

ศึกษาการสื่อสารของโปรโตคอลไวเลสเซ็นเซอร์  
A STUDY ON COMMUNICATION OF WIRELESS SENSOR  
NETWORK PROTOCOL

โดย  
เจนจิรา ศูนย์กลาง  
JENJIRA SOONKLANG  
ส่งศักดิ์ ถาวโร  
SONGSAK THAWARO

อาจารย์ที่ปรึกษา  
รศ.ดร. โชติพัชร วรรณวลัย

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ  
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561

ศึกษาการสื่อสารของโปรโตคอลไวเลสเซ็นเซอร์  
A STUDY ON COMMUNICATION OF WIRELESS SENSOR NETWORK  
PROTOCOL

โดย  
เจนจิรา ศูนย์กลาง  
ส่งศักดิ์ ถาวร

อาจารย์ที่ปรึกษา  
รศ.ดร. โชติพัชร วรรณวลัย

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ  
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561

**A STUDY ON COMMUNICATION OF WIRELESS SENSOR NETWORK  
PROTOCOL**

**JENJIRA SOONKLANG**

**SONGSAK THAWARO**

**A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY  
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**1/2018**

**COPYRIGHT 2018**

**FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

ใบรับรองปริญญาบัตรประจำปีการศึกษา 2561

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ศึกษาการสื่อสารของโปรโตคอลไวเลสเซ็นเซอร์

A STUDY ON COMMUNICATION OF WIRELESS SENSOR  
NETWORK PROTOCOL

ผู้จัดทำ

1. นางสาวเจนจิรา ศูนย์กลาง รหัสนักศึกษา 58070019
2. นายส่งศักดิ์ ถาวโร รหัสนักศึกษา 58070140

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. โชติพัชร ภรณ์วลัย)

## ใบรับรองโครงการ (PROJECT)

เรื่อง

ศึกษาการสื่อสารของโปรโตคอลไวเลสเซ็นเซอร์

### A STUDY ON COMMUNICATION OF WIRELESS SENSOR NETWORK PROTOCOL

นางสาวเจนจิรา ศูนย์กลาง รหัสนักศึกษา 58070019

นายส่งศักดิ์ ถาวโร รหัสนักศึกษา 58070140

ขอรับรองว่ารายงานฉบับนี้ ข้าพเจ้าไม่ได้คัดลอกมาจากที่ได้  
รายงานฉบับนี้ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของ  
การศึกษาวิชาโครงการ หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศ)  
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561

.....  
(เจนจิรา ศูนย์กลาง)

.....  
(ส่งศักดิ์ ถาวโร)



หัวข้อโครงงาน	ศึกษาการสื่อสารของโปรโตคอลไวเลสเซ็นเซอร์	
นักศึกษา	นางสาว เจนจิรา สุนัขกลาง	รหัสนักศึกษา 58070019
	นาย สกศักดิ์ ถาวโร	รหัสนักศึกษา 58070140
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต	
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ	
ปีการศึกษา	2561	
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. โชติพัชร ภรณ์วลัย	

## บทคัดย่อ

Wireless Sensor Network หรือ เครือข่ายเน็ตเวิร์คไร้สาย กล่าวถึงการทำงานของอุปกรณ์ขนาดเล็กที่เรียกว่า เซ็นเซอร์ ทำหน้าที่ใช้สำหรับตรวจจับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปของแต่ละพื้นที่ที่ต้องการศึกษา โดยในพื้นที่เซ็นเซอร์จะเกิดการสื่อสารขึ้นได้นั้น ต้องใช้ปริมาณเซ็นเซอร์เป็นจำนวนมากตามขนาดพื้นที่ที่ต้องการศึกษา การสื่อสารข้อมูลระหว่างเซ็นเซอร์นั้นใช้การส่งผ่านด้วยคลื่นวิทยุ กลุ่มของเซ็นเซอร์แบ่งออกตามหน้าที่การทำงานได้ 2 กลุ่ม คือ สมาชิกกลุ่ม (Cluster Member) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลจากตำแหน่งของเซ็นเซอร์ก่อนส่งข้อมูลให้กับ กลุ่มหัวหน้า (Cluster Head) ที่ทำหน้าที่สรุปข้อมูลที่รับมาจากสมาชิกของตนเอง ก่อนข้อมูลให้กับสถานีฐาน (Base Station) ที่ไกลออกไป

ด้วยหลักการทำงานเป็นลักษณะไร้สายและอุปกรณ์มีขนาดเล็กทำให้เกิดข้อจำกัดในด้านพลังงาน ดังนั้นเนื้อหาในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะกล่าวถึงการทำงานของโปรโตคอลของเครือข่ายเน็ตเวิร์คไร้สายเพื่อศึกษาการทำงานพื้นฐานของเซ็นเซอร์ ทั้งเรื่องการคัดเลือกหัวหน้ากลุ่มเพื่อเป็นตัวแทนการทำงาน ที่สามารถลดการใช้พลังงานของการสื่อสารและปัจจัยการกำหนดขนาดของกลุ่มเซ็นเซอร์ที่ส่งผลถึงอายุการทำงาน



<b>Project Title</b>	A STUDY ON COMMUNICATION OF WIRELESS SENSOR NETWORK PROTOCOL
<b>Student</b>	Miss Jenjira Soonklang    Student ID 58070019 Mr. Songsak Thawaro    Student ID 58070140
<b>Degree</b>	Bachelor of Science
<b>Program</b>	Information Technology
<b>Academic Year</b>	2018
<b>Advisor</b>	Assoc. Prof. Dr. Chotipat Pornavalai

## **ABSTRACT**

Wireless Sensor Network (WSN) refers operation to a group of small electronic equipment that called Sensors. Function of sensors are detecting and recorded changing of environment in study area. Number of sensors are depending on study area size. The Communication between sensors are used Radio Frequency for exchange data. Role of sensor can divide into 2 groups. Cluster Member serve as detect and record data that changing in environment from area, before send to Cluster Head. Cluster Head serve as collect all data from Cluster Member in each group, then send data to Base station that far away. However, WSN are use concept wireless and limitations of energy equipment. Therefore, the content of this thesis will discuss the operation of the wireless network protocol to study the basic operation of the sensors. Along with choosing Cluster Head for take charge as a communications agent. That can reduce the power consumption of communication and Factors determining the size of the sensor group that affect the working life.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาของ รศ.ดร. โชติพัชร ภรณ์วลัย อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ที่ได้สละเวลาและให้คำปรึกษาในการดำเนินงาน การตรวจสอบ แก้ไขเอกสาร และการแนะนำในการส่งประกวดต่าง ๆ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณคณาจารย์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ผู้จัดทำ และ ขอขอบคุณบุคลากรคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่ได้เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่สำหรับการดำเนินงาน ทำให้ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านไปได้ด้วยดี

เจนจิรา ศูนย์กลาง

ส่งศักดิ์ ถาวโร

# สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย .....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ .....	IV
สารบัญรูป .....	VI
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 วิธีการดำเนินงาน .....	3
1.4 ขอบเขตการทำงาน.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	4
2.1 เซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Node หรือ Node).....	4
2.2 รูปแบบการส่งข้อมูลของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย .....	4
2.2.1 การส่งข้อมูลไปยังเป้าหมายเดียว (Unicast) .....	4
2.2.2 การส่งข้อมูลแบบประกาศข้อมูล (Broadcast).....	4
2.3 ความหนาแน่นของเซ็นเซอร์ไร้สาย .....	4
2.4 รูปแบบการติดตั้งเซ็นเซอร์ในพื้นที่.....	5
2.5 กลุ่มของเซ็นเซอร์และหน้าที่ต่าง ๆ ของเซ็นเซอร์.....	5
2.6 การรวบรวมและสรุปข้อมูล ( Data Aggregation ) .....	5
2.7 แหล่งพลังงานหลักของเซ็นเซอร์ .....	5

## สารบัญ(ต่อ)

2.8 การส่งข้อมูลไปยังสถานี .....	5
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	6
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษา.....	7
3.1 แบบจำลองการใช้พลังงาน .....	7
3.2 โมเดลจำลองระบบเครือข่ายของเซ็นเซอร์ไร้สาย .....	8
3.3 ปัจจัยที่ใช้ศึกษาและเปรียบเทียบ .....	8
3.3.1 จำนวนรอบการทำงานที่ได้ใช้พลังงานของเซ็นเซอร์ทั้งหมดเป็นตัวแรก .....	8
3.3.2 ขนาดและจำนวนเฉลี่ยของ CH ที่เกิดขึ้นต่อจำนวนรอบ .....	8
บทที่ 4 กระบวนการนำเสนอ.....	9
4.1 ขั้นตอนการเลือก CCH .....	10
4.2 ขั้นตอนการกระบวนการแข่งขันเลือกตัวแทนกลุ่ม CH.....	10
4.3 ขั้นตอนประกาศการเป็นอาณาเขตของ CH .....	11
4.5 ขั้นตอนการขอเข้าร่วมกลุ่มคลัสเตอร์ของ CM .....	11
4.6 ขั้นตอนการยืนยันการเป็นสมาชิก .....	11
4.7 ขั้นตอนส่งข้อมูลระหว่าง CH, CM และ BS .....	12
บทที่ 5 การทดสอบประสิทธิภาพ.....	13
5.1 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของขนาดคลัสเตอร์ .....	14
5.2 ผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงของจำนวนคลัสเตอร์.....	19
บรรณานุกรม .....	22

## สารบัญรูป

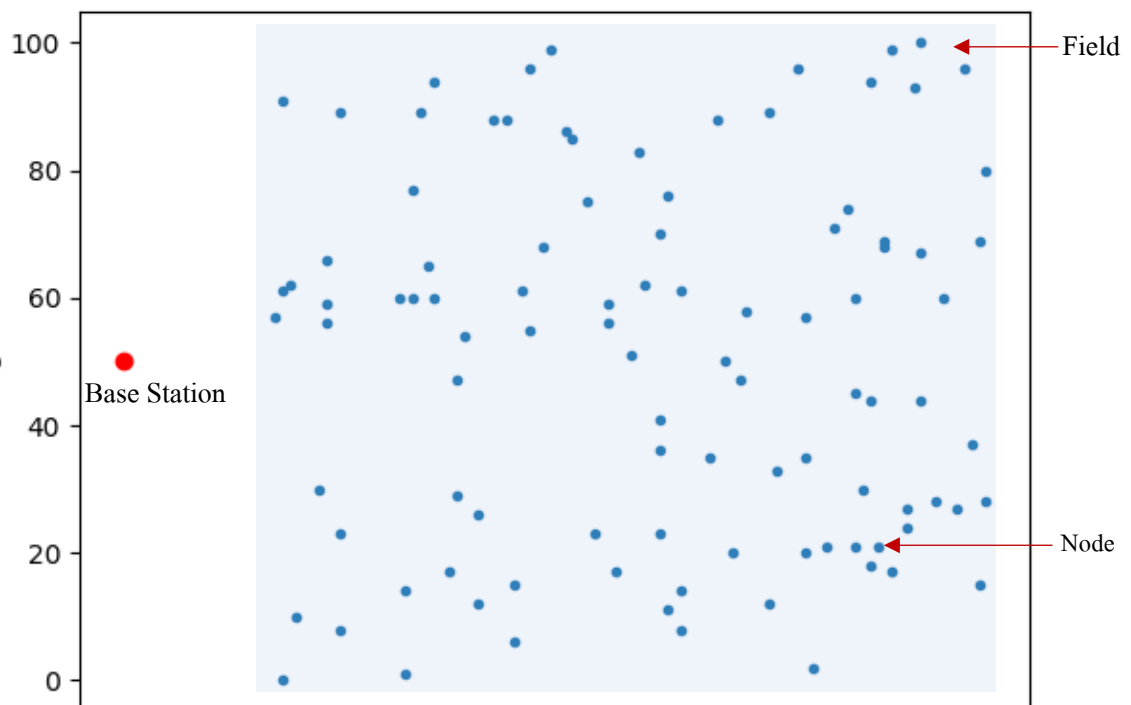
รูปที่ 1.1 อุปกรณ์ที่เกิดขึ้นในพื้นที่การทดลอง .....	1
รูปที่ 1.2 กลุ่มของ Cluster Head และ Cluster Member .....	2
รูปที่ 2.7 การส่งข้อมูลจาก Cluster Head ไปยัง Base Station .....	6
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงขนาดคลัสเตอร์ที่ค่า T มีการเปลี่ยนแปลง .....	17
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงขนาดคลัสเตอร์ที่ค่า T มีการเปลี่ยนแปลง (ต่อ) .....	17
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนคลัสเตอร์ค่า T คงที่.....	19
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนคลัสเตอร์ค่า T คงที่(ต่อ) .....	20
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนคลัสเตอร์ค่า T ที่มีการเปลี่ยนแปลง .....	20
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนคลัสเตอร์ค่า T ที่มีการเปลี่ยนแปลง (ต่อ).....	21

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

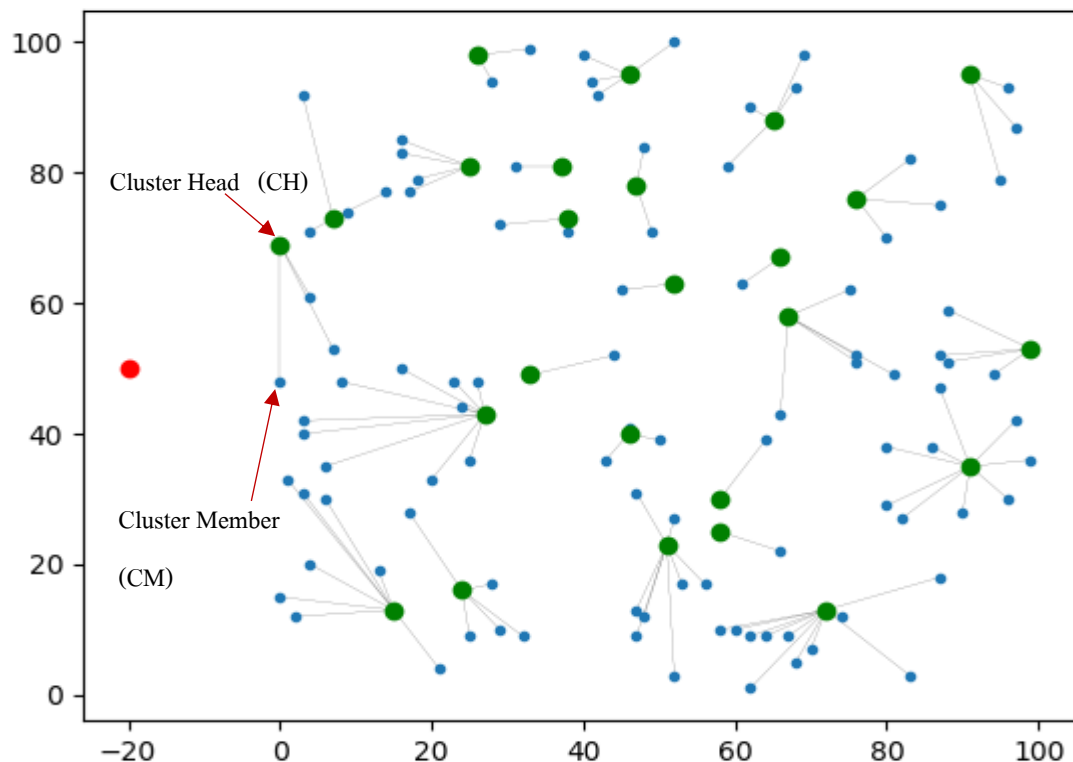
Wireless Sensor Network หรือ เครือข่ายเน็ตเวิร์คไร้สาย เป็นระบบที่มีการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์แบบไร้สายโดยใช้คลื่นวิทยุแทนการใช้สายสัญญาณ อุปกรณ์ที่ใช้นั้นมีจุดมุ่งหมายคือ การตรวจจับคุณสมบัติของสิ่งแวดล้อมในบริเวณเป้าหมาย เช่น อุณหภูมิ ความชื้น หรือ การเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต เพื่อการที่จะได้นำข้อมูลดังกล่าวประมวลผลวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโดยอัตโนมัติ อุปกรณ์ที่นำมาใช้งานถูกเรียกว่า เซ็นเซอร์ (Sensor หรือ Node) คืออุปกรณ์ขนาดเล็กที่มีความสามารถในการเชื่อมต่อซึ่งกันและกันที่ได้รับรองมาตรฐาน IEEE ภายในเซ็นเซอร์บรรจุด้วยชุดคำสั่งที่มีหน้าที่ควบคุมการทำงานในขอบเขตและเป้าหมายที่แตกต่างกันไป และ ปัจจัยหลักที่ทำให้เซ็นเซอร์ทำงานตามความต้องการได้นั้นคือแหล่งพลังงานที่จำเป็นต่อการสื่อสารระหว่างเซ็นเซอร์กับเซ็นเซอร์ และเซ็นเซอร์กับสถานีฐาน (Base Station หรือ BS) ที่มีหน้าที่รวบรวมข้อมูลที่ได้รับจากพื้นที่ที่ใช้ศึกษาสังแวดล้อมนั้น



รูปที่ 1.1 อุปกรณ์ที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่การทดลอง

หนึ่งในปัญหาสำคัญของเซ็นเซอร์ไร้สาย คือ พลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัดในอุปกรณ์ ซึ่งเซ็นเซอร์จะทำงานเป็นรอบการทำงานเรื่อย ๆ จนกว่าพลังงานในตัวจะหมดลงไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งเซ็นเซอร์ที่มีตำแหน่งอยู่ห่างจากสถานีฐานมากเท่าใดจะใช้พลังงานในการส่งข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ห้มากขึ้นเท่านั้น

จึงได้นำความคิดเรื่อง ระบบกลุ่มของเซ็นเซอร์มาใช้เพื่อให้เกิดการกระจายการใช้พลังงานในขั้นตอนการส่งข้อมูลระหว่างกันของโหนด เพิ่มรอบการใช้งานให้ใช้งานได้มากขึ้น เริ่มต้นจากเลือกตัวแทนกลุ่ม (Cluster Head หรือ CH) และโหนดที่เหลือ (Cluster Member หรือ CM) จะเลือกตัวแทนเพื่อเกาะกลุ่มกันรวมกันเป็นสมาชิกของตัวแทนนั้น หลักการทำงาน คือ CM จะมีหน้าที่ส่งข้อมูลที่เก็บได้ในพื้นที่ของตัวเองได้ในรอบรอบนั้นไปให้กับ CH โดยที่ CH เองนั้นต้องเก็บข้อมูลในพื้นที่ของตัวเองด้วยเช่นกัน CH จะมีหน้าที่รวบรวมข้อมูลที่เก็บได้ทั้งหมดทั้งข้อมูลที่เก็บได้เอง และข้อมูลของ CM ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน จากนั้น CH ทำหน้าที่สรุปข้อมูลให้กลายเป็นค่าเฉลี่ยของพื้นที่นั้นๆ ก่อนส่งไปยังสถานีฐาน (Base station หรือ BS) เพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป แต่วิธีการนี้การที่ CH ทำหน้าที่เป็นตัวแทนในการรวบรวมข้อมูลและส่งข้อมูลไปยัง BS จะต้องรับหน้าที่ทำงานหนักและใช้พลังงานในการรับและการส่งสูงกว่า CM มาก



รูปที่ 1.2 กลุ่มของ Cluster Head และ Cluster Member

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ค้นหากระบวนการแก้ไขปัญหการใช้พลังงานที่ไม่สมดุลเพื่อต้องการยืดระยะเวลาการใช้งานของโหนดได้ให้มากที่สุดโดยศึกษาจากงานวิจัยต่าง ๆ ที่ผ่านมาเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหของปัญหาที่เกิดขึ้นในตอนนี้

## 1.3 วิธีการดำเนินงาน

ในปริญญานิพนธ์นี้ทำการศึกษาและพัฒนาอัลกอริทึม โดยมีวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. ศึกษาปัญหาที่มีอยู่ของโปรโตคอลเซ็นเซอร์ไร้สาย
2. ศึกษาจากงานวิจัยที่ผ่านมาเพื่อใช้เป็นแนวทาง และนำมาพัฒนาต่อ
3. ค้นหาวิธีการใหม่ ที่เป็นไปได้
4. วิเคราะห์การทำงานของวิธีใหม่ดังกล่าว
5. ทำแบบจำลองของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ภายใต้วิธีการใหม่ที่คิดค้น
6. แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดสอบจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นและปรับปรุงให้สามารถทำงานได้

## 1.4 ขอบเขตการทำงาน

ศึกษาการแบ่งขนาดพื้นที่ ความหนาแน่นของประชากร การใช้พลังงานให้เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้งานได้นานที่สุด การเลือกหัวหน้ากลุ่ม การค้นหาเส้นทางของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย เก็บข้อมูลเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้และรวมถึงงานวิจัยที่ผ่านมาเพื่อหาวิธีที่ดีที่สุด

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจการทำงานของโปรโตคอลเซ็นเซอร์ไร้สาย
2. ฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์หาวิธีการแก้ไขปัญหาคือดีที่สุด
3. ฝึกการทำงานเนื้องานวิจัยทดลอง



## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเครือข่ายไร้สาย ทฤษฎีการใช้พลังงาน ทฤษฎีการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์เน็ตเวิร์ค ทฤษฎีเลือกตัวแทนกลุ่ม และอีกหลายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สำหรับงานวิจัยที่มีการวิจัยขึ้นมาแล้วนี้ต่างถูกรวบรวมเพื่อสร้างเป็นกระบวนการแก้ไขปัญหาคือผู้วิจัยสนใจ

### 2.1 เซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Node หรือ Node)

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่ทำหน้าที่ตามชุดคำสั่งที่กำหนด ทั้งการสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์กันเอง สามารถเคลื่อนย้ายตำแหน่งได้ภายในบรรจุมอเตอร์ในปริมาณที่จำกัดไว้ในตัวอุปกรณ์ มีหน้าที่ตรวจจับข้อมูลในบริเวณที่ตัวเซ็นเซอร์นั้นเองสามารถตรวจสอบได้ ตามชุดคำสั่งที่ถูกติดตั้ง และจะส่งข้อมูลที่เก็บได้ไปยังสถานีฐานเพื่อนำข้อมูลที่เก็บได้ไปวิเคราะห์ต่อไป

### 2.2 รูปแบบการส่งข้อมูลของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

อุปกรณ์เซ็นเซอร์ไร้สายนี้ต้องมีการสื่อสารระหว่างกันและกัน การส่งข้อมูลสามารถเลือกส่งได้ 2 แบบ

#### 2.2.1 การส่งข้อมูลไปยังเป้าหมายเดียว (Unicast)

การส่งข้อมูลแบบที่มีเป้าหมายต่อการส่งภายใน 1 ครั้ง โดยใช้หมายเลขปลายทางตัวเพื่อระบุเป้าหมายที่ต้องการ โดยอาจจะมีผู้รับได้มากกว่า 1 ตัว แต่ผู้รับที่ได้รับข้อมูลไปนั้นจะต้องตรวจสอบหมายเลขเฉพาะที่ส่งมาว่าตรงกับข้อมูลของตัวเองหรือไม่ ถ้าไม่ตรงก็จะปฏิเสธข้อมูลนั้นไป

#### 2.2.2 การส่งข้อมูลแบบประกาศข้อมูล (Broadcast)

การส่งข้อมูลแบบไม่มีเป้าหมายที่เจาะจงชัดเจน โดยใช้หมายเลขพิเศษที่ไม่ได้ระบุเป้าหมายใดเป้าหมายหนึ่ง เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน โดยผู้รับสามารถรับได้มากกว่า 1 ตัว เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานจากการส่งเพียง 1 ครั้งแต่มีผู้รับได้มากกว่า 1

### 2.3 ความหนาแน่นของเซ็นเซอร์ไร้สาย

ค่าประมาณของปริมาณเซ็นเซอร์ไร้สายที่จะถูกใช้ในพื้นที่ที่กำหนดขึ้น แทนด้วยสัญลักษณ์  $\sigma$  มีหน่วยเป็นจำนวนเซ็นเซอร์ต่อตารางเมตร (node/meter<sup>2</sup>) เรียกว่าค่า node density

## 2.4 รูปแบบการติดตั้งเซ็นเซอร์ในพื้นที่

การติดตั้งเซ็นเซอร์ลงบนพื้นที่จะถูกติดตั้งแบบ Uniform Distribution ซึ่งเป็นการติดตั้งแบบไม่ได้กำหนดตำแหน่งเซ็นเซอร์ ตำแหน่งของเซ็นเซอร์จะเกิดขึ้นโดยการสุ่มทั้งหมด เพื่อเป็นการกระจายตัวให้เกิดการครอบคลุมพื้นที่ให้ได้มากที่สุดและทำให้เกิดผลดีกับการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์

## 2.5 กลุ่มของเซ็นเซอร์และหน้าที่ต่าง ๆ ของเซ็นเซอร์

กลุ่มคลัสเตอร์ (Cluster Head หรือ CH) ทำหน้าที่เป็นหัวหน้ากลุ่มที่รวบรวมข้อมูลจากสมาชิกภายในกลุ่มนั้น ๆ (Cluster Member หรือ CM) และส่งข้อมูลไปยังสถานีฐาน (Base Station หรือ BS) เป็นรอบ ๆ ตามที่กำหนดเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานแทนที่โหนดทุกโหนดเป็นตัวส่งข้อมูลไปยังสถานีฐานด้วยตัวเอง

## 2.6 การรวบรวมและสรุปข้อมูล ( Data Aggregation )

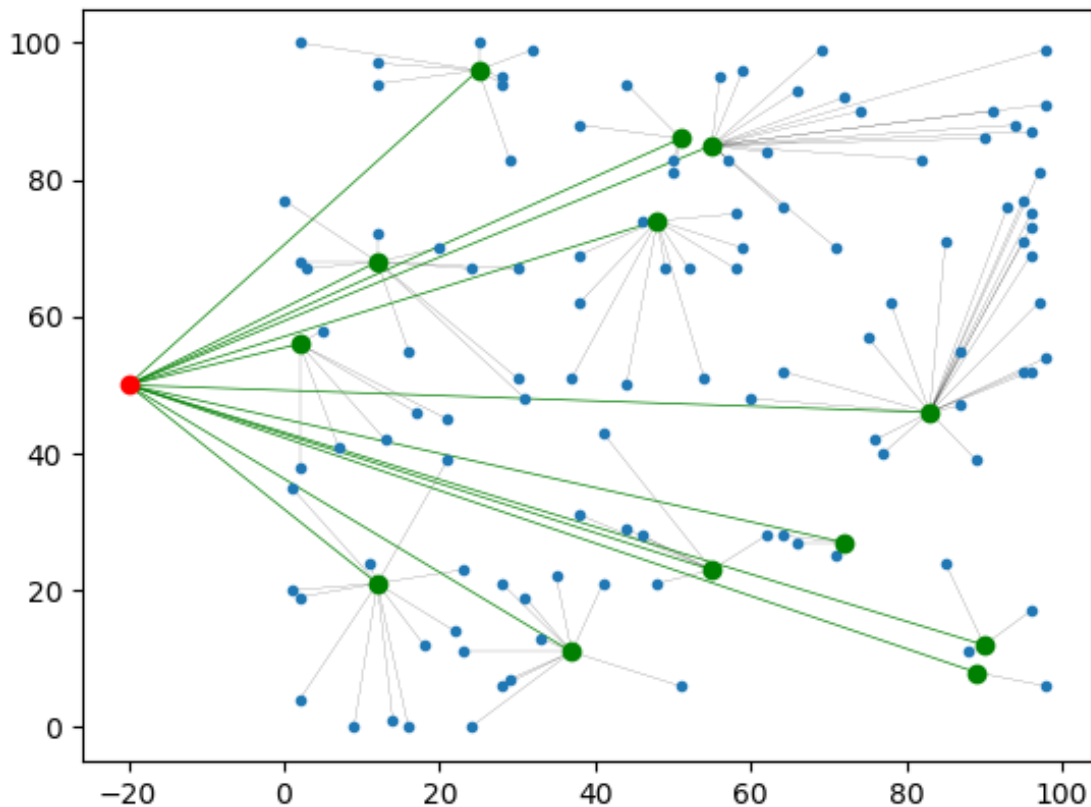
ในการส่งข้อมูลจากคลัสเตอร์ไปยังสถานีฐานมีข้อจำกัดในเรื่องขนาดของความยาวข้อมูล Packet Data การที่ส่งข้อมูลของ CM ทุกตัวจะส่งผลถึงการใช้พลังงานที่มากขึ้น ทำให้อายุการใช้งานของเซ็นเซอร์นั้นไม่ยืนยาว วิธีการแก้ไขปัญหาลดการใช้พลังงานคือข้อมูลที่ CM เก็บได้จากพื้นที่ในแต่ละรอบจะถูกส่งให้ CH ทำหน้าที่หาค่าเฉลี่ยของข้อมูลในรอบการทำงานเพื่อสรุปเป็นค่าหนึ่งเดียวภายในพื้นที่ย่อยพื้นที่นั้นก่อนส่งไปยังสถานีฐาน

## 2.7 แหล่งพลังงานหลักของเซ็นเซอร์

ภายในตัวโหนดแต่ละตัวจะมีแบตเตอรี่ขนาดเล็กของตัวเองเป็นลักษณะแบบใช้แล้วหมดไป ดังนั้นทำให้การทำงานของเซ็นเซอร์มีข้อจำกัดเรื่องพลังงานและจำนวนรอบการมีชีวิต ถ้าถูกใช้พลังงานจนหมดเซ็นเซอร์ตัวนั้นจะไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานต่อไปได้

## 2.8 การส่งข้อมูลไปยังสถานี

จากคลัสเตอร์จะส่งข้อมูลที่สรุปผลค่าต่าง ๆ ไปยังสถานีฐานโดยตรงด้วยวิธีแบบ Single-hop คือการส่งข้อมูลที่โดยตรงไปยังปลายทางโดยมีเป้าหมายเป็นวิธีแบบ Unicast และค่าพลังงานที่ใช้ต่อการส่งข้อมูลแต่ละครั้งนั้นขึ้นอยู่กับระยะห่างของตัวคลัสเตอร์กับสถานีฐาน



รูปที่ 2.7 การส่งข้อมูลจาก Cluster Head ไปยัง Base Station

## 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สืบเนื่องมาจากงานวิจัยของเรื่องการจัดสรรพลังงานเริ่มต้นและการควบคุมขนาดของคลัสเตอร์ในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย [1] ได้กล่าวถึงการแก้ไขปัญหาที่มาจากทำงานของพลังงานในการส่งข้อมูลระหว่างเซ็นเซอร์ด้วยวิธีการควบคุมขนาดรัศมีในรูปแบบวงกลมของคลัสเตอร์ตามวิธีการส่งสัญญาณวิทยุจากเสาสัญญาณ จากการตั้งสมมติฐานหาขนาดของกลุ่มคลัสเตอร์นั้นมีขนาดเทียบเท่ากันตลอดการจำลองการทำงาน จะส่งผลให้มีการใช้พลังงานในการรับและส่งข้อมูลที่ใกล้เคียงกันตลอดการทำงานจนกว่าหมดพลังงาน และ เกี่ยวข้องกับระยะเวลาการใช้งานของเซ็นเซอร์จำนวนรอบของการทำงานของเซ็นเซอร์แต่ละตัวจะสามารถใช้งานได้ในจำนวนรอบที่ใกล้เคียงกัน โดยการทดลองได้ทำการเปรียบเทียบการกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการทำงานของเซ็นเซอร์ เพื่อรักษาสมดุลด้านพลังงาน รวมถึงการใช้ค่าสมมุติความหนาแน่นของ CH

### บทที่ 3

## วิธีดำเนินการศึกษา

### 3.1 แบบจำลองการใช้พลังงาน

ระบบการทำงานที่ผู้วิจัยได้ศึกษาขึ้นนั้นเกิดจากการทำการจำลองพื้นที่และอุปกรณ์การทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ค่าพลังงานที่ก่อให้เกิดกิจกรรมต่าง ๆ ภายในพื้นที่การทดลองของแต่ละในชั้น ได้นำแนวคิดการส่งข้อมูลระหว่างคลัสเตอร์ 2 ลักษณะมาใช้คำนวณค่าพลังงานสำหรับการรับและส่งข้อมูล คือ free-space model และ multi-path fading model [3] โดยค่าพลังงานทั้งสองขึ้นอยู่กับปัจจัยระยะทางระหว่างเซ็นเซอร์ ( $d$ ) และภายใต้เงื่อนไขของระยะกระตุ้นการใช้พลังงาน ( $d_0$ )

$$E_{TX}(d,l) = \begin{cases} l(\epsilon_{fs} d^2 + e_t); & d \leq d_0 \\ l(\epsilon_{mp} d^4 + e_t); & d > d_0 \end{cases} \quad (1)$$

การส่งข้อมูลระหว่างเซ็นเซอร์ทั้งหมดขนาดข้อมูลจะมีขนาด  $l$  บิต และมีระยะทางระหว่างเซ็นเซอร์เองเป็น  $d$  เมตร ซึ่งเป็นช่วงในระยะเวลาที่การรับส่งข้อมูลสามารถยอมรับข้อผิดพลาดที่เกิดจากการส่งข้อมูลได้ การคิดหาค่าพลังงานที่สูญเสียไปกับการใช้ในแต่ละครั้งนั้นขึ้นอยู่กับระยะทาง ถ้าการส่งข้อมูลอยู่ในช่วงที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ  $d_0$  พลังงานจะลดลงเท่ากับ ค่าคงที่  $\epsilon_{fs}$  คูณ  $d^2$  แต่ถ้าระยะทางนั้นเกินกว่า  $d_0$  ค่าพลังงานที่ลดลงจะเท่ากับค่าคงที่  $\epsilon_{mp}$  คูณ  $d^4$  ส่วนการรับข้อมูลนั้นก็ต้องสูญเสียพลังงานไปด้วยเช่นกันสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$E_{RX}(l) = le_r \quad (2)$$

เซ็นเซอร์ไหนจะต้องใช้พลังงานรับจากเสาเป็นค่าคงที่  $e_r$  มีหน่วยเป็นจูลต่อบิตต่อปริมาณข้อมูลที่ได้รับ  $l$  บิต และการรวบรวมเพื่อสรุปข้อมูลของคลัสเตอร์ก็สูญเสียพลังงานด้วยเช่นกันสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$E_{PROC}(l) = l\epsilon_{agg} \quad (3)$$

หลังจากที่ได้ข้อมูลที่ผ่านการสรุปแล้วคลัสเตอร์จะใส่ข้อมูลที่สรุปได้นี้ไปให้สถานีฐานและต้องสูญเสียพลังงานปริมาณข้อมูล  $l$  บิตคูณ ค่าคงที่ของ  $\epsilon_{agg}$  มีหน่วยเป็นจูลต่อบิต

### 3.2 โมเดลจำลองระบบเครือข่ายของเซ็นเซอร์ไร้สาย

เซ็นเซอร์จะถูกสุ่มลงบนพื้นที่เน็ตเวิร์กที่ได้จำลองขึ้น จากการใช้ค่าความหนาแน่นเป็นตัวกำหนดปริมาณเซ็นเซอร์คำนวณได้จาก ความกว้าง  $W$  คูณ ความยาว  $a$  ของพื้นที่ และ คูณค่าความหนาแน่น  $\sigma$  เซ็นเซอร์จะถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มของ CCH กลุ่มของ CH และกลุ่ม CM ตอนเริ่มต้นโหนดแต่ละตัวจะมีค่า  $T$  เป็นค่าที่อยู่ในช่วง  $0 - 1$  ค่านี้จะถูกใช้ในการเปรียบเทียบในช่วงเริ่มต้นนั้นโหนดทุกตัวจะได้คัดเลือกมาเป็น CCH ด้วย วิธีคัดเลือกจากการค่า  $T$  ที่ได้มาตอนเริ่มต้นเปรียบเทียบกับค่า  $P$  ที่จะอยู่ในช่วงระหว่าง  $0 - 1$  ถ้าค่า  $P$  มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่า  $T$  โหนดนั้นจะได้เป็น Candidate Cluster Head (CCH) จากนั้น CCH จะส่ง Packet Control ด้วยรัศมี  $r_d$  การประกาศครั้งนี้หมายถึงการประกาศเพื่อแข่งขันกันเป็น CH ถ้า CCH ที่อยู่ใกล้กันในระยะ  $r_d$  นั้นจะต้องแข่งขันกันโดยเลือกจากตัวที่มีพลังงานเยอะกว่าไปเป็น CH หลังจากแข่งขันกันเสร็จแล้ว CH จะประกาศอาณาเขตตัวเองจะต้องประกาศ Packet Control ด้วยรัศมี  $r_a$  เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด เมื่อโหนดได้รับ Package Control จาก CH โหนดจะเลือกจาก CH ตัวที่ใกล้ที่สุด และส่งข้อมูลด้วย Package Control เพื่อยืนยันการเป็นสมาชิกกับ CH นั้น จากนั้น CM จะส่ง Package Data ที่บรรจุข้อมูลที่เก็บไว้ได้ ให้กับ CH หลังจากได้ข้อมูลจาก CM แล้ว CH จะรวบรวมข้อมูลที่รับมากับข้อมูลที่เก็บได้เองมาสรุปข้อมูลก่อนส่งไปให้ BS เพื่อให้วิเคราะห์ข้อมูล เมื่อทำเสร็จหนึ่งรอบจะเริ่มรอบใหม่โดยที่เริ่มจากการขึ้นตอนแรกใหม่และทำแบบนี้ไปเรื่อยๆจนกว่าพลังงานจะหมดเป็นครั้งแรก

### 3.3 ปัจจัยที่ใช้ศึกษาและเปรียบเทียบ

#### 3.3.1 ขนาดระยะห่างระหว่าง CH และ CM ในแต่ละรอบ

ระยะห่างระหว่าง CH และ CM ของการทำงานภายในพื้นที่การทดลองเพื่อเปรียบเทียบแนวโน้มระยะห่างที่เกิดขึ้นกับระยะห่างสมมุติฐาน สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของค่า  $T$  จากปัจจัยที่ 2 แบบ การทดลองจะทดลองกับค่า  $T$  ที่ไม่หลากหลายอยู่ในช่วง  $0 - 1$  ทั้งการทดลองแบบค่า  $T$  แบบคงที่ และค่า  $T$  ที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในแต่ละรอบให้สอดคล้องกับค่า  $r_d$

#### 3.3.2 จำนวนเฉลี่ยของ CH ที่เกิดขึ้นต่อจำนวนรอบ

ขนาดของคลัสเตอร์เฉลี่ยที่เกิดขึ้นมาจากระยะห่างที่คลัสเตอร์ห่างจากโหนดทุกตัวจะอยู่ในระยะของ  $r_d$  และจำนวนคลัสเตอร์เฉลี่ยมีความสอดคล้องกับพื้นที่ที่เป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่

## บทที่ 4

### กระบวนการนำเสนอ

แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย คือ การควบคุมขนาดของคลัสเตอร์ให้อยู่ในช่วงของ  $r_d$  ด้วยโดยควบคุมการสร้างพื้นที่ด้วยการปรับเพิ่มลดค่า  $T$  ที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณของคลัสเตอร์ได้ ให้ขนาดพื้นที่ที่คลัสเตอร์ครอบคลุมตามต้องการ เพื่อให้เกิดการสมดุลของพลังงานภายในพื้นที่อีกด้วย โหนดแต่ละตัวจะถูกกำหนดค่าพื้นฐานด้วยชุดข้อมูลเริ่มต้นที่เหมือนกันทุกตัวด้วยค่าคงที่ ค่าพลังงานเริ่มต้น ค่า  $T$  และชุดคำสั่งที่จำเป็นต่อการใช้งาน

เริ่มต้นจากกระบวนการแข่งขันเลือกตัวแทนกลุ่มเพื่อกันเป็นคลัสเตอร์หรือขึ้น Candidate Cluster Head จะเริ่มจากค่า  $T$  เริ่มต้นที่สามารถนำมากำหนดปริมาณ CH ในแต่ละรอบได้ ถ้าค่า  $T$  ที่กำหนดมาในภายแรกมีจำนวนน้อยไม่สัมพันธ์กับพื้นที่ ทำให้การส่งข้อมูลระหว่าง CH และ CM ใช้พลังงานเทียบเท่ากับการส่งไปยัง BS โดยตรงเพราะต้องส่งในระยะที่ไกลและเปลืองพลังงาน หรือ การกำหนดค่า  $T$  ที่มากเกินไปทำให้มีจำนวน CH มากเกินความจำเป็นถึงแม้จะมีข้อดีคือสามารถครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดได้แต่ผลที่ได้คือจำนวน CM น้อยเกินไปมีส่วนทับกันระหว่างรัศมีการทำงานของ CH ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ การทำงาน นั้นจะให้ความสามารถของ CH ในการปรับเพิ่มลดค่า  $T$  ของตนเองได้ในระหว่างการทำงานจนกว่าสามารถหาค่า  $T$  ที่เหมาะสมต่อการทำงานในรอบนั้น ๆ

จุดมุ่งหมายของการศึกษาในครั้งนี้ คือ ต้องการให้ขนาดของคลัสเตอร์ที่เกิดขึ้นในแต่ละรอบ (Operated Cluster Size หรือ  $r_o$ ) มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับขนาดคลัสเตอร์ที่ถูกตั้งค่าไว้ในตอนเริ่มต้น (Deployed Cluster Size หรือ  $r_d$ ) มากที่สุด

$$r_o = r_d \quad (4)$$

โดยการทำงานของ จะอยู่ในขั้นการเลือกกลุ่มคลัสเตอร์ให้ CH และ CM ในกลุ่มเดียวกัน แลกเปลี่ยนข้อมูลตำแหน่ง พลังงานคงเหลือ และค่า  $T$  กันด้วยและจะค่อยๆปรับค่ากันจนกว่าจะได้ค่า  $T$  ที่เหมาะสมกับเทียบเท่ากับ  $r_o$  ที่กำหนดไว้

#### 4.1 ขั้นตอนการเลือก CCH

ขั้นตอนการเลือกเลือกจากค่า  $T$  จะเป็นค่าที่อยู่ในช่วง  $0 - 1$  เป็นค่าตัวเลขที่ได้มาจากการตั้งค่าครั้งแรก ค่า  $P$  ค่าความน่าจะเป็นอีกค่าหนึ่งที่อยู่ในช่วง  $0 - 1$  เช่นกันค่านี้จะถูกสุ่มด้วยชุดค่าสุ่มภายในคลัสเตอร์นั้น แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่า  $T$  ถ้าค่า  $P$  ที่สุ่มขึ้นมา มีค่า น้อยกว่า หรือเท่ากับค่า  $T$  ณ ขณะนั้น โหนดนั้น ๆ ได้เป็น CCH เพื่อไปแข่งขันต่อไปในขั้นเลือก CH แต่ถ้าหากค่า  $P$  ที่สุ่มขึ้นมา มีค่ามากกว่าค่า  $T$  โหนดนี้ก็ไม่ได้ถูกรับเลือกให้เป็น CCH ต้องกลับไปเป็นโหนดธรรมดาที่จำเป็นเลือกกลุ่มเกาะกับ CH จะเกิดขึ้นในขั้นตอนถัดไปเพื่อส่งข้อมูล

#### 4.2 ขั้นตอนการกระบวนการแข่งขันเลือกตัวแทนกลุ่ม CH

CCH ที่ผ่านการคัดเลือกจากขั้นตอนที่ผ่านมาจะต้องประกาศอาณาเขตตัวเองเพื่อแข่งขันพื้นที่ครอบคลุมด้วยรัศมี ที่ได้กำหนดไว้ตามชุดค่าตั้งการประกาศไม่เพียงแต่ประกาศแค่รัศมีอย่างเดียวรวมถึงประกาศค่าพลังงานของตัว CCH ในขณะนั้นเองด้วยเพื่อให้โอกาส CCH ที่มีพลังงานมากที่สุดได้เป็น CH ครอบครองอาณาเขตก่อนเพราะมีพลังงานเหลือมากคุณสมบัติเหมาะสมที่จะได้รับการคัดเลือกมากกว่า CCH ที่มีพลังงานน้อยกว่า ส่วน CCH ที่ไม่ได้เป็น CH นั้นจะกลายเป็นโหนดปกติเพื่อรอจับกลุ่มส่งข้อมูลกับ CH ใกล้เคียงต่อไป

แต่ปัญหามักเกิดขึ้นจากการที่มี CCH มีพลังไม่ได้มากที่สุดกลายเป็น CH ก่อน ทำให้จะส่งผลกระทบต่อ การตัดสินใจเลือก CH ในระแวกใกล้เคียง เมื่อมีเหตุการณ์มีจำนวน CH ไม่เพียงพอต่อจำนวน CM นั้นส่งผลให้ไม่สามารถจำกัดอาณาเขตการดูแลของ CH ได้ เช่น มี CCH A, B และ C มีค่าพลังงานมากที่สุดตามลำดับมากไปน้อย โดยที่พื้นที่ของ A ซ้อนทับกับ B แต่ไม่ซ้อนทับกับ C และ พื้นที่ C ซ้อนทับกับ B แต่ไม่ซ้อนทับกับ A ในกรณีนี้จะยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่ CCH B ได้ประกาศ Packet Control สร้างอาณาเขตก่อนเป็นครั้งแรก ทำให้ CCH A และ C ได้รับข้อมูลมาตัดสินใจก่อน CCH C ที่มีพลังงานน้อยกว่า จึงแพ้การแข่งขันไปและกลับเป็นโหนดธรรมดาการประกาศ CH เพื่อเลือกเกาะกลุ่มกับ CH อื่น ๆ ส่งผลให้พื้นที่ในบริเวณนั้นไม่มีคลัสเตอร์เป็นตัวแทน ต่อมา CCH A ได้ประกาศอาณาเขต ด้วยค่าพลังงานที่ A มีมากกว่า B ทำให้ B ต้องกลับไปเป็น CM เพราะค่าพลังงานที่มีน้อยกว่า และ พื้นที่บริเวณนั้นสูญเสียคลัสเตอร์ ไม่เพียงพอที่จะขึ้นมาเป็นตัวแทนในการส่งข้อมูล ดังนั้นหน้าที่การทำงานจึงรวมอยู่ที่ CCH A ที่ต้องทำหน้าที่ดูแลโหนดที่เหลือนอกจากบริเวณที่ไม่มีคลัสเตอร์ เหตุการณ์ดังกล่าวส่งผลให้เกิดรัศมีของครัสเตอร์ที่มากเกินไปและไม่สอดคล้องตามทฤษฎีที่ (4) ที่ได้ตั้งไว้ตามสมมุติฐานตั้งต้น

#### 4.3 ขั้นตอนประกาศการเป็นอาณาเขตของ CH

จากที่ CCH ได้ประกาศรัศมี  $r_d$  ออกไป นั้นอาณาเขตอาจจะไม่ครอบคลุมทั้งพื้นที่ ดังนั้น การประกาศ Packet Control ของ CH จึงต้องมีความยาวรัศมีมากกว่า  $r_d$  ที่ได้ประกาศไป ใน ขั้นตอนนี้ CH จึงต้องประกาศรัศมีด้วย Announcement Cluster size หรือ  $r_a$  เป็นการป้องกันบาง โหนดที่ไม่สามารถรับสัญญาณจาก CH ที่ส่งออกมาได้เนื่องจากระยะห่างจาก CM มากเกินระยะ  $r_d$  และ ให้เซ็นเซอร์ทุกตัวมีโอกาสเลือก CH ที่ใกล้ที่สุด แต่ CH เองก็ยังจำเป็นต้องมีการแข่งขันจาก CH ตัวอื่น ๆ ด้วยกันเองอีกด้วย

#### 4.5 ขั้นตอนการขอเข้าร่วมกลุ่มคลัสเตอร์ของ CM

CM ที่ได้รับข้อมูลจาก Packet Control จาก CH จากนั้น CM จะตรวจสอบระยะห่าง ระหว่าง CM และของ CH ที่ได้รับมา เพื่อหาระยะห่างที่น้อยที่สุดและเลือกเข้าร่วมกลุ่มกับ CH นั้น ๆ CM จะส่งข้อมูลค่าพลังงานและตำแหน่งของแต่ละไปให้ CH ด้วยเพื่อให้ตำแหน่งไปคำนวณ ค่าระยะห่างของ CM ที่ใกล้ที่สุดของรอบในคลัสเตอร์นั้น ( $r_o$ )

#### 4.6 ขั้นตอนการยืนยันการเป็นสมาชิก

เมื่อ CH รับรู้ถึงสมาชิกในกลุ่มของตนเองแล้ว ต่อมาจะส่งข้อมูลยืนยันการเป็นสมาชิกใน รูปแบบ Packet Control ไปยัง CM โดยก่อนส่งข้อมูล จะมีคำนวณจากค่า  $r_o$  นำมาเปรียบเทียบกับ ค่า  $r_d$  ถ้าค่า  $r_o > r_d$  แสดงให้เห็นว่าอาณาเขตของคลัสเตอร์นั้นมีมากกว่ารัศมีตัวแปรที่กำหนด ไว้ ดังนั้นจึงต้องทำการลดรัศมีเพื่อให้ขนาดคลัสเตอร์อยู่ในระยะตัวแปรที่กำหนด โดยคลัสเตอร์ป ระกาศ ข้อมูลในรูปแบบ Packet Control ให้แก่ CM ที่เป็นสมาชิกให้เพิ่มค่า  $T$  ขึ้นทั้งหมดภายใน กลุ่ม รวมถึงตนเอง เพื่อให้ในรอบถัดไปของการเลือก CCH มีจำนวนที่มากขึ้น สำหรับการรองรับ โหนดในพื้นที่ที่ไม่ครอบคลุมในรอบก่อนหน้า เช่นเดียวกันกับกรณีค่า  $r_o < r_d$  แสดงให้เห็นว่า อาณาเขตของคลัสเตอร์นั้นมีระยะมากกว่ารัศมีตัวแปรที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงต้องทำการลดรัศมี เพื่อให้ขนาดคลัสเตอร์อยู่ในขนาดอยู่ในระยะที่ไม่เกิน  $r_o$  โดยคลัสเตอร์ประกาศ ข้อมูลในรูปแบบ Packet Control ให้แก่ CM ที่เป็นสมาชิกให้ลดค่า  $T$  ลงทั้งหมดภายในกลุ่ม รวมถึงตนเอง เพื่อให้ใน รอบถัดไปของการเลือก CCH มีจำนวนที่ลดลง สำหรับการรองรับโหนดในพื้นที่ที่ไม่ครอบคลุมใน รอบก่อนหน้า



#### 4.7 ขั้นตอนส่งข้อมูลระหว่าง CH, CM และ BS

CM เก็บข้อมูลในพื้นที่ของตนเองก่อนจะส่งข้อมูลไปยัง CH ด้วย Packet Data การส่งข้อมูลในครั้งนี้เป็นการส่งแบบมีเป้าหมายเดียว (Unicast) กล่าวคือ CH ตัวใดตัวหนึ่งนั้นที่มี CM เป็นสมาชิกอยู่ในรอบการทำงาน จะได้รับข้อมูลจากสมาชิกเป็นจำนวนเท่ากับสมาชิกที่เกิดขึ้นในรอบนั้น ๆ หลังจาก CH ได้รับข้อมูลจากสมาชิกทั้งหมดรวมถึงข้อมูลที่ CH เก็บได้เองมีขั้นตอนการสรุปข้อมูลออกเป็นค่าเฉลี่ยของพื้นที่ สำหรับการส่งข้อมูลให้กับ BS CH จะส่งแบบ Unicast

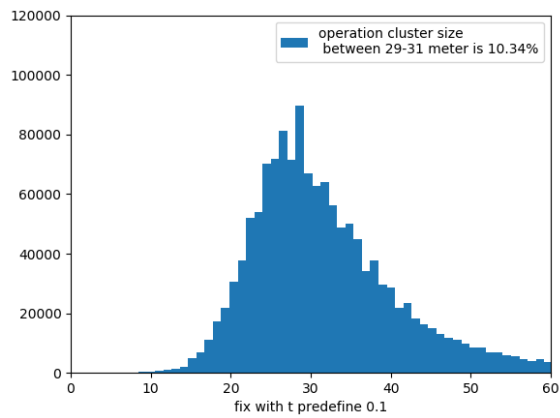
## บทที่ 5

### การทดสอบประสิทธิภาพ

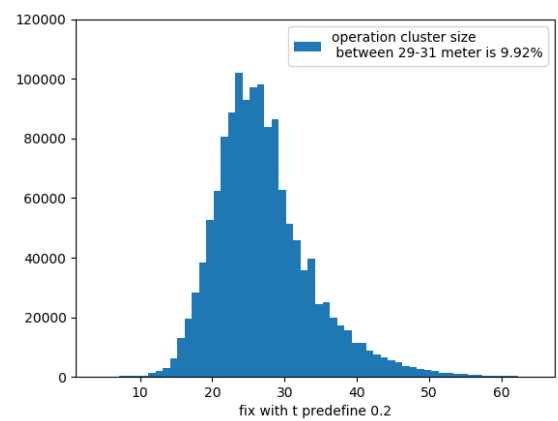
การทดสอบประสิทธิภาพนั้นผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรมภาษา Python สำหรับการจำลองระบบการทำงานของโปรโตคอลไวเลสเซ็นเซอร์ พื้นที่ของระบบการทำงานที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีความกว้าง 100 เมตร ความยาว 100 เมตร ตำแหน่งของสถานีฐานอยู่บนตำแหน่ง  $(-50, 50)$  ค่าความหนาแน่นของเซ็นเซอร์จำลองค่าอยู่ที่  $0.0125 \text{ node/meter}^2$  และ ค่าเริ่มต้นของเซ็นเซอร์ที่ใช้ทดลองแต่ละเซ็นเซอร์มีการตั้งค่าตามต่อไปนี้ ค่าพลังงานเริ่มต้นของโหนดทั้งระบบจำลองมีค่าเริ่มต้นอยู่ที่ 2 จูล ในการส่งข้อมูลระหว่างเซ็นเซอร์ที่มีการส่งข้อมูล 2 ชนิด คือ การส่งข้อมูลด้วย Packet Control มีขนาด 200 บิต การส่งข้อมูลด้วย Packet Data มีขนาด 4000 บิต ของระยะกระตุ่นการใช้พลังงาน ( $d_0$ ) มีความยาว 87 เมตร รวมทั้งการระยะประกาศรัศมีอาณาเขตของ CCH ( $r_d$ ) มีขนาด 30 เมตร ระยะประกาศรัศมีอาณาเขตของ CH ( $r_a$ ) มีขนาด 64.37 เมตรโดยค่า  $T$  ที่ใช้ในการทดลองมีค่าเป็น  $[0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9]$

การทดลองสมมุติฐานในการทดลองครั้งนี้แบ่งได้เป็นสองชนิด คือ การทดลองแบบค่า  $T$  ที่คงที่ตลอดการทำงานจนกว่าจะมีโหนดตัวใดตัวหนึ่งในพื้นที่ทดลองหมดพลังงานไม่สามารถทำงานต่อไปได้ มีค่า  $T$  เริ่มต้นทั้งหมด 9 ค่าที่แตกต่างกันไปในช่วง  $[0.1- 0.9]$  และ การทดลองแบบค่า  $T$  ที่มีการเปลี่ยนแปลงทุกรอบการทำงานจนกว่าจะมีโหนดตัวใดตัวหนึ่งในพื้นที่ทดลองหมดพลังงานไม่สามารถทำงานต่อไปได้ เพื่อให้ค่า  $r_0$  ใกล้เคียงกับค่า  $r_d$  มีค่า  $T$  เริ่มต้นทั้งหมด 9 ค่าที่แตกต่างกันไปในช่วง  $[0.1- 0.9]$

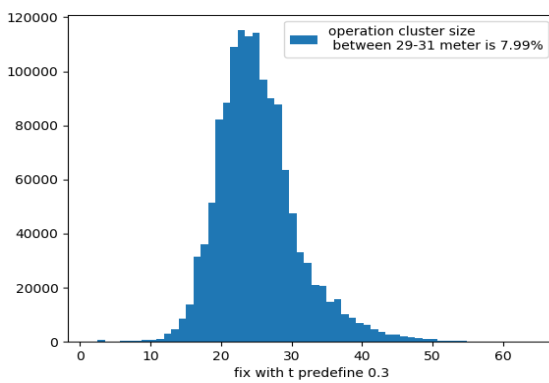
## 5.1 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของขนาดคลัสเตอร์



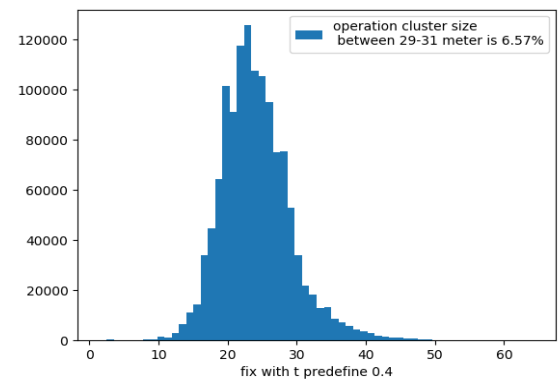
(ก)



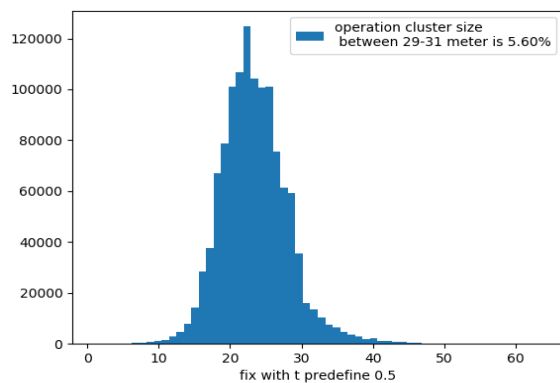
(ข)



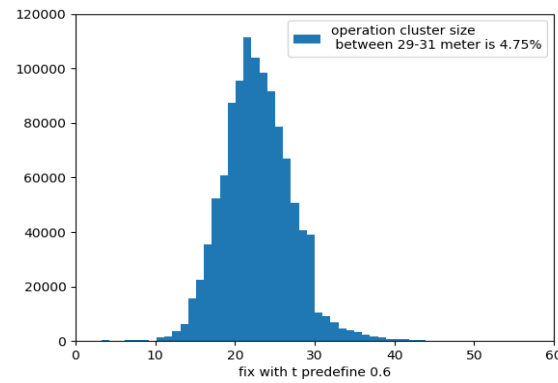
(ค)



(ง)

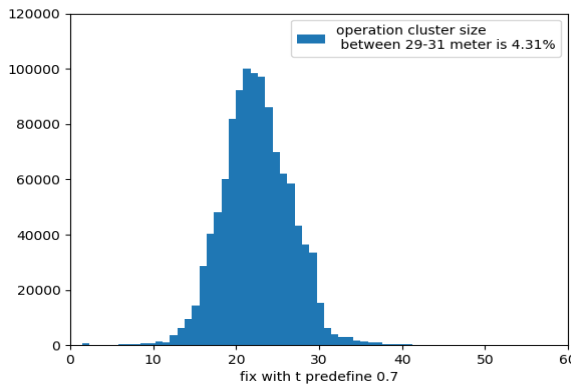


(จ)

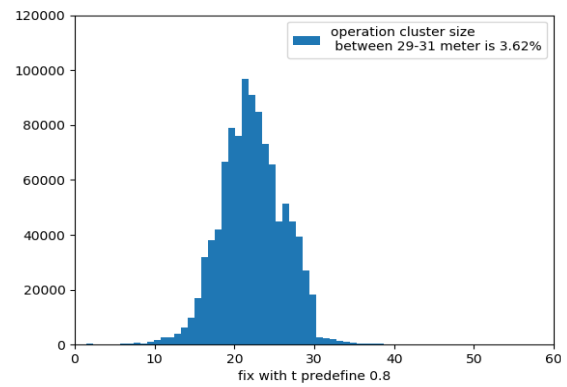


(ฉ)

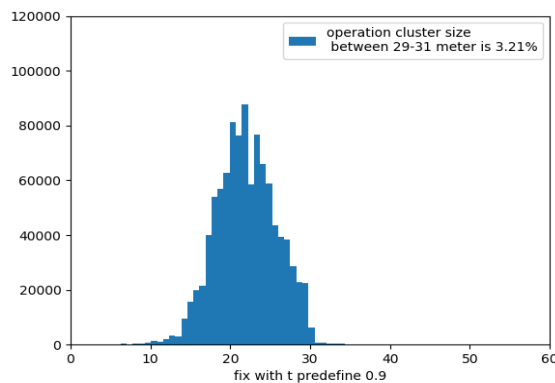
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงขนาดคลัสเตอร์ที่ทำงานด้วยค่า  $T$  คงที่



(ข)



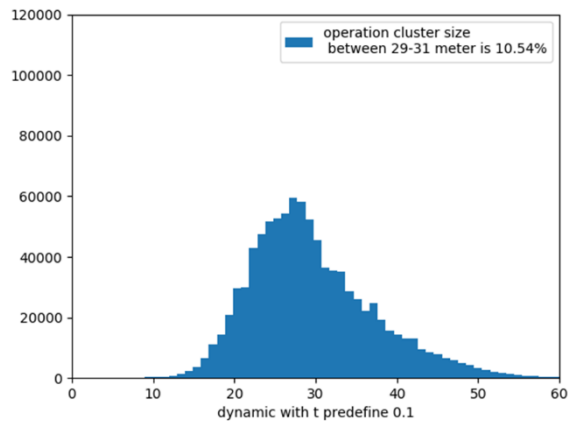
(ง)



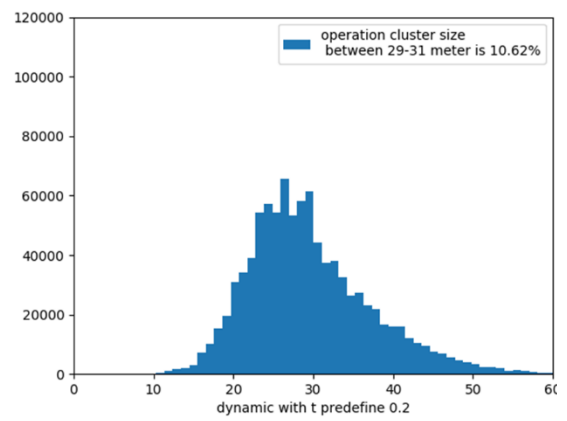
(ฉ)

รูปที่ 5.1 กราฟแสดงขนาดคลัสเตอร์ที่ทำงานด้วยค่า  $T$  คงที่ (ต่อ)

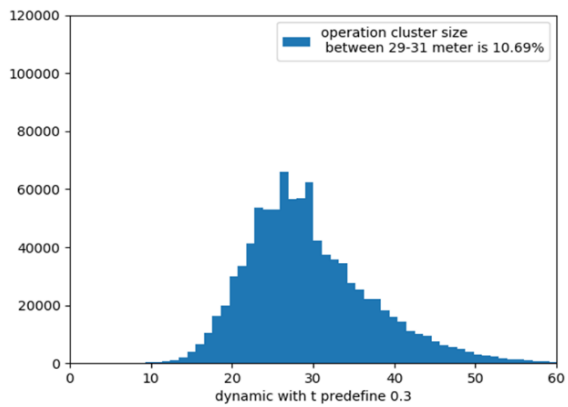
จากผลการทดลองเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างคลัสเตอร์กับโหนดนั้น ปัจจัยที่มีผลต่อค่า  $r_o$  เกิดจากจากค่าตัวแปร  $T$  ที่มีส่วนในขั้นตอนการคัดเลือกจำนวน CCH ในกรณีที่ค่า  $T$  มีค่าน้อยนั้นสามารถส่งผลให้จำนวน CCH เกิดขึ้นในแต่ละรอบการทำงานมีจำนวนน้อยเช่นเดียวกัน แต่เมื่อมีค่า  $T$  มากขึ้นส่งผลต่อจำนวน CCH มีจำนวนเพิ่มขึ้นตามการเปรียบเทียบกับการทดลองที่มีค่า  $T$  ที่มากกว่า ในความแตกต่างของจำนวนทั้ง CH ก็ดี CCH ก็ดี ล้วนแต่ส่งผลให้กับโหนดที่มีสิทธิตัดสินใจเลือกกลุ่ม CH เพื่อการสื่อสารในระยะที่ใกล้ที่สุด สำหรับ การประหยัดพลังงานในขั้นตอนการแลกเปลี่ยนส่งข้อมูลแต่ละรอบการทำงาน ในขณะที่จำนวน CH มากขึ้น นั้นหมายความว่าพื้นที่การทดลองถูกปกคลุมไปด้วยรัศมีของ CH ในจำนวนที่เพียงพอสำหรับการทำงาน ดังนั้นทำให้ระยะห่างระหว่าง CM และ CH มีแนวโน้มลดลงในอัตราผกผันกับจำนวน CH ที่เป็นผลสืบทอดมาจากค่า  $T$  ที่เป็นปัจจัยในตอนแรกเริ่ม



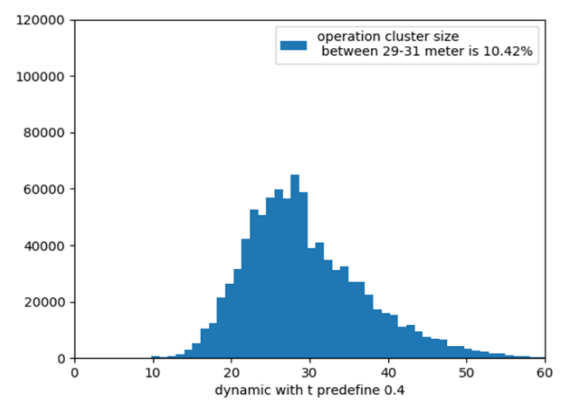
(ก)



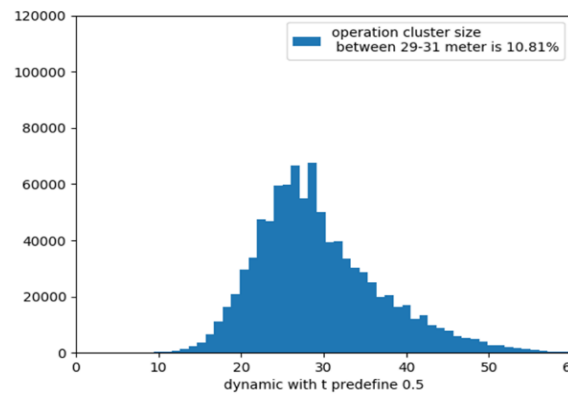
(ข)



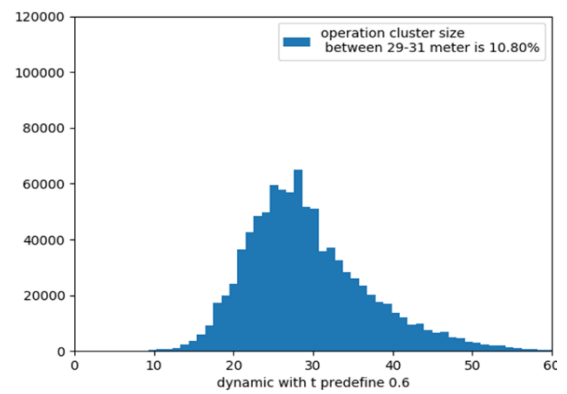
(ค)



(ง)

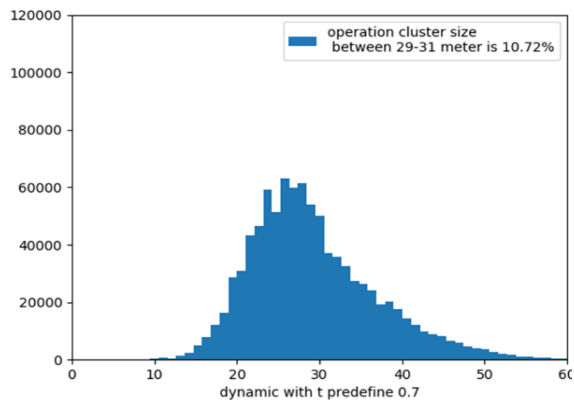


(จ)

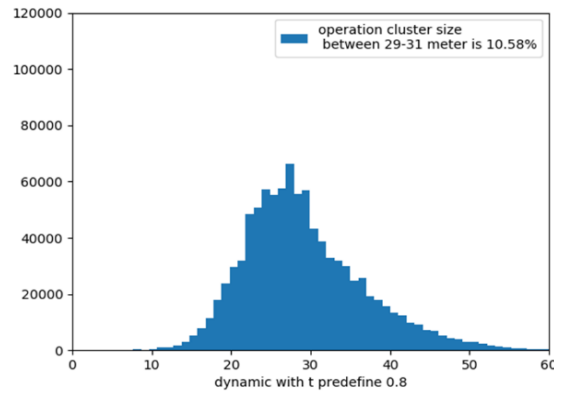


(ฉ)

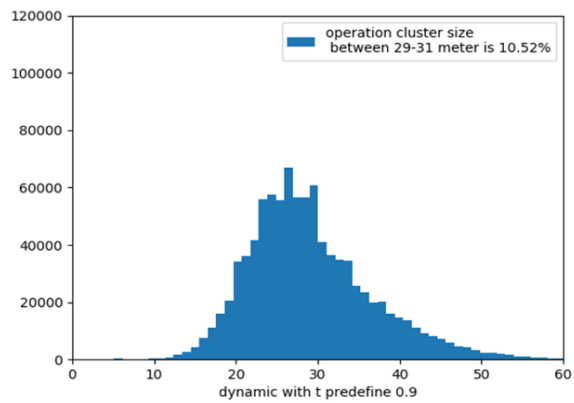
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงขนาดคลัสเตอร์ที่ค่า  $T$  มีการเปลี่ยนแปลง



(ข)

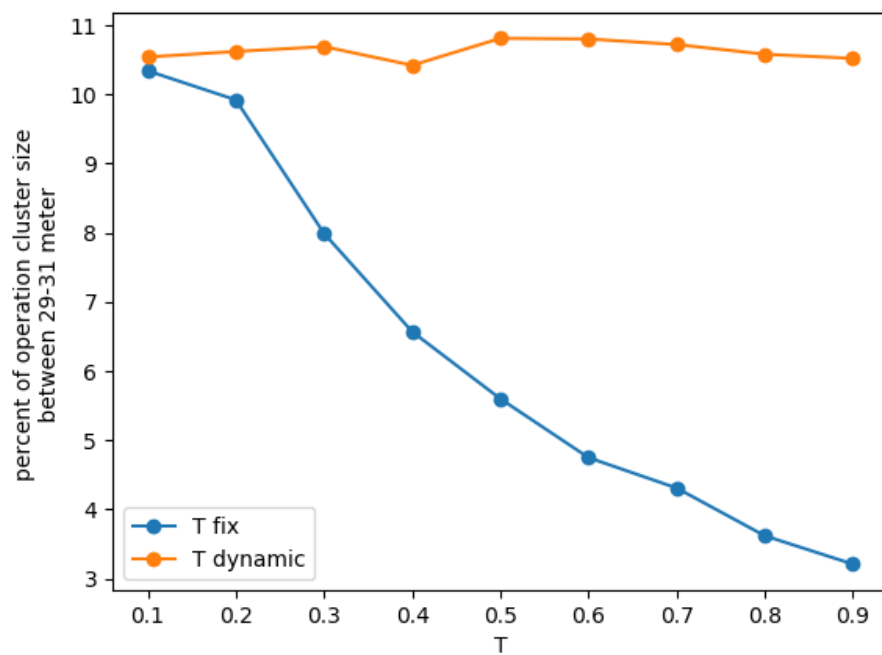


(ง)



(ฉ)

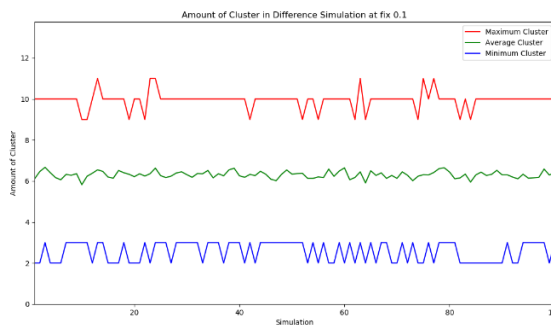
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงขนาดคลัสเตอร์ที่ค่า  $T$  มีการเปลี่ยนแปลง (ต่อ)



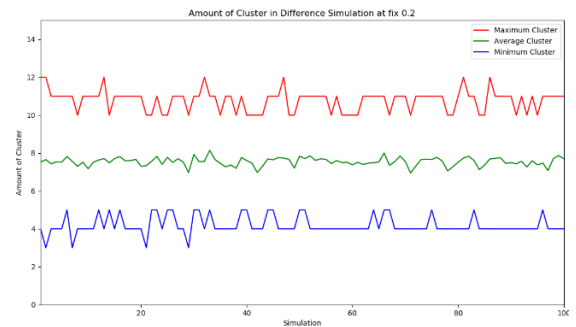
รูปที่ 5.3 กราฟสรุปการเปลี่ยนแปลงของค่า  $T$  ที่ส่งผลต่อขนาดของคลัสเตอร์

จากการทดลองค่า  $T$  ที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ในทุก ๆ รอบการทำงานจนกระทั่งค่าพลังงานที่สูญเสียของโหนดไม่เพียงพอสำหรับการทำงานในครั้งต่อไป จากการสังเกตค่าระยะห่างระหว่าง CH และ CM ที่เกิดขึ้นในแต่ละรอบการทำงานในระยะแรกของการเริ่มต้น แบบจำลองนี้ใช้ค่า  $T$  ที่แตกต่างกันเป็นจำนวน 9 ค่า เมื่อระยะเวลาผ่านไปค่า CH ได้เรียนรู้ระยะห่างระหว่าง CH และ CM การเรียนรู้ในแต่ละครั้งนั้นจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า  $T$  จากสมมุติฐานค่า  $r_d$  ที่ได้ตั้งระยะไว้ในตอนต้น จากการเปรียบเทียบของระยะห่างในแต่ละการทำงานนั้นส่งผลให้ค่า  $T$  ใน CH และ CM มีค่าไม่เท่ากันในแต่ละรอบการทำงาน หรือ ไม่เท่ากันในพื้นที่ใกล้เคียงกันอีกด้วย ผลสรุปที่ได้จากการทดลองการเปลี่ยนแปลงค่า  $T$  ของทุก ๆ รอบการทำงานเพื่อให้มีค่าระยะห่างระหว่าง CH และ CM ใกล้เคียงกับระยะสมมุติฐานครั้งนี้ ผลที่ได้นั้นก็คือ ไม่ว่า ค่า  $T$  จะเริ่มต้นด้วยค่าใด ๆ ก็ตาม แต่เมื่อเวลาผ่านไปมีการเรียนรู้ปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมใกล้เคียงกับค่าสมมุติฐานนั้นจะส่งผลให้มีระยะการทำงานในพื้นที่ที่ต้องการมากขึ้นรวมถึงส่งผลให้อายุการใช้งานของเซ็นเซอร์เพิ่มขึ้นอีกด้วย

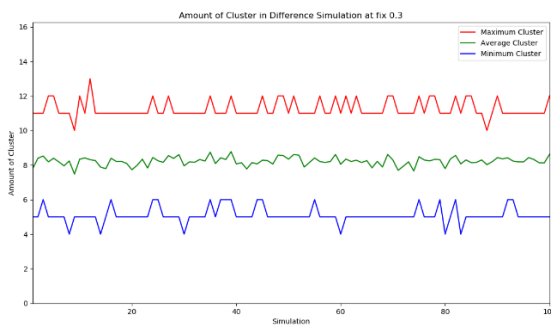
## 5.2 ผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงของจำนวนคลัสเตอร์



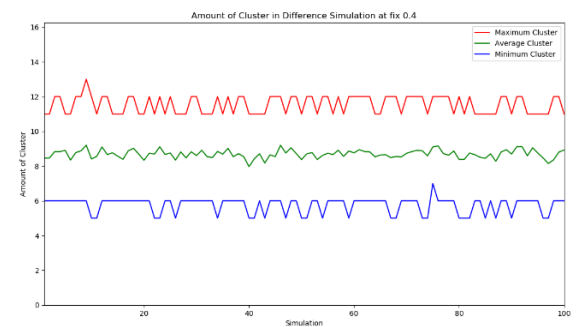
(ก)



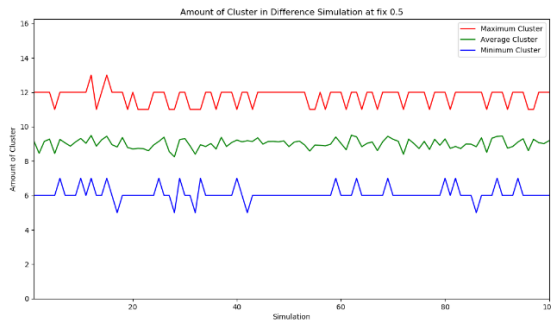
(ข)



(ค)



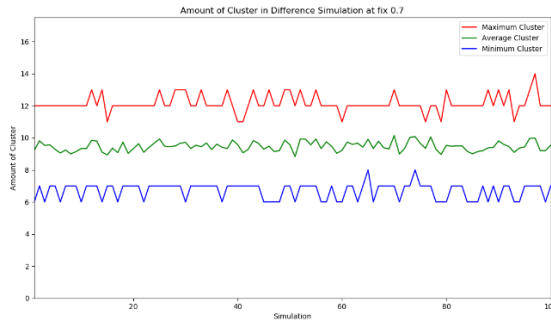
(ง)



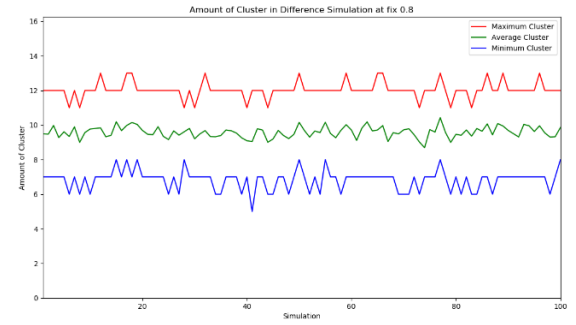
(จ)



(ฉ)



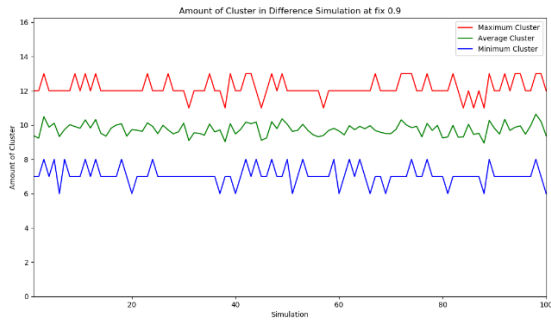
(ช)



(ฌ)

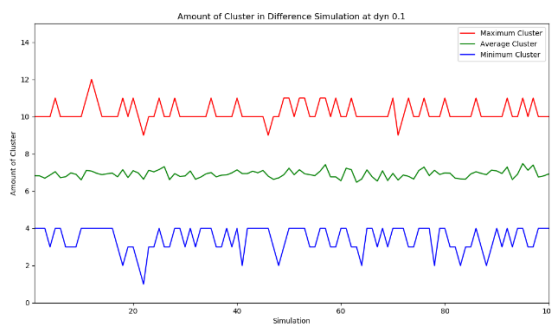
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนคลัสเตอร์ค่า  $T$  คงที่



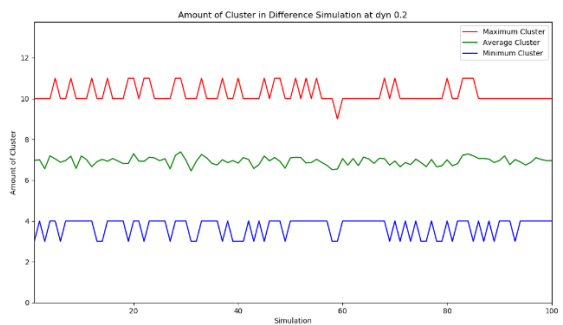


(ฉ)

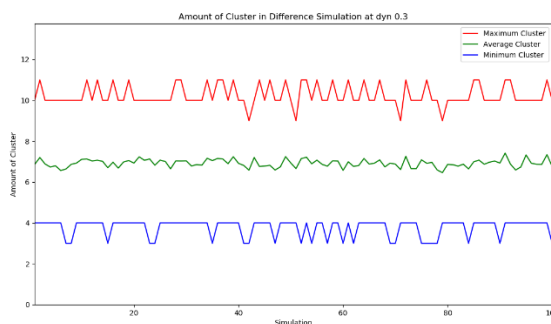
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนคลัสเตอร์ค่า  $T$  คงที่



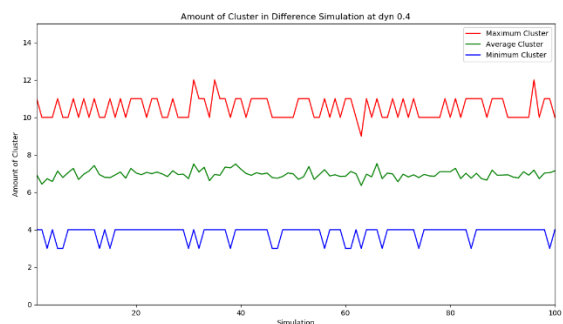
(ค)



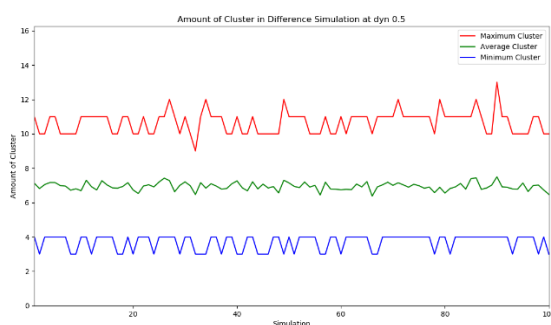
(ข)



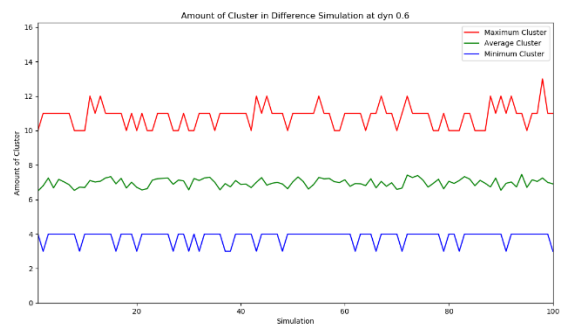
(ค)



(ง)

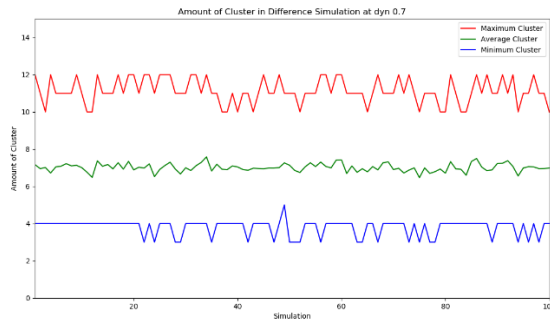


(จ)

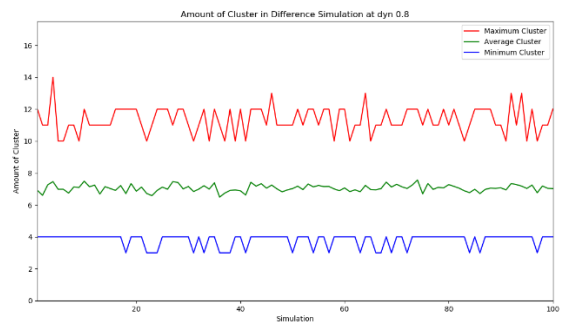


(ฉ)

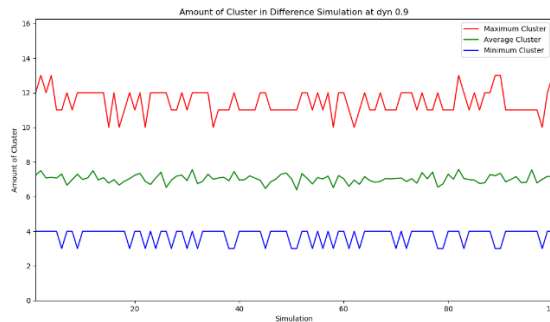
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนคลัสเตอร์ค่า  $T$  ที่มีการเปลี่ยนแปลง



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 5.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนคลัสเตอร์ค่า  $T$  ที่มีการเปลี่ยนแปลง (ต่อ)

การทดลองด้วยค่า fix  $T$  ที่น้อยจะทำให้ได้ CCH ที่น้อยตามซึ่งส่งผลให้ได้ CH ที่น้อยตามด้วย จากเงื่อนไขที่ว่า CM แต่ละตัวจะทำการสุ่มค่าตั้งแต่ 0 - 1 ถ้ามีค่าน้อยกว่า  $T$  ที่กำหนดของ CM ตัวนั้นจะต้องเป็น CCH ดังนั้นยังมีค่า  $T$  มากจะยังมีโอกาสเป็นมากขึ้นและเข้าสู่กระบวนการคัดเลือก CH ต่อไป ตัวที่เป็น CH จะรับภาระมากที่สุดเสียพลังงานมากกว่าพวก CM และเมื่อมาดูที่จำนวนรอบจะเห็นว่า fix 0.1 ซึ่งมีโอกาสได้ CH จำนวนน้อยสุดทำจำนวนรอบได้มากที่สุดตามลำดับ ในส่วนของการทดลองด้วยค่า dynamic  $T$  ซึ่งจะมีการปรับค่าให้เหมาะสมกับจำนวน cm ที่มาเป็นสมาชิก ถ้าสมาชิก CM ที่มาร่วม join มีค่า Rเกินค่า Rd ที่กำหนดไว้จะทำการเพิ่มค่า  $T$  เพื่อเพิ่มโอกาสให้มี CH เพิ่มขึ้นตามมาในรอบถัดไป ซึ่งการทดลองแบบ dynamic จะทำให้ได้ค่าที่เหมาะสมตามสภาพ ณ ตอนนั้นนั้น ทำให้ไม่ว่าจะเริ่มจากค่า  $T$  ก็จะมีการปรับค่าให้เพิ่มลดค่า  $T$  ให้เหมาะสมเหมือนกันทำให้การทำรอบที่ออกมาได้ค่าที่ใกล้เคียงกันตามลำดับ

## บรรณานุกรม

- [1]P. Eak-Une, C. Pornnavalai, “Initial Energy Allocation and Cluster Size Control in Wireless Sensor Networks”, Computer Science and Software Engineering (JCSSE), 2017
- [2]P. Eak-Une, C. Pornnavalai, “The Fuzzy-Based Cluster Head Election Algorithm for Equal Cluster Size in Wireless Sensor Networks”, Computer Science and Software Engineering (JCSSE), 2016 13th International Joint Conference on.
- [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, October 2002.