Energy aware Routing Protocol in Wireless Sensor Networks

กนกพร อุดมพงศ์สุข, ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

การนำเอาเทคโนโลยีระบบเครือข่ายไร้สายซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากความสะดวกสบายในการใช้งาน มีราคาถูก สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับระบบบ้านได้ โดยจะมุ่งเน้นความสามารถของเครือข่ายตรวจรู้ไร้สายเป็นเครือข่ายกลางในการสื่อสารข้อมูลต่างๆของบ้าน เช่น สภาพแวดล้อม อุณหภูมิ แสงสว่าง และการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆของบ้าน ในการพัฒนางานการใช้เทคโนโลยีระบบเครือข่ายไร้สายเพื่อเป็นสื่อกลางในสื่อสารข้อมูลโหนดเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Node) จะทำการออกแบบและสร้างโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายต่างๆกับเกตเวย์ (Gateway) และสถานีฐาน (Base Station) ที่สามารถสื่อสารกับเกตเวย์ในการควบคุมและแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ การประหยัดพลังงานในเครือข่ายตรวจจับไร้สายนั้นสำคัญมาก ทำให้มีผลต่อเวลาในการใช้เครือข่ายที่เพิ่มขึ้น ซึ่งโปรโตคอลหาเส้นทางที่ประหยัดที่สุด ส่วนใหญ่จะเป็นการใช้พลังงานเพียงเส้นทางเดียว บางครั้งการใช้พลังงานเส้นทางเดียวเกิดความล้มเหลว ระบบก็ต้องทำการสร้างเส้นทางใหม่เพราะไม่มีเส้นทางสำรองไว้ทำให้ต้องเสียเวลาในการสร้างเส้นทางใหม่รวมทั้งขาดความต่อเนื่องในการส่งข้อมูล การประหยัดพลังงานต้องคำนึงถึงพลังงานที่มีในโหนด โดยกำหนดพลังงานขั้นต่ำที่ให้มีการเชื่อมต่อ คุณภาพสัญญาณในการเชื่อม เมื่อเส้นทางหลักล้มเหลวสามารถใช้เส้นทางสำรองได้ ทำให้ไม่ต้องร้องขอเส้นทางใหม่ อุปกรณ์เซ็นเซอร์มีขนาดเล็ก จึงทำให้เกิดวิธีการวัดและเก็บข้อมูลโดยใช้หน่วยรวมเซ็นเซอร์ขนาดเล็กจำนวนมากกระจายและฝังตัวในสิ่งแวดล้อมเพื่อเก็บข้อมูล หน่วยรวมของเซ็นเซอร์แต่ละตัวทำหน้าเป็นส่วนหนึ่งของเครือข่ายและสร้างเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อการสื่อสารและส่งถ่ายข้อมูล หน่วยรวมเซ็นเซอร์และเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายทำงานได้ด้วยตัวเอง เนื่องจากข้อจำกัดในหลายด้านของเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ไร้สายทำให้รูปแบบของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายจะต้องถูกปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมตามวัตถุประสงค์การใช้งานจริง ในการกำหนดจัดหาเส้นทางที่เหมาะสมในการทำให้เกิดเส้นทางที่เหมาะสมขึ้นในการรับส่งข้อมูล ซึ่งจะช่วยให้คุณภาพในการบริการการรับส่งลดความซ้ำซ้อนลง ลดค่าเวลาหน่วงให้ต่ำลงและทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่โปรโตคอลที่ประหยัดพลังงาน มีการเปรียบเทียบโปรโตคอลลีช (LEACH), โปรโตคอลทีน (TEEN), โปรโตคอลสปิน (SPIN) และโปรโตคอลไดเร็คเต็ด ดีฟัชชั่น (DIRECTED DOFFUSSION)

Keyword: Routing Protocol; LEACH; Cluster Head; Simulation; Lifetime; ***Energy; WSN***

คำสำคัญ: การกำหนดเส้นทางโปรโตคอล;ลีช; คลัสเตอร์เฮด; มัลติฮ็อพ; การจำลอง; อายุช่วงชีวิต;พลังงาน;เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

I. บทนำ (Introduction)

จากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสามด้านประกอบด้วยหนึ่งเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ที่มีขนาดเล็กและความแม่นยำในการวัดสูง สองเทคโนโลยีหน่วยประมวลผลที่มีขนาดเล็กใช้พลังงานต่ำและมีการประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว และสามเทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารไร้สายที่ส่งข้อมูลได้ถูกต้องและมีใช้พลังงานต่ำรวมถึงขนาดของเสาอากาศและอุปกรณ์ต่อเชื่อมที่มีขนาดเล็ก การรวมกันของสามเทคโนโลยีนี้ทำให้เกิดหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ ที่มีราคาถูก ขนาดเล็ก ใช้พลังงานต่ำ วัดค่าและเก็บข้อมูลจากสถานที่จริงได้อย่างถูกต้อง ประมวลผลได้ด้วยตัวเอง และติดต่อสื่อสารถึงกันแบบไร้สายและเป็นเครือข่าย

หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ขนาดเล็กจำนวนมากฝังตัวในบริเวณที่ต้องการวัดข้อมูล ข้อมูลที่วัดได้จะถูกส่งผ่านระบบเครือข่าย ซึ่งเครือข่ายนี้สร้างจากหน่วยร่วมเซ็นเซอร์แต่ละตัวในเครือข่ายทำงานร่วมกันในการส่งข้อมูล โดยการส่งข้อมูลอาจเป็นการส่งระหว่างหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ที่อยู่ในระยะติดต่อสื่อสารโดยตรงหรือในกรณีที่หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ต้นทางและปลายทางไม่อยู่ในระยะติดต่อสื่อสารได้โดยตรง ข้อมูลจะส่งผ่านหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ที่อยู่ระหว่างหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ต้นทางและปลายทางระบบการเก็บข้อมูลแบบนี้เรียกว่าเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

II. งานที่เกี่ยวข้อง (Related Work)

จากการสำรวจการศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดเส้นทางโปรโตคอลสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย [1],[2],[3],[13],[16],[17] อัตราการรับส่งแพ็กเก็ต ความต้องการที่เฉพาะเจาะจงของเซ็นเซอร์ไร้สาย คุณสมบัติของเครือข่ายเซ็นเซอร์ที่เกี่ยวข้องและสาเหตุของการสูญเสียการประยุกต์การใช้เซ็นเซอร์แบบไร้สาย [18] , [2] ลำดับชั้นในการกำหนดเส้นทาง [19]

เทคนิคการสนับสนุนในการเคลื่อนที่ของเครือข่ายเซ็นเซอร์[20] อิทธิพลในการกำหนดการปรับเปลี่ยนของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในการควบคุมในระบบอัตโนมัติ การรักษาความปลอดภัย การตรวจจับการบุกรุกสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย คุณภาพของการให้บริการ (QoS) [21] การพัฒนาทำให้มีประสิทธิภาพในการควบคุมการทำงานที่สูงขึ้นในด้านของการกำหนดเส้นทางโปรโตคอล[6],[8] โดยทั่วไปมีสองชั้นของการเซ็นเซอร์ที่มีประสิทธิภาพพลังงานที่มีโปรโตคอลเครือข่ายเส้นทางคือคลัสเตอร์เบสและแฟลตทั้งสองของจำพวกนี้จะทำให้บรรลุประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยการใช้เทคนิคในการจัดการโครงสร้างที่แตกต่างกัน ปัญหาการวิจัยในปัจจุบันในพื้นที่นี้ ในคลัสเตอร์ที่ใช้โปรโตคอลการกำหนดเส้นทางโหนดทั้งหมดจะถูกจัดเป็นกลุ่มที่มีหนึ่งโหนดที่เลือกที่จะเป็นหัวคลัสเตอร์สำหรับแต่ละกลุ่มนี้กลุ่มหัวรับแพ็กเก็ตข้อมูลจากสมาชิกของมัน พวกเขารวบรวมและส่งไปที่ซิงค์ข้อมูลในบางเส้นทางโปรโตคอลคลัสเตอร์ที่ใช้คลัสเตอร์หัวกำหนดช่อง TDMA ให้แก่สมาชิกในการกำหนดเวลาในการสื่อสารและโหมดการนอนหลับลำดับชั้นของการจัดกลุ่มพลังงานต่ำที่ปรับเปลี่ยน (Leach) [1],[2],[3],[13],[14],[15],[17] ถูกออกแบบมาสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์เชิงรุก ซึ่งในโหนดที่เป็นระยะสลับกับเซ็นเซอร์ของพวกเขาและเครื่องส่งสัญญาณสภาพแวดล้อมและการส่งข้อมูลโหนดสื่อสารกับพวกเขาคลัสเตอร์หัวโดยตรง และการหมุนแบบสุ่มของหัวคลัสเตอร์จะใช้ในการอย่างสม่ำเสมอกระจายโหลดการใช้พลังงานในหมู่เซ็นเซอร์ การเลือกคลัสเตอร์เฮดจะทำการเลือกจากสมาชิกจำนวนของเซ็นเซอร์ที่มีอยู่โดยเลือกจากการสุ่มจากการเหลือของพลังงาน คลัสเตอร์เฮดจะทำหน้ารวบรวมข้อมูลส่งไปยังเบสสเตชั่น เกณฑ์ที่มีประสิทธิภาพในเรื่องพลังงานที่มีความสำคัญโปรโตคอลเครือข่ายเซ็นเซอร์ (TEEN) [9] ถูกออกแบบมาสำหรับระบบเครือข่ายปฏิกิริยา ที่โหนดที่ตอบสนองทันทีกับการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันในสภาพแวดล้อมที่โหนดรู้สึกสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง แต่ข้อมูลที่ส่งไปยังคลัสเตอร์ที่หัวอย่างเดียวเมื่อเกณฑ์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้าบางส่วนจะถึงการปรับเกณฑ์ที่สำคัญธาตุพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เซ็นเซอร์เครือข่ายโปรโตคอลแอพทีนจะเป็นโปรโตคอลที่รวมคุณสมบัติของดังกล่าวข้างต้นทั้งสองโปรโตคอลโดย TEEN [9] การปรับเปลี่ยนที่จะให้มันส่งข้อมูลเป็นระยะคลัสเตอร์ที่ใช้โปรโตคอลเส้นทางที่สามารถจัดให้โหมดนอนของแต่ละโหนดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน อย่างไรก็ตามความซับซ้อนสูงและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นรูปแบบการแบนไม่รักษาโครงสร้างลำดับชั้นในการแพร่กระจายกำกับ [10] แต่ละโหนดการเผยแพร่ข้อมูลที่สนใจในการรับข้อมูลในรูปแบบมัลติฮ็อพหลักเพื่อรักษาการส่งต่อความสามารถเดิมของเครือข่ายโหนดอื่นๆ สามารถไปบ่อยขึ้นเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน การอนุรักษ์พลังงานโดยการระบุโหนดเทียบเท่าจากเส้นทางมุมมองและปิดโหนดที่ไม่จำเป็นเครือข่ายแบ่งออกเป็นกริดเพื่อให้โหนดทั้งหมดในกริดที่อยู่ติดกันสามารถสื่อสารกับแต่ละอื่น ๆ โดยตรงที่จุดในแต่ละครั้ง เพียงหนึ่งโหนดในแต่ละตารางมีการใช้งาน GPS (Global ตำแหน่งระบบ) หรือระบบตำแหน่งอื่น ๆ จะต้องได้รับข้อมูลสถานที่สำหรับการสร้างตารางโทโพโลยี และความล่าช้าในการติดตั้งเพื่อการประหยัดพลังงาน การเปลี่ยนจากโหมดการประหยัดพลังงานให้อยู่ในโหมดที่ใช้งานจะเรียกโดยเหตุการณ์การติดต่อสื่อสารเช่นการกำหนดเส้นทางการควบคุม ข้อความหรือแพ็กเก็ตข้อมูลด้วยแนวคิดความต้องการที่เกี่ยวกับพลังงานมากขึ้นสามารถอนุรักษ์อย่างไรก็ตามการใช้งานอาจต้องเผชิญกับความล่าช้าการติดตั้งเส้นทางในที่สุดการไหลของเครือข่ายและคุณภาพของการรับรู้ขั้นตอนวิธีการบริการที่มีอยู่ซึ่งใช้รูปแบบการจราจรในเครือข่าย และใช้คุณภาพของกลไกการให้บริการเพื่อรองรับความต้องการการกำหนดเส้นทาง ความเร็วหรือ [17] การจัดสรรเส้นทางพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพเป็นที่พบในการทำงานน้อยและในส่วนใหญ่มันไม่ได้มีการประเมินในบริบทของเครือข่ายเซ็นเซอร์ แต่การวิเคราะห์สถานการณ์ต่างๆที่ชนิดของกลไกเหล่านี้ถูกนำมาใช้ในเครือข่ายไร้สาย ซึ่งไม่ได้สะท้อนให้เห็นถึงเงื่อนไขเดียวกันเพราะความแตกต่างที่ยิ่งใหญ่ระหว่างข้อจำกัดของแหล่งข้อมูลของอุปกรณ์ของประเภทของแต่ละเครือข่าย

III. Routing Protocols [1],[2],[3],[13],[17]

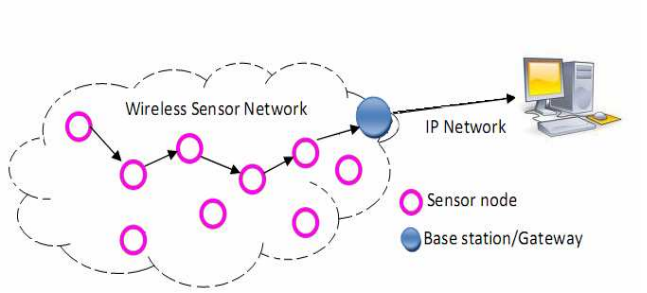
A. ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Networks: WSNs) [1],[2],[3],[13],[16],[17]

ระบบเครือข่ายเซ็นแซอร์ไร้สายเป็นอุปกรณ์เซ็นเซอร์เล็กๆจำนวนมากดังที่แสดงในรูปที่ 2.1 เพื่อตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆของสิ่งแวดล้อมที่เราสนใจและประมวลผลข้อมูลเหล่านั้นเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวเรา หรือตอบสนองกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้โดยอัตโนมัติ WSN เกิดขึ้นจากการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวและการสื่อสารไร้สาย ที่ส่งผ่านข้อมูลระหว่างเซ็นเซอร์โหนดด้วยรูปแบบเครือข่ายแบบ Ad-hoc จุดเด่นของเครือข่ายเซ็นเซอร์ที่อาศัยโปรโตคอลแบบ ad-hoc คือไม่จำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์พื้นฐานสำหรับเครือข่ายเช่นเดียวกับเครือ ข่ายแบบ WLAN หรือ GSM นอกจากนี้การออกแบบเซ็นเซอร์โหนดให้มีขนาดที่เล็กและใช้พลังงานน้อยทำให้ สามารถติดตั้งได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์จึงได้ถูกคาดการณ์ว่าจะเป็นเทคโนโลยีหลักในการ ขับดันสู่ยุคของคอมพิวเตอร์ทุกแห่งหน

สถาปัตยกรรมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายประกอบด้วยสาม ส่วนได้แก่ หน่วยร่วมของเซ็นเซอร์ เกตเวย์ และสถานีฐาน (base station)

ดังรูปที่ 1 โดยแต่ละหน่วยร่วมของเซ็นเซอร์จะติดต่อสื่อสารแบบไร้สายกับหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ข้างเคียง ซึ่งก็จะขึ้นอยู่กับความสามารถในการรับ/ส่งแบบไร้สาย แต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ควบคุมและจัดการงานของตัวเอง (self-organize) และทุกๆ หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ที่ติดต่อถึงกันจะทำงานร่วมกัน (collaboration) เป็นเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายทำให้แต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์สามารถส่งข้อมูลไปหากันได้ ถึงแม้ว่าหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ปลายทางจะไม่สามารถติดต่อกับหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ต้นทางได้โดยตรง โดยให้หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ระหว่างทางช่วยส่งข้อมูลต่อๆ กันตั้งแต่ต้นทางไปถึงยังปลายทาง วิธีการส่งแบบนี้เรียกว่าการส่งแบบมัลติฮ็อพ (multi-hop) เกตเวย์มีทำหน้าที่รับ ส่งข้อมูลระหว่างสถานีฐานและเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย โดยที่เกตเวย์อาจเป็นหน่วยร่วมของเซ็นเซอร์ธรรมดาหรือเป็นหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ที่มีความสามารถพิเศษในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย สถานีฐานทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่วัดได้จากหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ในเครือข่าย เซ็นเซอร์ไร้สาย ควบคุมการทำงานและติดต่อกับผู้ใช้งาน หรืออาจติดต่อกับเครือข่ายอื่นๆ เช่น อินเทอร์เน็ต

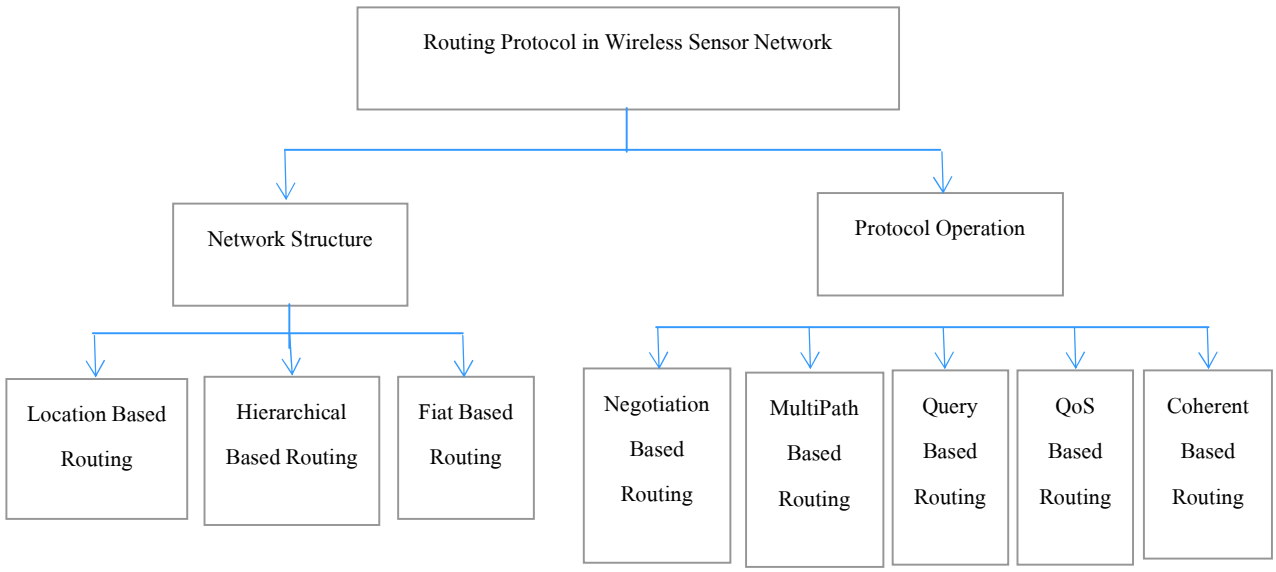
เนื่องจากเป็นการทำงานแบบไร้สายทำให้แต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ใช้แหล่ง พลังงานภายในหน่วยร่วมเซ็นเซอร์เองหรือในบางกรณีอาจใช้แหล่งกำเนิดพลังงาน เพื่อให้หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้ทำให้เครือข่ายมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาเนื่องจากหน่วยร่วมเซ็นเซอร์อาจหยุดทำงานเพราะพลังงานหมดหรือกลับขึ้นมาทำงานได้อีก ครั้งเมื่อมีพลังงานเพียงพอ รวมไปถึงในบางเครือข่าย ที่มีหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ที่เคลื่อนที่ได้ การเปลี่ยนแปลงของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์นั้นมีผลต่อโครงสร้าง (topology) ของเครือข่าย และส่งผลถึงเส้นทางในการส่งข้อมูลของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ โดยเส้นทางในการส่งข้อมูล ในแต่ละโครงสร้างนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการหาเส้นทาง (routing algorithm) ซึ่งวิธีการหาเส้นทางในแต่ละเครือข่าย จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของเครือข่ายนั้น ๆ



รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย **(Wireless Sensor Networks Architecture)**

B. การจัดประเภทตามหมวดหมู่ของโปรโตคอลเส้นทาง (Classification of Routing Protocols) [13]

บนพื้นฐานของโครงสร้างเครือข่ายเส้นทางโปรโตคอลในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสามารถแบ่งออกเป็นสถานที่ตามเส้นทางตามเส้นทางลำดับชั้น เส้นทางแบนที่ใช้ ในเส้นทางแบนที่ใช้โหนทั้งหมดที่ได้รับมอบหมายงานที่เหมือนกัน ในการกำหนดเส้นทางแบบลำดับชั้นที่ใช้โหนดจะดำเนินการแตกต่างกันในเครือข่าย



รูปที่ 2 การตัดหมวดหมู่ของการกำหนดเส้นทางโปรโตคอลในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Classification of Routing protocols in WSNs)

C. Network Structure

หากแบ่งกลุ่มโปรโตคอลตามโครงสร้างของเครือข่ายแล้วตัวโปรโตคอลที่มีอยู่ในปัจจุบันจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มหลักๆได้3 กลุ่มคือ Flat or Data Centric, Hierarchical และ Location-based Routing ดังนี้

(a) Location based Routing[3]

Location Based Routing ในโปรโตคอลกลุ่มนี้ การกระจายตำแหน่งของอุปกรณ์เซนเซอร์จะอ้างอิงถึงค่าเฉลี่ยของพื้นที่ที่ใช้งาน ระยะทางระหว่างเซนเซอร์แต่ละตัวจะสามารถประมาณได้จากความเข้มของสัญญาณ (Signal Strength) หรือในอีกกรณีที่เซนเซอร์ในระบบมีระบบ GPS แบบกำลังต่ำ การระบุตำแหน่งของเซนเซอร์แต่ละตัวก็สามารถทำผ่านระบบ GPS ได้ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน โปรโตคอลในกลุ่มนี้จะสั่งให้อุปกรณ์เซนเซอร์ที่ไม่ถูกใช้งานให้เปลี่ยนสถานะเป็น Sleep Mode ซึ่งถ้าสามารถตรวจสอบได้ว่าอุปกรณ์เซนเซอร์ที่ไม่ได้ทำงานมีมากเท่าใด และสั่งให้อุปกรณ์เหล่านั้นเปลี่ยนสถานะ ก็จะเป็นการประหยัดพลังงานรวมของระบบได้มากขึ้น ตัวอย่างในโปรโตคอลกลุ่มนี้คือ GAF, GEAR, GOAFR และ SPAN

(b) การกำหนดเส้นทางแบบลำดับชั้น (Hierarchical Routing) [11],[14],[17],[18]

การกำหนดเส้นทางแบบลำดับชั้น หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Cluster Based Routing โปรโตคอลในกลุ่มนี้จะมุ่งประเด็นไปที่การประหยัดพลังงาน (Energy-Efficient) ในการหาเส้นทางเพื่อส่งข้อมูล หลักการโดยรวมคือจะใช้เซนเซอร์ที่มีพลังงานของแบตเตอรี่เหลืออยู่มากในการรวบรวมข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากเซนเซอร์ที่เหลือพลังงานของแบตเตอรี่อยู่น้อย จึงมีการแบ่งกลุ่ม (Clustering) ของอุปกรณ์เซนเซอร์และเลือกอุปกรณ์เซนเซอร์ที่จะเป็น Cluster-Head ทำหน้าที่ในการรวบรวมข้อมูลระบบที่มีการใช้งานโปรโตคอลในกลุ่มนี้ จะทำให้อายุการใช้งานอุปกรณ์เซนเซอร์ในระบบยาวนานขึ้นตัวอย่างของโปรโตคอลที่อยู่ในกลุ่มนี้คือ PEGASIS, TEEN And APTEEN และโปรโตคอล LEACH จะถูกเลือกมาทำการเปรียบเทียบชะส่วนใหญ่

- **Leach Protocol** [1],[2],[3],[13],[14],[15],[17] เป็นอัลกอริทึมแบบกระจายและแนวคิดพื้นฐานคือการคัดเลือกสรรหาคลัสเตอร์เฮดโดยใช้วิธีการสุ่มในการหาคลัสเตอร์เฮด Heinzelman และคณะ [3],[24] เป็นผู้คิดค้นการออกแบบและสร้างอัลกอริทึมสำหรับการแบ่งกลุ่ม (Clustering) ที่ชื่อว่า LEACH (Low - Energy Adaptive Clustering Hierarchy) ในปี คศ.2000 ซึ่ง LEACH เป็นโปรโตคอลที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มของ Cluster Based Routing ที่จะทำ การแบ่งกลุ่มอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่อยู่ในระบบเครือข่าย โปรโตคอล LEACH จะทำการสุ่มเลือกอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ ทำหน้าที่เป็น Cluster-Head (CH) เพื่อเป็นศูนย์กลางในการจัดสรรพลังงานในการส่งข้อมูลในระบบ ในโปรโตคอล LEACH โหนดที่เป็น CH จะทำการบีบอัดข้อมูลที่ได้รับจากโหนดอื่น ๆ ที่อยู่ใน Cluster เดียวกัน และรวบรวมข้อมูลทั้งหมดก่อนที่จะส่งไปยัง Base Station โปรโตคอล LEACH จะใช้เทคนิคของ TDMA/CDMA MAC เพื่อลดอัตราการชนกันของข้อมูล อย่างไรก็ตามการทำงานของ LEACH จะเป็นการสะสมข้อมูลแบบ Centralized และไม่ต้องมีการประมวลผลตลอดเวลา โปรโตคอล LEACH จะเหมาะแก่การนำมาใช้ตรวจวัดแบบ Constant Monitoring ซึ่งผู้ใช้อาจจะไม่ต้องการนำข้อมูลที่วัดได้มาใช้งานแบบรีบเร่ง ในที่นี้การส่งข้อมูลบ่อยๆ อาจจะไม่จำเป็น เนื่องจากจะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยใช่เหตุ เมื่อกำหนดช่วงเวลาที่จะใช้ในการส่งข้อมูลแล้ว บทบาทของ CH จะเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ เพื่อลดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ผู้วิจัยได้ค้นพบว่า เพียง 5% ของจำนวนโหนดทั้งหมดในระบบเท่านั้น ที่จะถูกเลือกมาเป็น CH และระบบก็จะทำงานได้อย่างมีสมรรถนะ

วิธีการทำงานของ LEACH จะแบ่งออกเป็น 2 ลำดับคือ Setup Phase และ Steady State Phase ในลำดับของ Setup Phase จะมีการแบ่งกลุ่มของโหนดในระบบ และมีการเลือก CH และใน Steady State ก็จะมีการส่งข้อมูลจริงไปยัง Base Station เวลาในการทำงานของ Steady State Phase จะนานกว่า Setup Phase ในการทำงานช่วง Setup Phase จะมีโหนดจำนวน p เปอร์เซนต์ จากจำนวนโหนดทั้งหมดที่จะเลือกตัวเองให้เป็น CH จากนั้นแต่ละโหนดจะสุ่มเลือกค่า γ ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 กับ 1 ถ้าจำนวนที่ได้ทำการสุ่มเลือก มีค่าน้อยกว่าค่า $T(n)$ ที่เป็นค่า Threshold โหนดนั้นจะถูกเลือกให้เป็น CH ค่า $T(n)$ ของรอบที่ n จะคำนวนได้จากสมการ

$$T(n) = \begin{cases} \dfrac{P}{1-P*(r \bmod 1/p)} & \text{If } n \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

P = % ที่ต้องการของคลัสเตอร์เฮด (อาทิเช่น = 0.05)

r = รอบปัจจุบัน

G = เซ็ตของโหนดที่ยังไม่ได้การตัดเบือกเป็นคลัสเตอร์เฮดในรอบที่ 1 / P ล่าสุด

เมื่อ G เป็นเซตของโหนดที่เกี่ยวข้องกับการเลือก CH แต่ละ CH ที่ได้ถูกเลือกขึ้นมาใหม่จะส่งข้อมูลไปยังโหนดอื่นๆเพื่อรายงานสถานภาพ โหนดอื่นๆที่ไม่ได้ถูกเลือกก็จะทราบสถานภาพของตัวเองว่าเมื่อจะทำการส่งข้อมูลไปยัง Base Station จะต้องส่งผ่าน CH ตัวใด ทั้งนี้การตัดสินใจขึ้นอยู่กับ ความเข้มของสัญญาณ (Signal Strength) เมื่อ CH ได้รับข้อมูลจากโหนดอื่นๆที่เป็นสมาชิกในกลุ่ม ก่อนทำการส่งข้อมูล CH จะสร้าง TDMA Schedule และกำหนดช่วงเวลาที่แต่ละโหนดจะสามารถ ส่งข้อมูลได้และบอกกับโหนดทุกตัวที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

ในช่วงการทำงานของ Steady State โหนดแต่ละตัวก็จะเริ่มทำการส่งข้อมูลไปยัง CH ของแต่ละกลุ่ม และ CH ก็จะทำการรวบรวมข้อมูลก่อน

ส่งต่อไปยัง Base Station เมื่อผ่านพ้นช่วงเวลาที่ได้ทำการกำหนดไว้ การทำงานก็จะกลับมาที่ Setup Phase อีกครั้ง เพื่อทำการเลือก CH ใหม่ วนไปอย่างนี้เรื่อย ๆ และแต่ละ Cluster ก็จะใช้ CDMA Code ที่ต่างกันเพื่อลดอัตราการรบกวนสัญญาณที่อาจจะเกิดขึ้นได้

ถึงแม้ว่า LEACH จะประหยัดพลังงานในการส่งข้อมูล แต่ก็ยังมีข้อจำกัดหลาย ๆ อย่าง LEACH จะกำหนดไว้ว่าโหนดทุกโหนดจะสามารถส่งข้อมูลด้วยกำลังส่งที่พอเพียงที่จะส่งข้อมูลจากตัวมันไปยัง Base Station ได้ ถึงอย่างไร LEACH ก็ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับระบบเครือข่ายที่มีขนาดใหญ่ โปรโตคอล LEACH จะสมมติว่าโหนดทุกตัวจะมีการส่งข้อมูลอยู่เสมอและโหนดที่อยู่ใกล้กันก็จะมีข้อมูลที่คล้ายกันด้วย

(c) Flat or Data Centric Based Routing [18],[3]

Flat Routing อุปกรณ์เซนเซอร์ทุกตัวในระบบจะมีบทบาทในการทำงานเหมือนกัน ในกรณีที่อุปกรณ์เซนเซอร์ในระบบมีจำนวนมากๆ จะเป็นการยากในการที่จะระบุตำแหน่งของเซนเซอร์แต่ละตัว นำมาซึ่งการหาเส้นทางแบบ Data Centric ที่ Base Station จะส่งสัญญาณไปหาเซนเซอร์แต่ละตัวและรอการตอบรับ ตัวอย่างของและลักษณะการทำงานคร่าวๆของโปรโตคอลที่ถูกจัดอยู่ในประเภทนี้จะอธิบายได้ดังนี้

- Sensor Protocols for Information via Negotiation (SPIN) [3],[8] จะมีการส่งกระจายข้อมูลจากแต่ละโหนดไปยังโหนดอื่น ๆ ที่อยู่ในระบบเครือข่าย โดยเสมือนว่าทุกโหนดในระบบเป็น Base Station ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้งานสามารถดึงข้อมูลจากโหนดที่ต้องการได้ทันที โหนดที่ใช้โปรโตคอล SPIN จะใช้ High-Level Name เพื่ออธิบายว่าตัวมันเก็บข้อมูลประเภทใดไว้ (Meta-Data) เช่นการที่เซนเซอร์ใช้รหัสประจำตัวที่ไม่ซ้ำกันในการรายงาน Meta-Data แล้วทำการตกลงกันก่อนที่จะส่งข้อมูลนั้น ๆ จึงเป็นการป้องกันความซ้ำซ้อนของข้อมูลที่จะส่งภายในระบบ อีกทั้ง SPIN ยังทราบถึงระดับของแบตเตอรี่ของอุปกรณ์เซนเซอร์แต่ละตัว และจะปรับเปลี่ยนโปรโตคอลในการส่งข้อมูลโดยคำนึงถึงพลังงานแบตเตอรี่ที่เหลืออยู่ การทำงานของโปรโตคอล SPIN จะจัดอยู่ในประเภท Time-Driven ซึ่งจะมีการกระจายข้อมูลไปทั่วทั้งระบบเครือข่าย ถึงแม้ว่าผู้ใช้จะไม่มีการร้องขอข้อมูลก็ตาม หลักการในการประหยัดพลังงานของ SPIN คือการเลือกส่งข้อมูลที่อธิบายสถานะของเซนเซอร์ก่อน แทนที่จะส่งข้อมูลทั้งหมดออกไป

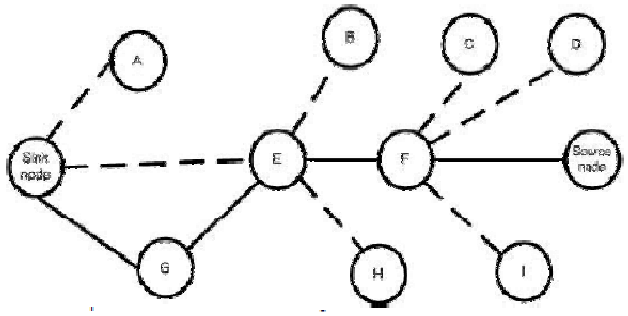
ข้อดีของ SPIN อีกข้อหนึ่งก็คือสามารถรู้ได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการกระจายของเซนเซอร์ในระบบโดยใช้เทคนิคของ Single-Hop Neighbor แต่ SPIN จะไม่สามารถทราบได้เลยว่าข้อมูลที่ส่งไป ไปถึงยังปลายทางหรือไม่ จึงไม่ควรนำ SPIN มาใช้กับการส่งข้อมูลที่สำคัญ

- Direct Diffusion มีวิธีการทำงานแบบ Data Centric และเป็นแบบอย่างในการออกแบบโปรโตคอลชนิด Application – Aware ข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ทุกตัวจะถูกตั้งชื่อโดย Attributed-Value Pair หลักการทำงานที่สำคัญของ Direct Diffusion ก็คือการรวบรวมข้อมูลที่ได้มาจากหลาย ๆ ที่โดยอาศัยวิธีการของการตรวจสอบการซ้ำกันของข้อมูลและลดจำนวนครั้งในการส่งข้อมูลเพื่อการประหยัดพลังงาน การทำงานจะแบ่งออกเป็นสามลำดับคือ Base Station จะส่งข้อมูลที่เรียกว่า Interest ไปยังเซนเซอร์ทุกตัวในระบบ จากนั้นก็จะมีการหาเส้นทางที่เป็นไปได้สำหรับการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ไปยัง Base Station ก่อนที่จะทำการส่งข้อมูลไปตามเส้นทางที่เลือกไว้สำหรับ Direct Diffusion แล้วจะพบว่าเซนเซอร์จะส่งข้อมูลเมื่อมีการร้องขอจาก Base Station เท่านั้นและข้อมูลที่ส่งไปก็จะเป็นข้อมูลที่ Base Station ต้องการ และ Direct Diffusion ก็จะมีความสามารถในการ Caching และ Aggregate ข้อมูล แต่ไม่ควรนำ Direct Diffusion มาใช้ในการตรวจวัดข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง เช่นอุณหภูมิ, ความชื้น

D. Energy aware

โปรโตคอลรูปแบบนี้มีมุ่งหมายที่จะประหยัดพลังงานที่มีในโหนดตรวจจับให้ได้มากที่สุดเพื่อเพิ่มเวลาในการใช้เครือข่ายตรวจจับให้นานที่สุด จึงออกแบบให้มีการหาเส้นทางเดียวไปยังปลายทางซึ่งต่างจากโปรโตคอลปกติที่จะกระจายการหาเส้นทางโดยจะมีหลายเส้นทางไปยังปลายทาง ซึ่งเมื่อลดการหาเส้นทางให้เหลือเพียงเส้นทางเดียวก็จะทำให้ประหยัดพลังงานได้มากกว่าโปรโตคอลปกติตัวอย่างของโปรโตคอลนี้

โปรโตคอลการหาเส้นทางที่ประหยัดพลังงานนั้นส่วนใหญ่จะสร้างเส้นทางเดียวในการสื่อสารเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานแต่จะเกิดปัญหาเมื่อเส้นทางนั้นล้มเหลว ก็จะต้องสร้างเส้นทางใหม่ไม่สามารถใช้เส้นทางอื่นได้ ซึ่งโปรโตคอลนี้ได้มีส่วนของเส้นทางสำรองเพื่อให้สามารถใช้เส้นสำรองได้ทันทีหลังจากเส้นทางหลักล้มเหลว และจากการที่กำหนดพลังงานขั้นต่ำในการเชื่อมต่อสามารถกระจายการใช้พลังงานในเครือข่ายได้



รูปที่ 3 แสดงการหาเส้นทางใน Energy Aware Routing

IV. คุณภาพของการให้บริการ (Quality of Service : QoS)

ในการใช้งานเพื่อตรวจสอบหาเส้นทาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครือข่ายที่มีเพื่อตอบสนองตัวชี้วัดคุณภาพของการให้บริการ อาทิเช่น ความล่าช้า การเตือน การส่งข้อมูล ฯลฯ เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดขณะส่งข้อมูล ดังนั้นการกำหนดเส้นทางโปรโตคอลที่มีคุณภาพของการบริการที่ดีเพื่อให้คุณภาพการส่งข้อมูลถูกลดความซ้ำซ้อน เพิ่มความยืดหยุ่นและลดการสูญเสียลงได้ต้องมีการกำหนดเส้นทางที่ดีในการควบคุมของระบบ [24] ให้ที่มีประสิทธิภาพที่ดี

V. ประสิทธิภาพของพลังงาน (Energy Efficient)

การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพนั้นมี คือการลดใช้พลังงานให้ใช้จำนวนที่น้อยลง เพื่อให้เกิดประโยชน์เท่าเดิม สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครือข่ายเซ็นเซอร์ การนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่ต่างๆ มาประยุกต์พัฒนาลดใช้พลังงาน รปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานในเส้นทางที่ไกล มีการลดระยะทาง การเพิ่มความเร็วในการหล่นระยะเวลาการเดินทางส่งข้อมูล

ตารางที่ 1 การจำแนกประเภทของโปรโตคอลการกำหนดเส้นทางในเครือข่ายเซ็นเซอร์

Routing Protocol	Data centric[18,][3]	Hierarchical [11],[14],[17],[18]	Locationbased[3]	QoS[6],[25],[26]	Network flow	Data aggregating
SPIN [3],[8]	✓					✓
Directed Diffusion	✓					✓
Rumor Routing	✓					✓
Shahet al.	✓		✓			
GBR	✓					✓
CADR	✓					
COUGAR	✓					✓
ACQUIRE	✓					
Feet al.					✓	
LEACH [1],[2],[3],[13],[14],[15],[17]		✓				✓
TEEN[9]&APTEEN	✓	✓				✓

Routing Protocol	Data centric[18,][3]	Hierarchical [11],[14],[17],[18]	Locationbased[3]	QoS[6],[25],[26]	Network flow	Data aggregating
PEGASIS		✓				✓
Younis et al.		✓	✓			
Subramanian et al.		✓				✓
MECN&SMECN			✓			
GAF		✓	✓			
GEAR			✓			
Chang et al.		✓			✓	
Kalpakis et al.			✓		✓	
Akkaya et al.		✓		✓		
SAR				✓		
SPEED			✓	✓		

ตาราง 2 ผลการเปรียบเทียบลักษณะการทำงานของ SPIN, LEACH และ Direct Diffusion [14]

	SPIN	LEACH	Direct Diffusion
Optimal Route	**No**	**No**	**Yes**
Network Lifetime	**Good**	**Very Good**	**Good**
Resource Awareness	**Yes**	**Yes**	**Yes**
User of Meta-Data	**Yes**	**No**	**Yes**

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบงานวิจัยโดยจะการเปรียบเทียบแบ่งแยกตามโปรโตคอล

Routing Protocol	Data centric[18],[3]	Hierarchical[11],[14],[17],[18]	การสิ้นเปลืองพลังงาน	QoS[6],[25],[26]	Efficiency[8],[1],[4],[16],[17],[21][25],[26]
TEEN[9]		✓	Low	Good	Very Good
LEACH [1],[2],[3],[13],[14],[15],[17]		✓	Very Low	Good	Very Good
SPIN[3],[8]	✓		Normal	Normal	Good
DIRECTED DIFFUSSION[6]	✓		High	Normal	Low

VI,. สรุป (Conclusion)

การกำหนดเส้นทางสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย แม้ว่ามีหลายเทคนิคในการกำหนดเส้นทางแต่บางเทคนิคต้องมีการแก้ไข ทางด้านคุณภาพของการบริการ ประสิทธิภาพของการรับส่ง แต่ในงานวิจัยนี้อาจจะมุ่งเน้นไปทางการประหยัดพลังงานของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย โปรโตคอลหาเส้นทางที่ประหยัดพลังงาน พลังงานเดิมจะมีการเส้นทางสำรองขึ้นมาในกรณีของเส้นทางล้มเหลวก็สามารถใช้เส้นทางสำรองได้ เส้นทางอาจใช้ระยะเวลาที่นาน อายุการใช้งานโดยรวมของพลังงานมีอายุการใช้งานที่ไม่นาน ประสิทธิภาพในการทำงานเกิดความล่าช้า การสูญเสียของแพ็คเก็ต ในอนาคตควรที่จะแก้ไขเรื่องคุณภาพของการบริการรับส่งของข้อมูล เพื่อให้มีประสิทธิภาพมีความยืดหยุ่นให้ดีขึ้นตามความต้องการตามการใช้งาน และในเรื่องการประหยัดพลังงานการกำหนดเส้นทางของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย สามารถเรื่องอายุการใช้งานให้อยู่นานขึ้น เพิ่มความเร็ว หาระยะทางที่สั้นเพื่อลดระยะเวลา เพิ่มประสิทธิภาพของการทำงาน

อ้างอิง (Reference)

[1] A.Rajeswari, P.T.Kalaivaani, "**Energy Efficient Routing Protocol for Wireless Sensor Networks Using Spatial Correlation Based Medium Access Control Protocol Compared with IEEE 802.11**", Electron& Commun Eng Dept, Coimbatore Inst of Technol, Coimbatore, India, 20 July 2011, pp.1 – 6.

[2] Sanjay K. Dhurandher[1], Mohammad S. Obaidat[2], Gaurav, Jain[3], Isha Mani Ganesh[4], Vinay Shashidhar[5], **"An Efficient and Secure Routing Protocol for Wireless Sensor Networks using Multicasting**", [1] Fellow of IEEE and Fellow of SCS, [1]CAITFS, Division of Information Technology, Netaji Subhas Institute of Technology, University of Delhi, New Delhi, India, [2]Department of Computer Science & Software Engineering, Monmouth University, NJ, USA, [3,4,5]Division of Computer Engineering, Netaji Subhas Institute of Technology, University of Delhi, New Delhi, India, 18-20 Dec. 2010, pp.374 – 379.

[3] Naveen Kumar, Mrs. Jasbir Kaur, **"Improved LEACH Protocol for Wireless Sensor Networks"**, Department of E&EC , PEC University of Technology, Chandigarh, India, 2011.

[4] D.Baghyalakshmi, Jemimah Ebenezer, S.A.V. Satyamurty**, "LOW LATENCY AND ENERGY EFFICIENTROUTING PROTOCOLS FOR WIRELESSSENSOR NETWORKS",** Computer Division, Indira Gandhi Centre for Atomic Research, Kalpakkam, 2010.

[5] Wu Xinhua , Wang Sheng, "**Performance Comparison of LEACH and LEACH-C Protocols by NS2",** School of Computer Science & Technology, Wuhan University of Technology, Wuhan, Hubei, China, 2010, pp.254-258.

[6] Kemal Akkaya, Mohamed Younis, "**An Energy-Aware QoS Routing Protocol for Wireless Sensor Networks",** Department of Computer Science and Electrical Engineering University of Maryland, Baltimore County, Baltimore, MD, pp.1-20.

[7] Ming Liu[1], Jiannong Cao[2], Guihai Chen[3], Xiaomin Wang[1], "**An Energy-Aware Routing Protocol in Wireless Sensor Networks**", [1]School of Computer Science and Engineering, University of Electronic Science and Technology of China,

Chengdu, [2]Department of Computing, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, [3]State Key Laboratory of Novel Software Technology, Nanjing University, Nanjing, 210093, P.R. China, 2009, pp.445-462.

[8] R. Vidhyapriya[1], P.T. Vanathi[2], **"Energy Aware Routing for Wireless Sensor Networks",** [1]Dept. of Information Technology, PSG College of Technology, [2]Dept. of ECE, PSG College of Technology, 2007, pp.545-550.

[9] Arati Manjeshwar and Dharma P. Agrawal, "**TEEN: A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks**", Center for Distributed and Mobile Computing, ECECS Department, University of Cincinnati, Cincinnati, OH.

[10] Wen-Wen Huang, Min Yu, Li-Qiong Xiong, Jian Wen**, "Energy-Efficient Hierarchical Routing Protocol for Wireless Sensor Networks",** College of Computer Information Engineering,Jiangxi Normal University, Nanchang, Jiangxi, 330022, China, 2008, pp.640-644.

[11] Dionisis Kandris[1], Panagiotis Tsioumas[1], Anthony Tzes[2], Nikolaos Pantazis[3], Dimitrios D. Vergados[4], "**Hierarchical Energy Efficient Routing in Wireless Sensor Networks**", [1]Department of Electronics, Technological Institution of Athens, 12210 Athens, [2]Department of Electrical and Computer Engineering, [3]Department, University of Patras, 26500 Rio, [4]Department of Informatics, University of Piraeus, 18534 Piraeus, Greece, 25 June 2008, pp.1856-1861.

[12] Jalil Jabari lotf [1], Rasim M. Alguliev[1], Mehran Hosseinzadeh[2], "**Hierarchical routing in wireless sensor networks: a survey**", [1]Institute of Information Technology, University of ANAS, Baku,Azerbaijan Republic, Department of Computer Engineering, University College of Nabi Akram, Tabriz, IRAN, 2010, pp.650-654.

[13] Xu Long-long, Zhang Jian-jun, **"Improved LEACH Cluster Head Multi-hops Algorithm in Wireless Sensor Networks",** School of Information Science and Technology, Northwest University, Xi'an, China, 2010, pp.263-267.

[14] Hui Li[1], Jianghong Shi[1], Qi Yang [1], Dezhong Zhang[2], **"An Energy-Efficient Hierarchical Routing Protocol for Long Range Transmission in Wireless Sensor Networks",** [1]Dept. of Communication Engineering, [2]Dept. of Computer Science, Xiamen University, Xiamen, China, 2010, pp.5-8.

[15] Sara Abd EL Aziz, Haitham S. Hamza, Imane A. Saroit, **"An Energy-Efficient Hierarchical Routing Protocol for Wireless Sensor Networks",** Information Technology Department, Faculty of Computers and Information, Cairo University, 5 Dr. Ahmed Zoweil st., Dokki, Giza 12613, Egypt, 2010.

[16] Lei Li[1], Aiping Huang[1, 2], Ning Xu[1], Yong Cheng[1], Hongtao Zhang[3], **"An Energy-Efficient Ring-based Hierarchical Routing Protocol for Wireless Sensor Networks",** [1]Institute of Information and Communication Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, 310027, [2]Zhejiang Provincial Key Laboratory of Information Network Technology, Hangzhou, 310027, [3]Institute of Hangzhou Applied Acoustics, Hangzhou, 310012, China, 2010.

[17] Said BEN ALLA, Abdellah EZZATI, Abderrahim BENI HSSANE, Moulay Lahcen HASNAOUI, **"Hierarchical Adaptive Balanced energy efficient Routing Protocol (HABRP) for heterogeneous wireless sensor networks**", Department of Mathematics and Computer Sciences, Systems Analysis and Processing Information Laboratory, FST Settat, Morocco, 2010.

[18] Amir Mollanejad[1], Leili Mohammad Khanli[2], Mohammad Zeynali[1], Hadi Bahrbegi[1], **"EHRP: Novel Energy-aware Hierarchical Routing Protocol in Wireless Sensor Network",** [1] Islamic Azad University-Jolfa Branch, [2]Assistant professor, Department of computer, science University of Tabriz, Tabriz,Iran, 2010, pp.970-975.

[19] Samina Ehsan, Bechir Hamdaoui, **"A Survey on Energy-Efficient Routing Techniques with QoS Assurances for Wireless Multimedia Sensor Networks",** The authors are with the School of EECS, Oregon State University, 2011, pp.1-14.

[20] Kyung Tae Kim, Byung Jun Lee, Jae Hyun Choi, Bo Yle Jung, Hee Yong Youn, "**An Energy Efficient Routing Protocol in Wireless Sensor Networks**", School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, Korea, 2009, pp.132-139.

[21] Xin Liu, Quanyu Wang, Xuliang Jin, **"An Energy-efficient Routing Protocol for Wireless Sensor Networks",** Department of Computer Science and Technolog, Beijing Institute of Technolog, Beijing 100081, China, 25 June 2008, pp.1728-1733.

[22] Maher N. Elshakankiri[1], Mohamed N. Moustafa[2], Yasser H. Dakroury[2], **"Energy Efficient Routing Protocol for Wireless Sensor Networks",** [1]Computer Engineering Department, Faculty of Computer, Umm Al-Qura University, Makkah Al-Mukkaramah, Saudi Arabia, [2]Computer Engineering Department, Faculty of Engineering, Ain Shams University, Cairo, Egypt, 2008,pp.393-398.

[23] Azeddine Bilami, Djallel Eddine Boubiche "**A hybrid Energy Aware Routing Algorithm for Wireless Sensor Networks**", Department of Computer Science University of Batna, ALGERIA, 2008, pp.975-980.

[24] Wendi Rabiner Heinzelman, Anantha Chandrakasan, and Hari Balakrishnan, **"Energy-Efficient Communication Protocol forWireless Microsensor Networks"**, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139, 7 Jan. 2000, pp.1-10.

[25] Amir Hossein Mohajerzadeh, Mohammad Hossein Yaghmaee, **"An Efficient Energy Aware Routing Protocol for Real Time Traffic in Wireless Sensor Networks",** Department of Computer Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, 12 Oct 2009. pp.1-9.

[26] Bashir Yahya, Jalel Ben-Othman, **"An Energy Efficient and QoS Aware Multipath Routing Protocol for Wireless Sensor Networks"**, Department of Computer Science, PRiSM Laboratory University of Versailles Saint Quentin, 45 Avenue des, Etats-Unis, 78000 Versailles, France, 23 October 2009, pp.93-100.

[27] Sung-Hyup Lee[1], Dong-Won Kum[2], Kang-Won Lee[2], You-Ze Cho[2], "**Energy-Efficient Data-Aware Routing Protocol for Wireless Sensor Networks**", [1]Industry Support Division, Korea Radio Promotion Agency, Seoul, [2]School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University,Daegu, Korea, 2007, pp.101-106.

[28] Liming He**, "Delay-Minimum Energy-Aware Routing Protocol (DERP) for Wireless Sensor Networks**", Telecommunications Engineering Schoo, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing, China, 30 July2007, pp.155-160.

[29] Amir Hosein Fathy Navid**, "SELARP: Scalable and Energy-aware Learning Automata-based Routing Protocols for Wireless Sensor Networks**", Computer Engineering Department, Islamic Azad University Hamadan Branch, Hamadan,Iran, 2010, pp. 570-576.