจัยก็ได้เสนอวิธีแก้ปัญหาที่แต่ต่างกันไป ดังที่แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การแก้ปัญหาข้อจำกัดความล่าช้า

[16]	ลดจำนวน RP
[17]	ลดจำนวน RP โดยเน้นไปที่ RP ที่ไกลออกไป
[18]	ใช้การปรับเส้นทางจากแบบลดระยะทางที่ใช้ในการเดินเข้าหาโหนด
[19]	ลดจำนวน RP โดยเน้นไปที่ RP ที่ไกลออกไป
[20]	ปรับรัศมี
[21]	-
[22]	-
[23]	-

5.สรุป

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดการเส้นทางการเก็บข้อมูลโดยใช้ตัวเก็บข้อมูลแบบเคลื่อนที่บนเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย สามารถสรุปได้ว่าการใช้การคำนวณค่าน้ำหนักในการเลือก RP ที่มีกระเลือกตัวแปรที่เหมาะสมสามารถช่วยเพิ่งประสิทธิภาพกระบวนการทำงานรวมทั้งมีผลต่อการจัดกลุ่มของโหนดเซ็นเซอร์ด้วย และการปรับเส้นทางโดยการลดระยะเส้นทางในการเข้าเก็บข้อมูลสามารถช่วยแก้ปัญหาข้อจำกัดความล่าช้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในอนาคตผู้วิจัยจะนำกระบวนการที่ได้ศึกษามาวิเคราะห์ประสิทธิภาพและเปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีการอื่นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] T. Bokareva, W. Hu, S. Kanhere, B. R.-… warfare conference, and undefined 2006, “Wireless sensor networks for battlefield surveillance,” *academia.edu*.

[2] M. Rao, N. Kamila, K. K.-2016 I. Conference, and undefined 2016, “Underwater wireless sensor network for tracking ships approaching harbor,” *ieeexplore.ieee.org*.

[3] J. Yang, J. Zhou, Z. Lv, W. Wei, H. S.- Sensors, and undefined 2015, “A real-time monitoring system of industry carbon monoxide based on wireless sensor networks,” *mdpi.com*.

[4] X. Li, A. Nayak, I. S.-W. sensor and actuator, and undefined 2010, “Sink mobility in wireless sensor networks,” *Wiley Online Libr.*

[5] J. Luo, … J. H.-I. 24th A. J. C. of the, and undefined 2005, “Joint mobility and routing for lifetime elongation in wireless sensor networks,” *ieeexplore.ieee.org*.

[6] al Jie Lian, K. Naik, and G. B. Agnew, “Data Capacity Improvement of Wireless Sensor Networks Using Non-Uniform Sensor Distribution Data Capacity Improvement of Wireless Sensor Networks,” *Int. J. Distrib. Sens. Networks*, vol. 2, no. 02, pp. 0–0, 2006.

[7] P. Venkitasubramaniam, … S. A.-, 2003. MILCOM 2003., and undefined 2003, “Opportunistic ALOHA and cross layer design for sensor networks,” *ieeexplore.ieee.org*.

[8] J. Luo, J. H.-I. T. on N. (TON), and undefined 2010, “Joint sink mobility and routing to maximize the lifetime of wireless sensor networks: the case of constrained mobility,” *dl.acm.org*.

[9] R. Sugihara and R. K. Gupta, "Scheduling under Location and Time Constraints for Data Collection in Sensor Networks (Work in Progress paper)."

[10] R. Sugihara, R. Gupta, and R. K. Gupta, "Improving the Data Delivery Latency in Sensor Networks with Controlled Mobility Controlled Mobility in Sensor Networks View project Managing Plug Loads in Buildings View project Improving the Data Delivery Latency in Sensor Networks with Controlled Mobility," 2008.

[11] S. Nesamony, … M. V.-… on N. S., and undefined 2007, "On optimal route of a calibrating mobile sink in a wireless sensor network," *ieeexplore.ieee.org*.

[12] Y. Gu, D. Bozdag, … E. E. the 2006 I. S. on on, and undefined 2006, "Mobile element based differentiated message delivery in wireless sensor networks," *dl.acm.org*.

[13] G. Xing, T. Wang, W. Jia, and M. Li, "Rendezvous Design Algorithms for Wireless Sensor Networks with a Mobile Base Station," 2008.

[14] G. Xing, T. Wang, Z. Xie, W. J.-28th I. international real-time, and undefined 2007, "Rendezvous planning in mobility-assisted wireless sensor networks," *ieeexplore.ieee.org*.

[15] A. Kansal, A. A. Somasundara, D. D. Jea, M. B. Srivastava, and D. Estrin, "Intelligent Fluid Infrastructure for Embedded Networks," 2004.

[16] K. Almi'ani, A. Viglas, and L. Libman, "Energy-efficient data gathering with tour length-constrained mobile elements in wireless sensor networks," in *Proceedings - Conference on Local Computer Networks, LCN*, 2010, pp. 582–589.

[17] H. Salarian, K. W. Chin, and F. Naghdy, "An energy-efficient mobile-sink path selection strategy for wireless sensor networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 63, no. 5, pp. 2407–2419, 2014.

[18] A. Alsaafin, A. M. Khedr, and Z. Al Aghbari, "Distributed trajectory design for data gathering using mobile sink in wireless sensor networks," *AEU - Int. J. Electron. Commun.*, vol. 96, pp. 1–12, Nov. 2018.

[19] W. Wen, S. Zhao, C. Shang, and C. Y. Chang, "EAPC: Energy-aware path construction for data collection using mobile sink in wireless sensor networks," *IEEE Sens. J.*, vol. 18, no. 2, pp. 890–901, Jan. 2018.

[20] A. Kaswan, K. Nitesh, and P. K. Jana, "Energy efficient path selection for mobile sink and data gathering in wireless sensor networks," *AEU - Int. J. Electron. Commun.*, vol. 73, pp. 110–118, Mar. 2017.

[21] C. F. Cheng and C. F. Yu, "Data Gathering in Wireless Sensor Networks: A Combine-TSP-Reduce Approach," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 65, no. 4, pp. 2309–2324, Apr. 2016.

[22] C. F. Cheng, L. H. Li, and C. C. Wang, "Data Gathering with Minimum Number of Relay Packets in Wireless Sensor Networks," *IEEE Sens. J.*, vol. 17, no. 21, pp. 7196–7208, Nov. 2017.

[23] H. Q. Qadori, Z. A. Zukarnain, Z. M. Hanapi, and S. Subramaniam, "FuMAM: Fuzzy-Based Mobile Agent Migration Approach for Data Gathering in Wireless Sensor Networks," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 15643–15652, Mar. 2018.