สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การจำลองการทำโหลดบาลานซ์ด้วยทฤษฎีฝูงมด

Simulation on Load Balancing by Using Ant Colony Algorithm

T117389

กุลวุฒิ มากพานิชย์วัฒน์

KULAVOOT MAKPANICHWAT

คณาสิทธิ์ สุขเสถียร

KANASIT SOOKSATHEIN

คณิตสรณ์ ไวยขุนทด

KANITSORN WAIKHUNTOD

ตราหมู่.....
เลขทะเบียน 117389
วัน,เดือน,ปี - 1 ส.ค. 2554

b 12345 [illegible]
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Simulation on Load Balancing by Using Ant Colony Algorithm

KULAVOOT MAKPANICHWAT

KANASIT SOOKSATHEIN

KANITSORN WAIKHUNTOD

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การจำลองการทำโหลดบาลานซ์ด้วยทฤษฎีฝูงมด	
รายชื่อนักศึกษา	นาย กุลวุฒิ มากพานิชย์วัฒน์	รหัสนักศึกษา 50010139
	นาย คณาสิทธิ์ สุขเสถียร	รหัสนักศึกษา 50010162
	นาย คณิตสรณ์ ไวยขุนทด	รหัสนักศึกษา 50010165
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
พ.ศ.	2553	
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	รศ. อรลาภ แสงอรุณ	

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

.....

(รศ. อรลาภ แสงอรุณ)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การจำลองการทำโหลดบาลานซ์ด้วยทฤษฎีฝูงมด	
รายชื่อนักศึกษา	นาย กุลวุฒิ มากพานิชย์วัฒน์	รหัสนักศึกษา 50010139
	นาย คณาสิทธิ์ สุขเสถียร	รหัสนักศึกษา 50010162
	นาย คณิตสรณ์ ไวยขุนทด	รหัสนักศึกษา 50010165
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
พ.ศ.	2553	
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	รศ. อรลาภ แสงอรุณ	

บทคัดย่อ

ปัจจุบันระบบเน็ตเวิร์คได้มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว เนื่องจากได้ถูกใช้งานในด้านต่างๆมากมาย เช่น การติดต่อสื่อสารและการแลกเปลี่ยนข้อมูล เป็นต้น โดยมีผู้ใช้งานที่มีจำนวนมากขึ้นเรื่อยและต้องการการตอบสนองจากระบบที่รวดเร็วและถูกต้อง จึงจำเป็นที่จะต้องนำเทคนิคใหม่ๆมาใช้ เพื่อใช้งานระบบเน็ตเวิร์คให้ได้ประสิทธิภาพสูงที่สุดและเพื่อเป็นการลดต้นทุนอีกด้วย โดยทฤษฎีฝูงมด Ant Colony Optimization (ACO) เป็นเทคนิคใหม่ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบเน็ตเวิร์คได้

จุดประสงค์ของโครงงานนี้เพื่อจำลองการทำโหลดบาลานซ์ในระบบเน็ตเวิร์คโดยใช้ทฤษฎีฝูงมด ซึ่งเลียนแบบมาจากพฤติกรรมของมดในธรรมชาติ โดยในขณะที่มดเดินทางก็จะปล่อยฟีโรโมนจำนวนหนึ่งบนเส้นทางที่เดินผ่าน จำนวนของฟีโรโมนที่ถูกปล่อยออกมาบนเส้นทางสามารถนำมาใช้กับทฤษฎีการทำโหลดบาลานซ์เพื่อใช้ในการบ่งบอกเส้นทางที่เหมาะสมที่จะทำโหลดบาลานซ์บนระบบเน็ตเวิร์ค เพื่อที่จะกระจายโหลดในระบบเน็ตเวิร์คและลดความหนาแน่นของข้อมูลในแต่ละเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Simulation on Load Balancing by Using Ant Colony Algorithm	
Student	Mr. Kulavoot Makpanichwat	Student ID. 50010139
	Mr. Kanasit Sooksathein	Student ID. 50010162
	Mr. Kanitsorn Waikhuntod	Student ID. 50010165
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Information Engineering	
Year	2010	
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Ornlarp Sangaroon	

ABSTRACT

Nowadays, network systems play important roles especially for communication and transactions, therefore improvement of network systems is needed to serve users who require reliable, simple and quick services. Moreover, the result of this improvement will lead to an invention of new techniques to enhance performances of network systems with low cost. Ant Colony Optimization (ACO) is one of the new theories which can be used in improving network systems.

The purpose of this project is simulating load balancing on network systems using the Ant Colony Algorithm which is inspired by real ants' behaviour. ACO imitates how real ants travel from the nest to find their food sources. While travelling, ants release some pheromones along the paths they have passed. The amount of released pheromone on the paths can be applied in the load balancing algorithm to indicate the suitable paths in order to balance the work load on the networks.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยคำแนะนำและความช่วยเหลือในด้านต่างๆจาก ดร. วรางคณา กิ้มปาน และ รศ. อรลาภ แสงอรุณ โดยคณะผู้จัดทำโครงงานรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากอาจารย์ทั้งสองท่าน และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกๆท่านที่ได้ให้ความรู้แก่คณะผู้จัดทำ

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และ ครอบครัวของคณะผู้จัดทำที่เลี้ยงดูอบรมสั่งสอนเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกเรื่อง

โดยคณะผู้จัดทำหวังว่าโครงงานนี้จะเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยจุดประกายความคิดและเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจและสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้อย่างไม่มีที่สิ้นสุด คุณประโยชน์จากปริญญานิพนธ์เล่มนี้คณะผู้จัดทำขอมอบให้แด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นาย กุลวุฒิ มากพานิชย์วัฒน์
นาย คณาสิทธิ์ สุขเสถียร
นาย คณิตสรณ์ ไวยขุนทด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VIII

สารบัญรูป..... IX

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา..... 1

1.2 จุดประสงค์..... 2

1.3 ขอบเขตของโครงงาน..... 2

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

1.5 อุปกรณ์ที่ต้องใช้..... 2

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 3

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน..... 4

2.1 โปรโตคอลค้นหาเส้นทาง..... 5

2.1.1 Distance Vector..... 5

2.1.1.1 โปรโตคอล RIP (Routing Information Protocol)..... 5

2.1.1.2 โปรโตคอล IGRP (Interior Gateway Routing Protocol)..... 8

2.1.2 Link State..... 9

2.1.2.1 โปรโตคอล OSPF (Open Shortest Path First)..... 10

2.1.3 Hybrid Routing..... 14

2.1.3.1 EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)..... 14

2.1.4 ข้อสรุปของเราติ้งโปรโตคอลแต่ละประเภท..... 17

2.2 การทำโหลดบาลานซ์ (Load Balancing)..... 19

2.3 ทฤษฎีฝูงมด (Ant Colony Optimization)..... 21

2.3.1 การเปรียบเทียบระหว่างทฤษฎีฝูงมดกับโปรโตคอลหาเส้นทางพื้นฐาน..... 21

2.3.1.1 ด้านข้อมูลที่ใช้ในการหาเส้นทาง..... 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.1.2 ด้านประสิทธิภาพ 23

2.3.1.3 ด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง 23

2.3.2 วิธีการที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการหาเส้นทางของฝูงมด 25

2.3.2.1 การระเหย (Evaporation) 25

2.3.2.2 การจำกัดฟีโร โมน (Limiting Pheromone) 25

2.3.2.3 การกำหนดอายุ (Aging) 26

2.3.2.4 การกำหนดฟีโรโมน (Smoothing Pheromone) 26

2.3.3 การเปรียบเทียบวิธีการต่างๆ 27

2.3.3.1 การกำหนดอายุ (Aging) 27

2.3.3.2 การจำกัดฟีโร โมน (Limiting Pheromone) 27

2.3.3.3 การกำหนดฟีโรโมน (Smoothing Pheromone) 27

2.3.3.4 การระเหย (Evaporation) 28

2.4 ทฤษฎีฝูงมดแบบหลายฝูง (Multiple Ant Colony Optimization) 29

2.4.1 ตัวอย่างการทำงานของทฤษฎีฝูงมดแบบหลายฝูงในการหาเส้นทางบนระบบเน็ตเวิร์ค 29

2.4.2 ข้อสรุปทฤษฎีฝูงมด 33

บทที่ 3 การออกแบบโครงงาน 34

3.1 ความต้องการ 34

3.1.1 ความต้องการของผู้ใช้งาน 34

3.1.2 ความต้องการของระบบ 34

3.2 การออกแบบหน้าจอโปรแกรม 35

3.2.1 โครงร่างหน้าจอโปรแกรม 35

3.3 Use Case Diagram 36

3.4 Activity Diagram 37

3.4.1 Activity Diagram ของ About MACO 37

3.4.2 Activity Diagram ของ How to use 38

3.4.3 Activity Diagram ของ Main 39

3.5 Class diagram 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6 Sequence Diagram 41

3.7 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม (Flowchart) 43

3.7.1 หลักการทำงานของโปรแกรม 43

3.7.2 หลักการกำหนดฟีโร โมนที่จุดเริ่มต้น 44

3.7.3 หลักการทำงานของอัลกอริทึม 45

3.7.3 หลักการทำงานของกลไกการต่อต้าน (Repulsion) 46

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 47

4.1 รูปแบบอินเตอร์เฟสที่ใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้งาน 47

4.2 สภาพแวดล้อมของการทดสอบโปรแกรม 49

4.3 ผลการทดลองการใช้โปรแกรม Multiple Ant Colony Optimization 50

4.3.1 ผลการทดลองแบบมีโหนดปลายทางเพียงโหนดเดียว 50

4.3.1.1 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 1 จำนวนมด 2 ฝูง 50

4.3.1.2 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 1 จำนวนมด 3 ฝูง 53

4.3.1.3 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 2 ฝูง 55

4.3.1.4 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 3 ฝูง 57

4.3.1.5 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 4 ฝูง 59

4.3.1.6 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 3 จำนวนมด 5 ฝูง 61

4.3.2 ผลการทดลองแบบมีโหนดปลายทางมากกว่าหนึ่งโหนด 64

4.3.2.1 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 4 จำนวนมด 2 ฝูง 64

4.3.2.2 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 5 จำนวนมด 3 ฝูง 66

บทที่ 5 ปัญหาที่พบและบทสรุป 68

5.1 สรุปผลการทดลอง 68

5.2 ปัญหา อุปสรรค และแนวทางในการแก้ไข 68

5.3 ข้อจำกัดของโครงงาน 68

5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต 68

บรรณานุกรม 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก 70
ภาคผนวก ก. วิธีการใช้โปรแกรม Multiple Ant Colony Optimization 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการดำเนินโครงงาน 3

2.1 ความแตกต่างของคุณลักษณะระหว่าง RIP V.1 กับ IGRP 8

2.2 ข้อมูลการเราติ้งของโหนดต่างๆ 12

2.3 ความแตกต่างระหว่าง Link State และ Distance Vector 13

2.4 เปรียบเทียบคุณลักษณะของเราติ้งโปรโตคอล EIGRP กับ IGRP และ OSPF 16

2.5 เปรียบเทียบคุณลักษณะระหว่างเราติ้งโปรโตคอลประเภท Distance Vector 17

2.6 เปรียบเทียบคุณลักษณะระหว่างเราติ้งโปรโตคอลประเภท Link State 18

2.7 เปรียบเทียบคุณลักษณะระหว่างเราติ้งโปรโตคอล RIP/OSPF กับทฤษฎีฝูงมด 24

4.1 คุณสมบัติเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทดสอบ 49

4.2 ประสิทธิภาพของฝูงมดในเครือข่ายแบบที่ 1 จำนวนมด 2 ฝูง 52

4.3 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 1 จำนวนมด 2 ฝูง 52

4.4 ประสิทธิภาพของฝูงมดในเครือข่ายแบบที่ 1 จำนวนมด 3 ฝูง 54

4.5 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 1 จำนวนมด 3 ฝูง 54

4.6 ประสิทธิภาพของฝูงมดในเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 2 ฝูง 55

4.7 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 2 ฝูง 56

4.8 ประสิทธิภาพของฝูงมดในเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 3 ฝูง 57

4.9 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 3 ฝูง 58

4.10 ประสิทธิภาพของฝูงมดในเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 4 ฝูง 60

4.11 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 4 ฝูง 60

4.12 ประสิทธิภาพของฝูงมดในเครือข่ายแบบที่ 3 จำนวนมด 5 ฝูง 62

4.13 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 3 จำนวนมด 5 ฝูง 63

4.14 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 4 จำนวนมด 2 ฝูง 65

4.15 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 5 จำนวนมด 3 ฝูง 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 การทำงานของทฤษฎีฝูงมด 1

2.1 ระบบเน็ตเวิร์คในปัจจุบัน 4

2.2 การทำงานของ Distance Vector 5

2.3 ตารางเราติ้งก่อนการเริ่มต้นสื่อสารของโปรโตคอล RIP 6

2.4 การปรับปรุงตารางเราติ้งครั้งที่ 1 ของโปรโตคอล RIP 6

2.5 การปรับปรุงตารางเราติ้งครั้งที่ 2 ของโปรโตคอล RIP 7

2.6 การเลือกเส้นทางของโปรโตคอล RIP 7

2.7 การเลือกเส้นทางของโปรโตคอล IGRP 9

2.8 การส่ง Hello Packet เพื่อตรวจสอบสถานะของเพื่อนบ้านของโปรโตคอล IGRP 10

2.9 การแลกเปลี่ยนข่าวสารข้อมูลที่ใช้ในการหาเส้นทางของโปรโตคอล IGRP 11

2.10 การค้นหาเส้นทางด้วยวิธีการแบบ Link-State 11

2.11 การแบ่งกลุ่มของ OSPF เพื่อลดทราฟฟิกและจำนวนตารางเราติ้ง 12

2.12 การค้นหาเราเตอร์เพื่อนบ้านของโปรโตคอล EIGRP 14

2.13 ลักษณะการทำงานของ DUAL (DUAL Computation) ของโปรโตคอล EIGRP 15

2.14 ระบบเน็ตเวิร์คที่มีเส้นทางสำรอง 19

2.15 ตัวอย่างการทำโหลดบาลานซ์ 20

2.16 ระบบเน็ตเวิร์คที่ใช้ในการเปรียบเทียบทฤษฎีฝูงมดกับโปรโตคอลหาเส้นทางพื้นฐาน 21

2.17 การค้นหาเส้นทางของฝูงมด 22

2.18 การระเหยของฟีโรโมน (Evaporation) 25

2.19 การจำกัดฟีโรโมน (Limiting Pheromone) 25

2.20 การกำหนดอายุ (Aging) 26

2.21 กลไกการต่อต้าน (Repulsion) 29

2.22 จุดเริ่มต้นการเดินทางของฝูงมด 30

2.23 การเดินทางของฝูงมดลำดับที่ 1 30

2.24 การเดินทางของฝูงมดลำดับที่ 2 31

2.25 การเดินทางของฝูงมดลำดับที่ 3 32

2.26 การเดินทางของฝูงมดลำดับที่ 4 32

2.27 การเดินทางของฝูงมดลำดับที่ 5 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.1 โครงร่างหน้าจอ 35

3.2 Use Case Diagram 36

3.3 Activity Diagram ของ About MACO 37

3.4 Activity Diagram ของ How to use 38

3.5 Activity Diagram ของ Main 39

3.6 Class Diagram 40

3.7 Sequence Diagram 41

3.8 หลักการทำงานของโปรแกรม 43

3.9 หลักการกำหนดฟีโรโมนที่จุดเริ่มต้น 44

3.10 หลักการทำงานของอัลกอริทึม 45

3.11 หลักการทำงานของกลไกการต่อต้าน (Repulsion) 46

4.1 หน้าแรกของโปรแกรม Multiple Ant Colony Optimization 47

4.2 หน้าต่างส่วนของ About MACO 48

4.3 หน้าต่างส่วนของ How to use 48

4.4 หน้าต่างส่วนของโปรแกรมหลัก 49

4.5 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 1 จำนวนมด 2 ฝูง 50

4.6 ปริมาณฟีโรโมนในแต่ละเส้นทางของเครือข่ายแบบที่ 1 51

4.7 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 1 จำนวนมด 3 ฝูง 53

4.8 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 2 ฝูง 55

4.9 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 3 ฝูง 57

4.10 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 4 ฝูง 59

4.11 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 3 จำนวนมด 5 ฝูง 61

4.12 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 4 จำนวนมด 2 ฝูง 64

4.13 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 5 จำนวนมด 3 ฝูง 66

ก.1 หน้าจอเริ่มต้นของโปรแกรม 72

ก.2 หน้าจอหลักของโปรแกรม 73

ก.3 การสร้างโหนด 74

ก.4 การสร้างลิ้งค์เชื่อมระหว่างโหนด 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ก.5 การใส่ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลอง 75
ก.6 การกำหนดโหนดเริ่มต้นและโหนดปลายทาง 76
ก.7 การกำหนดค่าระยะทางของลิ้งค์ 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

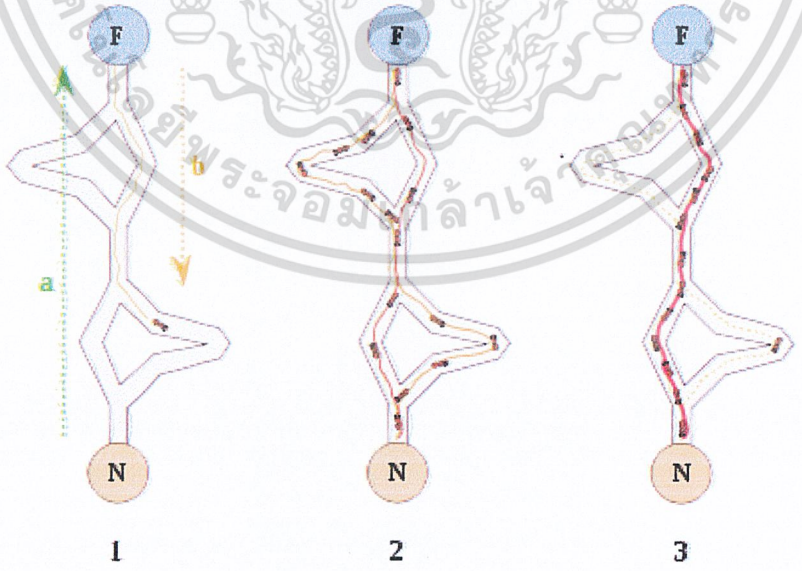
บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

เนื่องจากการเจริญเติบโตของระบบเน็ตเวิร์คในปัจจุบันได้มีการขยายตัวไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ระบบเน็ตเวิร์คมีความซับซ้อน ยากที่จะบริหารและจัดการทรัพยากรต่างๆในระบบเน็ตเวิร์คให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาการจัดการในระบบเน็ตเวิร์คควบคู่ไปด้วย ซึ่งโดยทั่วไปการจัดการนั้นสามารถทำได้โดยการใช้โปรโตคอลค้นหาเส้นทาง โดยมีให้เลือกใช้ได้หลากหลายชนิด เช่น Distance Vector (RIP, IGRP), Link State (OSPF, IS-IS) และ Hybrid (EIGRP) ซึ่งล้วนแล้วแต่ก็มีข้อดี-ข้อเสีย แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับขนาดของระบบเน็ตเวิร์ค

โดยในปัจจุบันได้มีแนวคิดแบบใหม่ที่เรียกว่า ทฤษฎีฝูงมด (Ant Colony Algorithm) ซึ่งลักษณะการทำงานคล้ายกลุ่มมดซึ่งระหว่างการเดินทางบนเส้นทางจะปล่อยฟีโรโมนจำนวนหนึ่งไว้โดยเส้นทางที่มีฟีโรโมนหนาแน่นที่สุดก็จะเป็นเส้นทางที่ดีที่สุด ดังรูปที่ 1.1 และฟีโรโมนก็จะระเหยเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง ซึ่งหลักการของทฤษฎีฝูงมดจะมีข้อดีมากกว่าวิธีที่กล่าวมาข้างต้นในหลายๆด้าน เช่น ด้านประสิทธิภาพ เป็นต้น

โครงงานนี้จัดทำขึ้นเพื่อนำทฤษฎีฝูงมดมาใช้ในการทำโหลดบาลานซ์เพื่อที่จะทำให้สามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในระบบได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงที่สุด



รูปที่ 1.1 การทำงานของทฤษฎีฝูงมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 จุดประสงค์

1) เพื่อศึกษาหลักการทำงานของทฤษฎีฝูงมด
2) เพื่อนำระบบการทำงานของทฤษฎีฝูงมดมาใช้ในการทำโหลดบาลานซ์
3) เพื่อพัฒนาการส่งข้อมูลในระบบเน็ตเวิร์คให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) ศึกษากระบวนการทำงานในระบบเน็ตเวิร์ค
2) ศึกษากระบวนการส่งข้อมูลแบบพื้นฐานในระบบเน็ตเวิร์ค
3) นำทฤษฎีฝูงมดมาจำลองการทำโหลดบาลานซ์
4) สร้างโปรแกรมจำลองการทำโหลดบาลานซ์ด้วยทฤษฎีฝูงมด
5) สร้างสื่อที่ใช้ในการอธิบายเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจหลักการทำงานของโปรแกรม

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้ง่าย
2) ระบบที่พัฒนาขึ้นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3) เข้าใจระบบการทำงานของทฤษฎีฝูงมดมากยิ่งขึ้น
4) สามารถนำหลักการของทฤษฎีฝูงมดมาปรับปรุงเพื่อใช้กับระบบเน็ตเวิร์คด้านอื่นๆ ได้

1.5 อุปกรณ์ที่ต้องใช้

1) ฮาร์ดแวร์

- เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับการพัฒนาการทำโหลดบาลานซ์ด้วยทฤษฎีฝูงมด จำนวน 2 เครื่อง

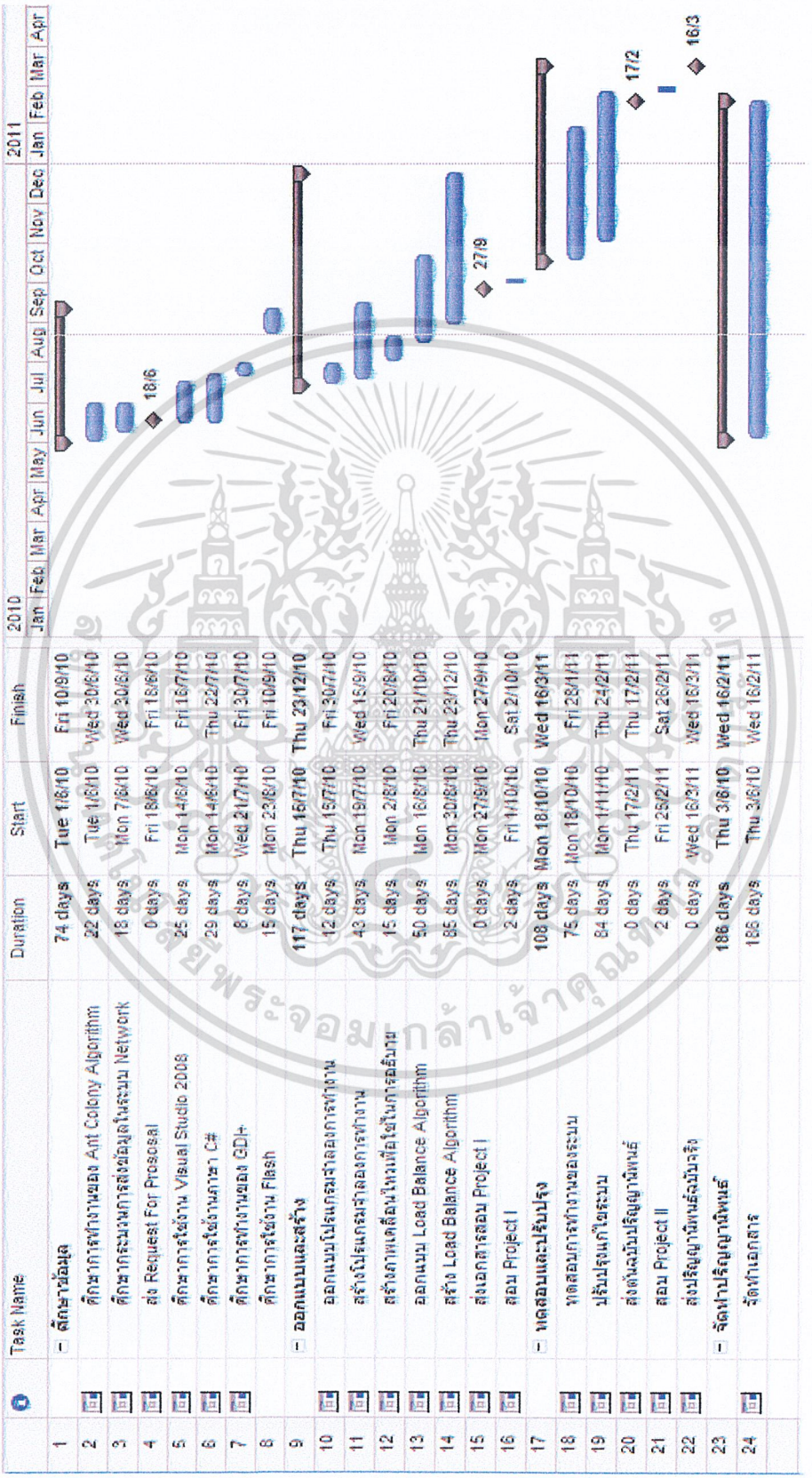
2) ซอฟต์แวร์

- โปรแกรม Visual Studio 2008 โดยใช้ ภาษา c# เป็นภาษาในการพัฒนาโปรแกรม
- โปรแกรม Macromedia Flash 8
- โปรแกรม Microsoft Visio 2007
- โปรแกรม Microsoft Office 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงงาน



	Task Name	Duration	Start	Finish
1	ศึกษาข้อมูล	74 days	Tue 1/6/10	Fri 10/9/10
2	ศึกษาการทำงานของ Ant Colony Algorithm	22 days	Tue 1/6/10	Wed 30/6/10
3	ศึกษาระบบการสื่อสารข้อมูลในระบบ Network	18 days	Mon 7/6/10	Wed 30/6/10
4	ส่ง Request For Proposal	0 days	Fri 18/6/10	Fri 18/6/10
5	ศึกษาการใช้งาน Visual Studio 2008	25 days	Mon 14/6/10	Fri 16/7/10
6	ศึกษาการใช้ภาษา C#	29 days	Mon 14/6/10	Thu 22/7/10
7	ศึกษาการทำงานของ GDI+	8 days	Wed 21/7/10	Fri 30/7/10
8	ศึกษาการใช้งาน Flash	15 days	Mon 23/8/10	Fri 10/9/10
9	ออกแบบและสร้าง	117 days	Thu 16/7/10	Thu 23/12/10
10	ออกแบบโปรแกรมจำลองการทำงาน	12 days	Thu 15/7/10	Fri 30/7/10
11	สร้างโปรแกรมจำลองการทำงาน	43 days	Mon 19/7/10	Wed 15/9/10
12	สร้างภาพเคลื่อนไหวเพื่อใช้ในการสอบ	15 days	Mon 2/8/10	Fri 20/8/10
13	ออกแบบ Load Balance Algorithm	50 days	Mon 16/8/10	Thu 21/10/10
14	สร้าง Load Balance Algorithm	85 days	Mon 30/8/10	Thu 23/12/10
15	ส่งเอกสารสอบ Project I	0 days	Mon 27/9/10	Mon 27/9/10
16	สอบ Project I	2 days	Fri 1/10/10	Sat 2/10/10
17	ทดสอบและปรับปรุง	108 days	Mon 18/10/10	Wed 16/3/11
18	ทดสอบการทำงานของระบบ	75 days	Mon 18/10/10	Fri 28/1/11
19	ปรับปรุงแก้ไขระบบ	84 days	Mon 1/11/10	Thu 24/2/11
20	ส่งต้นฉบับปริญญานิพนธ์	0 days	Thu 17/2/11	Thu 17/2/11
21	สอบ Project II	2 days	Fri 25/2/11	Sat 26/2/11
22	ส่งปริญญานิพนธ์ฉบับจริง	0 days	Wed 16/3/11	Wed 16/3/11
23	จัดทำปริญญานิพนธ์	186 days	Thu 3/6/10	Wed 16/2/11
24	จัดทำเอกสาร	186 days	Thu 3/6/10	Wed 16/2/11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐาน

เนื่องจากการเจริญเติบโตของระบบสื่อสารโทรคมนาคมและอินเตอร์เน็ตทำให้ระบบเครือข่ายเน็ตเวิร์คที่มีความซับซ้อนได้ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้น ทำให้ต้องประสบปัญหาต่างๆ เช่น การทำโหลดบาลานซ์, การหาเส้นทาง และ การควบคุมการหนาแน่นในการส่งข้อมูล จึงจำเป็นต้องหาวิธีเพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้ ซึ่งมีด้วยกันหลายวิธี โดยหนึ่งในวิธีเหล่านั้นได้ความคิดมาจากการเดินทางของกลุ่มมด ซึ่งการเดินทางของมง่ายและไม่ซับซ้อน โดยวิธีนี้มีความน่าสนใจคือมดสามารถค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากรังไปถึงแหล่งอาหารได้ และสามารถส่งข้อมูลให้มดตัวอื่นได้รู้โดยวิธีการทิ้งสารเคมีที่เรียกว่า "ฟีโรโมน" ซึ่งฟีโรโมนสามารถรับรู้ได้จากมดตัวอื่น

ในปัจจุบันได้มีการนำวิธีการหาอาหารของมดมาดัดแปลง เป็นวิธีที่เรียกว่า "ทฤษฎีฝูงมด" โดยที่วิธีนี้ได้มีการนำมาใช้ในการแก้ปัญหาหลายๆอย่าง เช่น การส่งข้อมูลบนระบบเน็ตเวิร์คที่ไม่สมมาตร เป็นต้น

รูปที่ 2.1 ระบบเน็ตเวิร์คในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 โปรโตคอลค้นหาเส้นทาง

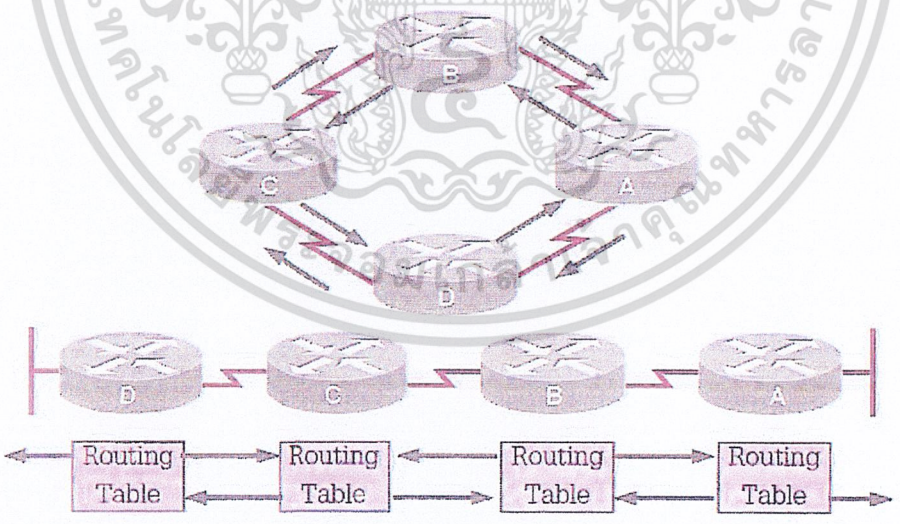
สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ Distance Vector, Link State และ Hybrid (Advanced Distance Vector) โดยมีหลักการดังนี้

2.1.1 Distance Vector

คำว่า Distance มีความหมายว่า How far คือ ไกลออกไปแค่ไหน (ระยะทางระหว่างต้นทางถึงปลายทาง) และ Vector มีความหมายว่า Which direction คือ จะต้องถูกส่งออกไปทางไหน (ออกไปทางอินเตอร์เฟสใด) โดย Distance Vector เป็นเราติ้งโปรโตคอลในยุคแรกๆ ถูกสร้างขึ้นในสมัยที่ระบบเน็ตเวิร์คยังมีขนาดไม่ใหญ่ จึงทำให้มีคุณสมบัติที่เหมาะกับเน็ตเวิร์คขนาดเล็กและกลางเท่านั้น โดยในปัจจุบันได้มีการพัฒนาคุณสมบัติใหม่ๆที่ช่วยให้ทำงานได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นใน RIP V.2 โดยโปรโตคอลที่ทำงานอยู่ในประเภทนี้ได้แก่ RIP และ IGRP

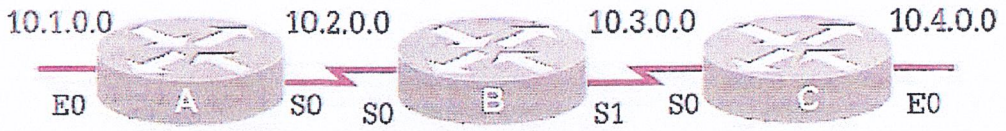
2.1.1.1 โปรโตคอล RIP (Routing Information Protocol)

พิจารณาเพียงระยะทางเชื่อมต่อเท่านั้น โดยการนับจำนวนเพื่อนบ้านที่ติดต่อด้วยเป็น 1 ฮ็อป (hop) ถ้ามีเพื่อนบ้านต่อไปอีกให้นับเพิ่มอีก 1 ฮ็อปไปเรื่อยๆ ข้อมูลของตารางเราติ้ง จะถูกส่งไปให้เพื่อนบ้านที่อยู่ติดกันตามระยะเวลาที่กำหนดโดยส่งข้อมูลไปทั้งตารางเราติ้ง เมื่อเราเตอร์อีกข้างได้รับข้อมูลแล้ว ก็จะคำนวณค่าของฮ็อปว่าเป็นเท่าไร ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การทำงานของ Distance Vector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Routing Table		
10.1.0.0	E0	0
10.2.0.0	S0	0

Routing Table		
10.2.0.0	S0	0
10.3.0.0	S1	0

Routing Table		
10.3.0.0	S0	0
10.4.0.0	E0	0

รูปที่ 2.3 ตารางเราติ้งก่อนการเริ่มต้นสื่อสารของโปรโตคอล RIP

จากรูปที่ 2.3 เราเตอร์ 3 ตัวที่เชื่อมต่อกัน และใช้งานโปรโตคอล RIP เริ่มแรกตารางเราติ้งของเราเตอร์แต่ละตัวจะจัดเก็บข้อมูลเพื่อนบ้านไว้คือ หมายเลขของเน็ตเวิร์ค หมายเลขของอินเตอร์เฟส และจำนวนฮ็อป จากรูปเราเตอร์ B เก็บข้อมูลเน็ตเวิร์ค 10.2.0.0 อินเตอร์เฟส S0 จำนวนฮ็อปเท่ากับ 0 ไว้บรรทัดแรกในตารางเราติ้ง บรรทัดที่สองเก็บข้อมูลของเน็ตเวิร์ค 10.3.0.0 อินเตอร์เฟส S0 จำนวนฮ็อปเท่ากับ 0

เมื่อถึงเวลาที่ต้องปรับปรุงตารางเราติ้ง เราเตอร์ทุกตัวจะส่งข้อมูลทั้งตารางไปให้เพื่อนบ้านเพื่อปรับปรุงข้อมูลของตัวเอง จากรูปที่ 2.4 แสดงการปรับปรุงข้อมูลของเราเตอร์แต่ละตัว เราเตอร์ B จะได้รับข้อมูลจากเราเตอร์ C ว่ามีเน็ตเวิร์ค 10.4.0.0 เชื่อมต่อด้วย เราเตอร์ B จึงใส่ค่าข้อมูลนี้ลงไปในตารางเราติ้งเป็น 10.4.0.0 อินเตอร์เฟส S1 แล้วบวกค่า ฮ็อปที่ได้รับมาอีก 1 ส่วนเราเตอร์ C ก็รับข้อมูลของเน็ตเวิร์ค 10.2.0.0 มาเช่นเดียวกัน จึงเพิ่มเข้าไปอีก 1 ฮ็อป จากนั้นเมื่อถึงเวลาปรับปรุงตารางเราติ้งอีกครั้ง จำนวนของฮ็อปก็จะถูกเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆ ตามจำนวนที่เราเตอร์เชื่อมต่ออยู่ ดังรูปที่ 2.5

Routing Table		
10.1.0.0	E0	0
10.2.0.0	S0	0
10.3.0.0	S0	0

Routing Table		
10.2.0.0	S0	0
10.3.0.0	S1	0
10.4.0.0	S1	1
10.1.0.0	S0	1

Routing Table		
10.3.0.0	S0	0
10.4.0.0	E0	0
10.2.0.0	S0	1

รูปที่ 2.4 การปรับปรุงตารางเราติ้งครั้งที่ 1 ของโปรโตคอล RIP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

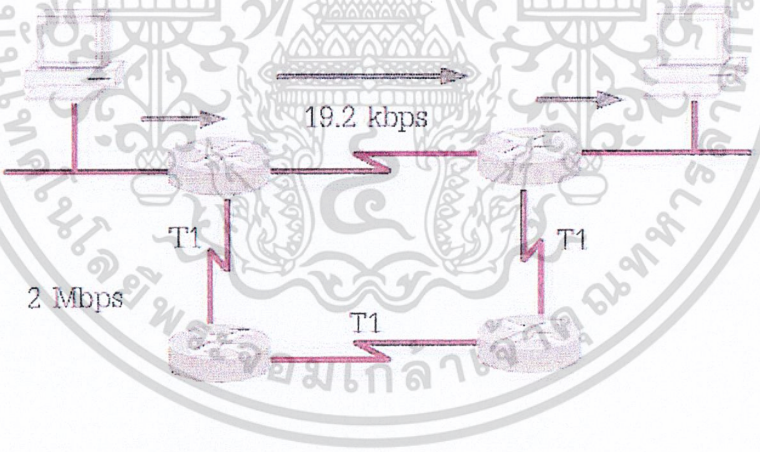
Routing Table		
10.1.0.0	E0	0
10.2.0.0	S0	0
10.3.0.0	S0	0
10.4.0.0	S0	2

Routing Table		
10.2.0.0	S0	0
10.3.0.0	S1	0
10.4.0.0	S1	1
10.1.0.0	S0	1

Routing Table		
10.3.0.0	S0	0
10.4.0.0	E0	0
10.2.0.0	S0	1
10.1.0.0	S0	2

รูปที่ 2.5 การปรับปรุงตารางเราติ้งครั้งที่ 2 ของโปรโตคอล RIP

แม้ว่าการใช้โปรโตคอลแบบ Distance Vector จะมีปัญหาในเรื่องของการปรับปรุงตารางเราติ้งแล้วเกิดลูป คือมีการปรับปรุงซ้ำไปซ้ำมาทำให้ข้อมูลไม่ตรงกับความเป็นจริง แต่ก็มีวิธีแก้ไข เช่น Split Horizon Route, Poisoning Reverse, Hold-Down Timers และ Triggered Updates เป็นต้น โดย RIP สามารถมีจำนวนฮ็อปได้มากที่สุดเท่ากับ 16 ฮ็อปเท่านั้น



รูปที่ 2.6 การเลือกเส้นทางของโปรโตคอล RIP

จากรูปที่ 2.6 เส้นทางที่ RIP เลือกใช้ในการสื่อสารมีแบนด์วิดธ์เท่ากับ 19.2 Kbps ซึ่งน้อยกว่าเส้นทาง T1 ที่มีแบนด์วิดธ์สูงกว่ามาก ทั้งนี้เนื่องจาก RIP จะคำนวณหาเส้นทางที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากจำนวนฮ็อปเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 โปรโตคอล IGRP (Interior Gateway Routing Protocol)

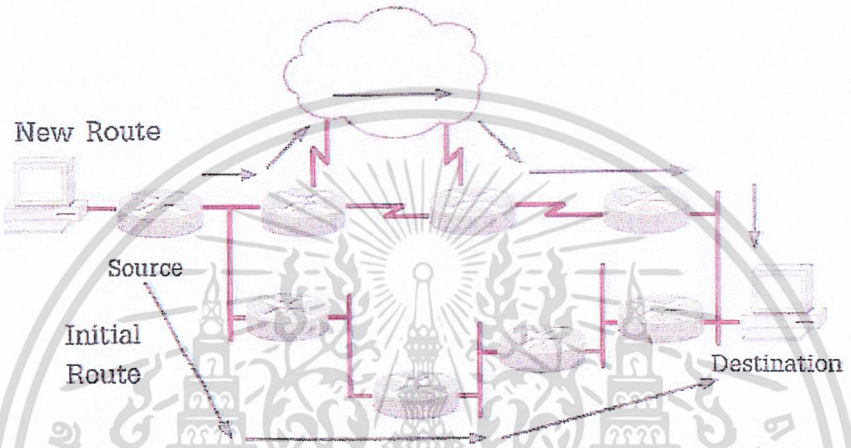
เป็นโปรโตคอลชนิด Distance Vector เช่นเดียวกันกับ RIP คือ อาศัยการบอกต่อตารางเราติ้งกันไปเรื่อยๆ (Routing by Rumor) และมีการใช้หลักการในการป้องกันเราติ้งลูปเหมือนกันไม่ว่าจะเป็น Split Horizon with Poison Reverse, Hold down Timer และ Triggered Update แต่ IGRP ได้มีการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นและแก้ไขข้อเสียของ RIP ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ความแตกต่างของคุณลักษณะระหว่าง RIP V.1 กับ IGRP

คุณลักษณะ	RIP V.1	IGRP
ความถี่ในการอัพเดตตารางเราติ้งให้เพื่อนบ้าน (Update time)	30 วินาที	90 วินาที
ค่า Cost	Hop Count	เป็นค่าที่คำนวณได้จาก แบนด์วิดธ์และค่าความหน่วง และสามารถรวมค่าความน่าเชื่อถือ โหลด และ ขนาดเฟรมสูงสุด
ค่า Hold Down Timer	180 วินาที	280 วินาที
Triggered Update	มี	มี
ส่ง Subnet Mask ไปในตารางที่อัพเดตไปให้เราเตอร์เพื่อนบ้าน	ไม่	ไม่
ค่า Cost หรือ Metric ที่ถือเป็นค่าที่ทำให้ระบบเน็ตเวิร์ค	16	ค่าความหน่วงเท่ากับ 4,294,967,295 จำนวนฮ๊อปสูงสุด เมื่อเริ่มต้นกำหนดไว้เท่ากับ 100 ฮ๊อป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่า IGRP มีการคิดค่า Cost ที่รัดกุมขึ้นโดยนำเอาค่าแบนด์วิดธ์ (bandwidth) และค่าความหน่วง (delay) มาใช้เพื่อหาเส้นทางที่ดีที่สุด ดังรูปที่ 2.7 ซึ่งวิธีของ RIP จะใช้วิธีนับจำนวนฮ๊อปซึ่งอาจจะไม่ได้เส้นทางที่ดีที่สุด และ IGRP ยังสามารถใช้งานกับระบบเน็ตเวิร์คที่มีขนาดใหญ่ได้แต่สิ่งหนึ่งที่เหมือนกัน คือ การไม่ส่ง Subnet Mask ไปกับตารางเราติ้ง ทำให้ทั้ง RIP และ IGRP ไม่สามารถรองรับการแบ่งซับเน็ต (VLSM)



รูปที่ 2.7 การเลือกเส้นทางของโปรโตคอล IGRP

2.1.2 Link State

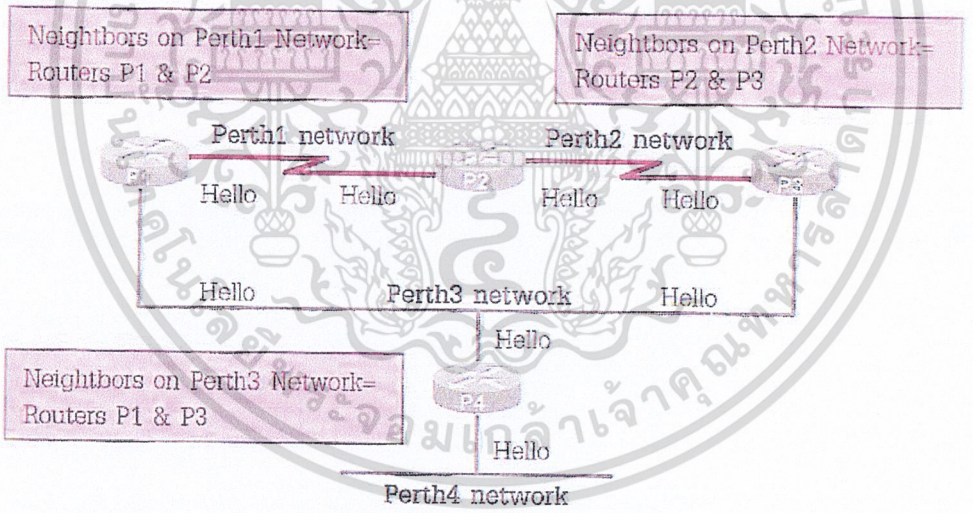
โดยคำว่า Link เท่ากับคำว่า อินเตอร์เฟสแต่ละอินเตอร์เฟสของเราเตอร์ และ State มีความหมายว่า สถานะ โดยเมื่อจับมารวมกัน Link State ก็จะมีความหมายว่า สถานะของแต่ละอินเตอร์เฟสของเราเตอร์ เราติ้งโปรโตคอลประเภทนี้เหมาะสำหรับนำไปใช้กับระบบเน็ตเวิร์คทุกรูปแบบ ซึ่งมีความยืดหยุ่นมากกว่าแบบ Distance Vector โดยจะประกาศข้อมูลเกี่ยวกับสถานะอินเตอร์เฟสของมันไปให้เพื่อนบ้าน และปล่อยให้เราเตอร์แต่ละตัวค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุด ซึ่งท้ายที่สุดเราเตอร์ทุกตัวจะมีแผนภาพ (Topology Map) ของเน็ตเวิร์คในระบบ โดยโปรโตคอลที่ทำงานอยู่ในประเภทนี้ได้แก่ OSPF และ IS-IS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.1 โปรโตคอล OSPF (Open Shortest Path First)

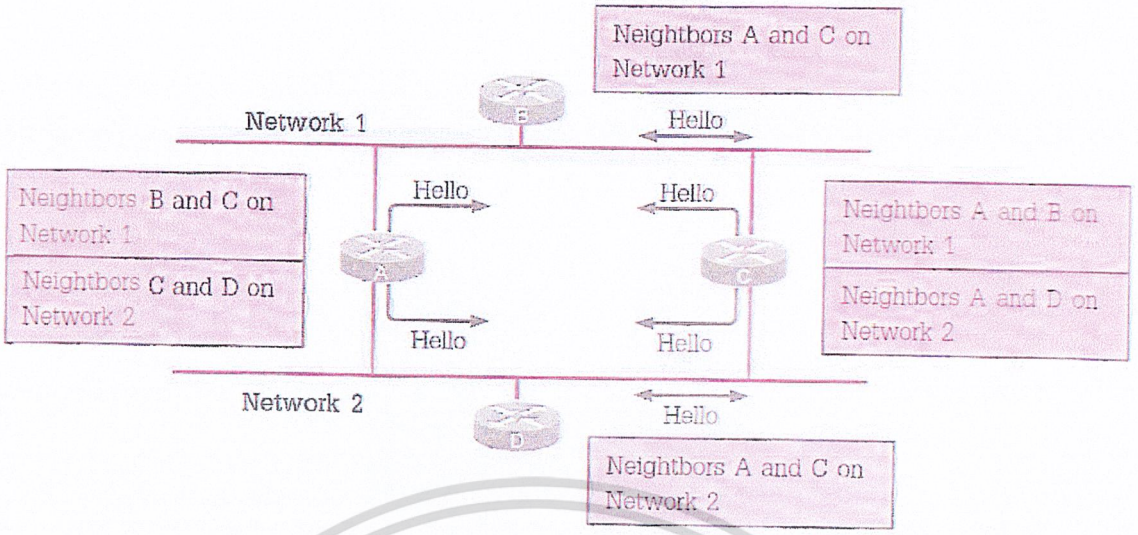
พิจารณาหาเส้นทางจากแบนด์วิดธ์และค่าความหน่วงเป็นหลัก โดยเมื่อเริ่มต้นเราเตอร์จะส่ง Hello Packet ไปยังเพื่อนบ้านที่อยู่ติดกัน เมื่อทราบว่ามีเพื่อนบ้านที่อยู่ติดกับตัวมันกี่ตัวแล้ว จึงสร้าง Link State Advertisement (LSA) ซึ่งจะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับอินเตอร์เฟสของมันทั้งหมด และจะถูกแพร่กระจาย (Flood) ไปยังเราเตอร์ทุกตัวที่อยู่ในพื้นที่เดียวกัน จากนั้นหลังจากที่เราเตอร์ที่ได้รับ LSA จะนำเอาข้อมูลทั้งหมดไปรวมไว้ใน Link State Database หลังจากนั้นเราเตอร์จะนำเอาข้อมูลทั้งหมดใน Link State Database มาสร้างแผนภาพเน็ตเวิร์คทั้งหมด (Network Topology Map) ทำให้เราเตอร์มองเห็นภาพรวมของของระบบได้อย่างชัดเจน และนำเอาอัลกอริทึมที่เรียกว่า Shortest Path First มาประมวลผลเพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุดไปยังซับเน็ตแอดเดรสทุกปลายทาง สุดท้ายนำเอาผลลัพธ์ที่ได้เก็บไว้ในตารางเราติ้ง

LSA จะถูกส่งออกไปเมื่อเราเตอร์ได้มีการติดตั้งให้ใช้โปรโตคอล OSPF และทำความรู้จักกับเพื่อนบ้านครั้งแรก และจะมีการส่งใหม่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของอินเตอร์เฟส โดยเราเตอร์จะส่ง LSA ออกไปทุกๆช่วงเวลาหนึ่ง เพื่อยืนยันความถูกต้อง ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.8



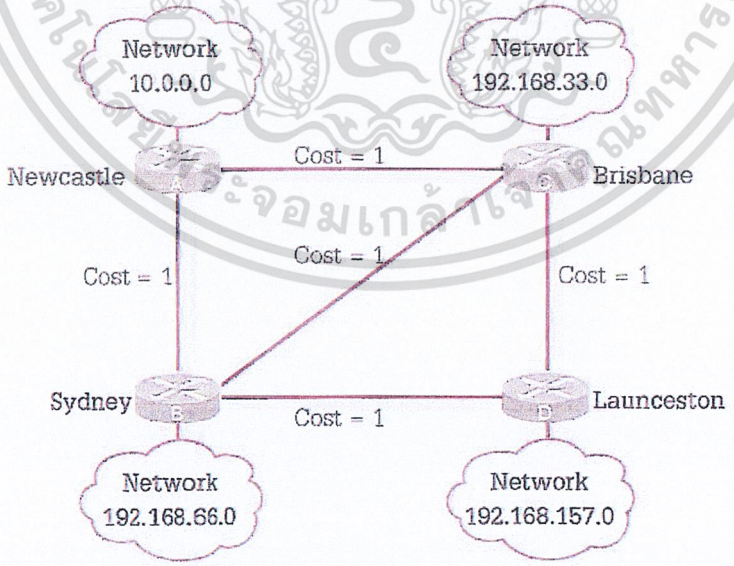
รูปที่ 2.8 การส่ง Hello Packet เพื่อตรวจสอบสถานะของเพื่อนบ้านของโปรโตคอล IGRP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 การแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ใช้ในการหาเส้นทางของโปรโตคอล IGRP

จากรูปที่ 2.9 เป็นการแลกเปลี่ยนข่าวสารของเราเตอร์ จากรูปเน็ตเวิร์คจะถูกแบ่งออกเป็น 2 เน็ตเวิร์ค คือ เน็ตเวิร์คที่ 1 ประกอบด้วยอินเตอร์เฟสข้างหนึ่งของเราเตอร์ A, B และ C ส่วนเน็ตเวิร์คที่ 2 ประกอบด้วยอินเตอร์เฟสข้างหนึ่งของเราเตอร์ A, C และ D สมมติว่า เราเตอร์ A ต้องการส่ง Hello แพ็กเก็ตออกไป มันจะส่งไปให้กับเราเตอร์ B และ C ที่เน็ตเวิร์คที่ 1 และส่งให้ D และ C ที่เน็ตเวิร์คที่ 2 และทำซ้ำจนครบทุกเราเตอร์



รูปที่ 2.10 การค้นหาเส้นทางด้วยวิธีการแบบ Link-State

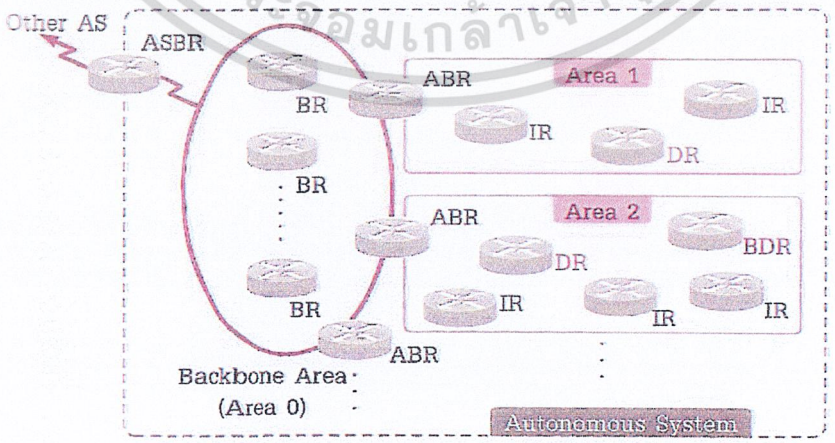
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลการเราติ้งของโหนดต่างๆ

Router	Destination	Next Hop	Cost
A	192.168.66.0	B	1
A	192.168.33.0	C	1
A	192.168.157.0	B	2
A	192.168.157.0	C	2
B	10.0.0.0	A	1
B	192.168.33.0	C	1
B	192.168.157.0	D	1
C	10.0.0.0	A	1
C	185.134.0.0	B	1
C	192.168.157.0	D	1
D	10.0.0.0	B	2
D	10.0.0.0	C	2
D	192.168.66.0	B	1
D	192.168.33.0	C	1

จากรูป 2.10 และ ตารางที่ 2.2 เมื่อเราเตอร์ A ต้องการติดต่อไปยังเน็ตเวิร์ค 192.168.66.0 ซึ่งต่ออยู่กับเราเตอร์ B ในตารางเราติ้ง จะบันทึกข้อมูลไว้คือ จาก A ไปยังเน็ตเวิร์ค 192.168.66.0 Next Hop คือ B และมีค่า Cost เป็น 1 แต่ถ้าต้องการเดินทางไปยังเน็ตเวิร์ค 192.168.157.0 จะต้องผ่านไปยังเราเตอร์ B ก่อน จากนั้นจึงไปยัง D ซึ่งมีค่า Cost เป็น 2

โดย OSPF สามารถแบ่งเน็ตเวิร์คออกเป็นพื้นที่ เพื่อแบ่งเราเตอร์ออกเป็นกลุ่มย่อยๆ เพื่อลดจำนวนข้อมูลในตารางเราติ้ง ข้อมูลจะถูกแลกเปลี่ยนกันเฉพาะในกลุ่มของตนเอง แต่ถ้าต้องการส่งข้อมูลไปยังกลุ่มอื่นๆ จะต้องให้ DR เป็นผู้ส่งให้ ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นตัวแทนของกลุ่ม



รูปที่ 2.11 การแบ่งกลุ่มของ OSPF เพื่อลดทราฟฟิกและจำนวนตารางเราติ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.11 กำหนดให้

DR เป็นเราเตอร์ตัวหนึ่งที่ถูกโปรโมตขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวแทนของพื้นที่หนึ่งๆ

BDR เป็นเราเตอร์ที่ถูกเลือกให้ทำหน้าที่เป็นตัวแทนเช่นเดียวกัน ถ้า DR ไม่สามารถทำงานได้ BDR ก็จะทำหน้าที่แทน

IR คือสมาชิกที่อยู่ภายในกลุ่มหรือพื้นที่ของตัวเอง

ABR เป็นเราเตอร์ตัวหนึ่งในกลุ่มที่มีอินเตอร์เฟสหนึ่งต่อไปยังส่วนของ Backbone

BR อินเตอร์เฟสที่ต่ออยู่กับ Backbone Area 0

ASBR แลกเปลี่ยนข้อมูลที่อยู่ต่าง AS กัน

ตารางที่ 2.3 ความแตกต่างระหว่าง Link State และ Distance Vector

คุณลักษณะ	Link State	Distance Vector
เวลาที่ใช้ในการปรับตัวเมื่อระบบเน็ตเวิร์คมีการเปลี่ยนแปลง	รวดเร็ว	ค่อนข้างช้า เนื่องจากในการป้องกันเราติ้งลูปได้มีการเซตเวลาหน่วงต่างๆไว้
คุณลักษณะในการป้องกันเราติ้งลูป	ได้ถูกผนวกรวมเข้าไปในเราติ้งโปรโตคอล	จำเป็นต้องอาศัยคุณลักษณะเพิ่มเติมอย่างเช่น Split Horizon, Poison Reverse
ความต้องการเกี่ยวกับทรัพยากรบนเราเตอร์	ต้องใช้ทรัพยากรค่อนข้างสูง แต่สามารถใช้หลักการออกแบบที่ดีเพื่อลดความต้องการได้	ไม่ต้องการมากนัก
ประเด็นเกี่ยวกับการออกแบบ	จำเป็นต้องใช้ความรู้สูงเกี่ยวกับการออกแบบโดยเฉพาะในระบบเน็ตเวิร์คขนาดใหญ่	ไม่ต้องใช้ความรู้มากนัก
เป็นมาตรฐานหรือไม่	OSPF เป็นมาตรฐานกลาง	RIP เป็นมาตรฐานกลาง ในขณะที่ IGRP เป็นมาตรฐานของ Cisco

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

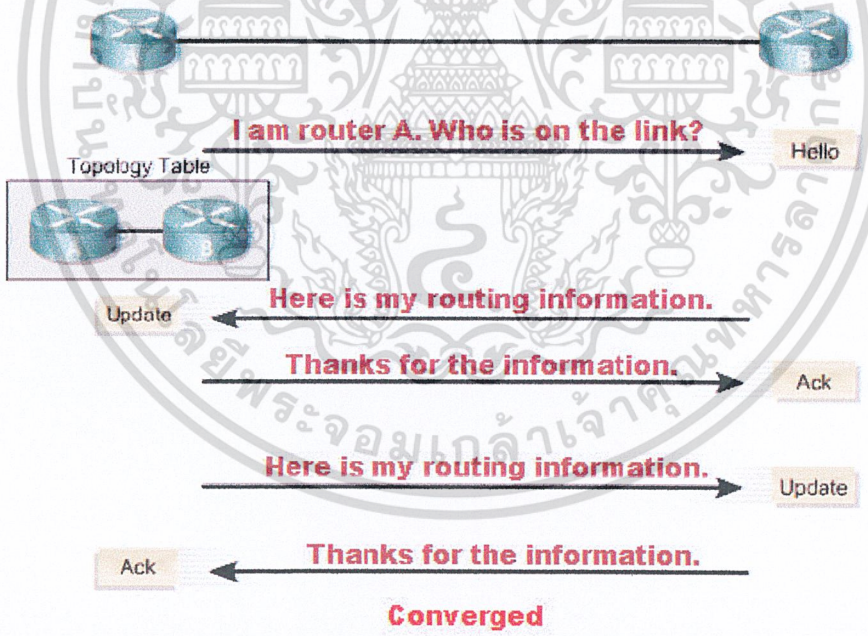
2.1.3 Hybrid Routing

2.1.3.1 EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)

เป็นโปรโตคอลที่นำเอาคุณสมบัติของทั้ง Distance Vector และ Link State มารวมกัน

- คุณสมบัติของ Link State คือการใช้ Hello Packet ในการเช็คสถานะของเราเตอร์เพื่อนบ้านที่มันเชื่อมต่ออยู่และมีลักษณะในการคำนวณหาเส้นทางที่ไม่มีลูปโดยไม่พึ่งคุณลักษณะ Split Horizon หรือ Poison Reverse (ใช้ DUAL ในการคำนวณ) และมีการอัพเดตอย่างรวดเร็ว (Fast Trigger Update)
- คุณสมบัติของ Distance Vector คือการอัพเดตตารางเราติ้งแบบ "Routing by Rumor" โดยการนำเอา Cost จากอินเทอร์เฟซตัวเอง บวกด้วย Cost ที่จะไปถึงเส้นทางปลายทางโดยได้รับมาจากเราเตอร์เพื่อนบ้าน

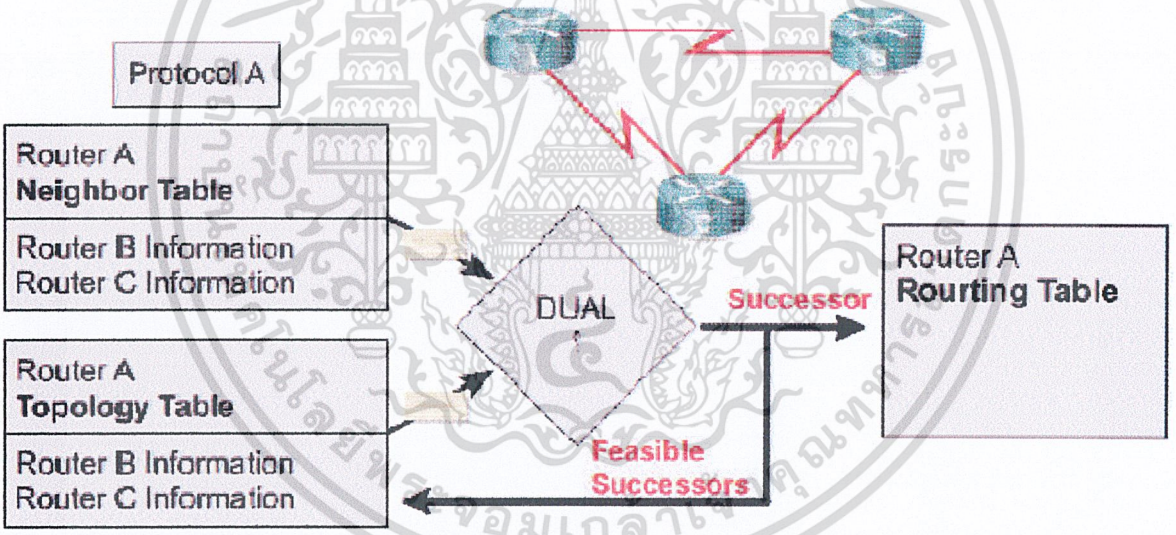
โดยวิธีการหาเส้นทางที่ดีที่สุดจะใช้ Diffusing Update Algorithms (DUAL) เป็นอัลกอริทึมในการคำนวณหาเส้นทางที่ดีที่สุดของ EIGRP มีจุดเด่นอยู่ที่ความเร็วในการเข้าสู่สภาวะคงที่ (Convergence) โดยมีขั้นตอนดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การค้นหาเราเตอร์เพื่อนบ้านของโปรโตคอล EIGRP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เมื่อเริ่มต้น เราเตอร์จะใช้ Hello Packet ในการค้นหาเราเตอร์เพื่อนบ้านที่รัน EIGRP ในมัลติแคสแอดเดรส 224.0.0.10
2. เมื่อทำการสร้างความสัมพันธ์ได้แล้ว จะเรียกเราเตอร์เพื่อนบ้านนี้ว่า "Adjacency Router" และทำการแลกเปลี่ยนตารางเราติ้งกัน และเก็บรายชื่อและ IP Address ของเราเตอร์เพื่อนบ้านนี้ ลงไปในตาราง Neighbor Table ของตนเอง
3. ในเส้นทางแต่ละเส้นที่เราเตอร์แต่ละตัวได้รับมา จะถูกคำนวณด้วยผลลัพธ์ของระยะทางจากตัวมันเองไปยังอินเทอร์เฟซที่ติดต่อกับเพื่อนบ้าน บวกด้วยระยะทางรวมของเราเตอร์เพื่อนบ้านไปยังปลายทาง
4. เส้นทางที่มีค่า Cost ที่ต่ำที่สุดจากตัวมันเองไปยังซับเน็ตปลายทาง จะถูกเรียกว่า Feasible Distance (FD) โดยจะมาจากการคำนวณตัวแปรดังต่อไปนี้ K1 = Bandwidth, K2 = Load, K3 = Delay, K4 = Reliability และ K5 = MTU



รูปที่ 2.13 ลักษณะการทำงานของ DUAL (DUAL Computation) ของโปรโตคอล EIGRP

5. หากมีเส้นทางที่ดีกว่า FD ในการไปถึงปลายทาง โดยการประกาศมาจากทางเราเตอร์เพื่อนบ้าน จะเรียกว่า Advertise Distance (AD) ซึ่ง AD นี้ จะทำการเทียบว่า มีค่ามากกว่า FD หรือไม่ หากว่า AD น้อยกว่า FD นั่นอาจถือได้ว่า เส้นทางนั้นไม่มีการบวกค่าวนกลับมายัง FD ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเราติ้งลูปได้ และเส้นทางนั้นๆ จะถูกนำไปใส่ใน ตารางโทโปโลยี (Topology Table)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. จากรูปที่ 2.13 EIGRP จะเลือกเส้นทางหลัก และเส้นทางสำรองไว้ใน ตารางโทโปโลยีเส้นทางที่มี Cost ที่ต่ำที่สุดในการไปถึงปลายทางแต่ละเส้น จะถูกบันทึกลงในตารางเราติ้งและถูกเรียกว่า "Successor" ในขณะที่เส้นทางอื่นๆ ที่อยู่ภายใน ตารางโทโปโลยีจะถูกเรียกว่า "Feasible Successor" ซึ่ง เมื่อเราเตอร์ที่รัน EIGRP ได้คำนวณเส้นทางทั้งหมดแล้ว จะเข้าสู่สภาวะคงที่ (Converged) และ หากมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ในโทโปโลยีนั้น (เช่น ลิงก์ได้ดาวน์ลงไป) เราเตอร์จะทำการนำเอา Feasible Successor ขึ้นมาเป็น Successor ทันที โดยไม่มีการคำนวณใหม่ และจะทำการส่งอัพเดตแบบ "Partial Update" หรือ อัพเดตตารางเราติ้งเทเบิลแค่ส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงไปยังเราเตอร์ Adjacency เท่านั้น ซึ่งเป็นการลดทราฟฟิกและเพิ่มความเร็วให้ระบบ

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบคุณลักษณะของเราติ้งโปรโตคอล EIGRP กับ IGRP และ OSPF

คุณลักษณะ	EIGRP	IGRP	OSPF
ค้นหาเราเตอร์เพื่อนบ้านก่อนการแลกเปลี่ยนข้อมูลเกี่ยวกับเราติ้ง	มี	ไม่มี	มี
สร้างตารางเพื่อเก็บรวบรวมแผนภาพของเน็ตเวิร์คโทโพโลยี ก่อนการเพิ่มเราติ้งเอ็นทรีเข้าไปในตารางเราติ้ง	มี	ไม่มี	มี
ปรับตัวได้อย่างรวดเร็วหลังเน็ตเวิร์คมีการเปลี่ยนแปลง	ใช่	ไม่	ใช่
คำนวณค่า Cost จากทั้งแบนด์วิดธ์ และค่าหน่วงเวลา	ใช่	ใช่	ไม่ (ใช้เฉพาะแบนด์วิดธ์)
ส่งตารางเราติ้งทั้งตารางไปให้เราเตอร์เพื่อนบ้านทุกครั้งที่ทำการอัพเดต	ไม่	ใช่	ไม่
ต้องอาศัยคุณลักษณะในการป้องกันเราติ้งลูปต่างหาก	ใช้เฉพาะ Split Horizon	ใช้ (ทุกคุณลักษณะ)	ไม่
เป็นมาตรฐานสากล	ไม่ใช่	ไม่ใช่	ใช่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.1.4 ข้อสรุปของเราติ้งโปรโตคอลแต่ละประเภท

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบคุณลักษณะระหว่างเราติ้งโปรโตคอลประเภท Distance Vector

คุณลักษณะ	RIP V1	RIP V2	IGRP	EIGRP
Count to Infinity	มี	มี	มี	-
Split Horizon	มี	มี	มี	มี
Holddown Timer	มี	มี	มี	-
Load Balancing – Equal Cost Paths	สนับสนุน	สนับสนุน	สนับสนุน	สนับสนุน
Load Balancing – Unequal Cost Paths	ไม่สนับสนุน	ไม่สนับสนุน	สนับสนุน	สนับสนุน
เป็นแบบ Classful หรือ Classless	Classful	Classless	Classful	Classless
การสนับสนุน VLSM และ Route Summarization	ไม่สนับสนุน	สนับสนุน	ไม่สนับสนุน	สนับสนุน
การใช้ Subnet Mask ในแต่ละซับเน็ต	Subnet Mask ต้องเหมือนกันทุกๆซับเน็ต	Subnet Mask ไม่จำเป็นต้องเหมือนกันทุกๆซับเน็ต	Subnet Mask ต้องเหมือนกันทุกๆซับเน็ต	Subnet Mask ไม่จำเป็นต้องเหมือนกันทุกๆซับเน็ต
อัลกอริทึมที่ใช้	Bellman - Ford	Bellman - Ford	Bellman - Ford	DUAL
ค่า Cost คำนวณมาจาก	Hop Count	Hop Count	Composite	Composite
จำนวนของเราเตอร์สูงสุด (Max Hop Count)	15	15	100	100
ความสามารถในการรองรับขนาดของระบบเน็ตเวิร์ค	ขนาดเล็ก	ขนาดเล็ก	ขนาดกลาง	ขนาดใหญ่

117389

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

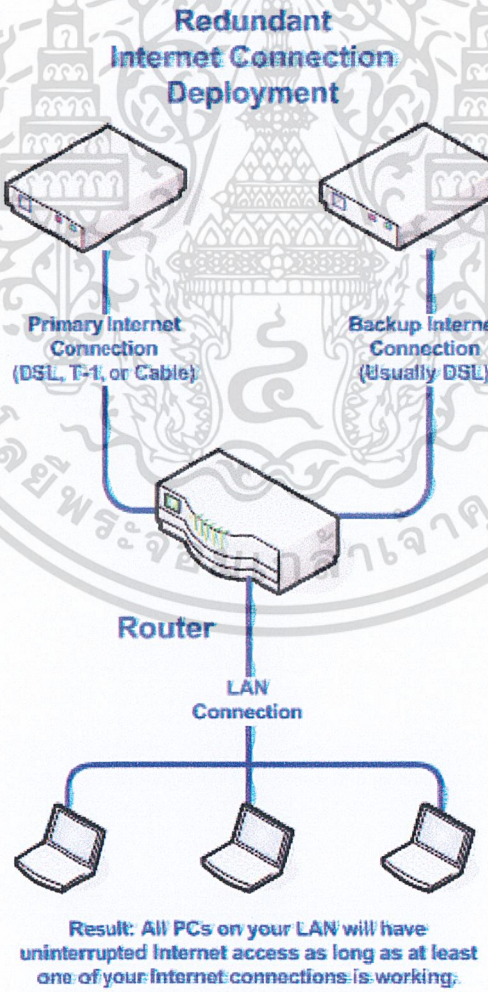
ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบคุณลักษณะระหว่างเราติ้งโปรโตคอลประเภท Link State

คุณลักษณะ	OSPF	EIGRP
สามารถออกแบบโทโพโลยีของเน็ตเวิร์คให้มีลำดับชั้นได้หรือไม่	ได้	ไม่ได้
รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเน็ตเวิร์คโทโพโลยีทั้งหมดไว้ก่อนการตัดสินใจเลือกเส้นทาง	ใช่	ใช่
สามารถทำ Route Summarization ได้หรือไม่	ได้	ได้
มีการทำ Auto Summarization หรือไม่	ไม่มี	มี
มีการประกาศแจ้งให้เราเตอร์เพื่อนบ้านทราบเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงโทโพโลยี	มี	มี
Load Balancing – Equal Cost Paths	สนับสนุน	สนับสนุน
Load Balancing – Unequal Cost Paths	ไม่สนับสนุน	สนับสนุน
การสนับสนุน VLSM	สนับสนุน	สนับสนุน
อัลกอริทึมที่ใช้	Dijkstra(SPF)	DUAL
ค่า Cost คำนวณมาจาก	ค่าแบนด์วิดธ์ของเน็ตเวิร์ค	ค่าแบบ composite (จากแบนด์วิดธ์ และค่าความหน่วง)
จำนวนของเราเตอร์สูงสุด (Max Hop Count)	ไม่มีข้อจำกัดด้านนี้	100 - 255
ความสามารถในการรองรับขนาดของระบบเน็ตเวิร์ค	ขนาดใหญ่	ขนาดใหญ่
เป็นค่ามาตรฐานกลางหรือไม่	เป็นมาตรฐานกลาง	เป็นของบริษัท Cisco

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การทำโหลดบาลานซ์ (Load Balancing)

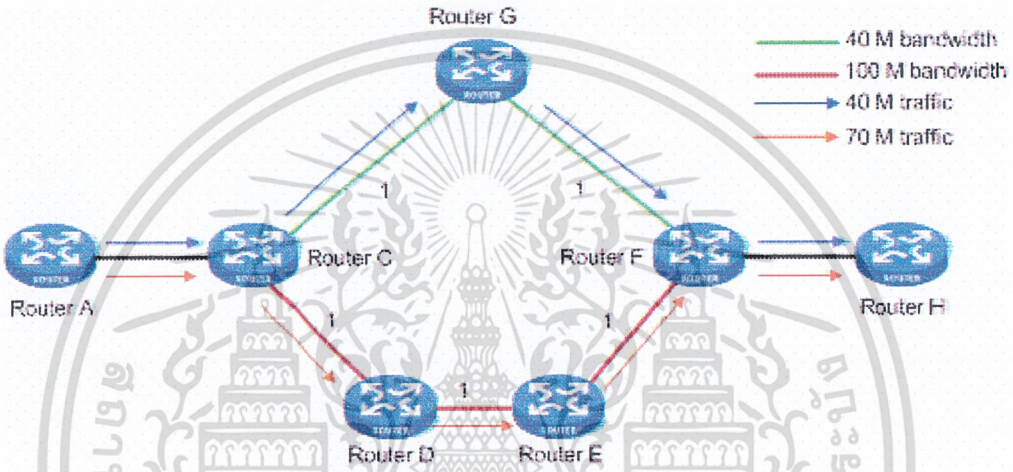
ในปัจจุบันระบบอินเตอร์เน็ตได้ถูกใช้งานในการส่งข้อมูลที่มีความสำคัญต่างๆ เช่น ข้อมูลด้านการเงิน การเข้าถึงและการบันทึกข้อมูลบนดาต้าเบส โดยระบบจำเป็นที่จะต้องใช้งานได้ตลอด 24 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เพื่อตอบสนองการใช้งานของผู้ใช้อีกทั้งระบบจำเป็นที่จะต้องรองรับการใช้งานของผู้ใช้จำนวนมากในแต่ละวัน ซึ่งต้องการการตอบสนองของระบบที่รวดเร็ว ด้วยเหตุนี้การทำโหลดบาลานซ์จึงถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ โดยการทำโหลดบาลานซ์ คือ เทคนิคที่ใช้ในการกระจายโหลดระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ หน่วยประมวลผลส่วนกลาง (CPU) ระบบเน็ตเวิร์ค ฯลฯ โดยมีจุดประสงค์เพื่อที่จะสามารถใช้งานระบบให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด ลดเวลาในการตอบสนองลง เพิ่มความน่าเชื่อถือและหลีกเลี่ยงการเกิดโอเวอร์โหลด



รูปที่ 2.14 ระบบเน็ตเวิร์คที่มีเส้นทางสำรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำโหลดบาลานซ์จะใช้กับสถานการณ์ที่ระบบเน็ตเวิร์คนั้นมีเส้นทางสำรองมากกว่าหนึ่งเส้นทาง เช่น ระบบเน็ตเวิร์คซึ่งมีเส้นทางเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตมากกว่าหนึ่งเส้นทาง เมื่อเกิดเหตุขัดข้องขึ้นกับเส้นทางใดเส้นทางหนึ่ง ก็จะสามารถสลับไปใช้อีกเส้นทางได้ โดยการทำโหลดบาลานซ์จะใช้เส้นทางเชื่อมต่อที่มีทั้งหมดในการส่งข้อมูล โดยอาจจะใช้อุปกรณ์หรือโปรแกรมในการตัดสินใจว่าข้อมูลจะถูกส่งไปยังเส้นทางไหนปริมาณเท่าใด ซึ่งจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบและหลีกเลี่ยงการแออัดของข้อมูลบนแต่ละเส้นทางได้



รูปที่ 2.15 ตัวอย่างการทำโหลดบาลานซ์

จากรูปที่ 2.15 เราเตอร์ A ต้องการส่งข้อมูลไปยังเราเตอร์ H โดยมี 2 เส้นทางที่สามารถส่งข้อมูลไปถึงได้คือ เส้นทางแรก ผ่านเราเตอร์ C -> G -> F ซึ่งมีแบนด์วิดธ์ 40 M ส่วนเส้นทางที่ 2 ผ่านเราเตอร์ C->D->E->F ซึ่งมีแบนด์วิดธ์ 100 M โดยการทำโหลดบาลานซ์นั้นจะทำการกระจายโหลดทั้งหมดไปยังทั้งสองเส้นทางโดยแบ่ง 40 M ไปยังเส้นทางแรกที่มีแบนด์วิดธ์ 40 M และ แบ่งโหลดอีก 70 M ไปยังเส้นทางที่สองที่มีแบนด์วิดธ์ 100 M โดยจะแบ่งโหลดไปยังเส้นทางที่มีแบนด์วิดธ์มากกว่าเพื่อให้สามารถส่งข้อมูลไปยังปลายทางได้รวดเร็วขึ้น

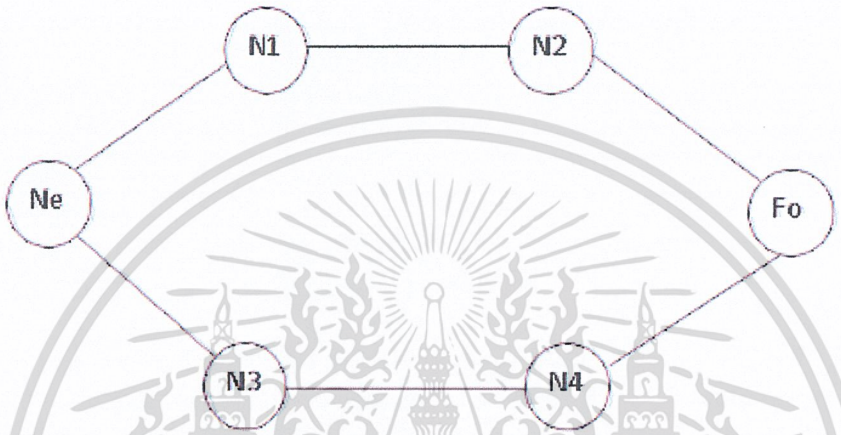
ดังนั้นการทำโหลดบาลานซ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลให้แก่ระบบและสามารถรองรับผู้ใช้จำนวนมากขึ้นแต่ก็จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่สนับสนุนการทำโหลดบาลานซ์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีฝูงมด (Ant Colony Optimization)

2.3.1 การเปรียบเทียบระหว่างทฤษฎีฝูงมดกับโปรโตคอลหาเส้นทางพื้นฐาน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงความแตกต่างระหว่างทฤษฎีฝูงมด กับโปรโตคอลหาเส้นทางพื้นฐาน เช่น Distance Vector Routing (RIP) และ Link State Routing (OSPF) มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2.16 ระบบเน็ตเวิร์คที่ใช้ในการเปรียบเทียบทฤษฎีฝูงมดกับโปรโตคอลหาเส้นทางพื้นฐาน

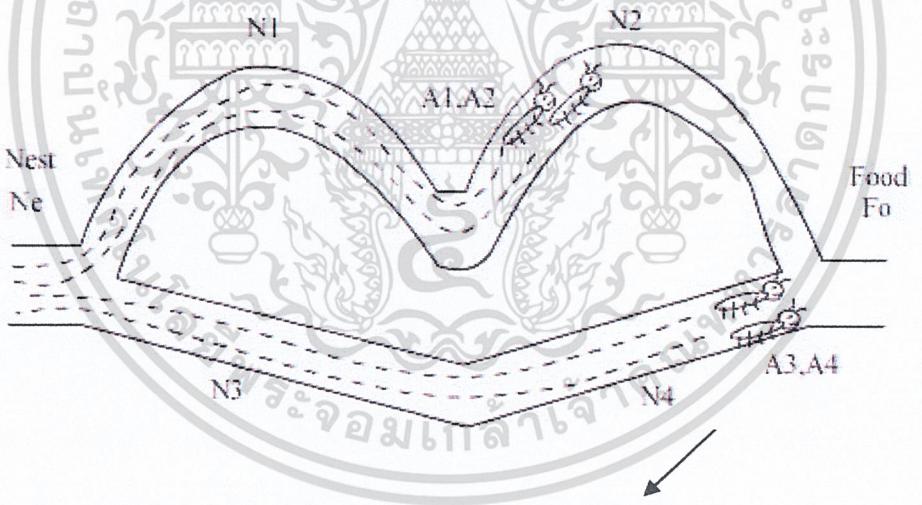
2.3.1.1 ด้านข้อมูลที่ใช้ในการหาเส้นทาง

1) สำหรับโปรโตคอล RIP ที่โหนด Ni (โหนดใดๆ) การหาเส้นทางจะขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ได้รับจากโหนดเพื่อนบ้าน เพื่อใช้ในการสร้างตารางเราติ้งที่สมบูรณ์ นอกจากนี้ข้อมูลของโหนดเพื่อนบ้านโหนด Ni ก็จะขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ได้จากเพื่อนบ้านของมันอีกทีหนึ่ง เช่น พิจารณาเน็ตเวิร์คที่แสดงดังรูปที่ 2.14 ที่ใช้โปรโตคอล RIP โดยที่โหนดต้นทาง (Ne) จะขึ้นอยู่กับข้อมูลของตารางเราติ้งที่ได้รับจากโหนด N1 และ N3 เพื่อที่จะทำการสร้างตารางเราติ้งที่สมบูรณ์ (การที่จะระบุระยะ ทางระหว่างโหนด Ne กับ N2 และ Ne กับ N4 นั้น โหนด Ne จำเป็นต้องใช้ข้อมูลระยะทางระหว่างโหนด N1 กับ N2 และโหนด N3 กับ N4) ข้อมูลของตารางเราติ้งโหนด N1 และ N3 จะขึ้นอยู่กับตารางเราติ้งจากโหนด N2 และ N4 ในขณะเดียวกัน ข้อมูลของตารางเราติ้ง โหนด N2 และ N4 ก็จะขึ้นอยู่กับ ข้อมูลของตารางเราติ้งจากโหนด F0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) สำหรับโปรโตคอล OSPF โหนด Ne จะต้องการข้อมูล Link State Information ของทุกๆโหนดในทุกเส้นทางที่จะนำไปสู่โหนดปลายทาง (F0) ก่อนที่จะใช้ข้อมูลนั้นคำนวนหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการส่งข้อมูล

3) สำหรับทฤษฎีฝูงมด เส้นทางระหว่างโหนดเริ่มต้นไปยังโหนดปลายทางสามารถระบุได้ ดังรูปที่ 2.15 โดยที่ มด 4 ตัวจะเดินทางเป็นอิสระจากโหนดเริ่มต้น (Ne) คือรัง ไปยังโหนดปลายทาง (F0) คืออาหาร โดยที่ มด A1 และ A2 ได้เลือกเดินทางโดยใช้เส้นทาง P1 ส่วน มด A3 และ A4 ได้เลือกเดินทางโดยใช้เส้นทาง P2 จะเห็นได้ว่า มด A3 และ A4 ได้เดินทางไปถึงโหนด F0 ก่อน จึงสามารถระบุได้ว่าเส้นทาง P2 เป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยไม่ต้องรอให้ มด A1 และ A2 เดินทางมาถึงโหนด F0 โดยเมื่อมดเดินทางจากโหนดหนึ่งไปยังโหนดหนึ่ง ค่าฟีโรโมนของเส้นทางจะถูกอัพเดต ดังนั้น แต่ละค่าในตารางฟีโรโมนในโหนดจะอัพเดตอย่างเป็นอิสระ ซึ่งที่โหนด F0 สามารถใช้ข้อมูลจากตารางฟีโรโมน เพื่อใช้ในการหาเส้นทางเพื่อส่งข้อมูลกลับไปยังโหนด Ne เมื่อมดจากเส้นทางอื่นเดินทางมาถึงเพื่อให้การส่งข้อมูลมีประสิทธิภาพสูงสุด



เส้นทาง	จำนวนฟีโรโมน
P1	0
P2	2

รูปที่ 2.17 การค้นหาเส้นทางของฝูงมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 ด้านประสิทธิภาพ

1) สำหรับโปรโตคอล RIP จะส่งตารางเราติ้งของแต่ละโหนด ไปยังทุกโหนดที่อยู่ติดกันสำหรับเน็ตเวิร์คขนาดใหญ่นั้น การส่งข้อมูลจากโหนดทุกโหนดไปยังโหนดข้างเคียงทำให้เกิดการสิ้นเปลืองทรัพยากรจำนวนมาก

2) สำหรับโปรโตคอล OSPF การหาเส้นทางแต่ละโหนด จะทำการส่ง Link State Packet (LSP) ไปยังทุกโหนดในเน็ตเวิร์คโดยอาศัยการ Flooding ถึงแม้ว่า LSP (ไปยังโหนดเพื่อนบ้านทุกโหนด) จะเล็กกว่าตารางเราติ้งแต่การ Flooding จะทำให้มั่นใจได้ว่าทุกโหนดจะได้รับ LSP สำหรับการ Flooding นั้น LSP จะกระจายได้หลายทิศทางเพราะฉะนั้นอาจมีการส่ง LSP ที่ซ้ำกันมายังโหนดเดิม ทำให้เสียทรัพยากรโดยเปล่าประโยชน์

3) สำหรับทฤษฎีฝูงมดนั้น การหาเส้นทางทำได้โดยการส่งมดออกไป ถึงแม้ว่า ขนาดของมดอาจมีความแตกต่างกันในแต่ละระบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับฟังก์ชั่น การทำงานของระบบนั้นๆ แต่เมื่อเทียบกับขนาดของตารางเราติ้ง LSP ก็ยังมีขนาดเล็กกว่ามาก

2.3.1.3 ด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง

ในระบบเน็ตเวิร์คที่มีการเปลี่ยนแปลงบ่อย การส่งตารางเราติ้ง (RIP) หรือ Flooding Multiple Copies of LSPs (OSPF) ในรอบเวลาสั้นๆ อาจทำให้ลดประสิทธิภาพของระบบ แต่อย่างไรก็ตามการ Flooding Multiple Copies of LSPs และการส่งตารางเราติ้งในรอบเวลาที่นานขึ้น อาจส่งผลให้เกิดการตอบสนองที่ช้าในระบบเน็ตเวิร์ค ส่วนการทำงานของทฤษฎีฝูงมดนั้น มดจะมีขนาดเล็ก สามารถทำการแนบ (Piggybacked) ไปกับแพ็คเก็ตของข้อมูล ทำให้จำนวนมดที่ทำการส่ง สามารถส่งได้มากขึ้น เป็นผลทำให้ได้รับข้อมูลเส้นทางที่ถูกต้อง ดังนั้นการใช้มดในระบบไดนามิคเน็ตเวิร์คจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 เปรียบเทียบคุณลักษณะระหว่างโปรโตคอล RIP/OSPF กับทฤษฎีฝูงมด

คุณลักษณะ	RIP/OSPF	ทฤษฎีฝูงมด
การเลือกเส้นทาง	ขึ้นอยู่กับเวลาในการส่งและค่าความหน่วง	ขึ้นอยู่กับความปริมาณของฟีโรโมน
การแลกเปลี่ยนข้อมูล	ข้อมูลของเร้าติ้งต้องแยกส่งโดยเฉพาะ	สามารถใช้การแนบ (piggybacked) ไปกับแพ็คเก็ตข้อมูล
การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง	ส่งตารางเร้าติ้งหรือ LSP ทุกๆช่วงเวลาหนึ่ง	สามารถส่งมดได้ค่อนข้างถี่
ประสิทธิภาพ	ต่ำ	สูง
การอัพเดต	อัพเดตทั้งตารางเราติ้ง / อัพเดตเฉพาะส่วนที่เปลี่ยนแปลง	อัพเดตเฉพาะส่วนที่เปลี่ยนแปลง

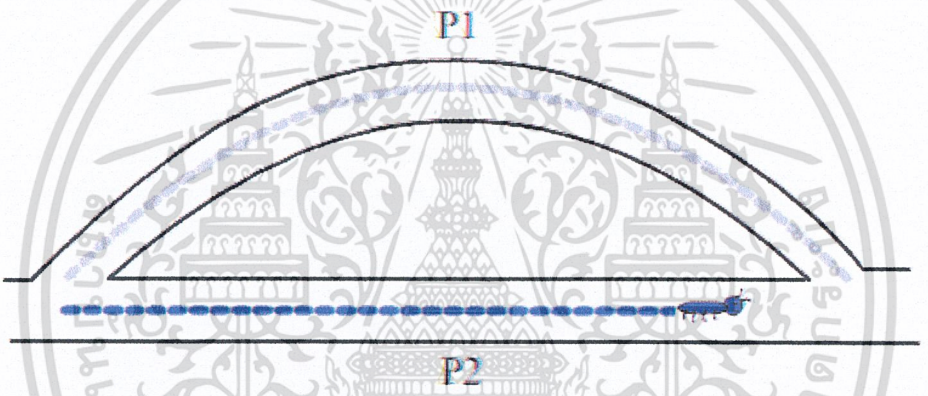
จากตารางที่ 2.7 จะเห็นได้ว่าทฤษฎีฝูงมดนั้นมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้กับระบบเน็ตเวิร์คทุกขนาด เนื่องจากขนาดข้อมูลที่มดแลกเปลี่ยนกันมีขนาดเล็กเพียงแค่ 4 ไบต์ โดยสามารถแนบไปกับข้อมูลที่ต้องการจะส่งได้ ทำให้สามารถที่จะส่งได้ค่อนข้างถี่เป็นผลให้สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในระบบเน็ตเวิร์คได้อย่างรวดเร็ว และจะอัพเดตตารางฟีโรโมนเฉพาะส่วนที่เปลี่ยนแปลงเท่านั้น ซึ่งทำให้ทฤษฎีฝูงมดเหมาะสำหรับใช้งานในระบบเน็ตเวิร์คที่มีความซับซ้อนสูง เพราะมีการตอบสนองที่รวดเร็วนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 วิธีการที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการหาเส้นทางของฝูงมด

2.3.2.1 การระเหย (Evaporation)

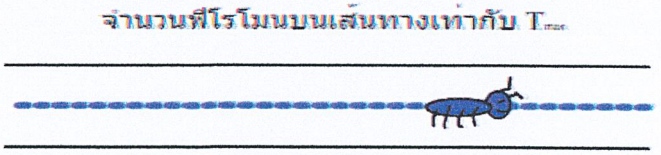
เพื่อที่จะป้องกันไม่ให้มดเลือกเส้นทางเพียงเส้นทางเดียว คือ เส้นทางที่มีฟีโรโมนมากที่สุด จึงต้องใช้วิธีการระเหย (Evaporation) เพื่อป้องกัน ไม่ให้เส้นทางใดเส้นทางหนึ่งมีฟีโรโมนสูงมากเกินไป และเพื่อให้มดค้นหาเส้นทางใหม่หรือเส้นทางที่ดีกว่าเดิม ตัวอย่างเช่น สมมุติให้แต่ละรอบ t_i มดทุกตัวเดินทางผ่านเส้นทาง P_1 และปล่อยฟีโรโมนจำนวนมากไว้บนเส้นทางนี้ ในรอบต่อไป $t_i + 1$ จำนวนฟีโรโมนที่อยู่บนเส้นทาง P_1 จะลดลงจำนวนหนึ่ง และในรอบต่อไป $t_i + 2$ ก็จะลดลงต่อไปอีกเรื่อยๆ ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.18 การระเหยของฟีโรโมน (Evaporation)

2.3.2.2 การจำกัดฟีโรโมน (Limiting Pheromone)

การจำกัดจำนวนฟีโรโมนในแต่ละเส้นทาง (T_{max}) เพื่อไม่ให้ปริมาณฟีโรโมนบนเส้นทางหนาแน่นเกินไป ซึ่งจะทำให้โอกาสที่มดจะเลือกเส้นทางเดียวกันลดลง ดังรูปที่ 2.17

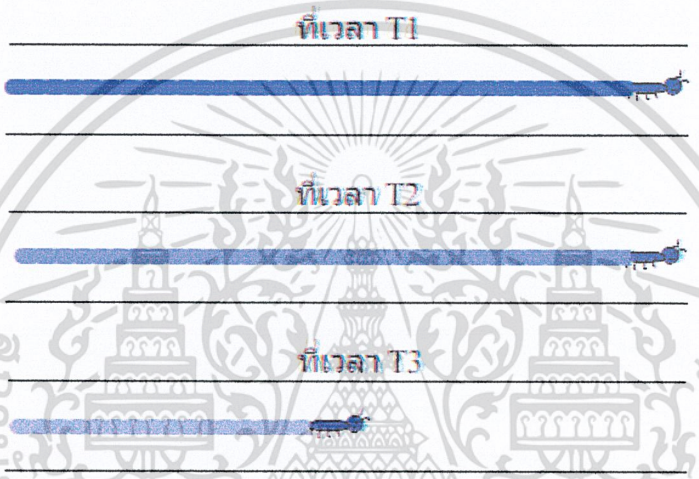


รูปที่ 2.19 การจำกัดฟีโรโมน (Limiting Pheromone)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.3 การกำหนดอายุ (Aging)

โดยหลักการของการกำหนดอายุ คือ มดที่เดินทางเป็นระยะเวลานาน จะมีโอกาสในการประสบความสำเร็จในการค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุดน้อยมาก โดยจะควบคุมการปล่อยฟีโรโมนของมดตามอายุของมัน วิธีนี้มดจะปล่อยฟีโรโมนน้อยลงเรื่อยๆ เมื่อมันเดินทางจากโหนดไปยังอีกโหนดหนึ่ง ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.20 การกำหนดอายุ (Aging)

2.3.2.4 การกำหนดฟีโรโมน (Smoothing Pheromone)

จำนวนฟีโรโมนบนเส้นทาง (i , j) สามารถแสดงเป็นสมการดังนี้

$$T_{ij}(t') = T_{ij}(t) + \alpha * (T_{max} - T_{ij}(t))$$

เมื่อค่า α เป็นค่าคงที่ระหว่าง 0 และ 1 สามารถเป็นไปได้ว่า $T_{ij}(t) \rightarrow T_{max}$

การกำหนดฟีโรโมนจะทำการลดฟีโรโมนเหมือนกับวิธีการระเหย แต่จะลดฟีโรโมนจำนวนมากกว่า ดังนั้นวิธีการนี้จึงดูเหมือนเป็นวิธีที่ดีที่จะป้องกันการเลือกเส้นทางเพียงเส้นทางเดียวของฝูงมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การเปรียบเทียบวิธีการต่างๆ

โดยทั่วไปทฤษฎีฝูงมดช่วยลดปัญหาได้หลายอย่าง โดยมีการเปรียบเทียบ ดังนี้

2.3.3.1 การกำหนดอายุ (Aging)

จำนวนของฟีโรโมนที่ปล่อยออกมาจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่มดทำการเดินทางบนเส้นทาง โดยที่เมื่อเวลาผ่านไปนานเท่าไร จำนวนของฟีโรโมนที่มดปล่อยออกมานั้นก็จะมีค่าน้อยลงเรื่อยๆ ข้อดีของวิธีนี้คือ เส้นทางที่มดหาได้จะเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดในระบบเน็ตเวิร์ค แต่อย่างไรก็ตาม ข้อมูลของฟีโรโมนที่ใช้ในการเดินทางไป อาจจะมีความไม่แน่นอนในการที่จะใช้สำหรับเดินทางกลับ เช่น ในระบบเน็ตเวิร์คที่ไม่สมมาตรเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทางจะแตกต่างกับเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโหนดปลายทางกลับมายังโหนดต้นทาง จะเห็นได้ว่าข้อมูลฟีโรโมนการเดินทางของมดจะไม่ถูกต้องเมื่อใช้กับการเดินทางของมดในทิศทางตรงกันข้าม แต่ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดย กำหนดให้การเดินทางของมดไปและกลับ เป็นการอัพเดตตารางฟีโรโมนเพียงครั้งเดียว

2.3.3.2 การจำกัดฟีโรโมน (Limiting Pheromone)

การกำหนดให้จำนวนฟีโรโมนสูงสุด และต่ำสุด (T_{max} และ T_{min}) บนทุกเส้นทาง จะสามารถช่วยในการป้องกันไม่ให้มดใช้เส้นทางการเดินทางเพียงเส้นทางเดียว วิธีการจำกัดฟีโรโมน ควรจะใช้ร่วมกับการระเหยของฟีโรโมน (Evaporation) โดยถ้าวิธีการจำกัดฟีโรโมนถูกใช้เพียงอย่างเดียว ฟีโรโมนบนทุกเส้นทางจะไม่มีผลต่อมด เนื่องจาก เมื่อฟีโรโมนบนทุกเส้นทางถึงจุด T_{max} แต่ไม่มีการระเหย ฟีโรโมนก็จะไม่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกเส้นทางของมด

2.3.3.3 การกำหนดฟีโรโมน (Pheromone Smoothing)

โดยทั่วไป วิธีการนี้ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกัน การเลือกเส้นทางเพียงเส้นทางเดียว เพราะว่าวิธีนี้จะช่วยให้เส้นทางที่มีฟีโรโมนสูง สามารถลดจำนวนฟีโรโมนในเส้นทางนั้นๆ ได้ซึ่งคล้ายกับวิธีการการระเหย โดยวิธีนี้จะช่วยเพิ่มความน่าจะเป็นที่มดจะเลือกเส้นทางอื่น นอกเหนือจากเส้นทางที่มีฟีโรโมนหนาแน่นที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.4 การระเหย (Evaporation)

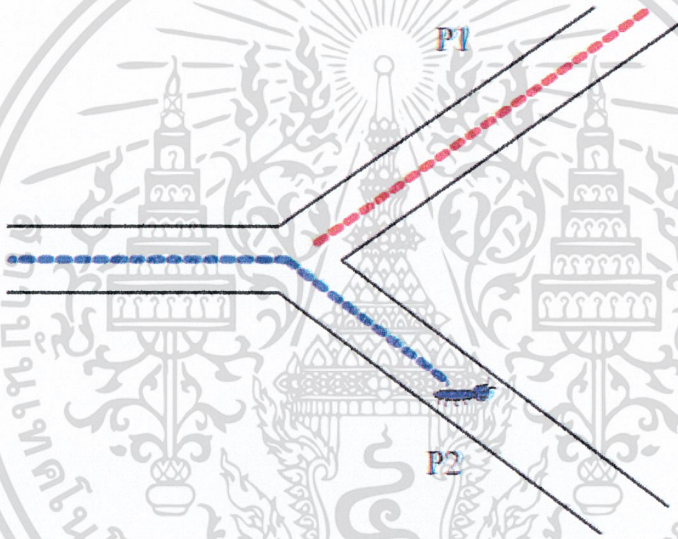
โดยทั่วไป วิธีการนี้จะไม่ได้รับผลกระทบจากข้อเสียที่กล่าวมาข้างต้น แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้วิธีนี้ร่วมกับวิธีการจำกัดฟีโรโมนและการกำหนดฟีโรโมน อาจจะไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้สำหรับการเราติ้งในระบบเน็ตเวิร์คที่เสถียร ซึ่งเส้นทางที่ดีที่สุดไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง ดังนั้นการใช้วิธีการร่วมกันทั้ง 3 วิธีนี้จะทำให้มดเดินทางไปยังเส้นทางที่แย่ลง นำไปสู่การสูญเสียประสิทธิภาพของระบบเน็ตเวิร์ค ดังนั้นการเลือกวิธีการใช้งาน ควรเลือกให้เหมาะสมตามแต่กรณีนั้นๆ ในระบบเน็ตเวิร์คที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้นเงื่อนไขที่ต้องพิจารณาในการออกแบบ คือ การกำหนดความถี่ของการระเหย ถ้ามีความถี่มากเกินไป อาจนำไปสู่การสูญเสียประสิทธิภาพของระบบเน็ตเวิร์ค แต่ถ้าการกำหนดความความถี่น้อยเกินไป ก็อาจจะลดการปรับตัวของระบบ

จากที่กล่าวมาทั้งหมดดูเหมือนว่าวิธีการกำหนดอายุจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในทั้งระบบที่มีความเสถียร หรือ ไม่มีความเสถียร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ทฤษฎีฝูงมดแบบหลายฝูง (Multiple Ant Colony Optimization)

การทำโหลดบาลานซ์ คือ การหาเส้นทางที่เป็นไปได้มากกว่าหนึ่งเส้นทางไปยังโหนดต่างๆในระบบเน็ตเวิร์ค โดยวิธีการของ MACO ได้มีการใช้มดหลายฝูงในการค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุด โดยแต่ละฝูงของมดจะปล่อยฟีโรโมนที่ต่างชนิดกัน ซึ่งอาจจะแสดงด้วยสีที่ต่างกัน ซึ่งมดแต่ละฝูงจะตอบสนองต่อฟีโรโมนเฉพาะของฝูงตัวเองเท่านั้น และนอกจากนี้ MACO ยังใช้กลไกการต่อต้าน (Repulsion) เพื่อป้องกันไม่ให้มดแต่ละฝูงเลือกเดินทางบนเส้นทางเดียวกัน โดยมดจะพิจารณาเลือกเส้นทางที่มีฟีโรโมนของฝูงตัวเองอยู่และยังต่อต้านเส้นทางที่มีฟีโรโมนของฝูงอื่นอีกด้วย ดังรูปที่ 2.21

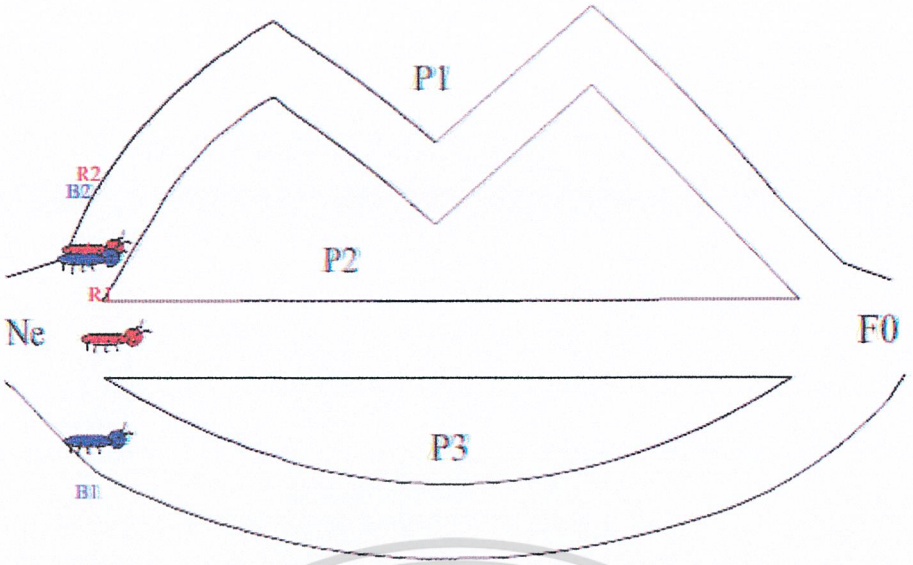


รูปที่ 2.21 กลไกการต่อต้าน(Repulsion)

2.4.1 ตัวอย่างการทำงานของทฤษฎีฝูงมดแบบหลายฝูงในการหาเส้นทางบนระบบเน็ตเวิร์ค

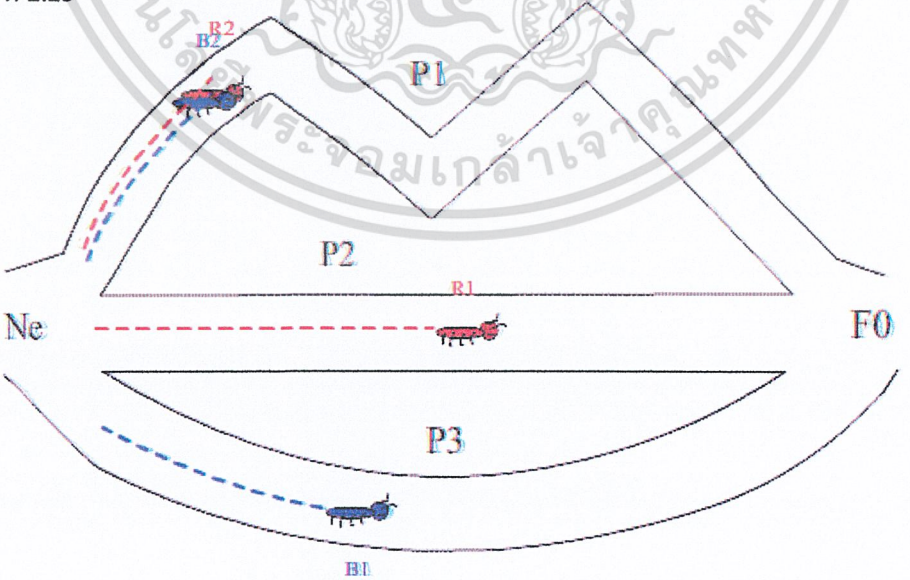
กำหนดให้มีมด 4 ตัว โดยให้มดแต่ละตัวแทนด้วยสัญลักษณ์ R1, R2, B1 และ B2 ตามลำดับ ซึ่งมด R1, R2 เป็นมดที่มาจากรังสีแดง และมด B1, B2 เป็นมดที่มาจากรังสีน้ำเงินโดยมีเส้นทาง 3 เส้นทาง คือ P1, P2 และ P3 ที่ใช้ในการเดินทางจากรัง (Ne) ไปสู่แหล่งอาหาร (F0) โดยที่ระยะเส้นทาง P1 > P3 > P2 โดยก่อนเริ่มเดินทางมดทั้งหมดอยู่ที่รัง (Ne) และมดต้องเลือกเส้นทางระหว่าง P1, P2 และ P3 ที่จะใช้ในการเดินทางไปยังจุด F0 ดังรูปที่ 2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 จุดเริ่มต้นการเดินทางของฝูงมด

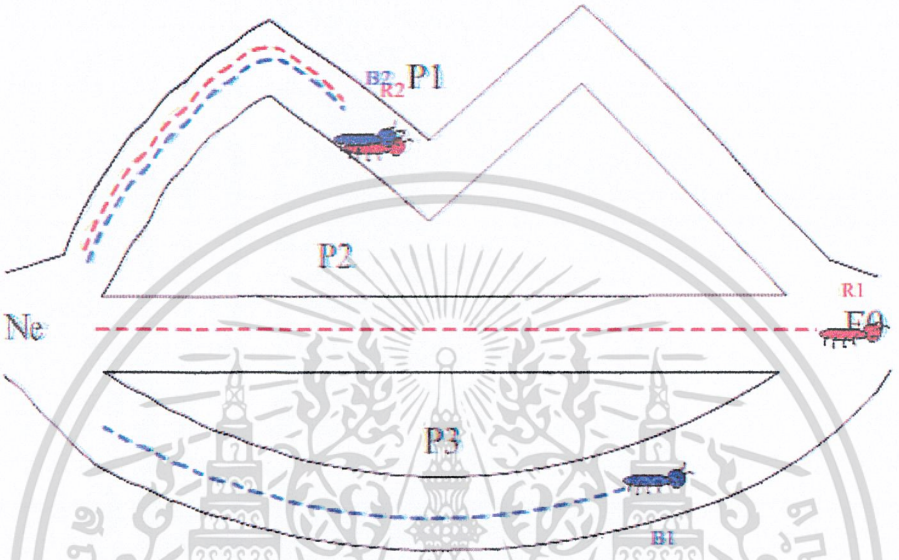
1) ที่จุด Ne มด R1, R2, B1 และ B2 ไม่รู้ว่าจุด F0 ตั้งอยู่ที่ใด ดังนั้น มดจะเลือกเส้นทางแบบสุ่มจากเส้นทางทั้งหมด {P1, P2 และ P3} สมมุติว่ามด R1, R2 เลือกเส้นทาง P2 และ P1 ตามลำดับ ในขณะที่มด B1, B2 เลือกเส้นทาง P3 และ P1 ตามลำดับ ขณะที่มดทั้งหมดเดินทางบนเส้นทางที่เลือก มดจะปล่อยฟีโรโมนจำนวนหนึ่งบนเส้นทางนั้น โดยมด B1, B2 ได้ปล่อยฟีโรโมนสีน้ำเงินจำนวน 1 หน่วย (T_b) บนเส้นทาง P3 และ P1 ตามลำดับ ส่วนมด R1, R2 ได้ปล่อยฟีโรโมนสีแดงจำนวน 1 หน่วย (T_r) บนเส้นทาง P2 และ P1 ตามลำดับ ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 การเดินทางของฝูงมดลำดับที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

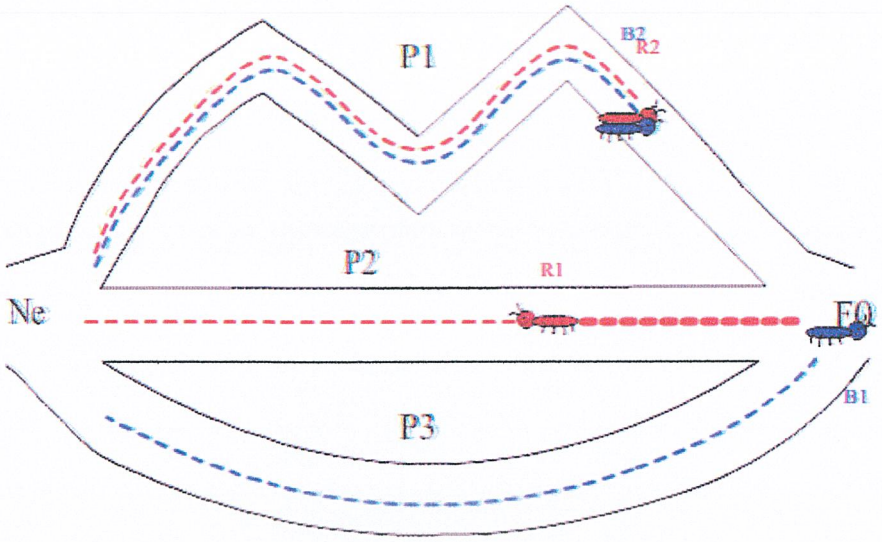
2) เมื่อระยะเส้นทาง P1 > P3 > P2 มด R1 เดินทางถึงจุด F0 ก่อนมด R2, B1 และ B2 เพื่อที่จะเดินทางกลับจากจุด F0 ไปยังจุด Ne มด R1 ค้นพบว่า $T_r^{P2} = 1$ และ $T_r^{P1} = T_r^{P3} = 0$ (มีฟีโรโมนสีแดง 1 หน่วย บนเส้นทาง P2 แต่ไม่มีฟีโรโมนสีแดงบนเส้นทาง P1 และ P3) เมื่อ $T_r^{P2} > T_r^{P1}$ และ $T_r^{P2} > T_r^{P3}$ เป็นไปได้ที่มด R1 จะเลือกเส้นทาง P2 มากที่สุด ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 การเดินทางของฝูงมดลำดับที่ 2

3) สมมุติว่ามด R1 เลือกเส้นทาง P2 และในขณะที่มันเดินทางบนเส้นทาง P2 ปริมาณฟีโรโมน T_r^{P2} เพิ่มขึ้นเป็น 2 หน่วย หลังจากนั้น เมื่อเส้นทาง P1 > P3 มด B1 เดินทางถึงจุด F0 ก่อนมด R2 และ B2 เพื่อที่จะเดินทางกลับจากจุด F0 ไปยังจุด Ne มด B1 ค้นพบว่า $T_b^{P3} = 1$ และ $T_b^{P1} = T_b^{P2} = 0$ และ $T_r^{P2} = 2$ (มีฟีโรโมนสีน้ำเงิน 1 หน่วย บนเส้นทาง P3 แต่ไม่มีฟีโรโมนสีน้ำเงินบนเส้นทาง P1 และ P2) ดังนั้น $T_b^{P3} > T_b^{P1}$ และ $T_b^{P3} > T_b^{P2}$ เป็นไปได้ที่ มด B1 จะเลือกเส้นทาง P3 > P1 (มด B1 จะไม่เลือกเส้นทาง P2 เพราะว่าเส้นทาง P2 มีฟีโรโมนสีแดง เรียกกระบวนการเลือกนี้ว่า กลไกการต่อต้าน) ดังรูป 2.25

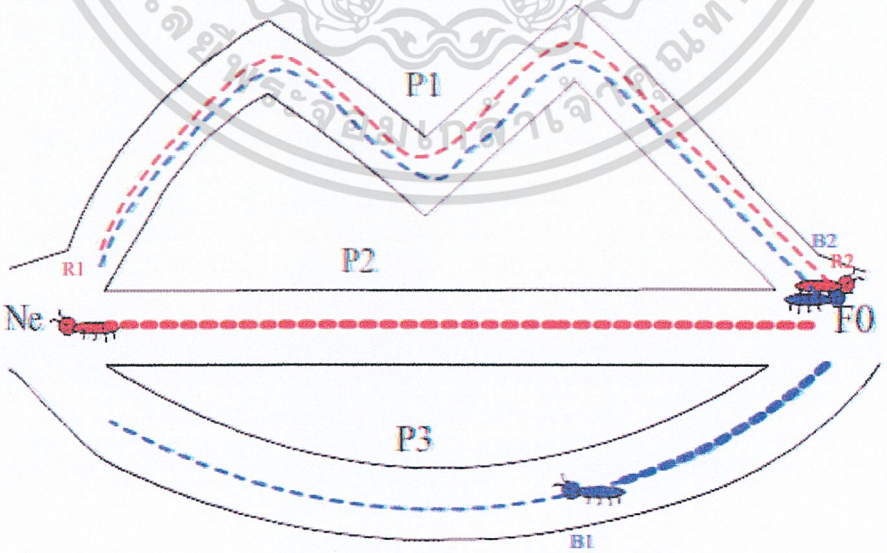
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 การเดินทางของฝูงมดลำดับที่ 3

4) สมมุติว่ามด B1 เลือกเส้นทาง P3 และในขณะที่มันเดินทางบนเส้นทาง P3 ปริมาณฟีโรโมน T_b^{P3} เพิ่มขึ้นเป็น 2 หน่วย เมื่อมด R2, B2 เดินทางถึงจุด F0 และต้องการเดินทางกลับไปยังจุด Ne โดยมดจะเลือกเส้นทางกลับโดยพิจารณาจากปริมาณของฟีโรโมน T_r และ T_b ตามลำดับ และใช้กลไกการต่อต้าน ในการเลือกเส้นทาง

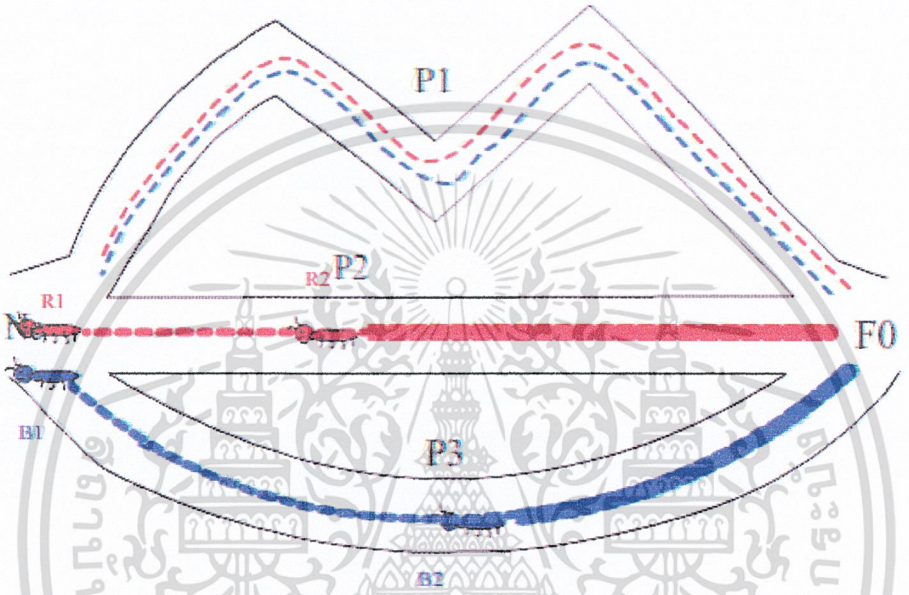
- มด B2 พบว่า $T_b^{P3} > T_b^{P1}$ และ $T_b^{P3} > T_b^{P2}$ และ T_r^{P1} T_r^{P2} ไม่เท่ากับ 0 มีความเป็นไปได้ที่มดจะเลือกเส้นทาง P3 มากกว่าเส้นทาง P1 และ P2 เนื่องจากปริมาณฟีโรโมน
- มด R2 พบว่า $T_r^{P2} > T_r^{P1}$ และ $T_r^{P2} > T_r^{P3}$ และ T_b^{P1} T_b^{P3} ไม่เท่ากับ 0 มีความเป็นไปได้ที่มดจะเลือกเส้นทาง P2 มากกว่าเส้นทาง P1 และ P3 เนื่องจากปริมาณฟีโรโมน ดังรูป 2.26



รูปที่ 2.26 การเดินทางของฝูงมดลำดับที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) สมมุติว่า มด R2, B2 เลือกเส้นทาง P2 และ P3 ตามลำดับ เมื่อมดทั้ง 4 ตัวเดินทางกลับถึงจุด Ne เส้นทาง P2 จะเป็นเส้นทางที่มีฟีโรโมน T_r หนาแน่นมากที่สุด ขณะที่ P3 เป็นเส้นทางที่มีฟีโรโมน T_b หนาแน่นมากที่สุด มดจากรังสีน้ำเงินเป็นไปได้ที่จะเลือกเส้นทาง P3 ถ้าพวกมันต้องการที่จะเดินทางไปยังจุด F0 ในขณะที่มดจากรังสีแดงเป็นไปได้ที่จะเลือกเส้นทาง P2 มากที่สุด ดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 การเดินทางของฝูงมดลำดับที่ 5

2.4.2 ข้อสรุปทฤษฎีฝูงมด

วิธีการที่กล่าวมาข้างต้นคล้ายกับวิธีทฤษฎีฝูงมดแบบรังเดียว (ACO) คือ ถ้ามดอยู่ที่จุดที่ต้องเลือกเส้นทาง โดยที่เส้นทางไม่มีฟีโรโมนอยู่ มดจะใช้การสุ่มเพื่อเลือกเส้นทาง แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อมีฟีโรโมนของมดชนิดนั้นอยู่บนเส้นทาง จะมีความเป็นไปได้อย่างสูงที่มดจะเลือกเส้นทางที่มีฟีโรโมนชนิดเดียวกันกับของตัวเอง นอกจากนี้เนื่องจากกลไกการต่อต้าน มดจะไม่เลือกเส้นทางที่มีฟีโรโมนของมดชนิดอื่นอยู่ ซึ่งจะทำให้มดสามารถค้นหาเส้นทางที่ดีมากกว่า 1 เส้นทางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบโครงงาน

3.1 ความต้องการ

3.1.1 ความต้องการของผู้ใช้งาน

- **ความต้องการด้านฟังก์ชัน**

1) ระบบสามารถบอกเส้นทางที่ดีที่สุดได้มากกว่า 1 เส้นทางจากจุดที่กำหนดไปถึงจุดหมายปลายทางที่กำหนดได้
2) ระบบสามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบเครือข่ายได้
3) ระบบสามารถออกแบบและจำลองระบบเครือข่ายได้

- **ความต้องการที่ไม่ใช่ฟังก์ชัน**

1) ระบบสามารถแสดงผลลัพธ์ที่ชัดเจน
2) โปรแกรมสามารถใช้งานได้ง่าย
3) ระบบมีการตอบสนองที่รวดเร็ว

3.1.2 ความต้องการของระบบ

- **ความต้องการด้านฟังก์ชัน**

1) อัลกอริทึมที่ใช้ในการหาเส้นทางที่ดีที่สุดมากกว่า 1 เส้นทาง โดยใช้ทฤษฎีฝูงมด
2) มีฟังก์ชันที่กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ
3) มีฟังก์ชันออกแบบและจำลองระบบเครือข่าย
4) มีฟังก์ชันในการแสดงผลลัพธ์

- **ความต้องการที่ไม่ใช่ฟังก์ชัน**

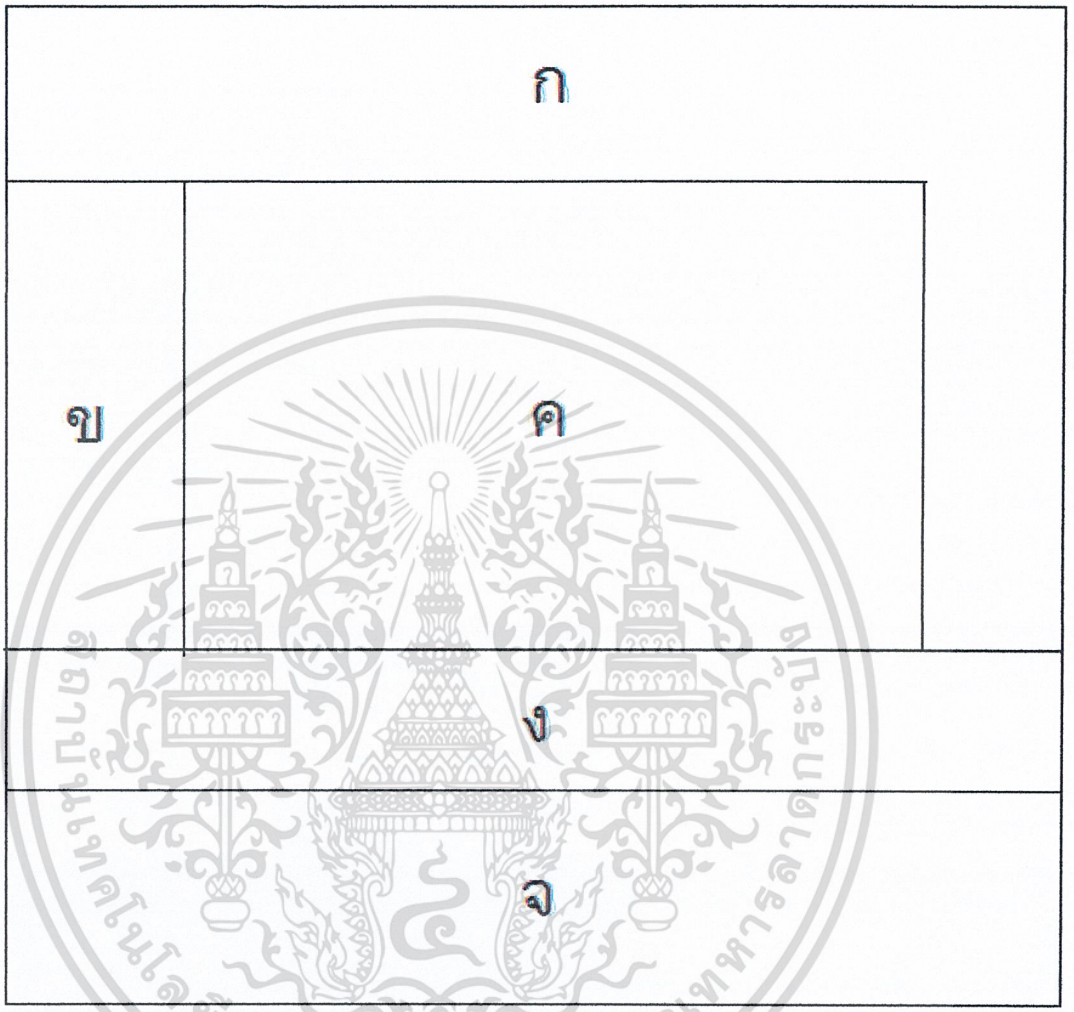
1) มีการประมวลผลที่รวดเร็วและถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบหน้าจอโปรแกรม

3.2.1 โครงร่างหน้าจอโปรแกรม

แบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงร่างหน้าจอ

ก. ส่วนกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

ข. ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการวาด

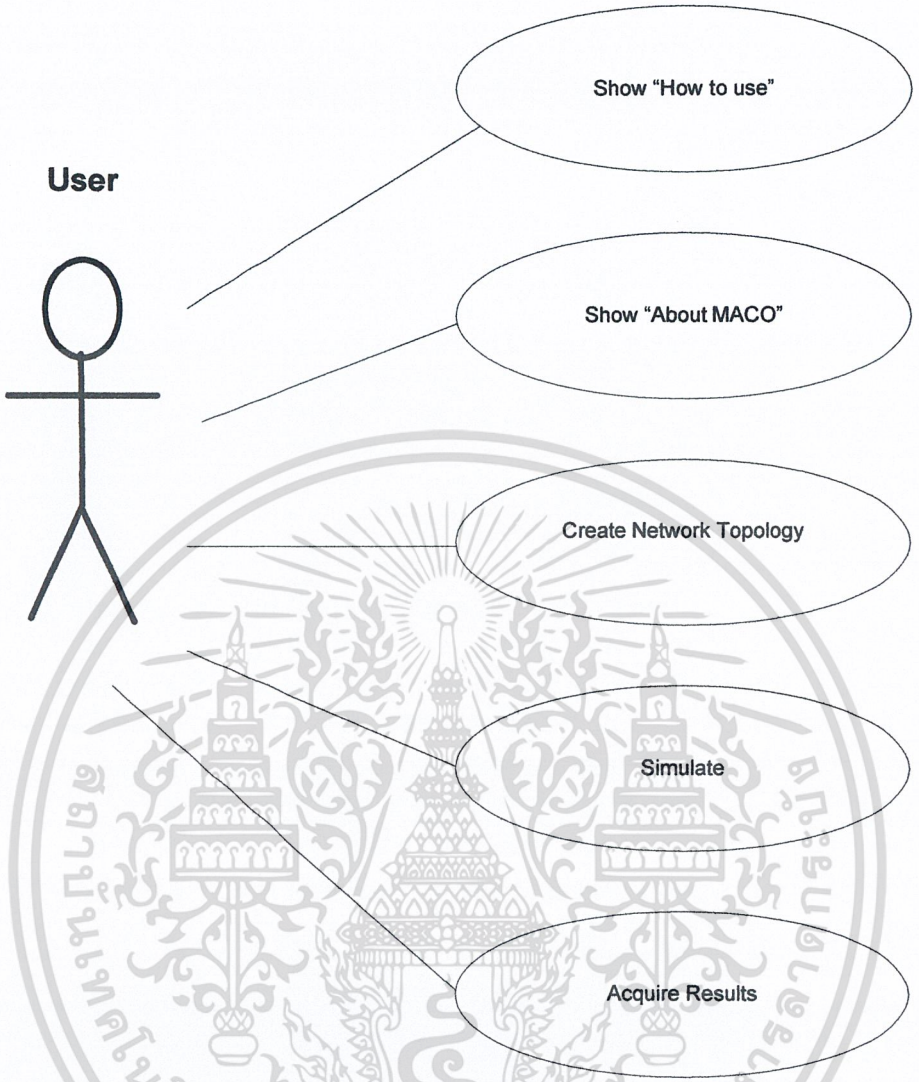
ค. ส่วนออกแบบระบบเครือข่ายและแสดงผลลัพธ์

ง. ส่วนปุ่มคำสั่งการทำงานต่างๆ

จ. ส่วนแสดงตารางผลลัพธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 Use Case Diagram



รูปที่ 3.2 Use Case Diagram

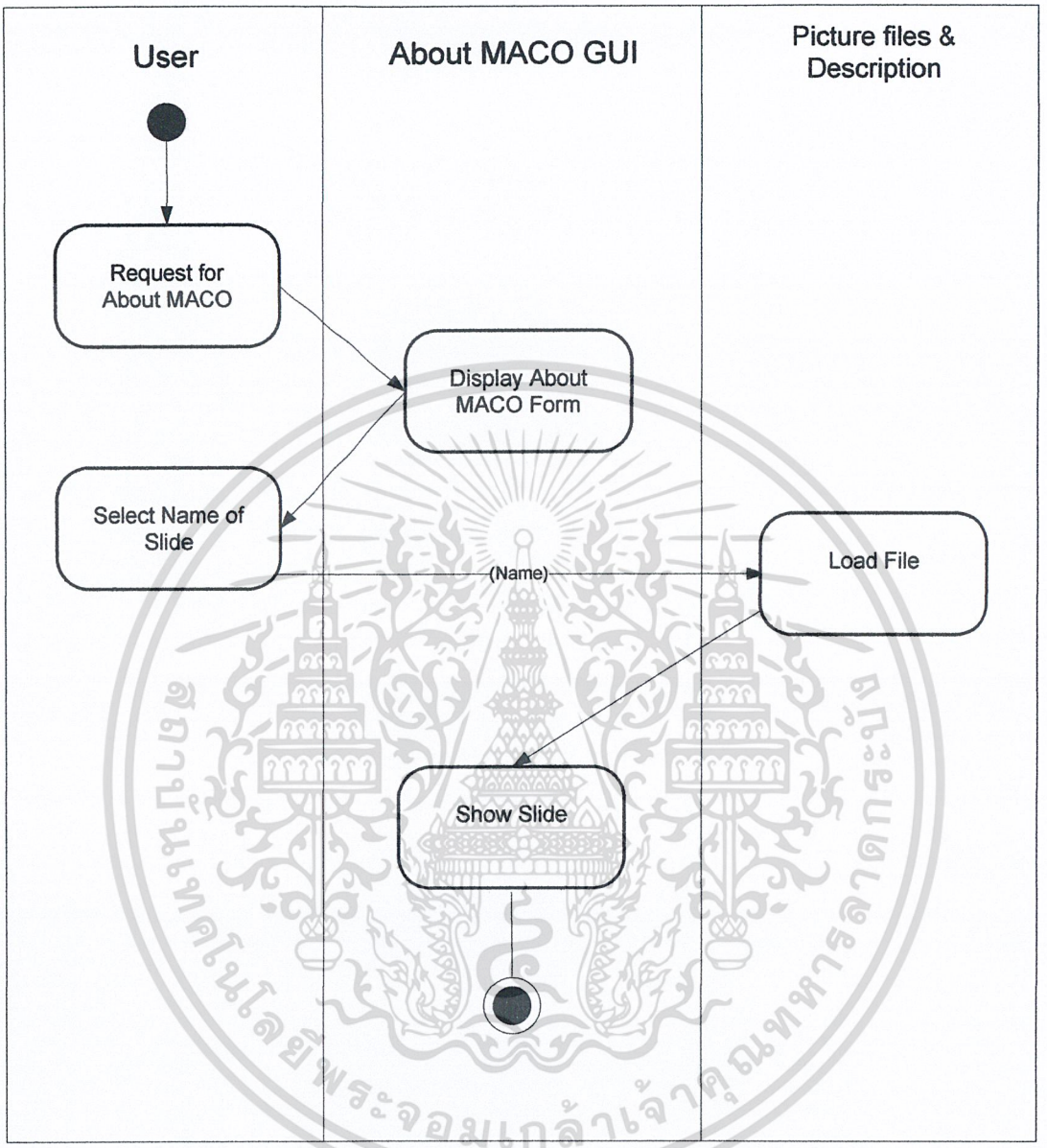
จากรูปที่ 3.2 ผู้ใช้งาน (User) สามารถใช้งานการทำงานหลักๆ จากระบบได้ดังนี้

1) แสดงคู่มือขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม (Show "How to use")
2) แสดงคำอธิบายทฤษฎีฝูงมด (Show "About MACO")
3) สร้างระบบเครือข่ายจำลอง (Create Network Topology)
4) ทำการประมวลผลโดยใช้ทฤษฎีฝูงมด (Simulate)
5) แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากระบบเครือข่ายจำลอง (Acquire Results)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 Activity Diagram

3.4.1 Activity Diagram ของ About MACO

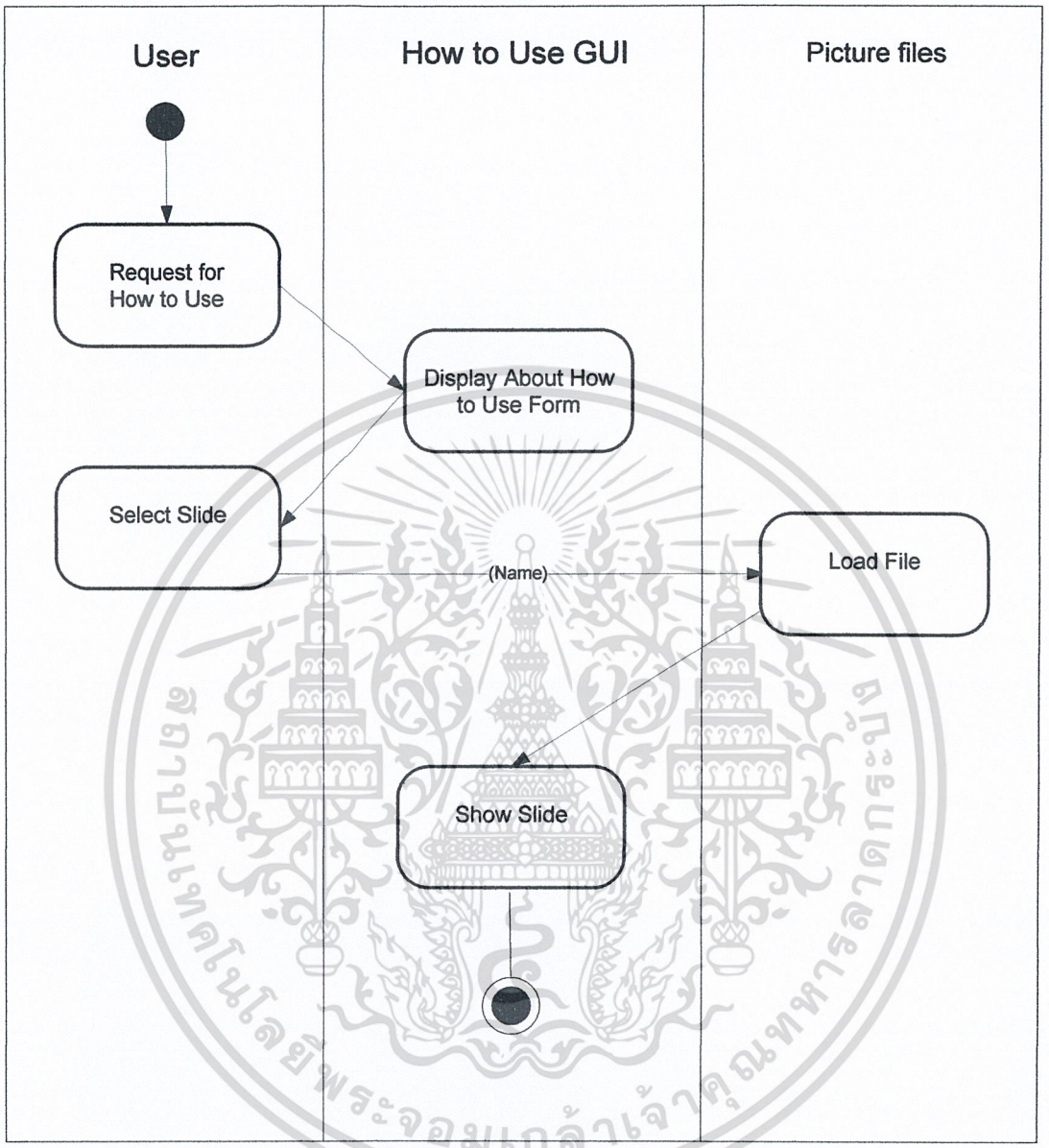


รูปที่ 3.3 Activity Diagram ของ About MACO

จากรูปที่ 3.3 เริ่มต้นผู้ใช้งานทำการร้องขอเพื่อแสดงคำอธิบายทฤษฎีฝูงมด (About MACO) อินเตอร์เฟสจะแสดงหน้าต่างของ About MACO แล้วให้ผู้ใช้งานทำการเลือกสไลด์ที่ต้องการแสดง จากนั้นระบบจะทำการโหลดสไลด์ที่ต้องการเพื่อแสดงผลบนอินเตอร์เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 Activity Diagram ของ How to use

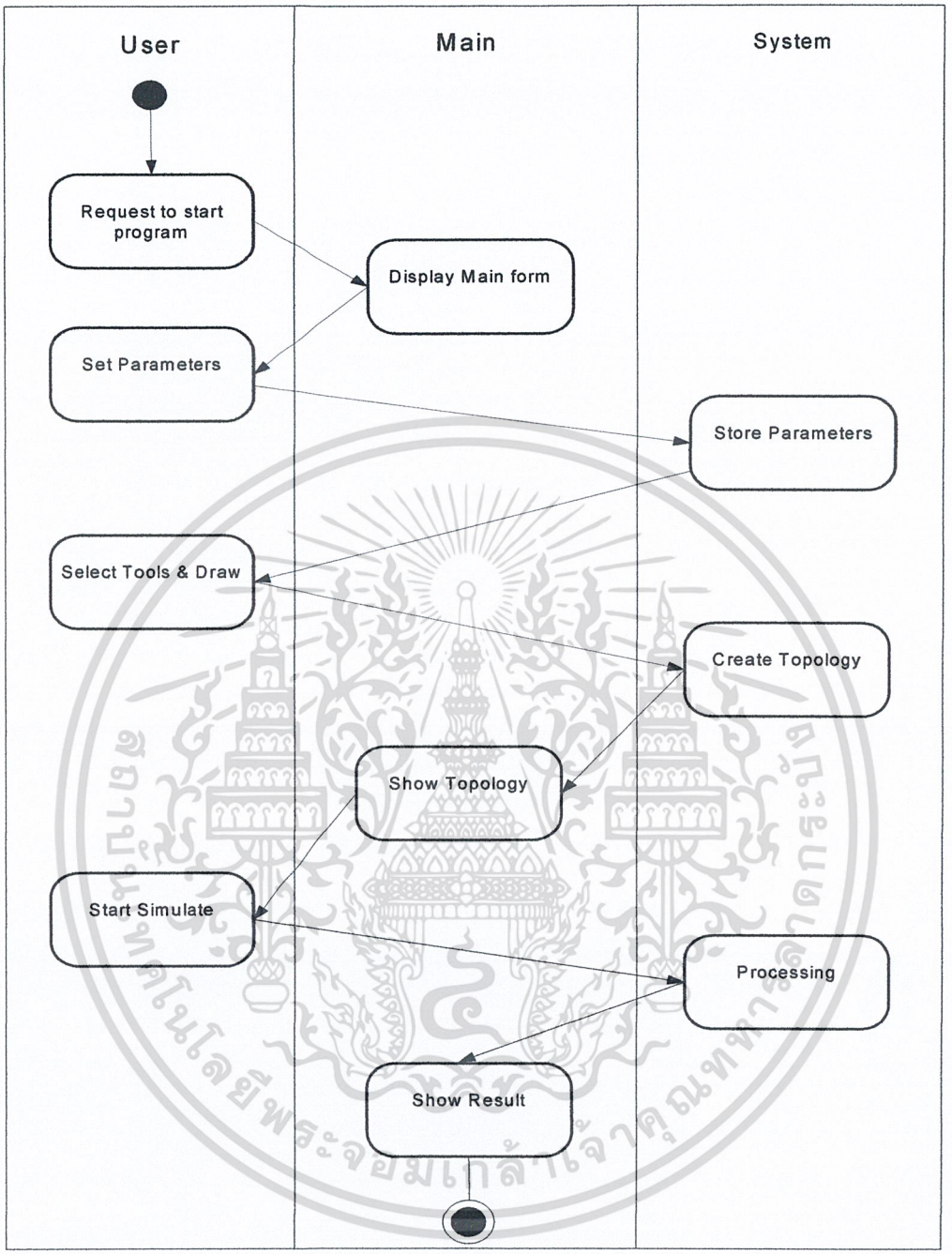


รูปที่ 3.4 Activity Diagram ของ How to use

จากรูปที่ 3.4 เริ่มต้นผู้ใช้งานทำการร้องขอเพื่อแสดงคู่มืออธิบายขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม (How to use) อินเตอร์เฟสจะแสดงหน้าต่างของ How to use แล้วให้ผู้ใช้งานทำการเลือกสไลด์ที่ต้องการแสดง จากนั้นระบบจะทำการโหลดสไลด์ที่ต้องการเพื่อแสดงผลบนอินเตอร์เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 Activity Diagram ของ Main

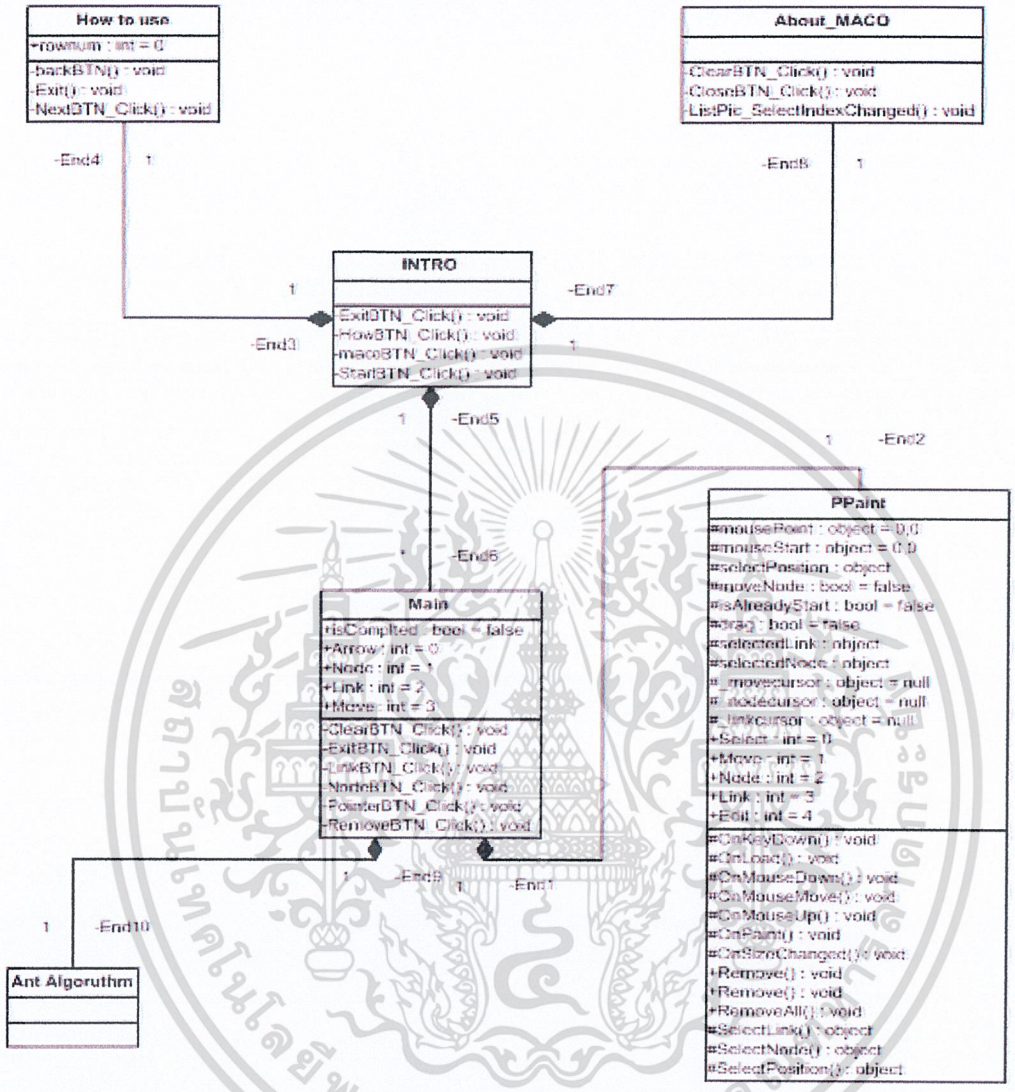


รูปที่ 3.5 Activity Diagram ของ Main

จากรูปที่ 3.5 เริ่มต้นผู้ใช้งานทำการร้องขอเพื่อเข้าสู่โหมดการทำงาน (Main) อินเตอร์เฟสจะแสดงหน้าต่างของ Main แล้วให้ผู้ใช้งานทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ระบบจะทำการเก็บค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ เมื่อผู้ใช้งานทำการเลือกเครื่องมือและวางบนตำแหน่งที่ต้องการ ระบบก็จะทำการสร้างเครือข่ายจำลองและแสดงระบบเครือข่ายบนหน้าต่าง เมื่อผู้ใช้งานทำการร้องขอเพื่อประมวลผล (Simulate) ระบบก็จะทำการโปรเซสและแสดงผลลัพธ์บนหน้าจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 Class diagram

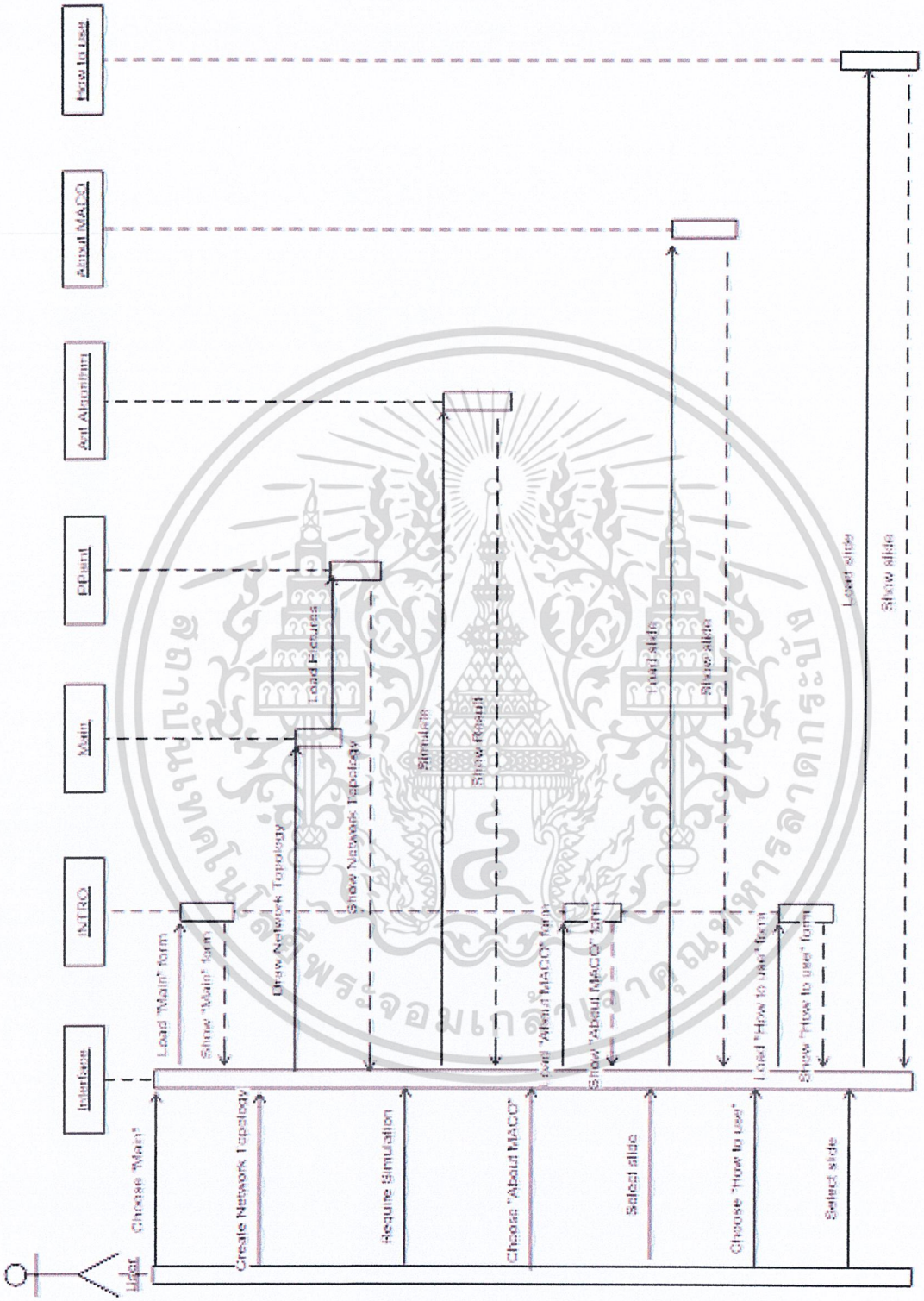


รูปที่ 3.6 Class Diagram

จากรูปที่ 3.6 จะแสดงถึงความสัมพันธ์ของแต่ละคลาสซึ่งประกอบด้วย คลาส Main คลาส INTRO คลาส About MACO คลาส How to use และคลาส Ant Algorithm โดยที่คลาส Main จะเป็นส่วนที่ติดต่อไปยัง คลาส Main คลาส How to use และคลาส About MACO ส่วน คลาส PPaint และ คลาส Ant Algorithm จะเป็นส่วนประกอบที่อยู่ในคลาส Main

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 Sequence Diagram



รูปที่ 3.7 Sequence Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

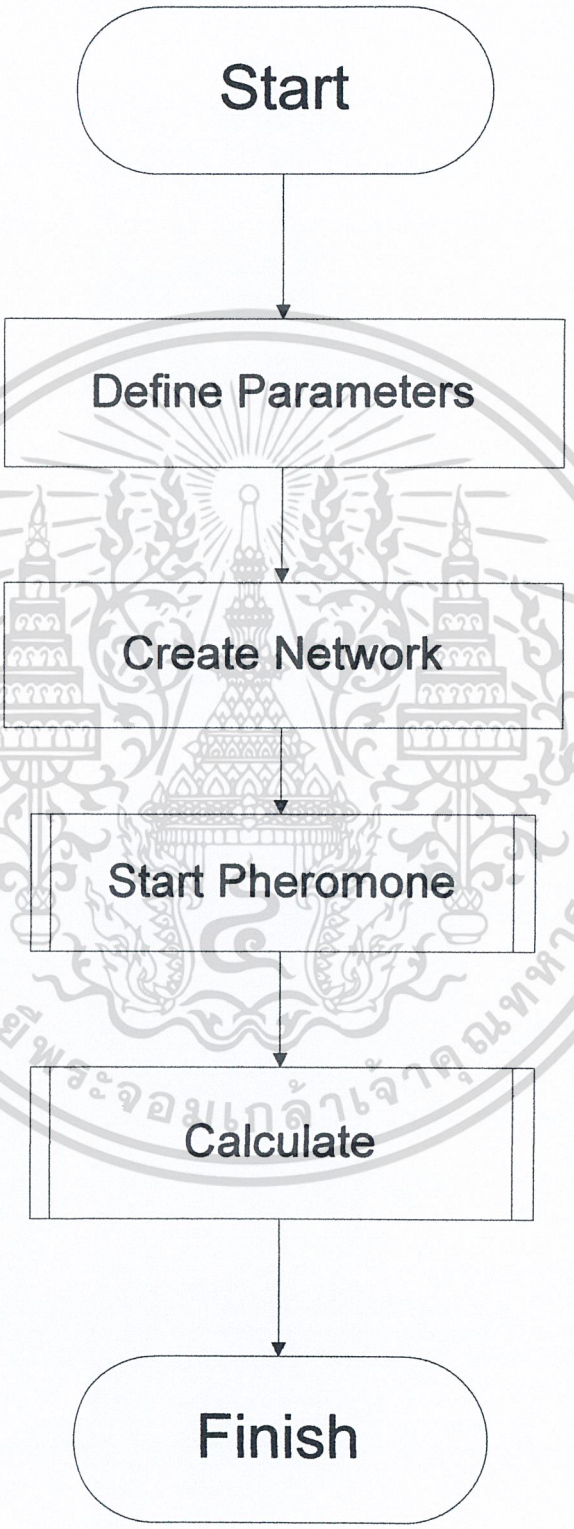
จากรูปที่ 3.7 จะแสดงการทำงานเป็นลำดับของโปรแกรม โดยเมื่อผู้ใช้ (User) ทำการเลือกเปิดฟังก์ชันที่ต้องการ ระบบก็จะทำการส่งคำสั่งไปยังแต่ละคลาส โดยจะมีการทำงานดังนี้

- เมื่อผู้ใช้ทำการเลือกเข้าสู่โหมดการทำงาน ระบบจะส่งคำสั่งไปยังคลาส “INTRO” เพื่อทำการโหลดฟอร์มของคลาส “Main” จากนั้นผู้ใช้จะทำการสร้างเครือข่ายจำลอง ระบบก็จะส่งคำสั่งไปยังคลาส “Main” เพื่อทำการส่งคำสั่งวาดเครือข่ายจำลองไปยังคลาส “PPaint” แล้วคลาส “PPaint” จะทำการวาดเครือข่ายจำลองแล้วแสดงรูปเครือข่ายจำลองมายังฟอร์มของคลาส “Main” และเมื่อผู้ใช้ต้องการประมวลผล (Simulate) ระบบจะส่งคำสั่งไปยังคลาส “Main” แล้วส่งคำสั่งต่อไปยังคลาส “Ant Algorithm” เพื่อทำการประมวล (Simulate) และแสดงผลลัพธ์มายังฟอร์มของคลาส “Main”
- เมื่อผู้ใช้ทำการเลือกเข้าสู่ส่วนที่อธิบายทฤษฎีฝูงมด ระบบจะส่งคำสั่งไปยังคลาส “INTRO” เพื่อทำการโหลดฟอร์มของคลาส “About MACO ” จากนั้นผู้ใช้ทำการเลือกสไลด์ ระบบจะทำการส่งคำสั่งไปยังคลาส “About MACO” แล้วคลาส “About MACO”จะแสดงสไลด์ที่เลือกบนฟอร์มของตัวมันเอง
- เมื่อผู้ใช้ทำการเลือกเข้าสู่คู่มือการใช้งานของโปรแกรม ระบบจะส่งคำสั่งไปยังคลาส “INTRO” เพื่อทำการโหลดฟอร์มของคลาส “How to use ” จากนั้นผู้ใช้ทำการเลือกสไลด์ ระบบจะทำการส่งคำสั่งไปยังคลาส “How to use” แล้วคลาส “How to use”จะแสดงสไลด์ที่เลือกบนฟอร์มของตัวมันเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

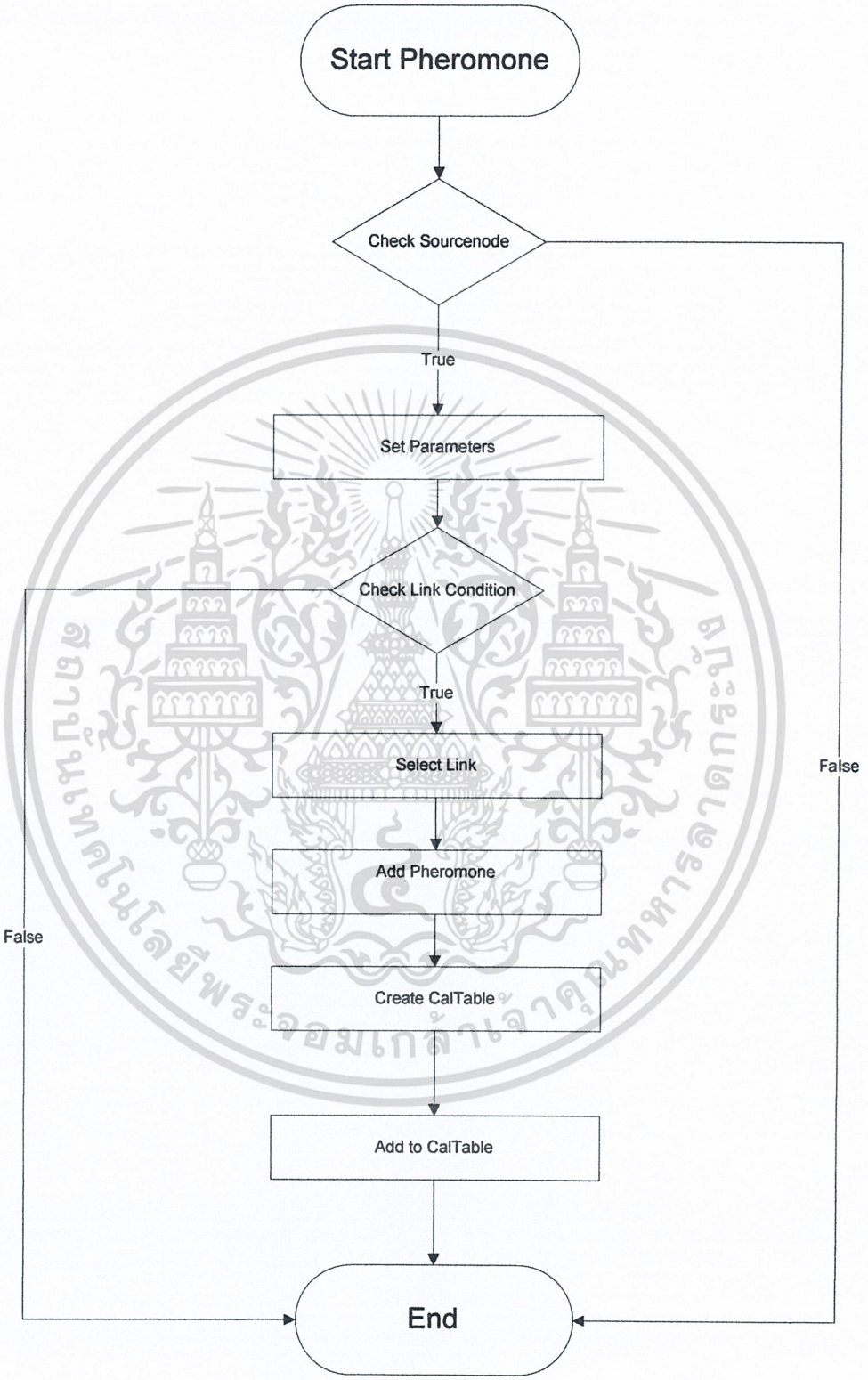
3.7.1 หลักการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 3.8 หลักการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

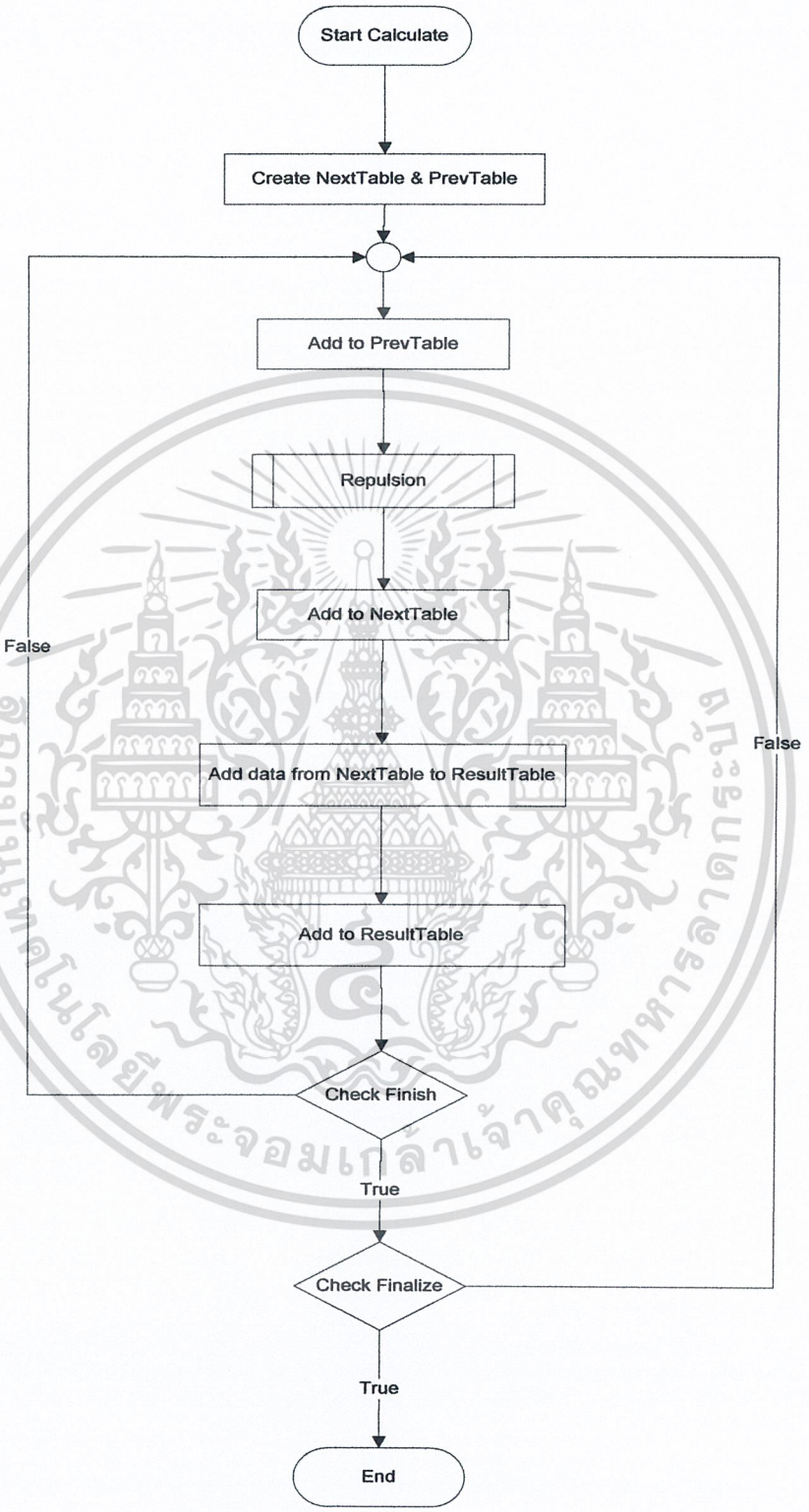
3.7.2 หลักการกำหนดฟีโรโมนที่จุดเริ่มต้น (Start Pheromone)



รูปที่ 3.9 หลักการกำหนดฟีโรโมนที่จุดเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

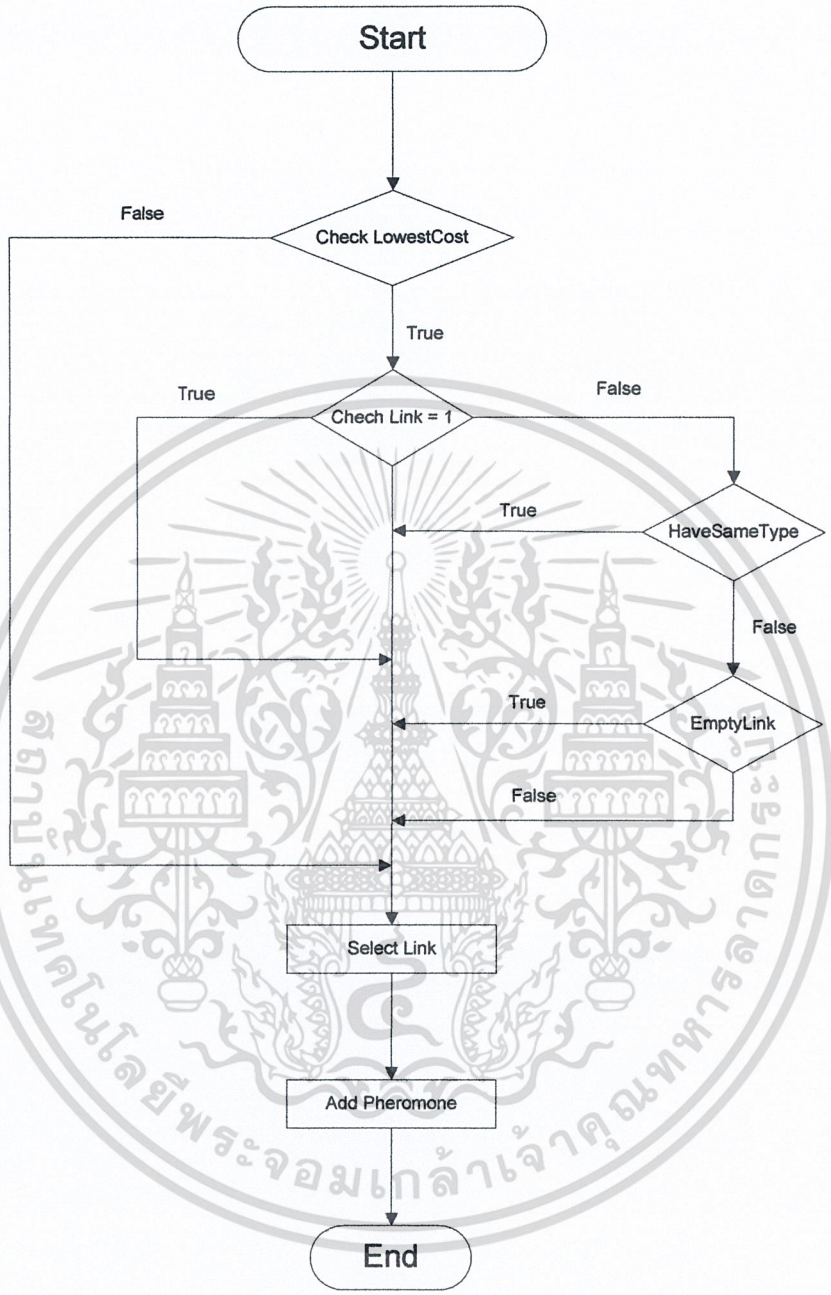
3.7.3 หลักการทำงานของอัลกอริทึม (Calculate)



รูปที่ 3.10 หลักการทำงานของอัลกอริทึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.4 หลักการทำงานของกลไกการต่อต้าน (Repulsion)



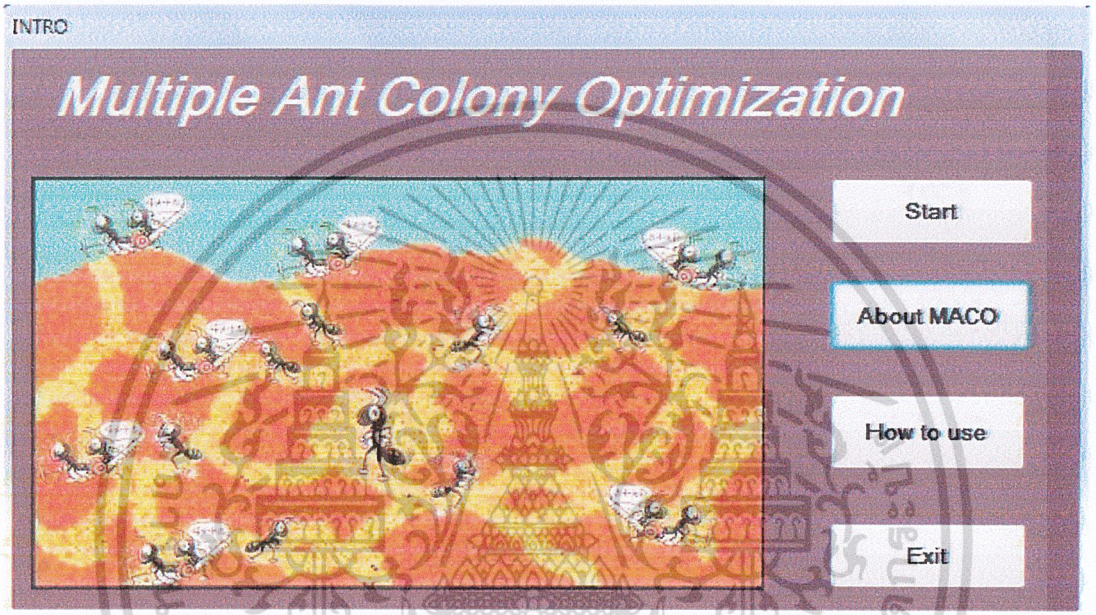
รูปที่ 3.11 หลักการทำงานของกลไกการต่อต้าน (Repulsion)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

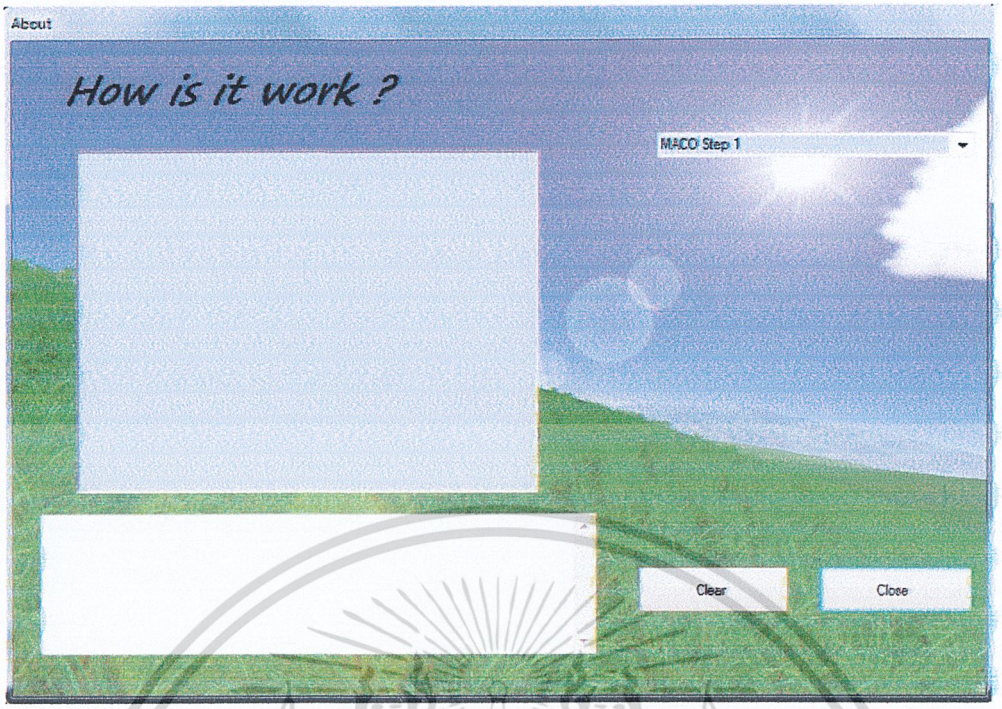
4.1 รูปแบบอินเตอร์เฟสที่ใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้งาน



รูปที่ 4.1 หน้าแรกของโปรแกรม Multiple Ant Colony Optimization

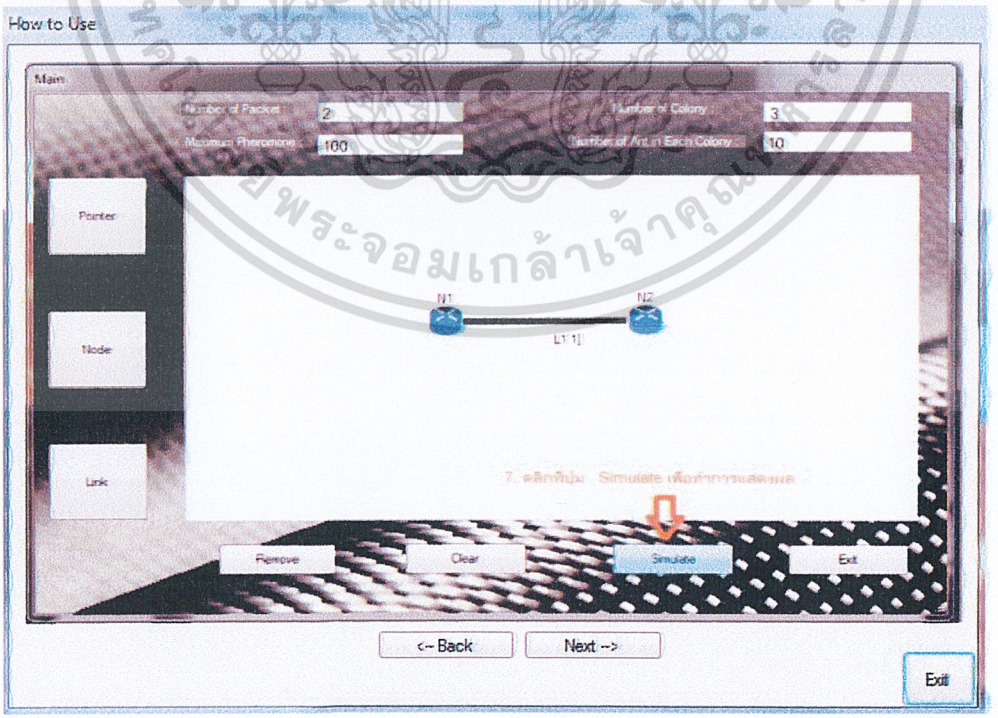
จากรูปที่ 4.1 เป็นการแสดงหน้าแรกของโปรแกรม ในส่วนขวามือของโปรแกรมจะมีฟังก์ชันต่างๆ ให้คลิกเพื่อใช้งาน โดยผู้ใช้สามารถเลือกใช้งานได้ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 หน้าต่างส่วนของ About MACO

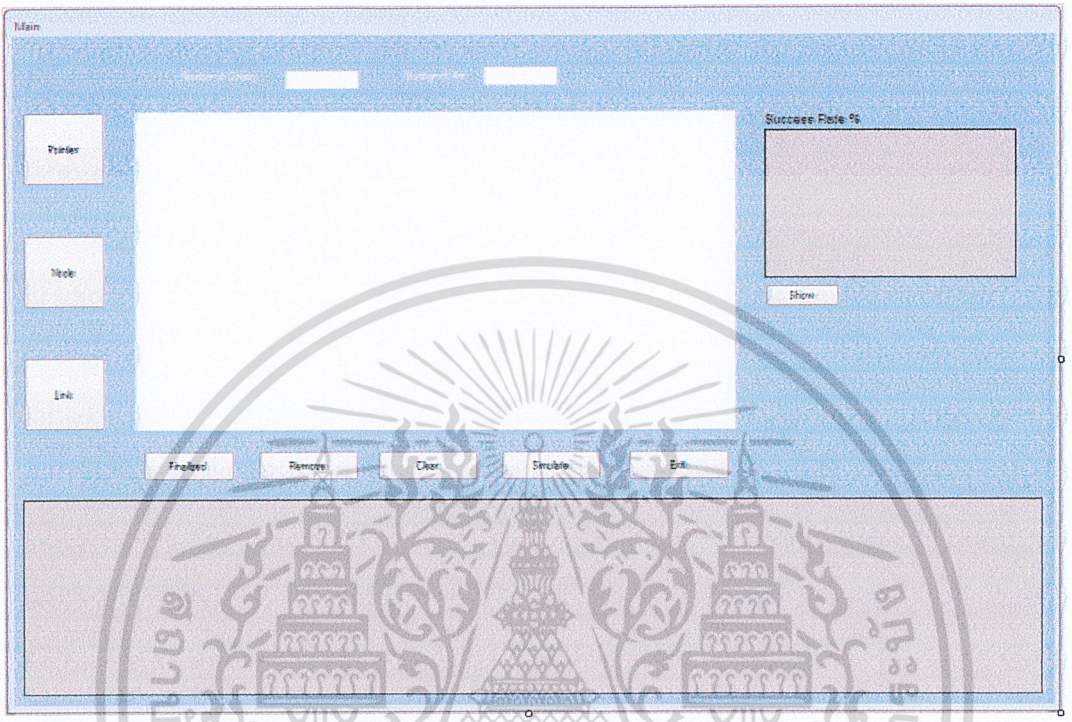
จากรูปที่ 4.2 เป็นการแสดงแสดงส่วนของ About MACO โดยเมื่อผู้ใช้ได้ทำการคลิกเข้ามาที่ส่วน About MACO ตัวโปรแกรมจะเปิดหน้าต่างใหม่ในส่วนของ About MACO ขึ้นมาโดยหน้าต่างนี้มีหน้าที่อธิบายเกี่ยวกับหลักการทำงานของ MACO



รูปที่ 4.3 หน้าต่างส่วนของ How to use

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.3 เป็นการแสดงหน้าต่างส่วนของ How to use โดยผู้ใช้สามารถเข้ามาดูวิธีใช้งานโปรแกรมได้จากส่วนนี้ โดยวิธีการใช้งานจะอธิบายเป็นลำดับ เมื่อผู้ใช้ต้องการดูลำดับถัดไปก็สามารถคลิกที่ปุ่ม Next หรือถ้าผู้ใช้ต้องกลับไปดูหน้าที่ผ่านมาก็สามารถคลิกที่ปุ่ม Back เพื่อย้อนกลับไปได้



รูปที่ 4.4 หน้าต่างส่วนของโปรแกรมหลัก

จากรูปที่ 4.4 เป็นการแสดงหน้าต่างส่วนโปรแกรมหลัก โดยผู้ใช้สามารถทำการสร้างโหนดได้ตามจำนวนที่ต้องการ โดยคลิกที่ปุ่ม Node และผู้ใช้สามารถสร้างการเชื่อมต่อระหว่างโหนดได้จากการคลิกที่ปุ่ม Link จากนั้นผู้ใช้สามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในส่วนบนของตัวโปรแกรม เพื่อใช้ในการประมวลผลต่อไป

4.2 สภาพแวดล้อมของการทดสอบโปรแกรม

การทดลองการใช้งานของโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ จะมีคุณสมบัติดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทดสอบ

คุณสมบัติเครื่อง	รายละเอียด
หน่วยประมวลผล (CPU)	AMD Athlon X2 240 Processor 2.79 GHz
หน่วยความจำ (Ram)	2.00 GB
ระบบปฏิบัติการ (OS)	Windows 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองการใช้โปรแกรม Multiple Ant Colony Optimization

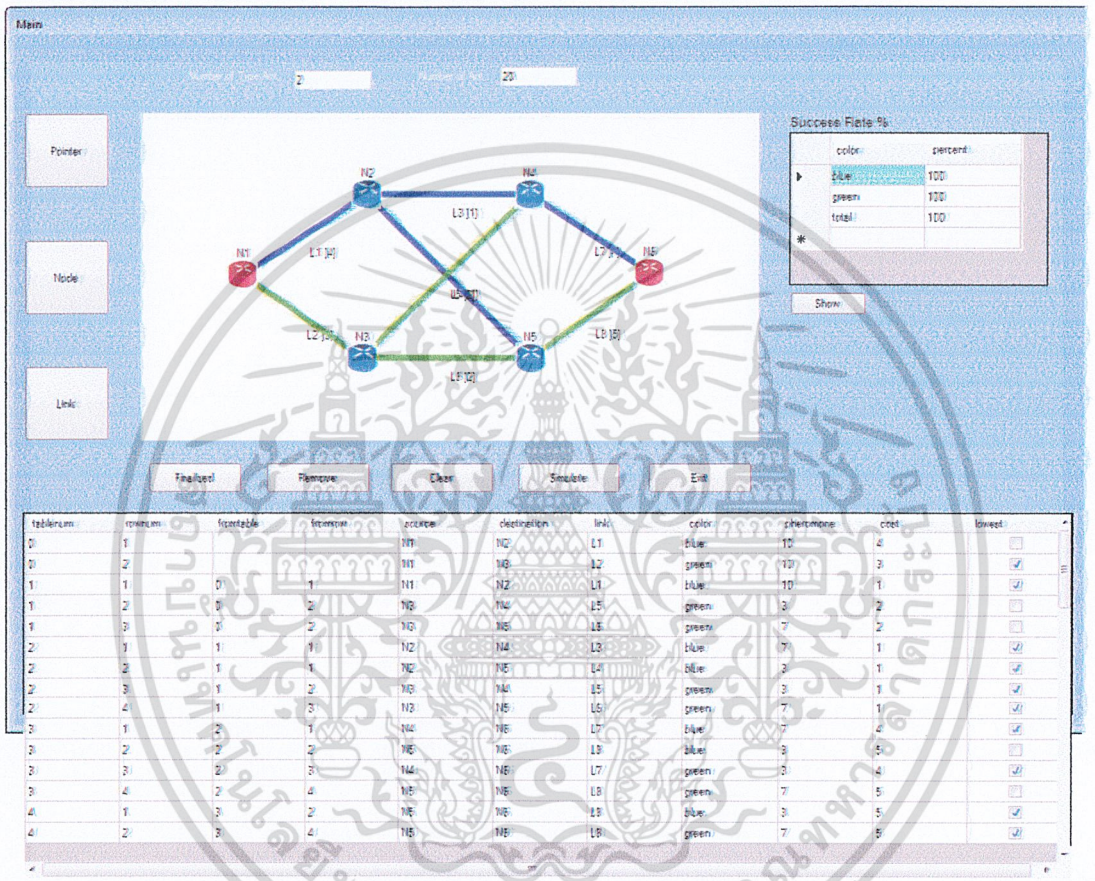
4.3.1 ผลการทดลองแบบมีโหนดปลายทางเพียงโหนดเดียว

4.3.1.1 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 1 จำนวนมด 2 ฝูง

กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้

Number of Type Ant : 2

Number of Ant : 20



รูปที่ 4.5 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 1 จำนวนมด 2 ฝูง

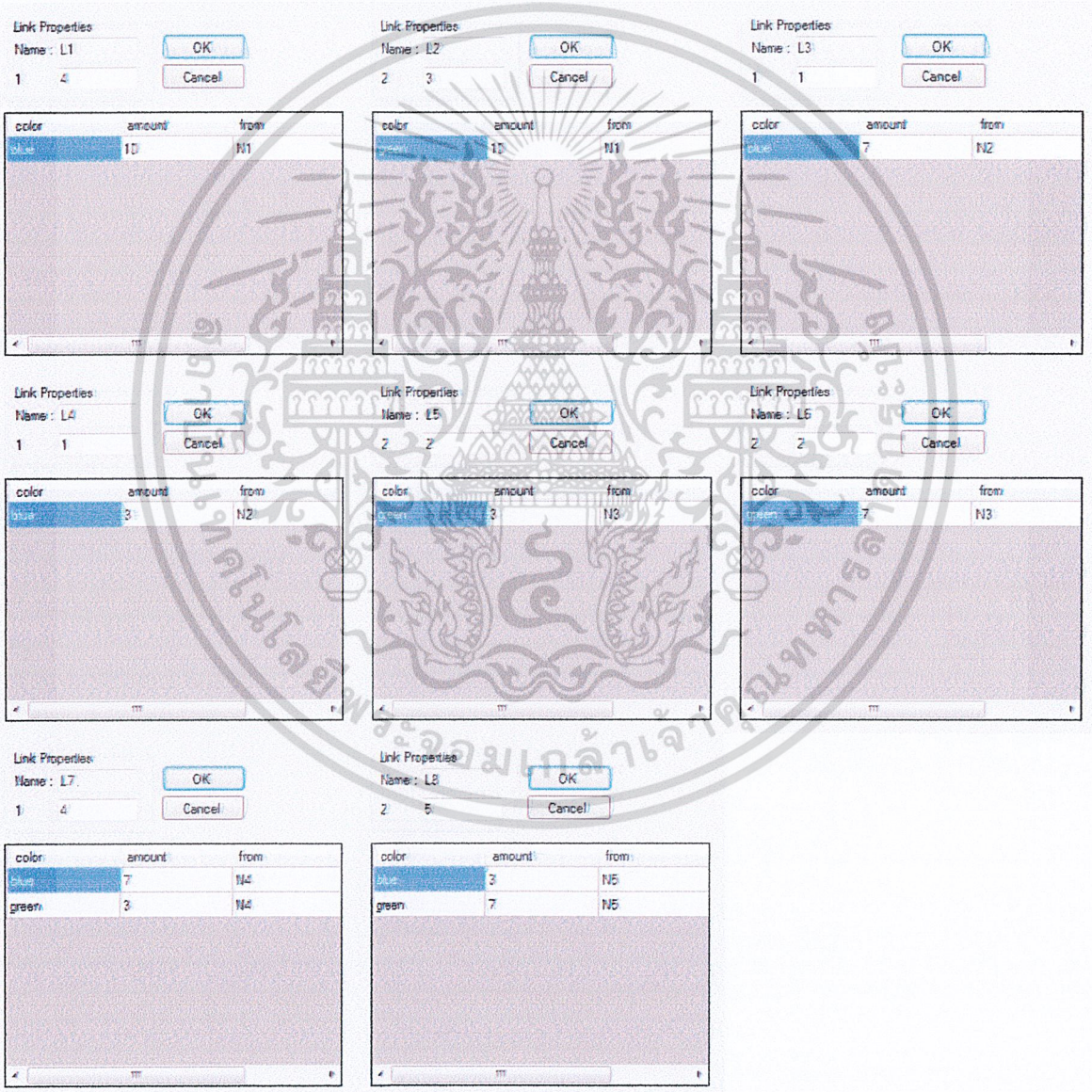
จากรูปที่ 4.5 เมื่อเริ่มต้นการทำงานที่โหนด N1 พบว่ามีเส้นทางทั้งหมด 2 เส้นทางและมีจำนวนมด 2 ฝูง จำนวนมดทั้งหมด 20 ตัว ก็จะทำการแบ่งจำนวนมดไปยังเส้นทางดังนี้ เส้นทาง L1 มีจำนวนมดสีน้ำเงิน 10 ตัว เส้นทาง L2 มีจำนวนมดสีเขียว 10 ตัว

ซึ่งจะสังเกตได้ว่าเมื่อมดต้องเลือกเส้นทางตั้งแต่หนึ่งเส้นทางขึ้นไปที่ไม่มีฟีโรโมนของสีใดอยู่เลย มดจะใช้วิธีการสุ่มในการเลือกเส้นทาง เช่น ที่โหนด N2 เส้นทาง L3 กับ L4 โดยมดสีน้ำเงินได้เลือกเดินทางบนเส้นทาง L3 จำนวน 7 ตัว และได้เลือกเดินทางบนเส้นทาง L4 จำนวน 3 ตัว เช่นเดียวกับที่โหนด N3 เส้นทาง L5 กับ L6 โดยมดสีเขียวได้เลือกเดินทางบนเส้นทาง L5 จำนวน 5 ตัว และได้เลือกเดินทางบนเส้นทาง L6 จำนวน 5 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้ามดต้องเลือกเส้นทางระหว่างเส้นทางที่ไม่มีฟีโรโมนกับเส้นทางที่มีฟีโรโมนของสีอื่นอยู่ มดก็จะเลือกเดินบนเส้นทางที่ไม่มีฟีโรโมน เช่น ที่โหนด N4 เส้นทาง L5 กับ L7 โดยมดสีน้ำเงินจะเลือกเดินทางบนเส้นทาง L7 จำนวน 7 ตัว (จำนวนทั้งหมด) เช่นเดียวกับที่โหนด N5 เส้นทาง L4 กับ L8 โดยมดสีเขียวจะเลือกเดินทางบนเส้นทาง L8 จำนวน 5 ตัว (จำนวนทั้งหมด)

โดยเส้นทาง L7 แม้ว่าจะถูกระบุว่าเป็นเส้นทางของฝูงมดสีน้ำเงินแต่ก็มีปริมาณฟีโรโมนสีเขียวอยู่ด้วย เช่นเดียวกับเส้นทาง L8 ที่ถูกระบุว่าเป็นเส้นทางของฝูงมดสีเขียว เนื่องจากมดทั้งสองฝูงได้ตัดสินใจเดินทางโดยใช้เส้นทางเดียวกันเพื่อไปสู่โหนดปลายทาง



รูปที่ 4.6 ปริมาณฟีโรโมนในแต่ละเส้นทางของเครือข่ายแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ประสิทธิภาพของฝูงมดในเครือข่ายแบบที่ 1 จำนวนมด 2 ฝูง

	color	percent
▶	blue	100
	green	100
	total	100
*		

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 1 จำนวนมด 2 ฝูง

source	destination	link	color	pheromone	cost	lowest
N1	N2	L1	blue	10	4	☐
N1	N3	L2	green	10	3	☑
N1	N2	L1	blue	10	1	☑
N3	N4	L5	green	3	2	☐
N3	N5	L6	green	7	2	☐
N2	N4	L3	blue	7	1	☑
N2	N5	L4	blue	3	1	☑
N3	N4	L5	green	3	1	☑
N3	N5	L6	green	7	1	☑
N4	N6	L7	blue	7	4	☑
N5	N6	L8	blue	3	5	☐
N4	N6	L7	green	3	4	☑
N5	N6	L8	green	7	5	☐
N5	N6	L8	blue	3	5	☑
N5	N6	L8	green	7	5	☑

จะเห็นได้ว่ามดสีน้ำเงินเดินทางผ่านเส้นทาง L1 L3 และ L7 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 9 หน่วย และผ่านเส้นทาง L1 L4 และ L8 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 10 หน่วย ส่วนมดสีเขียวเดินทางผ่านเส้นทาง L2 L6 และ L8 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 10 หน่วย และผ่านเส้นทาง L2 L5 และ L7 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 9 หน่วย โดยที่มดจำนวนทั้งหมดได้เดินทางถึงโหนดปลายทาง

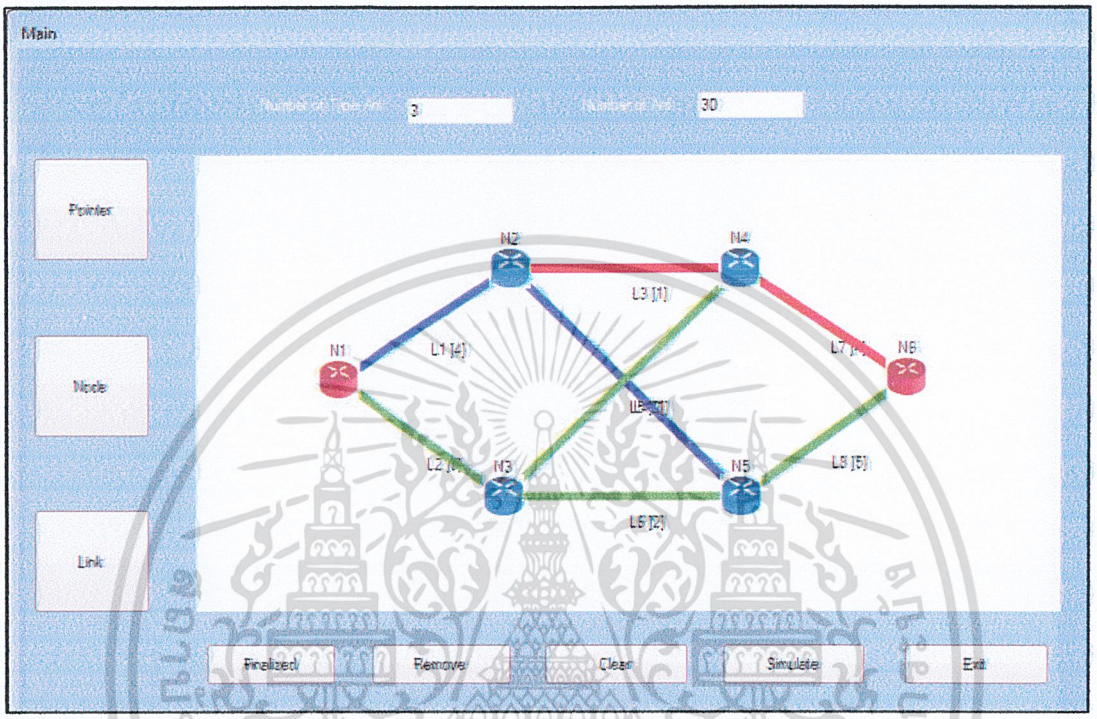
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.2 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 1 จำนวนมด 3 ฝูง

กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้

Number of Type Ant : 3

Number of Ant : 30



รูปที่ 4.7 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 1 จำนวนมด 3 ฝูง

จากรูปที่ 4.7 เมื่อเริ่มต้นการทำงานที่โหนด N1 พบว่ามีเส้นทางทั้งหมด 2 เส้นทางแต่มีจำนวนมด 3 ฝูง จำนวนมดทั้งหมด 30 ตัว ก็จะทำการแบ่งจำนวนมดไปยังเส้นทางดังนี้ เส้นทาง L1 มีจำนวนมดสีน้ำเงินและสีแดงอย่างละ 10 ตัว เส้นทาง L2 มีจำนวนมดสีเขียว 10 ตัว

ซึ่งจะสังเกตได้ว่าเมื่อใช้มดจำนวน 3 ฝูง มดจะใช้เส้นทางที่ซ้ำกันในการเดินทาง ที่โหนด N1 มดสีน้ำเงินและสีแดงจะเลือกใช้เส้นทาง L1 ในการเดินทางและเมื่อมดเดินทางมาถึงทางแยกที่โหนด N2 ซึ่งเป็นเส้นทางที่ไม่มีฟีโรโมนสีใดอยู่เลย มดก็จะใช้การสุ่มในการเลือกเส้นทาง โดยเส้นทาง L3 ถูกเลือกโดยมดสีน้ำเงิน 7 ตัว และมดสีแดง 9 ตัว จะถูกเลือกเป็นเส้นทางของมดฝูงสีแดง ส่วนเส้นทาง L4 ถูกเลือกโดยมดสีน้ำเงิน 3 ตัว และมดสีแดง 1 ตัว จะถูกเลือกเป็นเส้นทางของมดฝูงสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพของฝูงมดในเครือข่ายแบบที่ 1 จำนวนมด 3 ฝูง

	color	percent
▶	blue	100
	green	100
	red	100
	total	100
*		

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 1 จำนวนมด 3 ฝูง

source	destination	link	color	pheromone	cost	lowest
N1	N2	L1	blue	10	4	☐
N1	N2	L1	red	10	4	☐
N1	N3	L2	green	10	3	☑
N1	N2	L1	blue	10	1	☑
N1	N2	L1	red	10	1	☑
N3	N4	L5	green	3	2	☐
N3	N5	L6	green	7	2	☐
N2	N4	L3	blue	7	1	☑
N2	N5	L4	blue	3	1	☑
N2	N4	L3	red	9	1	☑
N2	N5	L4	red	1	1	☑
N3	N4	L5	green	3	1	☑
N3	N5	L6	green	7	1	☑
N4	N6	L7	blue	7	4	☑
N5	N6	L8	blue	3	5	☐
N4	N6	L7	red	9	4	☑
N5	N6	L8	red	1	5	☐
N4	N6	L7	green	3	4	☑
N5	N6	L8	green	7	5	☐
N5	N6	L8	blue	3	5	☑
N5	N6	L8	red	1	5	☑
N5	N6	L8	green	7	5	☑

จะเห็นได้ว่ามดสีน้ำเงินและสีแดงเดินทางผ่านเส้นทาง L1 L3 และ L7 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 9 หน่วย และผ่านเส้นทาง L1 L4 และ L8 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 10 หน่วย ส่วนมดสีเขียวเดินทางผ่านเส้นทาง L2 L6 และ L8 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 10 หน่วย และผ่านเส้นทาง L2 L5 และ L7 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 9 หน่วย โดยที่มดจำนวนทั้งหมดได้เดินทางถึงโหนดปลายทาง

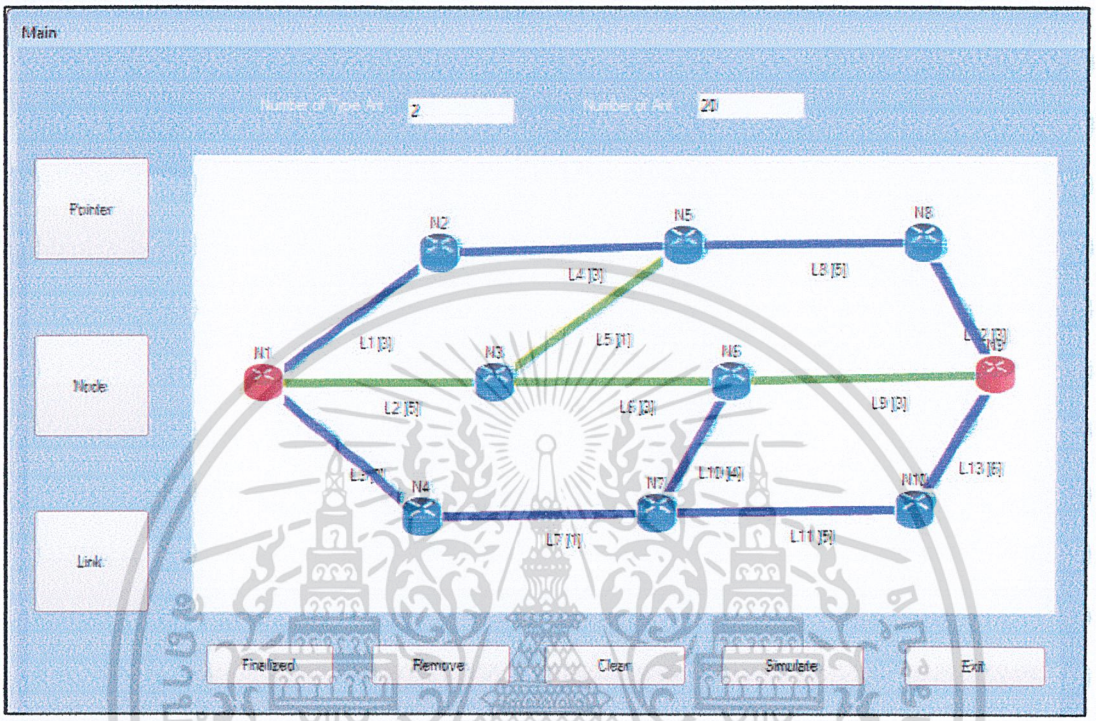
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.3 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 2 ฝูง

กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้

Number of Type Ant : 2

Number of Ant : 20



รูปที่ 4.8 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 2 ฝูง

จากรูปที่ 4.8 เมื่อเริ่มต้นการทำงานที่โหนด N1 พบว่ามีเส้นทางทั้งหมด 3 เส้นทางแต่มีจำนวนมดเพียง 2 ฝูง จำนวนมดทั้งหมด 20 ตัว ก็จะทำการแบ่งจำนวนมดไปยังเส้นทางดังนี้ เส้นทาง L1 มีจำนวนมดสีน้ำเงิน 7 ตัว เส้นทาง L2 มีจำนวนมดสีเขียว 7 ตัว เส้นทาง L3 มีจำนวนมดสีน้ำเงิน 6 ตัว

ซึ่งจะสังเกตได้ว่าเมื่อมีเส้นทางที่โหนดเริ่มต้น N1 จำนวน 3 เส้นทางแต่มีจำนวนมด 2 ฝูง ก็จะทำการส่งมดสีน้ำเงินออกไปยัง 2 เส้นทาง คือ L1 และ L3 เพื่อให้ฝูงมดกระจายไปทั่วระบบเน็ตเวิร์ค

ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพของฝูงมดในเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 2 ฝูง

	color	percent
▶	blue	100
	green	100
	total	100
*		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 2 ฝูง

source	destination	link	color	pheromone	cost	lowest
N1	N2	L1	blue	7	3	☑
N1	N3	L2	green	7	5	☐
N1	N4	L3	blue	6	3	☑
N2	N5	L4	blue	7	3	☐
N1	N3	L2	green	7	2	☐
N4	N7	L7	blue	6	1	☑
N2	N5	L4	blue	7	2	☐
N1	N3	L2	green	7	1	☑
N7	N6	L10	blue	3	4	☐
N7	N10	L11	blue	3	5	☐
N2	N5	L4	blue	7	1	☑
N3	N5	L5	green	3	1	☑
N3	N6	L6	green	4	3	☐
N7	N5	L10	blue	3	3	☐
N7	N10	L11	blue	3	4	☐
N5	N8	L8	blue	7	5	☐
N5	N8	L8	green	3	5	☐
N3	N6	L6	green	4	2	☑
N7	N6	L10	blue	3	2	☑
N7	N10	L11	blue	3	3	☐
N5	N8	L8	blue	7	3	☐
N5	N8	L8	green	3	3	☐
N6	N9	L9	green	4	3	☐
N6	N9	L9	blue	3	3	☐
N7	N10	L11	blue	3	1	☑
N5	N8	L8	blue	7	2	☑
N5	N8	L8	green	3	2	☑
N6	N9	L9	green	4	2	☑
N6	N9	L9	blue	3	2	☑
N10	N9	L13	blue	3	5	☐
N8	N9	L12	blue	7	3	☑
N8	N9	L12	green	3	3	☑
N10	N9	L13	blue	3	4	☐
N10	N9	L13	blue	3	4	☑

จะเห็นได้ว่ามดสีน้ำเงินเดินทางผ่านเส้นทาง L1 L4 L8 และ L12 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 14 หน่วย ผ่านเส้นทาง L3 L7 L11 และ L13 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 15 หน่วย และผ่านเส้นทาง L3 L7 L10 และ L9 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 11 หน่วย ส่วนมดสีเขียวเดินทางผ่านเส้นทาง L2 L6 และ L9 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 11 หน่วย และผ่านเส้นทาง L2 L5 L8 และ L12 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 14 หน่วย โดยที่มดจำนวนทั้งหมดได้เดินทางถึงโหนดปลายทาง

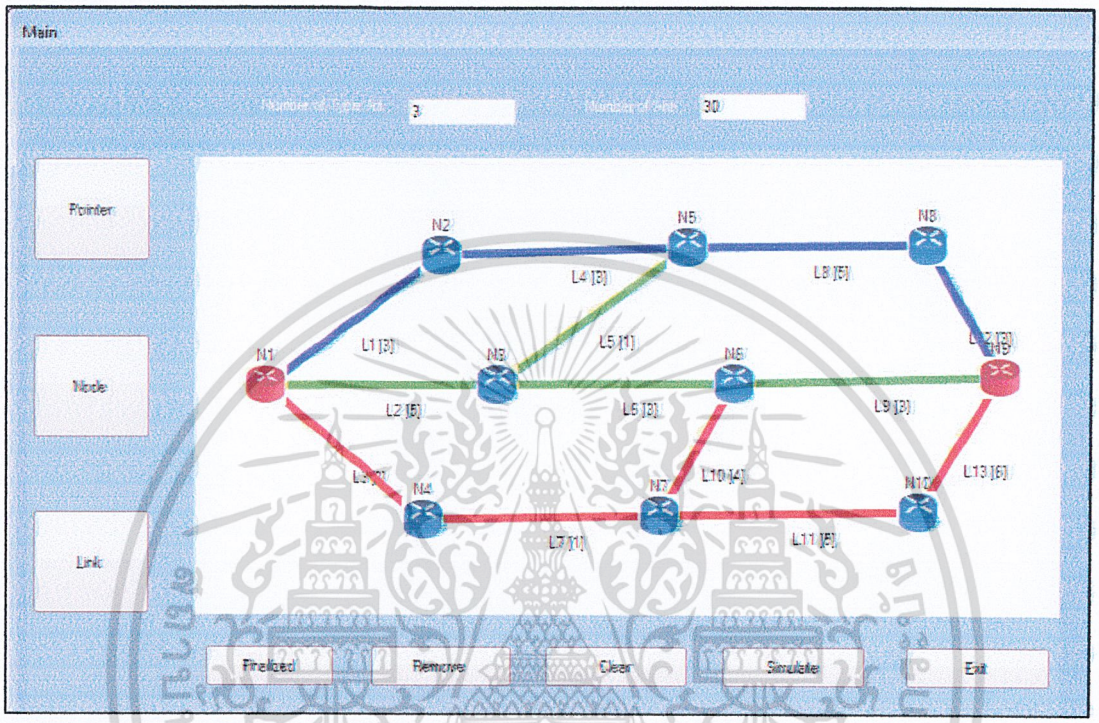
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.4 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 3 ฝูง

กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้

Number of Type Ant : 3

Number of Ant : 30



รูปที่ 4.9 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 3 ฝูง

จากรูปที่ 4.9 เมื่อเริ่มต้นการทำงานที่โหนด N1 พบว่ามีเส้นทางทั้งหมด 3 เส้นทางและมีจำนวนมด 3 ฝูง จำนวนมดทั้งหมด 30 ตัว ก็จะทำการแบ่งจำนวนมดไปยังแต่ละเส้นทางดังนี้ เส้นทาง L1 มีจำนวนมดสีน้ำเงิน 10 ตัว เส้นทาง L2 มีจำนวนมดสีเขียว 10 ตัว เส้นทาง L3 มีจำนวนมดสีแดง 10 ตัว

ตารางที่ 4.8 ประสิทธิภาพของฝูงมดในเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 3 ฝูง

	color	percent
▶	blue	100
	green	100
	red	100
	total	100
*		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 3 ฝูง

source	destination	link	color	pheromone	cost	lowest
N1	N2	L1	blue	10	3	☑
N1	N3	L2	green	10	5	☐
N1	N4	L3	red	10	3	☑
N2	N5	L4	blue	10	3	☐
N1	N3	L2	green	10	2	☐
N4	N7	L7	red	10	1	☑
N2	N5	L4	blue	10	2	☐
N1	N3	L2	green	10	1	☑
N7	N6	L10	red	1	4	☐
N7	N10	L11	red	9	5	☐
N2	N5	L4	blue	10	1	☑
N3	N5	L5	green	3	1	☑
N3	N6	L6	green	7	3	☐
N7	N6	L10	red	1	3	☐
N7	N10	L11	red	9	4	☐
N5	N8	L8	blue	10	5	☐
N5	N8	L8	green	3	5	☐
N3	N6	L6	green	7	2	☑
N7	N6	L10	red	1	2	☑
N7	N10	L11	red	9	3	☐
N5	N8	L8	blue	10	3	☐
N5	N8	L8	green	3	3	☐
N6	N9	L9	green	7	3	☐
N6	N9	L9	red	1	3	☐
N7	N10	L11	red	9	1	☑
N5	N8	L8	blue	10	2	☑
N5	N8	L8	green	3	2	☑
N6	N9	L9	green	7	2	☑
N6	N9	L9	red	1	2	☑
N10	N9	L13	red	9	6	☐
N8	N9	L12	blue	10	3	☑
N8	N9	L12	green	3	3	☑
N10	N9	L13	red	9	4	☐
N10	N9	L13	red	9	4	☑

จะเห็นได้ว่ามดสีน้ำเงินเดินทางผ่านเส้นทาง L1 L4 L8 และ L12 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 14 หน่วย ส่วนมดสีเขียวเดินทางผ่านเส้นทาง L2 L6 และ L9 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 11 หน่วย และผ่านเส้นทาง L2 L 5 L8 และ L12 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 14 หน่วย และมดสีแดงเดินทางผ่านเส้นทาง L3 L7 L11 และ L13 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 15 หน่วย และผ่านเส้นทาง L3 L7 L10 และ L9 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 11 หน่วย โดยที่มดจำนวนทั้งหมดได้เดินทางถึงโหนดปลายทาง

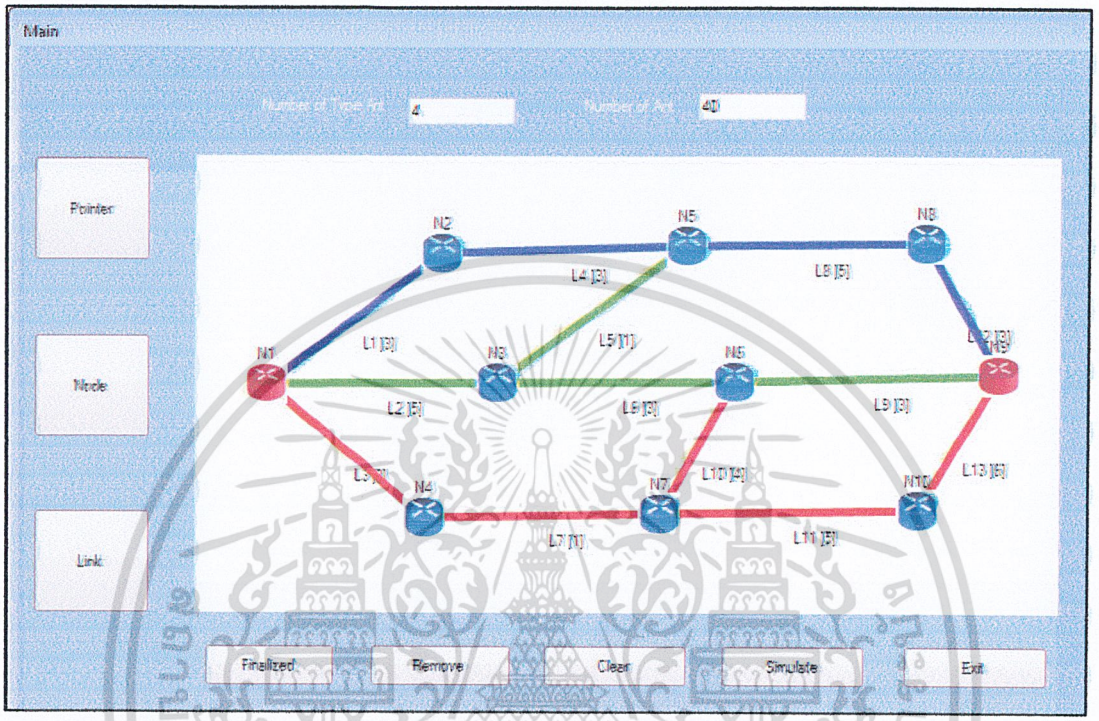
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.5 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 4 ฝูง

กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้

Number of Type Ant : 4

Number of Ant : 40



รูปที่ 4.10 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 4 ฝูง

จากรูปที่ 4.10 เมื่อเริ่มต้นการทำงานที่โหนด N1 พบว่ามีเส้นทางทั้งหมด 3 เส้นทางแต่มีจำนวนมด 4 ฝูง จำนวนมดทั้งหมด 40 ตัว ก็จะทำการแบ่งจำนวนมดไปยังแต่ละเส้นทางดังนี้ เส้นทาง L1 มีจำนวนมดสีน้ำเงินและมดสีเทาฝูงละ 10 ตัว เส้นทาง L2 มีจำนวนมดสีเขียว 10 ตัว เส้นทาง L3 มีจำนวนมดสีแดง 10 ตัว

ซึ่งจะสังเกตได้ว่ามดสีน้ำเงินและสีเทาจำเป็นต้องใช้เส้นทางที่ซ้ำกันในการเดินทาง เนื่องจากมีเส้นทางเพียง 3 เส้นทางแต่มีจำนวนมดถึง 4 กลุ่ม ที่โหนด N1 มดสีน้ำเงินและสีเทาจะเลือกใช้เส้นทาง L1 เพื่อเดินทางโดยจะปล่อยฟีโรโมนจำนวนเท่ากันคือ 10 หน่วย แต่เส้นทางนั้นจะถูกกำหนดให้เป็นสีใดสีหนึ่ง โดยในที่นี้ถูกกำหนดให้เป็นของมดฝูงสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ประสิทธิภาพของฝูงมดในเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 4 ฝูง

	color	percent
▶	blue	100
	green	100
	red	100
	grey	100
	total	100

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 2 จำนวนมด 4 ฝูง

source	destination	link	color	pheromone	cost	lowest
N1	N2	L1	blue	10	3	☑
N1	N2	L1	grey	10	3	☑
N1	N3	L2	green	10	5	☐
N1	N4	L3	red	10	3	☑
N2	N5	L4	blue	10	3	☐
N2	N5	L4	grey	10	3	☐
N1	N3	L2	green	10	2	☐
N4	N7	L7	red	10	1	☑
N2	N5	L4	blue	10	2	☐
N2	N5	L4	grey	10	2	☐
N1	N3	L2	green	10	1	☑
N7	N6	L10	red	5	4	☐
N7	N10	L11	red	5	5	☐
N2	N5	L4	blue	10	1	☑
N2	N5	L4	grey	10	1	☑
N3	N5	L5	green	5	1	☑
N3	N6	L6	green	5	3	☐
N7	N6	L10	red	5	3	☐
N7	N10	L11	red	5	4	☐
N5	N8	L8	blue	10	5	☐
N5	N8	L8	grey	10	5	☐
N5	N8	L8	green	5	5	☐
N3	N6	L6	green	5	2	☑
N7	N6	L10	red	5	2	☑
N7	N10	L11	red	5	3	☐
N5	N8	L8	blue	10	3	☐
N5	N8	L8	grey	10	3	☐
N5	N8	L8	green	5	3	☐
N6	N9	L9	green	5	3	☐
N6	N9	L9	red	5	3	☐
N7	N10	L11	red	5	1	☑
N5	N8	L8	blue	10	2	☑
N5	N8	L8	grey	10	2	☑
N5	N8	L8	green	5	2	☑
N6	N9	L9	green	5	2	☑
N6	N9	L9	red	5	2	☑
N10	N9	L13	red	5	6	☐
N8	N9	L12	blue	10	3	☑
N8	N9	L12	grey	10	3	☑
N8	N9	L12	green	5	3	☑
N10	N9	L13	red	5	4	☐
N10	N9	L13	red	5	4	☑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

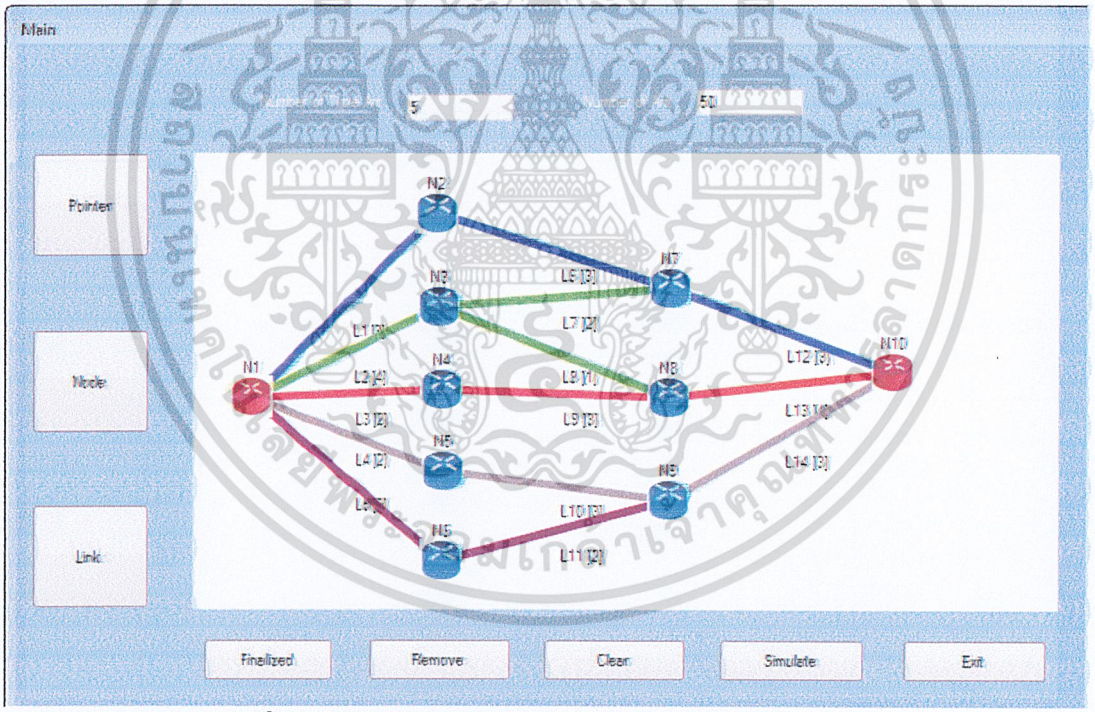
จะเห็นได้ว่ามดสีน้ำเงินและสีเทาเดินทางผ่านเส้นทาง L1 L4 L8 และ L12 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 14 หน่วย ส่วนมดสีเขียวเดินทางผ่านเส้นทาง L2 L6 และ L9 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 11 หน่วย และผ่านเส้นทาง L2 L5 L8 และ L12 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 14 หน่วย และมดสีแดงเดินทางผ่านเส้นทาง L3 L7 L11 และ L13 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 15 หน่วย และผ่านเส้นทาง L3 L7 L10 และ L9 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 11 หน่วย โดยที่มดจำนวนทั้งหมดได้เดินทางถึงโหนดปลายทาง

4.3.1.6 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 3 จำนวนมด 5 ฝูง

กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้

Number of Type Ant :5

Number of Ant : 50



รูปที่ 4.11 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 3 จำนวนมด 5 ฝูง

จากรูปที่ 4.11 เมื่อเริ่มต้นการทำงานที่โหนด N1 พบว่ามีเส้นทางทั้งหมด 5 เส้นทางและมีจำนวนมด 5 ฝูง จำนวนมดทั้งหมด 50 ตัว ก็จะทำการแบ่งจำนวนมดไปยังเส้นทางดังนี้ เส้นทาง L1 มีจำนวนมดสีน้ำเงิน 10 ตัว เส้นทาง L2 มีจำนวนมดสีเขียว 10 ตัว เส้นทาง L3 มีจำนวนมดสีแดง 10 ตัว เส้นทาง L4 มีจำนวนมดสีเทา 10 ตัว และเส้นทาง L5 มีจำนวนมดสีม่วง 10 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะสังเกตได้ว่าเมื่อมดเดินทางถึงโหนด N7 มดสีน้ำเงิน และสีเขียว จำเป็นต้องเดินทางโดยใช้เส้นทางเดียวกัน คือ เส้นทาง L12 เพื่อไปถึงโหนดปลายทางแต่เส้นทางนั้นจะถูกกำหนดให้เป็นสีใดสีหนึ่ง โดยในที่นี้ถูกกำหนดให้เป็นของมดฝูงสีน้ำเงิน เช่นเดียวกันกับที่โหนด N8 ที่มดสีเขียวและสีแดงจำเป็นต้องใช้เส้นทาง L13 เพื่อไปถึงโหนดปลายทาง โดยเส้นทางนี้ได้ถูกกำหนดให้เป็นของมดฝูงสีแดง แต่ที่โหนด N9 มดสีม่วงได้เดินทางมาถึงก่อนจึงใช้การสุ่มในการเลือกเส้นทางและได้เลือกเดินบนเส้นทาง L4 จำนวน 5 ตัวและบนเส้นทาง L5 จำนวน5 ตัว ทำให้มดที่เลือกเดินในเส้นทาง L4 ไปไม่ถึงโหนดปลายทาง

ตารางที่ 4.10 ประสิทธิภาพของฝูงมดในเครือข่ายแบบที่ 3 จำนวนมด 5 ฝูง

color	percent
blue	100
green	100
red	100
grey	100
violet	50
total	90

จะเห็นได้ว่ามดสีน้ำเงินเดินทางผ่านเส้นทาง L1 L6 และ L12 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 9 หน่วย มดสีเขียวเดินทางผ่านเส้นทาง L2 L7 และ L12 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 9 หน่วย และผ่านเส้นทาง L2 L8 และ L13 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 9 หน่วย มดสีแดงเดินทางผ่านเส้นทาง L3 L9 และ L13 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 9 หน่วย มดสีเทาเดินทางผ่านเส้นทาง L4 L10 และ L14 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 8 หน่วย และ มดสีม่วงเดินทางผ่านเส้นทาง L5 L11 และ L14 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 7 หน่วย โดยที่มดฝูงสีม่วงเดินทางถึงโหนดปลายทางเพียง 50 % ทำให้ความสำเร็จในการส่งข้อมูลรวมเท่ากับ 90 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 3 จำนวนมด 5 ฝูง

source	destination	link	color	pheromone	cost	lowest
N1	N2	L1	blue	10	3	☐
N1	N3	L2	green	10	4	☐
N1	N4	L3	red	10	2	☑
N1	N5	L4	grey	10	2	☑
N1	N6	L5	violet	10	2	☑
N1	N2	L1	blue	10	1	☑
N1	N3	L2	green	10	2	☐
N4	N8	L9	red	10	3	☐
N5	N9	L10	grey	10	3	☐
N6	N9	L11	violet	10	2	☐
N2	N7	L6	blue	10	3	☐
N1	N3	L2	green	10	1	☑
N4	N8	L9	red	10	2	☐
N5	N9	L10	grey	10	2	☐
N6	N9	L11	violet	10	1	☑
N2	N7	L6	blue	10	2	☐
N3	N7	L7	green	3	2	☐
N3	N8	L8	green	7	1	☑
N4	N8	L9	red	10	1	☑
N5	N9	L10	grey	10	1	☑
N9	N5	L10	violet	5	3	☐
N9	N10	L14	violet	5	3	☐
N2	N7	L6	blue	10	1	☑
N3	N7	L7	green	3	1	☑
N8	N10	L13	green	7	4	☐
N8	N10	L13	red	10	4	☐
N9	N10	L14	grey	10	3	☐
N9	N5	L10	violet	5	2	☐
N9	N10	L14	violet	5	2	☐
N7	N10	L12	blue	10	3	☐
N7	N10	L12	green	3	3	☐
N8	N10	L13	green	7	3	☐
N8	N10	L13	red	10	3	☐
N9	N10	L14	grey	10	2	☐
N9	N5	L10	violet	5	1	☑
N9	N10	L14	violet	5	1	☑
N7	N10	L12	blue	10	2	☐
N7	N10	L12	green	3	2	☐
N8	N10	L13	green	7	2	☐
N8	N10	L13	red	10	2	☐
N9	N10	L14	grey	10	1	☑
N5	N1	L4	violet	5	2	☐
N7	N10	L12	blue	10	1	☑
N7	N10	L12	green	3	1	☑
N8	N10	L13	green	7	1	☑
N8	N10	L13	red	10	1	☑
N5	N1	L4	violet	5	1	☑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการทดลองแบบมีโหนดปลายทางมากกว่าหนึ่งโหนด

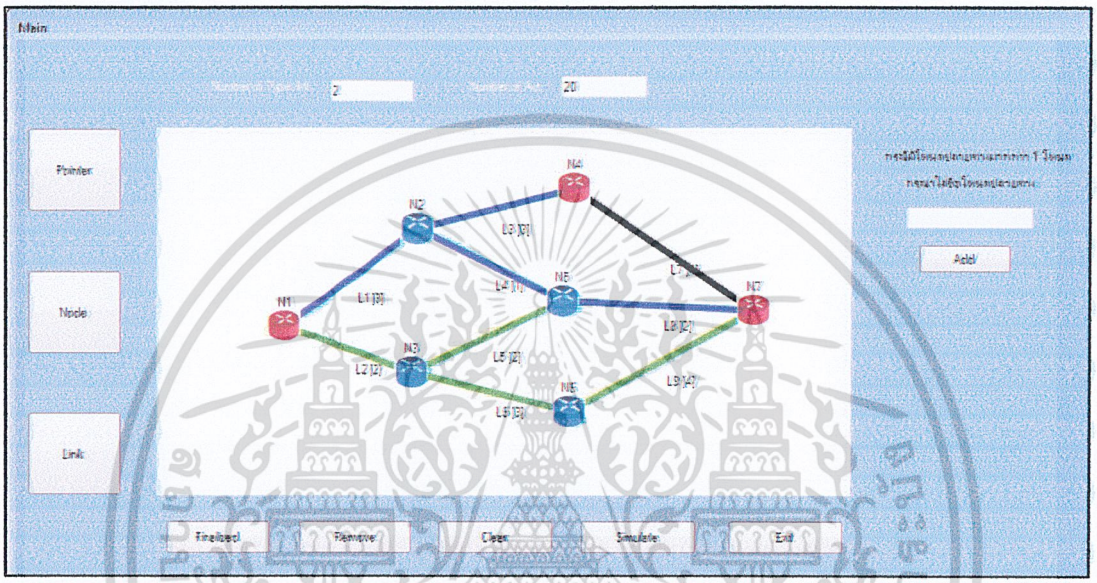
4.3.2.1 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 4 จำนวนมด 2 ฝูง

กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้

Number of Type Ant :2

Number of Ant : 20

Destination Nodes : N4, N7



รูปที่ 4.12 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 4 จำนวนมด 2 ฝูง

จากรูปที่ 4.12 เมื่อเริ่มต้นการทำงานที่โหนด N1 พบว่ามีเส้นทางทั้งหมด 2 เส้นทางและมีจำนวนมด 2 ฝูง จำนวนมดทั้งหมด 20 ตัว ก็จะทำการแบ่งจำนวนมดไปยังเส้นทางดังนี้ เส้นทาง L1 มีจำนวนมดสีน้ำเงิน 10 ตัว และเส้นทาง L2 มีจำนวนมดสีเขียว 10 ตัว

ซึ่งจะสังเกตได้ว่าเมื่อมดสีน้ำเงินเดินทางถึงโหนดปลาย N4 ก็จะหยุดการเดินทาง เนื่องจากได้ค้นพบโหนดปลายทางแล้ว ทำให้เส้นทาง L7 ซึ่งอยู่ระหว่างโหนดปลายทาง N4 และ N7 ไม่มีปริมาณฟีโรโมนสีใดอยู่เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 4 จำนวนมด 2 ฝูง

source	destination	link	color	pheromone	cost	lowest
N1	N2	L1	blue	10	3	☐
N1	N3	L2	green	10	2	☑
N1	N2	L1	blue	10	1	☑
N3	N5	L5	green	1	2	☐
N3	N6	L6	green	9	3	☐
N2	N4	L3	blue	1	3	☐
N2	N5	L4	blue	9	1	☑
N3	N5	L5	green	1	1	☑
N3	N6	L6	green	9	2	☐
N2	N4	L3	blue	1	2	☐
N5	N7	L8	blue	9	2	☐
N5	N7	L8	green	1	2	☐
N3	N6	L6	green	9	1	☑
N2	N4	L3	blue	1	1	☑
N5	N7	L8	blue	9	1	☑
N5	N7	L8	green	1	1	☑
N6	N7	L9	green	9	4	☐
N6	N7	L9	green	9	4	☑

จะเห็นได้ว่ามดสีน้ำเงินเดินทางผ่านเส้นทาง L1 และ L3 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 6 หน่วย และผ่านเส้นทาง L1 L4 และ L8 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 6 หน่วย ส่วนมดสีเขียวเดินทางผ่านเส้นทาง L2 L5 และ L8 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 6 หน่วย และผ่านเส้นทาง L2 L6 และ L9 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 9 หน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

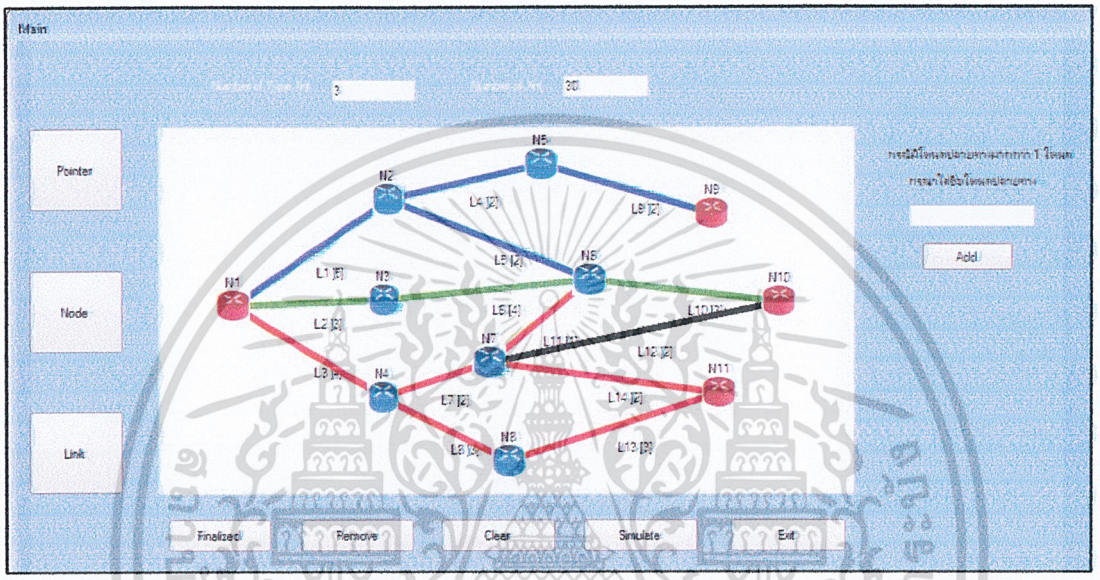
4.3.2.2 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 5 จำนวนมด 3 ฝูง

กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้

Number of Type Ant :3

Number of Ant : 30

Destination Nodes : N9, N10, N11



รูปที่ 4.13 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 5 จำนวนมด 3 ฝูง

จากรูปที่ 4.13 เมื่อเริ่มต้นการทำงานที่โหนด N1 พบว่ามีเส้นทางทั้งหมด 3 เส้นทางและมีจำนวนมด 3 ฝูง จำนวนมดทั้งหมด 30 ตัว ก็จะทำการแบ่งจำนวนมดไปยังเส้นทางดังนี้ เส้นทาง L1 มีจำนวนมดสีน้ำเงิน 10 ตัว เส้นทาง L2 มีจำนวนมดสีเขียว 10 ตัว เส้นทาง L3 มีจำนวนมดสีแดง 10 ตัว

ซึ่งจะสังเกตได้ว่าเส้นทาง L12 เป็นสีดำ (ไม่มีฟีโรโมนสีใดอยู่) เนื่องจากที่โหนด N7 เมื่อมดสีแดงได้เดินทางมาถึงทางแยกจำนวนทั้งหมด 3 ตัว จะใช้วิธีการสุ่มในการเลือกเส้นทาง โดยสุ่มเลือกเส้นทางได้ดังนี้ เส้นทาง L11 จำนวน 2 ตัว และเส้นทาง L14 จำนวน 1 ตัว โดยไม่มีมดตัวไหนเลือกเส้นทาง L12 เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองเครือข่ายแบบที่ 5 จำนวนมด 3 ฝูง

source	destination	link	color	pheromone	cost	lowest
N1	N2	L1	blue	10	5	☐
N1	N3	L2	green	10	3	☑
N1	N4	L3	red	10	4	☐
N1	N2	L1	blue	10	2	☐
N3	N6	L6	green	10	4	☐
N1	N4	L3	red	10	1	☑
N1	N2	L1	blue	10	1	☑
N3	N6	L6	green	10	3	☐
N4	N7	L7	red	3	2	☐
N4	N8	L8	red	7	3	☐
N2	N5	L4	blue	3	2	☐
N2	N5	L5	blue	7	2	☐
N3	N6	L6	green	10	2	☐
N4	N7	L7	red	3	1	☑
N4	N8	L8	red	7	2	☐
N2	N5	L4	blue	3	1	☑
N2	N5	L5	blue	7	1	☑
N3	N6	L6	green	10	1	☑
N7	N6	L11	red	1	1	☑
N7	N10	L12	red	0	2	☐
N7	N11	L14	red	2	2	☐
N4	N8	L8	red	7	1	☑
N5	N9	L9	blue	3	2	☐
N6	N10	L10	blue	7	3	☐
N6	N10	L10	green	10	3	☐
N6	N10	L10	red	1	3	☐
N7	N10	L12	red	0	1	☑
N7	N11	L14	red	2	1	☑
N8	N11	L13	red	7	3	☐
N5	N9	L9	blue	3	2	☑
N6	N10	L10	blue	7	3	☐
N6	N10	L10	green	10	3	☐
N6	N10	L10	red	1	3	☐
N8	N11	L13	red	7	3	☐
N6	N10	L10	blue	7	3	☑
N6	N10	L10	green	10	3	☑
N6	N10	L10	red	1	3	☑
N8	N11	L13	red	7	3	☑

จะเห็นได้ว่ามดสีน้ำเงินเดินทางผ่านเส้นทาง L1 L4 และ L9 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 9 หน่วย และผ่านเส้นทาง L1 L5 และ L10 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 10 หน่วย ส่วนมดสีเขียวเดินทางผ่านเส้นทาง L2 L6 และ L10 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 10 หน่วย และมดสีแดงเดินทางผ่านเส้นทาง L3 L7 L11 และ L10 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 10 หน่วย ผ่านเส้นทาง L3 L7 และ L14 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 10 หน่วย และผ่านเส้นทาง L3 L8 และ L13 ไปถึงโหนดปลายทาง โดยมีค่าระยะทางทั้งหมด 10 หน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ปัญหาที่พบและบทสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จุดประสงค์ของการทำโครงงานนี้คือ ศึกษาและพัฒนาทฤษฎีฝูงมดแบบหลายฝูง เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการจำลองการทำโหลดบาลานซ์ โดยได้สร้างโปรแกรมเพื่อใช้ในการจำลองการทำโหลดบาลานซ์ด้วยทฤษฎีฝูงมดแบบหลายฝูง

จากการทดสอบโปรแกรมพบว่าการใช้อัลกอริทึมฝูงมดแบบหลายฝูงมาใช้ในการทำโหลดบาลานซ์ การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น จำนวนฝูงของมดและค่าระยะทางของแต่ละเส้นทางในระบบเน็ตเวิร์ค มีผลต่อเส้นทางที่ถูกเลือกเพื่อใช้ในการทำโหลดบาลานซ์ โดยจะแสดงผลลัพธ์ของแต่ละเส้นทางเป็นสีของแต่ละฝูง

5.2 ปัญหา อุปสรรค และแนวทางในการแก้ไข

1) ขาดทักษะและความชำนาญในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C #
   แนวทางแก้ไข ศึกษาการใช้งานเพิ่มเติมและฝึกฝนการเขียนโปรแกรมจากสื่อต่างๆ
2) ขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีฝูงมดเพราะเป็นทฤษฎีใหม่
   แนวทางแก้ไข ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมจากหนังสือและผู้รู้
3) ทฤษฎีฝูงมดแบบหลายฝูงมีความซับซ้อนมาก ทำให้ต้องใช้ระยะเวลานานในการออกแบบอัลกอริทึมให้สมบูรณ์
   แนวทางแก้ไข ปรึกษาการออกแบบอัลกอริทึมจากผู้รู้

5.3 ข้อจำกัดของโครงงาน

1) โปรแกรมไม่สามารถจำลองระบบเน็ตเวิร์คที่มีขนาดใหญ่เกินกว่า 30 โหนดขึ้นไปได้

5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต

1) พัฒนาโปรแกรมให้สามารถใช้งานได้ง่ายและตอบสนองอย่างรวดเร็ว
2) พัฒนาโปรแกรมให้มีการแสดงผลลัพธ์ที่เข้าใจง่าย
3) ปรับปรุงอัลกอริทึมให้สามารถกำหนดจำนวนฝูงของมดแบบอัตโนมัติตามความเหมาะสมของระบบเน็ตเวิร์คได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Kwang Mong Sim and Weng Hong Sun, Ant Colony Optimization for Routing and Load-Balancing: Survey and New Direction, 2003

[2] สุชาติ คุ้มมะณี, ธวัชชัย ชมศิริ, เรียนรู้เครือข่ายและอุปกรณ์ Cisco ด้วยโปรแกรม Simulation, โปรวิชั่น, 2550

[3] เอกสิทธิ์ วิริยจารี, เรียนรู้ระบบเน็ตเวิร์กจากอุปกรณ์ Cisco ภาคปฏิบัติ, ซีเอ็ด, 2552

[4] ณัช ภู่วรวรรณ, เริ่มต้นเรียนรู้ C#, ซีเอ็ด, 2545

[5] สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร, เริ่มต้น VISUAL C# 2008 ฉบับสมบูรณ์, Infopress Group, 2552

[6] บัญชา ปะสีละเตสัง, พัฒนาแอปพลิเคชั่นด้วย VISUAL C# 2008, ซีเอ็ด, 2551

[7] ขันชัย กิ่งกังวาลย์, คู่มือเขียนโปรแกรมกราฟิกด้วย C# และ GDI+ (.NET FRAMEWORK), โปรวิชั่น, 2551

[8] สุธี พงศาสกุลชัย, คัมภีร์ VISUAL C# 2005, เคทีพี, 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

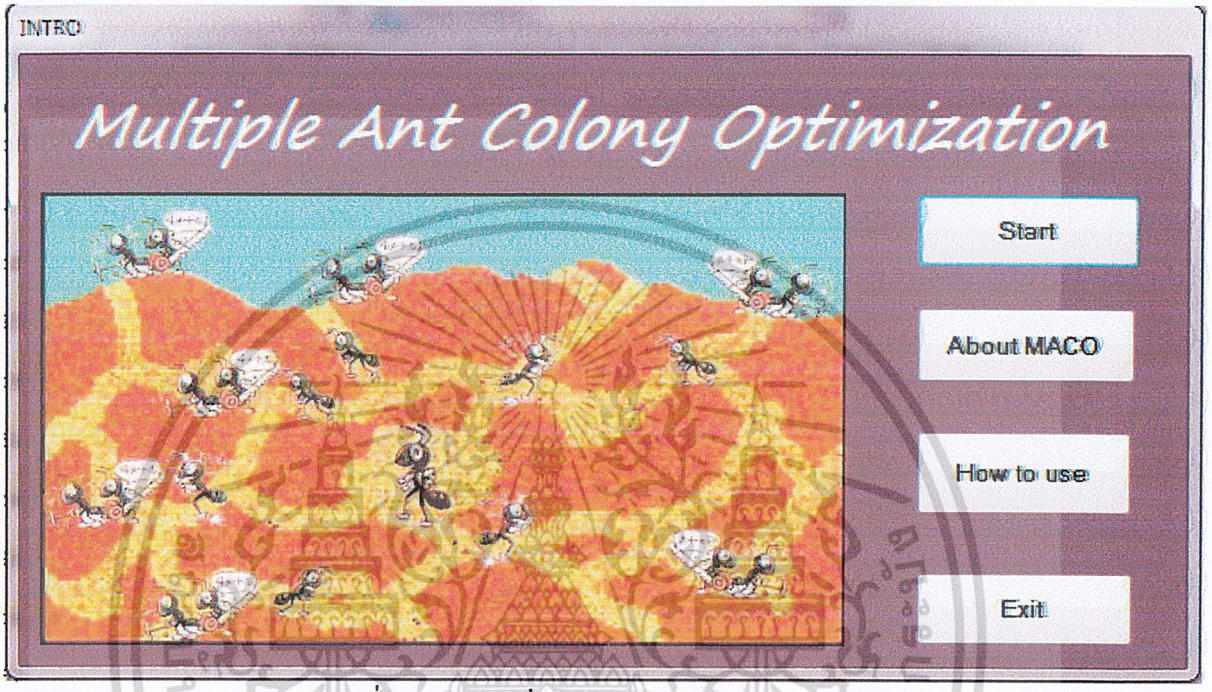
ภาคผนวก ก.

วิธีการใช้โปรแกรม Multiple Ant Colony Optimization

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

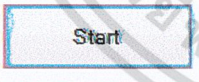
ก.1 การใช้งาน

ในการเริ่มต้นการใช้งานโปรแกรมการจำลองการทำโหลดบาลานซ์ ขั้นแรกให้ผู้ใช้ดับเบิ้ลคลิกที่ไอคอน MultipleAntColonyOptimization.exe ก็จะเข้าสู่หน้าจอเริ่มต้นของโปรแกรมดังรูปที่ ก.1

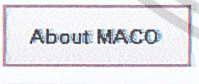


รูปที่ ก.1 หน้าจอเริ่มต้นของโปรแกรม

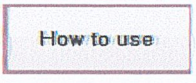
โดยในหน้าจอหลักของโปรแกรมจะมีปุ่มการใช้งานดังนี้

1) ปุ่ม 

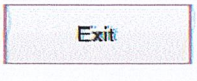
ใช้ในการเข้าสู่การจำลองการทำโหลดบาลานซ์

2) ปุ่ม 

ใช้ในการเข้าสู่ส่วนที่ใช้อธิบายทฤษฎีของฝูงมด

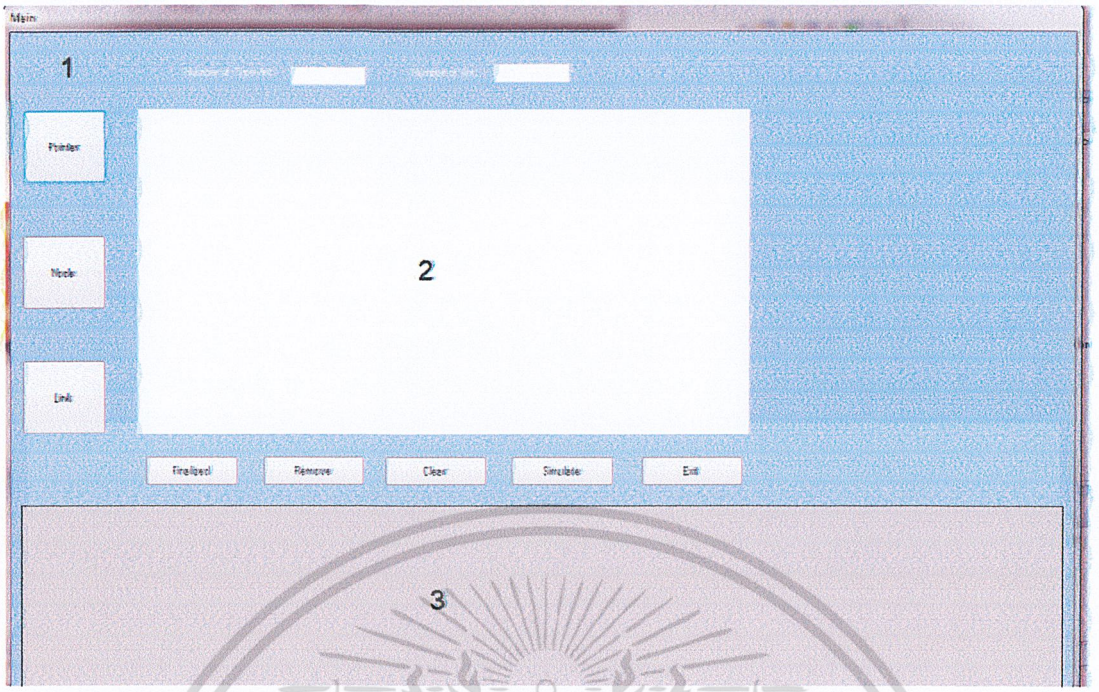
3) ปุ่ม 

ใช้ในการเข้าสู่ส่วนที่อธิบายการใช้งานโปรแกรม

4) ปุ่ม 

ใช้ในการออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



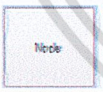
รูปที่ ก.2 หน้าจอหลักของโปรแกรม

โดยในหน้าจอหลักของโปรแกรมจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. ส่วนของ Properties ใช้สำหรับการเลือกอุปกรณ์ และการตั้งค่าสำหรับการทำการจำลอง
2. ส่วนของการออกแบบ
3. ส่วนของ Results ที่ใช้แสดงผลของการจำลอง

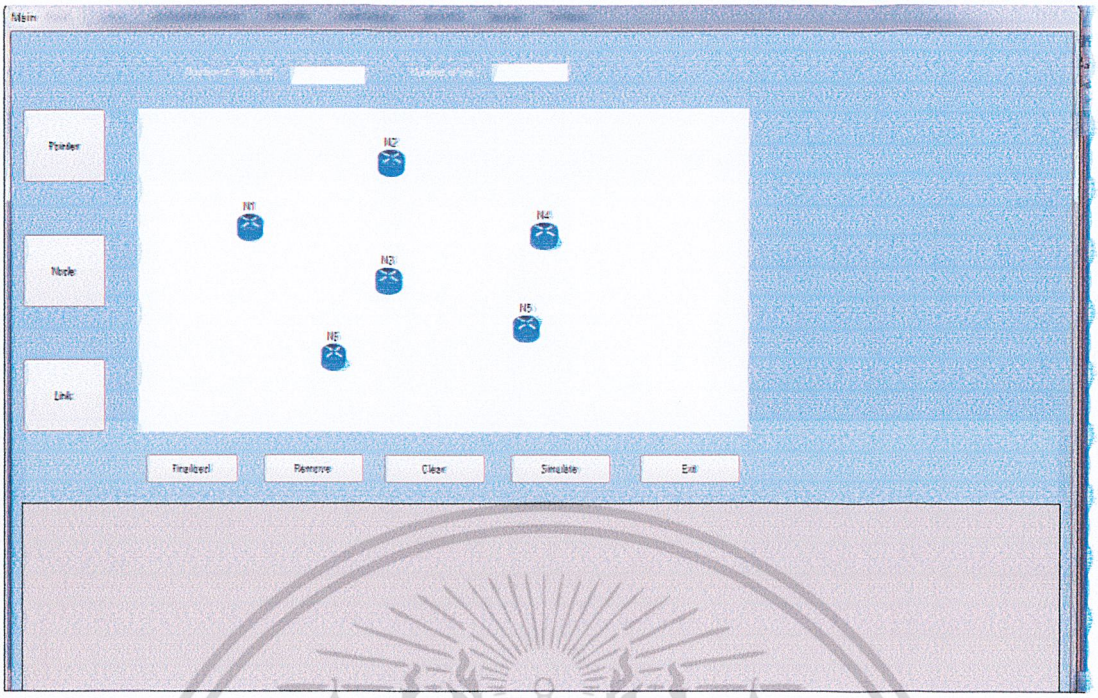
1) ปุ่ม

ใช้ในการจัดการโหนดและลิงค์

2) ปุ่ม 

ใช้ในการสร้างโหนด โดยที่เมื่อคลิกที่ปุ่มโหนดแล้ว ให้เลือกวางที่ ส่วนของการออกแบบจะได้ดังรูปที่ ก.3

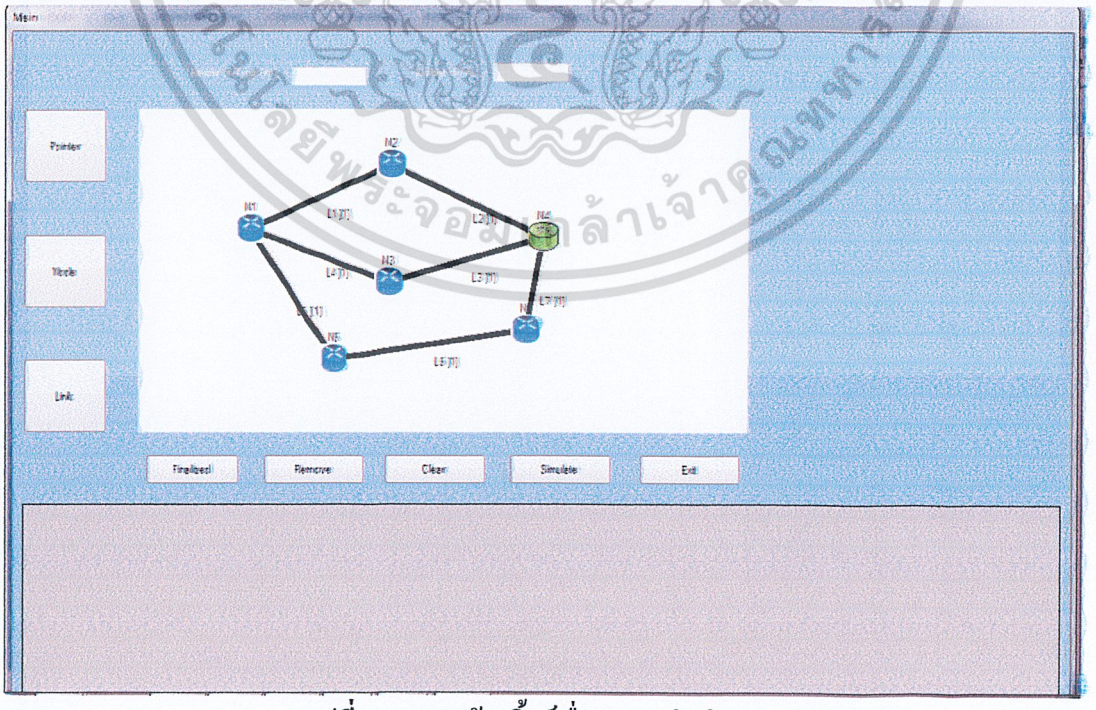
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 การสร้างโหนด

3) ปุ่ม

ใช้ในการสร้างลิ้งค์เชื่อมต่อระหว่างโหนดเพื่อใช้เป็นเส้นทางในการส่งผ่านแพคเก็จ โดยให้นำไปเชื่อมต่อกับโหนดที่สร้างไว้ในส่วนของการออกแบบ ดังรูปที่ ก.4

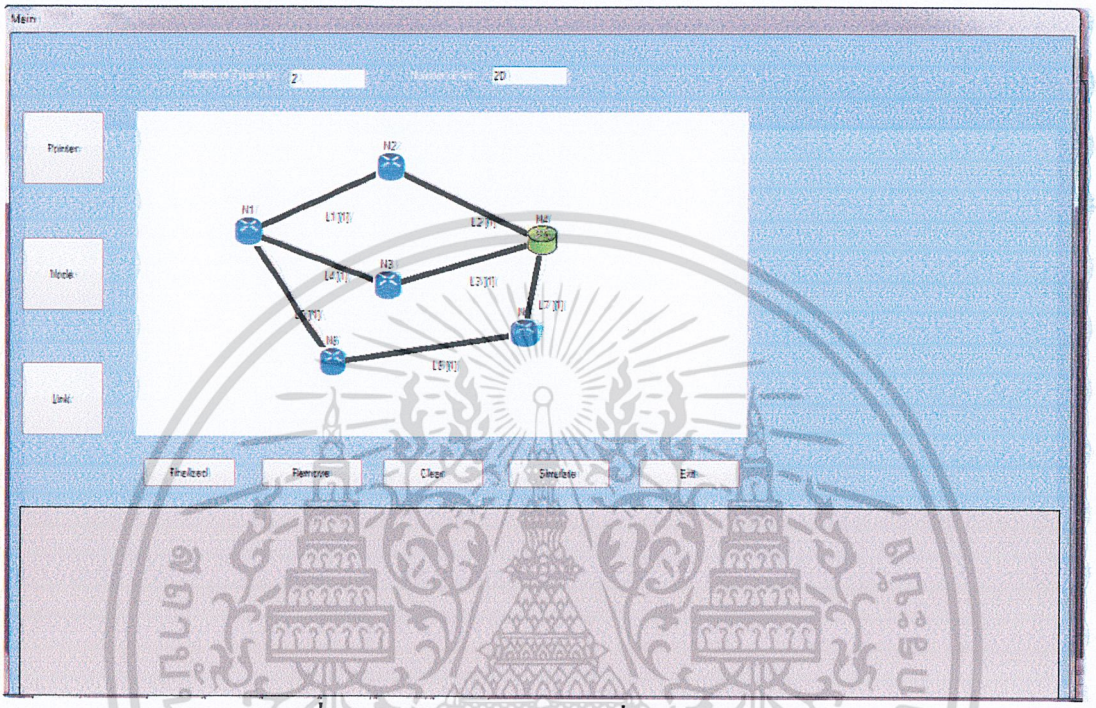


รูปที่ ก.4 การสร้างลิ้งค์เชื่อมระหว่างโหนด

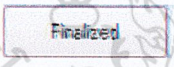
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

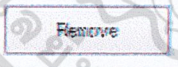
4) ช่อง Number of Type Ant ใช้ในการกำหนดจำนวนของชนิดของมดที่จะใช้ในการจำลอง ดังรูปที่ ก.5

5) ช่อง Number of Ant ใช้ในการกำหนดจำนวนของมดที่จะใช้ในการจำลอง ดังรูปที่ ก.5

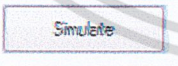


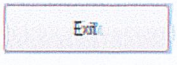
รูปที่ ก.5 การใส่ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลอง

6) ปุ่ม Finalized  ใช้ในการประมวลผลมดที่ยังเดินทางไม่ถึงปลายทาง

7) ปุ่ม Remove  ใช้ในการลบโหนดหรือลิ้งค์ออกทีละโหนด

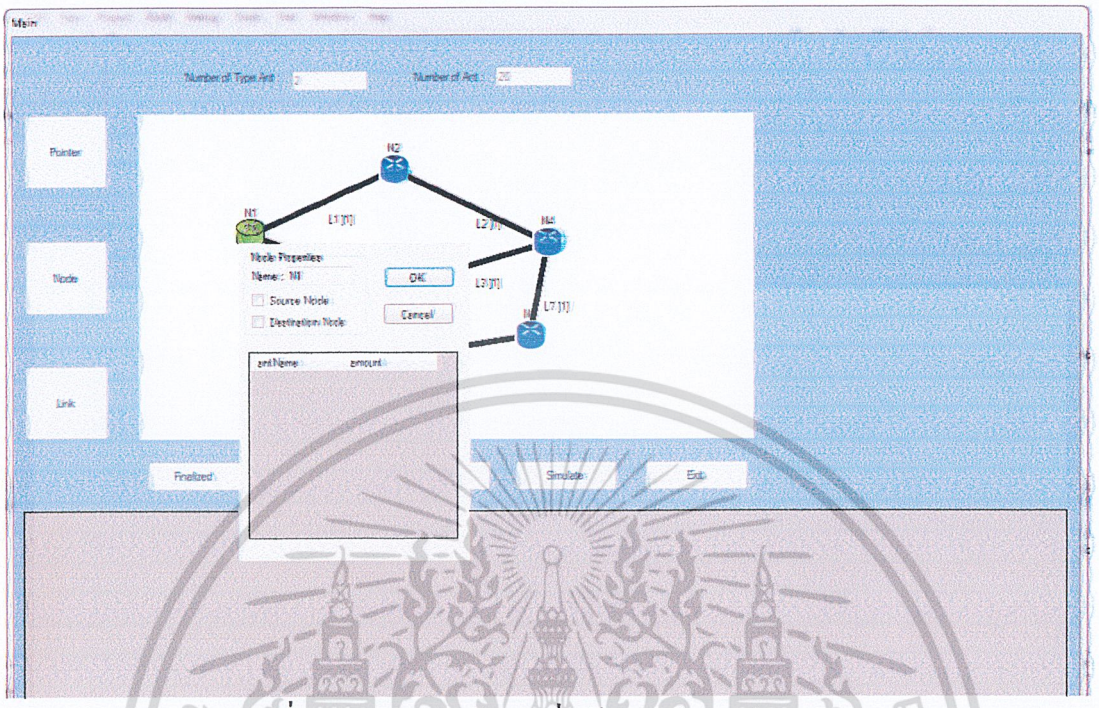
8) ปุ่ม Clear ใช้ในการลบข้อมูลทั้งหมด

9) ปุ่ม Simulate  ใช้ในการเริ่มต้นการจำลอง

10) ปุ่ม Exit  ใช้ในการออกจากหน้าจอหลัก

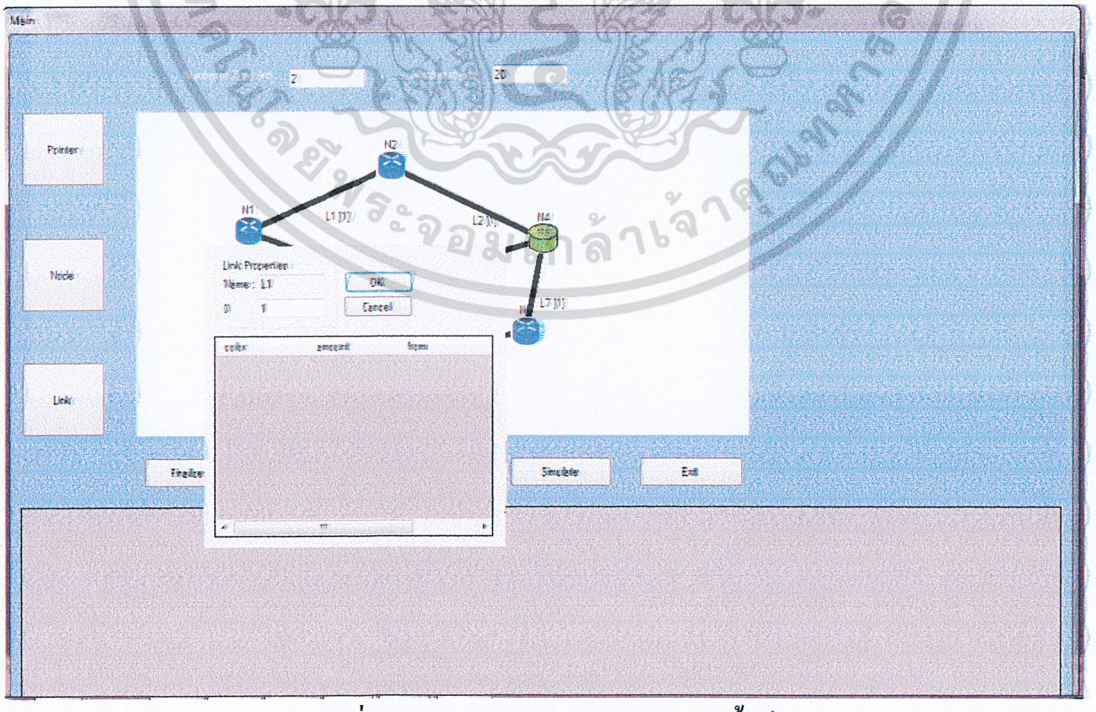
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) โหนด สามารถเข้าไปกำหนด Source node และ Destination node ได้ ดังรูปที่ ก.6



รูปที่ ก.6 การกำหนดโหนดเริ่มต้นและโหนดปลายทาง

12) ลิ้งค์สามารถเข้าไปกำหนดค่าระยะทางของลิ้งค์ได้ ดังรูปที่ ก.7



รูปที่ ก.7 การกำหนดค่าระยะทางของลิ้งค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้