การศึกษาโพรโตคอลค้นหาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ

STUDYING OF ROUTING PROTOCOL IN MOBILE AD HOC NETWORKS USING FUZZY LOGIC

วีระชัย แย้มวจี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การศึกษาโพรโตคอลค้นหาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ

วีระชัย แย้มวจี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาโพรโตคอลค้นหาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ Studying of Routing Protocol in Mobile Ad Hoc Networks using Fuzzy Logic
ชื่อ-นามสกุล	นายวีระชัย แย้มวจี
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์อำนวย เรืองวารี, Dr.-Ing.
ปีการศึกษา	2555

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรี ศรีนนท์ฉัตร, Ph.D.)

……กรรมการ
(อาจารย์อภิรดา นามแสง, Ph.D.)

……กรรมการ
(อาจารย์กิตติวัณณ์ นิ่มเกิดผล, D.Eng.)

……กรรมการ
(อาจารย์อำนวย เรืองวารี, Dr.-Ing.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

……คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมหมาย ผิวสอาด, Ph.D.)
วันที่ 19 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2556

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาโพรโตคอลค้นหาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ
ชื่อ - นามสกุล	นายวีระชัย แย้มวจี
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์อำนวย เรืองวารี, Dr.-Ing.
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือในการปรับปรุงโพรโตคอลค้นหาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ ซึ่งปัญหาที่พบปัจจุบันคืออุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ได้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเส้นทางการสื่อสารอย่างรวดเร็ว ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการสื่อสารลดลง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะนำตรรกศาสตร์คลุมเครือเข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อทำให้การสื่อสารของอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ได้ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

ขั้นตอนในการดำเนินงานเริ่มต้นจากการนำเอาโพรโตคอลค้นหาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้มาปรับปรุงด้วยการเพิ่มตรรกศาสตร์คลุมเครือเข้าไปในการตัดสินใจเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด ทำการวัดประสิทธิภาพบนแบบจำลองด้วยโปรแกรมจำลองระบบเครือข่ายรุ่นสอง ทำการเปรียบเทียบด้วยตัวชี้วัดอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลและการหน่วงเวลาตลอดเส้นทางกับโพรโตคอลมาตรฐาน ได้แก่ เอโอดีวี ดีเอสดีวี และดีเอสอาร์

ผลการทดลองด้วยแบบจำลองกับโพรโตคอลที่พัฒนาขึ้นพบว่าเมื่อทดลองเคลื่อนที่อุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็วสูง อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 10 การหน่วงเวลาตลอดเส้นทางลดลงเฉลี่ยร้อยละ 5 และในกรณีที่ผลการทดสอบดีที่สุด คือ ที่ความเร็ว 50 เมตรต่อวินาที อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลเพิ่มขึ้นร้อยละ 15 การหน่วงเวลาตลอดเส้นทางลดลงร้อยละ 10 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับโพรโตคอลมาตรฐาน ได้แก่ เอโอดีวี ดีเอสดีวี และดีเอสอาร์

คำสำคัญ: โพรโตคอลค้นหาเส้นทาง เครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ ตรรกศาสตร์คลุมเครือ อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล การหน่วงเวลาตลอดเส้นทาง

Thesis Title	Studying of Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Networks Using Fuzzy Logic
Name - Surname	Mr. Weerachai Yaemvachi
Program	Electrical Engineering
Thesis Advisor	Mr. Amnoiy Ruengwaree, Dr.–Ing.
Academic Year	2012

ABSTRACT

This thesis aims to apply the fuzzy logic in order to improve the performance of a routing protocol for mobile ad hoc network (MANET). The current problems found on mobile devices are moving at high speed trend to change communication path rapidly. The efficiency of the network drops dramatically. Therefore, the fuzzy logic was implemented to improve the performance for communication of mobile devices that move at high speed.

The step in the implementation process is to improve the performance of a routing protocol for MANET by adding the fuzzy logic to determine the best route for mobile devices that move in high speed for better performance. The performance evaluation of the proposed method has done with simulation model on Network Simulator 2. The results compare between proposed protocol and the standard protocols including AODV, DSDV and DSR with indicators of the packet delivery ratio and end to end delay time.

After implementation, the result from the simulator shows the average packet delivery ratio of mobile devices are moving at high speed using our proposed protocol have been improve by 10% while the end to end delay time decrease by 5%. The proposed protocol capable to improve the packet delivery ratio by 15% while decrease the end to end delay time by 10% while the mobile devices are moving at speed of 50 m/s in comparison with AODV, DSDV and DSR.

Keywords: routing protocol, mobile ad hoc network, fuzzy logic, packet delivery ratio, end to end delay time

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความเมตตากรุณาอย่างสูงจาก ดร.อำนวย เรืองวารี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษา ตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ซึ่งผู้ทำวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้ทำวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร ประธานกรรมการ ดร.อภิรดา นามแสง ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก และ ดร.กิตติวัณณ์ นิ่มเกิดผล ที่สละเวลาอันมีค่าให้ความอนุเคราะห์ประเมินผลและรับรองวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความชัดเจน ครบถ้วนและสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้จริง ขอขอบคุณบุคลากร บัณฑิตวิทยาลัยทุกคนที่เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือตลอดช่วงเวลาของการศึกษาและทำวิทยานิพนธ์

ผู้ทำวิทยานิพนธ์ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชา บ่มเพาะจนผู้ทำวิทยานิพนธ์สามารถนำเอาหลักการมาประยุกต์ใช้และอ้างอิงในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นอกเหนือจากนี้ขอขอบคุณผู้บริหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่มอบทุนสนับสนุนพัฒนาบุคลากรตลอดระยะเวลาในการศึกษาของผู้ทำวิทยานิพนธ์

คุณค่าอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ทำวิทยานิพนธ์ขอมอบเพื่อบูชาพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

วีระชัย แย้มวจี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ง
กิตติกรรมประกาศ จ
สารบัญ ฉ
สารบัญตาราง ซ
สารบัญภาพ ฌ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ฎ
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 เครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ (Mobile Ad-hoc Network: MANET) 4
2.2 โพรโตคอลค้นหาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ 6
2.3 ดีเอสดีวี (Destination Sequenced Distance Vector: DSDV) 8
2.4 เอโอดีวี (Ad-hoc On-demand Distance Vector: AODV) 9
2.5 ดีเอสอาร์ (Dynamic Source Routing: DSR) 16
2.6 ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) 16
2.7 โปรแกรมจำลองการทำงานระบบเครือข่าย (Network Simulator 2: NS-2) 19
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 20
3 วิธีดำเนินการวิจัย 25
3.1 การใช้ NS-2 ในการจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ 26
3.2 ออกแบบโพรโตคอลค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ 32

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

4 ผลการวิจัย 37

4.1 ผลการวิจัย 37

4.2 ผลการปรับปรุงประสิทธิภาพโพรโตคอลมาตรฐาน 44

4.3 สรุปผลการปรับปรุงประสิทธิภาพโพรโตคอลมาตรฐาน 46

5 สรุปผลการวิจัย 47

5.1 สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล 47

5.2 ข้อเสนอแนะ 48

รายการอ้างอิง 49

ภาคผนวก 52

ภาคผนวก ก รหัสต้นฉบับ (Source Code) 53

ภาคผนวก ข ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ 67

ประวัติผู้เขียน 89

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตของตรรกศาสตร์คลุมเครือ 33
4.1 ผลการทดสอบระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ เมื่อ p = 0 มิลลิวินาที 37
4.2 ผลการทดสอบระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ เมื่อ p = 10 มิลลิวินาที 39
4.3 ผลการทดสอบระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ เมื่อ p = 20 มิลลิวินาที 40
4.4 ผลการทดสอบระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ เมื่อ p = 40 มิลลิวินาที 41
4.5 ผลการทดสอบระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ เมื่อ p = 100 มิลลิวินาที 42
4.6 ผลการทดสอบการจำลองระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ 44

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ทอพอโลยีรูปแบบที่ 1 5
2.2 ทอพอโลยีรูปแบบที่ 2 6
2.3 ทอพอโลยีรูปแบบที่ 3 6
2.4 การค้นหาเส้นทางของเอโอดีวี 10
2.5 การตั้งขอบเขตให้กับโหนดต่าง ๆ ใน MANET 11
2.6 การทำงานของโพรโตคอลเอโอดีวี 12
2.7 การทำงานของโพรโตคอลเอโอดีวี (ต่อ) 13
2.8 วิธีการใช้ Sequence Number 14
2.9 สาเหตุของการเกิด RERR 15
2.10 เปรียบเทียบลักษณะตารางเก็บค่าเส้นทางที่แตกต่างกัน 16
2.11 องค์ประกอบของระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ 17
2.12 องค์ประกอบในการวิจัยบน NS-2 19
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 25
3.2 ขั้นตอนการจำลองการทำงานระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ 26
3.3 ไฟล์ cbr-10-test ที่ได้จากการทำงานในสมการที่ 3.1 27
3.4 Shell Script สร้างไฟล์ Traffic Models 27
3.5 ไฟล์ scen-20-test ที่ได้จาการทำงานในสมการที่ 3.2 28
3.6 Shell Script สร้างไฟล์ Mobility Models 28
3.7 OTCL Script เพื่อจำลองการทำงานในส่วนของ Physical Layer 29
3.8 การกำหนดรูปแบบของโหนดที่จะใช้ในแบบจำลอง 29
3.9 การกำหนดการทำงานของโหนดในแบบจำลอง 30
3.10 Trace File ที่ได้จากการจำลองการทำงานระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ 30
3.11 การคำนวณหา CBR PKtSent by CBR Sources โดยใช้ AWK Script 31
3.12 การคำนวณหา CBR PKtRcvd by CBR Sinks โดยใช้ AWK Script 31
3.13 Shell Script การคำนวณหา PDR และ E2ED ในสภาพแวดล้อมที่กำหนด 32
3.14 โครงสร้างของโพรโตคอลค้นหาเส้นทางใน NS2 34
3.15 โครงสร้างข้อมูลในคลาส aodv_rt_entry 35

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3.16 โครงสร้างข้อมูลในคลาส hdr_aodv_request และ hdr_aodv_reply 36
4.1 อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เมื่อ p = 0 มิลลิวินาที 38
4.2 อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เมื่อ p = 10 มิลลิวินาที 39
4.3 อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เมื่อ p = 20 มิลลิวินาที 40
4.4 อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เมื่อ p = 40 มิลลิวินาที 42
4.5 อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เมื่อ p = 100 มิลลิวินาที 43
4.6 อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล (Packet Delivery Rate: PDR) 45
4.7 การหน่วงเวลาตลอดเส้นทาง (End to End Delay: E2ED) 45

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ABR	Associativity-Based Routing
ACK	Acknowledgement
AODV	Ad-hoc On-demand Distance Vector
AODV-BR	Ad-hoc On-demand Distance Vector Backup Route
AODV-BR-FB	Ad-hoc On-demand Distance Vector Backup Route Feedback Based
AWK	Aho Weinberger Kernighan.
CBR	Constant Bit Rate
CGSR	Cluster-head Gateway Switch Routing
COG	Center of Gravity
DES	Discrete Event Simulator
DSDV	Destination Sequenced Distance Vector
DSR	Dynamic Source Routing
E2ED	End to End Delay
ISI	Information Sciences Institute
MANET	Mobile Ad-hoc Network
Mbps	Megabit per second
mc	Maximum Connection
NS	Network Simulator
OTCL	Object Tool Command Language
p	Pause Time
PDR	Packet Delivery Rate
RREP	Route Reply
RREQ	Route Request
RERR	Route Error
SSR	Signal Stability Routing
TORA	Temporally Ordered Routing Algorithm
WRP	Wireless Routing Protocol

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ (Mobile Ad-hoc Network: MANET)[1] เป็นเครือข่ายของอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ได้ มีการติดต่อสื่อสารกันเพื่อส่งข้อมูลกันอย่างอิสระ ไม่มีการควบคุมจากส่วนกลาง รูปแบบของเครือข่ายสามารถปรับเปลี่ยนตัวเองได้ ทำให้เกิดปัญหาในการจัดการเส้นทาง (Routing Protocols)[2] จากปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาโพรโตคอลที่ใช้จัดการเส้นทางในการส่งข้อมูลเกิดขึ้น เพื่อให้การสื่อสารข้อมูลทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โพรโตคอลค้นหาเส้นทาง สำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มที่มีการสร้างตารางเส้นทางไว้ก่อน (Proactive) ได้แก่ DSDV[3], CGSR และ WRP และกลุ่มที่จะสร้างเส้นทางเมื่อมีการร้องขอ (Reactive) ได้แก่ AODV[4], DSR[5], TORA, ABR และ SSR กลุ่มที่มีการสร้างตารางเส้นทางไว้ก่อน จะมีข้อดีคือ ไม่เสียเวลาในการประมวลผล จึงทำให้ค่าการหน่วงตลอดเส้นทาง (End to End Delay) น้อย แต่ข้อเสียคือสิ้นเปลืองพื้นที่จัดเก็บตารางเส้นทาง และจะต้องมีการรับส่งข้อมูล เพื่อทำการปรับปรุงตารางเส้นทางอยู่ตลอดเวลา ทำให้เกิดการจราจรเพิ่มขึ้นในเครือข่าย (Overhead) ส่วนกลุ่มที่จะสร้างเส้นทางเมื่อมีการร้องขอ ข้อดีคือไม่สิ้นเปลืองพื้นที่จัดเก็บตารางเส้นทาง เพราะจะทำการเส้นทางเฉพาะตอนที่มีการร้องขอของต้นทาง ที่ต้องการส่งข้อมูลไปยังปลายทางเท่านั้น แต่ข้อเสียก็คือจะใช้เวลาในการตัดสินใจเลือกเส้นทางมากขึ้น ถ้าไม่เคยมีการติดต่อไปยังปลายทางเลย

วิทยานิพนธ์นี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อทำการศึกษาผลกระทบของความหนาแน่นของการจราจรในเครือข่าย กับโพรโตคอลค้นหาเส้นทาง ด้วยการทดลองบนระบบจำลองการทำงานของเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ โดยใช้โปรแกรมเน็ตเวิร์คซิมมูเลเตอร์ 2 (Network Simulator 2: NS-2) ถูกพัฒนาขึ้นโดยสถาบันวิทยาการสารสนเทศ (Information Sciences Institute: ISI) แล้วทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น แล้วทำการปรับปรุงด้วยวิธีการทางตรรกศาสตร์คลุมเครือ แล้วประเมินผลด้วยตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานของโพรโตคอลค้นหาเส้นทาง

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 พัฒนาและออกแบบโพรโตคอลค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือบน NS-2

1.2.2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ด้วยการเพิ่มตรรกศาสตร์คลุมเครือ ในสภาวะแวดล้อมที่มีความหนาแน่นของการส่งข้อมูลและความเร็วในการเครื่องที่ของโหนดสูง

1.2.3 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของโพรโตคอลค้นหาเส้นทาง สำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้บน NS-2

1.2.4 เพื่อศึกษาเทคนิคและวิธีการวัดคุณลักษณะของโพรโตคอลค้นหาเส้นทาง สำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้บน NS-2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 พัฒนาและออกแบบโพรโตคอลค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือบน NS-2

1.3.2 ศึกษาพฤติกรรมและผลกระทบของโพรโตคอลค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้แบบ Destination Sequenced Distance Vector (DSDV), Ad-hoc On-demand Distance Vector (AODV) และ Dynamic Source Routing (DSR)

1.3.3 จำลองการทำงานของโพรโตคอลค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้บน NS-2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโพรโตคอลค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้

1.3.4 วิเคราะห์ผลการจำลองการทำงาน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโพรโตคอลค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ที่ออกแบบกับโพรโตคอลค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้แบบ Destination Sequenced Distance Vector (DSDV), Ad-hoc On-demand Distance Vector (AODV) และ Dynamic Source Routing (DSR)

1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.4.1 จำลองการทำงานของระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้บน NS-2 ในแบบที่มี และไม่มีการนำตรรกศาสตร์คลุมเครือมาใช้งาน

1.4.2 กำหนดจำนวนโหนด 100 โหนด เคลื่อนที่แบบสุ่ม (Random Waypoint) บนพื้นที่ขนาด 1,000x1,000 ตารางเมตร แต่ละโหนดมีขอบเขตของกำลังส่งประมาณ 250 เมตร ช่องสัญญาณมีแบนด์วิดธ์ (Bandwidth) 2 เมกะบิต (Mbps) การเคลื่อนที่ของโหนดที่ความเร็ว 10, 20, 30, 40, 50 เมตรต่อวินาที (m/s) การส่งข้อมูลจะใช้การส่งแบบคงที่ขนาด 512 ไบต์ อัตราการส่งที่ 100 แพ็กเก็ตต่อวินาที จากโหนดต้นทางจำนวน 20 โหนด เวลาในการจำลอง 1,500 วินาที ทำการทดลองทั้งหมด 5 รอบ

1.4.3 บันทึกผลการทดลองกับสภาวะแวดล้อมที่กำหนด ทำการวาดกราฟอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล และการหน่วงเวลาตลอดเส้นทาง

1.4.4 เปรียบเทียบผล เพื่อวัดประสิทธิภาพของระบบที่ได้ปรับปรุงโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ

1.4.5 ทำการจำลองการทำงานบนระบบปฏิบัติการ Linux

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถนำเอาตรรกศาสตร์คลุมเครือมาปรับปรุงกระบวนการทำงานของระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้

1.5.2 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลค้นหาเส้นทาง สำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ ด้วยการจำลองสถานการณ์บน NS-2

1.5.3 สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงเอกสารที่ได้ทำการศึกษาและค้นคว้าข้อมูล ได้แก่ เครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ (Mobile Ad-hoc Network: MANET) [1] โพรโตคอลค้นหาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ (MANET Routing Protocols) [2] ดีเอสดีวี (Destination Sequenced Distance Vector: DSDV) [3] เอโอดีวี (Ad-hoc On-demand Distance Vector: AODV) [4] ดีเอสอาร์ (Dynamic Source Routing: DSR) [5] ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) [6] โปรแกรมจำลองการทำงานของระบบเครือข่าย (Network Simulator 2: NS-2) งานวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจด้วยเทคนิคการปรับอัตรากส่งข้อมูลแบบพลวัต [7] งานวิจัยการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบในทอพอโลยีและโพรโตคอลการค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายไร้สายแบบเฉพาะกิจ [8] งานวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพทีซีพีด้วยโพรโตคอลค้นหาเส้นทางแบบพิจารณาเส้นทางสำรองด้วยกลไกทางฟีดแบ็คสำหรับเครือข่ายไร้สายแอดฮอค [9] และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

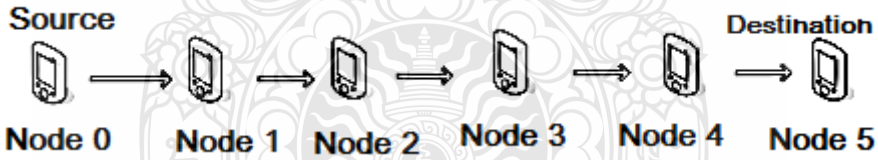
2.1 เครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ (Mobile Ad-hoc Network: MANET)

เป็นเครือข่ายของอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ได้ มีการติดต่อสื่อสารกัน เพื่อส่งข้อมูลกันอย่างอิสระ ไม่มีการควบคุมจากส่วนกลาง รูปแบบของเครือข่ายสามารถปรับเปลี่ยนตัวเองได้ ทำให้เกิดปัญหาในการจัดการเส้นทาง จากปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาโพรโตคอลที่ใช้จัดการเส้นทาง เพื่อให้การสื่อสารข้อมูลทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

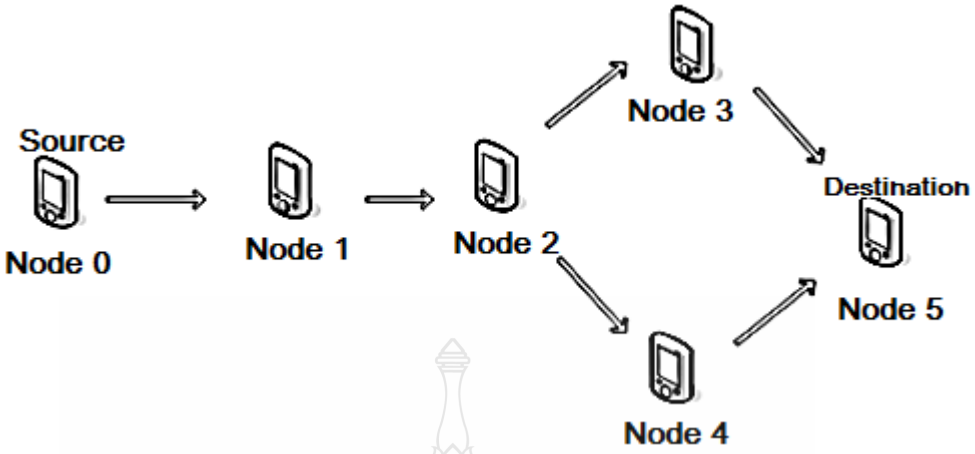
เทคโนโลยีเครือข่ายการสื่อสารข้อมูลแบบ MANET คือเทคโนโลยีที่ นักวิจัยให้ความสนใจ เนื่องจากสามารถตอบสนองต่อความต้องการในการติดต่อสื่อสารขณะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงในภารกิจต่างๆ ทั้งในภารกิจทางทหาร และในกิจการการบรรเทาสาธารณภัยแบบเร่งด่วน อย่างไรก็ตาม การรับ/ส่งข้อมูลขณะเคลื่อนที่นั้นมีความผิดเพี้ยนของสัญญาณค่อนข้างมาก เนื่องจากความแรงของช่องสัญญาณในการส่งข้อมูลในระหว่างที่มีการเคลื่อนที่เร็วๆ มีความผันผวนอย่างมากตามทิศทางและความเร็วในการเคลื่อนที่ ของสถานีรับ/ส่ง กล่าวคือ ถ้าเริ่มต้น สถานีส่ง ตรวจสอบช่องสัญญาณแล้วพบว่า การส่งข้อมูลผ่านตัวรีเลย์สัญญาณเอดีที่สุด เนื่องจากความแรงสัญญาณสูงสุด แต่ถ้าขณะนั้นสถานีรับ-ส่งมีการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว สัญญาณที่ผ่านรีเลย์เอ อาจมีความแรงลดลง และอาจมีผลทำให้ไม่สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ในที่สุด

นักวิจัยจากมหาวิทยาลัยนอร์ทแคโรไลนาสเตทได้นำเสนอแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพ ในการรับ-ส่งข้อมูลในเครือข่าย MANET ให้มีอัตราการรับ-ส่งข้อมูล สูงสุด ในขณะที่ไม่มีความผิดเพี้ยนของสัญญาณ ในการรับ-ส่งข้อมูล ด้วยการพัฒนาขีดความสามารถในการเลือกเส้นทางในการส่งต่อสัญญาณที่ดีที่สุดสำหรับการส่งสัญญาณของแต่ละสถานีภายในเครือข่าย MANET ที่จะทำให้สามารถดำรงการติดต่อสื่อสารไว้ได้ ผ่านกระบวนดังนี้ต่อไปนี้ สถานีส่ง ทำการวัดความแรงของสัญญาณของเส้นทางในการส่งข้อมูลจากสถานีทวนสัญญาณ (Repeater Station) คำนวนความแรงของสัญญาณในเส้นทางต่างๆ และเลือกเส้นทางที่คาดว่าจะมีความแรงของสัญญาณสูงสุดขณะทำการส่งข้อมูล คำนวนอัตราการส่งข้อมูลที่เหมาะสมกับความแรงของช่องสัญญาณที่เลือกไว้ ไม่มากหรือน้อยเกินไป

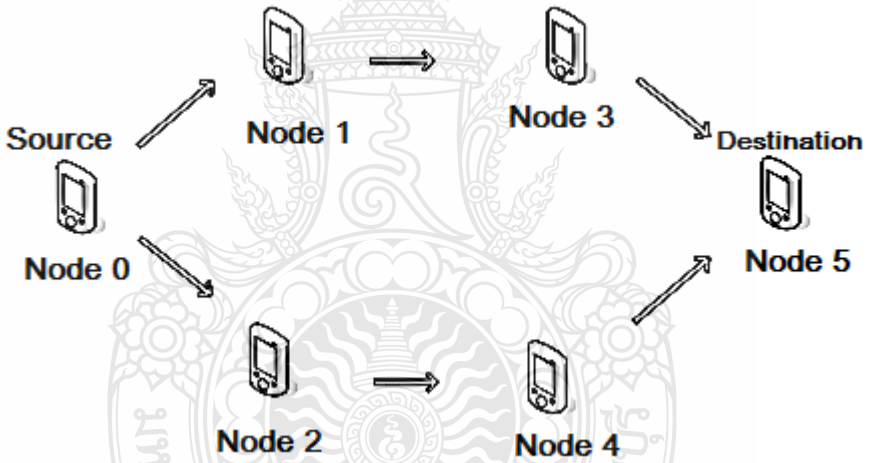
จากภาพที่ 2.1 แสดงการเชื่อมต่อของโหนดต้นทางไปยังปลายทางอยู่ห่างเกินรัศมีของการส่งข้อมูล จำเป็นจะต้องทำการส่งข้อมูลผ่านโหนด 1 ถึง 4 แบบไม่มีทางสำรอง ซึ่งถ้าหากโหนด 1 ถึง 4 อยู่ห่างเกินรัศมี จะทำให้โหนดต้นทางไม่สามารถส่งข้อมูลไปยังโหนดปลายทางได้ แต่ในภาพที่ 2.2 แสดงให้เห็นว่าเส้นทางการส่งข้อมูลมีมากกว่าหนึ่งเส้นทาง ข้อมูลสามารถผ่านจากโหนด 2 ไปโหนดปลายทางได้ โดยผ่านโหนด 3 หรือ 4 ก็ได้ ซึ่งในภาพที่ 2.3 แสดงให้เห็นว่าโหนดต้นทางและปลายทางสามารถรับ-ส่งข้อมูลได้หลายทาง ทำเกิดเส้นทางของการสื่อสารได้หลายเส้นทางมากขึ้น



ภาพที่ 2.1 ทอพอโลยีรูปแบบที่ 1 [8]



ภาพที่ 2.2 ทอพอโลยีรูปแบบที่ 2 [8]



ภาพที่ 2.3 ทอพอโลยีรูปแบบที่ 3 [8]

2.2 โพรโตคอลค้นหาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้

โพรโตคอลค้นหาเส้นทางชนิดโปรแอกทีฟ เป็นโพรโตคอลที่จะค้นหาเส้นทางอยู่ตลอดเวลา ด้วยวิธีการส่งแพกเกตควบคุมการค้นหาเส้นทางออกไปทุก ๆ รายคาบเวลาไม่ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงขายหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อให้ได้มายังเส้นทางไปยังโหนดต่าง ๆ มาเก็บไว้ในตารางเส้นทาง (Routing Table) จากนั้นเมื่อโหนดดังกล่าวต้องการส่งข้อมูล ก็จะมาใช้เส้นทางที่มีอยู่ในตารางเส้นทางเพื่อใช้ส่งข้อมูล หากเส้นทางไปยังโหนดปลายทางดังกล่าวไม่มีอยู่ในตารางเส้นทาง

โพรโตคอลค้นหาเส้นทางก็จะเริ่มทำการค้นหาเส้นทางใหม่ทันที เพื่อให้ได้มายังเส้นทางในการส่งข้อมูล โดยวิธีการกระจายแพกเกตค้นหาเส้นทางเข้าไปในระบบเครือข่าย

โพรโตคอลค้นหาเส้นทางประเภทโปรแอกทีฟนี้ จะไม่มีค่าหน่วงเวลา (Delay) สำหรับการค้นหาเส้นทางเมื่อต้องการส่งข้อมูล ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากมีเส้นทางในการส่งข้อมูลไปยังโหนดปลายทางในตารางเส้นทางอยู่แล้ว หากต้องการส่งข้อมูลไปยังปลายทางเมื่อใดก็จะเลือกเส้นทางจากตารางที่ได้เก็บเส้นทางไว้ โพรโตคอลค้นหาเส้นทางชนิดโปรแอกทีฟนี้เหมาะสมกับระบบเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ ที่มีจำนวนผู้ใช้งานที่ไม่มากนัก เมื่อเทียบกับโพรโตคอลค้นหาเส้นทางชนิดรีแอกทีฟ ซึ่งสามารถรองรับการทำงานกับระบบเครือข่ายที่มีผู้ใช้งานมากกว่า ในพื้นที่ ๆ เท่ากันและมีการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานเหมือนกัน ทั้งนี้ก็เพราะแพกเกตค้นหาเส้นทางที่ส่งออกไปเป็นจำนวนมากนั้นเองที่ทำให้ประสิทธิภาพในการรับ–ส่ง ข้อมูลลดลง

กลุ่มที่มีการสร้างตารางเส้นทางไว้ก่อน (Proactive) ข้อดีคือ ค่าการหน่วงตลอดเส้นทาง (End to End Delay) น้อย ข้อเสียคือ สิ้นเปลืองพื้นที่จัดเก็บตารางเส้นทาง และจะต้องมีการรับส่งข้อมูล เพื่อทำการปรับปรุงตารางเส้นทางอยู่ตลอดเวลา ทำให้เกิดการจราจรเพิ่มขึ้นในเครือข่าย (Overhead)

โพรโตคอลค้นหาเส้นทางชนิดรีแอ็กทีฟ เป็นโพรโตคอลที่จะค้นหาเส้นทางก็ต่อเมื่อโหนดดังกล่าวต้องการส่งข้อมูลไปยังโหนดปลายทางอื่น ๆ ไม่ได้มีการเตรียมเส้นทางการส่งข้อมูลไว้ล่วงหน้าแต่อย่างใด การค้นหาเส้นทางชนิดรีแอกทีฟนี้ จะมีการใช้ข้อมูลควบคุมในการค้นหาเส้นทางได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าโพรโตคอลค้นหาเส้นทางชนิดโปรแอกทีฟที่ใช้เทคนิคการส่งทุก ๆ รายคาบเวลา ทั้งนี้เป็นเพราะโหนดต่าง ๆ ที่ไม่เกี่ยวของกับการรับส่งข้อมูลก็จะไม่ต้องเก็บเส้นทางที่ไม่จำเป็น และมีเพียงโหนดหลักเท่านั้นที่จะเก็บเส้นทางเพื่อใช้ในการส่งข้อมูล ซึ่งเป็นการใช้หน่วยความจำให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นด้วย แต่เนื่องจากโพรโตคอลชนิดนี้จะค้นหาเส้นทางก็ต่อเมื่อโหนดต้องการส่งข้อมูล ดังนั้นในตารางเส้นทาง จึงไม่มีเส้นทางสำหรับการใช้ส่งข้อมลเก็บไว้ ดังนั้นในช่วงเวลาที่ใช้ในการค้นหาเส้นทางก่อนการส่งข้อมูล ทำให้มีค่าหน่วงเวลาเกิดขึ้น

กลุ่มที่จะสร้างเส้นทางเมื่อมีการร้องขอ (Reactive) ข้อดีคือ ไม่สิ้นเปลืองพื้นที่จัดเก็บตารางเส้นทาง เพราะจะทำการเส้นทางเฉพาะตอนที่มีการร้องขอของต้นทาง ที่ต้องการส่งข้อมูลไปยังปลายทางเท่านั้น ข้อเสียคือ จะใช้เวลาในการตัดสินใจเลือกเส้นทางมากขึ้น ถ้าไม่เคยมีการติดต่อไปยังปลายทางเลย

2.3 ดีเอสดีวี (Destination-Sequenced Distance-Vector: DSDV)

สำหรับโพรโตคอลค้นหาเส้นทางดีเอสดีวี ในเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้นั้น ได้นำเสนอถึงแนวความคิดที่จะรวบรวมการเชื่อมต่อไร้สายของอุปกรณ์ไร้สายทั้งหมด ซึ่งจะทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกัน และสร้างออกมาเป็นเส้นทางสำหรับการรับ-ส่งข้อมูล ซึ่งแต่ละเครื่องก็จะจัดเก็บข้อมูลลงในตารางเส้นทางของเฉพาะของแต่ละเครื่อง เพื่อให้สามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ไร้สายอื่น ๆ ที่อยู่ในระบบเครือข่ายไร้สายได้ด้วยจำนวนฮอบคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งอาจจะมากกว่าหนึ่งฮอบก็เป็นได้

จากข้อจำกัดทางด้านกายภาพเรื่องรัศมีของการส่งสัญญาณ ที่สามารถส่งสัญญาณออกไปได้ในรัศมีที่จำกัด ดังนั้นโหนดทุกโหนดที่อยู่ในระบบเครือข่ายจึงต้องยินยอมที่จะส่งต่อข้อมูล อัพเดตเส้นทางต่อไปยังโหนดอื่น ๆ เพื่อให้กระจายไปทั่วเครือข่าย หากโหนดใดที่ไม่ยินยอมในการส่งข้อมูลอัพเดตเส้นทาง หรือ อยู่ในโหมดหลับเพื่อประหยัดพลังงาน โพรโตคอลดีเอสดีวี นี้ก็จะไม่รบกวนหรือบังคับให้มีการส่งต่อแพ็กเกตแต่อย่างใดก็ตาม วิธีการค้นหาเส้นทางของโพรโตคอลดีเอสดีวี นี้จะจัดเก็บข้อมูลลงในตารางเส้นทางเฉพาะข้อมูลเพื่อใช้เป็นเส้นทางไปยังโหนดอื่นๆ เท่านั้น โดยที่ตารางเส้นทางนี้จะประกอบไปด้วย หมายเลขโหนดปลายทางที่สามารถส่งข้อมูลไปยังไปปลายทางได้ จำนวนฮอบที่ใช้ในการส่งข้อมูล เส้นทางที่ใช้ส่งข้อมูล และค่าหมายเลขลำดับของการอัพเดตเส้นทาง

การส่งข้อมูลอัพเดตเส้นทาง สำหรับกระบวนการค้นหาเส้นทางในระบบเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ที่โดยทั่วๆ ไป ที่มีการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบโครงข่ายที่ค่อนข้างมากและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว แต่ละโหนดจะส่งการอัพเดตข้อมูลเส้นทางที่เป็นรายคาบอยู่แล้ว เพื่อให้เส้นทางมีความใหม่และทันต่อการเปลี่ยนแปลงในระดับหนึ่ง และจะส่งทันทีเมื่อมีการตรวจสอบพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของเส้นทางเกิดขึ้น แนวคิดของโพรโตคอลดีเอสดีวี นี้ไม่ถือมาเป็นแนวคิดที่ใหม่ซะทีเดียว เพราะหลักการทำงานของการค้นหาเส้นทางนั้นจะคงไว้ ซึ่งหลักการของการค้นหาเส้นทางแบบ โพรโตคอลเวกเตอร์บอกระยะ (Distance Vector) ในระบบเครือข่ายแบบมีสาย เพียงแต่เปลี่ยนเมตริกซ์สำหรับการตัดสินใจเลือกสรรเส้นทางเป็นฮอบแทน ด้วยหลักการที่คล้ายคลึงกับโพรโตคอลการค้นหาเส้นทางในเครือข่ายแบบมีสายนี้ทำให้การอัพเดตข้อมูลเส้นทางที่แต่ละโหนดต้องส่งออกไปนั้นจำเป็นที่จะต้องประกอบไปด้วยข้อมูล ของชั้นดาต้าลิ้งค์ และชั้นเน็ตเวิร์ค

การอัพเดตเส้นทางที่ต้องส่งข้อมูลเส้นทางไปยังโหนดเพื่อนบ้านเป็นรายคาบเวลา เป็นสิ่งที่เลี่ยงไม่ได้สำหรับโพรโตคอลที่มีรูปแบบการทำงานเป็นแบบเวกเตอร์บอกระยะ ซึ่งส่งผลให้เกิดทั้งข้อดีและข้อเสียตามมา ยกตัวอย่างข้อดี เช่น การส่งอัพเดตข้อมูลเส้นทางบ่อย ๆ ก็จะทำให้ได้มาซึ่ง

เส้นทางที่ใกล้เคียงต่อการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบโครงข่ายมากที่สุด ดังนั้นโอกาสที่เส้นทางจะสามารถใช้ส่งข้อมูลไปยังปลายทาง ก็จะมีโอกาสที่ส่งข้อมูลสำเร็จนั้นสูง แต่ในทางตรงกันข้ามยิ่งส่งแพ็กเกตอัพเดตข้อมูลเส้นทางมากเท่าไร ก็จะเป็นการเพิ่มปริมาณการใช้งานแบนด์วิดธ์ของระบบมากขึ้นตามไปด้วย และหากมีกรณีที่การส่งข้อมูลนั้นเบาบาง กล่าวคือมีการรับ-ส่งข้อมูลกันไม่มาก หรือนานๆ จึงจะมีการส่งข้อมูล การเตรียมเส้นทางของดีเอสดีวี ก็จะพิจารณาว่าเป็นการใช้งานแบนด์วิดธ์ไปอย่างเปล่าประโยชน์

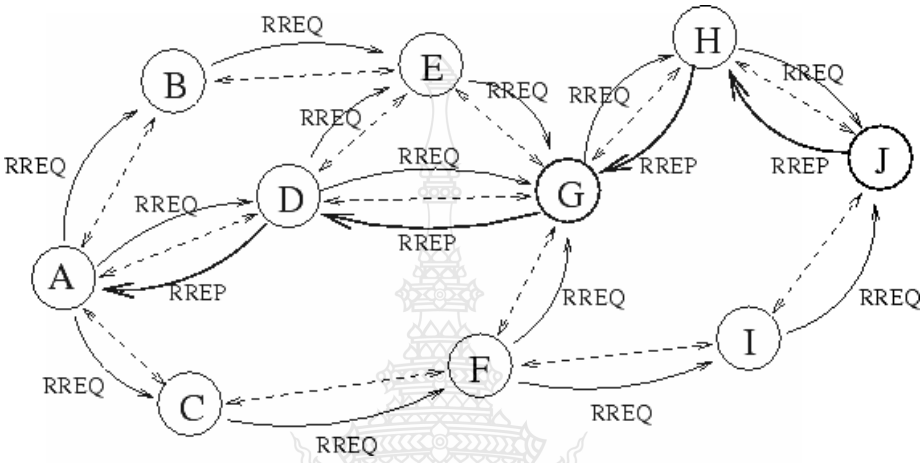
2.4 เอโอดีวี (Ad-hoc On-Demand Distance Vector: AODV)

เป็นโพรโตคอลแบบรีแอคทีฟ คือจะทำการหาเส้นทางก็ต่อเมื่อจุดเริ่มต้นต้องการหาเส้นทางโดยหาเส้นทางไปจนถึงปลายทาง ซึ่งจะเป็นการหาเส้นทางตามเส้นทางที่เป็นไปได้จนถึงปลายทางแล้วจึงทำการหยุดค้นหา โพรโตคอลเอโอดีวีได้ปรับปรุงมาจากดีเอสดีวี เนื่องจากมีความคล้ายคลึงกันมาก แต่โพรโตคอลเอโอดีวี จะลดจำนวนครั้งในการที่จะค้นหาเส้นทางลง โดยจะทำการค้นหาเส้นทางเมื่อมีโนดต้องการที่จะส่งข้อมูลหรือมีการเคลื่อนที่ของโนดเท่านั้นทำห้ไม่เปลืองแบนด์วิดธ์ในช่องสัญญาณ แต่จะต้องเสียเวลาในการที่หาเส้นทางใหม่เมื่อต้องการที่จะส่งข้อมูล

โพรโตคอลเอโอดีวี เป็นโพรโตคอลการจัดเส้นทางในเครือข่ายไร้สายแบบเฉพาะกิจ ทำให้สถานีเชื่อมโยงสามารถติดต่อกันได้ โดยที่เส้นทางอาจมีหลายช่วงการเชื่อมต่อ โพรโตคอลมีพื้นฐานมาจากโพรโตคอลเวกเตอร์บอกระยะ (Distance Vector) แต่โพรโตคอลเอโอดีวี จะมีการทำงานเป็นแบบรีแอคทีฟ คือกระบวนการค้นหาเส้นทางเกิดขึ้นเมื่อมีการร้องขอใช้เส้นทางนั้นเท่านั้น และสถานีเชื่อมโยง ไม่จำเป็นต้องทำการปรับปรุงข้อมูลเส้นทางไปยังสถานีเชื่อมโยงปลายทางที่ยังไม่ใช้งาในขณะนั้น และในขณะการสื่อสารดำเนินอยู่ โดยเส้นทางยังทำงานได้ โพรโตคอลเอโอดีวี ก็จะไม่ทำงานใด ๆ เลย ข้อเด่นอย่างหนึ่งของโพรโตคอลเอโอดีวี คือการค้นหาเส้นและเลือกใช้เส้นทางของคู่สถานีเชื่อมโยงต้นทางและปลายทางที่มีอยู่ เพื่อให้การส่งข้อมูลนั้นเป็นไปอย่างถูกต้อง โพรโตคอลสถานะลิงค์และเวกเตอร์บอกระยะทำงานได้ในเครือข่ายไร้สายแบบเฉพาะกิจ ที่มีการเคลื่อนที่ของสถานีเชื่อมโยงน้อย ทำให้การเปลี่ยนแปลงของภูมิลักษณะของเครือข่ายไม่มากนัก แต่นอกจากปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของภูมิลักษณะของเน็ตเวิร์คบ่อยแล้ว ในการทำงานของโพรโตคอลเหล่านี้คือมีการส่งข้อความควบคุม (Control Messages) เป็นช่วง ๆ เพื่อใช้ในการกำหนดเส้นทางหรือปรับปรุงข้อมูลเส้นทาง

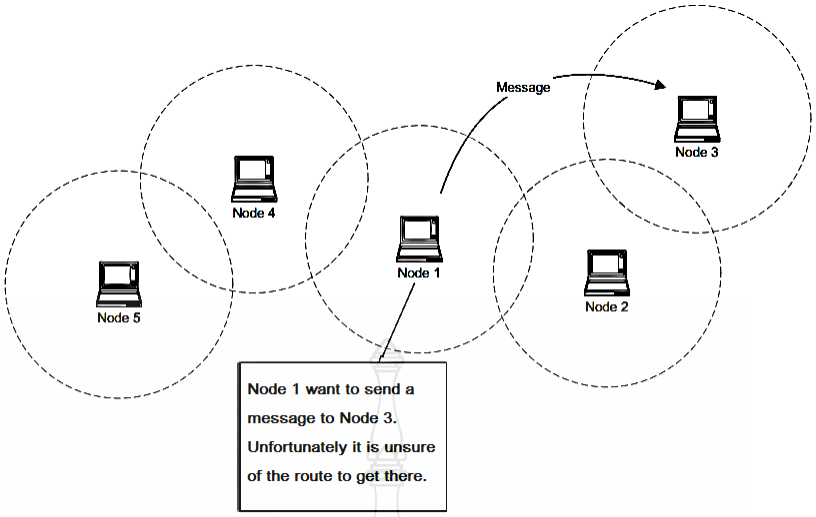
โพรโตคอลเอโอดีวี เป็นโพรโตคอลที่เป็นแบบแผนการส่งข้อมูลระหว่างโหนดที่เคลื่อนที่ได้ หรือโหนดในการส่งข้อมูล ผ่านไปยังโหนดรอบข้าง (Neighbor) เพื่อไปยังโหนด ที่ต้นทางไม่

สามารถติดต่อได้โดยตรงในระหว่างทางที่ข้อมูลถูกส่งผ่านไป โพรโตคอลเอโอดีวีก็จะทำการค้นหาเส้นทางไป โดยจะมั่นใจได้ว่าจะไม่เกิดการวนลูป (Loop) และพยายามหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่จะเป็นไปได้อีก ทั้งโพรโตคอลเอโอดีวียังสารมารถที่จะควบคุมการเปลี่ยนแปลงของเส้นทาง (Route) และสามารถสร้างใหม่หาเกิดข้อผิดพลาดได้อีกด้วย



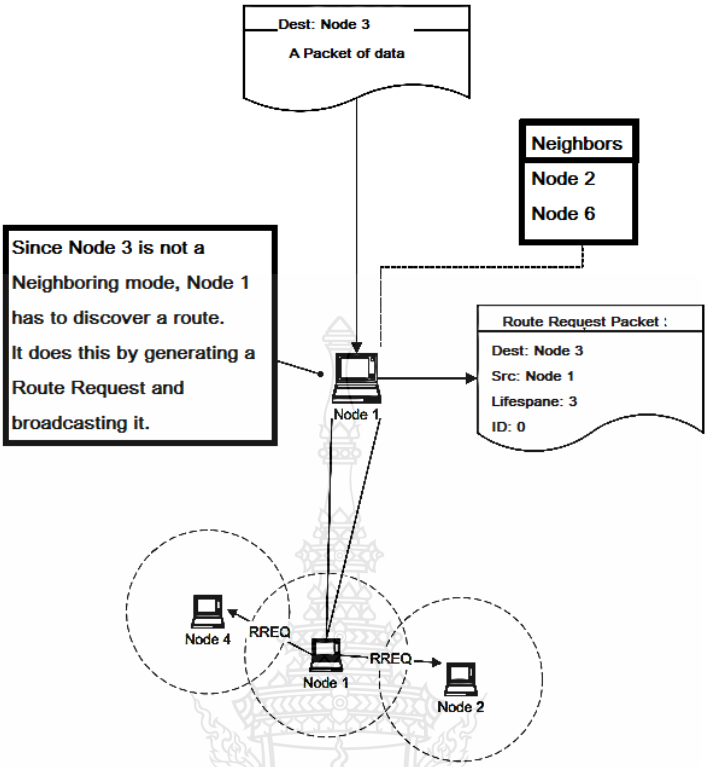
ภาพที่ 2.4 การค้นหาเส้นทางของโพรโตคอลเอโอดีวี [4]

ในภาพที่ 2.4 โหนดที่เราสามารถติดต่อได้โดยตรงนั้นเราจะเรียกว่าโหนดรอบข้าง โดยโหนดจะเก็บข้อมูลของโหนดรอบข้างเมื่อได้รับ HELLO ที่แต่ละโหนดจะทำการกระจายออกมาตามช่วงเวลาที่ได้ตั้งไว้ เมื่อมีโหนดใด ๆ ต้องการส่งข้อมูลไปยังโหนดอื่นที่ๆไม่ใช่โหนดรอบข้าง มันจะทำการกระจาย Route Request Message (RREQ) ซึ่งใน RREQ นี้จะประกอบไปด้วยคีย์บิตของข้อมูลหลายตัว เช่น ต้นทาง (Source) ปลายทาง (Destination) อายุ (Lifespan) ของข้อมูลและหมายเลขลำดับ (Sequence Number) ที่ไม่ซ้ำกัน



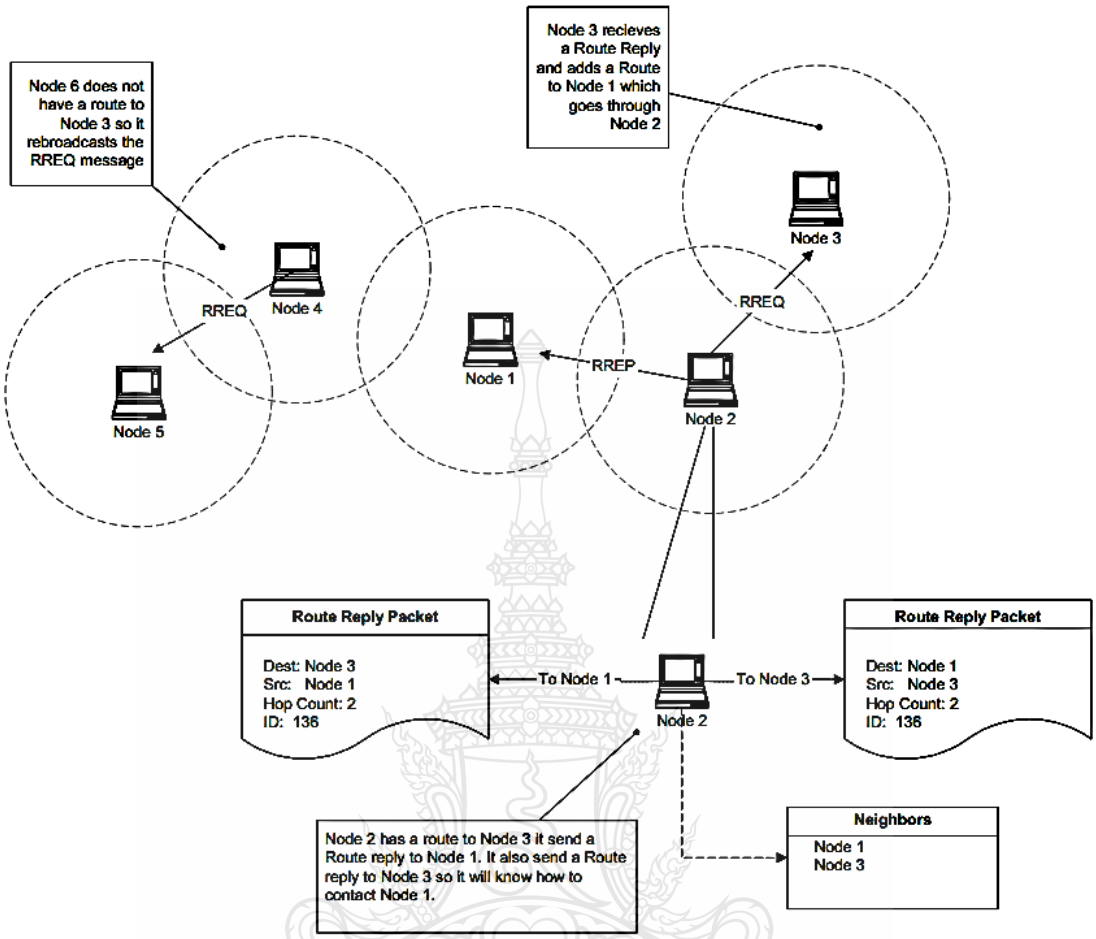
ภาพที่ 2.5 การตั้งขอบเขตให้กับโหนดต่าง ๆ ใน MANET [4]

ในภาพที่ 2.5 เป็นการตั้งค่าให้กับโหนด ใน MANET วงกลมที่เราเห็นอยู่นั้นจะแสดงขอบเขตการติดต่อสื่อสารของแต่ละโหนด และเพราะว่ามีการกำหนดขอบเขตการเชื่อมต่อทำให้แต่ละโหนดสามารถติดต่อกับโหนดที่อยู่ถัดจากตัวเองเท่านั้น



ภาพที่ 2.6 การทำงานของโพรโตคอลเอโอดีวี [4]

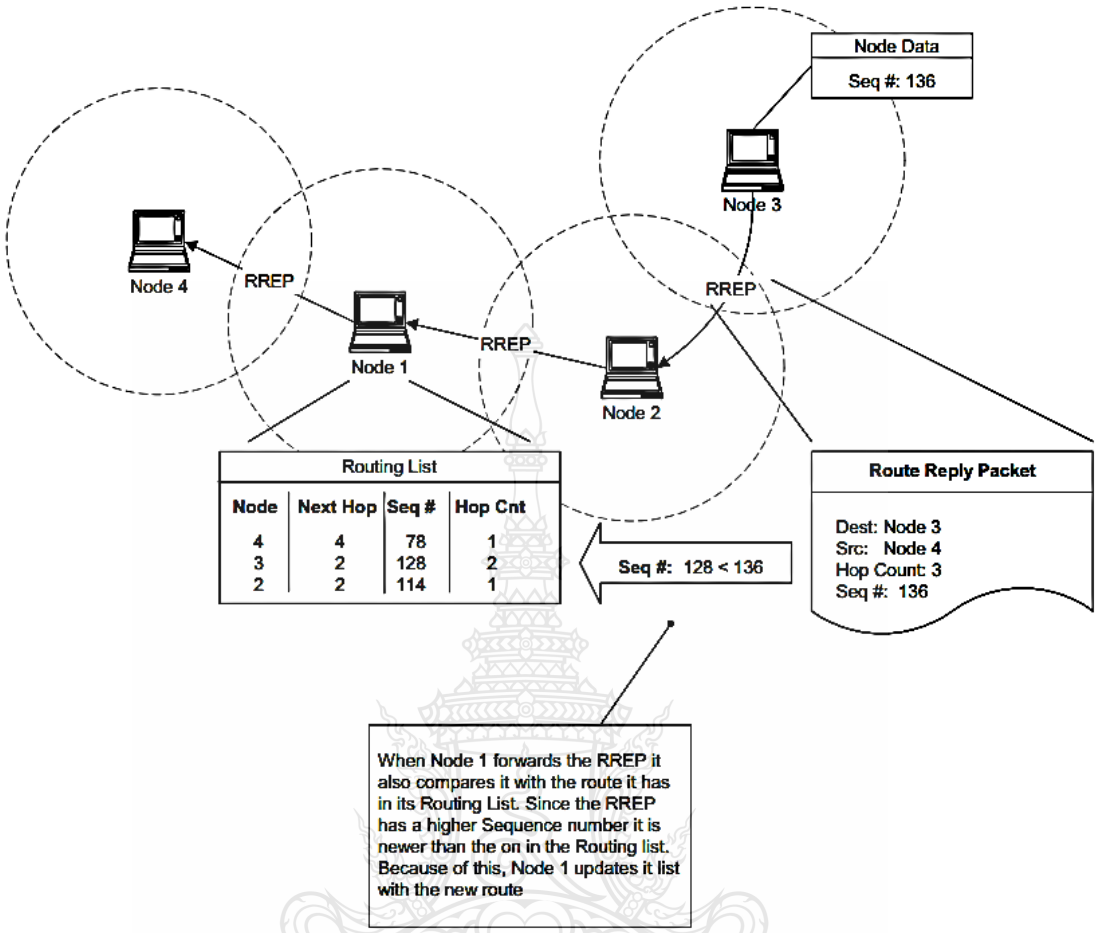
ในภาพที่ 2.6 โหนด 1 ต้องการจะส่งข้อมูลไปยังโหนด 3 โดยที่โหนด 1 มีโหนดรอบข้างคือโหนด 2 และ 4 ดังนั้นโหนด 1 จะไม่สามารถติดต่อกับโหนด 3 ได้ตรงๆ จึงต้องส่ง RREQ ไปที่โหนด 2 และโหนด 4 เมื่อโหนดรอบข้าง ของโหนด 1 ได้รับ RREQ จะมีสองเงื่อนไขคือถ้าโหนดเหล่านั้นรู้จักเส้นทางที่จะไปหาปลายทางหรือเป็นปลายทางเอง มันก็จะสามารถส่ง Route Reply (RREP) กลับมาที่โหนด 1 แต่ถ้าไม่ใช่กรณีดังกล่าว ก็จะต้องส่ง RREQ ออกไปยังโหนดรอบข้างของตน และถ้าเวลาของอายุหมดไป แต่โหนด 1 ยังไม่ได้รับ RREP ก็จะมีการส่ง RREQ ออกไปใหม่ โดยจะเพิ่มเวลาของอายุ และสร้าง ID ใหม่ขึ้นมาแนบออกไปด้วย โดยโหนดทั้งหมดจะใช้ Sequence Number ใน RREQ เพื่อตรวจสอบว่าเป็นการกระจายออกไปอีกหรือไม่



ภาพที่ 2.7 การทำงานของโพรโตคอลเอโอดีวี (ต่อ) [4]

ในภาพที่ 2.7 โหนด 2 มีเส้นทางที่จะไปที่โหนด 3 มันจะทำการตอบกลับ RREQ โดยการส่ง RREP ส่วนโหนด 4 ที่ไม่มีข้อมูลเส้นทางไปยังโหนด 3 ก็จะทำการกระจาย RREQ ออกไปอีก Sequence Number จะให้บริการคล้ายการระบุเวลา (Time Stamp) โดยยอมให้โหนดนำไปเปรียบเทียบว่าข้อมูลอันไหนของมันใหม่ที่สุด (Fresh) ซึ่งโดยทุกครั้งที่โหนดมีการส่งสัญญาณชนิดต่างๆออกไป มันก็จะทำการเพิ่มค่า Sequence Number ของตัวเอง แต่ละโหนดจะทำการบันทึก Sequence Number ของโหนดอื่นที่มันติดต่อด้วย Sequence Number ที่สูงกว่าจะแสดงเส้นทางที่ใหม่กว่า

ในภาพที่ 2.8 โหนด 1 ส่ง RREQ ไปยังโหนด 4 สังเกตจากเส้นทางใน RREP จะมี Sequence Number มากกว่าใน Routing List ดังนั้นโหนด 1 ก็จะทำการแทนที่ด้วยเส้นทางใหม่ที่อยู่ใน RREP



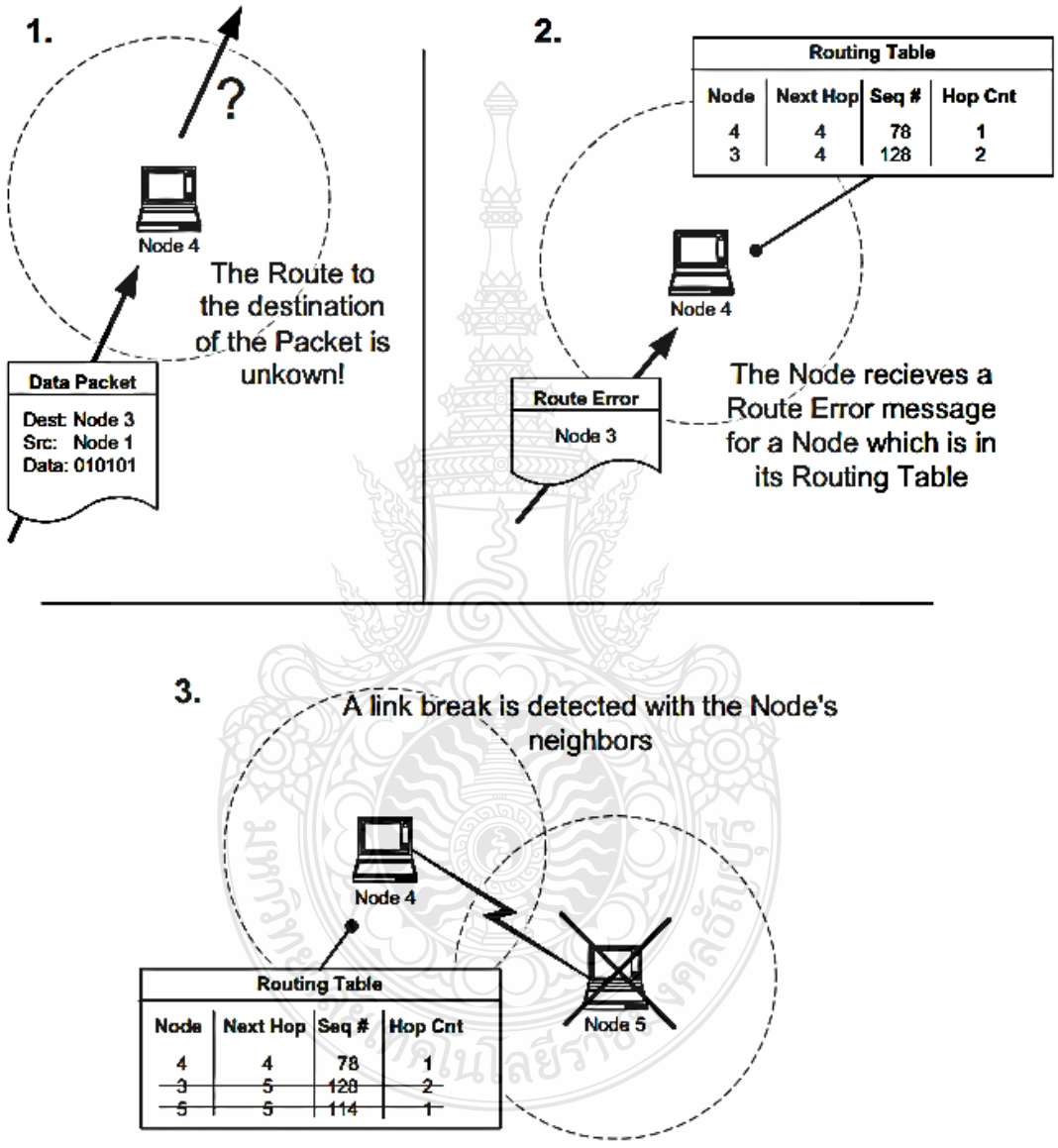
ภาพที่ 2.8 วิธีการใช้ Sequence Number [4]

ในภาพที่ 2.9 เป็นเหตุการณ์ที่โหนดจะส่ง RERR ให้กับโหนดรอบข้าง Route Error Message (RERR) ยอมให้โพรโตคอลโอโอดีวีปรับปรุงเส้นทางเมื่อโหนดมีการเคลื่อนย้าย เมื่อโหนดได้รับ RERR ก็จะไปพิจารณาที่ตารางเส้นทาง แล้วก็จะทำการเอาโหนดที่มีปัญหา (Bad Node) ออกไป

1) โหนดได้รับข้อมูลที่เชื่อว่าสามารถส่งให้ปลายทางได้เลยแต่ว่าที่จริงแล้วไม่สามารถทำได้เพราะว่าไม่รู้เส้นทางที่จะไปยังปลายทาง ปัญหาที่แท้จริงในข้อนี้ไม่ใช่ไม่รู้เส้นทางที่จะส่งไปแต่ปัญหาที่แท้จริงคือโหนดอื่นเข้าใจว่าโหนดนี้เป็นเส้นทางที่ถูกต้องในการส่งให้ปลายทางต้องส่งผ่านโหนดนี้

2) โหนดได้รับ RERR เนื่องจากโหนดอย่างน้อยหนึ่งตัวในเส้นทางใช้ไม่ได้ โดยโหนดที่ส่งมานั้นจะเป็นโหนดที่มีอยู่ในตารางเส้นทางของตัวมันเอง

3) โหนดตรวจพบว่าโหนดรอบข้าง ไม่สามารถติดต่อได้ เมื่อเกิดเหตุการณ์นี้ขึ้น โหนดจะทำการตรวจเช็คที่ตารางเส้นทาง ว่ามีการใช้โหนดรอบข้างนั้น ๆ เป็นโหนดถัดไปหรือไม่ ถ้ามีก็จะทำการกำหนดไว้ว่าเป็นไม่ถูกต้อง จากนั้นจะส่ง RERR ที่มีทั้งโหนดรอบข้าง และเส้นทางที่ไม่ถูกต้อง

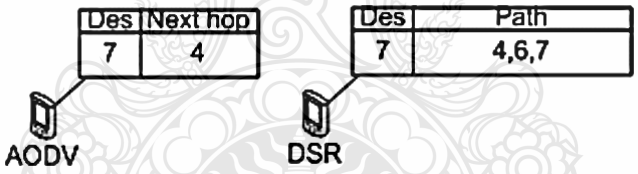


ภาพที่ 2.9 สาเหตุของการเกิด RERR [4]

สรุปคุณสมบัติของโพรโตคอลเอโอดีวีจะหาเฉพาะเส้นทางที่ต้องการเท่านั้น ใช้ Sequence Number ในการเก็บข้อมูลที่ถูกต้องที่สุด จะเก็บข้อมูลเฉพาะโหนดถัดไปของเส้นทางแทนการเก็บข้อมูลทั้งหมด และใช้ การส่ง HELLO เป็นช่วงๆ ในการหาโหนดรอบข้าง

2.5 ดีเอสอาร์ (Dynamic Source Routing: DSR)

โพรโตคอลดีเอสอาร์ เป็นโพรโตคอลการค้นหาเส้นทางแบบหนึ่งในโพรโตคอลที่มีลักษณะเป็น รีเอกทีฟ ลักษณะการทำงานคล้ายกับ โพรโตคอลเอโอดีวี คือจะทำการส่ง RREQ แพ็คเกจไปจุดข้างเคียงจนกว่าจะถึงปลายทาง ภาพที่ 2.10 แสดงลักษณะตารางเก็บค่าเส้นทางที่โหนดต้นทางต่างจากโพรโตคอลเอโอดีวี คือในส่วนของเส้นทางจากต้นทางไปยังโหนดปลายทางแทนที่จะมีแค่ค่าโหนดถัดไป (Next Hop) แต่จะบรรจุเส้นทาง (Path) ทั้งหมดไว้รวมกับข้อมูลในแพ็คเกจ หากโหนดต้นทางไม่มีเส้นทางไปยังโหนดปลายทาง จะทำกระบวนการหาเส้นทางเช่นเดียวกับโพรโตคอลเอโอดีวี เพียงแต่ต่างกันที่ RREQ จะสะสมรายละเอียดเส้นทางครบทุกโหนดไปยังจุดหมายและตอบกลับมาให้โหนดต้นทางทราบผ่าน RREP



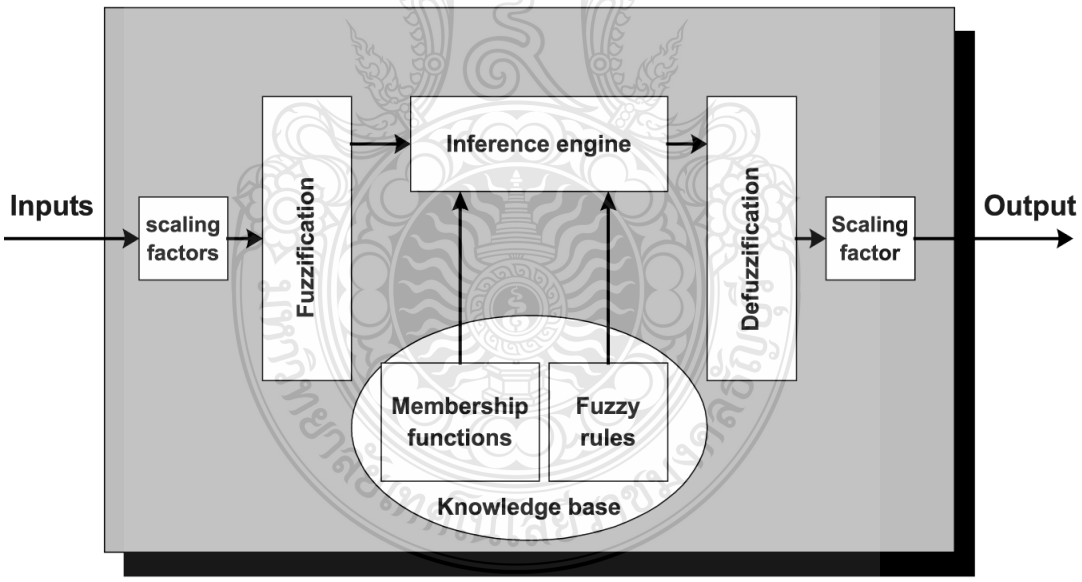
ภาพที่ 2.10 เปรียบเทียบลักษณะตารางเก็บค่าเส้นทางที่แตกต่างกัน [8]

2.6 ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic)

เป็นระบบด้านคอมพิวเตอร์ที่ทำงานโดยอาศัยตรรกศาสตร์คลุมเครือที่คิดค้นโดย L. A. Zadeh ในปี ค.ศ. 1965 ซึ่งเป็นผลงานวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก ตรรกศาสตร์คลุมเครือเป็นตรรกะที่อยู่บนพื้นฐานความเป็นจริงที่ว่า ทุกสิ่งบนโลกแห่งความเป็นจริงไม่ใช่มีเฉพาะสิ่งมีความแน่นอนเท่านั้น แต่มีหลายสิ่งหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่เที่ยงและไม่แน่นอน (Uncertain) อาจเป็นสิ่งที่คลุมเครือ (Fuzzy) ไม่ใช่ชัดเจน (Exact) ยกตัวอย่างเช่น เซตของอายุคน อาจแบ่งเป็น วัยทารก วัยเด็ก วัยรุ่น วัยกลางคน และวัยชรา จะเห็นได้ว่าในแต่ละช่วงอายุคนไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าวัยทารกกับวัย เด็กแยกจากกันแน่ชัดช่วงใด วัยทารกอาจถูกตีความว่าเป็นอายุระหว่าง 0 ถึง 1 ปี บางคนอาจ

ตีความว่าวัยทารกอยู่ในช่วงอายุ 0 ถึง 2 ปี ในทำนองเดียวกัน วัยเด็กและวัยรุ่น ก็ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าช่วงต่อของอายุควรจะอยู่ในช่วงใด อาจตีความว่าวัยเด็กมีอายุอยู่ในช่วง 1 ถึง 12 ปี หรืออาจเป็น 2 ถึง 10 ปี เป็นต้น สิ่งเหล่าเป็นตัวอย่างของความไม่แน่นอน ซึ่งเป็นลักษณะทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นทั่วไป เซตของเหตุการณ์ที่ไม่แน่นอนเช่นนี้เรียกว่าฟัซซี่เซต (Fuzzy Set)

จากแนวความคิดของ Zadeh เกี่ยวกับความไม่แน่นอนได้มีการขยายแนวคิดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ มากมายจนนับไม่ถ้วน ได้มีนักวิจัยได้คิดค้นทฤษฎีเสริมกับแนวคิดเดิมจนทำให้ฟัซซี่เซตโดดเด่นในวงการคอมพิวเตอร์ ถึงแม้ว่าฟัซซี่เซตจะนำเสนอจากคนอเมริกันแต่ประเทศอเมริกาก็ไม่ได้นำไปประยุกต์ใช้อย่างจริงจังในช่วงต้น ๆ แต่ประเทศญี่ปุ่นเล็งเห็นคุณค่าของศาสตร์ด้านนี้ได้เป็นผู้บุกเบิกฟัซซี่เซตทางการค้า โดยได้นำไปประยุกต์ใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้ามากมาย เช่น เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า หม้อหุงข้าว และอื่น ๆ อีกมากมาย ในยุคปัจจุบันประเทศสหรัฐอเมริกาได้ในความสำคัญกับศาสตร์นี้มากขึ้น โดยได้มีการทุ่มงบประมาณให้กับการวิจัยมากขึ้น และตรรกศาสตร์คลุมเครือถูกนำไปประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ มากมาย ตัวอย่างเช่น ในโครงการอวกาศ NASA และโครงการด้านการทหาร



ภาพที่ 2.11 องค์ประกอบของระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ

ภาพที่ 2.11 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี่ ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่แปลงการอินพุตทั่วไปเปลี่ยนเป็นการอินพุตแบบตัวแปรฟัซซี่

(Fuzzification) หรือในรูปแบบเซตฟัซซี่หรือเรียกว่าเป็นตัวแปรภาษา (Linguistic Variable) ฐานความรู้ (Knowledge Base) เป็นส่วนที่จัดเก็บรวบรวมข้อมูลในการควบคุมประกอบ 2 ส่วนคือ ฐานกฎ (Rule Base) และฐานข้อมูล (Database) ฐานกฎ (Rule Base) ส่วนของการกำหนดวิธีการควบคุม ซึ่งได้จากผู้เชี่ยวชาญในรูปแบบของชุดข้อมูลแบบกฎของภาษา (Linguistic Rule) ฐานข้อมูล (Database) เป็นการจัดเตรียมส่วนที่จำเป็นเพื่อที่จะใช้ในการกำหนดกฎการควบคุม และการจัดการข้อมูลของตรรกศาสตร์ฟัซซี่ เครื่องอนุมานหรือการตีความ (Inference Engine) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจสอบข้อเท็จจริงและกฎ เพื่อใช้ในการตีความหาเหตุผล เหมือนกลไกสำหรับควบคุมการใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งการกำหนดวิธีการของการตีความเพื่อหาคำตอบ ส่วนที่แปลงการเอาต์พุตให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (Defuzzification) เป็นการทำการแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบฟัซซี่ให้เป็นค่าที่สรุปผลหรือค่าการควบคุมระบบ

ขั้นตอนการประมวลผลแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือมีรูปแบบการทำงานเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 เป็นการแปลงการอินพุตแบบทวินัยเปลี่ยนเป็นการอินพุตแบบตัวแปรฟัซซี่ ขั้นตอนที่ 2 เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการอินพุตทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับเอาต์พุตที่อาศัยหลักการของการหาเหตุและผล ขั้นตอนที่ 3 เป็นการหาฟัซซี่เอาต์พุต โดยการนำกฎการควบคุมที่สร้างขึ้น ขั้นตอนที่ 4 เป็นขั้นตอนสุดท้ายหรือขั้นตอนการสรุปเหตุผลฟัซซี่ โดยจะเปลี่ยนฟัซซี่เอาต์พุตให้เป็นทวินัยเอาต์พุต

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการแปลงการอินพุตแบบทวินัยเปลี่ยนเป็นการอินพุตแบบตัวแปรฟัซซี่ โดยจะสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิก โดยไม่จำเป็นต้องมีลักษณะเดียวกัน ขึ้นกับคุณลักษณะของแต่ละการอินพุต (Input) และความสำคัญต่อการเอาต์พุต (Output) ที่น่าสนใจโดยฟังก์ชันจะมีลักษณะเป็นการกำหนดภาษาสามัญ เพื่อให้เป็นฟัซซี่การอินพุต

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการอินพุตทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับเอาต์พุตที่อาศัยหลักการของการหาเหตุและผล อาจจะสร้างการเก็บข้อมูล การคาดการณ์จากการตัดสินใจของมนุษย์ หรือค่าจากการทดลอง โดยเขียนเป็นกฎการควบคุมระบบ ซึ่งจะมีลักษณะอยู่ในรูปแบบ ถ้า (If) และ (And) หรือ (Or) ซึ่งเป็นภาษาสามัญ นำกฎทั้งหมดมาประมวลผลรวมกัน เพื่อการหาตัดสินใจที่เหมาะสม

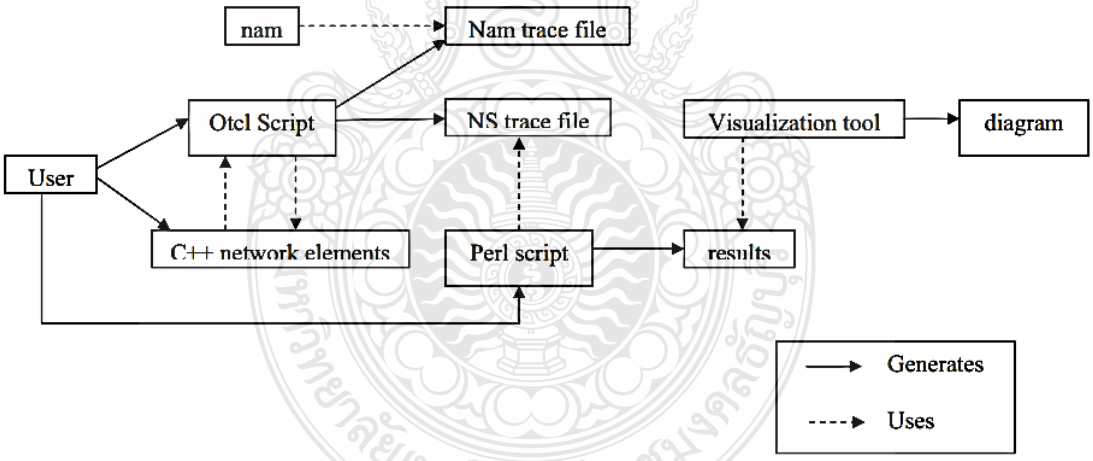
ขั้นตอนที่ 3 เป็นการหาฟัซซี่เอาต์พุต โดยการนำกฎการควบคุมที่สร้างขึ้น ในขั้นตอนที่ 2 มาประมวลผลกับฟัซซี่อินพุต โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำค่าที่ได้ประมวลผล วิธีการทำเป็นค่าคลุมเครือ (Fuzzification) วิธีการที่นิยมใช้ในการตีความหาเหตุผลเลือกใช้ Max-Min และ Max-Dot

ขั้นตอนที่ 4 เป็นขั้นตอนสุดท้ายหรือขั้นตอนการสรุปเหตุผลฟัซซี่ โดยจะเปลี่ยนฟัซซี่เอาต์พุตให้เป็นทวินัยเอาต์พุตและด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ เช่น วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity) เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการตัดสินใจเพื่อควบคุมระบบในสถานการณ์นั้นๆ

วิธีการทำค่าฟัซซี่ให้เป็นค่าปกติ (Defuzzification) วิธีการที่เป็นเทคนิคการเลือกค่าสูงสุดหรือสรุปหาเหตุผลจากหลายๆ เซตมาเพียงค่าเดียว ซึ่งเป็นการใช้ค่าสูงสุดของค่าระดับการเป็นสมาชิกจากการกระทำหลายๆ แบบ และเลือกกระทำเพียงรูปแบบเดียว วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity: COG) เป็นวิธีการเฉลี่ยผลที่ได้จากการตีความหาเหตุที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ค่าที่ได้จะคำนวณจุดศูนย์ถ่วงโดยรวมจะหาได้จากการประมาณค่าจากสมการ 2.1

$$COG=\frac{\sum_{i=1}^{N}\alpha_i\omega_i}{\sum_{i=1}^{N}\alpha_i} \qquad (2.1)$$

2.7 โปรแกรมจำลองการทำงานของระบบเครือข่าย (Network Simulator 2: NS-2)



ภาพที่ 2.12 องค์ประกอบในการวิจัยบน NS-2

NS-2 เป็น Open Source และสามารถที่จะทำงานบน Linux , FreeBSD, SunOS, Solaris, Windows ถูกพัฒนาขึ้นโดย ISI (Information Sciences Institute) NS-2 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายที่เป็นแบบดีอีเอส (Discrete Event Simulator: DES) ซึ่งสนับสนุนการจำลองการเลือกเส้นทางในการขนส่งข้อมูล จำลองการทำงานของโพรโตคอลแลลมัลติ

คลาส และโพรโตคอลอินเทอร์เน็ต เช่น ยูดีพีและทีซีพี ที่อยู่บนเครือข่ายประเภทที่ใช้สายและไร้สาย ซึ่ง NS-2 เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์มากทั้งยังสนับสนุนโพรโตคอลหลากหลาย และยังมีความสามารถในการแสดงรายละเอียดของการรับ-ส่งข้อมูลในระบบเน็ตเวิร์ค ออกมาในรูปแบบของกราฟฟิก รวมทั้งยังสนับสนุนอัลกอริทึมการค้นหาเส้นทาง และการจัดการลำดับการสื่อสารข้อมูล

จากภาพที่ 2.12 User จะสามารถสร้าง OTCL Script, C++ Network Elements และ Perl Script เพื่อที่จะนำมาใช้ในการออกแบบเพื่อจำลองการทำงานของเน็คเวิร์ค ซึ่ง User สร้าง C++ Network Elements ขึ้นมา เพื่อให้เป็น Object ที่อยู่ใน Library ที่สามารถจะเรียกใช้ได้ โดยเรียกใช้ผ่าน Command ของ OTCL Script ซึ่งจะมี OTCL Linkage เป็นตัวที่จะเรียก Object ใน Library ขึ้นมาใช้งาน เมื่อ OTCL Script ถูกประมวลผล OTCL Script จะสร้าง NAM Trace File และ NS Trace File ซึ่งตัว NAM Trace File ที่ได้นั้นจะถูกเรียกใช้โดย nam เพื่อที่จะนำไปประมวลผลแล้วแสดงผลออกมาในรูปกราฟฟิก ในส่วนของ Perl Script นั้นจะเรียกใช้ NS Trace File เพื่อนำ NS Trace File มากรองให้ได้ออกมาเป็นผลลัพธ์ที่จะถูกเรียกใช้โดย Visualization Tool เช่น Xgraph เพื่อที่จะนำมาใช้สร้างกราฟที่แสดงผลการจำลอง Network

ภาษาที่ใช้ใน NS-2 มีอยู่ 2 ภาษา เนื่องจาก NS-2 มีลักษณะการทำงาน 2 อย่างที่แตกต่างกัน ซึ่งงานส่วนแรกจะเป็นการจำลองรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับโพรโตคอล จึงจำเป็นต้องใช้ System Programming Language ซึ่งมีประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลที่มีหน่วยของขนาดข้อมูลเป็นไบต์ และสร้างอัลกอริทึมที่สามารถประมวลผลข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ได้ ซึ่งงานในส่วนนี้จะเน้น และให้ความสำคัญในเรื่องของ Runtime Speed ส่วนในเรื่องของ Turn-around Time (ค้นหา Bug Rerun และ Recompile) นั้น จะมีความสำคัญน้อยกว่า ส่วนงานในส่วนที่ 2 ส่วนใหญ่จะเป็นเรื่องของการทำวิจัยเกี่ยวกับเน็ตเวิร์ค ซึ่งจะต้องยุ่งเกี่ยวกับพวกค่าพารามิเตอร์หรือการทำปรับแต่ง ซึ่ง Iteration Time (Change the Model and Rerun) นั้นเป็นสิ่งสำคัญ เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นที่ NS-2 จะใช้ 2 ภาษาคือ C++ และ OTCL (Object Tool Command Language)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจด้วยเทคนิคการปรับอัตรากส่งข้อมูลแบบพลวัต [7] ประทีป ปรุงประเสริฐ และศักดิ์ชัย ทิพย์จักษุรัตน์ ได้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพของเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ โดยใช้วิธีการปรับอัตราการส่งข้อมูลของเครือข่าย โดยขึ้นกับการประมาณค่าคุณภาพของช่องสัญญาณ ที่ได้รับข้อมูลจากผู้รับข้อมูล และมีการนำข้อมูลการเกิดการการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูล ที่เกิดขึ้นในเครือข่าย มาพิจารณาถึงการปรับช่วงเวลาในการส่ง

ข้อมูลด้วย โดยวิธีการที่นำเสนอนี้ได้ทาการปรับปรุงประสิทธิภาพการทางานโดยอาศัยข้อมูลช่องสัญญาณจากชั้นกายภาพ และข้อมูลการเกิดการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลจากชั้นควบคุมการเข้าใช้งานช่องสัญญาณ เพื่อปรับเปลี่ยนอัตราการส่งข้อมูลและช่วงเวลาให้สอดคล้องกับสภาวะการทำงานของเครือข่าย โดยเราได้ทำการจำลองการทำงานของระบบโดยใช้โปรแกรม NS-2 เพื่อวัดประสิทธิภาพ ซึ่งจากผลการจำลองการทำงานพบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถเพิ่มประสิทธิการทำงานของเครือข่ายได้มากกว่าวิธีการมาตรฐานเดิม

งานวิจัยการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบในทอพอโลยีและโพรโตคอลการค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายไร้สายแบบเฉพาะกิจ [8] วาริส จันอิ และสกุณา เจริญปัญญาศักดิ์ ได้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพของเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ โดยที่ลักษณะเด่นของเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ คือ โหนดทุกโหนดในเครือข่ายสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ลักษณะของทอพอโลยีในเครือข่ายมีโครงสร้างที่ไม่แน่นอน รวมทั้งสามารถเปลี่ยนได้อยู่ตลอดเวลา จากคุณสมบัติของเครือข่ายดังกล่าว ทำให้เส้นทางการสื่อสารมีโอกาสที่จะขาดการติดต่อได้บ่อยครั้ง และเป็นผลให้เกิดการสูญหายของข้อมูลขึ้น งานวิจัยนี้ได้เสนอการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบการทำงานของโพรโตคอลค้นหาเส้นทางในกรณีที่เส้นทางหลักเกิดปัญหาขาดการติดต่อไปยังปลายทาง และเสนอทอพอโลยี ที่แสดงถึงผลกระทบต่อโพรโตคอลการค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายแบบเฉพาะกิจ โดยการจำลองการทำงานบน NS-2 โพรโตคอลการค้นหาเส้นทางที่นำมาเปรียบเทียบในการทดลองนี้ได้แก่ DSDV DSR และ AODV จากผลการทดสอบพบว่า เวลาที่ใช้ในการค้นหาเส้นทางใหม่ ในแต่ละโพรโตคอล จะขึ้นกับทอพอโลยีของเครือข่าย

งานวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพทีซีพีด้วยโพรโตคอลค้นหาเส้นทางแบบพิจารณาเส้นทางสำรองด้วยกลไกทางฟีดแบ็คสำหรับเครือข่ายไร้สายแอดฮอค [9] ธนวรรษ พานนิล และศักดิ์ชัย ทิพย์จักษุรัตน์ ได้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพของเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ โดยที่เครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้จะมีโครงสร้างของเครือข่ายที่มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างบ่อย เนื่องจากโหนดสามารถเคลื่อนที่ได้ตลอดเวลา ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของโพรโตคอลลดลง เนื่องจากโพรโตคอลทีซีพีถูกออกแบบมาบนเครือข่ายแบบมีสาย การสูญหายของข้อมูลหรือดีเลย์ที่เกิดขึ้น เกิดจากความแออัดของข้อมูลในเครือข่ายเพียงอย่างเดียว แต่ในเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้การสูญหายของข้อมูลอาจเกิดจากความผิดพลาดของข้อมูล จากการส่งหรือการสูญเสียเส้นทางในการส่งข้อมูล งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอเนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพของทีซีพีในเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ของโพรโตคอลค้นหาเส้นทางเอโอดีวี-บีอาร์ (Ad-hoc On-demand Distance Vector Backup Routing: AODV-BR) เราเรียกโพรโตคอลนี้ว่าโพรโตคอล

ค้นหาเส้นทางเอโอดีวี-บีอาร์-เอฟบี (Ad-hoc On-demand Distance Vector Backup Routing with Feedback Based Scheme: AODV-BR-FB) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้การจำลองการทำงานภายใต้สมมุติฐานเดียวกัน ด้วย NS-2 โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพในรูปแบบของการวัดปริมาณข้อมูลที่ถูกส่งจากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทางได้สำเร็จในหนึ่งหน่วยเวลา และดีเลย์การส่งข้อมูล จากผลการจำลองเห็นว่าโพรโตคอลค้นหาเส้นทาง AODV-BR-FB มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าในสภาพที่มีการส่งข้อมูลในปริมาณน้อย ส่วนในสภาพการส่งข้อมูลปริมาณมาก พบว่าประสิทธิภาพจะด้อยกว่า

งานวิจัย A Fuzzy Energy Based Extension to AODV Routing [10] M. Niazi Torshiz, H. Amintoosi และ A. Movaghar ได้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพของเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ โดยนำเอา Fuzzy Logic มาปรับปรุงโพรโตคอลค้นหาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ ด้วยการกำหนดตัวแปร Minimum Bandwidth, Hop Count และ Battery Life มาใช้ในการกำหนดการทำงานของ Fuzzy Logic แล้วใช้ Center of Gravity (COG) มากำหนดเอาท์พุทเพื่อไปควบคุมการทำงานของโพรโตคอลเอโอดีวี เส้นทางที่เลือกโดยธรรมดาการกำหนดเส้นทางโพรโตคอลเอโอดีวีไม่ได้เป็นเส้นทางที่ดีที่สุดเพราะโพรโตคอลเอโอดีวี เลือกเส้นทางแรกที่มีการค้นพบซึ่งไม่จำเป็นต้องดีที่สุด เส้นทางส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเครือข่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อโหลดสูง เส้นทางกินแบนด์วิดธ์มาก เมื่อเกิดความล่าช้าและเป็นมีแนวโน้มที่จะตัดการเชื่อมต่อพลังงานที่ใช้ของโพรโตคอลเอโอดีวี เป็นเทคนิคที่ตรวจสอบเส้นทางและพยายามที่จะเลือก เส้นทางที่เหมาะสมบนพื้นฐานของแบนด์วิดธ์น้อย จากแต่ละเส้นทาง วิธีที่เสนอตามการประเมินผลและเทียบกับวิธีการแบบเดิม จากการจำลองจะสรุปได้ว่าการเสนอ FE-AODV อัลกอริทึมที่มีการปรับปรุงการทำงานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานมากกว่าอัลกอริทึมพื้นฐาน

งานวิจัย Improvement of AODV Routing on MANETs Using Fuzzy Logic Systems [11] Taqwa Odey Fahad และ Prof. Abduladhim A. Ali ได้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพของเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ โดยนำเอาตรรกศาสตร์คลุมเครือ มาปรับปรุงโพรโตคอลค้นหาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ ด้วยการกำหนดตัวแปร Hop Count และ Delay มาใช้ในการกำหนดการทำงานของ Fuzzy Logic ทำการจำลองการทำงานบน OMNeT++ การนำเอา Hop Count มาผลมรวมกับ Delay แล้วนำมาใช้เป็นตัวเลือกการทำงานของโพรโตคอลเอโอดีวี เป็นเทคนิคที่ตรวจสอบเส้นทางและพยายามที่จะเลือก เส้นทางที่เหมาะสมบนพื้นฐานของ Delay น้อยและ Hop Count ที่ไม่มาก ตามการประเมินผลและเทียบกับวิธีการแบบเดิม จากการจำลองจะสรุปได้ว่าการเสนอ FAODV อัลกอริทึมที่มีการปรับปรุงการทำงานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานมากกว่าอัลกอริทึมพื้นฐาน

งานวิจัย Implementation of AODV Protocol with and without Fuzzy Logic for Reliable Multicast Routing in Ad-hoc Networks [12] R.Senthil Kumaran ได้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพของเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ โดยนำเอาตรรกศาสตร์คลุมเครือ มาปรับปรุงโพรโตคอลค้นหาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ ด้วยการกำหนดตัวแปร Hop Count, Sent Control Packet, Energy Minimum และLifetime และนำรูปแบบการส่งข้อมูลแบบ Multicast มาใช้ในการส่งข้อมูลหลายเส้นทางมาปรับปรุงการส่งข้อมูลของโพรโตคอลเอโอดีวีแบบเดิมที่มีเส้นทางแค่ทางเดียว จากการจำลองจะสรุปได้ว่าการเสนอ FMAR อัลกอริทึมที่มีการปรับปรุงการทำงานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานมากกว่าอัลกอริทึมพื้นฐาน

งานวิจัย A Reliable Routing Algorithm in MANET Using Fuzzy Logic [13] B. Vamsee Mohan, V. V. Sunil Kumar และ J. Vamsi Nath ได้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพของเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ โดยนำเอาตรรกศาสตร์คลุมเครือ มาปรับปรุงโพรโตคอลค้นหาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ ด้วยการกำหนดตัวแปร Trust Value, Energy Value และ Reliability Value มาใช้ในการเลือกส่งข้อมูลจากความน่าเชื่อถือของเส้นทาง จากการจำลองจะสรุปได้ว่าการเสนอ RRAF อัลกอริทึมที่มีการปรับปรุงการทำงานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานมากกว่าอัลกอริทึมพื้นฐาน

งานวิจัย Fuzzy Logic Applied to Decision Making in Wireless Sensor Networks [14] Antonio M. Ortiz และ Teresa Olivares ได้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพของเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ โดยนำเอาตรรกศาสตร์คลุมเครือ มาปรับปรุงโพรโตคอลค้นหาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ ด้วยการกำหนดตัวแปร Hop Count, Battery Level และ RSSI เป็นเทคนิคที่ตรวจสอบเส้นทางและพยายามที่จะเลือก เส้นทางที่เหมาะสมบนพื้นฐานของ Power Consume น้อยและ Hop Count ที่ไม่มาก ตามการประเมินผลและเทียบกับวิธีการแบบเดิม AODV-FL อัลกอริทึมที่มีการปรับปรุงการทำงานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานมากกว่าอัลกอริทึมพื้นฐาน

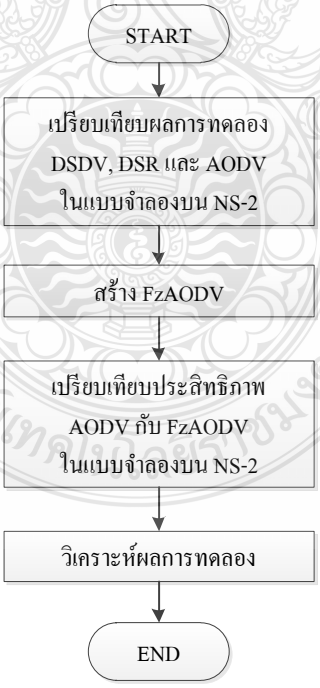
งานวิจัย Routing for Wireless Mesh Networks with Multiple Constraints Using Fuzzy Logic [15] Mala Chelliah, Siddhartha Sankaran, Shishir Prasad, Nagamaputhur Gopalan และ Balasubramanian Sivaselvan ได้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพของเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ โดยนำเอาตรรกศาสตร์คลุมเครือ มาปรับปรุงโพรโตคอลค้นหาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ ด้วยการกำหนดตัวแปร Buffer Occupancy, Node Residual Energy และ Hop Count เป็นเทคนิคที่ตรวจสอบเส้นทางและพยายามที่จะเลือก เส้นทางที่เหมาะสมบน

พื้นฐานของ Overhead น้อยที่สุดและ Throughput มากที่สุด ตามการประเมินผลและเทียบกับวิธีการแบบเดิม อัลกอริทึมที่มีการปรับปรุงการทำงานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานมากกว่าอัลกอริทึมพื้นฐาน

งานวิจัย Fuzzy Logic Based Intrusion Detection System Against Blackhole Attack on AODV in MANET [16] Kulbhushan และ Jagpreet Singh ได้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพของเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ โดยนำเอาตรรกศาสตร์คลุมเครือ มาปรับปรุงโพรโตคอลค้นหาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ ด้วยการกำหนดตัวแปร Forward Packet Ratio, Average Destination Sequence Number และ Fidelity Level เป็นเทคนิคที่ตรวจสอบเส้นทางและพยายามที่จะเลือก เส้นทางที่เหมาะสมบนพื้นฐานของตัดโหนดที่เป็น Blackhole ตามการประเมินผลและเทียบกับวิธีการแบบเดิม อัลกอริทึมที่มีการปรับปรุงการทำงานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานมากกว่าอัลกอริทึมพื้นฐาน

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

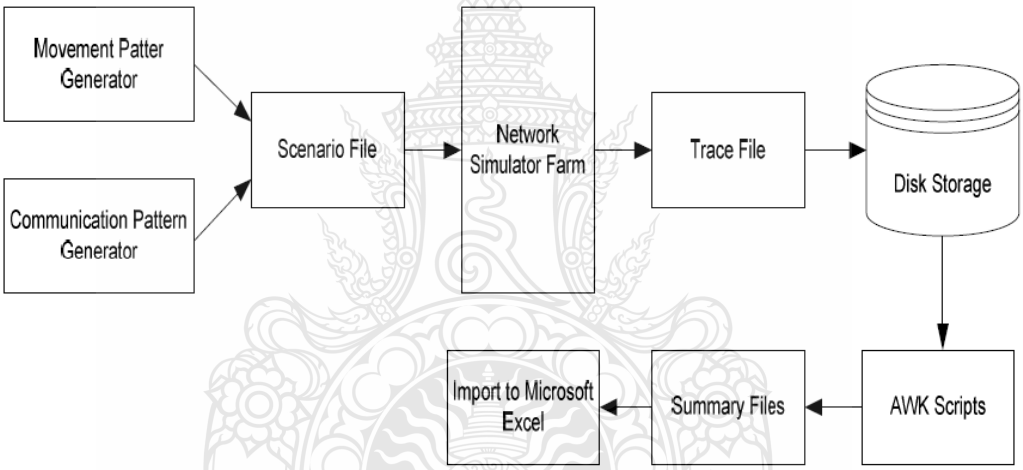
ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของวิธีการและขั้นตอนต่างๆ ที่ได้ดำเนินการในงานวิจัยของวิทยานิพนธ์นี้ โดยจะแบ่งส่วนของขั้นตอนหลักๆ ได้แก่ ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโพรโตคอลค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ ศึกษาการออกแบบโพรโตคอลค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ ศึกษาการเพิ่มตรรกศาสตร์คลุมเครือมาประยุกต์ใช้กับโพรโตคอลค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ ศึกษาการใช้งานโปรแกรม NS-2 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลอง ทำการสร้างแบบจำลองบน NS-2 ทดสอบการทำงาน DSDV, DSR และ AODV เปรียบเทียบประสิทธิภาพ DSDV, DSR และ AODV ทำการปรับปรุงโพรโตคอลค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้บน NS-2 ตั้งชื่อให้ว่า FzAODV ทดสอบการทำงาน AODV กับ FzAODV เปรียบเทียบประสิทธิภาพ AODV กับ FzAODV วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองของการเพิ่มตรรกศาสตร์คลุมเครือบนแบบจำลอง และสรุปผลการวิจัย



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 การใช้ NS-2 ในการจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้

การทดสอบจะใช้การจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ บน NS-2 โดยมีการกำหนดสภาพแวดล้อมด้วยพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ จำนวนโหนด 100 โหนดเคลื่อนที่แบบ Random Waypoint บนพื้นที่ขนาด 1,000x1,000 ตารางเมตร แต่ละโหนดมีขอบเขตของกำลังส่งประมาณ 250 เมตร ช่องสัญญาณมีแบนด์วิดท์ 2 เมกะบิต การเคลื่อนที่ของโหนดที่ความเร็ว 10, 20, 30, 40, 50 เมตรต่อวินาที การส่งข้อมูลจะใช้การส่งแบบขนาดคงที่ 512 ไบต์ อัตราการส่งที่ 100 แพ็กเก็ตต่อวินาที จากโหนดต้นทางจำนวน 20 โหนด เวลาในการจำลอง 1,500 วินาที ทำการทดลองทั้งหมด 5 รอบ แล้วเฉลี่ยผลมาวาดกราฟอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล และการหน่วงเวลาตลอดเส้นทาง



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการจำลองการทำงานระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้

ภาพที่ 3.2 เป็นขั้นตอนการจำลองการทำงานระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้บน NS-2 โดยมีขั้นตอนต่อไปนี้

1) สร้าง Communication Pattern โดยใช้คำสั่ง cbrgen.tcl ใน NS-2 สร้าง Traffic Model ดังสมการที่ 3.1 จะได้ไฟล์ cbr-10-test ซึ่งมีข้อมูลตามภาพที่ 3.3 เพื่อให้ได้รูปแบบ Traffic Models บนสภาพแวดล้อมที่กำหนดในการจำลองการทำงานระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ตามที่เราต้องการ จะทำการเขียน Shell Script สร้างไฟล์ Traffic Models ดังภาพที่ 3.4 โดยที่พารามิเตอร์ type เป็นส่วนที่ให้เลือกว่า Communication Pattern ที่เราต้องการ จะให้มีการส่งข้อมูลใน

รูปแบบใด การส่งแบบขนาดคงที่ (Constant Bit Rate: CBR) คือส่งเรื่อยๆ ไม่ว่าตัวรับจะส่ง ACK กลับมาหรือไม่ โหนดต้นทางก็จะยังคงส่งข้อมูลไปเรื่อยๆ ตามช่วงเวลาที่กำหนด ส่วนพารามิเตอร์ nn เป็นส่วนที่ใช้กำหนดว่าจะมีจำนวนโหนดทั้งหมดกี่โหนด ส่วนพารามิเตอร์ seed เป็นส่วนที่ใช้ในการสุ่มการทำงานของโหนด ลองเปลี่ยนค่านี้ไปเรื่อยๆ เพื่อให้การสุ่มนั้นไม่เหมือนกัน ส่วนพารามิเตอร์ mc เป็นการกำหนดว่าจะให้สร้างทั้งหมดกี่การเชื่อมต่อเพื่อใช้เป็นโหนดส่งข้อมูล ส่วนพารามิเตอร์ rate เป็นการกำหนดว่าจะให้ทำ การส่งแพ็กเก็ตกี่แพ็กเก็ตในหนึ่งวินาที โดยจะนำค่านี้ไปคำนวณออกมาเป็นเวลาในไฟล์เอาต์พุต

ns cbrgen.tcl -type cbr -nn 10 -seed 1.0 -mc 8 -rate 4.0 > cbr-10-test (3.1)

```
set udp_(0) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(2) $udp_(0)
set null_(0) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(3) $null_(0)
set cbr_(0) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(0) set packetSize_ 512
$cbr_(0) set interval_ 0.25
$cbr_(0) set maxpkts_ 10000
$ns_ connect $udp_(0) $null_(0)
$ns_ at 82.557023746220864 "$cbr_(0) start"
```

ภาพที่ 3.3 ไฟล์ cbr-10-test ที่ได้จากการทำงานในสมการที่ 3.1

```
#!/bin/bash
dest_dir="traffic"
script_file="/ns/ns-allinone-2.28/ns-2.28/indep-utils/cmu-scen-gen/cbrgen.tcl"
for i in 5 10 15 20
do
    ns $script_file -type cbr -nn 25 -seed 1 -mc $i -rate 8.0 > $dest_dir/cbr-25-$i
done
```

ภาพที่ 3.4 Shell Script สร้างไฟล์ Traffic Models

2) สร้าง Movement Pattern โดยใช้คำสั่ง setdest ใน NS-2 สร้าง Mobility Models ดังสมการที่ 3.2 จะได้ไฟล์ scen-20-test ซึ่งมีข้อมูลตามภาพที่ 3.5 เพื่อให้ได้รูปแบบ Mobility Models บนสภาพแวดล้อมที่กำหนดในการจำลองการทำงานระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ตามที่เราต้องการ จะทำการเขียน Shell Script สร้างไฟล์ Mobility Models ดังภาพที่ 3.6 โดยที่พารามิเตอร์ n เป็นส่วนที่ใช้กำหนดว่าจะมีจำนวนโหนดทั้งหมดกี่โหนดในการเคลื่อนที่ ส่วนพารามิเตอร์ p เป็นส่วนที่ใช้กำหนดระยะเวลาในการหยุดก่อนจะเคลื่อนที่ใหม่ของแต่ละโหนดมีหน่วยเป็นวินาที ส่วนพารามิเตอร์ s เป็นส่วนที่ใช้กำหนดอัตราในการส่งข้อมูลของแต่ละโหนดมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที ส่วนพารามิเตอร์ t เป็นส่วนที่ใช้กำหนดเวลาจำลองการทำงานมีหน่วยเป็นวินาที ส่วนพารามิเตอร์ x และ y เป็นส่วนที่ใช้กำหนดพื้นที่จำลองการทำงานมีหน่วยเป็นเมตร เพื่อให้ได้รูปแบบ Mobility Models บนสภาพแวดล้อมที่กำหนดในการจำลองการทำงานระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ตามที่เราต้องการ

setdest -n 20 -p 2.0 -s 10.0 -t 200 -x 500 -y 500 > scen-20-test (3.2)

```
$ns_ at 2.000000000000 "$node_(0) setdest 90.441179033457 44.896095544010 1.373556960010"
```

ภาพที่ 3.5 ไฟล์ scen-20-test ที่ได้จากการทำงานในสมการที่ 3.2

```
#!/bin/bash
dest_dir="movement"
setdest_loc="/ns/ns-allinone-2.28/ns-2.28/indep-utils/cmu-scen-gen/setdest/setdest";
for i in 0 10 20 40 100
do
    $setdest_loc -v 1 -n 25 -p $i -M 20 -t 100 -x 500 -y 500 > $dest_dir/scen-25-$i
done
```

ภาพที่ 3.6 Shell Script สร้างไฟล์ Mobility Models

3) สร้าง OTCL Script เพื่อจำลองการทำงานระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ เริ่มจากการกำหนดในส่วนของ Physical Layer ที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูล รายละเอียดดังภาพที่ 3.7

ซึ่งเราสามารถกำหนดโพรโตคอลค้นหาเส้นทางที่จะทำการทดสอบได้ในส่วนของคำสั่ง set opt(adhocRouting) DSR หรือคำสั่ง $ns_ node-config -adhocRouting AODV

```
set opt(chan)           Channel/WirelessChannel
set opt(prop)           Propagation/TwoRayGround
set opt(netif)          Phy/WirelessPhy
set opt(mac)            Mac/802_11
set opt(ifq)    CMUPriQueue
set opt(ll)             LL
set opt(ant)            Antenna/OmniAntenna
set opt(x)              500                 ;# X dimension of the topography
set opt(y)              500                 ;# Y dimension of the topography
set opt(tr)             dsr-25-0-5.tr       ;# trace file
set opt(adhocRouting) DSR
set opt(nn)             25                  ;# how many nodes are simulated
set opt(scen)           "movement/scen-25-0"
set opt(tfc)    "traffic/cbr-25-5"
set opt(stop)           100.0                       ;# simulation time
```

ภาพที่ 3.7 OTCL Script เพื่อจำลองการทำงานในส่วนของ Physical Layer

4) กำหนดรูปแบบของโหนด โดยการนำเอา Physical Layer มาใส่ลงบนโหนด โดยใช้ node-config ใน NS-2 ดังภาพที่ 3.8

```
$ns_ node-config -adhocRouting $opt(adhocRouting) -llType $opt(ll) -macType $opt(mac) \
        -ifqType $opt(ifq) -ifqLen $opt(ifqlen) -antType $opt(ant) -propType $opt(prop) \
        -phyType $opt(netif)    -channelType $opt(chan) -topoInstance $wtopo \
        -agentTrace ON -routerTrace ON -macTrace OFF
```

ภาพที่ 3.8 การกำหนดรูปแบบของโหนดที่จะใช้ในแบบจำลอง

5) สร้างแบบจำลองระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ โดยการนำเอาโหนดมาติดตั้งและนำเอา Communication Pattern และ Movement Pattern มากำหนดการทำงานของโหนดต่างๆ ในแบบจำลอง ดังภาพที่ 3.9

```
#Create the specified number of nodes [$opt(nn)] and "attach" them to the channel.
for {set i 0} {$i < $opt(nn) } {incr i} {
    set node_($i) [$ns_ node]
    $node_($i) random-motion 0              ;# disable random motion
}
# Define node movement model
puts "Loading connection pattern..."
source $opt(scen)
# Define traffic model
puts "Loading traffic file..."
source $opt(tfc)
for {set i 0} {$i < $opt(nn)} {incr i} {
    $ns_ initial_node_pos $node_($i) 20
}
```

ภาพที่ 3.9 การกำหนดการทำงานของโหนดในแบบจำลอง

6) ผลลัพธ์ที่ได้จาก NS-2 (Trace File) เป็นดังภาพที่ 3.10 ซึ่งการคำนวณหา CBR PKtSent by CBR Sources โดยใช้ AWK Script ทำดังภาพที่ 3.11 และการคำนวณหา CBR PKtRcvd by CBR Sinks โดยใช้ AWK Script ทำดังภาพที่ 3.12

```
s -t 0.267662078 -Hs 0 -Hd -1 -Ni 0 -Nx 5.00 -Ny 2.00 -Nz 0.00 –Ne -1.000000 -Nl RTR -Nw --- -
Ma 0 -Md 0 -Ms 0 -Mt 0 –Ii 20 -Is 0.255 -Id -1.255 –It
```

ภาพที่ 3.10 Trace File ที่ได้จากการจำลองการทำงานระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้

```
/^s *- Nl AGT.*-Is (\d{1,3})\.\d{1,3} -Id (\d{1,3})\.\d{1,3}.*-It cbr.*-Ii (\d{1,6})/
```

ภาพที่ 3.11 การคำนวณหา CBR PKtSent by CBR Sources โดยใช้ AWK Script

```
/^r -t (\d{1,3}\.\d{9}).*-Nl AGT.*-Is (\d{1,3})\.\d{1,3} -Id (\d{1,3})\.\d{1,3}.*-It cbr.*-Ii (\d{1,6})/
```

ภาพที่ 3.12 การคำนวณหา CBR PKtRcvd by CBR Sinks โดยใช้ AWK Script

7) คำนวณหาอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล (Packet Delivery Ratio: PDR) คือ จำนวนแพ็คเก็ตข้อมูลทั้งหมดที่ได้รับที่ปลายทางสำเร็จต่อจำนวนรวมของแพ็กเก็ตส่งระหว่างการจำลอง ประสิทธิภาพตัวชี้วัดนี้ เป็นตัวบ่งชี้ที่มีประโยชน์มากสำหรับประสิทธิภาพของโพรโตคอลเส้นทางเช่น DSR และ AODV สูตรที่เราใช้สำหรับการคำนวณคือสมการที่ 3.3

$$\text{Packet Delivery Ratio}\left(\text{PDR}\right)=\left(\frac{\sum_{i=1}^{N}\text{CBR PKtRcvd by CBR Sinks}}{\sum_{i=1}^{N}\text{CBR PKtSent by CBR Sources}}\right)*100 \qquad (3.3)$$

8) การคำนวณหาอัตราการดีเลย์ (End-to-End Delay: E2ED) จะใช้ id (Ii) ของ trace level (AGT) และ type (cbr) แล้วนำมาคำนวณหา CBRsentTime และ CBRrecvTime และเอาของทุกแพ็คเก็ตมาหาค่าเฉลี่ย สูตรที่เราใช้สำหรับการคำนวณคือสมการที่ 3.4

$$\text{End to End Delay(E2ED)}=\frac{\sum_{i=1}^{N}(\text{CBRsentTime}-\text{CBRrecvTime})}{\sum_{i=1}^{N}\text{CBRrec}} \qquad (3.4)$$

9) เพื่อให้ได้การคำนวณหาอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล (Packet Delivery Ratio: PDR) และอัตราการดีเลย์ (End to End Delay: E2ED) บนสภาพแวดล้อมที่กำหนดในการจำลองการทำงานระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ตามที่เราต้องการ จะทำการเขียน Shell Script ดังภาพที่ 3.13

```
#!/bin/bash
for i in 5 10 15 20;
do
    for j in 0 10 20 40 100
    do
        ns compare.tcl -scen movement/scen-25-$j -tfc traffic/cbr-25-$i -tr temptr -rpr 2;
        sent=`grep "^s.*\-Nl AGT.*\-It cbr.*" temptr | wc -l`;
        echo "$j $i $sent" >> aodv-sent;
        recv=`grep "^r.*\-Nl AGT.*\-It cbr.*" temptr | wc -l`;
        echo "$j $i $recv">> aodv-recv;
        route_pkts=`grep "^\(s\|f\).*\-Nl RTR.*\-It \(AODV\|message\).*" temptr | wc -l`;
        echo "$j $i $route_pkts" >> aodv-route_pkts;
    done
done
```

ภาพที่ 3.13 Shell Script การคำนวณหา PDR และ E2ED ในสภาพแวดล้อมที่กำหนด

3.2 ออกแบบโพรโตคอลค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้

ในหัวข้อนี้ได้ทำการศึกษาและออกแบบโพรโตคอลค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ จากการทบทวนวรรณกรรมและการสืบค้นข้อมูลมีหลายงานวิจัยนำเสนอวิธีการนำเอาตรรกศาสตร์คลุมเครือมาช่วยในการตัดสินใจในกระบวนการทำงานต่าง ๆ ของเอโอดีวี เพื่อขจัดปัญหาที่ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบลดลง ซึ่งจำเป็นต้องนำตรรกศาสตร์คลุมเครือมาใช้งานในทุก ๆ กระบวนการถึงจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบได้มากที่สุด ดังนั้นเงื่อนไขของตรรกศาสตร์คลุมเครือต้องครอบคลุมในหลายส่วน เพื่อให้มีความหลากหลายในการตัดสินในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

ปกติในการเลือกเส้นทางเอโอดีวีจะดูจากจำนวนเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงอย่างเดียว ดังนั้นเพื่อให้การทำงานของตรรกศาสตร์คลุมเครือหลากหลายจะมีการเพิ่มข้อมูลของโหนดเข้าไป เช่น อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เวลาเฉลี่ยในการส่งข้อมูล RREQ พลังงานของแหล่งจ่าย และกำลังส่งแต่ละโหนด เพื่อใช้เลือกเส้นทางที่มีปัญหาน้อยที่สุดและจะได้มีเส้นทางสำรองเกิดขึ้นในคราวเดียวกันด้วย

ตารางที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ของอินพุตกับเอาต์พุตของตรรกศาสตร์คลุมเครือที่นำเสนอ จะกำหนดอินพุตจำนวน 5 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนระยะทาง (Hop) ความแรงของกำลังส่ง (Signal) ระดับพลังงานของแหล่งจ่ายไฟ (Batt) เวลาเฉลี่ยในการส่งข้อมูล RREQ (Time) และ อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล (Ratio) ซึ่งในแต่ละตัวแปรจะมีค่าอยู่ 3 ระดับ คือ สูง (High) ปานกลาง (Medium) และต่ำ (Low) และค่าและกำหนดเอาพุตจำนวน 3 ตัวแปร ได้แก่ อัตราการส่งข้อมูล (Rate) ช่วงเวลาการหยุดรอ (Backoff) และความน่าเชื่อถือของแต่ละเส้นทาง (Reliable) ซึ่งในแต่ละตัวแปรจะมีค่อยู่ 5 ระดับ คือ สูงมาก (Very High) สูง (High) ปานกลาง (Medium) ต่ำ (Low) และต่ำมาก (Very Low)

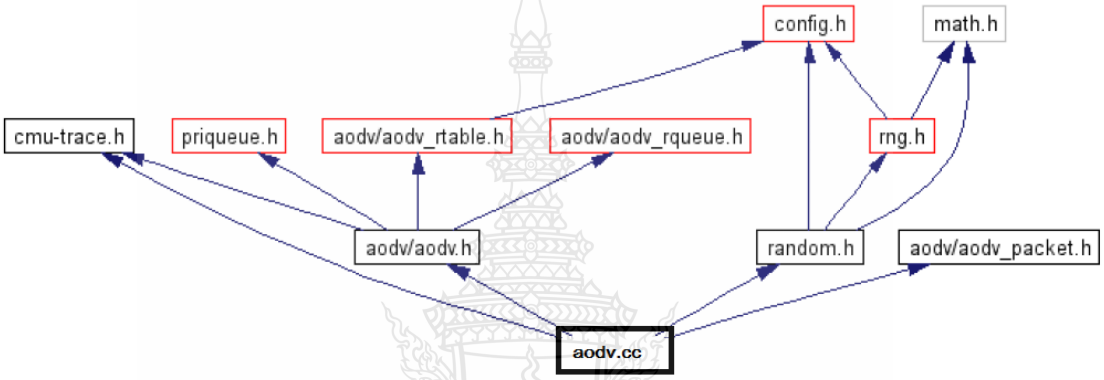
โดยอินพุตจะกำหนดค่าความแรงของกำลังส่ง ระดับพลังงานของแหล่งจ่ายไฟ อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล ดังนี้ ค่าต่ำคือตั้งแต่ร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 33 ค่าปานกลางคือตั้งแต่ร้อยละ 33 ถึงร้อยละ 66 และค่าสูงคือร้อยละ 66 ถึงร้อยละ 100 ส่วนจำนวนระยะทาง จะกำหนดดังนี้ ค่าต่ำคือตั้งแต่ 0 ถึง 2 ค่าปานกลางคือตั้งแต่ 2 ถึง 5 และค่าสูงคือ 5 ถึง 10 ส่วนเวลาเฉลี่ยในการส่งข้อมูล RREQ จะกำหนดดังนี้ ค่าต่ำคือตั้งแต่ 0 ถึง 1 มิลลิวินาที ค่าปานกลางคือตั้งแต่ 1 ถึง 3 มิลลิวินาที และค่าสูงคือ 3 ถึง 5 มิลลิวินาที

โดยเอาต์พุตจะกำหนดค่าอัตราการส่งข้อมูล ดังนี้คือ ค่าต่ำมากคือ 2 แพ็กเก็ตต่อวินาที ค่าต่ำคือ 5 แพ็กเก็ตต่อวินาที ค่าปานกลางคือ 10 แพ็กเก็ตต่อวินาที ค่าสูงคือ 20 แพ็กเก็ตต่อวินาที และค่าสูงมากคือ 50 แพ็กเก็ตต่อวินาที ส่วนช่วงเวลาการหยุดรอ ค่าต่ำมากคือ 1 วินาที ค่าต่ำคือ 3 วินาที ค่าปานกลางคือ 5 วินาที ค่าสูงคือ 10 วินาที และค่าสูงมากคือ 20 วินาที ส่วนความน่าเชื่อถือของแต่ละเส้นทาง ค่าต่ำมากคือร้อยละ 0 ค่าต่ำคือร้อยละ 25 ค่าปานกลางคือร้อยละ 50 ค่าสูงคือร้อยละ 75 และค่าสูงมากคือร้อยละ 100

ตารางที่ 3.1 การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตของตรรกศาสตร์คลุมเครือ

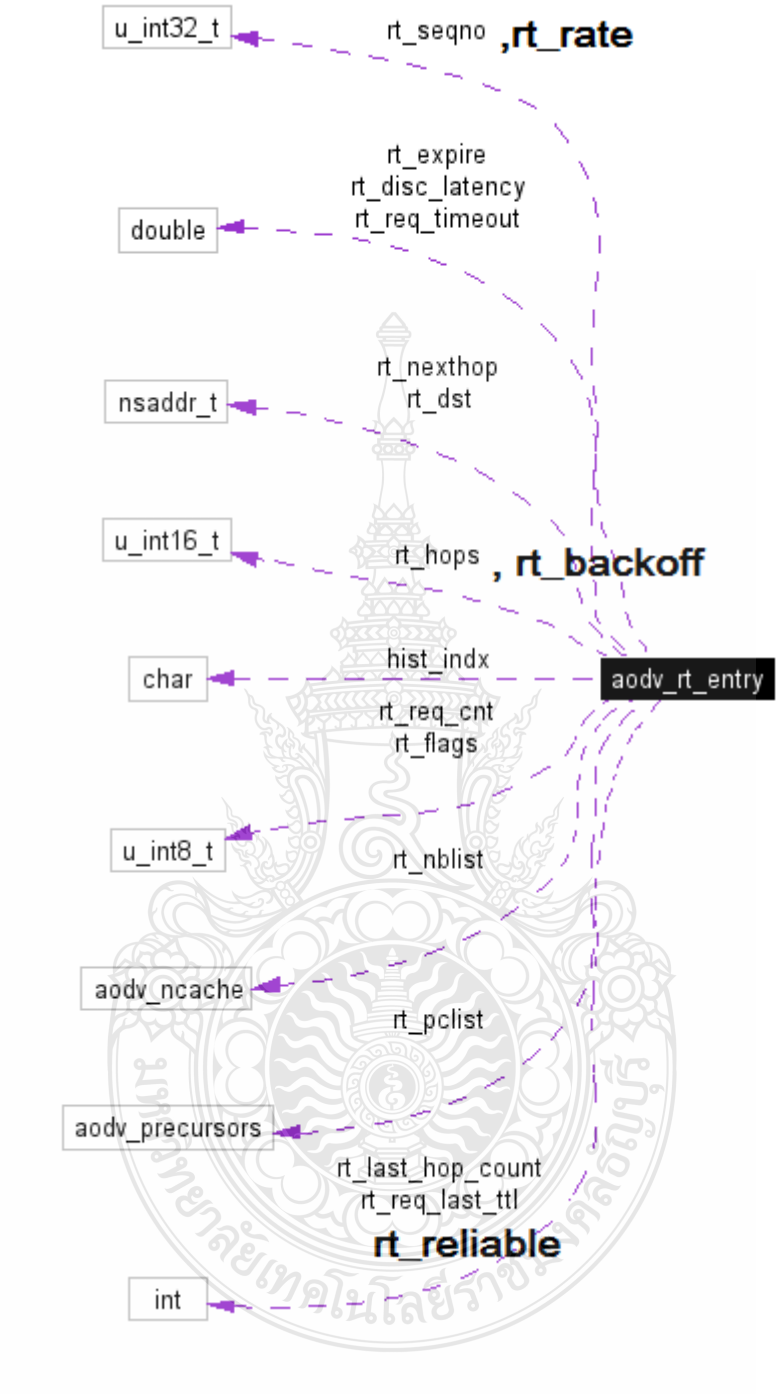
Input					**Output**		
Hop	**Batt**	**Signal**	**Ratio**	**Time**	**Rate**	**Backoff**	**Reliable**
Low	High	High	High	Low	Very High	Very Low	Very High
High	High	High	High	High	Low	High	High
High	High	High	High	Low	High	High	High
Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
Low	Low	Low	Low	High	Low	High	Low
Low	Low	Low	Low	Low	Medium	Medium	Low
High	Low	Low	Low	High	Very Low	Very High	Very Low

สำหรับโพรโตคอลค้นหาเส้นทางที่จะนำเอาตรรกศาสตร์คลุมเครือมาช่วยในการตัดสินใจ จะมีการนำเอาโพรโตคอลค้นหาเส้นทางมาตรฐานจาก NS-2 มาแก้ไข ภาพที่ 3.14 แสดงโครงสร้างของโปรแกรมที่สร้างโพรโตคอลค้นหาเส้นทางเอโอดีวี ซึ่งประกอบไปด้วยโปรแกรมหลัก aodv.cc มีการเรียกใช้เฮดเดอร์ไฟล์ส่วนที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ไฟล์ ได้แก่ aodv.h และ aodv_packet.h ซึ่ง aodv.h เป็นส่วนการสร้างตารางเส้นทาง (Routing Table) ของแต่ละโหนด ส่วน aodv_packet.h เป็นส่วนของกระบวนการแลกเปลี่ยนเส้นทางระหว่างโหนดในโพรโตคอลเอโอดีวี



ภาพที่ 3.14 โครงสร้างของโพรโตคอลค้นหาเส้นทางใน NS2

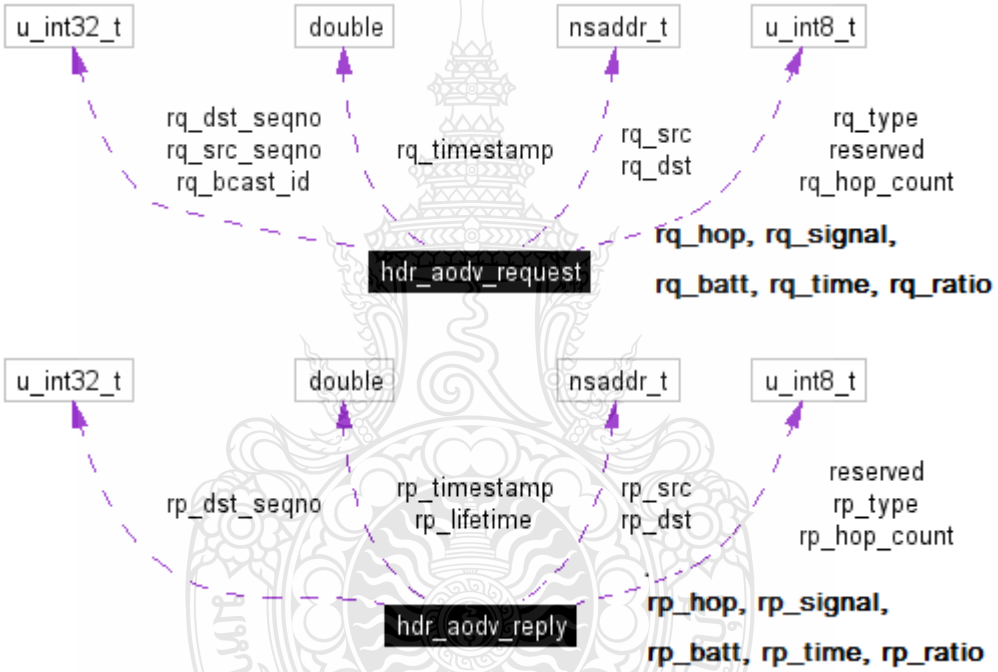
สำหรับไฟล์ aodv.h ประกอบไปด้วยโปรแกรม aodv_rtable.cc และ aodv_rtable.h ซึ่งเราจะนำเอาเอาต์พุตของตรรกศาสตร์คลุมเครือมาใส่เพิ่มเข้าไปในตารางเส้นทางของโพรโตคอลเอโอดีวี ทำได้ด้วยการเพิ่มข้อมูลในคลาส aodv_rt_entry ให้มีอัตราการส่งข้อมูล ช่วงเวลาการหยุดรอ และความน่าเชื่อถือของแต่ละเส้นทาง โดยที่อัตราการส่งข้อมูลเราจะกำหนดชื่อตัวแปรเป็น rt_rate ส่วนช่วงเวลาการหยุดรอเราจะกำหนดชื่อตัวแปรเป็น rt_backoff และความน่าเชื่อถือของแต่ละเส้นทางเราจะกำหนดชื่อตัวแปรเป็น rt_ reliable ดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 โครงสร้างข้อมูลในคลาส aodv_rt_entry

สำหรับไฟล์ aodv_packet.h ประกอบไปด้วยโปรแกรม aodv_rqueue.cc และ aodv_rqueue.h ซึ่งเราจะนำเอาอินพุตของตรรกศาสตร์คลุมเครือมาใส่เพิ่มเข้าไปในตารางเส้นทางของ

โพรโตคอลเอโอดีวี ทำได้ด้วยการเพิ่มข้อมูลในคลาส hdr_aodv_request และ hdr_aodv_reply ให้มีจำนวนระยะทาง ความแรงของกำลังส่ง ระดับพลังงานของแหล่งจ่ายไฟ เวลาเฉลี่ยในการส่งข้อมูล RREQ และอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล โดยที่จำนวนระยะทางเราจะกำหนดชื่อตัวแปรเป็น rq_hop และ rp_hop ความแรงของกำลังส่งเราจะกำหนดชื่อตัวแปรเป็น rq_signal และ rp_signal ระดับพลังงานของแหล่งจ่ายไฟเราจะกำหนดชื่อตัวแปรเป็น rq_batt และ rp_batt เวลาเฉลี่ยในการส่งข้อมูล RREQ เราจะกำหนดชื่อตัวแปรเป็น rq_time และ rp_time และอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลเราจะกำหนดชื่อตัวแปรเป็น rq_ratio และ rp_ratio ดังภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 โครงสร้างข้อมูลในคลาส hdr_aodv_request และ hdr_aodv_reply

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในบทนี้ทำการแสดงและวิเคราะห์ผลการวิจัยที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของระบบด้วยเทคนิคต่าง ๆ ที่นำมาใช้คำนวณและออกแบบด้วยโพรโตคอลมาตรฐานและต้นแบบ โดยผลการทดลองได้ทำการสรุปออกมาเป็นกราฟแยกออกเป็น 2 วิธีหลัก ๆ คือ อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล (Packet Delivery Ratio: PDR) และการหน่วงเวลาตลอดเส้นทาง (End to End Delay: E2ED)

4.1 ผลการวิจัย

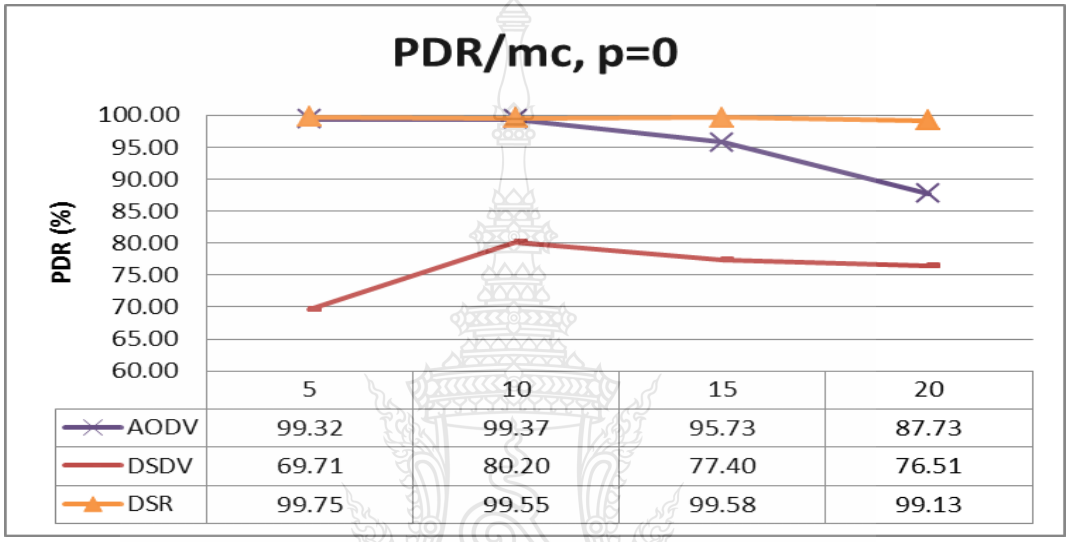
4.1.1 ผลการทดสอบการจำลองระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ กำหนดให้ตัวแปรระยะเวลาหน่วงก่อนจะเคลื่อนที่ใหม่ของแต่ละโหนด และตัวแปรจำนวนโหนดต้นทางที่ทำการส่งข้อมูล พิจารณาอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล โดยปรับเปลี่ยนระยะเวลาหน่วงก่อนจะเคลื่อนที่ใหม่ของแต่ละโหนดเป็น 0, 10, 20, 40 และ 100 มิลลิวินาที

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการจำลองระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ เมื่อ p = 0 มิลลิวินาที โดยการทดสอบจะกำหนดจำนวนโหนดต้นทางที่ทำการส่งข้อมูลเป็น 5, 10, 15 และ 20 โหนด จากตารางจะเห็นว่าโพรโตคอลดีเอสดีวีให้ผลของอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลต่ำที่สุด เพราะการเคลื่อนที่ทำให้ประสิทธิภาพของโพรโตคอลดีเอสดีวีตกลง มีสาเหตุมาจากเส้นทางถูกปรับเปลี่ยนไปตลอดเวลา แต่ตารางเส้นทางปรับปรุงไม่ทันท่วงที ส่วนโพรโตคอลเอโอดีวีและดีเอสอาร์ถูกออกแบบมารองรับการเคลื่อนที่โดยเฉพาะ ทำให้อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลอยู่ในเกณฑ์ดี

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ เมื่อ p = 0 มิลลิวินาที

mc	AODV			DSDV			DSR		
	PKtSent	PKtRcvd	PDR	PKtSent	PKtRcvd	PDR	PKtSent	PKtRcvd	PDR
5	2,058	2,044	99.32	2,040	1,422	69.71	2,040	2,035	99.75
10	4,438	4,410	99.37	4,430	3,553	80.20	4,475	4,455	99.55
15	5,945	5,691	95.73	5,943	4,600	77.40	5,976	5,951	99.58
20	6,790	5,957	87.73	6,810	5,210	76.51	6,810	6,751	99.13

ภาพที่ 4.1 กราฟอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เมื่อ p = 0 มิลลิวินาที โดยกราฟจะเปรียบเทียบกับจำนวนโหนดต้นทางที่ทำการส่งข้อมูลเป็น 5, 10, 15 และ 20 โหนด จากกราฟจะเห็นว่าโพรโตคอลดีเอสดีวีให้ผลของอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลต่ำที่สุด มีสาเหตุมาจากเส้นทางถูกปรับเปลี่ยนไปตลอดเวลา แต่ตารางเส้นทางปรับปรุงไม่ทันท่วงที ส่วนอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลของโพรโตคอลเอโอดีวีมีแนวโน้มลดลง แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ดี



	5	10	15	20
AODV	99.32	99.37	95.73	87.73
DSDV	69.71	80.20	77.40	76.51
DSR	99.75	99.55	99.58	99.13

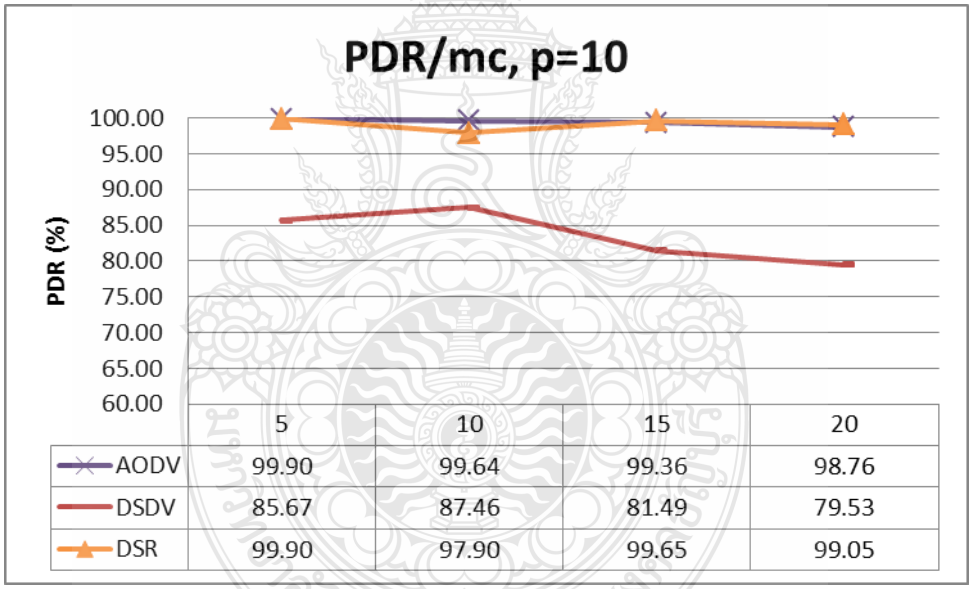
ภาพที่ 4.1 อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เมื่อ p = 0 มิลลิวินาที

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการจำลองระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ เมื่อ p = 10 มิลลิวินาที โดยการทดสอบจะกำหนดจำนวนโหนดต้นทางที่ทำการส่งข้อมูลเป็น 5, 10, 15 และ 20 โหนด จากตารางจะเห็นว่าโพรโตคอลดีเอสดีวีให้ผลของอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลต่ำที่สุด เพราะการเคลื่อนที่ทำให้ประสิทธิภาพของโพรโตคอลดีเอสดีวีตกลง มีสาเหตุมาจากเส้นทางถูกปรับเปลี่ยนไปตลอดเวลา แต่ตารางเส้นทางปรับปรุงไม่ทันท่วงที ส่วนโพรโตคอลเอโอดีวีและดีเอสอาร์ถูกออกแบบมารองรับการเคลื่อนที่โดยเฉพาะ ทำให้อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลอยู่ในเกณฑ์ดี

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ เมื่อ p = 10 มิลลิวินาที

mc	AODV			DSDV			DSR		
	PKtSent	PKtRcvd	PDR	PKtSent	PKtRcvd	PDR	PKtSent	PKtRcvd	PDR
5	2,058	2,056	99.90	2,059	1,764	85.67	2,054	2,052	99.90
10	4,441	4,425	99.64	4,449	3,891	87.46	4,476	4,382	97.90
15	5,947	5,909	99.36	5,953	4,851	81.49	6,000	5,979	99.65
20	6,842	6,757	98.76	6,776	5,389	79.53	6,859	6,794	99.05

ภาพที่ 4.2 กราฟอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เมื่อ p = 10 มิลลิวินาที โดยกราฟจะเปรียบเทียบกับจำนวนโหนดต้นทางที่ทำการส่งข้อมูลเป็น 5, 10, 15 และ 20 โหนด จากกราฟจะเห็นว่าโพรโตคอลดีเอสดีวีให้ผลของอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลต่ำที่สุด ส่วนอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลของโพรโตคอลเอโอดีวีมีแนวโน้มลดลง แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ดี



ภาพที่ 4.2 อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เมื่อ p = 10 มิลลิวินาที

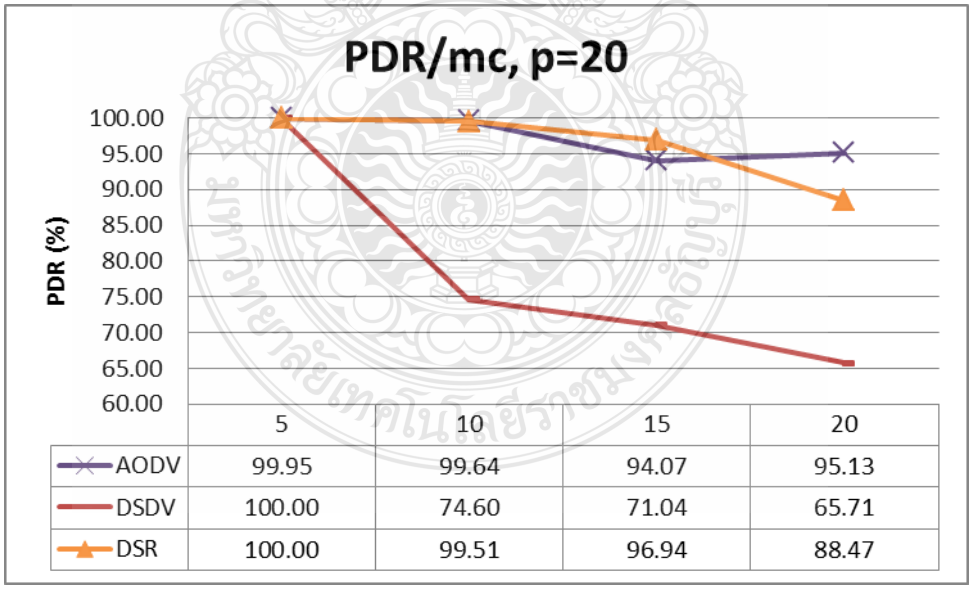
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการจำลองระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ เมื่อ p = 20 มิลลิวินาที โดยการทดสอบจะกำหนดจำนวนโหนดต้นทางที่ทำการส่งข้อมูลเป็น 5, 10, 15 และ 20 โหนด จากตารางจะเห็นว่าโพรโตคอลดีเอสดีวีให้ผลของอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลต่ำที่สุด เพราะการเคลื่อนที่ทำให้ประสิทธิภาพของโพรโตคอลดีเอสดีวีตกลง มีสาเหตุมาจากเส้นทางถูก

ปรับเปลี่ยนไปตลอดเวลา แต่ตารางเส้นทางปรับปรุงไม่ทันท่วงที ส่วนโพรโตคอลเอโอดีวีและดีเอสอาร์ถูกออกแบบมารองรับการเคลื่อนที่โดยเฉพาะ ทำให้อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลอยู่ในเกณฑ์ดี

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ เมื่อ p = 20 มิลลิวินาที

mc	AODV			DSDV			DSR		
	PKtSent	PKtRcvd	PDR	PKtSent	PKtRcvd	PDR	PKtSent	PKtRcvd	PDR
5	2,039	2,038	99.95	2,050	2,050	100.00	2,033	2,033	100.00
10	4,419	4,403	99.64	4,448	3,318	74.60	4,487	4,465	99.51
15	5,938	5,586	94.07	5,949	4,226	71.04	5,953	5,771	96.94
20	6,779	6,449	95.13	6,807	4,473	65.71	6,807	6,022	88.47

ภาพที่ 4.3 กราฟอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เมื่อ p = 20 มิลลิวินาที โดยกราฟจะเปรียบเทียบกับจำนวนโหนดต้นทางที่ทำการส่งข้อมูลเป็น 5, 10, 15 และ 20 โหนด จากกราฟจะเห็นว่าโพรโตคอลดีเอสดีวีให้ผลของอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลต่ำที่สุด ส่วนอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลของโพรโตคอลดีเอสอาร์มีแนวโน้มลดลง แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ดี



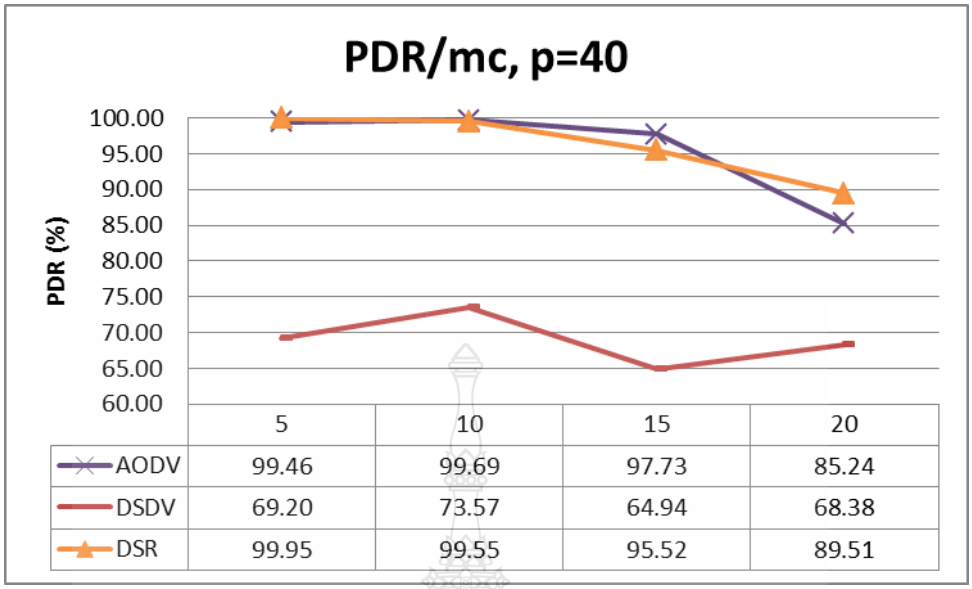
ภาพที่ 4.3 อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เมื่อ p = 20 มิลลิวินาที

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการจำลองระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ เมื่อ p = 40 มิลลิวินาที โดยการทดสอบจะกำหนดจำนวนโหนดต้นทางที่ทำการส่งข้อมูลเป็น 5, 10, 15 และ 20 โหนด จากตารางจะเห็นว่าโพรโตคอลดีเอสดีวีให้ผลของอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลต่ำที่สุด เพราะการเคลื่อนที่ทำให้ประสิทธิภาพของโพรโตคอลดีเอสดีวีตกลง มีสาเหตุมาจากเส้นทางถูกปรับเปลี่ยนไปตลอดเวลา แต่ตารางเส้นทางปรับปรุงไม่ทันท่วงที ส่วนโพรโตคอลเอโอดีวีและดีเอสอาร์ถูกออกแบบมารองรับการเคลื่อนที่โดยเฉพาะ ทำให้อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลอยู่ในเกณฑ์ดี

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ เมื่อ p = 40 มิลลิวินาที

mc	AODV			DSDV			DSR		
	PKtSent	PKtRcvd	PDR	PKtSent	PKtRcvd	PDR	PKtSent	PKtRcvd	PDR
5	2,054	2,043	99.46	2,049	1,418	69.20	2,057	2,056	99.95
10	4,460	4,446	99.69	4,453	3,276	73.57	4,468	4,448	99.55
15	5,937	5,802	97.73	5,982	3,885	64.94	5,979	5,711	95.52
20	6,836	5,827	85.24	6,812	4,658	68.38	6,815	6,100	89.51

ภาพที่ 4.4 กราฟอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เมื่อ p = 40 มิลลิวินาที โดยกราฟจะเปรียบเทียบกับจำนวนโหนดต้นทางที่ทำการส่งข้อมูลเป็น 5, 10, 15 และ 20 โหนด จากกราฟจะเห็นว่าโพรโตคอลดีเอสดีวีให้ผลของอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลต่ำที่สุด ส่วนอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลของโพรโตคอลเอโอดีวีและดีเอสอาร์มีแนวโน้มลดลง แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ดี



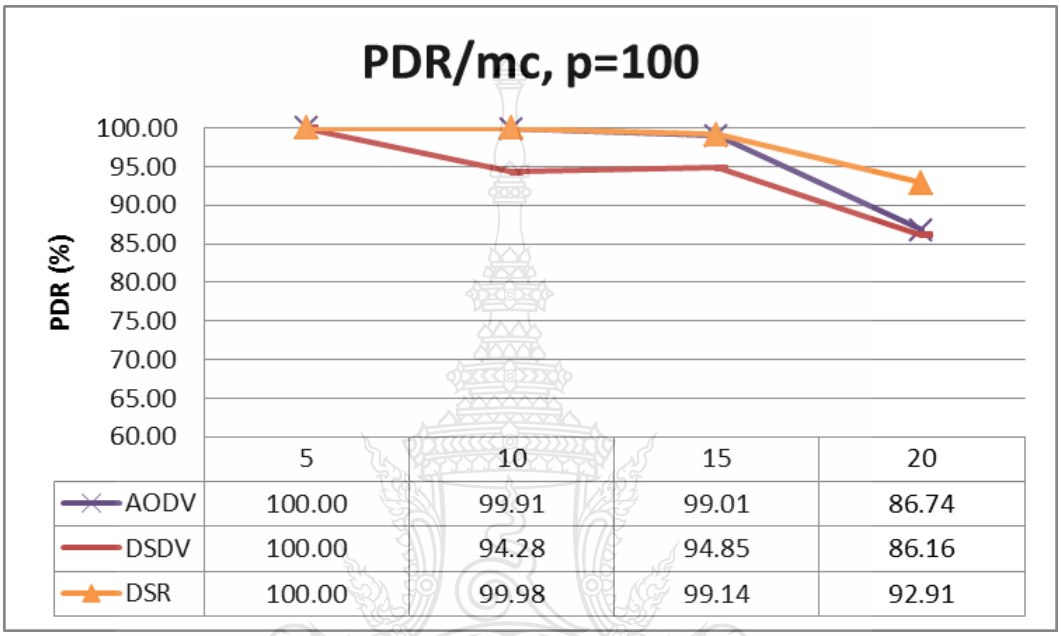
ภาพที่ 4.4 อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เมื่อ p = 40 มิลลิวินาที

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบการจำลองระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ เมื่อ p = 100 มิลลิวินาที โดยการทดสอบจะกำหนดจำนวนโหนดต้นทางที่ทำการส่งข้อมูลเป็น 5, 10, 15 และ 20 โหนด จากตารางจะเห็นว่าโพรโตคอลดีเอสดีวีให้ผลของอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลต่ำที่สุด เพราะการเคลื่อนที่ทำให้ประสิทธิภาพของโพรโตคอลดีเอสดีวีตกลง มีสาเหตุมาจากเส้นทางถูกปรับเปลี่ยนไปตลอดเวลา แต่ตารางเส้นทางปรับปรุงไม่ทันท่วงที ส่วนโพรโตคอลเอโอดีวีและดีเอสอาร์ถูกออกแบบมารองรับการเคลื่อนที่โดยเฉพาะ ทำให้อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลอยู่ในเกณฑ์ดี

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ เมื่อ p = 100 มิลลิวินาที

mc	AODV			DSDV			DSR		
	PKtSent	PKtRcvd	PDR	PKtSent	PKtRcvd	PDR	PKtSent	PKtRcvd	PDR
5	2,057	2,057	100.00	2,059	2,059	100.00	2,037	2,037	100.00
10	4,462	4,458	99.91	4,440	4,186	94.28	4,447	4,446	99.98
15	5,950	5,891	99.01	5,947	5,641	94.85	5,962	5,911	99.14
20	6,812	5,909	86.74	6,798	5,857	86.16	6,837	6,352	92.91

ภาพที่ 4.5 แสดงกราฟอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เมื่อ p = 100 มิลลิวินาที โดยกราฟจะเปรียบเทียบกับจำนวนโหนดต้นทางที่ทำการส่งข้อมูลเป็น 5, 10, 15 และ 20 โหนด จากกราฟจะเห็นว่าโพรโตคอลดีเอสดีวีให้ผลของอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลต่ำที่สุด ส่วนอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลของโพรโตคอลเอโอดีวีและดีเอสอาร์มีแนวโน้มลดลง แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ดี



	5	10	15	20
AODV	100.00	99.91	99.01	86.74
DSDV	100.00	94.28	94.85	86.16
DSR	100.00	99.98	99.14	92.91

ภาพที่ 4.5 อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เมื่อ p = 100 มิลลิวินาที

4.1.2 จากผลการทดสอบทั้ง 4 ชุด แสดงให้เห็นว่าโพรโตคอลดีเอสดีวีให้ผลของอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลต่ำที่สุด มีสาเหตุมาจากเส้นทางถูกปรับเปลี่ยนไปตลอดเวลา แต่ตารางเส้นทางปรับปรุงไม่ทันท่วงที ส่วนอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลของโพรโตคอลเอโอดีวีและดีเอสอาร์อยู่ในเกณฑ์ดี เพราะถูกออกแบบมารองรับการเคลื่อนที่โดยเฉพาะ เราจึงได้เลือกโพรโตคอลเอโอดีวีมาปรับปรุงโดยนำเทคนิคของตรรกศาสตร์คลุมเครือมาช่วยในการตัดสินใจ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเลือกเส้นทางให้ดีขึ้น

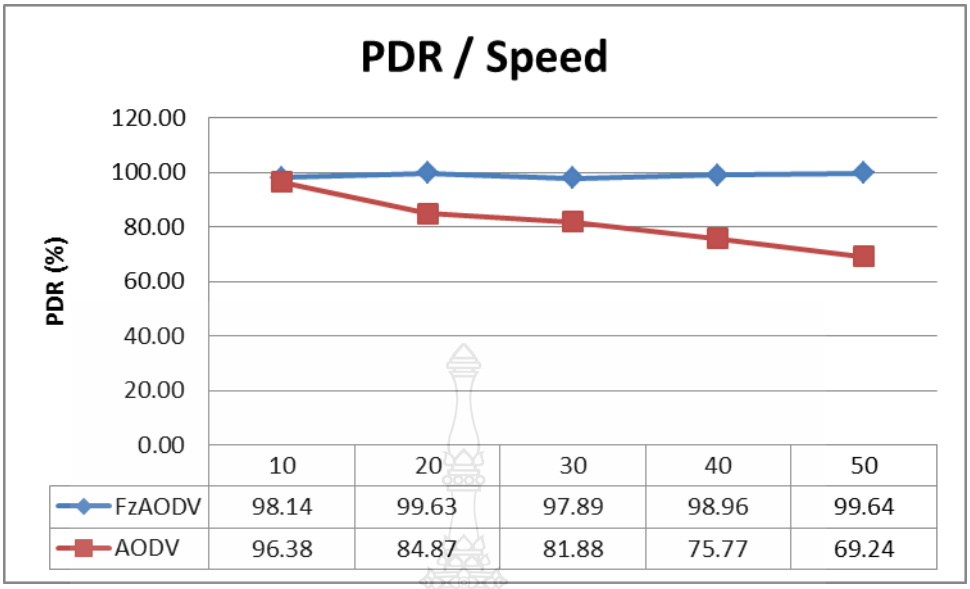
4.2 ผลการปรับปรุงประสิทธิภาพโพรโตคอลมาตรฐาน

ผลการทดสอบการจำลองระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ด้วยโพรโตคอลค้นหาเส้นทางที่ได้ปรับปรุงกับโพรโตคอลมาตรฐาน การทดสอบจะกำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ของโหนดเป็น 10, 20, 30, 40 และ 50 เมตรต่อวินาที จากตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบที่ได้

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบการจำลองระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้

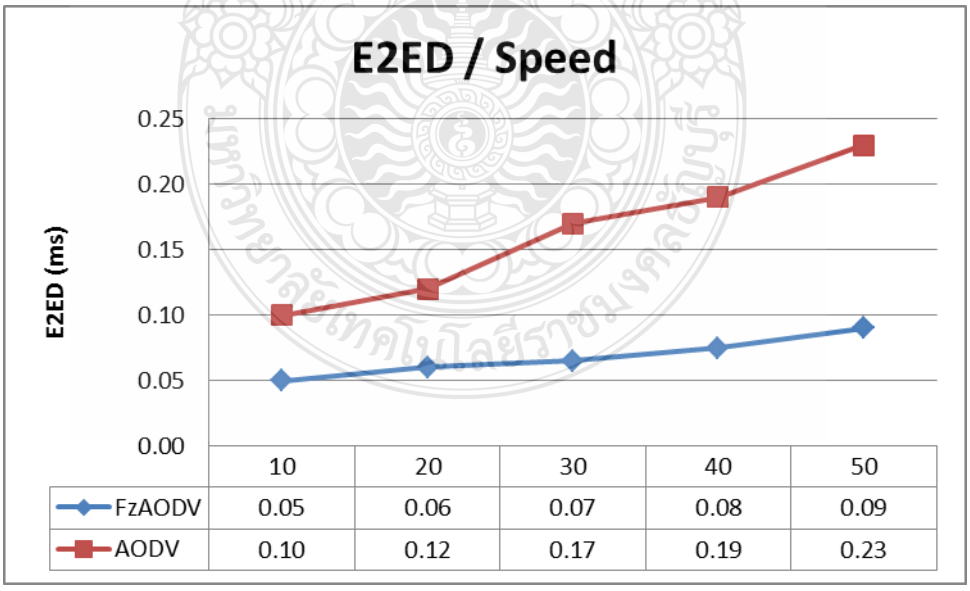
round	Speed (m/s)	FzAODV			AODV		
		PKtSent	PKtRcvd	RPkt	PKtSent	PKtRcvd	RPkt
1	10	2,058	2,044	416	2,040	1,422	367
	20	2,058	2,056	206	2,059	1,764	357
	30	2,039	2,038	101	2,050	2,050	347
	40	2,054	2,043	394	2,049	1,418	394
	50	2,057	2,057	173	2,059	2,059	400
2	10	4,438	4,410	892	4,430	3,553	358
	20	4,441	4,425	630	4,449	3,891	372
	30	4,419	4,403	552	4,448	3,318	376
	40	4,460	4,446	580	4,453	3,276	394
	50	4,462	4,458	228	4,440	4,186	400
3	10	5,945	5,691	1,749	5,943	4,600	360
	20	5,947	5,909	887	5,953	4,851	367
	30	5,938	5,586	1,040	5,949	4,226	374
	40	5,937	5,802	1,003	5,982	3,885	397
	50	5,950	5,891	733	5,947	5,641	399

ภาพที่ 4.6 กราฟอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล (Packet Delivery Ratio: PDR) ของการจำลองระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ โดยกราฟจะเปรียบเทียบโพรโตคอลค้นหาเส้นทางที่ได้ปรับปรุงกับโพรโตคอลมาตรฐาน แนวนอนจะแสดงความเร็วในการเคลื่อนที่ของโหนด



ภาพที่ 4.6 อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล (Packet Delivery Ratio: PDR)

ภาพที่ 4.7 แสดงกราฟการหน่วงเวลาตลอดเส้นทาง (End to End Delay: E2ED) ของการจำลองระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ โดยกราฟจะเปรียบเทียบโพรโตคอลค้นหาเส้นทางที่ได้ปรับปรุงกับโพรโตคอลมาตรฐาน แนวนอนจะแสดงความเร็วในการเคลื่อนที่ของโหนด



ภาพที่ 4.7 การหน่วงเวลาตลอดเส้นทาง (End to End Delay: E2ED)

4.3 สรุปผลการปรับปรุงประสิทธิภาพโพรโตคอลมาตรฐาน

เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้งานเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเทคนิคการปรับอัตราการส่งข้อมูลแบบพลวัตมาลดอัตราการส่งลงที่เหมาะสมด้วยตรรกศาตร์คลุมเครือ และนำตรรกศาตร์คลุมเครือมาใช้พิจารณาเส้นทางสำรองด้วยกลไกทางฟีดแบ็ค ดังนั้นจากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าเงื่อนไขในการทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลงมีได้หลายด้านหลายรูปแบบและมีวิธีการแก้ไขที่หลากหลายการนำเอาตรรกศาสตร์คลุมเครือมาช่วยตัดสินใจจะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพดีขึ้นในทุกกรณี

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

วิทยานิพนธ์นี้ได้แสดงถึงวิธีการนำเอาตรรกศาสตร์คลุมเครือมาปรับปรุงกระบวนการทำงานของระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ ด้วยการกำหนดสาเหตุของปัญหาและวิธีการแก้ไขจากหลากหลายวิธีมาใช้งานอย่างเหมาะสม ทำให้ประสิทธิภาพของระบบฯดีขึ้น โดยเริ่มจากศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นข้อมูลในระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ ด้วยโพรโตคอลดีเอสดีวี, ดีเอสอาร์ และเอโอดีวี เพื่อจัดการเส้นทาง จากนั้นใช้ตัวจำลองสถานการณ์ NS-2 เพื่อพฤติกรรมของระบบฯ และโพรโตคอลต่างๆ

โพรโตคอลเอโอดีวี มีอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลที่ลดลง เนื่องจากมีความหนาแน่นของการสัญจรสูงในระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ ผลกระทบจากความหนาแน่นที่สูงของการสัญจรข้อมูลระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ โพรโตคอลดีเอสอาร์มีผลกระทบกับค่าความสำเร็จของการส่งข้อมูลมากที่สุด และพบว่าโพรโตคอลเอโอดีวี มีการใช้ความกว้างแถบความถี่ของระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ มีประสิทธิภาพสูงกว่าโพรโตคอลดีเอสอาร์ โพรโตคอลดีเอสอาร์มีค่าเฉลี่ยปริมาณงานลดลงเร็วกว่าของโพรโตคอลเอโอดีวี เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของสายการติดต่อสื่อสาร ส่วนค่าปริมาณงานเฉลี่ยของโพรโตคอลดีเอสดีวีลดลงอย่างรวดเร็วมากกว่าดีเอสอาร์และเอโอดีวี สำหรับค่าหน่วงเวลาตลอดเส้นทาง ของโพรโตคอลดีเอสดีวี มีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าหน่วงเวลาตลอดเส้นทางน้อยกว่า โพรโตคอลดีเอสอาร์และโพรโตคอลเอโอดีวี ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ของโพรโตคอลเอโอดีวี และดีเอสอาร์มากกว่าโพรโตคอลดีเอสดีวี ในการเลือกเส้นทางที่เหมาะสมดีเอสอาร์และดีเอสดีวีให้ค่าเฉลี่ยจำนวนช่วงเชื่อมต่อใกล้เคียงกันในทุกจำนวนสายการติดต่อ

สาเหตุที่ทำให้เกิดความแออัด เกิดจากการส่งข้อมูลมากเกินไป จึงต้องมีวิธีในการลดอัตราการส่งลงที่เหมาะสม ส่วนความแออัดที่เกิดจากเส้นทางการส่งข้อมูลมีปัญหา เนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของโหนดที่ถูกใช้งานเกิดหลุดออกจากรัศมีการให้บริการ จึงต้องมีการหาเส้นทางสำรองเก็บไว้ เพื่อใช้งานในตอนที่เส้นทางหลักเกิดปัญหา และการนำเอาตรรกศาสตร์คลุมเครือมาช่วยตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ไขที่หลากหลายจะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพดีขึ้น

ผลการทดลองด้วยแบบจำลองกับโพรโตคอลที่พัฒนาขึ้นพบว่าระบบเครือข่ายเฉพาะกิจเคลื่อนที่ได้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น คือ มีอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 10, การหน่วงเวลาตลอดเส้นทางการสื่อสารลดลงเฉลี่ยร้อยละ 5 และกรณีผลการทดสอบดีที่สุด คือ การเคลื่อนที่ระบบฯที่ความเร็ว 50 เมตรต่อวินาที อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลเพิ่มขึ้นร้อยละ 15 การหน่วงเวลาตลอดเส้นทางลดลงร้อยละ 10 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับโพรโตคอลมาตรฐาน ได้แก่ เอโอดีวี ดีเอสดีวี และดีเอสอาร์

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในอนาคต จะนำเอาแนวทางที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ไปทดลองกับโพรโตคอลอื่น ๆ เพื่อหาสาเหตุของปัญหาและวิธีแก้ไขในแต่ละโพรโตคอล และเพิ่มโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) เพื่อหาตรวจสอบการทำงานที่ผิดพลาดใน MANET โดยการเปรียบเทียบกับรูปแบบที่เป็นที่รู้จัก รูปแบบเหล่านี้จะฝึกอบรมให้ ANN เรียนรู้พารามิเตอร์สำหรับสถานการณ์เครือข่ายต่าง ๆ [17] และขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) ซึ่งวิเคราะห์พฤติกรรมของทุกโหนดและให้รายละเอียดเกี่ยวกับการควบคุมกฎต่าง ๆ [18] ตามคุณสมบัติที่สำคัญของ AODV เช่น อัตราการส่งต่อ การร้องขอ และอื่น ๆ [19] และทำการทดลองและวัดประสิทธิภาพกับอุปกรณ์ในระบบจริง [20]

รายการอ้างอิง

[1] Ulrich Herberg. "IETF Mobile Ad-Hoc Network Working Group," [Online]. Available: **http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html**, 1997. [Retrieved May 11, 2011]

[2] S. Corson and J. Macker, "**Mobile Ad hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations**," RFC 2501, January 1999.

[3] Charles E. Perkins and Pravin Bhaqwat, "**Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers**," SIGCOMM, August 1994.

[4] Charles E. Perkins, Elisabeth M. Belding-Royer and Samir R. Das, "**Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing**," RFC 3561, July 2003.

[5] David B. Johnson, David A. Maltz and Yih-Chun Hu, "**The Dynamic Source Routing Protocol (DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4**," RFC 4728, February 2007.

[6] C.C. Lee, "**Fuzzy logic in control systems: fuzzy logic controller-Part I and II,**" IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, pp.404–418.

[7] ประทีป ปรุงประเสริฐ และศักดิ์ชัย ทิพย์จักษุรัตน์, "**การเพิ่มประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจด้วยเทคนิคการปรับอัตราการส่งข้อมูลแบบพลวัต**".การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 8, หน้า 243-246, 22-23 เมษายน 2553.

[8] วาริส จันอิ และสกุณา เจริญปัญญาศักดิ์. "**การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบในทอพอโลยีและโพรโตคอลการค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายไร้สายแบบเฉพาะกิจ**". การประชุมวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 6, หน้า 297-302, 3-5 มิถุนายน 2553.

[9] ธนรรษ พานนิล และศักดิ์ชัย ทิพย์จักษุรัตน์. "**การเพิ่มประสิทธิภาพทีซีพีด้วยโพรโตคอลค้นหาเส้นทางแบบพิจารณาเส้นทางสำรองด้วยกลไกทางฟีดแบ็คสำหรับเครือข่ายไร้สายแอดฮอค**". การประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 7, หน้า 631-637, 11-12 พฤษภาคม 2554.

[10] M. Naizi Torshiz, H. Amintoosi and A. Movaghar, "**A Fuzzy Energy-based extension to AODV routing**," International Symposium on Telecommunications, 2008, pp.371-375.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

[11] Taqwa Odey Fahad and Abduladhem A Ali, "**Improvement of AODV routing on MANETs using fuzzy systems**," International Conference on Energy, Power and Control (EPC-IQ), 2010, pp.297-301.

[12] Mr.R.Iniyavan, "**Implementation of AODV Protocol with and without Fuzzy Logic for reliable Multicast Routing in ADHOC Networks**," National Conference on Embedded system in Instrumentation, 2010, pp. 144-149.

[13] N.Krishnaiah and Dr.G.Narsimha, "**A Reliable Routing Algorithm in MANET using Fuzzy Logic**," Proceeding of International Conference on Nanotechnology and Biosensors (ICNB-2010), 2010.

[14] Antonio M. Ortiz and Teresa Olivares, "**Fuzzy Logic Applied to Decision Making in Wireless Sensor Networks**," Emerging Technologies and Applications, 2012, pp.221-240.

[15] Mala Chelliah, Siddhartha Sankaran, Shishir Prasad, Nagamaputhur Gopalan, and Balasubramanian Sivaselvan, "**Routing for Wireless Mesh Networks with Multiple Constraints Using Fuzzy Logic**," The International Arab Journal of Information Technology, 2012, pp.1-8.

[16] Kulbhushan and Jagpreet Singh, "**Fuzzy Logic Based Intrusion Detection System against Blackhole Attack on AODV in MANET**," Network Security and Cryptography, 2011, pp.28-35.

[17] Hui Liu, Jie Li, Yan-Qing Zhang and Yi Pan, "**An Adaptive Genetic Fuzzy Multi-path Routing Protocol for Wireless Ad-Hoc Networks**," In the Proceedings of Sixth International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing and First ACIS International Workshop on Self-Assembling Wireless Networks (SNPD/SAWN'05), SNPD 2005, pp.468-475.

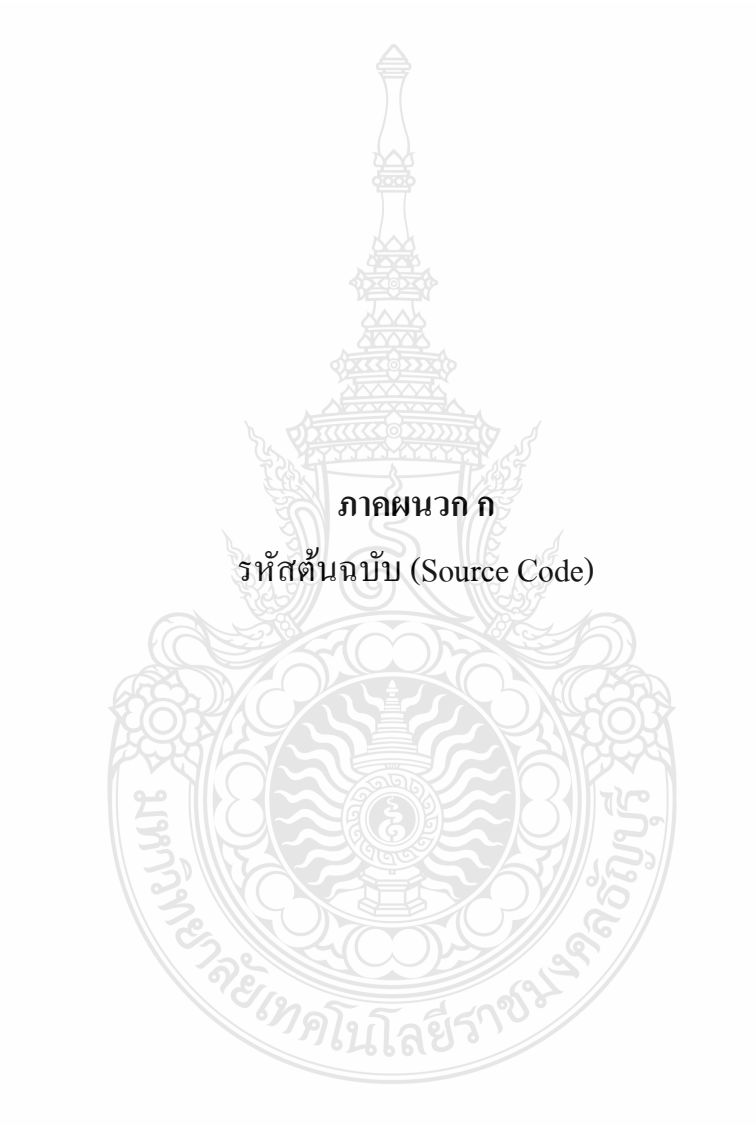
[18] A. Banerjee and P. Dutta, "**Fuzzy-Controlled Route Discovery For Mobile Ad Hoc Networks**," International Journal of Engineering Science and Technology, 2010, pp.2347-2353.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

[19] S. Marwaha, D. Srinivasan, K. T. Chen and A. Vasilakos, "**Evolutionary fuzzy multi-objective routing for wireless mobile ad hoc networks**," Congress on Eutionary Computation, pp.1964-1971.

[20] Jintana Nakasuwan and Paitoon Rakluea, "**Performance Comparison of AODV and OLSR for MANET,**" International Conference on Control, Automation and Systems 2010, Gyeonggi-do, Korea, pp. 1974-1977, October 27-30, 2010.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

รหัสต้นฉบับ (Source Code)

```
#!/bin/bash
dest_dir="traffic"
if [ -d $dest_dir ]
then
        # Do nothing
        echo "'$dest_dir' is a directory"
else
        echo "Creating directory $dest_dir";
        mkdir --verbose $dest_dir
fi
script_file="./cbrgen.tcl";
if [ -f $script_file ]
then
        # Do nothing
        echo "$script_file exists"
else
        echo "$script_file does not exist"
        exit;
fi
# Create the scenarios
for i in 5 10 15 20
do
        ns $script_file -type cbr -nn 25 -seed 1 -mc $i -rate 8.0 > $dest_dir/cbr-25-$i
done
echo ""
echo "Created the following files"
echo ""
ls -la $dest_dir/cbr-25*
```

```
#!/bin/bash
dest_dir="movement"
if [ -d $dest_dir ]
then
        # Do nothing
        echo "'$dest_dir' is a directory"
else
        echo "Creating directory $dest_dir";
        mkdir --verbose $dest_dir
fi
setdest_loc="./setdest";
if [ -x $setdest_loc ]
then
        # Do nothing
        echo "$setdest_loc is executable"
else
        echo "$setdest_loc does not exist or is not executable";
        exit;
fi
# Create the scenarios
for i in 0 10 20 40 100
do
        $setdest_loc -v 1 -n 25 -p $i -M 20 -t 100 -x 500 -y 500 > $dest_dir/scen-25-$i
done
echo ""
echo "Created the following files"
echo ""
ls -la $dest_dir/scen-25*
```

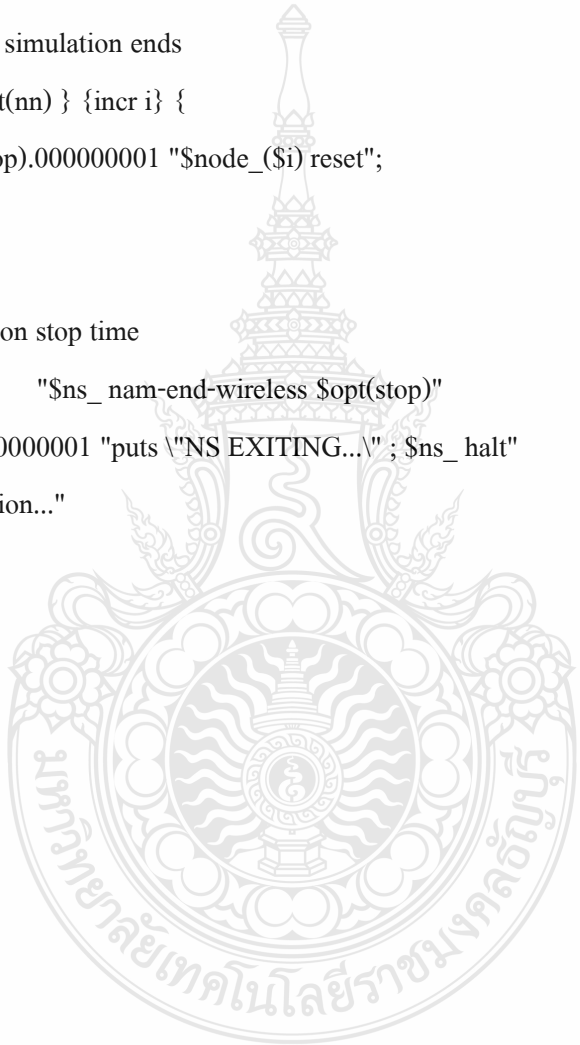
```
# ======================================================================
# Define options
# ======================================================================
set opt(chan)           Channel/WirelessChannel
set opt(prop)           Propagation/TwoRayGround
set opt(netif)          Phy/WirelessPhy
set opt(mac)            Mac/802_11
#set opt(ifq)           Queue/DropTail/PriQueue
set opt(ifq)            CMUPriQueue
set opt(ll)             LL
set opt(ant)            Antenna/OmniAntenna
set opt(x)              500             ;# X dimension of the topography
set opt(y)              500             ;# Y dimension of the topography
set opt(ifqlen)         50              ;# max packet in ifq
set opt(seed)           0.0
set opt(tr)             dsr-25-0-5.tr ;# trace file
set opt(adhocRouting)   DSR
#set opt(rpr)           1               ;#1 for DSR and anything else for AODV
set opt(nn)             25              ;# how many nodes are simulated
set opt(scen)           "movement/scen-25-0"
set opt(tfc)            "traffic/cbr-25-5"
set opt(stop)           100.0           ;# simulation time

# ======================================================================
# Main Program
# ======================================================================
if { $argc != 8 } {
        puts "Wrong no. of cmdline args."
        puts "Usage: ns compare.tcl -scen <scen> -tfc <tfc> -tr <tr> -rpr <rpr>"
```

```
        exit 0
}

# proc getopt {argc argv} {
for {set i 0} {$i < $argc} {incr i} {
        set arg [lindex $argv $i]
        if {[string range $arg 0 0] != "-"} continue
                set name [string range $arg 1 end]
#               puts $name
                set opt($name) [lindex $argv [expr $i+1]]
        }
        set opt(scen) [lindex $argv 1]
        set opt(tfc) [lindex $argv 3]
        if {$opt(rpr) == 1} {
                set opt(adhocRouting)   DSR
                set opt(ifq)  CMUPriQueue
#       set opt(ifq)            Queue/DropTail/PriQueue
        } elseif {$opt(rpr) == 2} {
                set opt(adhocRouting)   AODV
                set opt(ifq) Queue/DropTail/PriQueue
        } else {
                set opt(adhocRouting)   DSDV
                set opt(ifq) Queue/DropTail/PriQueue
        }
#       set val(mov) $opt(scen)
#       set val(traf) $opt(tfc)
#       set opt(trace) $opt(tr)
        puts $opt(scen)
        puts $opt(tfc)
```

```
        puts $opt(tr)
# }

# getopt $argc $argv
puts $opt(adhocRouting)
#       puts $val(mov)
#       puts $val(traf)
#       puts $opt(trace)

# Initialize Global Variables
# create simulator instance
set ns_         [new Simulator]

# set wireless channel, radio-model and topography objects
set wtopo       [new Topography]

# create trace object for ns and nam
set tracefd     [open $opt(tr) w]
$ns_ trace-all $tracefd
# use new trace file format
$ns_ use-newtrace

# define topology
$wtopo load_flatgrid $opt(x) $opt(y)

# Create God
set god_        [create-god $opt(nn)]

#set chan_1_ [new $opt(chan)]
```

```
#set chan_2_ [new $opt(chan)]

# define how node should be created
#global node setting
$ns_ node-config -adhocRouting $opt(adhocRouting) \
                 -llType $opt(ll) -macType $opt(mac) \
                 -ifqType $opt(ifq) -ifqLen $opt(ifqlen) \
                 -antType $opt(ant) -propType $opt(prop) \
                 -phyType $opt(netif) -channelType $opt(chan) \
                 -topoInstance $wtopo -agentTrace ON \
                 -routerTrace ON -macTrace OFF
#        -channel $chan_1_

#  Create the specified number of nodes [$opt(nn)] and "attach" them
#  to the channel.
for {set i 0} {$i < $opt(nn) } {incr i} {
        set node_($i) [$ns_ node]
        $node_($i) random-motion 0              ;# disable random motion
}

# Define node movement model
puts "Loading connection pattern..."
source $opt(scen)

# Define traffic model
puts "Loading traffic file..."
source $opt(tfc)

# Define node initial position in nam
```

```
for {set i 0} {$i < $opt(nn)} {incr i} {
        # 20 defines the node size in nam, must adjust it according to your scenario
        # The function must be called after mobility model is defined
        $ns_ initial_node_pos $node_($i) 20
}


# Tell nodes when the simulation ends
for {set i 0} {$i < $opt(nn) } {incr i} {
        $ns_ at $opt(stop).000000001 "$node_($i) reset";
}


# tell nam the simulation stop time
#$ns_ at  $opt(stop)        "$ns_ nam-end-wireless $opt(stop)"
$ns_ at  $opt(stop).000000001 "puts \"NS EXITING...\" ; $ns_ halt"
puts "Starting Simulation..."
$ns_ run
```



```
#
# nodes: 25, max conn: 20, send rate: 0.25, seed: 1.0
#
#
# 1 connecting to 2 at time 2.5568388786897245
#
set udp_(0) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(1) $udp_(0)
set null_(0) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(2) $null_(0)
set cbr_(0) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(0) set packetSize_ 512
$cbr_(0) set interval_ 0.25
$cbr_(0) set random_ 1
$cbr_(0) set maxpkts_ 10000
$cbr_(0) attach-agent $udp_(0)
$ns_ connect $udp_(0) $null_(0)
$ns_ at 2.5568388786897245 "$cbr_(0) start"
#
# 4 connecting to 5 at time 56.333118917575632
#
set udp_(1) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(4) $udp_(1)
set null_(1) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(5) $null_(1)
set cbr_(1) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(1) set packetSize_ 512
$cbr_(1) set interval_ 0.25
$cbr_(1) set random_ 1
```

```
$cbr_(1) set maxpkts_ 10000
$cbr_(1) attach-agent $udp_(1)
$ns_ connect $udp_(1) $null_(1)
$ns_ at 56.333118917575632 "$cbr_(1) start"
#
# 4 connecting to 6 at time 146.96568928983328
#
set udp_(2) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(4) $udp_(2)
set null_(2) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(6) $null_(2)
set cbr_(2) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(2) set packetSize_ 512
$cbr_(2) set interval_ 0.25
$cbr_(2) set random_ 1
$cbr_(2) set maxpkts_ 10000
$cbr_(2) attach-agent $udp_(2)
$ns_ connect $udp_(2) $null_(2)
$ns_ at 146.96568928983328 "$cbr_(2) start"
#
# 6 connecting to 7 at time 55.634230382570173
#
set udp_(3) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(6) $udp_(3)
set null_(3) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(7) $null_(3)
set cbr_(3) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(3) set packetSize_ 512
$cbr_(3) set interval_ 0.25
```

```
$cbr_(3) set random_ 1
$cbr_(3) set maxpkts_ 10000
$cbr_(3) attach-agent $udp_(3)
$ns_ connect $udp_(3) $null_(3)
$ns_ at 55.634230382570173 "$cbr_(3) start"
#
# 7 connecting to 8 at time 29.546173154165118
#
set udp_(4) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(7) $udp_(4)
set null_(4) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(8) $null_(4)
set cbr_(4) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(4) set packetSize_ 512
$cbr_(4) set interval_ 0.25
$cbr_(4) set random_ 1
$cbr_(4) set maxpkts_ 10000
$cbr_(4) attach-agent $udp_(4)
$ns_ connect $udp_(4) $null_(4)
$ns_ at 29.546173154165118 "$cbr_(4) start"
#
# 7 connecting to 9 at time 7.7030203154790309
#
set udp_(5) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(7) $udp_(5)
set null_(5) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(9) $null_(5)
set cbr_(5) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(5) set packetSize_ 512
```

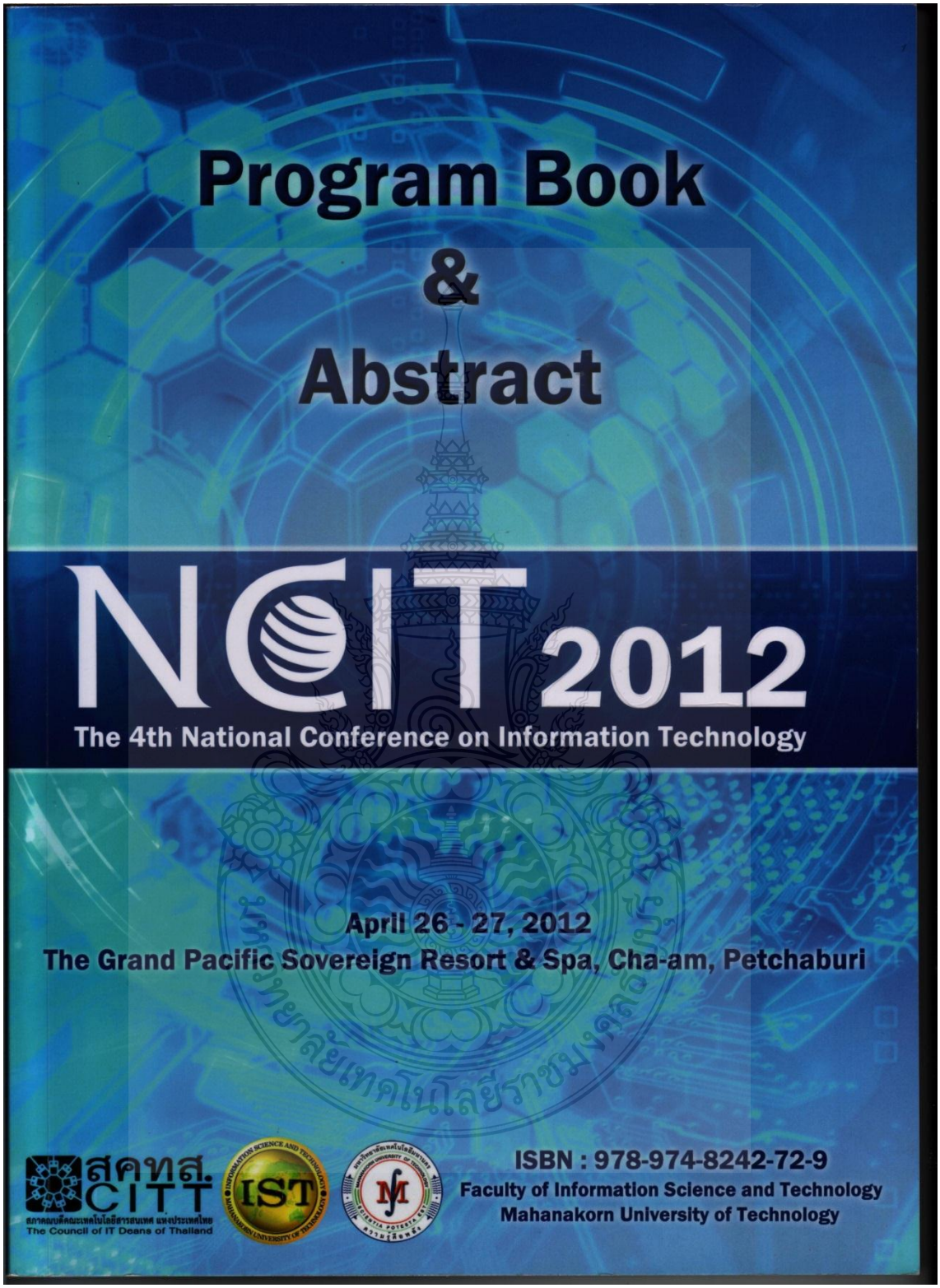
```
$cbr_(5) set interval_ 0.25
$cbr_(5) set random_ 1
$cbr_(5) set maxpkts_ 10000
$cbr_(5) attach-agent $udp_(5)
$ns_ connect $udp_(5) $null_(5)
$ns_ at 7.7030203154790309 "$cbr_(5) start"
#
# 8 connecting to 9 at time 20.48548468411224
#
set udp_(6) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(8) $udp_(6)
set null_(6) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(9) $null_(6)
set cbr_(6) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(6) set packetSize_ 512
$cbr_(6) set interval_ 0.25
$cbr_(6) set random_ 1
$cbr_(6) set maxpkts_ 10000
$cbr_(6) attach-agent $udp_(6)
$ns_ connect $udp_(6) $null_(6)
$ns_ at 20.48548468411224 "$cbr_(6) start"
#
# 9 connecting to 10 at time 76.258212521792487
#
set udp_(7) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(9) $udp_(7)
set null_(7) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(10) $null_(7)
set cbr_(7) [new Application/Traffic/CBR]
```

```
$cbr_(7) set packetSize_ 512
$cbr_(7) set interval_ 0.25
$cbr_(7) set random_ 1
$cbr_(7) set maxpkts_ 10000
$cbr_(7) attach-agent $udp_(7)
$ns_ connect $udp_(7) $null_(7)
$ns_ at 76.258212521792487 "$cbr_(7) start"
#
# 9 connecting to 11 at time 31.464945688594575
#
set udp_(8) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(9) $udp_(8)
set null_(8) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(11) $null_(8)
set cbr_(8) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(8) set packetSize_ 512
$cbr_(8) set interval_ 0.25
$cbr_(8) set random_ 1
$cbr_(8) set maxpkts_ 10000
$cbr_(8) attach-agent $udp_(8)
$ns_ connect $udp_(8) $null_(8)
$ns_ at 31.464945688594575 "$cbr_(8) start"
#
# 11 connecting to 12 at time 62.77338456491632
#
set udp_(9) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(11) $udp_(9)
set null_(9) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(12) $null_(9)
```

```
set cbr_(9) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(9) set packetSize_ 512
$cbr_(9) set interval_ 0.25
$cbr_(9) set random_ 1
$cbr_(9) set maxpkts_ 10000
$cbr_(9) attach-agent $udp_(9)
$ns_ connect $udp_(9) $null_(9)
$ns_ at 62.77338456491632 "$cbr_(9) start"
#
# 11 connecting to 13 at time 46.455830739092008
#
set udp_(10) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(11) $udp_(10)
set null_(10) [new Agent/Null]
$ns_ attach-agent $node_(13) $null_(10)
set cbr_(10) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(10) set packetSize_ 512
$cbr_(10) set interval_ 0.25
$cbr_(10) set random_ 1
$cbr_(10) set maxpkts_ 10000
$cbr_(10) attach-agent $udp_(10)
$ns_ connect $udp_(10) $null_(10)
$ns_ at 46.455830739092008 "$cbr_(10) start"
#
# 13 connecting to 14 at time 83.900868549896813
#
set udp_(11) [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(13) $udp_(11)
set null_(11) [new Agent/Null]
```

ภาคผนวก ข

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่


Program Book
&
Abstract
NCIT 2012
The 4th National Conference on Information Technology
April 26 - 27, 2012
The Grand Pacific Sovereign Resort & Spa, Cha-am, Petchaburi
สคทส.
CITT
สภาคณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ แห่งประเทศไทย
The Council of IT Deans of Thailand
IST
ISBN : 978-974-8242-72-9
Faculty of Information Science and Technology
Mahanakorn University of Technology

รายนามคณะกรรมการ

การจัดประชุมวิชาการ National Conference on Information Technology

ประธานจัดงาน

วีระศักดิ์ คุรุธัช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

คณะกรรมการที่ปรึกษา

กัลณกา สาธิตธาดา	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
จันทร์บูรณ์ สถิตวิริยวงศ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
จำนง วงษ์ชาชม	มหาวิทยาลัยนครพนม
ชัยชาญ ถาวรเวช	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ชุณพงษ์ ไทยอุปถัมป์	มหาวิทยาลัยรังสิต
ธงชัย อยู่ญาติวงศ์	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
ธนา สุขวารี	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
บวร ปภัสราทร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ประสงค์ ปราณีตพลกรัง	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
นิพนธ์ เจริญกิจการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
นุชรี เปรมชัยสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พูลพงษ์ บุญพราหมณ์	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
ภูวดล บุตรรัตน์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มนต์ชัย เทียนทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
วิรัตน์ พงษ์ศิริ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
วุฒนิพงษ์ วราไกรสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

เกียรติศักดิ์ ใหม่เจริญนุกูล	มหาวิทยาลัยรังสิต

จิรัฏฐา ภูบุญอบ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
เฉลิมพล ศิริกายน	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
กุลธร เกษมสันต์	มหาวิทยาลัยรังสิต
ชม กิ้มปาน	มหาวิทยาลัยรังสิต
ณัฐวี อุตกฤษฏ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
นพพร โชติกกำธร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พรรณฤมล เต็มดี	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
วรพล ลีลาเกียรติสกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
วิเชียร ชุติมาสกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศุภกร กังพิศดาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ยุวนุช กุลาดี	มหาวิทยาลัยนครพนม
รังสรรค์ ชัยศรีเจริญ	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
รัตนา เวทย์ประสิทธิ์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
สลิล บุญพราหมณ์	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
ถิรพล วงศ์สอาดสกุล	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
สานนท์ ฉิมมณี	มหาวิทยาลัยรังสิต
สิริพร ศุภราทิตย์	มหาวิทยาลัยรังสิต
สุรีย์ ฟูนิลกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
สุรศักดิ์ มังสิงห์	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
สมนึก พ่วงพรพิทักษ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
หมัดอามีน หมันหลิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

คณะกรรมการฝ่ายจัดการ

เชิงชาย เนรมิตตกพงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
เบญจมาศ แม้นสมุทร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

โอมาร์ เดชะวิบูลย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
กานต์ธวัช ประยูรศุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ฉัตรชัย ทับกฤษณ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ณัฏฐ์ มาเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ทรงพล รื่นสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
นาถพร ประวันนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ผทัยเทพ สุขกระสันต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
พงษ์สุรีย์ ลิ้มมณีวิจิตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
พฤกษา ดวงผาสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
รุ่งโรจน์ โชคงามวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
วงเดือน พลอยงาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ศศิวิมล ฮงมา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
สิริพร น้ำดอกไม้	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
สายันห์ ริ้วทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
สืบทัศน์ ลิ่มสายหั้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
สุนันท์ ไทยพิทักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
สุรการ ดวงผาสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
สุรีลักษณ์ วีระโจง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
อัญชลี สมสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

เลขานุการ

ฤกษ์ชัย ฟูประทีปศิริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

List of Reviewers

กฤษณ์ วงศ์รุจิระ

กันต์พงษ์ วรรัตน์ปัญญา

แก่นจันทร์ ธรรมรักษ์

จิรัฏฐา ภูบุญอบ

ชลเมธ อาปณิกานนท์

ชาญชัย ภูริปัญโญ

เชิงชาย เนรมิตกพงศ์

ฐิมาพร เพชรแก้ว

ณรงค์ฤทธิ์ วราภรณ์

ณัฏฐ์ มาเจริญ

ณัฐวี อุตกฤษฏ์

ถิรพล วงศ์สอาดสกุล

ทรงพล รื่นสุข

ทิพยา จินตโกวิท

ธนา สุขวารี

นภดล มณีรัตน์

นภัทร สระเอี่ยม

นันทิกา ปริญญาพล

บวร ปภัสราทร

ประวิทย์ ชุมชู

ปรีชา สมหวัง

พงษ์สุรีย์ ลิ้มมณีวิจิตร

พนม เพชรจตุพร

พยุง มีสัจ

พรชัย มงคลนาม

พรพล ธรรมรงค์รัตน์

พฤกษา ดวงผาสุข

มนัสวี แก่นอำพรพันธ์

รุ่งโรจน์ โชคงามวงศ์

ฤกษ์ชัย ฟูประทีปศิริ

วรพล ลีลาเกียรติสกุล

วสุวรรธน์ พงศ์ขจร

วิเชียร ชุติมาสกุล

วิทิดา จงศุภชัยสิทธิ์

วิรัตน์ พงษ์ศิริ

วีระศักดิ์ คุรุธัช

ศศิภา กัลยาวินัย

ศิรปัฐช์ บุญครอง

ศุภกร กังพิศดาร

สมนึก พ่วงพรพิทักษ์

สมศักดิ์ เกียรตินันทา

สิริวัจนา แก้วผนึก

สุพล พรหมมาพันธุ์

สุรศักดิ์ มังสิงห์

สุรีย์ ฟูนิกุล

อรวรรณ อิ่มสมบัติ

อุมาพร สุภสิทธิเมธี

สารบัญ (ต่อ)

Area2: Information Security and Digital Forensics

โพรโทคอลความมั่นคงปลอดภัยสำหรับการส่งข้อความสั้นที่มีคุณสมบัติการพิสูจน์ตัวจริง และการเก็บค่าบริการข้อมูลที่ถูกต้อง
ธันยพร วิทยาบัณฑิต ศุภกร กังพิศดาร 31

โพรโทคอลความมั่นคงปลอดภัยสำหรับการพิสูจน์ตัวจริงระหว่างโดเมนของ SIP บนพื้นฐานของ Kerberos
พัทธกรณ์ ทรัพย์เจริญ ศุภกร กังพิศดาร 37

การศึกษาและพัฒนาระบบตรวจสอบผู้กระทำผิดผ่านเครือข่ายอย่างมั่นคงปลอดภัย
รณยุทธ ศิริแสง ศุภกร กังพิศดาร 42

โพรโทคอลการถ่ายโอนไฟล์อย่างมั่นคงปลอดภัยที่มีคุณสมบัติการพิสูจน์ตัวจริงและรองรับการใช้งานจำนวนมาก
ชาลี ธรรมรัตน์ สิรภูมิ เพ็ชรโต ศุภกร กังพิสดาร 48

A Certificate-Based Management System for Multiple Cloud Environment
มโนชา นามบุรี ศุภกร กังพิสดาร 55

การปรับปรุงความมั่นคงปลอดภัยของโพรโทคอล DHCP
อิศรา รักอิสระ ศุภกร กังพิสดาร 61

การศึกษา การประยุกต์ใช้ข้อมูลที่ฝังในภาพถ่ายสถานที่เกิดเหตุและวัตถุพยาน สำหรับงานนิติวิทยศาสตร์
อนุวัต ปิลาผล ศุภกร กังพิสดาร 68

Area3: Communication and Networking

IMPLEMENTATION OF RSSI-BASED 3D INDOOR LOCALIZATION USING WIRELESS SENSOR NETWORKS BASED ON ZIGBEE STANDARD
Thanapong Chuenurajit Dwi Joko Suroso Panarat Cherntanomwong 74

การเพิ่มประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ด้วยฟัซซีลอจิก
วีระชัย แย้มวจี อำนวย เรืองวารี 78

การปรับปรุงโพรโตคอลโมบายไอพีรุ่นที่ 6 โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากระดับชั้นสื่อสารที่ 2 และ 1
ณัฐพล อึ่งน้อย ประวิทย์ ชุมชู 82

© NCIT2012, 26 – 27 April, Cha-am, Thailand. ISBN: 978 – 974 – 8242 – 72 – 9

การเพิ่มประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ด้วยฟัซซี่ลอจิก

วีระชัย แย้มวงี[1] และ อำนวย เรืองวารี[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี
[2]ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี
Emails: weerachai.y@en.rmutt.ac.th, amnoiy@hotmail.com

บทคัดย่อ

เครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้มีโครงสร้างของระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากโหนดสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ทำให้เส้นทางการสื่อสารมีโอกาสที่จะขาดการติดต่อได้บ่อยครั้ง เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพในการสื่อสารลดลงได้ โพรโทคอลที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายก็คือเอโอดีวี ซึ่งถูกกำหนดโดยไออีทีเอฟ ให้เป็นมาตรฐานหนึ่งในการใช้งานบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ แต่ก็ยังมีปัญหาเกิดขึ้น ในกรณีที่มีการส่งข้อมูลในระบบมากขึ้นจนเกิดความแออัดของข้อมูล ในเอกสารงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของเอโอดีวีด้วยวิธีการทางฟัซซี่ลอจิก ในการกำหนดเงื่อนไขและทางเลือกให้กับเอโอดีวีที่มีความหลากหลายของข้อจำกัด ให้สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่ดีที่สุด จากการทดลองได้ใช้โปรแกรม NS-2 จำลองการทำงานและวัดประสิทธิภาพโพรโทคอลเอโอดีวีกับโพรโทคอลที่ได้นำเสนอการปรับปรุง (AODVFL) พบว่าโพรโทคอลที่ได้นำเสนอสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพดีกว่า โดยดูได้จากค่าอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล ในกรณีที่มีการส่งข้อมูลในระบบมากขึ้นจนเกิดความแออัดของข้อมูล

คำสำคัญ– เครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้; เอโอดีวี; ฟัซซี่ลอจิก

1. บทนำ

เครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ (Mobile Ad hoc Network - MANET)[1],[2] เป็นเครือข่ายของอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ได้ มีการติดต่อสื่อสารกันเพื่อส่งข้อมูลกันอย่างอิสระ ไม่มีการควบคุมจากส่วนกลาง รูปแบบของเครือข่ายสามารถปรับเปลี่ยนตัวเองได้ ทำให้เกิดปัญหาในการจัดการเส้นทาง (Routing Protocols) จากปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาโพรโทคอลที่ใช้จัดการเส้นทางในการส่งข้อมูลเกิดขึ้น เพื่อให้การสื่อสารข้อมูลทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โพรโทคอลค้นหาเส้นทาง สำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มที่มีการสร้างตารางเส้นทางไว้ก่อน (Proactive) ได้แก่ DSDV[3], CGSR และ WRP และกลุ่มที่จะสร้างเส้นทางเมื่อมีการร้องขอ (Reactive) ได้แก่ AODV[4], DSR[5], TORA, ABR และ SSR

กลุ่มที่มีการสร้างตารางเส้นทางไว้ก่อน จะมีข้อดีคือ ไม่เสียเวลาในการประมวลผล จึงทำให้ค่าการหน่วงตลอดเส้นทาง (End-to-End delay) น้อย แต่ข้อเสียคือสิ้นเปลืองพื้นที่จัดเก็บตารางเส้นทาง และจะต้องมีการรับส่งข้อมูล เพื่อทำการปรับปรุงตารางเส้นทางอยู่ตลอดเวลา ทำให้เกิดการจราจรเพิ่มขึ้นในเครือข่าย (Overhead) ส่วนกลุ่มที่จะสร้างเส้นทางเมื่อมีการร้องขอ ข้อดีคือไม่สิ้นเปลืองพื้นที่จัดเก็บตารางเส้นทาง เพราะจะทำการสร้างเส้นทางเฉพาะตอนที่มีการร้องขอจากต้นทาง ที่ต้องการส่งข้อมูลไปยังปลายทางเท่านั้น แต่ข้อเสียก็คือจะใช้เวลาในการตัดสินใจเลือกเส้นทางมากขึ้น ถ้าไม่เคยมีการติดต่อไปยังปลายทางเลย

งานวิจัยฉบับนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อทำการศึกษาผลกระทบของความหนาแน่นของการจราจรในเครือข่าย กับโพรโทคอลค้นหาเส้นทาง ด้วยการทดลองบนระบบจำลองการทำงานของเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ โดยใช้โปรแกรม Network Simulator 2 (NS-2) แล้วทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น แล้วทำการปรับปรุงด้วยวิธีการทางฟัซซี่ลอจิก แล้วประเมินผลด้วยตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานของโพรโทคอลค้นหาเส้นทาง

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้งานเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ งานวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจด้วยเทคนิคการปรับอัตราการส่งข้อมูลแบบพลวัต[7] ได้แสดงให้เห็นว่าการเกิดความแออัดเกิดจากการส่งข้อมูลมากเกินไป จึงต้องมีวิธีการปรับอัตราการส่งที่เหมาะสม ส่วนงานวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพทีซีพีด้วยโพรโทคอลค้นหาเส้นทางแบบพิจารณาเส้นทางสำรองด้วยกลไกทางฟีดแบ็คสำหรับเครือข่ายไร้สายแอดฮอค[9] ได้แสดงให้เห็นว่าการเกิดปัญหาความแออัดอาจจะเกิดจากการที่เส้นทางการส่งข้อมูลมีปัญหา เนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของโหนดที่ถูกใช้งานเกิดหลุดออกจากรัศมีการให้บริการ จึงต้องมีการหาเส้นทางสำรองเก็บไว้ เพื่อใช้งานในตอนที่เส้นทางหลักเกิดปัญหา และในงานวิจัยการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบในทอพอโลยีและโพรโทคอลการค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายไร้สายแบบเฉพาะกิจ[8] ในสภาพแวดล้อมจริงการที่จะเกิดปัญหาจากเส้นทางหลักไม่สามารถให้บริการได้และยังไม่มีเส้นทางสำรองอื่นแทนได้นั้นก็เกิดขึ้นได้ ดังนั้นจากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าเงื่อนไขในการทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลงมีได้หลายด้าน

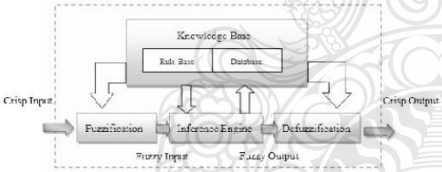
© NCIT2012, 26 – 27 April, Cha-am, Thailand. ISBN: 978 – 974 – 8242 – 72 – 9

หลายรูปแบบและมีวิธีการแก้ไขที่หลากหลาย การนำเอาฟัซซี่ลอจิกมาช่วยตัดสินใจจะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพดีที่สุดในทุกกรณี

2.1. ฟัซซี่ลอจิก

ฟัซซี่ลอจิก[13]นิยมในการแก้ความผิดพลาดประสิทธิภาพสูง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการรับข้อมูลผ่านช่องสัญญาณแบนด์วิดธ์จำกัด ที่ข้อมูลมักถูกรบกวนจากสัญญาณรบกวนต่างๆ การประยุกต์ใช้งานโดยทั่วไป จะใช้ในการจำลองความรู้ หรือประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ โดยการใช้เหตุผล หรือ การตัดสินใจต่อสภาวะการณ์ต่างๆ ของมนุษย์นั้น สามารถเขียนอยู่ในรูปเชิงภาษาศาสตร์ของ ระบบกฎเกณฑ์ (Rule-based System) คือ เงื่อนไข IF/THEN หรือ อยู่ในรูปอื่นที่เท่าเทียมกัน เช่น เมทริกซ์เปลี่ยนหมู่ฟัซซี่ (Fuzzy Associative Matrices)

ในทางปฏิบัติ การนำกฎเกณฑ์ความชำนาญนี้มาใช้งาน มักจะเกี่ยวข้องกับค่าที่แน่นอน เช่น ค่าที่ได้จากการวัด และค่าที่ส่งออกเพื่อใช้งานก็มักจะเป็นค่าที่แน่นอนเช่นเดียวกัน ส่วนที่ทำการแปลงค่ารับเข้าที่เป็นค่าแน่นอนนี้ ไปสู่เซตภัชนัย ด้วยฟังก์ชันภาวะสมาชิก เรียกว่า ตัวทำให้คลุมเครือ (Fuzzifier) และส่วนที่ทำการส่งค่าผลลัพธ์จากเงื่อนไขไปสู่ค่าแน่นอนเพื่อส่งออกไปใช้งานจริง เรียก ตัวกำจัดความคลุมเครือ (Defuzzifier) นอกจากนั้นแล้วในการสร้างกฎเกณฑ์ฟัซซี่ ที่มีตัวแปรค่ารับเข้าเป็นจำนวนมาก ให้ครอบคลุมทุกเงื่อนไขนั้นเป็นไปได้ยากในทางปฏิบัติ บางครั้งจึงต้องมีการผสมเงื่อนไขหลายเงื่อนไขในกฎเกณฑ์ฟัซซี่เข้าด้วยกัน โดยมีส่วนตีความผลลัพธ์ร่วมจากการผสมเงื่อนไข เรียก เครื่องอนุมานฟัซซี่ (Fuzzy Inference Engine) ซึ่งมีหลายชนิดด้วยกัน



รูปที่ 1. โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี่ลอจิก

จากรูปที่ 1 การประมวลผลแบบฟัซซี่ลอจิก มีรูปแบบการทำงานเป็น 4 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 เป็นการแปลงอินพุตที่เป็นค่าจริง (Crisp input) ให้เป็นอินพุตแบบตัวแปรฟัซซี่ โดยสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ซึ่งจะมีลักษณะเป็นการกำหนดภาษาสามัญ ขั้นตอนที่ 2 เป็นการหาฟัซซี่อินพุต โดยมีการสร้างกฎฟัซซี่แบบ IF <Condition> THEN <Action> เพื่อนำมาแปลงค่าฟัซซี่สำหรับการประมวลผลโดยใช้วิธีทางคณิตศาสตร์ ส่วนใหญ่เลือกใช้ Max-Min Method ขั้นตอนที่ 3 เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับเอาต์พุตที่อาศัยหลักการของการหาเหตุและผล โดยเขียนเป็นกฎการควบคุมระบบ ซึ่งจะมีลักษณะอยู่ในรูปแบบ ถ้า (IF) และ (AND) หรือ (OR) ซึ่งเป็นภาษาสามัญ นำกฎทั้งหมดมาประมวลผลรวมกัน เพื่อตัดสินใจหาเหตุผลที่เหมาะสม และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการสรุปเหตุผลฟัซซี่ โดยจะเปลี่ยนฟัซซี่เอาต์พุตให้เป็นค่าจริงของเอาต์พุตด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ เช่น วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง (Central Of Gravity) เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการตัดสินใจที่เหมาะสม ดังตัวอย่างในสมการที่ 1

$$f(x) = \frac{\sum_{i=1}^{6} \bar{y} \left[\prod_{i=1}^{2} \mu_{A_i}(x_i) \right]}{\sum_{i=1}^{6} \left[\prod_{i=1}^{2} \mu_{A_i}(x_i) \right]} \quad (1)$$

2.2. เอโอดีวี

เอโอดีวีมีพื้นฐานมาจากดีเอสดีวีแต่มีการทำงานเป็นแบบ Reactive คือมีกระบวนการหาเส้นทางเกิดขึ้น เมื่อมีการร้องขอใช้เส้นทาง โดยจะมีการส่ง RREQ จากโหนดต้นทางไปยังโหนดข้างเคียงและกระจายไปเรื่อยๆจนถึงโหนดปลายทาง โหนดปลายทางก็จะตอบ RREP กลับมาโดยเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดจากข้อมูลใน RREQ ที่ได้รับ เมื่อโหนดต้นทางได้รับ RREP แล้วก็จะสามารถส่งข้อมูลไปยังโหนดปลายทางได้ ในทางปฏิบัติ เอโอดีวีมีการทำงานลดลงจากการที่เกิดการแออัดของข้อมูล เนื่องมากจากกระจายข้อมูล RREQ จะทำให้เกิดข้อมูลจำนวนมาก การส่งข้อมูลที่ล่าช้า เนื่องมาจากเส้นทางหลักมีปัญหา แล้วมีการหาเส้นทางสำรองเพื่อใช้งานแทน

2.3. Network Simulator 2 (NS-2)

NS-2 เป็นเครื่องมือในการจำลองเหตุการณ์ต่อเนื่องในระบบเครือข่าย ใช้ในการจำลองการทำงานของโพรโทคอลค้นหาเส้นทาง มีการใช้อย่างแพร่หลายในการทำวิจัยเกี่ยวกับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ มีการสนับสนุนโพรโทคอลที่มีใช้งานในระบบเครือข่าย และยังรองรับการจำลองทั้งเครือข่ายแบบมีสายและไร้สายด้วย

3. วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพด้วยวิธีการทางฟัซซี่ลอจิก

จากงานวิจัยหลายฉบับ[10],[11],[12] ได้นำเสนอวิธีการนำเอาฟัซซี่ลอจิกมาช่วยในการตัดสินใจในกระบวนการทำงานต่างๆของเอโอดีวี เพื่อขจัดปัญหาที่จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง ซึ่งจำเป็นต้องนำฟัซซี่ลอจิกมาใช้งานในทุกๆกระบวนการ ถึงจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้มากที่สุด ดังนั้นเงื่อนไขของฟัซซี่ต้องครอบคลุมในหลายส่วน เพื่อให้มีความหลากหลายในการตัดสินในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

ปกติในการเลือกเส้นทางเอโอดีวีจะดูจากจำนวนเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงอย่างเดียว ดังนั้นเพื่อให้การทำงานของฟัซซี่ลอจิกหลากหลาย จะมีการเพิ่มข้อมูลของโหนดเข้าไป เช่น อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เวลาเฉลี่ยในการส่งข้อมูล RREQ พลังงานของแหล่งจ่าย และกำลังส่งแต่ละโหนด เพื่อใช้เลือกเส้นทางที่มีปัญหาน้อยที่สุด และจะได้มีเส้นทางสำรองเกิดขึ้นในคราวเดียวกันด้วย

วิธีที่นำเสนอจะกำหนดอินพุตจำนวน 5 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนระยะทาง (hop) ความแรงของกำลังส่ง (signal) ระดับพลังงานของ

© NCIT2012, 26 – 27 April, Cha-am, Thailand. ISBN: 978 – 974 – 8242 – 72 – 9

แหล่งจ่ายไฟ (batt) เวลาเฉลี่ยในการส่งข้อมูล RREQ (time) และ อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล (ratio) ซึ่งในแต่ละตัวแปรจะมีค่าอยู่ 3 ระดับ คือ สูง (high) ปานกลาง (medium) และต่ำ (low) และกำหนดเอาพุตจำนวน 3 ตัวแปร ได้แก่ อัตราการส่งข้อมูล (rate) ช่วงเวลาการหยุดรอ (backoff) และความน่าเชื่อถือของแต่ละเส้นทาง (reliable) ซึ่งในแต่ละตัวแปรจะมีค่าอยู่ 5 ระดับ คือ สูงมาก (very high) สูง (high) ปานกลาง (medium) ต่ำ (low) และต่ำมาก (very low) โดยมีความสัมพันธ์ของอินพุตกับเอาต์พุตเป็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของอินพุตกับเอาต์พุต

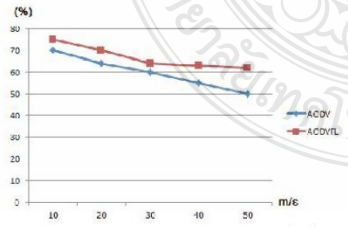
hop	batt	signal	ratio	time	rate	backoff	reliable
low	high	high	high	low	very high	very low	very high
low	low	low	low	high	low	high	low
low	low	low	low	low	medium	medium	low
medium	medium	medium	medium	medium	medium	medium	medium
high	high	high	high	high	low	high	high
high	high	high	high	low	high	high	high
high	low	low	low	high	very low	very high	very low

4. การทดสอบ

การทดสอบจะใช้การจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้บน NS-2 โดยมีการกำหนดสภาพแวดล้อมด้วยพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ จำนวนโหนด 100 โหนดเคลื่อนที่แบบ Random Waypoint บนพื้นที่ขนาด 1,000x1,000 ตารางเมตร แต่ละโหนดมีขอบเขตของกำลังส่งประมาณ 250 เมตร ช่องสัญญาณมีแบนด์วิดธ์ 2 เมกะบิต การเคลื่อนที่ของโหนดที่ความเร็ว 10, 20, 30, 40, 50 เมตรต่อวินาที การส่งข้อมูลจะใช้การส่งแบบคงที่ขนาด 512 ไบต์ อัตราการส่งที่ 100 แพ็กเก็ตต่อวินาที จากโหนดต้นทางจำนวน 20 โหนด เวลาในการจำลอง 1,500 วินาที ทำการทดลองทั้งหมด 5 รอบ แล้วเฉลี่ยผลมาทำการวาดกราฟอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล และการหน่วงเวลาตลอดเส้นทาง

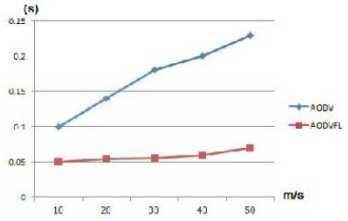
5. ผลการทดลอง

จากรูปที่ 2 แสดงกราฟของอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลเทียบกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของแต่ละโหนด



รูปที่ 2. อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลเทียบกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของแต่ละโหนด

จากรูปที่ 3 แสดงกราฟของการหน่วงเวลาตลอดเส้นทางเทียบกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของแต่ละโหนด



รูปที่ 3. การหน่วงเวลาตลอดเส้นทางเทียบกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของแต่ละโหนด

จากผลการทดลองพบว่าวิธีที่นำเสนอด้วยการนำเอาฟัซซี่ลอจิกมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ทำให้อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลเพิ่มขึ้น และการหน่วงเวลาตลอดเส้นทางลดลงจากเอโอดีวีต้นแบบ

6. สรุป

งานวิจัยที่ได้นำเสนอ ได้แสดงถึงวิธีการนำเอาฟัซซี่ลอจิกมาปรับปรุงกระบวนการทำงานของระบบเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ด้วยการกำหนดสาเหตุของปัญหาและวิธีการแก้ไขจากหลากหลายวิธีมาใช้งานอย่างเหมาะสม ทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น

สำหรับงานวิจัยในอนาคตจะทำการนำเอาแนวทางที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ไปทดลองกับโพรโทคอลอื่น ๆ เพื่อหาสาเหตุของปัญหาและวิธีแก้ไขในแต่ละโพรโทคอล

เอกสารอ้างอิง

[1] "IETF Mobile Ad-Hoc Network Working Group," Available from: http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html, 2004.

[2] S. Corson and J. Macker, "Mobile Ad hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations," RFC 2501, January 1999.

[3] Charles E. Perkins and Pravin Bhaqwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers," SIGCOMM, August 1994.

[4] Charles E. Perkins, Elisabeth M. Belding-Royer and Samir R. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," RFC 3561, July 2003.

[5] David B' Johnson, David A. Maltz and Yih-Chun Hu, "The Dynamic Source Routing Protocol (DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4," RFC 4728, February 2007.

[6] Jintana Nakasuwan and Paitoon Rakluea, "Performance Comparison of AODV and OLSR for MANET," International Conference on Control,

© NCIT2012, 26 – 27 April, Cha–am, Thailand. ISBN: 978 – 974 – 8242 – 72 – 9

Automation and Systems 2010, Gyeonggi-do, Korea, pp. 1974-1977, October 27-30, 2010.

[7] ประทีป ปรุงประเสริฐ และศักดิ์ชัย ทิพย์จักบุรัตน์, "การเพิ่มประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจด้วยเทคนิคการปรับอัตราการส่งข้อมูลแบบพลวัต". **การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์** ครั้งที่ 8, หน้า 243-246, 22-23 เมษายน 2553.

[8] วริส จันอิ และสกุณา เจริญปัญญาศักดิ์. "การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบในทอพอโลยีและโพรโทคอลการค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายไร้สายแบบเฉพาะกิจ". **การประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ** ครั้งที่ 6, หน้า 297-302, 3-5 มิถุนายน 2553.

[9] ธนรรษ พานนิล และศักดิ์ชัย ทิพย์จักบุรัตน์. "การเพิ่มประสิทธิภาพทีซีพีด้วยโพรโทคอลค้นหาเส้นทางแบบพิจารณาเส้นทางสำรองด้วยกลไกทางฟีดแบ็คสำหรับเครือข่ายไร้สายแอดฮอค". **การประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ** ครั้งที่ 7, หน้า 631-637, 11-12 พฤษภาคม 2554.

[10] Hui Liu, Jie Li, Yan-Qing Zhang and Yi Pan, "An Adaptive Genetic Fuzzy Multi-path Routing Protocol for Wireless Ad-Hoc Networks," In the Proceedings of Sixth International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing and First ACIS International Workshop on Self-Assembling Wireless Networks (SNPD/SAWN'05), SNPD 2005, pp.468-475.

[11] A. Banerjee and P. Dutta, "Fuzzy-Controlled Route Discovery For Mobile Ad Hoc Networks," International Journal of Engineering Science and Technology, 2010, pp.2347-2353.

[12] S. Marwaha, D. Srinivasan, K. T. Chen and A. Vasilakos, "Evolutionary fuzzy multi-objective routing for wireless mobile ad hoc networks," Congress on Eutionary Computation, pp.1964-1971.

[13] C.C. Lee, " Fuzzy logic in control systems: fuzzy logic controller-Part I and II," IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, pp.404–418.

ECTI - CARD 2012
การประชุมวิชาการ งานวิจัย
และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 4
เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์การกีฬา
ระบบรักษาความปลอดภัย การควบคุมการเข้าถึง
การยืนยันตัวตน ระบบตรวจจับ
การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ตามบ้าน เครือข่ายสังคม
เครือข่ายไร้สาย
การเรียนรู้การสอนทางไกล การศึกษาบันเทิง
คอมพิวเตอร์เอนิเมชั่น
การประหยัดพลังงาน การจัดการพลังงานบ้านอัตโนมัติ
การขนส่ง การควบคุมจราจร การจัดการอุตสาหกรรม
ธุรกิจการธนาคาร การท่องเที่ยว และการโรงแรม
การกู้ภัย ระบบเตือนภัย และการพยากรณ์
เกษตรกรรม อุตสาหกรรมเกษตร
Faculty of Engineering
Rajamangala University Of Technology Thanyaburi
ECTI
Association

Committee

Steering Committee

รศ.ดร.ประยุทธ อัครเอกฬาลิน (KMUTNB)

รศ.ดร.โกสินทร์ จำนงไทย (KMUTT)

รศ.ดร.วุฒิพงษ์ อารีกุล (KU)

General Chair

ศ.ดร.โมไนย ไกรฤกษ์ (KMITL)

ศ.ดร.ประภาส จงสถิตวัฒนา (CU)

General Co-Chairs

รศ.ดร.นำยุทธ สงค์ธนาพิทักษ์ (RMUTT)

ผศ.ดร.สมหมาย ผิวสอาด (RMUTT)

Technical Program Chair

รศ.ดร.ชาลี เจริญลาภนพรัตน์ (SIIT)

Technical Program Co-Chair

ผศ.จินตนา นาคะสุวรรณ (RMUTT)

Local Arrangement Chair

ดร.ไพฑูรย์ รักเหลือ (RMUTT)

Publication Chair

ผศ.ธนะพงศ์ นพวงศ์ ณ อยุธยา (RMUTT)

Publicity Chair

มาโนช ประชา (RMUTT)

Finance Chairs

วิโรจน์ พิราจเนนชัย (RMUTT)

รุจิพรรณ สัมปันณา (BU)

ไพริน แก้วกวย (ECTI)

Exhibition Chair

สมชาย เบียนสูงเนิน (RMUTT)

Workshop Chair

ดร.ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล (RMUTT)

General Secretary

ดร.วิสิทธิ์ ล้อธรรมจักร (RMUTT)

General Assistant Secretary

ผศ.วัฒนา พันธ์ลำเจียก (RMUTT)

Technical Program Committee

ผศ.ดร.ปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์ (NPRU)

ดร.จีรนุช เสงี่ยมศักดิ์ (KKU)

รศ.ดร.อภินันท์ ธนชยานนท์ (KMITL)

ดร.กสิน วิเชียรชม (KMITL)

ดร.นิธิโรจน์ พรสุวรรณเจริญ (RMUTI)

ดร.ก้องภพ อยู่เย็น (NASA)

รศ.ดร.กนก เจนจิระพงศ์เวช (KMITL)

ดร.วันวิสา ชัชวงษ์ (KMITL)

รศ.ดร.ธำรงรัตน์ อมรรักษา (KMUTT)

รศ.ดร.จันทนา จันทราพรชัย (SU)

ดร.สุภาภรณ์ เกียรติสิน (MU)

ดร.กิติวัณณ์ นิ่มเกิดผล (RMUTT)

รศ.ณรงค์ บวบทอง (TU)

ดร.วินัย วิชัยพาณิชย์ (RMUTT)

ผศ.ดร.พงษ์ศักดิ์ กีรติวินทกร (KMUTNB)

ดร.กมล เขมะรังษี (NECTEC)

ดร.มัชฌิกา อ่องแตง (DPU)

ดร.ดามพ์เมษ บุญยะเวศ (TU)

รศ.ดร.ชวลิต เบญจางคประเสริฐ (KMITL)
ดร.ณัฐพงศ์ ศรีรัตน์ (Skyworks)
ผศ.ดร.ดวงอาทิตย์ ศรีมูล (RSU)
รศ.เวก วิเวก (KMUTNB)
ดร.สมมาตร แสงเงิน (MUT)
ดร.ศราวุธ ชัยมูล (KMUTNB)
ผศ.ดร.เบญจมาศ พนมรัตนรักษ์ (KMUTT)
ดร.อิทธิเศก นิลกำแหง (SIIT)
รศ.ดร.เดวิด บรรเจิดพงศ์ชัย (CU)
ดร.พีระยศ แสนโภชน์ (KU)
ผศ.ดร.จิรวัฒน์ คชสาร (RMUTT)
ผศ.ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์ (RMUTT)
ผศ.ดร.ณัฐภพ นิ่มปิติวัน (BU)
ผศ.ดร.ธวัชชัย เดชัชอนันต์ (CU)
ผศ.ดร.ปานจิต ดำรงกุลกำจร (KU)
ดร.ณฐภัทร พันธ์คง (RMUTT)
ผศ.ดร.สมชัย หิรัญวโรดม (RMUTT)
ดร.สุรินทร์ แหงมงาม (RMUTT)
รศ.ดร.พรชัย ทรัพย์นิธิ (KMITL)
ดร.วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์ (RMUTI)
ผศ.ดร.สมเกียรติ ฤกษ์วรัญญู (KMITL)
ผศ.ดร.ยุพิน สรรพคุณ (KMUTNB)
ดร.สมเกียรติ์ อุดมหรรษากุล (RMUTSB)
ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร (RMUTT)
Mr.Lin M.M. Myint (SIU)
ดร.วิสิทธิ์ ล้อธรรมจักร (RMUTT)

คำสั่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ที่ 997 / 2555

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 4

เพื่อให้การดำเนินการจัดการประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 4 ที่จะจัดขึ้นในระหว่างวันที่ 18 – 22 มิถุนายน 2555 ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย มีประสิทธิภาพ และบังเกิดผลดีต่อทางราชการ

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 27 (4) และ (9) แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พ.ศ. 2548 จึงแต่งตั้งผู้ดำรงตำแหน่งและผู้มีรายนามข้างท้ายนี้ เป็นคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 4 โดยมีหน้าที่ติดต่อประสานงาน และดำเนินกิจกรรมฝ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดประชุมฯ ประกอบด้วย

1.	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์		ที่ปรึกษา
2.	รองคณบดีฝ่ายวิชาการ		ที่ปรึกษา
3.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนะพงศ์	นพวงศ์ ณ อยุธยา	ประธานกรรมการ
4.	นายวันชัย	ทรัพย์สิงห์	รองประธานและกรรมการ
5.	นายวิโรจน์	พิราจเนนชัย	รองประธานและกรรมการ
6.	นายมาโนช	ประชา	รองประธานและกรรมการ
7.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรวัฒน์	คชสาร	กรรมการ
8.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐวุฒิ	โสมะเกษตรินทร์	กรรมการ
9.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริชัย	แดงเอม	กรรมการ
10.	นายไพฑูรย์	รักเหลือ	กรรมการ
11.	นายยศธน	เหลือภากร	กรรมการ
12.	นายอัครเดช	รัตนพงษ์เพียร	กรรมการ
13.	นายเกียงศักดิ์	เหลือประเสริฐ	กรรมการ
14.	นางสาวอภิรดา	นามแสง	กรรมการ
15.	นายวันเฉลิม	ชั้นวัฒนพงศ์	กรรมการ
16.	นายสมชาย	เบียนสูงเนิน	กรรมการ
17.	นายนัครชัย	ศุภพิพักษ์สกุล	กรรมการ
18.	นายชาติชาย	น้อยสุวรรณ	กรรมการ
19.	นายองอาจ	แสดใหม่	กรรมการ
20.	นายเจษฎา	อรุณฤกษ์	กรรมการ
21.	นายเดชรัชต์	ใจถวิล	กรรมการ
22.	นายสมรรถชัย	จันทรัตน์	กรรมการ

..../23.นางสาววัชรากร

23. นางสาววัชรากร	บุรานนท์	กรรมการ
24. นางสาววิไล	สุขมูลศิริ	กรรมการ
25. นายภูเบต	แสงมะยะหมัด	กรรมการ
26. นายสมยศ	จันเฮ้า	กรรมการ
27. นายพิสันต์	แสนศึก	กรรมการ
28. นายสราวุธ	ทองรอด	กรรมการ
29. นายพงษธร	สุนธรแก้ว	กรรมการ
30. นางพงษ์ศรี	เต่าจันทร์	กรรมการ
31. นางชบารัตน์	อุ่นแจ่ม	กรรมการ
32. นายอภิชาติ	ทองมา	กรรมการ
33. นายอธิภัทร	ขอมสระน้อย	กรรมการ
34. นายบุญชอบ	วิกไสว	กรรมการ
35. นางชุติกาญจน์	แก่นเพ็ชร	กรรมการ
36. นางสาวดวงเดือน	สาทพุ่ม	กรรมการ
37. นายวิริยะ	กล่อมเกลี้ยง	กรรมการ
38. นายวิมล	เหมะธุลิน	กรรมการ
39. นายพงษ์ศักดิ์	พงษ์เจริญ	กรรมการ
40. นายวิสิทธิ์	ล้อธรรมจักร	กรรมการและเลขานุการ
41. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัฒนา	พันธ์ลำเจียก	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป จนกว่าการประชุมจะแล้วเสร็จ

สั่ง ณ วันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2555

(รองศาสตราจารย์ ดร.นำยุทธ สงค์ธนาพิทักษ์)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารบัญ

Networking

1087	การเพิ่มประสิทธิภาพของค่าปริมาณงานในระบบแลนไร้สายโดยการประยุกต์ใช้วิธีการรวมกลุ่มลิ้งค์	90
1068	แบบจำลองฟังชันมัลติโฮมมิงในสตีมคอนโทรลทรานสมิสชันโพรโทคอลโดยใช้คัลเลอร์พริติเนท	96
1057	การติดตั้งและตรวจสอบเครือข่ายไร้สายแบบเมช	102
1054	ระบบการจัดการสถานีตรวจวัดและอุปกรณ์เกตเวย์ในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย	108
1013	การเพิ่มประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจด้วยฟัซซี่ลอจิก	114

Energy Saving and Environment

1009	การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศด้วยการควบคุมการระบายอากาศตามปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	120
1035	ระบบบริหารจัดการข้อมูลเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิเพื่อประหยัดพลังงาน	126
1007	เทคนิคการปรับเทียบการทำนายค่าอุณหภูมิสูงสุดจากไฟล์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศชนิดแอสกี	132
1042	การพัฒนาระบบตรวจวัดระดับออกซิเจนละลายแบบไร้สายเพื่อใช้ควบคุมเครื่องเติมอากาศในแหล่งน้ำ	138
1018	เครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรงแบบสองระบบ	144

Communication II

1040	การออกแบบและพัฒนาเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมแบบพกพาโดยใช้แอร์วิว2 และแทปเลทบน ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	152
1020	ระบบแสดงสมรรถนะของรถยนต์ผ่านโครงข่ายไร้สาย	158
1008	การระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยการวัดความแรงสัญญาณวิทยุแบบไร้สาย	163
1027	กระบวนการทำดิทเธอร์โดยใช้ชุดพัฒนาการเรียนรู้ดิจิตอลออดิโอ	169
1036	การออกแบบและสร้างต้นแบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อการประยุกต์ใช้สำหรับระบบเฝ้าระวังและควบคุม	174

การเพิ่มประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจด้วยฟัซซี่ลอจิก

วีระชัย แย้มวจี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
weerachai.y@en.rmutt.ac.th

อำนวย เรืองวารี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
amnoiy@hotmail.com

บทคัดย่อ

เครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้มีโครงสร้างของระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากโหนดสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ทำให้เส้นทางการสื่อสารมีโอกาสที่จะขาดการติดต่อได้บ่อยครั้ง เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพในการสื่อสารลดลงได้ โพรโทคอลที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายก็คือเอโอดีวี ซึ่งถูกกำหนดโดยไออีทีเอฟให้เป็นมาตรฐานหนึ่งในการใช้งานบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนได้ แต่ก็ยังมีปัญหาเกิดขึ้น ในกรณีที่มีการส่งข้อมูลในระบบมากขึ้นจนเกิดความแออัดของข้อมูล ในเอกสารงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของเอโอดีวีด้วยวิธีการทางฟัซซี่ลอจิก ในการกำหนดเงื่อนไขและทางเลือกให้กับเอโอดีวีที่มีความหลากหลายของข้อจำกัด ให้ทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่ดีที่สุด จากการทดลองได้ใช้โปรแกรม NS-2 จำลองการทำงานและวัดประสิทธิภาพโพรโทคอลเอโอดีวีกับโพรโทคอลที่ได้นำเสนอการปรับปรุง พบว่าโพรโทคอลที่ได้นำเสนอสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพดีกว่า โดยดูได้จากค่าอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล ในกรณีที่มีการส่งข้อมูลในระบบมากขึ้นจนเกิดความแออัดของข้อมูล

Abstract

Wireless mobile ad hoc network has the structure of the system have changed. Because nodes can move freely. The communication path is likely to lost. As a result, reduced the efficiency of communication. Protocol AODV that is used widely. It has been determined by the IETF as a standard one in use on a mobile ad hoc wireless network. But a problem arises. In the case of the transport system up to the congestion of data. In this study presents a method for increasing the effectiveness of AODV by fuzzy logic. In determining the criteria and alternatives to AODV with a variety of restrictions. The best work environment. Of experiments using NS-2 simulation and measurement protocol in the AODV protocol with the present improvement. The protocol of the present work the better. In view of the success rate of data transmission. In the case of the transport system up to the congestion of data.

คำสำคัญ

เครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจ, เอโอดีวี, ฟัซซี่ลอจิก

1. บทนำ

เครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ (Mobile Ad hoc Network - MANET)[1-2] เป็นเครือข่ายของอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ได้ มีการติดต่อสื่อสารกันเพื่อส่งข้อมูลกันอย่างอิสระ ไม่มีการควบคุมจากส่วนกลาง รูปแบบของเครือข่ายสามารถปรับเปลี่ยนตัวเองได้ ทำให้เกิดปัญหาในการจัดการเส้นทาง (Routing Protocols) จากปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาโพรโทคอลที่ใช้จัดการเส้นทางในการส่งข้อมูลเกิดขึ้น เพื่อให้การสื่อสารข้อมูลทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โพรโทคอลค้นหาเส้นทาง สำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มที่มีการสร้างตารางเส้นทางไว้ก่อน (Proactive) ได้แก่ DSDV[3], CGSR และ WRP และกลุ่มที่จะสร้างเส้นทางเมื่อมีการร้องขอ (Reactive) ได้แก่ AODV[4], DSR[5], TORA, ABR และ SSR กลุ่มที่มีการสร้างตารางเส้นทางไว้ก่อน จะมีข้อดีคือ ไม่เสียเวลาในการประมวลผล จึงทำให้ค่าการหน่วงตลอดเส้นทาง (End-to-End delay) น้อย แต่ข้อเสียคือสิ้นเปลืองพื้นที่จัดเก็บตารางเส้นทาง และจะต้องมีการรับส่งข้อมูล เพื่อทำการปรับปรุงตารางเส้นทางอยู่ตลอดเวลา ทำให้เกิดการจราจรเพิ่มขึ้นในเครือข่าย (Overhead) ส่วนกลุ่มที่จะสร้างเส้นทางเมื่อมีการร้องขอ ข้อดีคือไม่สิ้นเปลืองพื้นที่จัดเก็บตารางเส้นทาง เพราะจะทำการเส้นทางเฉพาะตอนที่มีการร้องขอของต้นทาง ที่ต้องการส่งข้อมูลไปยังปลายทางเท่านั้น แต่

ข้อเสียก็คือจะใช้เวลาในการตัดสินใจเลือกเส้นทางมากขึ้น ถ้าไม่เคยมีการติดต่อไปยังปลายทางเลย

งานวิจัยฉบับนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อทำการศึกษาผลกระทบของความหนาแน่นของการจราจรในเครือข่าย กับโพรโทคอลค้นหาเส้นทาง ด้วยการทดลองบนระบบจำลองการทำงานของเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ โดยใช้โปแกรม Network Simulator 2 (NS-2) แล้วทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น แล้วทำการปรับปรุงด้วยวิธีการทางฟัซซี่ลอจิก แล้วประเมินผลด้วยตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานของโพรโทคอลค้นหาเส้นทาง

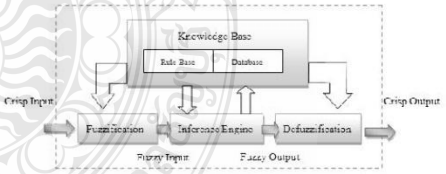
2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้งานเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ งานวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจด้วยเทคนิคการปรับอัตราการส่งข้อมูลแบบพลวัต[7] ได้แสดงให้เห็นว่าการเกิดความแออัดเกิดจากการส่งข้อมูลมากเกินไปจึงต้องมีวิธีในการลดอัตราการส่งลงที่เหมาะสม ส่วนงานวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพทีซีพีด้วยโพรโทคอลค้นหาเส้นทางแบบพิจารณาเส้นทางสำรองด้วยกลไกทางฟีดแบ็คสำหรับเครือข่ายไร้สายแอดฮอค[9] ได้แสดงให้เห็นว่าการเกิดปัญหาความแออัดอาจจะเกิดจากการที่เส้นทางการส่งข้อมูลมีปัญหา เนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของโหนดที่ถูกใช้งานเกิดหลุดออกจากรัศมีการให้บริการ จึงต้องมีการหาเส้นทางสำรองเก็บไว้ เพื่อใช้งานในตอนที่เส้นทางหลักเกิดปัญหา และในงานวิจัยการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบในทอพอโลยีและโพรโทคอลการค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายไร้สายแบบเฉพาะกิจ[8] ในสภาพแวดล้อมจริงการที่จะเกิดปัญหาจากเส้นทางหลักไม่สามารถให้บริการได้และยังไม่มีเส้นทางสำรองอื่นแทนได้นั้นก็เกิดขึ้นได้ ดังนั้นจากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าเงื่อนไขในการทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลงมีได้หลายด้านหลายรูปแบบและมีวิธีการแก้ไขที่หลากหลายการนำเอาฟัซซี่ลอจิกมาช่วยตัดสินใจจะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพดีที่สุดในทุกกรณี

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ฟัซซี่ลอจิก[13]นิยมในการแก้ความผิดพลาดประสิทธิภาพสูง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการรับข้อมูลผ่านช่องสัญญาณแบนด์วิดท์จำกัด ที่ข้อมูลถูกรบกวนด้วยสัญญาณรบกวน จะใช้ในการจำลองความรู้ หรือประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ โดยการใช้เหตุผล หรือ การตัดสินใจต่อสภาวะการณ์ต่างๆ ของมนุษย์นั้น สามารถเขียนอยู่ในรูปเชิงภาษาศาสตร์ของ ระบบกฎเกณฑ์ (Rule-based System) คือ เงื่อนไข IF/THEN หรืออยู่ในรูปอื่นที่เท่าเทียมกัน เช่น เมทริกซ์เปลี่ยนหมู่ฟัซซี (Fuzzy Associative Matrices)

ในทางปฏิบัติ การนำกฎเกณฑ์ความชำนาญนี้มาใช้งานมักจะเกี่ยวข้องกับค่าที่แน่นอน เช่น ค่าที่ได้จากการวัด และค่าที่ส่งออกเพื่อใช้งานก็มักจะเป็นค่าที่แน่นอนเช่นเดียวกัน ส่วนที่ทำการแปลงค่ารับเข้าที่เป็นค่าแน่นอนนี้ ไปสู่เซตภัชนัยด้วยฟังก์ชันภาวะสมาชิก เรียกว่า ตัวทำให้คลุมเครือ (Fuzzifier) และส่วนที่ทำการส่งค่าผลลัพธ์จากเงื่อนไขไปสู่ค่าแน่นอนเพื่อส่งออกไปใช้งานจริง เรียก ตัวกำจัดความคลุมเครือ (Defuzzifier) นอกจากนั้นแล้วในการสร้างกฎเกณฑ์ฟัซซี ที่มีตัวแปรค่ารับเข้าเป็นจำนวนมาก ให้ครอบคลุมทุกเงื่อนไขนั้นเป็นไปได้ยากในทางปฏิบัติ บางครั้งจึงต้องมีการผสมเงื่อนไขหลายเงื่อนไขในกฎเกณฑ์ฟัซซีเข้าด้วยกัน โดยมีส่วนตีความผลลัพธ์ร่วมจากการผสมเงื่อนไข เรียก เครื่องอนุมานฟัซซี (Fuzzy Inference Engine) ซึ่งมีหลายชนิดด้วยกัน



รูปที่ 1. โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

จากรูปที่ 1 การประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก มีรูปแบบการทำงานเป็น 4 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 เป็นการแปลงอินพุตที่

เป็นค่าจริง (Crisp input) ให้เปลี่ยนเป็นอินพุตแบบตัวแปรพัซซี โดยสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ซึ่งจะมีลักษณะเป็นการกำหนดภาษาสามัญ เพื่อให้เป็นพัซซีการอินพุต ขั้นตอนที่ 2 เป็นการหาพัซซีอินพุต โดยมีการสร้างกฎพัซซีแบบ IF <Condition> THEN <Action> เพื่อนำมาแปลงค่าพัซซีสำหรับการประมวลผลโดยใช้วิธีทางคณิตศาสตร์ ส่วนใหญ่เลือกใช้ Max-Min Method ขั้นตอนที่ 3 เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการอินพุตทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับเอาต์พุต ที่อาศัยหลักการของการหาเหตุและผลโดยเขียนเป็นกฎการควบคุมระบบ ซึ่งจะมีลักษณะอยู่ในรูปแบบ ถ้า (IF) และ (AND) หรือ (OR) ซึ่งเป็นภาษาสามัญ นำกฎทั้งหมดมาประมวลผลรวมกัน เพื่อตัดสินใจหาเหตุผลที่เหมาะสมและขั้นตอนสุดท้ายเป็นการสรุปเหตุผลพัซซี โดยจะเปลี่ยนพัซซีเอาต์พุตให้เป็นค่าจริงของเอาต์พุตด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ เช่นวิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง (Central Of Gravity)

เอโอดีวีมีพื้นฐานมาจากดีเอสดีวีแต่มีการทำงานเป็นแบบ Reactive คือมีกระบวนการหาเส้นทางเกิดขึ้น เมื่อมีการร้องขอใช้เส้นทาง โดยจะมีการส่ง RREQ จากโหนดต้นทางไปยังโหนดข้างเคียงและกระจายไปเรื่อยๆจนถึงโหนดปลายทาง โหนดปลายทางก็จะตอบ RREP กลับมาโดยเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดจากข้อมูลใน RREQ ที่ได้รับ เมื่อโหนดต้นทางได้รับ RREP แล้วก็จะสามารถส่งข้อมูลไปยังโหนดปลายทางได้ ในทางปฏิบัติ เอโอดีวีจีมีการทำงานลดลงจากการที่เกิดการแออัดของข้อมูล เนื่องมากจากกระจายข้อมูล RREQ จะทำให้เกิดข้อมูลจำนวนมาก การส่งข้อมูลที่ล่าช้า เนื่องมาจากเส้นทางหลักมีปัญหา แล้วมีการหาเส้นทางสำรองเพื่อใช้งานแทน

4. รายละเอียดการพัฒนา

จากงานวิจัยหลายฉบับ[10-12] ได้นำเสนอวิธีการนำเอาพัซซีลอจิกมาช่วยในการตัดสินใจในกระบวนการทำงานต่างๆของเอโอดีวี เพื่อขจัดปัญหาที่จำทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง ซึ่งจำต้องนำพัซซีลอจิกมาใช้งานในทุกๆกระบวนการถึงจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้มากที่สุด ดังนั้นเงื่อนไขของพัซซีต้องครอบคลุมในหลายส่วน เพื่อให้มีความหลากหลายในการตัดสินในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

ปกติในการเลือกเส้นทางเอโอดีวีจะดูจากจำนวนเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงอย่างเดียว ดังนั้นเพื่อให้การทำงานของพัซซีลอจิกหลากหลายจะมีการเพิ่มข้อมูลของโหนดเข้าไป เช่น อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เวลาเฉลี่ยในการส่งข้อมูล RREQ พลังงานของแหล่งจ่าย และกำลังส่งแต่ละโหนด เพื่อใช้เลือกเส้นทางที่มีปัญหาน้อยที่สุดและจะได้มีเส้นทางสำรองเกิดขึ้นในคราวเดียวกันด้วย

วิธีที่นำเสนอจะกำหนดอินพุตจำนวน 5 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนระยะทาง (hop) ความแรงของกำลังส่ง (signal) ระดับพลังงานของแหล่งจ่ายไฟ (batt) เวลาเฉลี่ยในการส่งข้อมูล RREQ (time) และ อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล (ratio) ซึ่งในแต่ละตัวแปรจะมีค่อยู่ 3 ระดับ คือ สูง (high) ปานกลาง (medium) และต่ำ (low) และกำหนดเอาพุตจำนวน 3 ตัวแปร ได้แก่ อัตราการส่งข้อมูล (rate) ช่วงเวลาการหยุดรอ (backoff) และความน่าเชื่อถือของแต่ละเส้นทาง (reliable) ซึ่งในแต่ละตัวแปรจะมีค่อยู่ 5 ระดับ คือ สูงมาก (very high) สูง (high) ปานกลาง (medium) ต่ำ (low) และต่ำมาก (very low) โดยมีความสัมพันธ์ของอินพุตกับเอาต์พุตเป็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของอินพุตกับเอาต์พุต

hop	batt	signal	ratio	time	rate	backoff	reliable
low	high	high	high	low	very high	very low	very high
low	low	low	low	high	low	high	low
low	low	low	low	low	medium	medium	low
medium	medium	medium	medium	medium	medium	medium	medium
high	high	high	high	high	low	high	high
high	high	high	high	low	high	high	high
high	low	low	low	high	very low	very high	very low

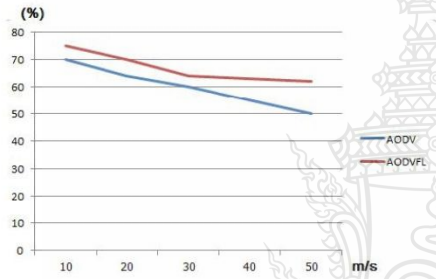
5. การทดสอบการใช้งาน

การทดสอบจะใช้การจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้บน NS-2 โดยมีการกำหนดสภาพแวดล้อมด้วยพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ จำนวนโหนด 100 โหนดเคลื่อนที่แบบ Random Waypoint บนพื้นที่ขนาด

1,000x1,000 ตารางเมตร แต่ละโหนดมีขอบเขตของกำลังส่งประมาณ 250 เมตร ช่องสัญญาณมีแบนด์วิธ 2 เมกะบิต การเคลื่อนที่ของโหนดที่ความเร็ว 10, 20, 30, 40, 50 เมตรต่อวินาที การส่งข้อมูลจะใช้การส่งแบบขนาดคงที่ 512 ไบต์ อัตราการส่งที่ 100 แพ็กเก็ตต่อวินาที จากโหนดต้นทางจำนวน 20 โหนด เวลาในการจำลอง 1,500 วินาที ทำการทดลองทั้งหมด 5 รอบ แล้วเฉลี่ยผลมาทำการวาดกราฟอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล และการหน่วงเวลาตลอดเส้นทาง

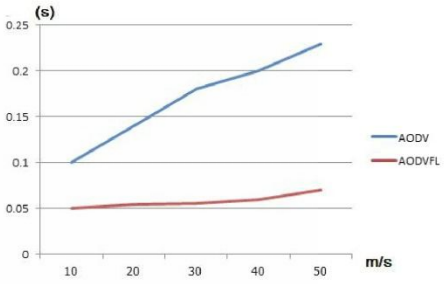
5.1 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

จากรูปที่ 2 แสดงกราฟของอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลเทียบกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของแต่ละโหนด



รูปที่ 2. อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลเทียบกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของแต่ละโหนด

จากรูปที่ 3 แสดงกราฟของการหน่วงเวลาตลอดเส้นทางเทียบกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของแต่ละโหนด



รูปที่ 3. การหน่วงเวลาตลอดเส้นทางเทียบกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของแต่ละโหนด

จากผลการทดลองพบว่าวิธีที่นำเสนอด้วยการนำเอาพัชชีลอจิกมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทำให้อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลเพิ่มขึ้น และการหน่วงเวลาตลอดเส้นทางลดลงจากเอโอดีวีดั้นแบบ

6. บทสรุป

งานวิจัยที่ได้นำเสนอ ได้แสดงถึงวิธีการนำเอาพัชชีลอจิกมาปรับปรุงกระบวนการทำงานของระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ ด้วยการกำหนดสาเหตุของปัญหาและวิธีการแก้ไขจากหลากหลายวิธีมาใช้งานอย่างเหมาะสม ทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น

สำหรับงานวิจัยในอนาคตจะทำการนำเอาแนวทางที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ไปทดลองกับโพรโทคอลอื่น ๆ เพื่อหาสาเหตุของปัญหาและวิธีแก้ไขในแต่ละโพรโทคอล

7. เอกสารอ้างอิง

[1] "IETF Mobile Ad-Hoc Network Working Group,"
http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html

[2] S. Corson and J. Macker, "Mobile Ad hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations," RFC 2501, January 1999.

[3] Charles E. Perkins and Pravin Bhaqwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers," SIGCOMM, August 1994.

[4] Charles E. Perkins, Elisabeth M. Belding-Royer and Samir R. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing ," RFC 3561, July 2003.

[5] David B' Johnson, David A. Maltz and Yih-Chun Hu, "The Dynamic Source Routing Protocol (DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4," RFC 4728, February 2007.

[6] Jintana Nakasuwan and Paitoon Rakluea, "Performance Comparison of AODV and OLSR for MANET," International Conference on Control, Automation and Systems 2010, Gyeonggi-do, Korea, pp. 1974-1977, October 27-30, 2010.

[7] ประทีป ปรุงประเสริฐ และศักดิ์ชัย ทิพย์จักษุรัตน์, "การเพิ่มประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจด้วยเทคนิคการปรับอัตราการส่งข้อมูลแบบพลวัต". การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 8, หน้า 243-246, 22-23 เมษายน 2553.

[8] วาริส จันอิ และสกุณา เจริญปัญญาศักดิ์. "การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบในทอพอโลยีและโพรโทคอลการค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายไร้สายแบบเฉพาะกิจ". การประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 6, หน้า 297-302, 3-5 มิถุนายน 2553.

[9] ธนรรษ พานนิล และศักดิ์ชัย ทิพย์จักษุรัตน์. "การเพิ่มประสิทธิภาพพีซีพีด้วยโพรโทคอลค้นหาเส้นทางแบบพิจารณาเส้นทางสำรองด้วยกลไกทางฟีดแบ็คสำหรับเครือข่ายไร้สายแอดฮอค". การประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 7, หน้า 631-637, 11-12 พฤษภาคม 2554.

[10] Hui Liu, Jie Li, Yan-Qing Zhang and Yi Pan, "An Adaptive Genetic Fuzzy Multi-path Routing Protocol for Wireless Ad-Hoc Networks," In the Proceedings of Sixth International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing and First ACIS International Workshop on Self-Assembling Wireless Networks (SNPD/SAWN'05), SNPD 2005, pp.468-475.

[11] A. Banerjee and P. Dutta, "Fuzzy-Controlled Route Discovery For Mobile Ad Hoc Networks," International Journal of Engineering Science and Technology, 2010, pp.2347-2353.

[12] S. Marwaha, D. Srinivasan, K. T. Chen and A. Vasilakos, "Evolutionary fuzzy multi-objective routing for wireless mobile ad hoc networks," Congress on Eutionary Computation, pp.1964-1971.

[13] C.C. Lee, " Fuzzy logic in control systems: fuzzy logic controller-Part I and II," IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, pp.404–418.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นายวีระชัย แย้มวจี
วัน เดือน ปีเกิด	27 กุมภาพันธ์ 2516
ที่อยู่	170 ม.10 ต.สำโรง อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ 10130
การศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พ.ศ.2542

ประวัติการทำงาน

พ.ศ.2542 – 2550	ตำแหน่งวิศวกรประจำสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ.2550 – ปัจจุบัน	ตำแหน่งอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี