

การศึกษาแนวทางการพัฒนาประสิทธิภาพเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่

**A STUDY ON PERFORMANCE IMPROVEMENT IN
MOBILE AD HOC NETWORKS**

โดย

ชนากานต์ พันธุ์แก้ว

CHANAKAN PHANKAEW

ฐิติรัตน์ ศักดิ์พิชัยมงคล

THITIRAT SAKPICHAIMONGKOL

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ประภาวัต

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

การศึกษาแนวทางการพัฒนาประสิทธิภาพเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่

โดย

ชนากานต์ พันธุ์แก้ว

ฐิติรัตน์ ศักดิ์พิชัยมงคล

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ประภาวัต

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

**A STUDY ON PERFORMANCE IMPROVEMENT IN
MOBILE AD HOC NETWORKS**

**CHANAKAN PHANKAEW
THITIRAT SAKPICHAIMONGKOL**

**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**

2/2015

COPYRIGHT 2016

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ใบรับรองปริญญาโท ประจำปีการศึกษา 2558

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาแนวทางการพัฒนาประสิทธิภาพเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่

A STUDY ON PERFORMANCE IMPROVEMENT IN MOBILE
AD HOC NETWORKS

ผู้จัดทำ

1. นางสาวชนากานต์ พันธุ์แก้ว รหัสนักศึกษา 55070024
2. นางสาวจิตติรัตน์ ตักดีพิชัยมงคล รหัสนักศึกษา 55070032

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ประภาวัต)

ใบรับรองโครงการ (PROJECT)

เรื่อง

การศึกษาแนวทางการพัฒนาประสิทธิภาพเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่

A STUDY ON PERFORMANCE IMPROVEMENT IN

MOBILE AD HOC NETWORKS

นางสาวชนากานต์	พันธ์แก้ว	รหัสนักศึกษา	55070024
----------------	-----------	--------------	----------

นางสาวฐิติรัตน์	ศักดิ์พิชัยมงคล	รหัสนักศึกษา	55070032
-----------------	-----------------	--------------	----------

ขอรับรองว่ารายงานฉบับนี้ ข้าพเจ้าไม่ได้คัดลอกมาจากที่ใด
รายงานฉบับนี้ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาวិชาโครงการ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศ)
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

.....
(นางสาวชนากานต์ พันธ์แก้ว)

.....
(นางสาวฐิติรัตน์ ศักดิ์พิชัยมงคล)

หัวข้อโครงการ	การศึกษาแนวทางการพัฒนาประสิทธิภาพเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่		
นักศึกษา	นางสาวชนากานต์	พันธ์แก้ว	รหัสนักศึกษา 55070024
	นางสาวจิตติรัตน์	ศักดิ์พิชัยมงคล	รหัสนักศึกษา 55070032
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต		
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ		
ปีการศึกษา	2558		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ประภาวัต		

บทคัดย่อ

เครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่ที่เป็นเครือข่ายแบบไม่พึ่งพาโครงสร้างพื้นฐาน ไม่มีศูนย์กลางในการควบคุม และอาศัยโมบายล์โหนดเป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสาร แต่เนื่องจากโมบายล์โหนดมีข้อจำกัดทางด้านพลังงาน ถ้ามีโหนดพลังงานหมด อาจทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องในการติดต่อสื่อสาร จึงต้องทำการค้นหาเส้นทางใหม่ และส่งผลให้เกิดความคับคั่งในเครือข่าย ผู้จัดทำจึงได้ทำการศึกษากลไกการค้นหาเส้นทางรูปแบบต่างๆ และเสนอแนวทางในการปรับปรุงการค้นหาเส้นทาง โดยจะทำการปรับปรุงเรื่องเวลาในการส่งแพ็กเก็ตค้นหาเส้นทาง และมีแพ็กเก็ตที่ใช้ในการควบคุมการกระจายของแพ็กเก็ตค้นหาเส้นทาง เพื่อลดโอเวอร์เฮดในเครือข่าย ส่งผลให้การใช้พลังงานในเครือข่ายน้อยลง ซึ่งจากผลการจำลองเครือข่าย พบว่าแนวทางที่นำเสนอ ทำให้เครือข่ายใช้พลังงานน้อยลง ส่งผลให้อายุขัยของเครือข่ายเพิ่มขึ้น รวมไปถึงประสิทธิภาพด้านอื่นๆ ด้วย

Project Title	A STUDY ON PERFORMANCE IMPROVEMENT IN MOBILE AD HOC NETWORKS	
Student	Miss Chanakan Phankaew	Student ID 55070024
	Miss Thitirat Sakpichaimongkol	Student ID 55070032
Degree	Bachelor of Science	
Program	Information Technology	
Academic Year	2015	
Advisor	Assistant Professor Dr. Sumet Prabhavat	

ABSTRACT

Mobile Ad Hoc Network (MANET) is an interesting infrastructure-less self-organizing network. In MANET, mobile nodes have a limited energy resource. If there is no energy left enough, network operation is interrupted and a route discovery process will be invoked. In this project, we study routing protocols and develop a new routing algorithm by delaying the route request packet forwarding and control the dissemination of the routing packet by using a special packet to reduce overhead and energy consumption. The results show that our proposed algorithm can reduce the energy consumption, increase network lifetime and improve other performance criteria.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษา
โครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ประภาวัต ที่คอยให้ความรู้ ให้คำแนะนำในการทำงาน ให้
คำปรึกษาเมื่อเกิดปัญหา และให้กำลังใจตลอดระยะเวลาการทำงาน ขอขอบพระคุณอาจารย์
เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่คอยให้ความรู้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการทำโครงการได้

ขอขอบคุณ นายชนานพ ทองถาวร และนายวรวัชร ฌรณะชวันะ ที่คอยให้คำปรึกษา
คำแนะนำ ตลอดระยะเวลาในการทำโครงการ

ขอขอบคุณครอบครัว และเพื่อนพี่น้องชาวไอทีลาดกระบังทุกคน ที่คอยช่วยเหลือ ให้การ
สนับสนุน และให้กำลังใจเสมอมา

ชนากานต์ พันธุ์แก้ว

จิตรีรัตน์ ศักดิ์พิชัยมงคล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
คำอธิบายศัพท์	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการพัฒนาโครงงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 Mobile Ad Hoc Network	3
2.2 Ad Hoc On-demand Distance Vector Routing (AODV)	3
2.3 Expanding Ring Search	4
2.4 Blocking Expanding Ring Search	6
บทที่ 3 แนวคิด และการดำเนินงาน	9
3.1 งานที่นำเสนอ	9
3.1.1 สร้างเงื่อนไขการกระจายแพ็คเก็ต stop_instruction	9
3.1.2 สร้างเงื่อนไขเวลารอแพ็คเก็ต stop_instruction	10
3.2 ตัวชี้วัดที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่	12

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การทดลอง และการประเมินผล	14
4.1 การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการจำลองเครือข่าย.....	14
4.2 โพรโทคอลที่ใช้ในการเปรียบเทียบ	15
4.3 ผลการทดลอง	15
บทที่ 5 สรุปผล	22
บรรณานุกรม	23
ภาคผนวก	24
ประวัติผู้เขียน	27

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

2.1 กลไกการทำงานของโปรโตคอล ERS ที่โหนดต้นทาง	5
2.2 กลไกการทำงานของโปรโตคอล ERS ที่โหนดระหว่างทาง.....	6
2.3 กลไกการทำงานของโปรโตคอลของ BERS ที่โหนดต้นทาง.....	7
2.4 กลไกการทำงานของโปรโตคอลของ BERS ที่โหนดระหว่างทาง.....	8
3.1 เงื่อนไขการกระจายแพ็คเกจ stop_instruction	11
4.1 แสดงโอเวอร์เฮดของเครือข่ายของแนวคิดที่ 1	15
4.2 แสดงโอเวอร์เฮดของเครือข่ายของแนวคิดที่ 2.....	16
4.3 แสดงการใช้พลังงานของเครือข่ายของแนวคิดที่ 1	16
4.4 แสดงการใช้พลังงานของเครือข่ายของแนวคิดที่ 2	17
4.5 แสดงเวลาที่โหนดแรกพลังงานหมดของแนวคิดที่ 1	17
4.6 แสดงเวลาที่โหนดแรกพลังงานหมดของแนวคิดที่ 2	18
4.7 แสดงจำนวนโหนดที่เหลืออยู่ในเครือข่ายของแนวคิดที่ 1	18
4.8 แสดงจำนวนโหนดที่เหลืออยู่ในเครือข่ายของแนวคิดที่ 2.....	19
4.9 แสดงความหน่วงในการส่งข้อมูลของแนวคิดที่ 1.....	19
4.10 แสดงความหน่วงในการส่งข้อมูลของแนวคิดที่ 2.....	20
4.11 แสดงอัตราการส่งข้อมูลสำเร็จของแนวคิดที่ 1	20
4.12 แสดงอัตราการส่งข้อมูลสำเร็จของแนวคิดที่ 2	21

คำอธิบายศัพท์

1. Mobile Ad Hoc Network (MANET) คือ เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายที่ไม่ต้องพึ่งพาโครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งเครือข่ายนี้จะติดต่อสื่อสารผ่านทางโหนดที่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ
2. Protocol คือ กฎที่ถูกตั้งขึ้นมาเพื่อให้เข้าใจตรงกันทั้งระบบ
3. Route request (RREQ) คือ แพ็กเก็ตที่โหนดต้นทางใช้เพื่อค้นหาและร้องขอเส้นทางไปยังโหนดปลายทาง
4. Route reply (RREP) คือ แพ็กเก็ตที่ตอบกลับจากโหนดปลายทางหรือโหนดระหว่างทางไปยังโหนดต้นทาง
5. Route error (RERR) คือ แพ็กเก็ตที่จะถูกส่งก็ต่อเมื่อเกิดข้อผิดพลาดขึ้น เพื่อแจ้งให้อีกโหนดได้รับรู้
6. Route discovery คือ กระบวนการในการค้นหาเส้นทางเพื่อไปยังโหนดปลายทาง
7. Route maintenance คือ กระบวนการบำรุงรักษาเส้นทาง
8. Broadcast คือ การกระจายแพ็กเก็ตไปยังโหนดเพื่อนบ้านทุกๆ โหนด
9. Bandwidth คือ ขนาดของช่องทางการรับส่งข้อมูลภายในเครือข่าย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารมีบทบาทสำคัญอย่างมากในการดำเนินชีวิต ทั้งการติดต่อสื่อสารแบบมีสาย และไร้สาย ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายมีมากขึ้น ทำให้ผู้ใช้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้อย่างสะดวก และรวดเร็ว ผ่านทางอุปกรณ์ที่เรียกว่า สมาร์ทโฟน (Smartphone) ซึ่งสมาร์ทโฟนได้กลายมาเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวัน จึงเกิดการพัฒนาเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่ขึ้น ซึ่งการติดต่อสื่อสารรูปแบบนี้เป็นการติดต่อสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์สมาร์ทโฟน โดยต้องไม่พึ่งพาโครงสร้างพื้นฐานของระบบสื่อสาร ทำให้สามารถนำเครือข่ายเคลื่อนที่เฉพาะกิจนี้มาใช้ในกรณีที่โครงสร้างพื้นฐานของระบบสื่อสารเสียหายจนไม่สามารถทำงานได้ เช่น เกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติ แผ่นดินไหว สึนามิ ทำให้เกิดการขัดขาดการสื่อสาร หรือในบริเวณคอนเสิร์ต สถานที่ชุมนุม ที่มีผู้ใช้งานพร้อมกันเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดความคับคั่งของข้อมูล ซึ่งจะทำให้ช่องสัญญาณเต็ม จนไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับภายนอกได้

ในการติดต่อสื่อสารของเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่ จำเป็นต้องอาศัยสมาร์ทโฟน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า โมบายล์โหนด ในการติดต่อสื่อสาร โมบายล์โหนดหนึ่งๆจะทำหน้าที่ในการรับและส่งข้อมูล การค้นหาเส้นทางจากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง หรือการทำหน้าที่อื่นๆ ทำให้มีการใช้พลังงานอย่างมาก ซึ่งโมบายล์โหนดนั้นมีข้อจำกัดทางด้านพลังงาน หากผู้ใช้เห็นว่าแบตเตอรี่ของสมาร์ทโฟนเหลือน้อย ผู้ใช้ก็จะปิดการทำงานทุกอย่างบนสมาร์ทโฟน เพื่อให้สมาร์ทโฟนใช้งานได้ยาวนานที่สุด แต่ก็ก็จะเกิดปัญหากับเครือข่าย ทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องในเครือข่าย โหนดในเครือข่ายไม่สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ การสื่อสารล้มเหลว

จากปัญหาข้างต้นทางผู้จัดทำจึงได้ทำการศึกษา ค้นคว้า หาแนวทางในการพัฒนา และปรับปรุงกลไกการค้นหาเส้นทาง การส่งข้อมูลของโมบายล์โหนด เพื่อให้โหนดมีการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนา และปรับปรุงเทคโนโลยีเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่ให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. เพื่อศึกษาการทำงานของกลไกต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่
3. เพื่อศึกษาหาแนวทางในการลดการใช้พลังงานของโมบายล์โหนดบนเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. พัฒนาเทคโนโลยีเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่ในลักษณะ Ad Hoc โดยที่ไม่ต้องพึ่งพาโครงสร้างพื้นฐานของระบบสื่อสาร
2. ทดสอบ และประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่ายโดยใช้โปรแกรมจำลองการทำงานเครือข่ายเป็นหลัก

1.4 ขั้นตอนการพัฒนาโครงการ

1. ศึกษาทฤษฎี และหลักการงานของการส่งข้อมูลที่ใช้เทคโนโลยีเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่
2. ศึกษาเทคโนโลยีเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่ที่มีการพัฒนามาถึงปัจจุบัน
3. ทดลองจำลองเครือข่ายเดิมที่มีอยู่ เพื่อดูประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่าย
4. ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และแนวทางในการพัฒนา ปรับปรุงประสิทธิภาพของเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่
5. ทดลองกับโปรแกรมจำลองการทำงานเครือข่าย และอาจทดสอบกับอุปกรณ์จริง
6. วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่าย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงแนวทางที่จะทำให้เครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่มีประสิทธิภาพดีพอที่จะใช้งานได้จริง
2. ทำให้ได้เครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่ที่มีการใช้พลังงานน้อยลง และมีอายุขัยยาวนานขึ้น
3. ได้ความรู้เกี่ยวกับหลักการงานของเทคโนโลยีเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่ โพรโทคอลในการค้นหาเส้นทาง และหลักการทำงานในการส่งข้อมูล

2.1 Mobile Ad Hoc Network

เครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่แบบไร้สาย หรือ Mobile Ad Hoc Network (MANET) [1] คือ เครือข่ายที่ประกอบด้วยอุปกรณ์พกพาตั้งแต่สองอุปกรณ์ขึ้นไปที่เชื่อมต่อกันด้วยเทคโนโลยีแบบไร้สาย ซึ่งการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์นั้นจะไม่พึ่งพาโครงสร้างพื้นฐาน (Base Station) ของระบบสื่อสาร โดยการสื่อสารรูปแบบนี้แต่ละโหนดจะสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ทำให้มีรูปแบบการเชื่อมต่อที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โหนดหนึ่งๆทำหน้าที่เหมือนเราท์เตอร์ (Router) คือ มีการค้นหาเส้นทางในการติดต่อสื่อสาร และส่งต่อข้อมูลไปยังโหนดปลายทาง โดยจะใช้ Routing Protocol ในการค้นหาและเลือกเส้นทางในการส่งต่อข้อมูล ซึ่งการรับ และส่งข้อมูลจะกระทำระหว่างโหนดหนึ่งส่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง และทำการส่งไปเรื่อยๆจนถึงโหนดปลายทาง เรียกการส่งข้อมูลแบบนี้ว่า Multi Hopping การติดต่อสื่อสารแบบ MANET นี้จึงมีความยาก และซับซ้อนกว่าเครือข่ายไร้สายแบบอื่นๆ และยังมีข้อจำกัด เช่น ข้อจำกัดทางด้านพลังงานของอุปกรณ์ รูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายที่ไม่คงที่ หรือเรื่องของสัญญาณรบกวน เป็นต้น

2.2 Ad Hoc On-demand Distance Vector Routing (AODV)

Ad Hoc On-demand Distance Vector Routing (AODV) [2] คือ โพรโทคอลประเภท Distance Vector และมีการทำงานแบบเชิงรับ (Reactive) มุ่งเน้นที่จะลดการส่งแพ็คเก็ตในการค้นหาเส้นทาง โดยจะค้นหาเส้นทางเมื่อต้องการส่งข้อมูล โพรโทคอลนี้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 กระบวนการ ได้แก่

1. กระบวนการค้นหาเส้นทาง (Route Discovery) เมื่อโหนดต้นทางต้องการจะส่งข้อมูลไปยังโหนดปลายทางจะตรวจสอบภายในตารางเส้นทางของตัวเอง ว่ามีเส้นทางหรือไม่ ถ้าหากมีเส้นทางอยู่แล้วก็สามารถส่งแพ็คเก็ตออกไปได้เลย แต่ถ้าหากยังไม่มีเส้นทาง จะต้องทำการค้นหาเส้นทางก่อน โดยโหนดต้นทางจะสร้างแพ็คเก็ต RREQ ภายในแพ็คเก็ตประกอบด้วย Source IP

Address, Source Sequence Number, Destination IP Address, Destination Sequence Number, Broadcast ID และ Hop Count แพ็กเก็ต RREQ จะถูกกระจายออกไปจนถึงโหนดปลายทาง โหนดที่ได้รับ RREQ ก็จะบันทึกข้อมูล Reverse Route Entry (เส้นทางย้อนกลับมายังต้นทาง) ไว้ในตารางเส้นทางของตัวเอง และเพิ่มค่า Hop Count ก่อนส่งไปยังโหนดถัดไป หากได้รับแพ็กเก็ต RREQ ที่มี Broadcast ID และ Source Address เหมือนกับแพ็กเก็ต RREQ ก่อนหน้าจะละทิ้งแพ็กเก็ตนั้น เมื่อโหนดปลายทาง หรือโหนดที่มีข้อมูลของโหนดปลายทางได้รับแพ็กเก็ต RREQ แล้ว โหนดจะสร้างแพ็กเก็ต RREP และส่งกลับมายังโหนดต้นทาง โดยจะส่งแพ็กเก็ตกลับไปในเส้นทางเดียวกับที่ส่งแพ็กเก็ต RREQ มา ซึ่งดูจากตารางเส้นทางที่บันทึกไว้

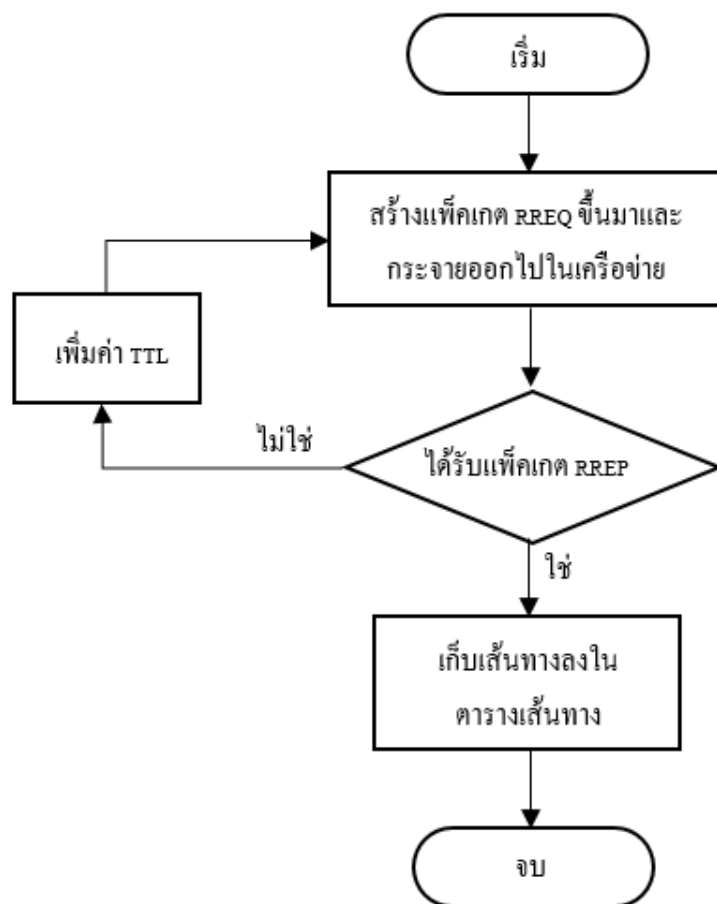
2. กระบวนการรักษาเส้นทาง (Route Maintenance) หากโหนดต้นทางเคลื่อนที่ออกห่างจนไม่สามารถส่งข้อมูลได้ โหนดจะทำการค้นหาเส้นทางใหม่ หากโหนดระหว่างทาง หรือโหนดปลายทางเคลื่อนที่ออกจากเส้นทาง โหนดจะส่งแพ็กเก็ต Route Error (RERR) กลับไปยังโหนดต้นทาง เพื่อแจ้งว่าเส้นทางมีปัญหา ไม่สามารถส่งข้อมูลได้ เมื่อโหนดต้นทางได้รับแพ็กเก็ต RERR จะทำการค้นหาเส้นทางใหม่

2.3 Expanding Ring Search

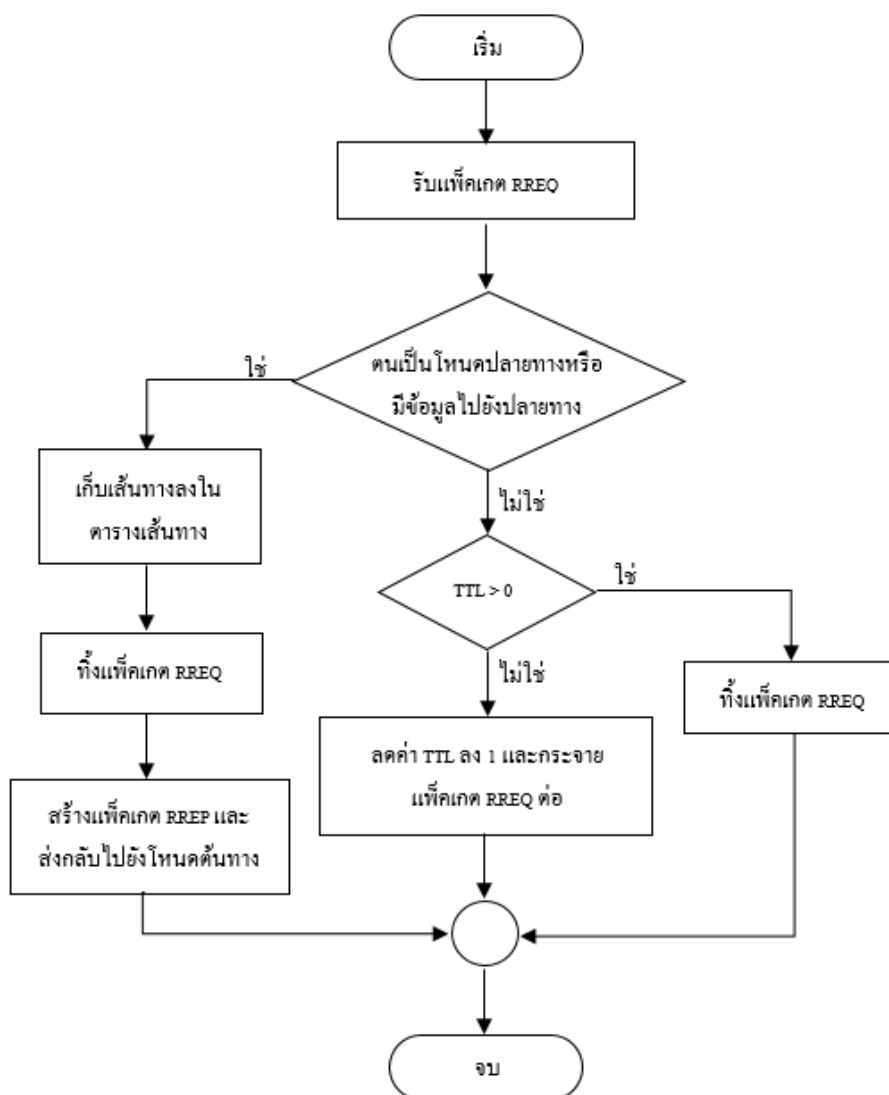
Expanding Ring Search (ERS) [3] เป็นกระบวนการหนึ่งที่ใช้ในการค้นหาเส้นทางจากโหนดต้นทางไปยังปลายทาง โดยใช้ค่า Time to Live (TTL) เป็นเงื่อนไขในการส่งต่อแพ็กเก็ต RREQ ในการค้นหาเส้นทาง โหนดต้นทางจะทำการสร้างแพ็กเก็ต RREQ โดยเริ่มจาก TTL ค่าน้อยๆ และกระจายแพ็กเก็ตไปยังโหนดเพื่อนบ้าน

ในการส่งต่อแพ็กเก็ตแต่ละครั้งค่า TTL จะลดลงทีละ 1 และโหนดที่ได้รับแพ็กเก็ต RREQ จะทำการพิจารณาค่า TTL ว่าต้องทำการส่งต่อแพ็กเก็ตนี้หรือไม่ ถ้าค่า TTL มีค่ามากกว่า 0 โหนดจะกระจายแพ็กเก็ตต่อ แต่ถ้าค่า TTL มีค่าเท่ากับ 0 จะหยุดการกระจายแพ็กเก็ต และละทิ้งแพ็กเก็ตนั้น หลังจากที่โหนดต้นทางทำการกระจายแพ็กเก็ต RREQ ไปแล้ว ถ้าไม่ได้รับแพ็กเก็ต RREP ภายในเวลาที่กำหนด โหนดต้นทางจะทำการสร้างแพ็กเก็ต RREQ ขึ้นมาใหม่ และเพิ่มค่า TTL ขึ้นเพื่อเป็นการเพิ่มระยะทางในการกระจายแพ็กเก็ต เมื่อโหนดปลายทางได้รับแพ็กเก็ต RREQ แล้ว จะสร้าง RREP ส่งกลับไปยังโหนดต้นทาง

ผลจากกลไก ERS คือทำให้แพ็คเกจ RREQ ไม่กระจายแพ็คเกจไปยังทุกโหนดบนเครือข่ายเพื่อค้นหาโหนดปลายทาง แต่จะค่อยๆเพิ่มระยะทาง (จำนวนฮอป) ในการค้นหา ทำให้ช่วยลดโอเวอร์เฮดของการค้นหาเส้นทาง และลดการใช้พลังงานในเครือข่ายได้



รูปที่ 2.1 กลไกการทำงานของโปรโตคอล ERS ที่โหนดต้นทาง



รูปที่ 2.2 กลไกการทำงานของโปรโตคอล ERS ที่โหนดระหว่างทาง

2.4 Blocking Expanding Ring Search

Blocking Expanding Ring Search (BERS) [4] เป็นกระบวนการค้นหาเส้นทางที่พัฒนามาจาก ERS เพื่อปรับปรุงการแพร่กระจายของแพ็คเกจ RREQ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้แพ็คเกจ stop_instruction ในการควบคุมการกระจายแพ็คเกจ RREQ แทนค่า TTL

ในการค้นหาเส้นทางโหนดต้นทางจะสร้างแพ็คเกจ RREQ และกระจายแพ็คเกจออกไปเป็นวงแหวน (Ring) โดยเริ่มจากวงแหวนรอบที่ 1 ซึ่งวงแหวนรอบที่ 1 จะมีค่า Hop count เท่ากับ 1 ดังนั้น ทุกโหนดในวงแหวนที่ 1 จะได้รับแพ็คเกจ RREQ เมื่อได้รับแพ็คเกจแล้ว โหนดจะมีเวลารอ (Waiting time) ซึ่งหาได้จาก

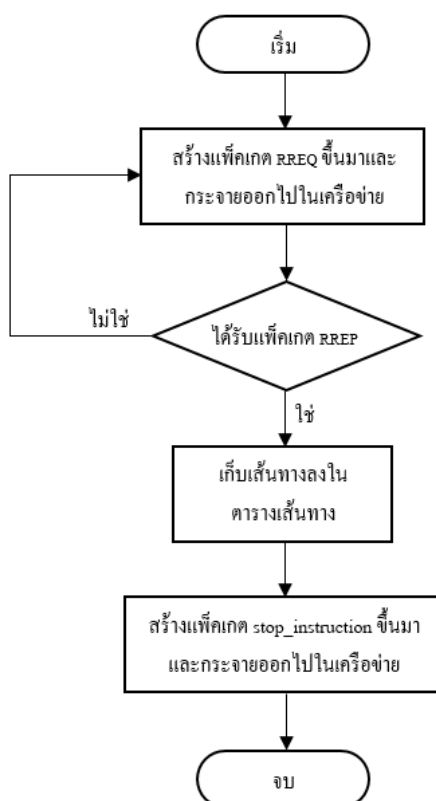
$$\text{WAITING TIME} = 2 * \text{Hop Count} * \text{TRAVERSAL TIME} \quad (2.1)$$

โดยที่ Waiting time คือ เวลารอ Hop Count คือ จำนวนฮอป และ TRAVERSAL TIME คือ เวลาที่ใช้ในการส่งแพ็คเกจในระยะ 1 ฮอป

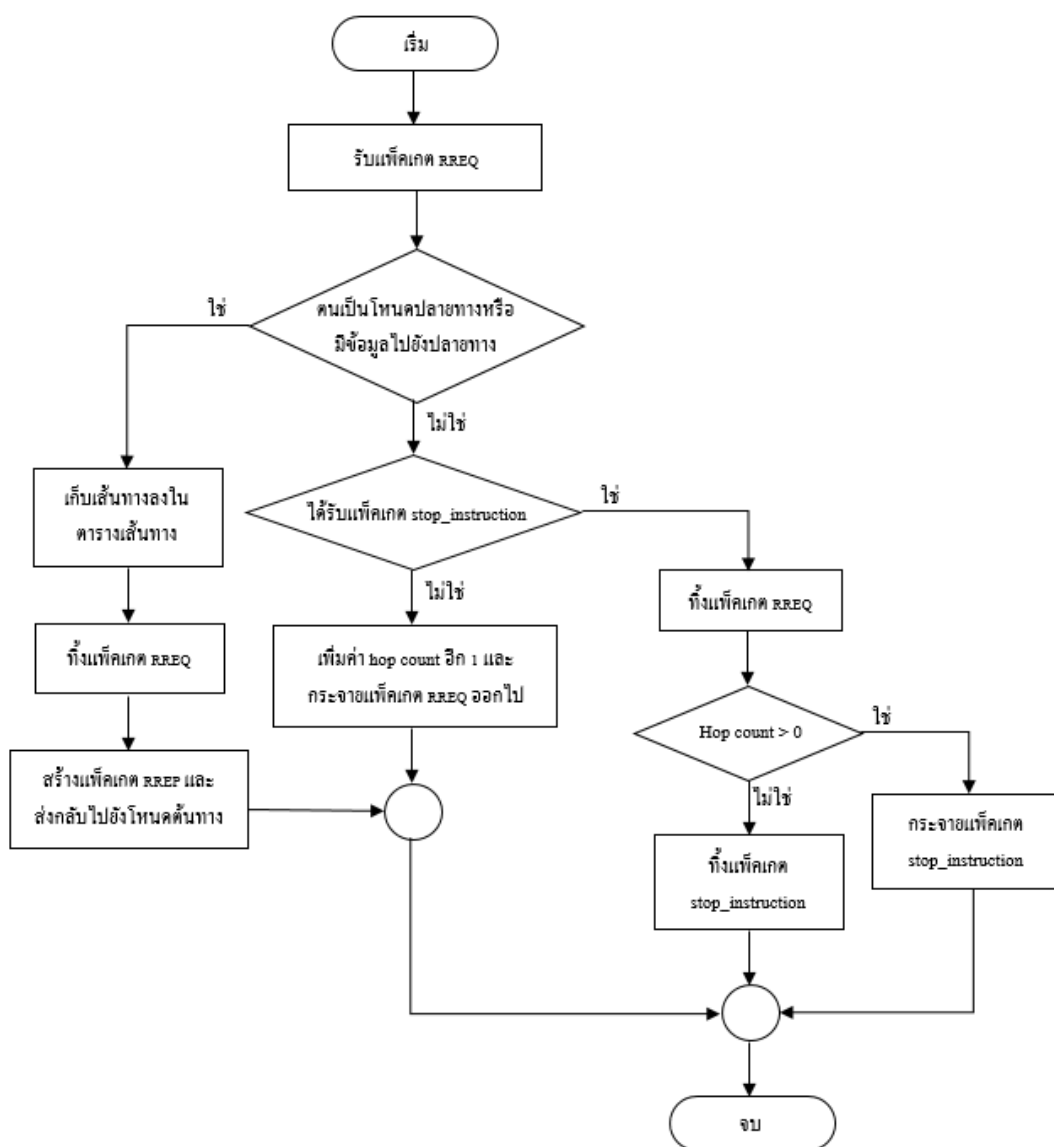
หากโหนดไม่ได้รับแพ็คเกจ stop_instruction ภายในเวลารอนั้น หมายความว่า ไม่มีโหนดใดที่มีข้อมูลเส้นทางของโหนดปลายทาง และทุกโหนดในวงแหวนนั้นจะเพิ่มค่า Hop Count ในแพ็คเกจ RREQ และกระจายแพ็คเกจไปยังวงแหวนถัดไป แต่ถ้าในเวลารอนั้นโหนดได้รับแพ็คเกจ stop_instruction โหนดจะทำการละทิ้งแพ็คเกจ RREQ ทันที และเมื่อแพ็คเกจ RREQ ไปถึงโหนดปลายทางหรือโหนดที่มีข้อมูลไปยังโหนดปลายทาง โหนดจะทำการสร้างแพ็คเกจ RREP และส่งกลับมายังโหนดต้นทาง

เมื่อโหนดต้นทางได้รับ RREP แล้ว โหนดจะสร้างแพ็คเกจ stop_instruction และกระจายออกไปตาม Hop Count ที่ได้รับจากแพ็คเกจ RREP เพื่อให้ทุกโหนดหยุดกระจายแพ็คเกจ RREQ

BERS จะไม่ทำการกระจายแพ็คเกจ RREQ จากโหนดต้นทางทุกครั้งเหมือน ERS แต่โหนดที่ได้รับแพ็คเกจ RREQ จะทำการกระจายแพ็คเกจแทน เพื่อลดความซ้ำซ้อนในการกระจายแพ็คเกจ และใช้แพ็คเกจ stop_instruction ในการควบคุมการกระจายของแพ็คเกจค้นหาเส้นทาง ทำให้ช่วยลดการใช้พลังงานในเครือข่ายได้



รูปที่ 2.3 กลไกการทำงานของโปรโตคอลของ BERS ที่โหนดต้นทาง



รูปที่ 2.4 กลไกการทำงานของโปรโตคอลของ BERS ที่โหนดระหว่างทาง

บทที่ 3

แนวคิดและการดำเนินงาน

ในบทนี้จะเป็นการนำเสนองานวิจัยที่ปรับปรุงมาจาก Blocking Expanding Ring Search (BERS) ที่กล่าวไว้เมื่อบทที่แล้ว ทางผู้จัดทำได้ทำการเปลี่ยนแปลงในส่วนของการรอให้เกิด stop_instruction ของโหนดระหว่างทาง และส่วนของการกระจายแพ็คเกจ stop_instruction ออกไปในเครือข่าย ซึ่งกระบวนการทั้งหมดจะพัฒนาอยู่บนโปรโตคอล AODV เนื่องจากโปรโตคอลนี้สามารถใช้กระบวนการค้นหาเส้นทางแบบ Expanding Ring Search ได้ทำให้เหมาะที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยนี้

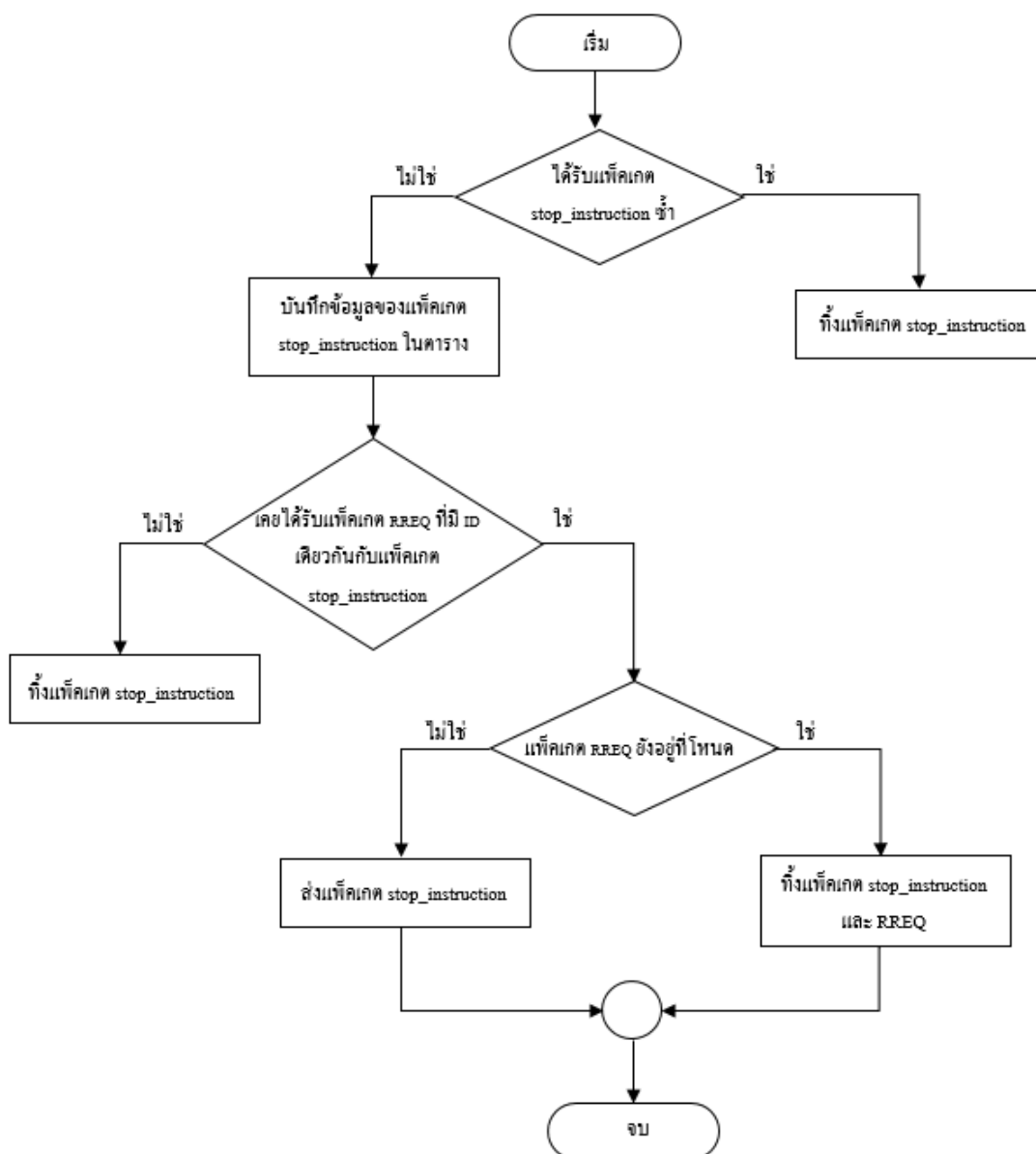
3.1 งานที่นำเสนอ

3.1.1 สร้างเงื่อนไขการกระจายแพ็คเกจ stop_instruction

ในส่วนของการเกิด stop_instruction ของกระบวนการค้นหาเส้นทางแบบ Blocking Expanding Ring Search (BERS) แพ็คเกจจะถูกสร้างขึ้นจากโหนดต้นทาง เมื่อโหนดต้นทางได้รับแพ็คเกจ RREP จากโหนดปลายทางแล้ว และจะกระจายแพ็คเกจออกไปเพื่อใช้ในการหยุดการส่งแพ็คเกจ RREQ ที่ยังคงกระจายอยู่ในเครือข่าย ซึ่งแพ็คเกจนี้จะกระจายไปตามจำนวน Hop Count ที่ได้รับมาจากแพ็คเกจ RREP และเมื่อกระจายไปจนถึงค่า Hop Count แล้ว แพ็คเกจนี้จะถูกละทิ้งทันที

ทางผู้จัดทำจึงได้นำงานส่วนหนึ่งของ [6] หรือ BERS+ มาใช้ เนื่องจากแพ็คเกจ stop_instruction ของ BERS ใช้จำนวน Hop Count ในการกระจาย จึงอาจทำให้ไม่เพียงพอต่อการหยุดแพ็คเกจ RREQ ในเครือข่าย เพราะโหนดที่ถือแพ็คเกจ RREQ อยู่อาจจะกระจายแพ็คเกจออกไปไกลมากกว่าจำนวน Hop Count ที่แพ็คเกจ stop_instruction จะไปถึง

BERS+ จึงได้เปลี่ยนจากการใช้ Hop Count เป็นการใช้น้ำหนักในการส่งต่อแพ็คเกจนี้แทนซึ่งเงื่อนไขมีดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 เงื่อนไขการกระจายแพ็คเกจ stop_instruction

3.1.2 สร้างเงื่อนไขเวลารอแพ็คเกจ stop_instruction

จากการศึกษากระบวนการค้นหาเส้นทาง Blocking Expanding Ring Search (BERS) พบว่า โหนดระหว่างทางที่ได้รับแพ็คเกจ RREQ จะต้องรอรับแพ็คเกจ stop_instruction จากโหนดต้นทางตามเวลารอ คือ $2 * \text{Hop Count} * \text{เวลาที่ใช้ในการส่งแพ็คเกจในระยะเวลา 1 สัปดาห์}$ ยิ่งโหนดอยู่ห่างจากโหนดต้นทางมาก ค่า Hop Count ก็ยิ่งเพิ่มขึ้น หมายความว่าเวลารอของโหนดก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการค้นหาเส้นทาง รวมไปถึงเวลาที่ใช้ส่งแพ็คเกจข้อมูลก็จะช้าลงไปด้วย

ทางผู้จัดทำจึงได้คิดแนวทางที่จะลดเวลาในการรอแพ็คเกจ stop_instruction เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการค้นหาเส้นทาง ซึ่งได้คิดไว้ 2 แนวคิด ได้แก่

แนวคิดที่ 1 กำหนดให้โหนดที่อยู่ห่างจากโหนดต้นทางไม่เกิน α ฮอป ใช้เวลารอแบบ BERS คือ

$$\text{WAITING TIME} = 2 \times \text{Hop Count} \times \text{TRAVERSAL TIME} \quad (3.1)$$

โดยที่ Hop Count คือ จำนวนฮอป

TRAVERSAL TIME คือ เวลาที่ใช้ในการส่งแพ็คเก็ตในระยะเวลา 1 ฮอป

และสำหรับโหนดที่อยู่ห่างจากโหนดต้นทางเกินระยะ α ฮอป จะใช้เวลารอของโหนดที่อยู่ห่างจากโหนดต้นทางเป็นจำนวน k ฮอป คือ

$$\text{WAITING TIME} = 2 \times k \times \text{TRAVERSAL TIME} \quad (3.2)$$

แนวคิดที่ 2 จากการศึกษากลไกการทำงานของ BERS+ หลักการในการกระจายแพ็คเก็ต RREQ ภายใน k ฮอป จะกระจายแพ็คเก็ต RREQ โดยไม่มีเวลารอ กล่าวคือกระจายแพ็คเก็ตเหมือนกับ AODV ส่วนภายนอก k ฮอป จะกระจายแพ็คเก็ตโดยมีเวลารอเหมือนกับ BERS

และผู้จัดทำได้ทำการประมาณค่า k ที่เหมาะสมจากการใช้สมการ Poisson โดยตั้งสมมติฐานไว้ว่า ในระยะรัศมีของสัญญาณไร้สายของโหนดเพื่อจะมีโอกาสโหนดที่เป็นโหนดปลายทางดังนี้

$$k = \sqrt{\frac{n_k \times A}{N_T \times \pi r^2}} \quad (3.3)$$

โดยที่ k คือ จำนวนฮอปที่แบ่งระหว่างบริเวณระยะไม่เกิน α ฮอป และเกินระยะ α ฮอป

n_k คือ จำนวนโหนดที่อยู่ในพื้นที่รัศมี α ฮอปนับจากโหนดต้นทาง

A คือ พื้นที่การจำลอง

N_T คือ จำนวนโหนดทั้งหมดในการจำลอง

πr^2 คือ พื้นที่ภายใต้ระยะสัญญาณของโหนด

ส่วนค่า n_k นั้นหาได้จากสมการ Binomial โดยตั้งสมมติฐานไว้ว่า ในทอพอโลยีที่มีโหนดอยู่ทั้งหมด N_T โหนด จะมีโหนดปลายทางอยู่ m โหนด และจะทำการเลือกมา n_k โหนดจากโหนดทั้งหมด เพื่อให้เจอโหนดปลายทางทั้งหมดที่ความน่าจะเป็น P ซึ่งสามารถสรุปเป็นสูตรได้ดังนี้

$$P = \frac{(N_T - m)! n_k!}{N_T! (n_k - m)!} \quad (3.4)$$

และถ้าโหนดปลายทางมีอยู่ 1 โหนด ($m = 1$) จะได้ผลลัพธ์เป็น

$$P = \frac{n_k}{N_T} \quad (3.5)$$

จากสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าจะต้องเจอโหนดปลายทางด้วยความน่าจะเป็น 50% ค่า n_k ก็จะมีค่าดังนี้

$$n_k = 0.5 \times N_T \text{ หรือ } n_k = \frac{N_T}{2} \quad (3.6)$$

เพราะฉะนั้น สมการที่ใช้ประมาณค่า k ก็มีค่าเป็น

$$k = \sqrt{\frac{A}{2\pi r^2}} \quad (3.7)$$

เมื่อได้ค่า α มาแล้วจึงนำไปใช้กับแนวคิดที่นำเสนอไว้ข้างต้น

3.2 ตัวชี้วัดที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของแต่ละกระบวนการที่นำมาจำลอง จะมีตัวชี้วัดที่ใช้ในการเปรียบเทียบดังต่อไปนี้

1. โอเวอร์เฮด คือ อัตราส่วนของขนาดของแพ็กเก็ตที่มีการส่งออกมาจากแต่ละโหนดต่อขนาดของแพ็กเก็ตข้อมูลทั้งหมดที่ส่งถึงปลายทาง เป็นตัวชี้วัดที่บ่งบอกว่าในการส่งข้อมูลสำเร็จ 1 แพ็กเก็ตนั้น ทั้งเครือข่ายจะต้องมีการส่งแพ็กเก็ตต่างๆ ทั้งหมดมากน้อยเพียงใด ผู้วิจัยเลือกที่จะวัดโอเวอร์เฮดจากขนาดแพ็กเก็ตแทนที่จะเป็นจำนวนแพ็กเก็ต เนื่องจากแต่ละโพรโทคอลนั้นมีขนาดแพ็กเก็ตค้นหาเส้นทางไม่เท่ากัน การวัดโอเวอร์เฮดจากขนาดแพ็กเก็ตจะทำให้เกิดความเท่าเทียมมากขึ้น
2. การใช้พลังงานของเครือข่าย คือ ค่าพลังงานที่ถูกใช้ไปในระหว่างการสื่อสารกัน เป็นตัวชี้วัดว่าในระบบมีการใช้พลังงานมากหรือน้อยเพียงใด
3. อายุขัยของเครือข่าย คือ เวลาที่เครือข่ายเริ่มมีโหนดที่พลังงานหมด และจำนวนโหนดที่ยังมีพลังงานเหลืออยู่เมื่อเวลาในการจำลองสิ้นสุดลง
4. จำนวนโหนดที่เหลือ คือ จำนวนโหนดที่เหลืออยู่ในเครือข่ายทั้งหมดเมื่อเวลาในการจำลองสิ้นสุดลง

5. ความหน่วงในการส่งข้อมูล คือ เวลาที่ใช้ในการส่งแพ็คเกจข้อมูลจากต้นทางถึงปลายทาง โดยนับตั้งแต่เวลาที่แพ็คเกจถูกส่งออกจากโหนดต้นทางจนถึงเวลาที่โหนดปลายทางได้รับ

6. อัตราการส่งข้อมูลสำเร็จ คือ อัตราส่วนของจำนวนแพ็คเกจข้อมูลที่ถึงปลายทางต่อจำนวนแพ็คเกจข้อมูลที่ส่งจากต้นทาง ตัวชี้วัดนี้แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการส่งข้อมูล

ตัวชี้วัดเหล่านี้บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของเครือข่าย โดยตัวชี้วัดแต่ละตัวจะมีความสอดคล้อง และสัมพันธ์กัน โดยการใช้พลังงานของเครือข่าย จะขึ้นอยู่กับโอเวอร์เฮดของเครือข่าย ส่งผลกระทบต่ออายุขัยของเครือข่าย อายุขัยของเครือข่าย ขึ้นอยู่กับการใช้พลังงานของเครือข่าย และโอเวอร์เฮด ส่งผลต่ออัตราการส่งข้อมูลสำเร็จ อัตราการส่งข้อมูลสำเร็จ ขึ้นอยู่กับโอเวอร์เฮด และความหน่วงในการส่งข้อมูล ความหน่วงในการส่งข้อมูล ขึ้นอยู่กับโอเวอร์เฮด ส่งผลต่ออัตราการส่งข้อมูลสำเร็จ และโอเวอร์เฮด ส่งผลต่อความหน่วงในการส่งข้อมูล อัตราการส่งข้อมูลสำเร็จ การใช้พลังงานของเครือข่าย และอายุขัยของเครือข่าย

บทที่ 4

การทดลอง และการประเมินผล

ในการทดลองนี้เป็นการจำลองการทำงานของโปรโตคอล AODV-BERS และ Proposed (ทั้ง 2 แนวคิด) ที่ได้ศึกษามานบนเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่ และนำผลการทดลองที่ได้ในแต่ละโปรโตคอลมาเปรียบเทียบกับตัวชี้วัดต่างๆที่กล่าวในบทข้างต้น เพื่อดูประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่

4.1 การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการจำลองเครือข่าย

มีการจำลองเครือข่ายโดยใช้ซอฟต์แวร์ Network Simulator 2 (ns2) โดยกำหนดให้โหนดในเครือข่ายมีการรับส่งสัญญาณเท่ากับ 250 เมตร มีอัตราเร็วในการส่งข้อมูล (Transmission rate) เท่ากับ 2 Mbps และใช้ IEEE802.11 DCF เป็นชั้น MAC (MAC Layer) ในเครือข่ายจะมีโหนดที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูลเป็นจำนวนทั้งหมด 20 โหนด

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลสิ่งแวดล้อมของการจำลองเครือข่าย

รูปแบบการเคลื่อนที่	Random waypoint
ความเร็วในการเคลื่อนที่	แบบสุ่มยูนิฟอร์มในช่วง 1-20 เมตร/วินาที
เวลาหยุดการเคลื่อนที่	ไม่มี
จำนวนโหนดในเครือข่าย	50 60 70 80 90 100
เวลาที่ใช้ในการจำลอง	1000 วินาที
พลังงานเริ่มต้น	500 จูล
พลังงานที่ใช้ในการส่งข้อมูล	1.34616 วัตต์
พลังงานที่ใช้ในการรับข้อมูล	0.9006 วัตต์
พลังงานในขณะที่อยู่นิ่ง	0.074 วัตต์
พลังงานในสถานะหลับ	0.0474 วัตต์
ขนาดเครือข่าย	1000 เมตร x 1000 เมตร
ประเภทของข้อมูล	UDP/CBR
ขนาดของข้อมูล	512 ไบต์
อัตราการส่งข้อมูล	4 แพ็กเก็ต/วินาที

หมายเหตุ – ใช้ค่าการใช้พลังงานในสถานะต่างๆ ของโมดูลไร้สายจาก [5]

4.2 โพรโทคอลที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

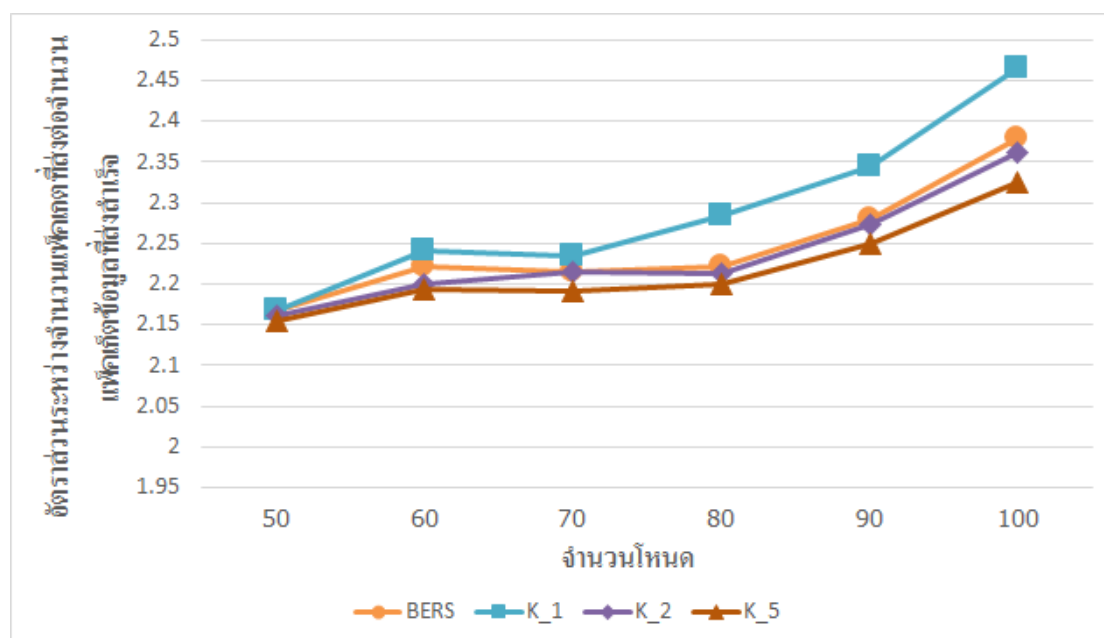
4.2.1 Ad hoc On-demand Distance Vector with Blocking Expanding Ring Search

(AODV-BERS)

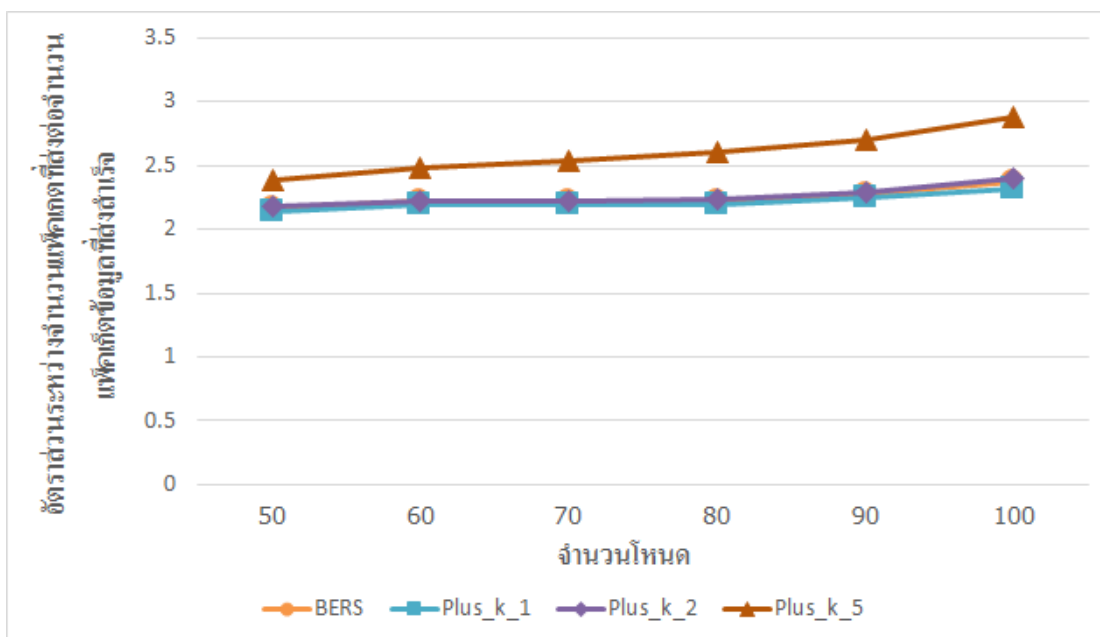
4.2.2 Proposed (แนวคิดที่ 1)

4.2.3 Proposed (แนวคิดที่ 2)

4.3 ผลการทดลอง

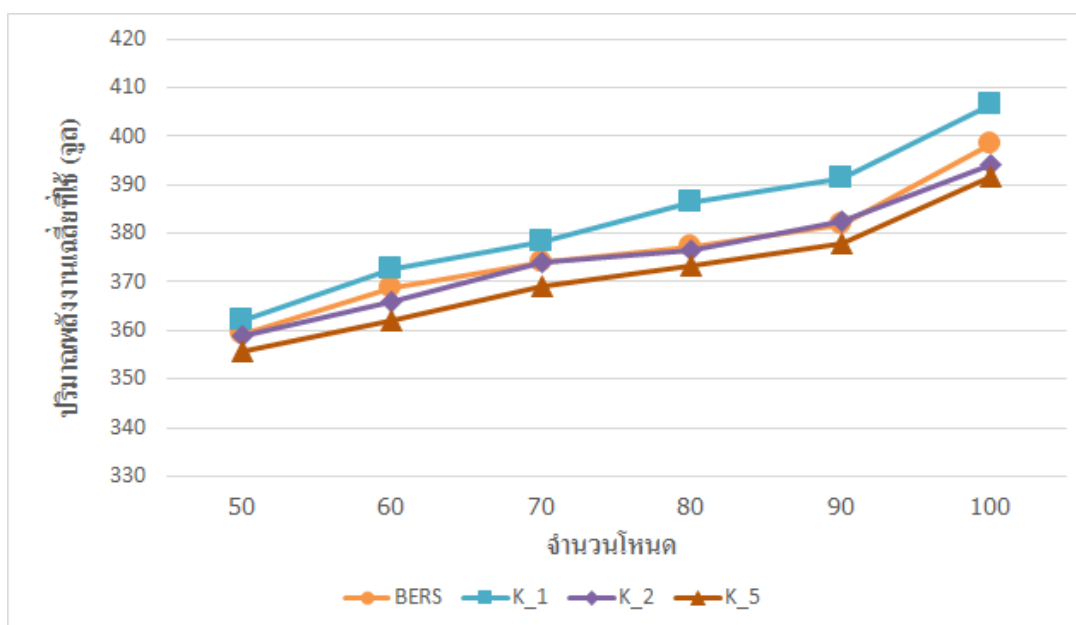


รูปที่ 4.1 แสดงโอเวอร์เฮดของเครือข่ายของแนวคิดที่ 1

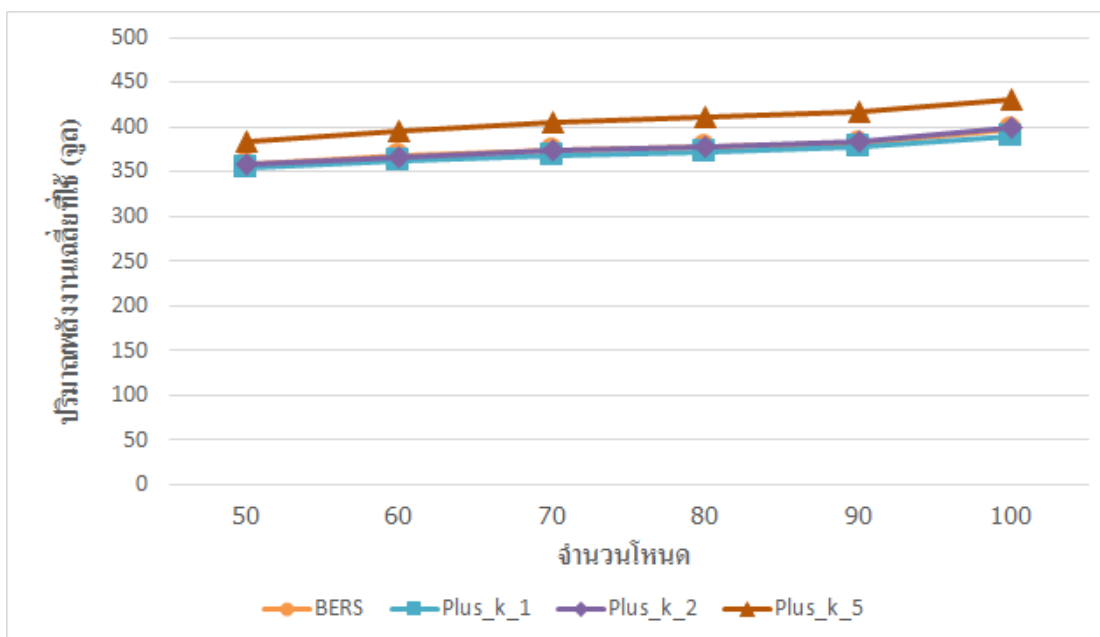


รูปที่ 4.2 แสดงโอเวอร์เฮดของเครือข่ายของแนวคิดที่ 2

รูปที่ 4.1 และ 4.2 แสดงโอเวอร์เฮดที่เกิดขึ้น จะเห็นได้ว่า รูปที่ 4.1 กราฟที่ $k=1$ มีโอเวอร์เฮดมากที่สุด เนื่องจากมีเวลารอในการส่งแพ็คเกจค้นหาเส้นทางคงที่หลังจาก $k=1$ ทำให้ใช้เวลารอน้อยลงหลังจาก k สลับ นั้น ส่งผลให้มีการกระจายของแพ็คเกจค้นหาเส้นทางที่เร็วและกระจายแพ็คเกจมากขึ้น ส่วนที่ $k=5$ มีโอเวอร์เฮดน้อยที่สุด เนื่องจากมีเวลารอมากขึ้นเรื่อยๆตามจำนวนสลับ ทำให้มีแพ็คเกจที่ถูกกระจายน้อยลง รูปที่ 4.2 ที่ $k=5$ มีโอเวอร์เฮดมากที่สุด เนื่องจากภายในวง k สลับ จะมีการกระจายแพ็คเกจค้นหาเส้นทางออกไปโดยไม่มีเวลารอ

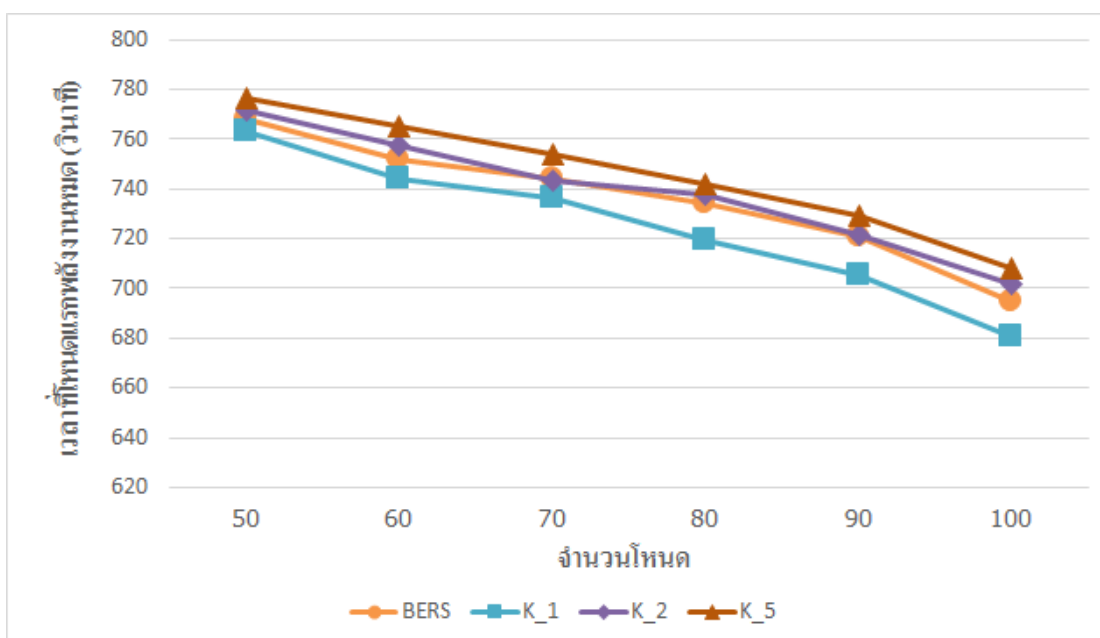


รูปที่ 4.3 แสดงการใช้พลังงานของเครือข่ายของแนวคิดที่ 1

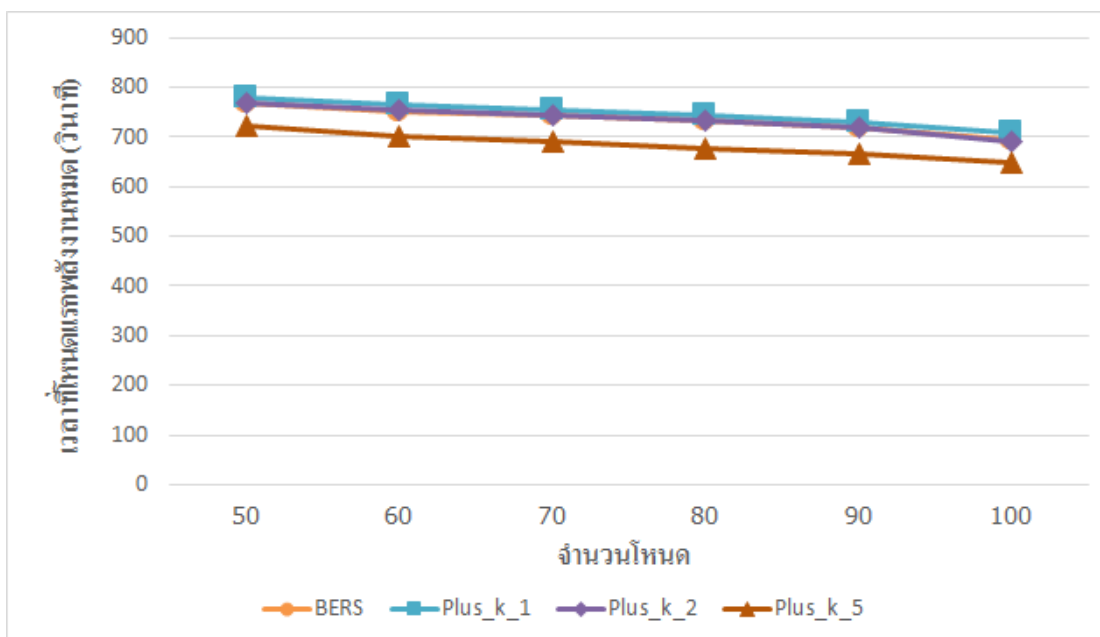


รูปที่ 4.4 แสดงการใช้พลังงานของเครือข่ายของแนวคิดที่ 2

รูปที่ 4.3 และ 4.4 แสดงการใช้พลังงานของเครือข่าย จะเห็นได้ว่า กราฟพลังงานจะแปรผันตามกราฟโอเวอร์เฮด โดยรูปที่ 4.3 ที่ $k=1$ มีระดับการใช้พลังงานมากที่สุด เนื่องจากเกิดโอเวอร์เฮดมากที่สุด มีการกระจายแพ็คเก็ตค้นหาเส้นทางมากกว่า รูปที่ 4.4 ที่ $k=5$ มีระดับการใช้พลังงานมากที่สุด เนื่องจากมีการกระจายแพ็คเก็ตภายใน k อีโอป มากกว่าแบบอื่น

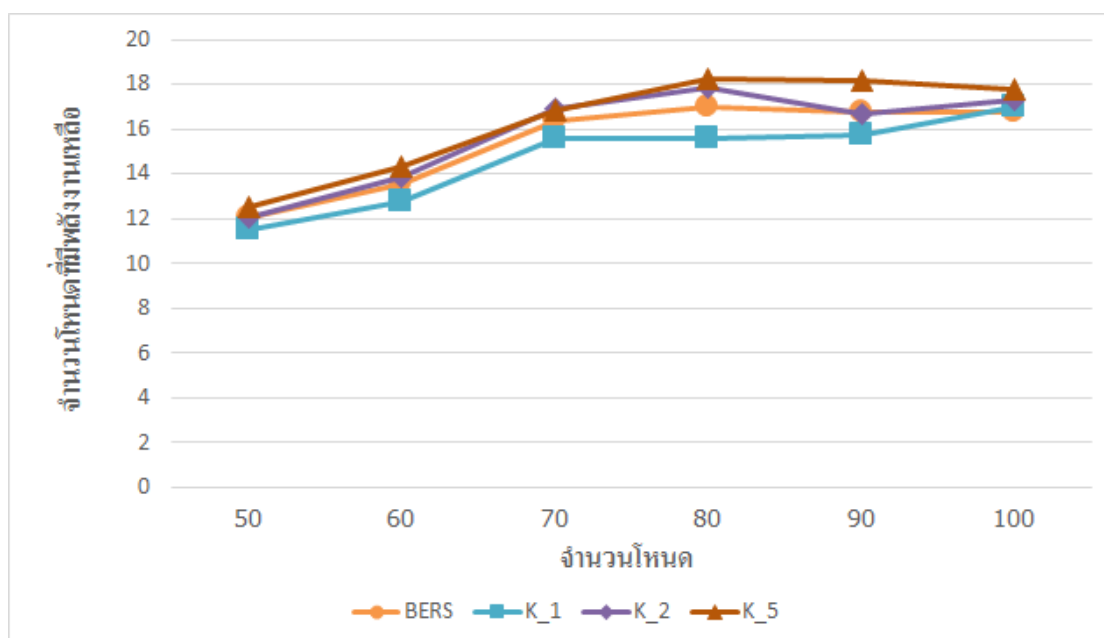


รูปที่ 4.5 แสดงเวลาที่โหนดแรกพลังงานหมดของแนวคิดที่ 1

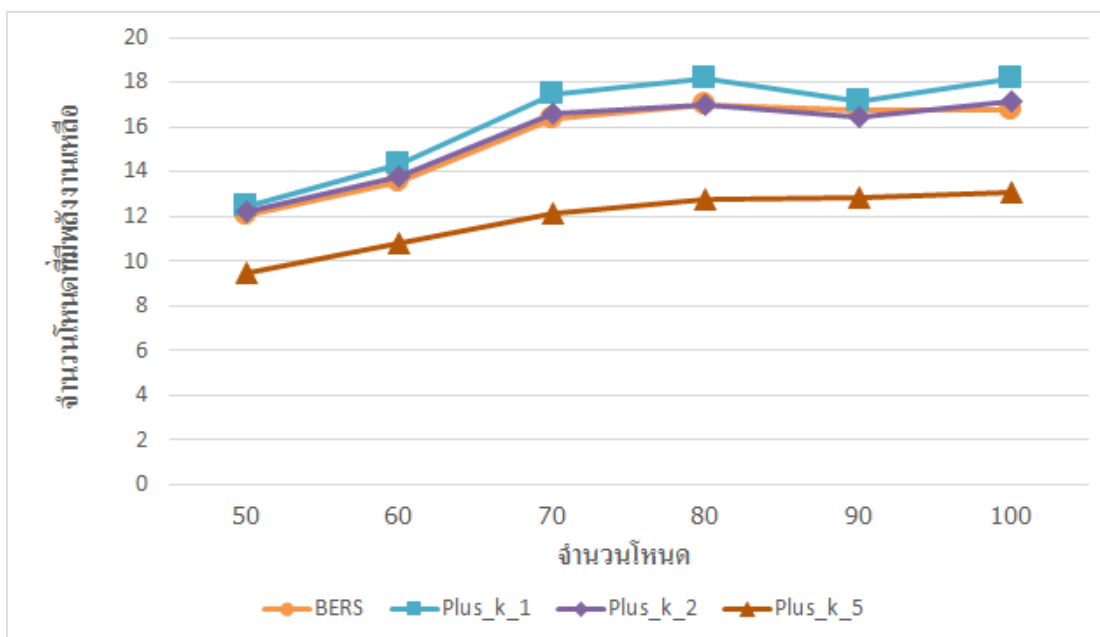


รูปที่ 4.6 แสดงเวลาที่โหนดแรกพลังงานหมดของแนวคิดที่ 2

รูปที่ 4.5 และ 4.6 แสดงเวลาที่โหนดแรกพลังงานหมด จะเห็นได้ว่า กราฟเวลาที่โหนดแรกตายจะแปรผกผันกับกราฟพลังงาน โดยรูปที่ 4.5 เวลาที่โหนดแรกตายของกราฟที่ $k=5$ จะช้าที่สุด เนื่องจากการใช้พลังงานน้อยที่สุด รูปที่ 4.6 เวลาที่โหนดแรกตายของกราฟที่ $k=5$ จะเร็วที่สุด เนื่องจากการใช้พลังงานในเครือข่ายมากที่สุด

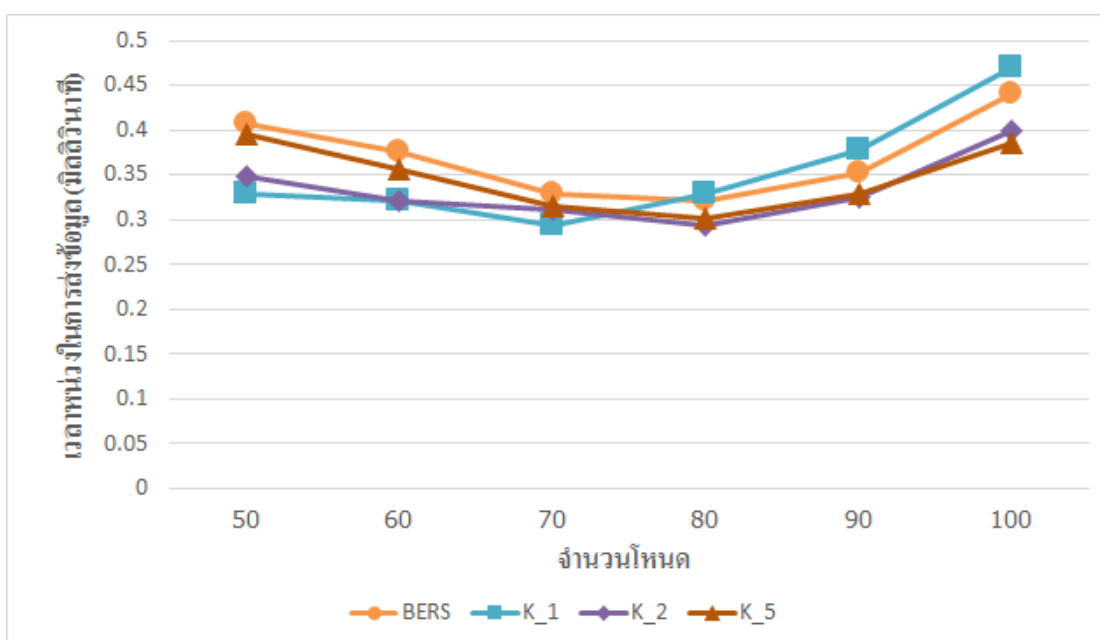


รูปที่ 4.7 แสดงจำนวนโหนดที่เหลืออยู่ในเครือข่ายของแนวคิดที่ 1

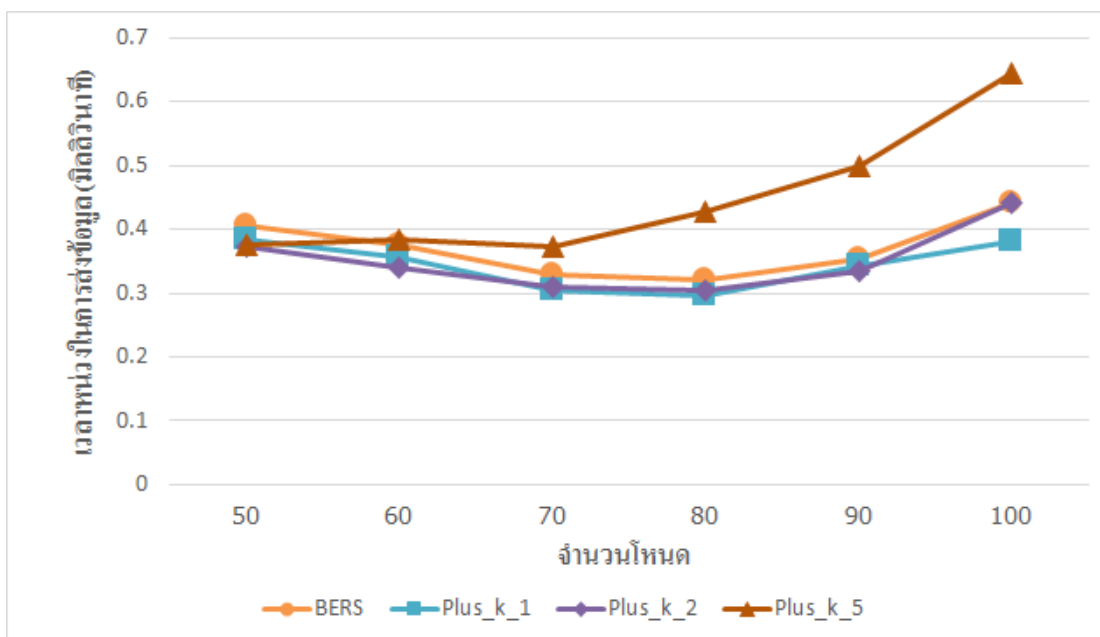


รูปที่ 4.8 แสดงจำนวนโหนดที่หลุดอยู่ในเครือข่ายของแนวคิดที่ 2

รูปที่ 4.7 และ 4.8 แสดงจำนวนโหนดที่หลุดอยู่ในเครือข่าย จะเห็นได้ว่าทุกโปรโตคอลจะมีจำนวนโหนดหลุดในเครือข่ายมากขึ้น เมื่อมีจำนวนโหนดเพิ่มขึ้น และกราฟจะแปรผันตามกับกราฟเวลาที่โหนดแรกตาย โดยรูปที่ 4.7 ที่ $k=5$ จะมีโหนดหลุดอยู่ในเครือข่ายมากที่สุด เนื่องจากการใช้พลังงานน้อยที่สุด ส่งผลให้สามารถทำการติดต่อสื่อสารในเครือข่ายได้นานขึ้น รูปที่ 4.8 ที่ $k=5$ จะเหลือโหนดที่อยู่ในเครือข่ายน้อยที่สุด เนื่องจากการใช้พลังงานมากกว่าแบบอื่นๆ

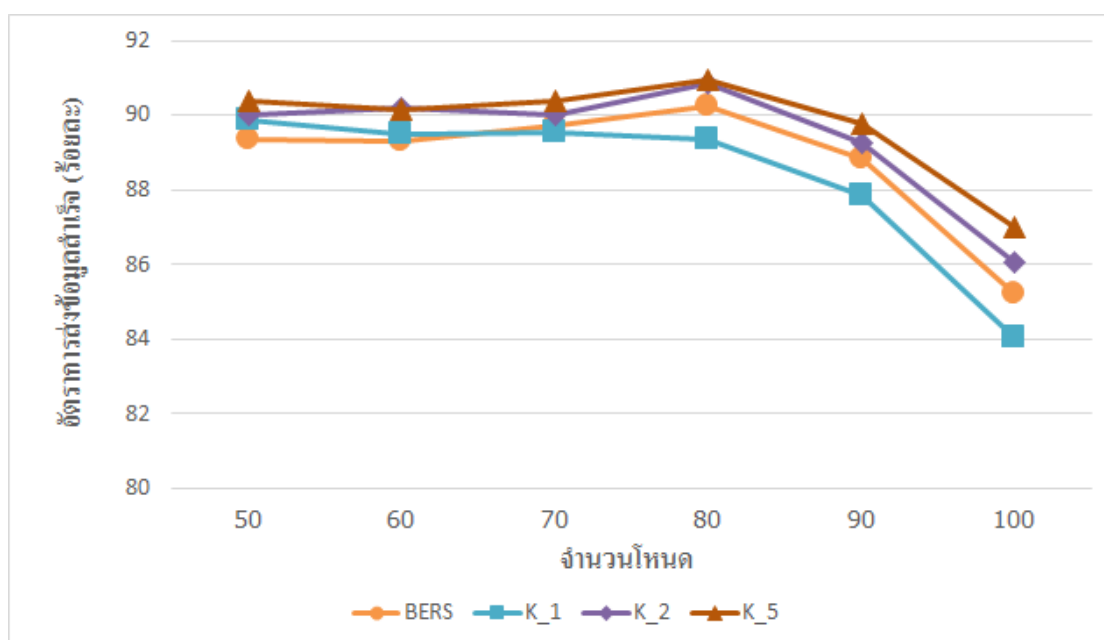


รูปที่ 4.9 แสดงความหน่วงในการส่งข้อมูลของแนวคิดที่ 1

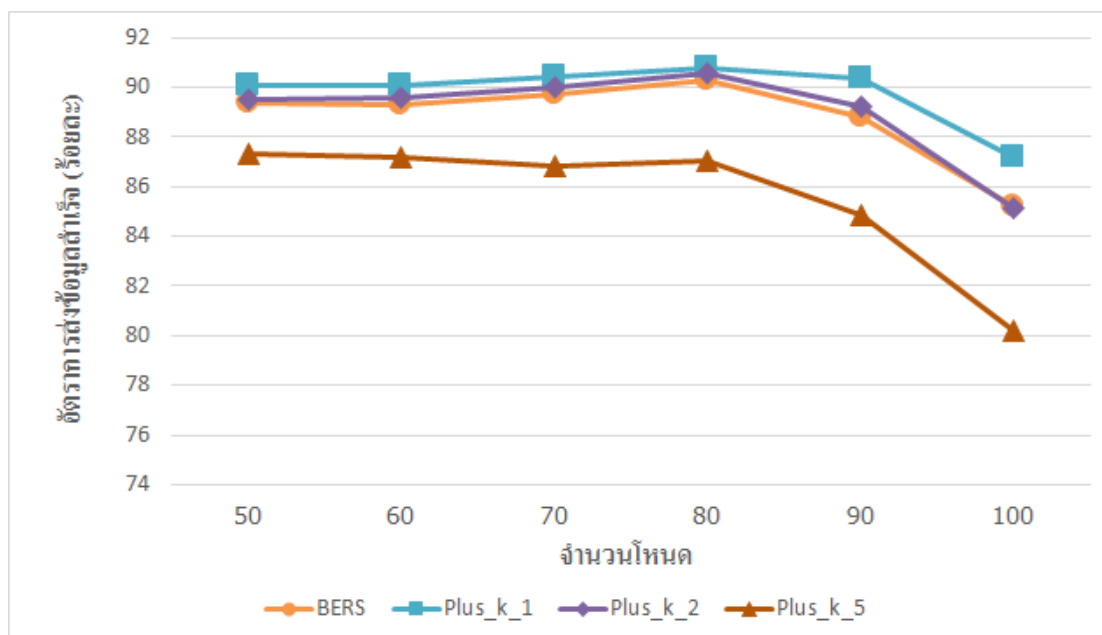


รูปที่ 4.10 แสดงความหน่วงในการส่งข้อมูลของแนวคิดที่ 2

รูปที่ 4.9 และ 4.10 แสดงความหน่วงในการส่งข้อมูล จะเห็นได้ว่า เมื่อความหนาแน่นในเครือข่ายน้อย ในรูป 4.9 ที่ $k=1$ จะมีความหน่วงในการส่งข้อมูลน้อย เนื่องจากใช้เวลารอในการส่งแพ็คเก็ตค้นหาเส้นทางน้อย แต่เมื่อความหนาแน่นของโหนดเพิ่มขึ้น ทำให้มีการกระจายแพ็คเก็ตค้นหาเส้นทางมากกว่าแบบอื่น ทำให้เกิดความคับคั่งในเครือข่าย เวลาหน่วงในการส่งข้อมูลจึงเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย รูปที่ 4.10 ที่ $k=5$ มีความหน่วงในการส่งข้อมูลมากที่สุด เนื่องจากมีเวลารอในการส่งแพ็คเก็ตค้นหาเส้นทางที่มากขึ้นเรื่อยๆ



รูปที่ 4.11 แสดงอัตราการส่งข้อมูลสำเร็จของแนวคิดที่ 1



รูปที่ 4.12 แสดงอัตราการส่งข้อมูลสำเร็จของแนวคิดที่ 2

รูปที่ 4.11 และ 4.12 แสดงอัตราการส่งข้อมูลสำเร็จ จะเห็นได้ว่า กราฟแสดงอัตราการส่งข้อมูลสำเร็จแปรผันตรงกับกราฟแสดงโอเวอร์เฮดของเครือข่าย และแปรผกผันกับกราฟแสดงความหน่วงในการส่งข้อมูล โดยรูปที่ 4.11 ที่ $k=1$ มีอัตราการส่งสำเร็จน้อยที่สุด เนื่องจากเกิดความคับคั่งในเครือข่ายมาก อาจส่งผลให้แพ็คเก็ตชนกัน และสูญหายในที่สุด รูปที่ 4.12 ที่ $k=5$ มีอัตราการส่งสำเร็จน้อยที่สุด เนื่องจากการกระจายแพ็คเก็ตค้นหาเส้นทางโดยไม่ต้องมีเวลารอภายใน k สี่รอบ ทำให้เกิดความคับคั่งในเครือข่ายมาก

บทที่ 5

บทสรุป

ในโครงงานนี้ผู้จัดทำได้ศึกษาหลักการค้นหาเส้นทาง และวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่าย โดยพัฒนาจากกระบวนการค้นหาเส้นทางแบบ Blocking Expanding Ring Search (BERS) เนื่องจากผู้จัดทำได้สังเกตเห็นถึงปัญหาในการกระจายแพ็คเก็ต stop_instruction ของ BERS ที่อาจไม่สามารถหยุดการกระจายของแพ็คเก็ต RREQ ได้ เมื่อแพ็คเก็ตถูกกระจายเกินจำนวน Hop Count จึงได้เสนอแนวคิดในการปรับปรุง คือ สร้างเงื่อนไขในการกระจายแพ็คเก็ต stop_instruction แทนการกระจายแพ็คเก็ตตาม Hop Count และสร้างเงื่อนไขเพื่อใช้เวลารอที่แตกต่างกันซึ่งจะทำให้เครือข่ายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากผลการจำลองเครือข่ายในบทที่ 4 จะเห็นได้ว่า แนวคิดที่ 1 ใน k ฮอป จะมีการหน่วงเวลาของการกระจายแพ็คเก็ต RREQ แปรผันตามจำนวนโหนดที่ห่างจากต้นทาง จะทำให้แพ็คเก็ต STOP มีโอกาสที่จะไล่ตามแพ็คเก็ต RREQ ได้ทัน จึงทำให้มีการใช้พลังงานน้อยลงตามจำนวน k ที่เพิ่มขึ้น ส่วนแนวคิดที่ 2 ใน k ฮอป จะไม่มีการหน่วงเวลาของการกระจายแพ็คเก็ต RREQ จะทำให้แพ็คเก็ต stop_instruction มีโอกาสที่จะไล่ตามแพ็คเก็ต RREQ ได้ไม่ทัน จึงทำให้มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นตามจำนวน k ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งทั้งสองแนวคิดนี้แสดงให้เห็นว่า การจำกัดขอบเขตในการหน่วงเวลาด้วยค่า k ที่เหมาะสม มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงาน รวมไปถึงประสิทธิภาพด้านอื่นๆอีกด้วย

เงื่อนไขที่ใช้ในการส่งแพ็คเก็ต stop_instruction ช่วยให้แพ็คเก็ตสามารถกระจายออกไปได้เกินจำนวน Hop Count ในขณะที่ AODV-BERS กระจายแพ็คเก็ต stop_instruction เท่ากับจำนวน Hop Count ทำให้โหนดที่อยู่นอกเหนือจากนั้นยังคงกระจายแพ็คเก็ต RREQ ต่อไป ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีโอกาสหยุดการกระจายแพ็คเก็ต RREQ ได้มากกว่า ส่งผลให้เกิดโอเวอร์เฮดในเครือข่ายน้อยกว่า และใช้พลังงานในเครือข่ายน้อยกว่า AODV-BERS

ส่วนเวลารอที่ปรับตาม k ฮอป จะช่วยให้โหนดส่งแพ็คเก็ตข้อมูลได้เร็วขึ้น เนื่องจากการค้นหาเส้นทางทำได้เร็วขึ้น โหนดปลายทางจะทำการตอบกลับด้วยแพ็คเก็ต RREP ได้เร็วกว่า AODV-BERS ส่งผลให้โหนดต้นทางกระจายแพ็คเก็ต stop_instruction ได้เร็วขึ้นตามไปด้วย

บรรณานุกรม

- [1] Saleh Ali K. Al-Omari, Putra Sumari. **“An Overview of Mobile Ad Hoc Networks for the Existing Protocols and Applications,”** International journal on application of graph theory in wireless ad hoc networks and sensor networks (Graph-Hoc), Vol.2, No.1, March 2010
- [2] C. E. Perkins and E. M. Royer, **“Ad-hoc on-demand distance vector routing,”** Mobile Computing Systems and Applications, 1999. Proceedings. WMCSA '99. Second IEEE Workshop on, New Orleans, LA, 1999, pp. 90-100.
- [3] N. D. Pham and H. Choo, **“Energy Efficient Expanding Ring Search for Route Discovery in MANETs,”** Communications, 2008. ICC '08. IEEE International Conference on, Beijing, 2008, pp. 3002-3006.
- [4] Incheon Park, Jingu Kim, Ida Pu. **“Blocking Expanding Ring Search Algorithm for Efficient Energy Consumption in Mobile Ad Hoc Networks,”** WONS 2006 : Third Annual Conference on Wireless On-demand Network Systems and Services, Jan 2006, Les M'enuires (France), pp.191- 195, 2006.
- [5] L. M. Feeney and M. Nilsson, **“Investigating the energy consumption of a wireless network interface in an ad hoc networking environment,”** INFOCOM 2001. Twentieth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE, Anchorage, AK, 2001, pp. 1548-1557 vol.3.
- [6] Al-Rodhaan, M., Mackenzie, L., Ould-Khaoua, M. **“Improvement to blocking expanding ring search for manets”** Department of Computing Science. University of Glasgow, Glasgow (2008)

ภาคผนวก

Network Simulator version 2 (NS2)

Network Simulator version 2 (NS2) เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองทำงานเครือข่าย เป็นแบบ Open Source สามารถใช้ได้หลายแพลตฟอร์ม เช่น Windows Linux เป็นต้น สามารถจำลองเครือข่ายได้ทั้งเครือข่ายแบบมีสาย และไร้สาย จำลองการทำงานได้หลายโพรโทคอล สามารถแสดงรายละเอียดของเครือข่ายได้ โดยผู้ใช้ออกแบบเครือข่ายผ่านโดยใช้ภาษา C++ หรือ Otcl (Object Tool Command Language) และเรียกใช้งานผ่าน NS2 มีผลลัพธ์ออกมาเป็น nam file แสดงรูปแบบการจำลองเครือข่าย และ trace file แสดงผลการทำงานในเครือข่าย

การติดตั้ง NS2 ใน Linux

- ใช้ NS2 แบบ all in one โดยจะประกอบด้วย NS2 รุ่น 2.35 Tcl/Tk รุ่น 8.5.8 OTcl รุ่น 1.14 TvIVL รุ่น 1.20 NAM รุ่น 1.15 Zlib รุ่น 1.2.3 และ Xgraph รุ่น 12.2
- ในระบบปฏิบัติการ Linux จะต้องมีการติดตั้งแพ็คเกจ gcc-c++ libX11-devel libXt-devel libXmu-devel libperl4-corelibs-perl และ csh
- เข้าโฟลเดอร์ ns-allinone-2.35 และพิมพ์คำสั่ง “./install” เพื่อลงโปรแกรม NS2
- หลังจากติดตั้งเสร็จให้เพิ่มข้อมูลลงในไฟล์ “.bashrc”


```
NSHOME=$HOME/ns-allinone-2.35
OTCL_LIB=${NSHOME}/otcl-1.14
NS2_LIB=${NSHOME}/lib
PATH=$PATH:${NSHOME}/ns-2.35:${NSHOME}/nam-1.15
export LD_LIBRARY_PATH=${NSHOME}/otcl-1.14
export LD_LIBRARY_PATH=${NSHOME}/lib
export TCL_LIBRARY_PATH=${NSHOME}/tcl8.5.10/library
```

การติดตั้ง Eclipse CDT IDE ร่วมกับ NS2

- ใช้ Eclipse รุ่นที่รองรับการพัฒนาในภาษา C และ C++
- ติดตั้ง Java Development Kit(JDK) ในระบบปฏิบัติการ โดยใช้คำสั่ง


```
sudo add-apt-repository ppa:webupd8team/java
sudo apt-get update
sudo apt-get install oracle-java8-installer
```
- ดาวน์โหลด Eclipse และสามารถใช้งานได้

AWK Language Programming

Awk เป็นภาษาที่เขียนง่าย ใช้ในการจัดการข้อมูล การดึงค่าข้อมูลในไฟล์ออกมาเพื่อหาผลลัพธ์ และสร้างเป็น report โดยจะดึงผลลัพธ์ที่ได้จาก trace file มา พล็อตกราฟ และวิเคราะห์ดูผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองเครือข่าย

โครงสร้างของ AWK

```
BEGIN {  
    }  
END {  
    }
```

Shell Script

Shell Script มีการทำงานคล้าย Batch file เป็นการเขียนไฟล์เพื่อรวบรวมคำสั่งต่างๆ ใช้ในกรณีที่ต้องการทำงานในหลายรูปแบบ สามารถเขียนสคริปต์ให้เรียกรันไฟล์ได้หลายไฟล์ภายในครั้งเดียว ผู้ใช้ไม่ต้องเรียกรันทีละไฟล์ ทำให้สะดวกต่อการใช้งาน

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวชนากานต์ พันธุ์แก้ว
วัน เดือน ปีเกิด	10 กันยายน 2536
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	บ้านเลขที่ 1087 หมู่ 4 ซอยศรีบุญเรือง ถนนเทพารักษ์ ตำบลเทพารักษ์ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10270
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ชื่อ	นางสาวจิตรีรัตน์ ศักดิ์พิชัยมงคล
วัน เดือน ปีเกิด	8 ธันวาคม 2536
สถานที่เกิด	จังหวัดสมุทรปราการ
ที่อยู่	บ้านเลขที่ 559/324 ซอยวัดพลมานีย์ ถนนประชาพัฒนา แขวงทับยาว เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง