

การประมาณตำแหน่งของไวเลสเซ็นเซอร์เน็ตเวิร์ค ด้วยวิธีสปริงรีแลกเซชัน

สำหรับการส่งข้อมูลแบบมัลติฮอป

Location Estimation of Wireless Sensor Networks using Spring-Relaxation Technique for Multi-Hop Transmission

ธนากร ประสารศรี (Thanakorn Prasansri)* ดร.ชัชชัย คุณบัว (Dr. Chatchai Khunboa)**

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการระบุตำแหน่งของเซ็นเซอร์โนดบนเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (มาตรฐาน IEEE 802.15.4) ถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในงานด้านอุตสาหกรรม, ปศุสัตว์ และอื่นๆ อย่างไรก็ตาม การจัดการกับเครือข่ายขนาดใหญ่ ทำให้เกิดความยุ่งยากในการระบุตำแหน่งโนดที่ติดตั้ง งานวิจัยนี้นำเสนอการระบุตำแหน่งเซ็นเซอร์โนดด้วยวิธี สปริงรีแลกเซชัน(Spring Relaxation) เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการส่งข้อมูลตำแหน่งของโนดกลับมายัง ดาต้าเบสเซิร์ฟเวอร์ (database server) และแสดงตำแหน่งของโนดบนโปรแกรมประยุกต์ ในพื้นที่บริเวณกว้างซึ่งไม่สามารถวางโนดอ้างอิงให้ครอบคลุมทุกโนดได้ การศึกษาเบื้องต้นพบว่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 5.05 เมตร

ABSTRACT

At present, the method to identify the sensor node on wireless sensor network (IEEE 802.15.4) is widely used in industries, domestic animal raising and so on. However, the management of a large network can be complicated when identifying the node location. This research studies how to estimate node location by using spring relaxation for analyzing the efficiency of sending back node position data to database server and showing the node position on applied program especially in the area not covered by Beacon node. We found that the error is approximately 5.05 meters.

คำสำคัญ: สปริงรีแลกเซชัน เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

Key Words: Spring relaxation, Wireless sensor network

* นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย คือ กลุ่มของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบไร้สายระหว่างกันได้โดยใช้คลื่นวิทยุขนาดเล็ก มีราคาถูก ใช้พลังงานและแบนวิธต่ำ(ซัชชัย, 2554) ด้วยเหตุนี้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ เพื่ออำนวยความสะดวกและความปลอดภัยให้กับมนุษย์ เช่น ใช้เซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ ตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักร ตรวจสอบสภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่มนุษย์เข้าถึงยากและอาจเป็นอันตรายได้ การควบคุมการเปิดปิดไฟ รักษาอุณหภูมิเพื่อลดพลังงาน หรือการติดตามสัตว์หายากเป็นต้น

ปัจจุบันอุปกรณ์เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ได้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายและมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นกลุ่ม IETF 6lowpan group (Zach & Bormann, 2009) จึงได้ออกแบบ *IPv6 over low power wireless area networks (6LoWPAN)* ขึ้นมาเพื่อนำข้อดีของ IPv6 มาใช้กับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายโดยอยู่บนแนวคิดที่ว่าอุปกรณ์ เซ็นเซอร์ไร้สายจำเป็นต้องติดต่อสื่อสารกับระบบที่ใช้ อินเทอร์เน็ตได้ หรือเครือข่ายที่ใช้พลังงานต่ำ และใช้โหนดคนละแบบ ต้องติดต่อสื่อสารกันได้ และมีความสามารถในการรองรับการขยายตัวหรือเพิ่มมากขึ้นของจำนวนโหนดในการสร้างเครือข่ายขนาดใหญ่ได้

หากเราพิจารณาถึงแง่การสร้างเครือข่ายขนาดใหญ่ ซึ่งมีจำนวนโหนดมากๆ และใช้ในพื้นที่กว้างการทราบตำแหน่งของโหนดจำนวนโหนดที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง หรือทราบเส้นทางการเดินทางของข้อมูลว่าผ่านโหนดบ้าง จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ควบคุมดูแลระบบเพื่อนำมาวิเคราะห์และปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ และด้วยการส่งข้อมูลแบบมัลติฮอปหากมีโหนดที่เสียหายและใช้งานไม่ได้ โหนดก็จะสามารถหาเส้นทางใหม่ได้เองโดยอัตโนมัติทำให้เครือข่ายยังคงสามารถส่งข้อมูลกลับมายัง ผู้ดูแลระบบได้เช่นเดิม

งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆ ได้ดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยคิดเซ็นเซอร์วัดค่าที่ต้องการเพิ่มเติม ผู้ใช้สามารถทราบตำแหน่งของโหนดที่มีอยู่และโหนดที่เพิ่มเข้ามาใหม่ในระบบได้โดยสะดวก

บทความนี้นำเสนอวิธีการระบุตำแหน่งโดยอัตโนมัติของตัวเซ็นเซอร์เน็ตเวิร์คซึ่งส่งข้อมูลแบบมัลติฮอปด้วย IPv6 และแสดงผลบนโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้น

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. IEEE 802.15.4

เป็นมาตรฐานสำหรับการสื่อสารระยะใกล้แบบไร้สาย ที่เน้นการใช้พลังงานต่ำ สำหรับอุปกรณ์ที่มีราคาถูกและใช้ซับซ้อนในการสื่อสารข้อมูลที่มีความถี่ 2.4 GHz 915 MHz และ 868 MHz ซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้ระหว่าง 20-250 Kbit/s ขึ้นอยู่กับความถี่ที่เลือกใช้

IEEE 802.15.4 ยังถูกนำไปใช้ในชั้น physical layer (PHY) และ data link layer (DLL) ของหลายๆ มาตรฐานเช่น 6LoWPAN, ISA100 และ ZigBee เป็นต้น (Zach & Bormann, 2009)

2. Path loss model

ในการส่งข้อมูลแบบไร้สายนั้นค่าความเข้มของสัญญาณจะลดทอนไปตามระยะทางและถูกลดทอน (Path Loss Exponent) โดยสิ่งกีดขวางในสภาพแวดล้อมต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 Path Loss Exponent

Environment	Path Loss Exponent, n
Free space	2
Urban area cellular	2.7-3.5
Shadowed urban cellular	3-5
In building line-of-sight	1.6-1.8
Obstructed in building	4-6
Obstructed in factories	2-3

จากความเข้มของสัญญาณเราสามารถนำความเข้มของสัญญาณเพื่อหาระยะทางระหว่างสองโหนดที่ส่งข้อมูลหา

กันได้โดยอาศัยสมการการหาระยะทาง(Rappaport, 2002)

$$\log_{10} d = \frac{1}{10n} (P_{TX} - P_{RX} + G_{TX} + G_{RX} - X_{\alpha} + 20 \log_{10} \lambda - 20 \log_{10} (4\pi))$$

โดย	d	= ระยะทางระหว่างโนด (เมตร)
	P_{TX}	= ระดับกำลังส่งผู้ส่ง (dBm)
	P_{RX}	= ระดับกำลังส่งผู้รับ (dBm)
	G_{TX}	= กำลังขยายของสายส่ง สัญญาณผู้ส่ง (dBi)
	G_{RX}	= กำลังขยายของสายส่ง สัญญาณผู้รับ (dBi)
	λ	= ความยาวคลื่น (เมตร)
	n	= Path Loss Exponent
	X_{α}	= ตัวแปรสุ่มแบบเกาส์ ด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น α

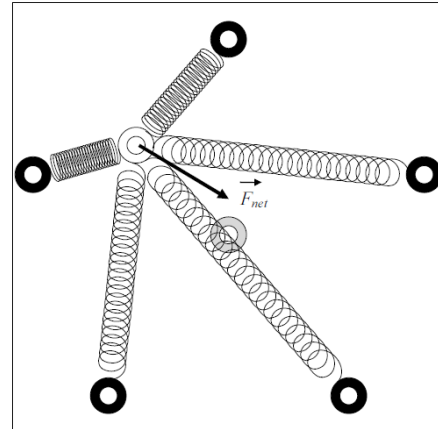
3. Localization Using Spring-Relaxation

Technique

Spring-Relaxation Technique เป็นเทคนิคการหาตำแหน่งของโนดซึ่งนำพฤติกรรมเคลื่อนที่ของ particle(อนุภาค) ภายใต้แรงของสปริงมาใช้เพื่อหาตำแหน่งสุดท้ายของ particle ซึ่งหมายถึงตำแหน่งของโนด โดยใช้ค่า Received Signal Strength Indicator (RSSI) เป็นค่าในการหาระยะ(โดยใช้สมการ path loss model (Rappaport, 2002)) ระหว่างโนด ถูกออกแบบมาสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์เน็ตเวิร์ค ที่มีขนาดใหญ่ มีโนดจำนวนมาก และสามารถทำงานได้ด้วยตัวเองเมื่ออยู่ในเน็ตเวิร์ค แบ่งการทำงานเป็นสองเฟส โดยในเฟสแรกโนดจะใช้ค่า RSSI เพื่อหาระยะระหว่างตัวเองกับโนด beacon (โนดที่ทราบตำแหน่ง) ทุกตัวที่สามารถติดต่อกันได้ โดยระยะห่างนี้จะถูกนำไปเป็นข้อมูลในการระบุตำแหน่งตัวเองด้วยเทคนิค Spring-Relaxation เนื่องจากจำนวนโนด beacon มีน้อย และความคลาดเคลื่อนของค่า RSSI การระบุตำแหน่งจึงยังมีความแม่นยำน้อย ในเฟสที่สองจึง ถูกออกแบบมาให้ทำการหาตำแหน่งใหม่อีกครั้งจากตำแหน่งที่ได้ในเฟสแรกซึ่ง

แต่ละโนดยกเว้น โนด beacon จะทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลตำแหน่งของตัวเองและระยะทาง กับแต่ละโนดที่เป็นโนดข้างเคียงกับตัวเอง (its one-hop neighbors) เพื่อคำนวณตำแหน่งของตัวเองให้แม่นยำอีกครั้งด้วยเทคนิค

Spring-Relaxation



รูปที่ 1 ตัวอย่างการหาตำแหน่งด้วย beacon 5 โนด และ sensor 1 โนด

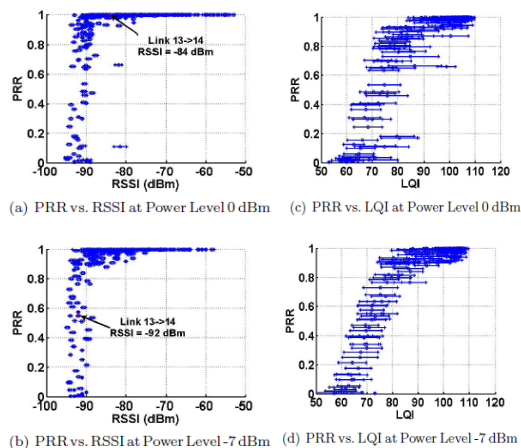
จากรูปที่ 1 กำหนดให้มี beacon (วงกลมทึบ) 5 โนดและโนดที่จะหาตำแหน่ง (วงกลมเทา) 1 โนด เมื่อพิจารณาจากการทำงานของสปริงแล้ว particle (ในที่นี้คือตัวโนด) จะมีการเคลื่อนที่ภายในสปริง ทั้ง 5 ตัว ซึ่งปลายด้านหนึ่งยึดกับ particle อีกด้านถูกยึดไว้ในตำแหน่งที่ตายตัว (ในที่นี้คือ beacon โนด)

โดยธรรมชาติความยาวของสปริงคือความยาวที่วัดได้เมื่อสปริงอยู่ในสภาวะ ปกติ (rest state) เมื่อความยาวของสปริงสั้นกว่าความยาวปกติหมายความว่าสปริงถูกอัด ในทางตรงกันข้าม เมื่อความยาวของสปริงยาวกว่าความยาวปกติ หมายความว่าสปริงถูกยืดออก โดยแรงที่มากระทำนั้นเกิดจากปลายทั้งสองด้านของสปริงบนตัว particle จะมีเซตของแรงที่สปริงได้รับเมื่อมันถูกอัดหรือถูกยืดอยู่ด้วย ดังนั้นแรงลัพธ์บนตัว particle คือ ผลรวมของเวกเตอร์แรงทั้งหมดที่ particle ได้รับ เมื่อค่าของแรงลัพธ์ไม่เท่ากับศูนย์จะทำให้ particle เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งใหม่ตามทิศทางของแรงลัพธ์ และจะเคลื่อนไปเรื่อยๆจนกว่าแรงลัพธ์จะเป็นศูนย์ และในจุดสุดท้ายนี้คือตำแหน่งของ particle หรือ โนด ที่ได้จากการคำนวณ(Hui, Culler, and Chakrabarti, 2009)

4. งานวิจัย RSSI is Under Appreciated

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบว่าตัวชี้วัดใดระหว่างค่า Received Signal Strength Indicator (RSSI) และ ค่า LQI (Link Quality Indicator) ที่เหมาะสมในการนำมาประมาณค่า link quality ซึ่ง link quality เป็นส่วนสำคัญของเร้าตั้งโพรโทคอลในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย เพื่อใช้ในการตัดสินใจว่าจะส่งข้อมูลต่อข้อมูลไปทางไหน เนื่องจากถ้าเลือกทางที่มี link quality สูง โอกาสที่ข้อมูลจะไปถึงก็จะมีมากขึ้น จึงทำให้โนดประหยัดพลังงาน เพราะไม่ต้องส่งข้อมูลซ้ำหลายครั้ง

การทดลองได้ใช้ โหนด micaZ (CC2420 radio chip) จำนวน 30 โหนด แต่ละโหนดถูกโปรแกรมให้ส่งข้อมูลจำนวน 200 แพ็กเกจ ออกไปยังโหนดอื่นๆ โดยจะทำการส่งทีละโนดเมื่อได้รับคำสั่งจาก server จากนั้น server จะเก็บค่า sequence number RSSI และ LQI ของแต่ละโนดที่เป็นตัวรับข้อมูลมาคำนวณ เพื่อสรุปผลการทดลอง อีกทั้งยังได้ทดลองเปลี่ยนระดับ power level ที่ใช้ในการส่งข้อมูลด้วย คือ 0 -3 -7 -15 และ -25 dBm



รูปที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า PRR RSSI และ PRR LQI ที่ power level 0 และ -7dBm

จากรูปที่ 2 ผลการทดลองพบว่าพบว่า ค่า RSSI เป็นตัวชี้วัดที่ดีเมื่อ RSSI มีค่ามากกว่า -87dBm (sensitivity threshold of CC2420) แต่เมื่อเทียบความสัมพันธ์กับค่า packet reception rate (PRR) แล้ว LQI จะเป็นตัวชี้วัดที่ดีกว่า เพราะ ไม่ว่าจะใช้ power

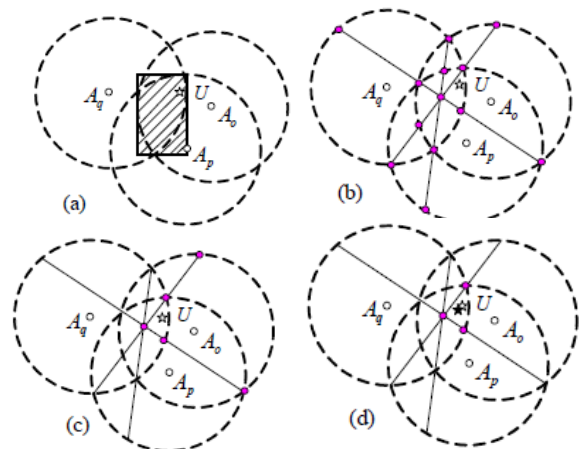
level ระดับไหน ถ้า LQI มีค่ามากกว่า 90 ค่า PRR ก็จะเข้าใกล้ค่า 1 เช่นเดิม(Srinivasan & Levis, 2006)

5. งานวิจัย An RSS-comparison Based

Localization in Wireless Sensor Networks

ผู้ทำวิจัยได้พัฒนาวิธีหาตำแหน่งของ เซ็นเซอร์โนดโดยใช้วิธีเปรียบเทียบค่า ความแรงของสัญญาณระหว่างโนดอ้างอิงและโนดที่จะหาตำแหน่ง โดยใช้หลักการที่ว่า โหนดอ้างอิงจะส่งสัญญาณ beacon ซึ่งประกอบด้วยตำแหน่งของโนดอ้างอิง และค่าที่บ่งบอกว่าเป็นโนดอ้างอิงตัวไหน หลังจากทีโนดอื่นได้รับสัญญาณเหล่านี้แล้วก็จะทำการคำนวณหาตำแหน่งของตัวเองจากจุดตัดของระยะสัญญาณที่โนดอ้างอิงปล่อยออกมาและเพื่อให้มีความแม่นยำของตำแหน่งมากยิ่งขึ้นได้นำเสนออัลกอริทึมเพื่อใช้คำนวณตำแหน่ง ที่เรียกว่า RSS-comparison Based Localization (Hoang Q, Le, and Shin, 2006) แบ่งการทำงานออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ

1. กำหนดให้ N_u คือ โหนดอ้างอิงและ Unknown node คือ โหนดที่จะคำนวณตำแหน่ง(U)
2. หาจุดตัดทุกจุดของรัศมีการส่งสัญญาณของโนดอ้างอิง A_o, A_p, A_q
3. เลือกเซตของจุดตัดที่ใกล้โนดอ้างอิงมากที่สุด
4. เหนี่ยวนำจุดกึ่งกลางของจุดตัดทั้งหมดอีกครั้งจะได้ตำแหน่งของ Unknown node



รูปที่ 3 การหาตำแหน่งของโนด ในกรณี 3 โหนดอ้างอิง

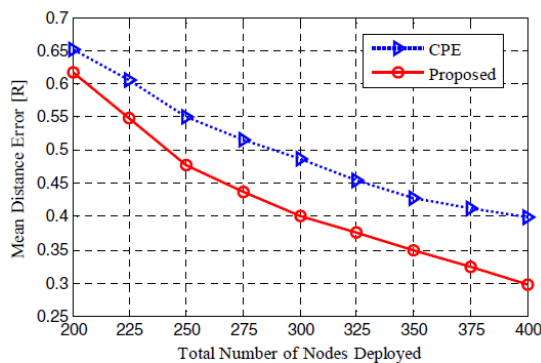
(a) ขั้นที่ 1 (b) ขั้นที่ 2 (c) ขั้นที่ 3 (d) ขั้นที่ 4

ผู้ทำวิจัยได้เปรียบเทียบค่า MDE (Mean Distance Error) จากสมการ $MDE = E \left[\sqrt{(x - \hat{x})^2 + (y - \hat{y})^2} \right]$

เมื่อ (x, y) คือ พิกัดจริง

$(\hat{x}, \hat{y})$ คือ พิกัดที่ได้จากการคำนวณ

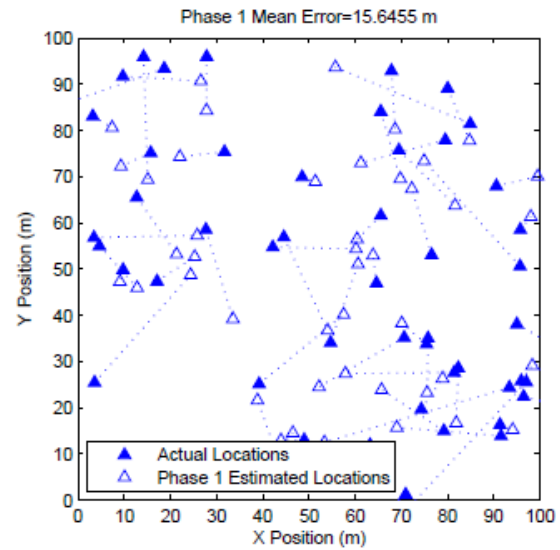
ระหว่างอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นเอง RSS-comparison Based Localization กับ Convex Position Estimation (CPE) (Doherty, Pister, & Ghaoui, 2001) จากรูปที่ 4 พบว่า RSS-comparison Based Localization มีประสิทธิภาพดีกว่า เพราะในขณะที่ยกค่า MDE = 0.4R CPE ใช้ 390 โหนด แต่อัลกอริทึมนี้ใช้โหนดเพียง 300 โหนด เท่านั้น



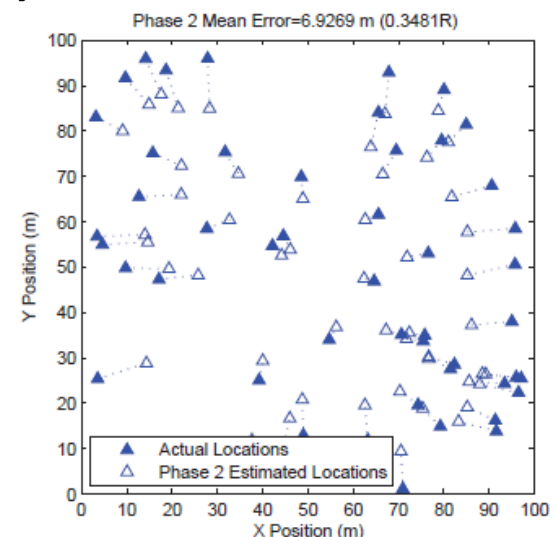
รูปที่ 4 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง

6. งานวิจัย Location Estimation in Wireless Sensor Networks Using Spring-Relaxation Technique

ผู้ทำวิจัยได้ทำการทดลองหาตำแหน่งของโหนดด้วยวิธี spring-Relaxation Technique (Zhang, et al, 2010) โดยการ simulation (จำลอง) และได้แสดงตำแหน่งที่ได้จากการคำนวณดังรูปที่ 5ก และรูป 5ข



รูปที่ 5ก แสดงตำแหน่งจริงและที่คำนวณได้ ในเฟส 1



รูปที่ 5ข แสดงตำแหน่งจริงและที่คำนวณได้ ในเฟส 2

พบว่าในเฟสที่ 1 มีความคลาดเคลื่อน 15.6455 เมตร และ 6.9269 เมตร ในเฟสที่ 2 ในการหาความคลาดเคลื่อนผู้ทำวิจัยได้ใช้สมการ

$$error = \sqrt{(x_{e,i} - x_i)^2 + (y_{e,i} - y_i)^2}$$

โดย $(x_{e,i}, y_{e,i})$ คือ ตำแหน่งจากการคำนวณ
 (x_i, y_i) คือ ตำแหน่งจริง

7. งานวิจัย Dynamic Spring Force Localization

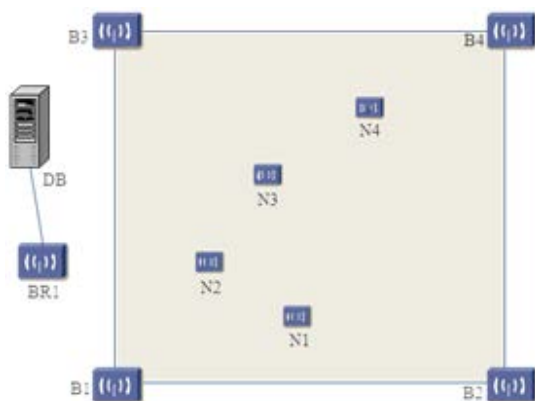
ผู้ทำวิจัยได้นำวิธีการหาตำแหน่ง Dynamic Spring Force Localization (Jiang, Ryazanov, & Ortiz, 2012) มาใช้เพื่อหาตำแหน่งโหนด Mica2dots โดยใช้ค่า RSSI

ในการวิเคราะห์ระหว่างโนดอ้างอิงและโนดที่ต้องการหาตำแหน่ง เนื่องจากมีความแม่นยำและใช้พลังงานน้อย ในส่วนของวิธีการเก็บระยะห่างได้ แปลงค่า RSSI ให้เป็นระยะห่างก่อนแล้วจึงเก็บค่าลงตารางเมทริกขนาด 28×28 (ใช้ 28 โนดในการทดลอง) ซึ่งผู้ทำวิจัยได้อ้างอิงการแปลงค่าจากงานวิจัย (Dankwa, 2004) เนื่องจากใช้ โนด Mica2dots เหมือนกันผลการทดลองซึ่งวางโนดในห้องต่างๆบนอาคารพบว่า โดยเฉลี่ยตำแหน่งที่คำนวณได้มีความคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งจริงประมาณ 3 เมตร

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

เซ็นเซอร์โนด รุ่น CC2530 ซึ่งส่งข้อมูลด้วยความถี่ 2.4GHz จำนวน 9 โนด โดยแบ่งหน้าที่เป็น โนดอ้างอิง (Beacon) 4 โนด border router 1 โนด โนดที่ต้องการหาตำแหน่ง 4 โนด และ เครื่องคอมพิวเตอร์ (คาต้าเบส เซิร์ฟเวอร์) 1 เครื่อง



รูปที่ 6 แสดงอุปกรณ์และภาพรวมของระบบ

N คือ โนดที่ต้องการหาตำแหน่ง

B คือ โนดอ้างอิงที่ทราบตำแหน่ง (Beacon)

BR คือ โนด border router

DB คือ คาต้าเบส เซิร์ฟเวอร์

2. การทดลอง

2.1 การออกแบบระบบ

จากรูปที่ 6 เป็นการทดลองในพื้นที่โล่ง โนดอ้างอิง (B) จะถูกวางที่มุมทั้งสี่ของพื้นที่ 20 ตารางเมตร และโนด border router ถูกวางห่างจากโนด B1 10 เมตร

โดยอ้างอิงตำแหน่งพิกัดบนระนาบแกน x y ตำแหน่งของโนดอ้างอิงแสดงไว้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงตำแหน่งของโนดอ้างอิง

โนดอ้างอิง (B)	ตำแหน่ง (x,y) เมตรxเมตร
B1	(0,0)
B2	(20,0)
B3	(0,20)
B4	(20,20)

ในส่วนของโนดที่ต้องการหาตำแหน่ง(N) ได้ถูกวางตามตำแหน่งที่ทราบตามตารางที่ 3 เพื่อให้สามารถนำไปเปรียบเทียบหาความคลาดเคลื่อนกับตำแหน่งที่ได้จากการคำนวณได้

ตารางที่ 3 แสดงตำแหน่งจริงของโนดที่จะหาตำแหน่ง

โนดที่จะหาตำแหน่ง	ตำแหน่ง (x,y) เมตรxเมตร
N1	(10.8,3.10)
N2	(6.75,7.2)
N3	(8.75,11.4)
N4	(15,12.4)

หลังจากที่โนด N กำหนดตำแหน่งได้แล้วจะทำการส่งตำแหน่งดังกล่าวไปยัง border router โดยเป็นการส่งข้อมูลแบบมัลติฮอป ทำให้โนดที่อยู่ใกล้หรือนอกระยะสามารถส่งข้อมูลข้ามโนดกลับมาถึง border router ได้เพื่อบันทึกข้อมูลลงดาต้าเบส เซิร์ฟเวอร์ และนำข้อมูลที่ได้มาแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์

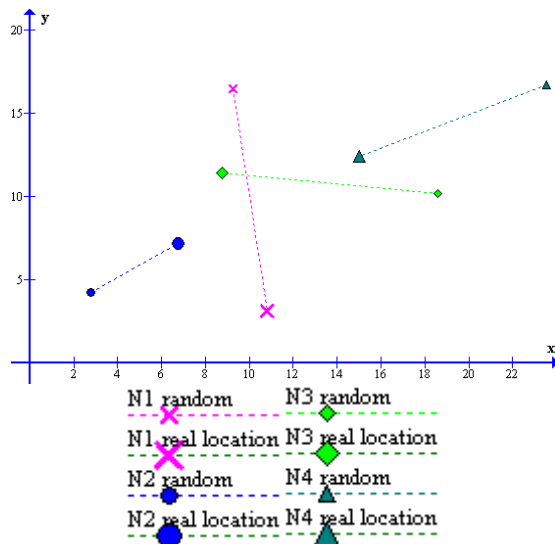
2.2 การทดลอง

ในส่วนการทดลองได้กำหนดให้ โนดอ้างอิงทั้ง 4 โนด ส่งข้อมูลตำแหน่งของตัวเองไปยังโนดข้างเคียงทุกตัวในทุกๆ 10 วินาทีโดยใช้โปรโตคอล 6LoWPAN และกำหนดไทม์ไพลายทางเป็น $602::1$ ซึ่งหมายถึงการส่งข้อมูลไปยังทุกโนดที่อยู่ในโลคอลเน็ตเวิร์ก

สำหรับโนดที่ต้องการหาตำแหน่งจะใช้ทฤษฎี Spring-Relaxation Technique ดังที่ได้อธิบายไปแล้วใน

ส่วนของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธีดังกล่าวใช้ 2 เฟสในการคำนวณเพื่อให้ตำแหน่งที่คำนวณได้คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

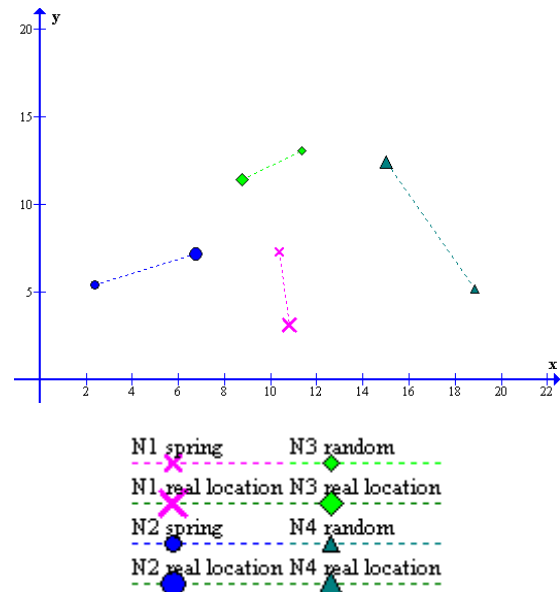
ในงานวิจัยนี้ได้ทดลองโดยใช้เพียงเฟสที่ 2 มาคำนวณ เมื่อเริ่มต้นโนดจะสุ่มตำแหน่งของตัวเองขึ้นมา ก่อนดังรูปที่ 7 จากนั้นจะเริ่มเฟส 2 โดยจะคำนวณเฟส 2 ซ้ำจนค่าแรงลัพธ์มีค่าเป็น 0 ซึ่งหมายถึงการจบการคำนวณหาตำแหน่ง และส่งตำแหน่งนี้ไปยังทุกโนดที่อยู่ในโลกอเนตเวิร์คเพื่อให้โนดนำค่าตำแหน่งไปใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของตัวเอง เมื่อคำนวณเสร็จแล้วโนดจะกำหนดหมายเลขไอพีปลายทางเป็น aaaa::1 เป็นการส่งข้อมูลแบบมัลติฮอป ซึ่งประกอบด้วยตำแหน่งและหมายเลขโนด ไปยัง border router เพื่อเก็บข้อมูลลงดาต้าเบส



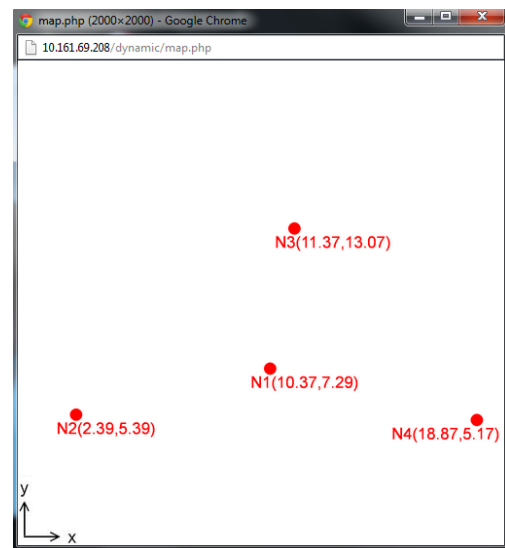
รูปที่ 7 แสดงตำแหน่งจริงและตำแหน่งสุ่ม(random) ของโนด

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการทดลองเบื้องต้น หลังจากทีโนดคำนวณจนจบอัลกอริทึมแล้วพบว่าตำแหน่งสุดท้ายของโนดเคลื่อนเข้ามาใกล้ตำแหน่งจริงมากขึ้นดังรูปที่ 8 ซึ่งได้แสดงพิกัดตำแหน่งในตารางที่ 4 และทุกโนดรวมถึงโนดที่อยู่นอกระยะของการส่งข้อมูลสามารถส่งตำแหน่งแบบมัลติฮอป กลับมายังดาต้าเบสเซิร์ฟเวอร์เพื่อแสดงผลบนเว็บไซต์ได้ ดังรูปที่ 9



รูปที่ 8 แสดงตำแหน่งจริงและตำแหน่งจากการคำนวณของโนด



รูปที่ 9 แสดงตำแหน่งที่ได้จากการคำนวณของโนดบนเว็บไซต์

ตารางที่ 4 แสดงตำแหน่งของโนดหลังจากคำนวณแล้ว

โนดที่จะหาตำแหน่ง	ตำแหน่ง (x,y) เมตรxเมตร
N1	(10.37,7.29)
N2	(2.39 , 5.39)
N3	(11.37 , 13.07)
N4	(18.87 , 5.17)

หาค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งโดยใช้
สมการหาระยะทางระหว่างสองจุด (Euclidean
distance)

$$error = \sqrt{(x_{e,i} - x_i)^2 + (y_{e,i} - y_i)^2}$$

โดย $(x_{e,i}, y_{e,i})$ คือ ตำแหน่งจากการคำนวณ
 (x_i, y_i) คือ ตำแหน่งจริง
เมื่อแทนค่าตำแหน่งในสมการแล้วจะความ
ผิดพลาดระหว่างตำแหน่งโนดที่ได้จากการคำนวณกับ
ตำแหน่งจริงตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงความผิดพลาดระหว่างตำแหน่งโนดที่
ได้จากการคำนวณกับตำแหน่งจริง

โนด	ระยะห่าง (เมตร)
N1	4.21
N2	4.72
N3	3.10
N4	8.20

สรุปผลการวิจัย

การใช้วิธี Spring-Relaxation ในการหาตำแหน่ง
ของโนดโดยใช้เพียงเฟส 2 เฟสเดียวนั้นเป็นการลด
ขั้นตอนของการคำนวณลงโนดจึงใช้พลังงานน้อยทำให้
สามารถทำงานได้นานขึ้นและผลของการส่งข้อมูล
แบบมัลติฮอป ทำให้โนดที่อยู่ไกลหรือนอกระยะ
สามารถส่งข้อมูลข้ามโนดกลับมาถึง border router ได้

ในส่วนผลการคำนวณตำแหน่งนั้นมีความ
คลาดเคลื่อนเฉลี่ยไปจากตำแหน่งจริง 5.05 เมตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการกิจการ
กระจายเสียงกิจการ โทรทัศน์และกิจการ โทรคมนาคม
แห่งชาติ(กสทช) ที่ให้สนับสนุนพัฒนาห้องปฏิบัติการ
เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

เอกสารอ้างอิง

- ชัชชัย คุณบัว. 2554. เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและการ
ประยุกต์ใช้. วารสารศูนย์บริการวิชาการ.
มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ปีที่ 19 ฉบับที่ 3-4.
- Hui, J., Culler, D., and Chakrabarti, S. 2009.
6LoWPAN: Incorporating IEEE 802.15.4 into
the IP architecture Internet Protocol for Smart
Objects (IPSO). Smart Card Alliance.
- Srinivasan, K., and Levis, P. RSSI is Under
Appreciated. 2006. Stanford Univ.
- Doherty, L., Pister K., and Ghaoui, L. Convex position
estimation in wireless sensor networks. 2001.
IEEE Infocom. 3:655-1663.
- Dankwa, N. An Evaluation of Transmit Power Levels
for Node Localization on the Mica2 Sensor
Node. 2004. Yale Univ.
- Hoang Q.T., Le T.N., and Shin Y. An RSS-
comparison Based Localization in Wireless
Sensor Networks. 2011. IEEE.
- Zhang, Q., *et al.* Location Estimation in Wireless
Sensor Networks Using Spring-Relaxation
Technique. 2010.
from <http://www.mdpi.com/journal/sensors>
- Zach, S., Bormann, C. 6LoWPAN :the Wireless
Embedded Internet. 2009. Wiley.
- Rappaport, TS. 2002. Wireless Communications:
Principles and Practice. Saddle River, NJ:
Prentice-Hall.
- Jiang, X., Ryazanov, D., and Ortiz, J. Dynamic Spring
Force Localization. 2012. Univ of California,
Berkeley.