

การจัดกำหนดการส่งข้อมูลในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

เพื่อการประหยัดพลังงาน

เจนจิรา สุนย์กลาง สังกัด ภาวโร และ รศ.ดร. โชติพัชร ภรณ์วลัย

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

Emails: 58070104@kmitl.ac.th, 58070140@kmitl.ac.th และ chotipat@it.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

เครือข่ายเน็ตเวิร์คไร้สาย กล่าวถึงการทำงานของอุปกรณ์ขนาดเล็กที่เรียกว่า เซ็นเซอร์ การแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อใช้สื่อสารกันระหว่างเซ็นเซอร์นั้นใช้การส่งผ่านด้วยคลื่นวิทยุ ด้วยข้อจำกัดทางกายภาพของเองนั้นมีหลายกรณี ทั้งพลังงานที่มีอยู่จำกัด การใช้พลังงานที่ไม่เท่าเทียมกันของเซ็นเซอร์จากการส่งข้อมูลในกระบวนการทำงาน ส่งผลให้อายุการทำงานของเซ็นเซอร์ในพื้นที่การศึกษามีอายุการทำงานไม่เท่าเทียมกัน ดังนั้นจะกล่าวถึงการทำงานเพื่อแก้ไขปัญหาอายุการใช้งานของเซ็นเซอร์ด้วยการ กำหนดส่งข้อมูลด้วยตารางเวลาที่ลดขั้นตอนการทำงานของเซ็นเซอร์ และการส่งข้อมูลเมื่อมีความแตกต่างเท่านั้น เพื่อให้อายุการใช้งานของเซ็นเซอร์นั้นเพิ่มขึ้น โดยการจำลองการทดลองวิธีการทำงานของเครือข่ายเน็ตเวิร์คไร้สาย ใช้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์สร้างชุดคำสั่งภาษา Python เพื่อการทดสอบประสิทธิภาพของการการทำงานของทั้งสองกระบวนการ ผลลัพธ์ที่ได้นั้นแสดงให้เห็นว่า การกำหนดส่งข้อมูลด้วยตารางเวลาที่ลดขั้นตอนการทำงานของเซ็นเซอร์ และการส่งข้อมูลเมื่อมีความแตกต่างเท่านั้นสามารถลดพลังงานในการทำงานของแต่ละเซ็นเซอร์ และ การใช้พลังงานที่ลดลงนั้นแปรเปลี่ยนเป็นทำให้อายุการใช้งานของเซ็นเซอร์นั้นยาวนานขึ้น

คำสำคัญ – อุปกรณ์เซ็นเซอร์ไร้สาย(Wireless Sensor Node), กลุ่มของเซ็นเซอร์(Cluster nodes), รอบตารางเวลา(Super Round), ความ แตกต่างของข้อมูล(Dissimilar of data)

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

Wireless Sensor Network หรือ เครือข่ายเน็ตเวิร์คไร้สาย เป็นระบบที่มีการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์แบบไร้สาย โดยใช้คลื่นวิทยุแทนการใช้สายสัญญาณ อุปกรณ์ที่ใช้กันนั้นมีจุดมุ่งหมาย คือ การตรวจจับคุณสมบัติของสิ่งแวดล้อมในบริเวณเป้าหมาย เช่น อุณหภูมิ ความชื้น หรือ การเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต เพื่อการนำที่ได้ข้อมูลดังกล่าวประมวลผลเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโดยอัตโนมัติ อุปกรณ์ที่นำมาใช้งานถูกเรียกว่า เซ็นเซอร์ (Sensor หรือ Node) คืออุปกรณ์ขนาดเล็กที่มีความสามารถในการ

เชื่อมต่อซึ่งกันและกันที่ ภายในเซ็นเซอร์บรรจุด้วยชุดคำสั่งที่มีหน้าที่ควบคุมการทำงานในขอบเขตและเป้าหมายการทำงานที่แตกต่างกันไป และ ปัจจัยหลักที่ทำให้เซ็นเซอร์ทำงานตามความต้องการได้นั้นคือแหล่งพลังงานที่จำเป็นต่อการทำงานแต่ละขั้นตอนเพื่อส่งข้อมูลกับสถานีฐาน (Base Station หรือ BS) ที่มีหน้าที่รวบรวมข้อมูลจากเซ็นเซอร์จากพื้นที่ที่ใช้ศึกษาสิ่งแวดล้อมนั้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

การศึกษาโปรโตคอลเซ็นเซอร์ไร้สายในงานวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาค้นหากระบวนการแก้ไขปัญหาการใช้พลังงานที่ไม่เต็มประสิทธิภาพของหนึ่งรอบการทำงานของเซ็นเซอร์ใน

ที่พื้นการจำลองศึกษา เพื่อต้องการยืดระยะการใช้งานของ เซ็นเซอร์นั้นให้ได้นานที่สุด โดยศึกษาจากงานวิจัย ต่าง ๆ ที่ผ่านมาเพื่อเป็นแนวทางศึกษาการทำงาน และเป็นแรงบันดาลใจให้เกิดแนวคิดวิธีแก้ไขปัญหาของการใช้ พลังงานที่ไม่สมดุลที่เกิดขึ้น เพื่อให้ได้มาซึ่งรูปแบบที่ เหมาะสมต่อการทำงานสภาพแวดล้อมของพื้นที่ที่แตกต่างกันของสภาพแวดล้อม

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Node)

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่ทำหน้าที่ตามชุดคำสั่งที่ ถูกติดตั้งมาพร้อมใช้งาน ความ สามารถของเซ็นเซอร์นั้น มี ทั้งการสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์กันเองด้วยคลื่นวิทยุ โดย ภายในนั้นถูกบรรจุแบตเตอรี่ในปริมาณที่จำกัดไว้ในตัว อุปกรณ์ หน้าที่ของเซ็นเซอร์นั้นจะคอยตรวจจับข้อมูล ที่ ต้องการศึกษาในบริเวณโดยรอบที่เซ็นเซอร์นั้นเองได้ตาม ชุดคำสั่งที่ได้ติดตั้งไว้ และ จะส่งข้อมูลที่เก็บได้ไปยัง สถานีฐานเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อไป

2.2 สถานีฐาน (Base Station หรือ BS)

นั้นเป็นสถานที่ตั้งของอุปกรณ์ตัวมีหน้าที่เป็นรับและ ส่งสัญญาณวิทยุ เพื่อเชื่อมต่อสื่อสารกับเซ็นเซอร์ในพื้นที่ การทดลอง เป็นปัจจัยที่จำเป็นมากสำหรับการสื่อสารแบบ ไร้สาย เพราะยังมีหน้าที่รวบรวมข้อมูลที่ได้มาจาก เซ็นเซอร์เพื่อนำมาวิเคราะห์ในปัจจัยที่ต้องการสื่อสาร

2.3 รูปแบบการติดตั้งเซ็นเซอร์ในพื้นที่

พื้นที่ของการจำลองการทำงานอยู่ในลักษณะพื้นที่สี่เหลี่ยม โดยมี ความกว้าง และ ความยาว ใน หน่วยตารางเมตร การติดตั้งเซ็นเซอร์ลงบนพื้นจำลองการทดลองด้วย ชุดคำสั่งทางคอมพิวเตอร์ที่จะใช้วิธีติดตั้งแบบ Uniform Distribution ซึ่งเป็นการติดตั้งแบบกำหนดตำแหน่ง เซ็นเซอร์ การสุ่มหมายเลขคู่อันดับตำแหน่งภายใต้ ขอบเขตพื้นที่ของการจำลองด้วยชุดคำสั่งทั้งหมด

2.4 ความหนาแน่นของเซ็นเซอร์ไร้สาย

ค่าประมาณของปริมาณเซ็นเซอร์ไร้สายที่จะถูกใช้ในพื้นที่ ที่กำหนดขึ้น แทนด้วยสัญลักษณ์ σ มีหน่วยเป็นจำนวน เซ็นเซอร์ต่อตารางเมตร (node/meter²) เรียกว่าค่า node density ค่าความหนาแน่นของเซ็นเซอร์จะมีค่าไม่เกิน 1 ยังมีค่าเข้าใกล้มาก 1 มากเท่าไรนั้นหมายถึงจำนวน เซ็นเซอร์ที่มีในพื้นที่การทดลองจะมีจำนวนมากขึ้น

2.5 กลุ่มของเซ็นเซอร์และหน้าที่

2.5.1 กลุ่มผู้เข้าแข่งขัน (Candidate Cluster Head)

เมื่อเริ่มต้นการทำงานในแต่ละรอบการทำงานของเครือข่าย ไร้สายเซ็นเซอร์นั้นจะมีการแข่งขันของเซ็นเซอร์ทั้งหมด ด้วยกันเองเพื่อหาเซ็นเซอร์ที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมได้เป็น หัวหน้ากลุ่ม(CH) ของการทำงานในรอบ ๆ นั้นโดยการหา ผู้ที่เหมาะสมนั้นจะได้มาจากค่า T ซึ่งค่าดังกล่าวจะได้มา จากค่าที่ถูกติดตั้งและคำนวณภายในชุดคำสั่งของเซ็นเซอร์

2.5.2 กลุ่มของหัวหน้ากลุ่ม (Cluster Head หรือ CH)

ทำหน้าที่เป็นหัวหน้ากลุ่มที่รวบรวมข้อมูลจากสมาชิก(CM) ภายในกลุ่มของตนเองในแต่ละรอบการทำงานรวมถึง ข้อมูลในพื้นที่ของตนเอง จากนั้นจะสรุปข้อมูลทั้งหมดเป็น ค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่ต้องการศึกษาก่อนส่งให้สถานีฐาน

2.5.3 กลุ่มของสมาชิก (Cluster Member หรือ CM)

เซ็นเซอร์ที่ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปในพื้นที่ โดยรอบของตนเอง เมื่อเริ่มต้นการทำงานจะขอเข้าร่วม กลุ่มกับ CH ที่อยู่ใกล้ที่สุด จากนั้นจึงส่งข้อมูลนั้นให้กับ หัวหน้ากลุ่มของตนเองในแต่ละรอบการทำงานแทนการ ส่งไปยัง BS

2.6 แหล่งพลังงานหลักของเซ็นเซอร์

ภายในตัวเซ็นเซอร์แต่ละตัวจะมีแบตเตอรี่ขนาดเล็กของ ตัวเองเป็นลักษณะแบบใช้แล้วหมดไป ดังนั้นทำให้การ ทำงานของเซ็นเซอร์มีข้อจำกัดเรื่องพลังงานและจำนวน

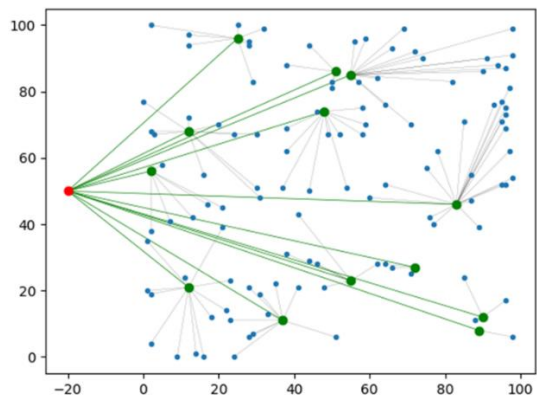
รอบการทำงาน ถ้าถูกใช้พลังงานจนหมดเซ็นเซอร์ตัวนั้นจะไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานต่อไปได้อีก

2.7 รูปแบบการส่งข้อมูลเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

มีการสื่อสารระหว่างกันการส่งข้อมูลสามารถเลือกส่งได้ 2 แบบ คือ การส่งข้อมูลไปยังเป้าหมายเดียว (Unicast), การส่งข้อมูลแบบประกาศข้อมูล (Broadcast)

2.8 การรวบรวมข้อมูล (Data Aggregation) และส่งให้สถานีฐาน

หลังจากได้รับข้อมูลจาก CM ทุกตัวที่อยู่ภายใต้กลุ่มของตนเองแล้วนั้น หน้าที่ต่อไปของ CH ทุกกลุ่ม คือ หาค่าเฉลี่ยของข้อมูลของตนเองที่เก็บได้รวมกับค่าที่ CM ส่งมาในรอบการทำงานรอบนั้น ๆ เพื่อสรุปเป็นค่าหนึ่ง ก่อนส่งไปยังสถานีฐานโดยตรง เมื่อจบการทำงานขั้นตอนนี้แล้วจะนับเป็น 1 รอบการทำงานที่เซ็นเซอร์ในพื้นที่นั้นทำได้



รูปที่ 2.1 การส่งข้อมูลจาก Cluster Head ไปยัง Base Station

2.9 การนับรอบการทำงานในระบบ

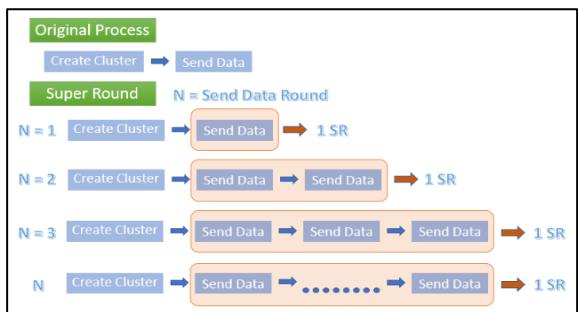
เริ่มต้นจากเซ็นเซอร์ทุกตัวเป็นเซ็นเซอร์ธรรมดาไม่มีหน้าที่การทำงานใด จากนั้นจะเริ่มการหากลุ่มผู้เข้าแข่งขันคัดเลือกจนได้กลุ่มของหัวหน้ากลุ่ม เกิดการส่งข้อมูลจากสมาชิกส่งให้กับหัวหน้ากลุ่มของตัวเอง หัวหน้ากลุ่มสรุปข้อมูลที่รับมา จากนั้นจึงส่งข้อมูลที่ได้ไปยังสถานีฐาน หลังจากจบขั้นตอนนี้แล้ว การทำงานจะนับเป็น 1 รอบและจะสิ้นสุดการทำงานก็ต่อเมื่อมีเซ็นเซอร์ตัวใดตัวหนึ่งในพื้นที่มีพลังงานไม่พอสำหรับการทำงานในขณะนั้น

เซ็นเซอร์ในพื้นที่ทุกตัวจะหยุดการทำงานลง เนื่องจากการไม่ได้รับข้อมูล ณ จุดใดจุดหนึ่งในพื้นที่ถือเป็นการรับข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์จากการสูญเสียข้อมูลในส่วนนั้นไปจะส่งผลกระทบต่อการทำงานเพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อ

2.10 การกำหนดการส่งด้วยตารางเวลา (Scheduling of Super Round)

การกำหนดส่งข้อมูลด้วยตารางเวลาเป็นขั้นตอนการทำงานของเซ็นเซอร์ให้มีการทำงานแค่บางขั้นตอนการทำงานของงานเท่านั้น การทำงานของเซ็นเซอร์สามารถแยกตามลักษณะการทำงานได้ 2 ส่วน คือ ส่วนการสร้างกลุ่มของ CH หลังจากจบการทำงานส่วนนี้แล้วจะได้กลุ่มของคลัสเตอร์ขึ้นหลายกลุ่ม และการแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน CM จะเก็บข้อมูลจากพื้นที่ของตนเอง ส่งให้กับ CH เพื่อรวบรวมข้อมูลและสรุปข้อมูลจากนั้นส่งให้กับ BS

ดังนั้นจึงให้ความสำคัญต่อการทำงานช่วงส่งข้อมูล หลังจากเริ่มขั้นตอนการสร้างกลุ่มกลุ่มคลัสเตอร์สำเร็จแล้วจะส่งข้อมูลด้วยรูปแบบของกลุ่ม CH และ CM กลุ่มเดิมเข้าไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะถึงกำหนดที่ต้องสร้างกลุ่มคลัสเตอร์ใหม่ โดยรอบการทำงานของเซ็นเซอร์ยังคงนับเพิ่มขึ้นตามปกติตามจำนวนรอบการส่งข้อมูล ในเมื่อพลังงานของเซ็นเซอร์ทุกตัวไม่ได้ถูกลดทอนลงในขั้นตอนการสร้างกลุ่มของคลัสเตอร์จะส่งผลให้มีพลังงานเหลือมากเพียงพอใช้ในขั้นตอนการส่งข้อมูลในรอบอื่น ๆ แทน



รูปที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของกาหนดการส่งด้วยตารางเวลา

จากรูปที่ 2.2 ได้กำหนดตัวแปร N คือจำนวนรอบการส่งข้อมูล ตัวอย่างเช่น

$N = 1$; ใน 1 รอบตารางเวลาจะมีการส่งข้อมูล 1 รอบ

$N = 2$; ใน 1 รอบตารางเวลาจะมีการส่งข้อมูล 2 รอบ

$N = 3$; ใน 1 รอบตารางเวลาจะมีการส่งข้อมูล 3 รอบ

N ; ใน 1 รอบตารางเวลา จะมีการส่งข้อมูล N รอบ

2.11 การส่งข้อมูลเมื่อมีความแตกต่างของข้อมูล

ข้อมูลที่แต่ละเซ็นเซอร์ได้เก็บมาจากพื้นที่โดยรอบของพื้นที่ต้นนั้น การทำงานบางรอบข้อมูลที่เก็บมาได้อาจจะแตกต่างจากข้อมูลที่เก็บมาแล้วก่อนหน้านี้ไม่มากนัก หรือไม่แตกต่างกันเลยนั้นขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของปัจจัยที่ต้องการศึกษาในพื้นที่แต่ละพื้นที่ ทางผู้วิจัยจึงตระหนักได้ถึงข้อมูลที่เก็บได้ในแต่ละรอบการทำงานนั้นมีความน่าจะเป็นได้ว่า ข้อมูลที่เก็บมาได้จะมีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียงข้อมูลที่เก็บได้ในรอบการทำงานก่อนหน้านี้ หากในเมื่อข้อมูลที่ได้มาทั้งสองรอบการทำงานเป็นข้อมูลที่มีความที่แตกต่างกันไม่มากนักนั้นเปรียบเสมือนเป็นข้อมูลซ้ำ ซึ่งการส่งข้อมูลที่ซ้ำกันจึงเป็นการสูญเสียพลังงานโดยสูญเปล่า ในเมื่อสามารถใช้ข้อมูลเดิมสำหรับการวิเคราะห์ และ มีผลกระทบต่อความคลาดเคลื่อนของข้อมูลในระดับที่ยอมรับความผิดพลาดได้

2.11 การส่งข้อมูลเมื่อมีความแตกต่างของข้อมูล

สืบเนื่องจากงานวิจัยของเรื่องการจัดสรรพลังงานเริ่มต้น และการควบคุมขนาดของคลัสเตอร์ในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย [1-2] กล่าวถึงปัญหา energy hole ที่เซ็นเซอร์ใช้พลังงานที่ไม่สมดุลกันในพื้นที่ ที่มาจากขั้นตอนการทำงานของพลังงานในการส่งข้อมูลพื้นฐานระหว่างเซ็นเซอร์ ด้วยวิธีการควบคุมขนาดรัศมีของคลัสเตอร์ตามวิธีการส่งสัญญาณวิทยุจากเสาสัญญาณ และ เกี่ยวข้องกับระยะเวลาการใช้งานของเซ็นเซอร์ จำนวนรอบการทำงานของเซ็นเซอร์แต่ละตัวจะสามารถใช้งานได้ ในจำนวนรอบที่ใกล้เคียงกัน โดยการทดลองได้ทำการเปรียบเทียบการกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ เพื่อรักษาสมดุลด้านพลังงาน โดย

ใช้วิธีที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของเซ็นเซอร์และความน่าจะเป็นที่สามารถเป็นหัวหน้ากลุ่มจากการทำงานทุก ๆ ขั้นตอนของเซ็นเซอร์นั้นมีการใช้พลังงานเป็นหลักของทุกขั้นตอนได้แนวคิดการลดทอนพลังงานต้นฉบับมาจาก Heinzelman และผู้ร่วมค้นพบ[3] ที่อธิบายถึงการทำงานของการทำงานส่งข้อมูลระหว่างไมโครเซ็นเซอร์ในรูปแบบคลื่นวิทยุ Heinzelman และผู้ร่วมค้นพบได้กล่าวไว้ในขั้นตอนที่ว่าพลังงานจะสูญเสียตามขนาดของ Packet ที่สร้างขึ้น ก่อนส่งไปยังตัวขยายสัญญาณที่ทำหน้าขยายความเข้มของสัญญาณให้เพียงพอในการครอบคลุมพื้นที่โดยรอบเพื่อสื่อสารกับเซ็นเซอร์ใกล้เคียง โดยระยะห่างของของเซ็นเซอร์ที่ใช้สื่อสารกันนั้นมี 2 ระยะ คือ free-space model และ multi-path fading model ทั้งสองระยะนี้การคิดคำนวณของพลังงานที่สูญเสียไปในั้นต่างกันตามค่า threshold

สำหรับอายุการทำงานของเซ็นเซอร์นั้นถือว่ามีความสำคัญต่อการทำงานอย่างยิ่ง Neamatollahi และคณะได้เสนอวิธีการยืดอายุการใช้งาน[4] ให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น โดยแบ่งรอบการทำงานด้วยตารางเวลาเป็นช่วง ๆ โดยแบ่งบทบาทของการทำงานออกเป็น หน้าที่ของการสร้างกลุ่มคลัสเตอร์ และขั้นตอนการส่งข้อมูลออกจากกัน โดยการทำงาน Dynamic Hyper Round Policy (DHRP) ซึ่งกำหนดเวลาการทำคลัสเตอร์ในบางช่วงเวลาเท่านั้น ต่อการสร้างคลัสเตอร์ 1 ครั้งสามารถส่งข้อมูลได้หลายครั้งก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นกลุ่มคลัสเตอร์ใหม่ เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานเครือข่ายจากการลดการใช้พลังงานจากขั้นตอนการสร้างคลัสเตอร์ออก

ชุดข้อมูลที่ใช้สำหรับการศึกษาในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลอุณหภูมิสาธารณะของรัฐบาลประเทศออสเตรเลีย[5] ที่เก็บข้อมูลอุณหภูมิจากสวนสาธารณะและสถานที่การเรียนรู้ทั้ง 19 แห่งที่ภายในประเทศออสเตรเลีย โดยที่ข้อมูลอุณหภูมินั้นจะถูกบันทึกตามแต่ละสถานที่ในทุก ๆ 10 นาที ตลอด 24 และได้ถูกเผยแพร่ ในเว็บไซต์ data.gov.au

3. กระบวนการนำเสนอ

3.1 ขั้นตอนการทำงานของเซ็นเซอร์

จากรูปแบบการทำงานด้วยการใช้วิธีสื่อสารแบบคลัสเตอร์ของเซ็นเซอร์ สามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานได้เป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ขั้นตอนการสร้างกลุ่มคลัสเตอร์ และ ขั้นตอนการส่งข้อมูล

3.1.1 การใช้พลังงานในส่วนของการสร้างกลุ่มคลัสเตอร์

$E_{cluster}$ แทนการใช้พลังงานในส่วนนี้สามารถแบ่งกระบวนการการใช้พลังงานออกเป็น 4 ขั้นตอนย่อย สมการเป็นดังต่อไปนี้

$$E_{cluster} = E_{comp} + E_{announce} + E_{join} + E_{confirm}$$

E_{comp} แทนพลังงานที่สูญเสียไปในขั้นตอนการแข่งขัน CCH พลังงานในส่วนนี้สูญเสียไปในการประกาศตัวของเซ็นเซอร์ที่ได้เป็น CCH แล้วนั้น จะประกาศการมีตัวตนของตัวเองออกไป Packet Control เพื่อให้ CCH ตัวอื่น ๆ ได้รับความรู้ที่อยู่ หลังจากนั้นจะมีการแข่งขันกันเพื่อให้ได้มาซึ่ง CH ที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการทำงาน ในขั้นตอนนี้เซ็นเซอร์ที่เป็น CCH จะสูญเสียพลังงานทั้งการประกาศตนเอง และการรับข้อมูลจาก CCH ตัวอื่น ๆ

$E_{announce}$ แทนพลังงานที่สูญเสียไปในขั้นตอน CH ประกาศการครอบครองพื้นที่ของตนเองให้กับเซ็นเซอร์โดยรอบรับรู้ถึงการมีอยู่ด้วยวิธีที่มีค่าหนึ่งออกไปด้วย Packet Control เพื่อให้เซ็นเซอร์ได้ตัดสินใจเข้าร่วมกลุ่ม CH ที่ใกล้ที่สุด เช่นเดียวกันกับขั้นตอนการแข่งขันของ CCH ในขั้นตอนนี้เซ็นเซอร์ที่เป็น CH จะสูญเสียพลังงานทั้งการประกาศตนเอง และการรับข้อมูลจาก CH ตัวอื่น

E_{join} แทนพลังงานที่สูญเสียไปหลังจากที่เซ็นเซอร์โดยรอบตอบกลับด้วย Packet Control จากเซ็นเซอร์โดยรอบที่แสดงถึงความต้องการเข้าร่วมกลุ่มกับ CH ค่าพลังงานของเซ็นเซอร์จะลดลงไปจากการรับข้อมูลตามจำนวนเซ็นเซอร์ที่อยากเข้าร่วม เซ็นเซอร์ที่ตอบกลับจะ

เปลี่ยนเป็น CM ของกลุ่ม ๆ นั้นไปตลอดจนกว่าจะจบการทำงานจึงจะสามารถเปลี่ยนกลุ่มการทำงานใหม่ได้

$E_{confirm}$ แทนพลังงานที่สูญเสียจากการที่ CH ตอบรับการเข้าร่วมกลุ่ม CH ต้องการตอบรับไปให้ CM ในกลุ่มทุกตัวโดย Packet Control เพื่อยืนยันการเข้าร่วมอย่างสมบูรณ์จึงจะทำงานในขั้นตอนถัดไปได้

3.1.2 การใช้พลังงานในส่วนการส่งข้อมูล

$E_{send data}$ แทนพลังงานที่สูญเสียไปในขั้นหลังจากที่เซ็นเซอร์ทุกตัวในพื้นที่ได้มีการเข้าร่วมกลุ่มคลัสเตอร์ทุกตัวแล้วนั้น จะเริ่มขั้นตอนเก็บข้อมูลในพื้นที่ของตนเองและส่งข้อมูลที่ได้ให้ CH ที่ตนเองได้เป็นสมาชิกอยู่ เพื่อให้ CH ได้รวบรวมข้อมูลก่อนมีทั้งหมด 3 ขั้นตอนย่อยตามสมการ

$$E_{send data} = E_{CM} + E_{PROC} + E_{update}$$

E_{CM} แทนพลังงานที่ CM สูญเสียไปกับการส่งข้อมูลที่เก็บได้ไปให้ยัง CH ในกลุ่มของตนเองการส่งข้อมูลในขั้นตอนนี้จะส่งออกไปด้วย Packet Data เพื่อให้ CM นำข้อมูลไปรวบรวมภายในกลุ่มต่อ ในขั้นตอนนี้ CH เองนั้นสูญเสียพลังงานในการรับ ข้อมูลจาก CM ในกลุ่มทุกตัว

E_{PROC} แทนพลังงานหลังจากที่ CH ได้รับข้อมูลจาก CM ในกลุ่มของตนเองครบทุกตัวแล้วรวมถึงข้อมูลที่ CH เก็บได้เอง ต่อไปจะทำการสรุปข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยเพียงค่าเดียวออกมาในรูปแบบ Packet Data ก่อนส่งข้อมูลให้กับ BS ด้วยค่าพลังงานที่สูญเสียไป ในขั้นตอนการ E_{update} ตามความต้องการลดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็นออกด้วยการจัดการขั้นตอนการทำงานเป็นตารางเวลา เรียกว่า Super Round ซึ่งหมายถึงการทำงานด้วยรอบพิเศษจากการส่งข้อมูลซ้ำหลายครั้งด้วยกลุ่มของคลัสเตอร์กลุ่มเดิม ตามสมการดังนี้

$$E_{SR_N} = E_{cluster} + N(E_{data})$$

ที่ต้องการลดขั้นตอนการสร้างกลุ่มคลัสเตอร์การกำหนดการส่งแบบรอบพิเศษเป็นการเริ่มทำงานด้วยการข้ามขั้นตอนการคัดสรรและเข้าร่วม โดยเริ่มต้นรอบการทำงานด้วยขั้นตอนการส่งข้อมูล จำนวนรอบการทำงาน

ด้วยการส่งแบบรอบพิเศษนั้นกำหนดได้ เช่น ตั้งค่าการส่งแบบพิเศษ 1 รอบการทำงาน การทำงานจะเริ่มต้นจากขั้นตอนการคัดสรรค์ CH ตามด้วย ขั้นตอนการเข้าร่วมกลุ่มของ CM และตามด้วย การส่งข้อมูลของแต่ละพื้นที่ตามขั้นตอนการทำงานแบบปกติ หากแต่จำนวนการส่งรอบแบบพิเศษ มีค่ามากกว่า 1 นั้น การทำงานในรอบพิเศษรอบแรก จะทำงานตามปกติ ข้อแตกต่างนั้นจะเริ่มด้วยที่รอบพิเศษรอบที่ 2 เป็นต้นไป

การเริ่มการทำงานที่รอบที่ 2 นั้น จะข้าม ขั้นตอนการสร้างกลุ่มคลัสเตอร์ และ โดยใช้ข้อมูลกลุ่มของ CH เดิมที่ได้มาจากการทำงานในรอบพิเศษรอบแรกมาใช้แทนการประกาศหากลุ่มใหม่ การทำงานในรอบส่งพิเศษที่ 2 นั้น เริ่มที่ขั้นตอนการส่งข้อมูลของ CM การรวบรวมข้อมูลของ CH และ การส่งข้อมูลที่สรุปแล้วไปให้ยัง BS โดยรอบการทำงานจะเพิ่มขึ้นเป็น 1 รอบตามการทำงานแบบปกติ

3.2 การควบคุมการส่งข้อมูลด้วยความแตกต่างของข้อมูล

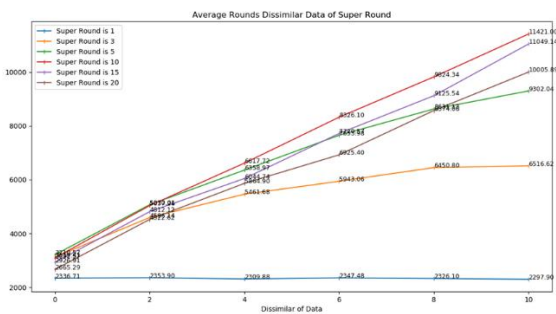
หลังจากการทำงานรอบแรกของการสร้างกลุ่มของคลัสเตอร์เสร็จสิ้น การทำงานขั้นตอนการส่งข้อมูลในรอบถัดไป CM รับข้อมูลจากพื้นที่โดยรอบเข้ามาแล้ว จะทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลเดิมก่อนหน้า หากค่าความแตกต่างของข้อมูลนั้นมีค่าน้อยกว่าค่าร้อยละความแตกต่างที่กำหนดไว้ CM ในรอบนั้นจะไม่ถูกส่งข้อมูลที่เก็บได้ในรอบปัจจุบันส่งไปให้ยัง CH นั้น ๆ ในรอบที่ไม่ได้รับข้อมูลนั้นเอง CH จะใช้ข้อมูลเดิมจากรอบก่อนหน้ามาใช้ในการสรุปเพื่อหาเฉลี่ยแทน หากแต่เมื่อ CM ได้รับข้อมูลเข้ามาเปรียบเทียบกับค่าความแตกต่างของข้อมูลและพบว่ามีความแตกต่างมากกว่าค่าร้อยละความแตกต่างที่กำหนดไว้ CM จะส่งข้อมูลในรอบนั้น ๆ ให้กับ CH เพื่อการสรุปหาค่าเฉลี่ยต่อไป ในทำนองเดียวกันกับการตรวจสอบความแตกต่างของข้อมูลในขั้นตอนการทำงานของ CM การทำงานของ CH เองนั้นต้องมีการตรวจสอบเช่นเดียวกันของรวบรวมและสรุปค่าเฉลี่ยจากข้อมูลที่ได้ไปให้ยัง BS

4. การทดสอบประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพนั้นผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรมภาษา Python สำหรับการจำลองระบบการทำงานของโปรโตคอลเซ็นเซอร์ไร้สาย

ปัจจัยที่เข้ทดลอง	ค่าที่กำหนดไว้
พื้นที่ของการทดลอง (ตารางเมตร)	100 X100
ค่าความหนาแน่นของเซ็นเซอร์ (node/meter ²)	0.0125
ตำแหน่งสถานีฐาน	(-50,50)
ค่าพลังงานเริ่มต้นของเซ็นเซอร์	3 จูล
ขนาดความยาวของ Packet Control	200 บิต
ขนาดความยาวของ Packet Data	4000 บิต
ระยะกระโดดการไหลพลังงาน(d_0)	87 เมตร
ขนาดคลัสเตอร์ที่ต้องการ(r_d)	30 เมตร
ขนาดการประกาศรัศมีของคลัสเตอร์	$r_n \sqrt{2 \ln 10}$
พลังงานที่ใช้ต่อการส่งข้อมูล	50 นาโนจูล
พลังงานที่ใช้ต่อการรับข้อมูล	50 นาโนจูล
พลังงานที่ใช้สรุปข้อมูล	5 นาโนจูล
ค่าพลังงาน free-space model	10 พิโคจูล
ค่าพลังงานmulti-path fading model	0.012 พิโคจูล
การจัดการส่งตามตารางเวลา(N)	1,3,5,10,15
การส่งข้อมูลด้วยความแตกต่างของข้อมูลในขั้นตอนที่ CM ส่งข้อมูลให้ CH (%)	0,2,4,6,8,10
การส่งข้อมูลด้วยความแตกต่างของข้อมูลในขั้นตอนที่ CH ส่งข้อมูลให้ BS (%)	1
จำนวนครั้งการทดลอง	100 ครั้ง

4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพ



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลจำนวนรอบของการทำงานของการ

จากรูปที่ 4.1 การทำงานของการจัดการส่งตามตารางเวลา แกน x คือ ค่าความต่างของข้อมูลในเปอเซนต์ที่เพิ่มขึ้น และเส้นสีที่แตกต่างกันออกไปเป็นค่าตารางเวลาของการส่งข้อมูลที่มีค่า N แตกต่างกัน ที่ค่า $N = 1$ นั้นหมายถึงการทำงานในรูปแบบปกติคือ การสร้างกลุ่มคลัสเตอร์ จากนั้นทำการส่งข้อมูลแล้วจึงทำการสร้างกลุ่มของคลัสเตอร์ใหม่ ทำให้ไม่ว่าจะใช้ค่าความแตกต่างเข้ามาทำงานก็ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของแนวโน้มจำนวนรอบที่เพิ่มขึ้น ต่างจากค่า N ที่มีค่ามากกว่า 1 จึงจะสามารถเห็นความแตกต่างได้ จากการทดลองสรุปออกมาเป็นจำนวนรอบการทำงานได้ว่า การทำงานของการจัดการส่งข้อมูลตามตารางเวลาร่วมด้วยกับการส่งข้อมูลด้วยความแตกต่างของข้อมูลนั้น สามารถทำให้จำนวนรอบการทำงานเพิ่มขึ้นตามทั้งสองปัจจัยดังกล่าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อค่าปัจจัยทั้งสองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเท่าไร รอบการทำงานก็จะแปรผันเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จะเห็นได้ชัดเจนว่าเส้นสีแดงที่แสดงถึงการทำงานด้วย Super Round ที่ $N = 10$ นั้นสามารถทำงานได้จำนวนรอบมากที่สุดเมื่อเทียบกับค่า N ค่าอื่น ๆ ในช่วงของ N ที่ที่ค่าเท่ากับ 3, 5 เมื่อถึงจุดที่มีค่าความแตกต่างของข้อมูล 4% เป็นต้นไป จะเห็นได้ว่าอัตราการเพิ่มของจำนวนรอบนั้นไม่สูงเท่ากับค่าความแตกต่างของข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่า แสดงให้เห็นว่า ค่าความแตกต่างของข้อมูลเริ่มที่มากขึ้นเริ่มไม่ส่งผลต่อการทำงาน เพราะมีการเปลี่ยนกลุ่มของคลัสเตอร์บ่อยเกินไปทำให้พลังงานนั้นสูญเสียไปกับการสร้างคลัสเตอร์เฮดเป็นจำนวนมากและพลังงานคงเหลือนั้นไม่เพียงพอสำหรับส่งข้อมูล และ ในช่วงของ N ที่ที่ค่าเท่ากับ 15, 20 ถึงแม้จะไม่พบปัญหาอัตราการเพิ่มของจำนวนรอบที่น้อยลงแต่กลับพบปัญหาการใช้กลุ่มคลัสเตอร์เดิมซ้ำ ๆ มากเกินไปทำให้ CH ต้องแบกรับภาระหน้าที่รับส่งข้อมูลมากเกินไปกว่าค่า N อื่น ๆ ทำให้เซ็นเซอร์ที่รับหน้าที่เป็น CH สูญเสียพลังงานมากกว่าค่า N อื่น

4. บทสรุป

จากผลการทดลองจากงานวิจัยนี้นั้นแสดงให้เห็นว่ากระบวนการทำการจัดการการส่งด้วยตารางเวลาเพื่อการประหยัดพลังงานนั้น สามารถยืดอายุการทำงานให้แก่เซ็นเซอร์ได้เป็นอย่างดีและมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะ ค่า N ที่เหมาะสมสำหรับการทำงานแบบ Super round คือ $N = 10$ ที่มีความเหมาะสมของการใช้ประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์ที่มาจากการสร้างกลุ่มของคลัสเตอร์ 1 ครั้งต่อการส่งข้อมูล 10 ครั้งได้อย่างสูงสุด ผลที่ได้ จำนวนรอบการทำงานจึงมากที่สุดในทุก ๆ ค่าความแตกต่างของข้อมูลด้วยเช่นกัน

งานวิจัยต่อไปในอนาคตควรมุ่งเน้นไปที่ขนาดคลัสเตอร์ที่แตกต่างจากขนาดค่าที่กำหนดไว้เพียงค่าเดียว ควรทดสอบกับขนาดคลัสเตอร์ที่มีค่าเล็กกว่า และ ใหญ่กว่าค่าที่ตั้งไว้เพื่อดูผลกระทบจากการใช้พลังงานที่ไม่เท่าเทียมจากขนาดคลัสเตอร์ด้วย เช่น เมื่อขนาดคลัสเตอร์มีขนาดใหญ่ขึ้นการใช้พลังงานของตัวที่เป็น CH อาจจะเพิ่มขึ้นด้วย น่าจะเป็นเหตุผลที่ทำให้จำนวนรอบการทำงานลดลงเมื่อเทียบกับขนาดคลัสเตอร์ที่ทดลองในการทดลองนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Eak-Una and C. Pornnavalai, "Initial Energy Allocation and Cluster Size Control in Wireless Sensor Networks." *Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*, 2017.
- [2] P. Eak-Una and C. Pornnavalai, "The Fuzzy-Based Cluster Head Election Algorithm for Equal Cluster Size in Wireless Sensor Networks." *Computer Science and Software Engineering (JCSSE) 13th International Joint Conference on*, 2016.

- [3] W. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, "An Application Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks." *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 1, no. 4, pp. 660 - 670, 10 October 2002.
- [4] P. Neamatollahi, M. Naghibzadeh, S. Abrishami and M. H. Yaghmaee, "Distributed Clustering-Task Scheduling for Wireless Sensor Networks Using Dynamic Hyper Round Policy." *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 17, no. 2, pp. 334-347, 2018.
- [5] A. Government, "City of Parramatta temperature data." City of Parramatta, Sydney, 2018.