

การกำหนดเส้นทางที่เหมาะสมในการส่งข้อมูลตามสภาพแวดล้อมของเครือข่าย
OPTIMAL DATA TRANSMISSION PATH DECISION BASED ON
NETWORK ENVIRONMENT



นายรฤทธิ์ สุนทรสารทูล
MR.NORARIT SUNTHORNSARATUL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่.....

เลขทะเบียน..... 27277

วัน, เดือน, ปี 18 ส.ค. 2540

พ.ศ. 2539

ISBN 974-621-739-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไปว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลึกซึ้งห้าวหาญให้ดัดแปลงไปให้ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPTIMAL DATA TRANSMISSION PATH DECISION BASED ON
NETWORK ENVIRONMENT



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1996

ISBN 974-621-739-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกำหนดเส้นทางที่เหมาะสมในการส่งข้อมูลตามสภาพแวดล้อมของเครือข่าย
ชื่อนักศึกษา	นายนรฤทธิ์ สุนทรสารทูล
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. รัตติกร วรากุลศิริพันธุ์
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2539

บทคัดย่อ

เครือข่ายสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์โดยทั่วไป มีการต่อเชื่อมโยงสวิทซ์ซึ่งโหนดในรูปแบบร่างแห แต่ละสวิทซ์ซึ่งโหนดนั้นมีทั้งที่อยู่ใกล้กันและไกลกันออกไป เส้นเชื่อมต่อระหว่างโหนดอาจมีหลายประเภท และมีความเร็วในการส่งรับข้อมูลที่แตกต่างกันไป เช่น เครือข่ายสื่อสารแพคเกจ สวิทซ์ซึ่งที่นิยมใช้กันแพร่หลายกันมากในปัจจุบัน สวิทซ์ซึ่งโหนดภายในเครือข่ายสื่อสารที่มีโครงสร้างดังกล่าวนี้ จะมีส่วนประกอบที่เป็นฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของระบบจัดการเพื่อการประมวลผลข้อมูลที่รับเข้ามาเพื่อการส่งต่อออกไปยังโหนดข้างเคียงหรือโหนดถัดไป การทำงานหรือหน้าที่ของสวิทซ์ซึ่งโหนดนี้ มีหลายประการขึ้นอยู่กับกติกาสื่อสารที่กำหนดเป็นมาตรฐานภายใต้ OSI (Open System Interconnection) ซึ่งหน้าที่สำคัญประการหนึ่งของสวิทซ์ซึ่งโหนดภายใต้ OSI ชั้น ที่ 3 ที่เรียกว่าเน็ตเวิร์กเลเยอร์ ได้แก่ การกำหนดเส้นทางส่งผ่านข้อมูลจากโหนดเริ่มต้นไปยังโหนดปลายทาง

เทคโนโลยีของการกำหนดเส้นทางส่งผ่านข้อมูลนั้น ได้มีการศึกษามากมายที่กำหนดเงื่อนไขเฉพาะด้านใดด้านเดียว เช่น ประหยัดเวลา ประหยัดระยะทาง หรือประหยัดจำนวนเส้นเชื่อมต่อ เป็นต้น

วิทยานิพนธ์นี้ ได้วิจัยและพัฒนาขบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางส่งผ่านข้อมูลภายใต้สภาพแวดล้อมที่แท้จริงของเครือข่าย เพื่อสนองความต้องการของผู้ใช้ หรือผู้ออกแบบเครือข่ายไว้เป็น 3 วิธีการ ได้แก่ ขบวนการกำหนดเส้นทางที่ประหยัดที่สุด ขบวนการกำหนดเส้นทางที่มีจำนวนเส้นเชื่อมต่อที่น้อยที่สุด และขบวนการกำหนดเส้นทางให้แต่ละช่องทางออกของโหนดที่มี

จำนวนเส้นเชื่อมต่อน้อยที่สุด ทั้งนี้ได้กำหนดรายละเอียดของพื้นฐานของแต่ละขบวนการ ตลอดจน อัลกอริทึมของแต่ละขบวนการ และได้พัฒนาและสร้างเป็นระบบซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ ที่สามารถคำนวณหาผลลัพธ์เมื่อทราบโครงสร้างของเครือข่ายสื่อสาร เช่น จำนวนโหนด ลักษณะ การเชื่อมต่อ และค่าแพ็คเกจต่าง ๆ โดยแสดงให้เห็นผลลัพธ์ที่ได้ภายใต้แต่ละขบวนการบนจอ มอนิเตอร์ ซึ่งผู้ใช้หรือผู้ออกแบบเครือข่ายสามารถเลือกผลลัพธ์ของเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ เป็นตารางเส้นทางการส่งข้อมูลประจำโหนดต่าง ๆ ได้ตามความต้องการ



Thesis Title Optimal Data Transmission Path Decision Based on Network Environment

Student Mr. Norarit Sunthornsaratul

Thesis Advisor Assoc. Prof. Dr. Ruttikorn Varakulsiripunth

Level of Student Master of Engineering in Electrical Engineering

Department Electronic, Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Year 1996

ABSTRACT

Generally, computer-communication networks are interconnected their switching nodes in mesh topology. Each switching node may be located near or far away from each other. The transmission link between nodes may be various media and have different transmission speed. Such as, packet switching networks which are very popular use nowadays. A switching node inside the mesh configuration will be composed of hardware and operating software for processing the incoming messages and transmitting messages to its neighbored nodes. There are many functions or duties for a switching node to operate in according to the standard of communication protocols under OSI reference model. One of the most important function of a switching node based on layer 3 of OSI or network layer, is the decision of transmission routing from source node to its destination node.

There were various studies on the transmission routing decision which mostly considered only one objective, for examples, minimizing time, minimizing distance or minimizing the number of links.

In this thesis, the transmission routing decision mechanisms based on the real environment of network are researched and developed in order to satisfy the requirements of networks users or designers. Three mechanisms are proposed in this thesis, these are

transmission routing decision with minimum cost, transmission routing decision with minimum hops and transmission routing decision with minimum hops for individual output links of a node. The fundamental and algorithm of each mechanism are presented, in detail. And computer software of each mechanism is developed and created. When the architecture of communication network is given, such as, number of nodes, interconnecting configuration, some factors etc., The software will compute and show the results of each mechanism on the monitor. Users or designers can select the optimal results up to their requirements in order to establish the routing table for each node.



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยดี โดยได้รับการช่วยเหลือจากหลายฝ่าย ซึ่งผู้เขียนขอขอบพระคุณทุกท่าน ดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้ซึ่งให้โอกาสในการศึกษา รวมทั้งให้กำลังใจ และให้คำปรึกษาเสมอมา อันเป็นแรงบันดาลใจให้ข้าพเจ้ามีมานะในการทำวิจัย และเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

รองศาสตราจารย์ ดร. รัตติกกร วรากุลศิริพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางและให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย ทั้งเอื้ออำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ต่างๆ ที่ช่วยในการทำวิจัย รวมทั้งตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ ที่สนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ทำการวิจัย

มูลนิธิเพื่อการศึกษาคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร ที่สนับสนุนงานวิจัย

และทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ ที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

นรฤทธิ์ สุนทรสารทูล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	X
บทที่	
1. บทนำ.....	1
ความเป็นมาและขอบเขตของงานวิทยานิพนธ์.....	1
โครงร่างวิทยานิพนธ์.....	3
2. ความรู้เบื้องต้นของการกำหนดเส้นทางการส่งผ่านข้อมูล.....	4
บทนำ.....	4
หลักการพื้นฐานของการกำหนดเส้นทางการส่งผ่านข้อมูล.....	5
ตารางเส้นทาง.....	7
กระบวนการส่งผ่านข้อมูลแบบ ไม่มีการกำหนดเส้นทาง.....	9
กระบวนการส่งผ่านข้อมูลแบบมีการกำหนดเส้นทาง.....	13
3. การกำหนดเส้นทางการส่งผ่านข้อมูลที่ประหยัดที่สุด.....	14
บทนำ.....	14
นิยามของระยะทาง เวลา ค่าใช้จ่าย.....	16
ขบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางที่ประหยัดที่สุด.....	21
โครงสร้างการจัดการระบบบริหารเครือข่าย.....	39
ออกแบบโปรแกรมระบบ.....	44
4. การกำหนดเส้นทางการส่งผ่านข้อมูลที่มีจำนวนเส้นเชื่อมต่อน้อยที่สุด.....	51
บทนำ.....	51

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่	
พื้นฐานของ RDM/MH.....	52
กระบวนการ RDM/MH.....	55
โครงสร้างการจัดการระบบบริหารเครือข่าย.....	68
ออกแบบโปรแกรมระบบ.....	70
5. การกำหนดเส้นทางส่งผ่านข้อมูลที่มีจำนวนเส้นเชื่อมต่อที่น้อยที่สุด	
สำหรับทุก ๆ เส้นทางออกของแต่ละโหนด.....	78
บทนำ.....	78
พื้นฐาน RDM/IMH.....	80
โครงสร้างการจัดการระบบบริหารเครือข่าย.....	94
ออกแบบโปรแกรมระบบ.....	98
6. ผลทดลอง.....	102
7. บทสรุป.....	119
บทนำ.....	119
การนำไปประยุกต์ใช้งาน.....	121
แนวทางในการวิจัยต่อ.....	122
บรรณานุกรม.....	123
ภาคผนวก ซอฟต์แวร์.....	124
ประวัติผู้เขียน.....	170

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1	แสดง ตารางเส้นทางของเครือข่ายในภาพที่ 1	8
2	ตัวอย่างแสดง ตารางเส้นทางของเครือข่ายในภาพที่ 1 โดยใช้ค่าใช้จ่ายเป็น ตัวแปรในการหาเส้นทางให้ตารางเส้นทาง.....	9
3	แสดง การเก็บค่าของตารางในอัลกอริทึมเทเน่า.....	12
4	แสดง การทำงานในระดับต่าง ๆ ของมาตรฐาน OSI.....	15
5	แสดง เส้นทางที่ได้รับเลือกด้วย RDM/MC จากผลลัพธ์ภาพที่ 10.....	35
6	แสดง เส้นทางที่ได้รับเลือกด้วย RDM/MC จากผลลัพธ์ภาพที่ 11 (ก).....	37
7	แสดง เส้นทางที่ได้รับเลือกด้วย RDM/MC จากผลลัพธ์ภาพที่ 11 (ข).....	37
8	แสดง เส้นทางที่ได้รับเลือกด้วย RDM/MC จากผลลัพธ์ภาพที่ 11 (ค).....	38
9	แสดง เส้นทางที่ได้รับเลือกด้วย RDM/MC จากผลลัพธ์ภาพที่ 11 (ง).....	38
10	แสดง การเก็บข้อมูลของตารางความสัมพันธ์ของเครือข่าย จากตัวอย่างเครือข่ายในภาพที่ 8.....	41
11	ตาราง เส้นทางที่ได้จากผลลัพธ์ของ RDM/MC ในภาพที่ 10.....	42
12	แสดง ตารางเส้นทางของเครือข่ายในภาพที่ 10.....	43
13	แสดง เส้นทางที่ได้รับคัดเลือกด้วย RDM/MH จากผลลัพธ์ภาพที่ 19.....	64
14	แสดง เส้นทางที่ได้รับคัดเลือกด้วย RDM/MH จากผลลัพธ์ภาพที่ 20 (ก).....	66
15	แสดง เส้นทางที่ได้รับคัดเลือกด้วย RDM/MH จากผลลัพธ์ภาพที่ 20 (ข).....	66
16	แสดง เส้นทางที่ได้รับคัดเลือกด้วย RDM/MH จากผลลัพธ์ภาพที่ 20 (ค).....	67
17	แสดง เส้นทางที่ได้รับคัดเลือกด้วย RDM/MH จากผลลัพธ์ภาพที่ 20 (ง).....	67
18	ตาราง เส้นทางที่ได้จากผลลัพธ์ของ RDM/MH ในภาพที่ 19.....	69
19	แสดง ตารางเส้นทางของเครือข่ายในภาพที่ 17.....	69
20 (ก)	แสดงเส้นทางที่ได้รับคัดเลือกด้วย RDM/IMH เส้นทางที่ 1 จากผลลัพธ์ภาพที่ 32.....	93

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

20 (ข) แสดงเส้นทางที่ได้รับคัดเลือกด้วย RDM/TMH เส้นทางที่ 2 จากผลลัพธ์ภาพที่ 32.....	94
21 แสดง ตารางเส้นทางที่ได้จากเครือข่ายภาพที่ 26.....	98
22 แสดง ระยะและค่าบรรทัดฐานของระยะทางระหว่างคูโหนด จากเครือข่ายสื่อสารจริงภาพที่ 36.....	105-106
23 แสดง เวลาและค่าบรรทัดฐานของเวลาทางระหว่างคูโหนด จากเครือข่ายสื่อสารจริงภาพที่ 36.....	107-108
24 แสดง ลิงค์คอสต์ของระยะทางระหว่างคูโหนด จากเครือข่ายสื่อสารจริงภาพที่ 36.....	109-110

สารบัญภาพ

หน้า

1	แสดง การเชื่อมต่อระบบเครือข่ายข้อมูล.....	7
2	แสดง ลำดับการส่งข้อมูลของอัลกอริทึมแบบเหน้า.....	10
3	ตัวอย่าง เครือข่ายสื่อสารข้อมูล.....	14
4	แสดง ความสัมพันธ์ของระยะทาง เวลา และค่าใช้จ่ายระหว่างคูโหนดข้างเคียง.....	16
5	แสดง ค่าความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของค่าลิงค์คอสต์.....	22
6	แสดง ภาพเครือข่ายสื่อสาร.....	27
7	แสดง การหาเส้นทางจากโหนด A.....	28
8	แสดง ค่าลิงค์คอสต์ (ที่สมมุติ) บนลิงค์ระหว่างคูโหนด.....	29
9 (ก)	โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 1.....	30
9 (ข)	โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 2.1.....	31
9 (ค)	โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 2.2.....	32
9 (ง)	โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 3.1.....	33
9 (จ)	โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 3.2.....	34
10	โครงสร้างต้นไม้แสดงผลลัพธ์จากการทำงานของ RDM/MC โดยให้โหนด A เป็นโหนดเริ่มต้น จากเครือข่ายภาพที่ 8.....	35
11	โครงสร้างต้นไม้แสดงผลลัพธ์จากการทำงานของ RDM/MC จากเครือข่ายจากภาพ 8.....	36
12	แสดง ภาพเครือข่ายและข้อมูลที่ป้อนให้ซอฟต์แวร์.....	48
13	แสดง ผลลัพธ์ของของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/MC.....	49
14	แสดง ผลลัพธ์ของของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/MC.....	50
15	แสดง ภาพเครือข่ายสื่อสาร.....	56
16	แสดง การหาเส้นทางจากโหนด B.....	57
17	แสดง ค่าลิงค์คอสต์ (ที่สมมุติ) บนลิงค์ระหว่างคูโหนด.....	58
18 (ก)	โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 1.....	59

สารบัญญภาพ (ต่อ)

หน้า

18 (ข) โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 2.1.....	61
18 (ค) โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 2.2.....	61
18 (ง) โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 2.3.....	62
18 (จ) โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 3.....	63
19 โครงสร้างต้นไม้ แสดงผลลัพธ์จากการทำงานของ RDM/MH โดยโหนด B เป็นโหนดเริ่มต้น จากเครือข่ายภาพที่ 17.....	64
20 โครงสร้างต้นไม้ แสดงผลลัพธ์จากการทำงานของ RDM/MH จากเครือข่ายจากภาพที่ 17.....	65
21 แสดง ภาพเครือข่ายและข้อมูลที่ป้อนให้ซอฟต์แวร์.....	75
22 แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/MH จากเครือข่ายภาพที่ 21.....	76
23 แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/MH จากเครือข่ายภาพที่ 21.....	77
24 แสดง การพิจารณาการเชื่อมต่อของโหนด B.....	82
25 แสดง ภาพเครือข่ายข้อมูล.....	86
26 RDM/IMH จะทำกำหนดให้โหนดเริ่มต้นเป็นโหนด SN (Start Node) เสมอ.....	87
27 แสดง การทำงานของกระบวนการ RDM/IMH.....	88
28 แสดง การทำงานของกระบวนการ RDM/IMH.....	89
29 แสดง การทำงานของกระบวนการ RDM/IMH.....	90
30 แสดง การทำงานของกระบวนการ RDM/IMH.....	91
31 แสดง การทำงานของกระบวนการ RDM/IMH.....	92
32 โครงสร้างต้นไม้ แสดงผลลัพธ์การทำงานของ RDM/IMH ที่โหนด C เป็นโหนดเริ่มต้น จากเครือข่ายภาพที่ 26.....	93
33 แสดง ภาพเครือข่ายและข้อมูลที่ป้อนให้ซอฟต์แวร์.....	101
34 แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/IMH จากเครือข่ายภาพที่ 34.....	102
35 แสดง เครือข่ายสื่อสารจริง.....	103

สารบัญญภาพ (ต่อ)

หน้า

36	แสดง เครื่องข่ายสื่อสารจริง.....	104
37	แสดง ภาพเครือข่ายและข้อมูลที่ป้อนให้ซอฟต์แวร์.....	111
38	แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/MC จากเครือข่ายภาพที่ 37.....	112
39	แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/MC จากเครือข่ายภาพที่ 37.....	113
40	แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/MH จากเครือข่ายภาพที่ 37.....	114
41	แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/MH จากเครือข่ายภาพที่ 37.....	115
42	แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/IMH จากเครือข่ายภาพที่ 37.....	116
43	แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/IMH จากเครือข่ายภาพที่ 37.....	117
44	แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/IMH จากเครือข่ายภาพที่ 37.....	118

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและขอบเขตของวิทยานิพนธ์

เครือข่ายสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์โดยทั่วไป มีการต่อเชื่อมโยงสวิตซ์ซึ่งโหนด (Switching Node) ในรูปแบบร่างแห แต่ละสวิตซ์ซึ่งโหนดนั้นมีทั้งที่อยู่ใกล้กันและไกลกันออกไป เส้นเชื่อมต่อ (Link) ระหว่างโหนดอาจมีหลายประเภท และมีความเร็วในการส่งรับข้อมูลที่แตกต่างกันไป เช่น เครือข่ายสื่อสาร (Communication Network) แพคเกจสวิตซ์ซึ่ง (Packet Switching) ที่นิยมใช้กันแพร่หลายกันมากในปัจจุบัน สวิตซ์ซึ่งโหนดภายในเครือข่ายสื่อสารที่มีโครงสร้างดังกล่าวนี้ จะมีส่วนประกอบที่เป็นฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ของระบบจัดการเพื่อการประมวลผลข้อมูลที่รับเข้ามาเพื่อการส่งต่อออกไปยังโหนดข้างเคียงหรือโหนดถัดไป การทำงานหรือหน้าที่ของสวิตซ์ซึ่งโหนดนี้ มีหลายประการขึ้นอยู่กับกติกาสื่อสาร (Communication Protocol) ที่กำหนดเป็นมาตรฐานภายใต้ OSI (Open System Interconnection) [David M. Piscitello 1993:35-45] ซึ่งหน้าที่สำคัญประการหนึ่งของสวิตซ์ซึ่งโหนดภายใต้ OSI ชั้นที่ 3 ที่เรียกว่าเน็ตเวิร์กเลเยอร์ (Network Layer) ใ้แก่ การกำหนดเส้นทางส่งผ่านข้อมูลจากโหนดเริ่มต้น (Source Node) ไปยังโหนดปลายทาง (Destination Node)

เทคโนโลยีของการกำหนดเส้นทางส่งผ่านข้อมูล (Data Transmission Route) นั้น ได้มีการศึกษามากมายที่กำหนดเงื่อนไขเฉพาะด้านใดด้านเดียว เช่น ประหยัดเวลา ประหยัดระยะทาง หรือประหยัดจำนวนเส้นเชื่อมต่อ เป็นต้น

วิทยานิพนธ์นี้ ได้วิจัยและพัฒนาขบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางส่งผ่านข้อมูลภายใต้สภาพแวดล้อมที่แท้จริงของเครือข่ายสื่อสาร เพื่อสนองความต้องการของผู้ใช้ หรือผู้ออกแบบเครือข่าย ไว้เป็น 3 วิธีการ ได้แก่

1) ขบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางส่งผ่านข้อมูลจากโหนดต้นทางถึงโหนดปลายทางที่ประหยัดที่สุดในแง่ของการประหยัดระยะเวลา และค่าใช้จ่าย โดยให้แฟกเตอร์ (Factor) ทั้งสามนี้มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกัน คือ เพิ่มขึ้นเหมือนกัน หรือลดน้อยลงเหมือนกัน เรียกวิธีการนี้ว่า Routing Decision Mechanism with Minimum Cost ย่อเป็น RDM/MC

2) ขบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางส่งผ่านข้อมูลจากโหนดเริ่มต้นจนถึงโหนดปลายทางที่มีจำนวนเส้นเชื่อมต่อหรือฮอป (Hop) บนเส้นทางน้อยที่สุด เรียกขบวนการนี้ว่า Routing Decision Mechanism with Minimum Hops ย่อเป็น RDM/MH

3) ขบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางจากโหนดเริ่มต้นจนถึงโหนดปลายทางที่มีจำนวนเส้นเชื่อมต่อที่น้อยที่สุดให้กับแต่ละช่องทางออกของโหนดเริ่มต้น เรียกขบวนการนี้ว่า Routing Decision Mechanism with Individual Minimum Hops ย่อเป็น RDM/IMH

ทั้งนี้ได้กำหนดรายละเอียดของพื้นฐานของแต่ละขบวนการ ตลอดจนขั้นตอนการทำงานของแต่ละขบวนการ และได้พัฒนาและสร้างเป็นระบบซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ ที่สามารถคำนวณหาผลลัพธ์เมื่อทราบโครงสร้างของเครือข่ายสื่อสาร เช่น จำนวนโหนด ลักษณะการเชื่อมต่อ และค่าแฟกเตอร์ต่าง ๆ โดยแสดงให้เห็นผลลัพธ์ที่ได้ภายใต้การทำงานของแต่ละขบวนการบนจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งผู้ใช้หรือผู้บริหารเครือข่ายสามารถเลือกผลลัพธ์ของเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้เป็นตารางเส้นทาง (Routing Table) การส่งข้อมูลประจำโหนดต่าง ๆ ได้ตามความต้องการ

ขบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ที่เสนอในวิทยานิพนธ์นี้จะนำไปประยุกต์ใช้กับระบบเครือข่ายอื่น ๆ ได้ เช่น การประยุกต์ใช้กับการหาเส้นทางเดินให้กับพนักงานขาย การกำหนดเส้นทางจราจร การกำหนดเส้นทางต่อเครือข่ายสายโทรศัพท์ เป็นต้น

โครงสร้างวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทคัดย่อ และ Abstract

บทที่ 1 กล่าวถึงบทนำ

บทที่ 2 กล่าวถึงความรู้เบื้องต้นของการกำหนดเส้นทางการส่งผ่านข้อมูล

บทที่ 3 กล่าวถึงการกำหนดเส้นทางการส่งผ่านข้อมูลที่ประหยัดที่สุด ว่าทำไมจึงต้องทำการออกแบบ RDM/MC มีพื้นฐานการทำงานอย่างไร รวมถึงการออกแบบโปรแกรมของระบบ

บทที่ 4 กล่าวถึงการกำหนดเส้นทางการส่งผ่านข้อมูลที่ผ่านเส้นเชื่อมต่อน้อยที่สุด ว่าทำไมจึงต้องทำการออกแบบ RDM/MH มีพื้นฐานการทำงานอย่างไร รวมถึงการออกแบบโปรแกรมของระบบ

บทที่ 5 กล่าวถึงการกำหนดเส้นทางการส่งผ่านข้อมูลทุกเส้นทางที่ออกจากโหนด ว่าทำไมจึงต้องทำการออกแบบ RDM/IMH มีพื้นฐานการทำงานอย่างไร รวมถึงการออกแบบโปรแกรมของระบบ

บทที่ 6 กล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองกับเครือข่ายสื่อสารจริง

บทที่ 7 กล่าวถึงการสรุปผลการวิจัย การนำไปประยุกต์ใช้งาน และแนวทางการวิจัยต่อ

บทที่ 2

ความรู้เบื้องต้นของการกำหนดเส้นทางการส่งผ่านข้อมูล

บทนำ

การทำงานของกรส่งผ่านข้อมูลในเครือข่ายสื่อสารข้อมูล เริ่มจากการร้องขอเพื่อการส่งผ่านข้อมูลไปสู่จุดหมายปลายทางจากเครื่องลูกข่าย (Terminal) ระบบบริหารเครือข่าย (Network Management) จะทำการตรวจสอบเส้นทางในการเชื่อมต่อกับเครื่องลูกข่ายปลายทาง ถ้ามีเส้นทางเชื่อมต่อไปถึงปลายทางแต่สถานะของเส้นทางไม่พร้อมที่จะให้ส่งข้อมูลจะต้องทำอะไร จะรอจนสามารถทำการส่งผ่านข้อมูลได้หรือหาเส้นทางส่งผ่านข้อมูลใหม่

ที่กล่าวมานั้นเป็น การทำงานเบื้องต้นของการกำหนดเส้นทางการส่งผ่านข้อมูลที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเครือข่ายสื่อสารข้อมูลได้ นอกเหนือจากองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ประกอบกันเป็นระบบเครือข่ายและวิธีการดำเนินการของระบบบริหารเครือข่าย การคัดเลือกและกำหนดเส้นทางส่งผ่านข้อมูลที่เหมาะสมเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญในระบบบริหารเครือข่ายที่ต้องตัดสินใจโดยอาศัยข้อกำหนดต่าง ๆ ในการคัดเลือกเส้นทางการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการในการคัดเลือกเส้นทางการส่งผ่านข้อมูล เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบหลักการกำหนดเส้นทางที่เหมาะสมในบทต่อไป

หลักการงานของการกำหนดเส้นทางส่งผ่านข้อมูล

การกำหนดเส้นทางการส่งผ่านจะมีหน้าที่หลักอยู่ 2 ประการ ประการแรกคือการคัดเลือกเส้นทางส่งผ่านระหว่างเครือข่ายของเครื่องลูกข่ายฝ่ายส่งกับเครือข่ายของเครื่องลูกข่ายปลายทาง (ฝ่ายรับ) เพื่อทำการส่งข้อมูลไปในเส้นทางส่งผ่านที่ได้รับเลือก ประการที่ 2 เป็นความสัมพันธ์ของโครงสร้างเครือข่ายกับตารางหาเส้นทางที่ได้รับการคัดเลือกให้ส่งผ่านข้อมูลในหน้าที่หลัก ประการแรก ซึ่งโหนดต่าง ๆ ได้ทำการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณหาตารางหาเส้นทางและทำการแลกเปลี่ยนกันระหว่างโหนด เพื่อให้เป็นข้อมูลในการค้นหาเส้นทางต่อไป

กระบวนการค้นหาเส้นทางเพื่อการส่งผ่านข้อมูลสามารถจัดแบ่งออกได้ 2 ประเภทตามการทำงานของส่วนประมวลผลการค้นหาเส้นทาง คือ กระบวนการค้นหาเส้นทางแบบรวมศูนย์ (Centralized) และกระบวนการค้นหาเส้นทางแบบกระจาย (Distributed) สำหรับกระบวนการค้นหาเส้นทางแบบรวมศูนย์จะมีอุปกรณ์กำหนดเส้นทางตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นศูนย์กลาง เพื่อให้โหนดอื่น ๆ ทำการส่งข้อมูลของตนให้แก่โหนดศูนย์กลาง และโหนดศูนย์กลางจะทำการคำนวณตารางหาเส้นทาง และทำการแจกจ่ายตารางเส้นทางที่ได้ให้กับโหนดต่าง ๆ อีกทีหนึ่ง ดังนั้นโหนดที่ทำหน้าที่เป็นโหนดศูนย์กลางต้องมีความเร็วในการประมวลผลสูงมาก และควรจะทำการเชื่อมต่อกับทุกโหนด เพื่อผลในการปรับปรุงข้อมูลและแจกจ่ายตารางได้รวดเร็ว ส่วนกระบวนการค้นหาเส้นทางแบบกระจายโหนดแต่ละโหนดจะทำการคำนวณตารางจากเส้นทางของตนเองโดยอาศัยข้อมูลจากโหนดใกล้เคียงที่ส่งมาให้ เมื่อเครือข่ายที่ขนาดใหญ่ขึ้นทั้งสองกระบวนการสามารถที่จะแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ โดยการทำงานเป็นลำดับขั้นเป็นอิสระจากกันทำให้การทำงานสะดวกและรวดเร็วขึ้น

เส้นทางในการส่งผ่านข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือแบบคงที่ (Static) และแบบปรับเปลี่ยนได้ (Adaptive) แบบคงที่ถึงแม้ว่าเครือข่ายจะมีการเปลี่ยนแปลงไปแต่จากกฎเกณฑ์ของมันเองจะไม่ให้ความสำคัญกับการเปลี่ยนแปลงนั้น และยังคงเส้นทางเดิมเอาไว้ ส่วนแบบปรับเปลี่ยนได้นั้นต่างออกไป มันให้ความสำคัญกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมาก เส้นทางเดินจะได้รับการปรับปรุงจากการทำงานของกระบวนการค้นหาเส้นทางตลอดเวลา โดยระบบจะมีการตรวจสอบโหนดและเส้นเชื่อมต่อกับเครือข่ายเป็นช่วง ๆ เมื่อครบวงจรของเวลาในการตรวจสอบ

ระบบ เพื่อได้ข้อมูลของเครือข่ายที่ทันสมัยตลอดเวลา แม้ว่าจะมีการเพิ่มเข้าหรือเอาออกของ โหนดและเส้นเชื่อมต่อก็สามารถทำการตรวจสอบได้

จากจุดเริ่มต้นของข้อมูลของเครือข่ายที่ไม่มีอะไรเลย (เปรียบเหมือนกระบวนการค้นหาเส้นทางแบบคงที่ซึ่งไม่มีการปรับเปลี่ยนเส้นทางให้เหมาะสมกับเครือข่าย) สามารถทำงานได้ดีในวงจำกัดคือเฉพาะในส่วนที่คนมีข้อมูลอยู่เท่านั้น แต่เมื่อเวลาผ่านไปข้อมูลต่าง ๆ จากโหนดใกล้เคียงที่ได้จากการส่งผ่านข้อมูลต่อ ๆ กันมาในเครือข่าย ทำให้สามารถรู้ถึงข้อมูลของโหนดทุกโหนดภายในเครือข่าย ระบบก็จะสามารถปรับเส้นทางส่งผ่านข้อมูลให้เหมาะสมกับเครือข่าย ซึ่งการกำหนดเส้นทางที่เหมาะสมนั้นมีหลายวิธี เช่น การใช้จำนวนเส้นเชื่อมต่อที่ข้อมูลวิ่งผ่านจากโหนดผู้ส่งถึงโหนดผู้รับ การใช้ค่าใช้จ่ายในการส่งผ่านข้อมูลผ่านของแต่ละเส้นเชื่อมต่อ ความล่าช้าในการส่งผ่านเส้นเชื่อมต่อ (delay time) หรือปริมาณความจุในการส่งผ่านข้อมูลในแต่ละเส้นเชื่อมต่อ (throughput) เป็นต้น

คุณลักษณะสำคัญของกระบวนการค้นหาเส้นทาง

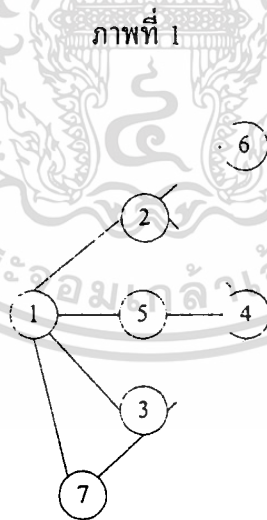
- 1) ความถูกต้อง กระบวนการค้นหาเส้นทางต้องสามารถทำงานได้ถูกต้องแม่นยำ
- 2) การคิดคำนวณไม่ซับซ้อน กระบวนการค้นหาเส้นทางใช้การประมวลผลให้น้อยที่สุดเพื่อให้มีเวลาในการส่งผ่านข้อมูลมาก ๆ
- 3) มีการปรับเปลี่ยนได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของข้อมูล (traffic) และรูปแบบการเชื่อมต่อ (topologies) หรือมีความยืดหยุ่น: กระบวนการค้นหาเส้นทางสามารถกำหนดระดับการไหลของปริมาณข้อมูล และสามารถทำการสับเปลี่ยนเส้นทางเดิน เมื่อโหนดหรือเส้นเชื่อมต่อมีปัญหา หรือไม่ได้รับการตอบรับการขอใช้เส้นทาง
- 4) ความมั่นคง: กระบวนการค้นหาเส้นทางต้องสามารถทำงานได้ หรือกลับสู่สภาวะการทำงานได้รวดเร็วในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงเครือข่าย
- 5) ลำดับความสำคัญ: กระบวนการค้นหาเส้นทางมีการแบ่งลำดับให้กับประเภทการใช้ระบบ เพื่อให้เป็นการกำหนดขอบเขตการใช้งานในแต่ละประเภท
- 6) ความเหมาะสม: กระบวนการค้นหาเส้นทางต้องทำการกำหนดเส้นทางที่เหมาะสมตามความต้องการของการส่งผ่าน เช่น ใช้เวลาน้อย และปริมาณข้อมูลมาก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังไม่มีกระบวนการค้นหาเส้นทางใดที่สามารถทำตามเกณฑ์นี้ได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ เนื่องจากในความเป็นจริงบางอย่างมีความขัดแย้งในตัวของมันเอง ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการกระบวนการค้นหาเส้นทางที่ส่งผ่านข้อมูลได้ความจุสูงสุด (ปริมาณข้อมูลมาก) ในทุกเส้นเชื่อมต่อระหว่างโหนด ในทางกลับกันระบบต้องใช้เวลามากขึ้นในการจัดสรรข้อมูลในการส่งผ่านแต่ละโหนดเพื่อให้ได้ปริมาณสูงสุดในการส่งผ่านในแต่ละเส้นเชื่อมต่อ

ตารางเส้นทาง

แต่ละโหนดจะมีตารางเส้นทางของตนเองเพื่อแสดงถึงเส้นทางเดินในการส่งผ่านข้อมูลไปยังโหนดต่าง ๆ ในเครือข่าย จากภาพที่ 1 และตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างเส้นทางเดินที่ผ่านโหนดน้อยที่สุดจากผู้ส่งถึงจุดหมายปลายทาง ด้วยการกำหนดให้ลำดับความสำคัญแต่โหนดที่มีเลขกำกับน้อยกว่ามีความสำคัญสูงกว่า



แสดง การเชื่อมต่อระบบเครือข่ายข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1

Routing table at node 1						
Destination node	2	3	4	5	6	7
Sent to node	2	3	2	5	2	7

แสดง ตารางเส้นทางของเครือข่ายในภาพที่ 1

ตารางเส้นทางจะแสดงถึงเส้นทางในการส่งผ่านข้อมูลไปยังโหนดปลายทางโดยจะทำการส่งข้อมูลออกจากโหนดผู้ส่งต้นทางที่ระบุในตาราง ตัวอย่างทางส่งผ่านข้อมูลจากโหนด 1 ให้โหนด 4 โหนด 1 จะทำการส่งออกทางเส้นเชื่อมต่อ (1,2) เพื่อให้กับโหนด 2 ก่อนดังที่ระบุไว้ในตารางที่ 1 ให้ส่งออกไปยังโหนด 2 จากนั้นจากโหนด 2 ก็จะผ่านเส้นเชื่อมต่อ (2,4) ไปยังโหนด 4 แต่ถ้าเกิดความไม่สอดคล้องกันของตารางเส้นทางในโหนด 1 กับโหนด 2 อาจเกิดการส่งย้อนไปมาได้ ตัวอย่างคือผลจากตารางของโหนด 1 ระบุว่าการส่งไป 4 ให้ส่งให้กับโหนด 2 ก่อน แต่ตารางของโหนด 2 ระบุว่าการส่งต้องส่งให้กับโหนด 1 ก่อน ทำให้เกิดการส่งย้อนไปมาจนเป็นวงรอบไม่รู้จบ มันเป็นข้อผิดพลาดที่ไม่อาจหลบเลี่ยงได้ เมื่อระบบอยู่ในสภาวะการปรับเปลี่ยนตารางเส้นทางตามกระบวนการที่ตรวจจัดการเปลี่ยนแปลงของเครือข่ายได้

การค้นหาเส้นทางจะลดความยุ่งยากลงหลังจากการสร้างตารางเส้นทางสิ้นสุด โดยในการส่งผ่านข้อมูลสามารถตรวจสอบเส้นทางของการส่งผ่านข้อมูลได้จากตารางเส้นทาง โดยไม่ต้องมีการคิดคำนวณอีก จนกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเครือข่ายมากจนกระบวนการค้นหาเส้นทางเห็นสมควรว่าควรปรับปรุงตารางเส้นทาง เพื่อให้เครือข่ายสื่อสารสามารถทำการส่งผ่านข้อมูลได้

ความเปลี่ยนแปลงของตารางเส้นทางเป็นเรื่องปกติ ไม่ตายตัวแน่นอนอนจากตัวอย่างการแสดงผลการส่งผ่านข้อมูลด้วยชื่อของเส้นเชื่อมต่อหรือชื่อของโหนดเพื่อไปยังโหนดปลายทาง ซึ่งข้อมูลในตารางเส้นทางจะมีการปรับปรุงตัวมันเองอยู่เสมอ จากตัวอย่างกระบวนการค้นหาเส้นทางพื้นฐานโดยยึดหลักมีค่าใช้จ่ายต่ำสุด ในการนำเอาประมาณการค่าใช้จ่ายในการส่งผ่านข้อมูลถึงปลายทางเป็นตัวกำหนดหาเส้นทางที่เหมาะสม เพื่อที่จะได้เส้นทางในการส่งผ่านข้อมูลออกจากโหนด 1 ดังตารางที่ 2 โดยสมมุติให้ค่าใช้จ่ายในแต่ละเส้นเชื่อมต่อเป็น 1 เท่ากันหมดจะได้ค่าใช้จ่ายที่ปรากฏเท่ากับจำนวนเส้นเชื่อมต่อของการเดินทางจากโหนดเริ่มต้นจนถึงโหนดปลายทาง

ตารางที่ 2

Routing table at node 1						
Destination node	2	3	4	5	6	7
Sent to node	2	3	2	5	2	7
Total Cost	1	1	2	1	2	1

ตัวอย่างแสดง ตารางเส้นทางของเครือข่ายในภาพที่ 1 โดยใช้ค่าใช้จ่ายเป็นตัวแปรในการหาเส้นทางให้ตารางเส้นทาง

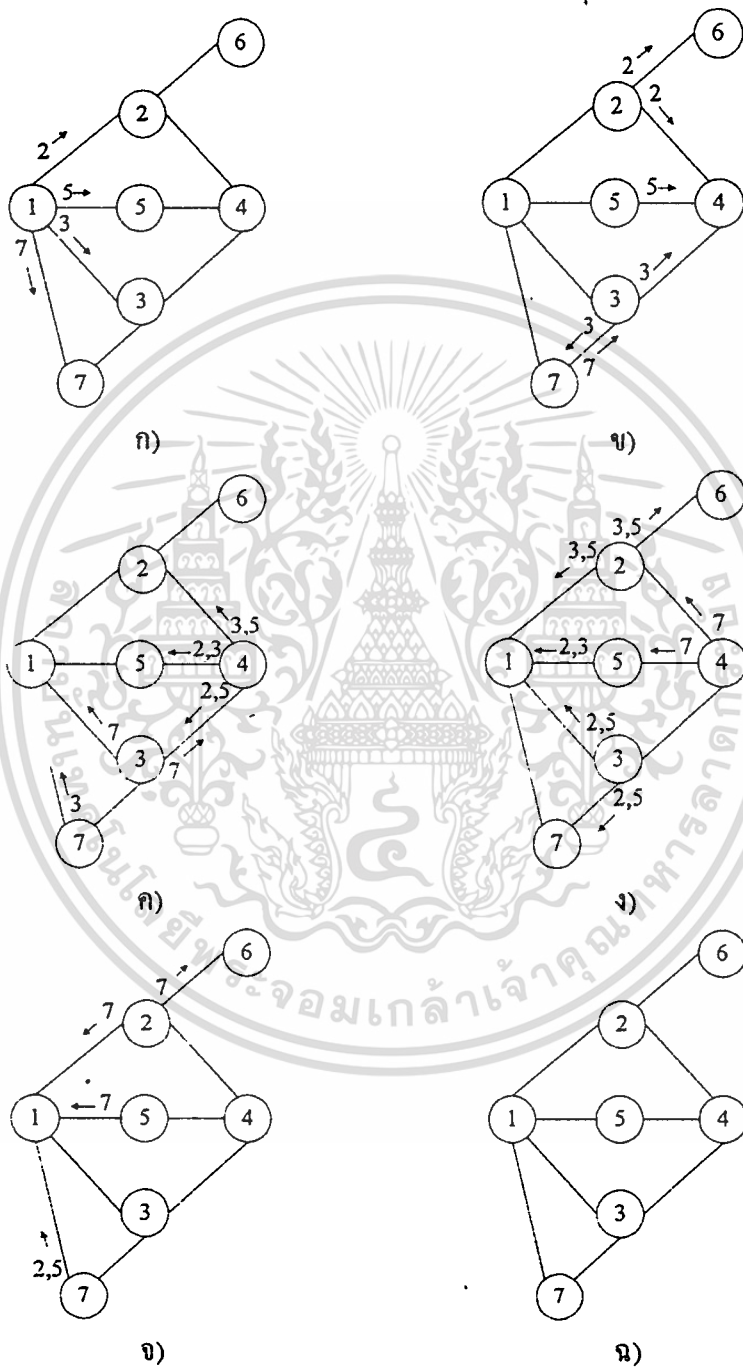
กระบวนการส่งผ่านแบบไม่มีการกำหนดเส้นทางส่งผ่าน (Non-Routing Algorithm)

เป็นกระบวนการค้นหาเส้นทางที่เกิดขึ้นยุคแรกของการสื่อสารข้อมูล โดยอาศัยหลักการความรวดเร็วในการส่งผ่านข้อมูลออกจากโหนดให้เร็วที่สุด เนื่องจากในยุคนี้หน่วยประมวลไม่เร็วเหมือนในปัจจุบันและหน่วยความจำมีราคาสูงมาก กระบวนการที่รู้จักกันมีอยู่ 2 กระบวนการด้วยกันคือ กระบวนการค้นหาเส้นทางแบบสุ่มเส้นทางการส่ง (Random routing) และกระบวนการค้นหาเส้นทางแบบเหน้า (Flooding) [John D. Spragins, 1991:391-393] ซึ่งการทำงานทั้งสองกระบวนการนั้นไม่จำเป็นต้องรู้ถึงโครงสร้างของเครือข่ายสื่อสาร ในการช่วยบอกถึงเส้นทางที่จะทำการส่งข้อมูลออกไปเพื่อให้ถึงโหนดปลายทาง นั้นเป็นการส่งข้อมูลออกไปอย่างไร้ทิศทาง แต่สำหรับกระบวนการเหน้ามีหลักการที่น่าสนใจ ในวิทยานิพนธ์นี้จึงนำมาทำการพัฒนาเป็นขบวนการกำหนดเส้นทางส่งผ่านข้อมูลที่เส้นเชื่อมต่อน้อยที่สุดสำหรับทุก ๆ เส้นทางออกจากโหนด

กระบวนการเหน้า (Flooding Algorithm)

กระบวนการนี้เลียนแบบการทำงานของน้ำที่ตกลงสู่พื้น เมื่อน้ำกระทบพื้นจะไหลออกไปทุกทิศทาง โดยจุดที่น้ำกระทบพื้นก็เปรียบเหมือนโหนดที่ได้รับข้อมูลจากการเหน้าเข้าสู่โหนด จากนั้นโหนดก็จะหาทางระบายออกไป โดยการส่งข้อมูลที่ได้รับออกไปทุกทิศทางที่เชื่อมต่อกับ

ภาพที่ 2



แสดง ลำดับการส่งข้อมูลของอัลกอริทึมแบบเหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหนดข้างเคียงยกเว้นเส้นทางที่เข้ามา ทำให้มีชุดข้อมูลที่เหมือนกันวิ่งอยู่ในเครือข่ายเต็มไปหมด ดังนั้นควรจะมีชุดข้อมูลชุดใดชุดหนึ่งที่ส่งถึงจุดหมายปลายทางได้ แต่จากจุดข้อมูลที่วิ่งอยู่ในเครือข่ายจะทวีคูณขึ้นเรื่อย ๆ จนในที่สุดไม่สามารถส่งผ่านข้อมูลใด ๆ ได้อีกเลย เป็นปัญหาสำคัญที่ต้องแก้ไขการทำงานของกระบวนการที่จะกล่าวต่อไปนี้ ซึ่งทำหน้าที่ลดการส่งข้อมูลซ้ำซ้อนเข้าสู่เครือข่าย

- 1) โหนดรับข้อมูลจากเส้นเชื่อมต่อ
- 2) ทำการตรวจเช็คว่าเป็นข้อมูลของเครือข่ายของคนหรือไม่ ถ้าใช่จบการทำงาน
- 3) ทำการตรวจเช็คข้อมูลว่าเคยถูกส่งออกจากโหนดนี้หรือเปล่า ถ้าใช่จบการทำงาน
- 4) คัดลอกข้อมูลเก็บไว้ใช้ในการเปรียบเทียบ และทำการส่งข้อมูลออกไปทุกทิศทางยกเว้นทางที่ข้อมูลเข้ามา
- 5) จบการทำงาน

จากลำดับขั้นตอนการทำงานที่กล่าวมา จะเห็นว่าหากข้อมูลมีการส่งกลับมายังโหนดที่เคยทำการส่งผ่านข้อมูลไปแล้ว โหนดนั้นสามารถทำการเปรียบเทียบข้อมูลได้ เมื่อตรวจสอบพบว่าข้อมูลนี้เคยทำการส่งผ่านออกจากโหนดนี้แล้วก็จะไม่ทำการส่งผ่านออกไปอีก เพื่อความเข้าใจการทำงานของกระบวนการนี้จะแสดงการทำงานด้วยภาพที่ 2

จากภาพที่ 2 เป็นการส่งข้อมูลออกจากโหนดที่ 1 ซึ่งมีเส้นทางส่งออกมี 4 เส้นทาง โดยจะทำการส่งข้อมูลเดียวกันออกทั้ง 4 เส้นทาง ซึ่งข้อมูลที่ส่งออกในแต่ละเส้นทางจะมีหัวกำกับข้อมูลไม่เหมือนกัน โดยจะใช้เลขที่กำกับโหนดที่จะส่งไปหาในเส้นทางส่งออกไปเป็นตัวกำกับหัวของข้อมูลดังภาพที่ 2.ก) จากนั้นก็จะเข้าสู่กระบวนการการทำงานแบบเหน้า โดยจะดำเนินจากภาพที่ 2.ข) ถึง 2.ค) ข้อมูลที่ทำการส่งออกไปก็จะไม่มีในเครือข่าย เนื่องด้วยระบบการขจัดการส่งข้อมูลซ้ำซ้อนของกระบวนการเหน้า ซึ่งวิธีนี้ได้นำไปสู่กระบวนการค้นหาเส้นทางให้กับเครือข่ายได้

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่ากระบวนการเหน้าไม่จำเป็นต้องใช้ตารางเส้นทางใด ๆ ในการส่งผ่านข้อมูลไปยังจุดหมายปลายทาง แต่กระบวนการนี้ทำให้อัตราการส่งผ่านข้อมูลในเครือข่ายลดลง เนื่องจากมีข้อมูลที่วิ่งอยู่ในเครือข่ายเป็นข้อมูลชุดเดียวกันเป็นจำนวนมาก จึงได้มีการพัฒนาเพื่อให้ปริมาณข้อมูลที่เหมือนกันภายในเครือข่ายลดลง โดยเพิ่มส่วนหัวของข้อมูลที่มีหน้าที่เป็น

ตัวนับว่าให้วิ่งผ่านโหนดต่าง ๆ ได้สูงสุดก็โหนด เช่น ให้มีค่าเป็น 3 ก็จะสามารถวิ่งผ่านโหนดได้จำนวน 3 โหนด โดยเมื่อข้อมูลวิ่งผ่านโหนดหนึ่งโหนดค่าตัวนับก็จะลดลง 1 ดังนั้นเมื่อถึงโหนดที่ 3 ค่าตัวนับที่หัวของข้อมูลจะมีค่าเป็น 0 จึงไม่มีการส่งออกจากโหนดที่ 3 ทำให้ไม่มีการส่งข้อมูลอีก ค่าตัวนับที่นำมาใส่หัวของข้อมูลมาจากโหนดนี้เป็นเหตุให้เกิดตารางในกระบวนการนี้ โดยตารางนี้จะเก็บค่าจำนวนโหนดระหว่างทางจาก โหนดผู้ส่งถึง โหนดปลายทางที่มีค่าสูงสุด แต่ไม่ได้เก็บเส้นทางในการส่งผ่านข้อมูล

ตารางที่ 3

Routing table at node 1						
Destination node	2	3	4	5	6	7
hops	4	3	3	4	5	4

แสดง การเก็บค่าของตารางในกระบวนการหน้า

จากตารางที่ 3 จะสังเกตเห็นว่าค่าการส่งผ่านโหนดต่าง ๆ มากที่สุด คือส่งไปที่โหนด 6 มีค่าเท่ากับการส่งผ่านโดยใช้กระบวนการหน้าแบบปกติ นอกนั้นแล้วจะมีค่าการส่งผ่านโหนดต่าง ๆ มากที่สุดจะน้อยกว่าของกระบวนการหน้าแบบปกติ เป็นการแสดงให้เห็นว่าการใช้ตัวนับใส่ที่ส่วนหัวของข้อมูลที่จะทำการส่งผ่านช่วยให้ลดการส่งผ่านข้อมูลของกระบวนการหน้าลงโดยหลักการทำงานเหมือนเดิม

กระบวนการหน้าเป็นกระบวนการที่คงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของเครือข่ายมากที่สุดและมีความแน่นอนในการส่งผ่านข้อมูลถึงจุดหมายปลายทางมากที่สุด จนเป็นที่ยอมรับในระบบเครือข่ายในราชการทหารทั่วโลก เนื่องจากการจะตัดการติดต่อได้นั้นต้องตัดเส้นเชื่อมต่อทุกเส้นที่วิ่งเข้าหาโหนดที่ต้องการตัดการติดต่อ หรือทำลายโหนดนั้นให้ได้เท่านั้น ทรานโคที่ยังคงมีเส้นทางเหลือแม้เพียง 1 เส้นทางก็สามารถติดต่อกันได้โดยไม่เสียเวลาในการปรับแต่งระบบเพื่อหาเส้นทางในการส่งผ่านข้อมูล แต่เครือข่ายจะมีปริมาณการส่งผ่านข้อมูลในหนึ่งหน่วยเวลาได้น้อยเนื่องจากข้อมูลที่วิ่งอยู่ในเครือข่ายนั้นเป็นข้อมูลเดียวกันเป็นส่วนมากดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

กระบวนการส่งผ่านแบบมีการกำหนดเส้นทาง

(Transit Routing Algorithm)

เป็นการกล่าวถึงกระบวนการค้นหาเส้นทางในการส่งผ่านข้อมูลจากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง ว่าจะต้องส่งออกไปทางใดข้อมูลจะเดินทางไปเส้นทางใดผ่านโหนดใดบ้าง ข้อมูลต่าง ๆ ในการส่งผ่านข้อมูลจะถูกกำหนดไว้ในตารางเส้นทาง เหมือนกับว่าต้องการขับไประของ จะต้องจะไปทางใดจึงสะดวก ผ่านที่ใดบ้างเพื่อที่ได้ได้แะทำธุระระหว่างทางได้ ข้อมูลเหล่านี้สามารถหาได้จากแผนที่ ซึ่งเปรียบเสมือนกับตารางเส้นทางนั่นเอง ข้อแตกต่างระหว่างแผนที่กับตารางเส้นทางคือ แผนที่ระบุเส้นทางทุกเส้นที่มีอยู่จริง ส่วนตารางเส้นทางจะเก็บไว้เฉพาะเส้นทางที่ได้รับการเลือกสรรแล้วจากกระบวนการ ซึ่งจะขึ้นกับผู้บริหารเครือข่ายต้องการลักษณะของเส้นทางที่ส่งผ่านเป็นเช่นไร บ้างก็ชอบให้ค่าใช้จ่ายในการส่งผ่านน้อย บ้างก็ชอบให้เส้นทางที่เลือกใช้ผ่านโหนดอื่น ๆ น้อย เป็นต้น เมื่อกระบวนการทำการหาเส้นทางที่ต้องการได้แล้วจึงบันทึกลงในตารางเส้นทาง และจะคงอยู่อย่างนั้นจนกว่ากระบวนการเห็นสมควรว่าควรทำการหาเส้นทางใหม่ มิฉะนั้นเครือข่ายอาจเข้าสู่ภาวะไม่สามารถส่งผ่านข้อมูลได้ หรือมีบ้างโหนดไม่สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายผ่านเส้นทางที่ระบุในตารางเส้นทางได้

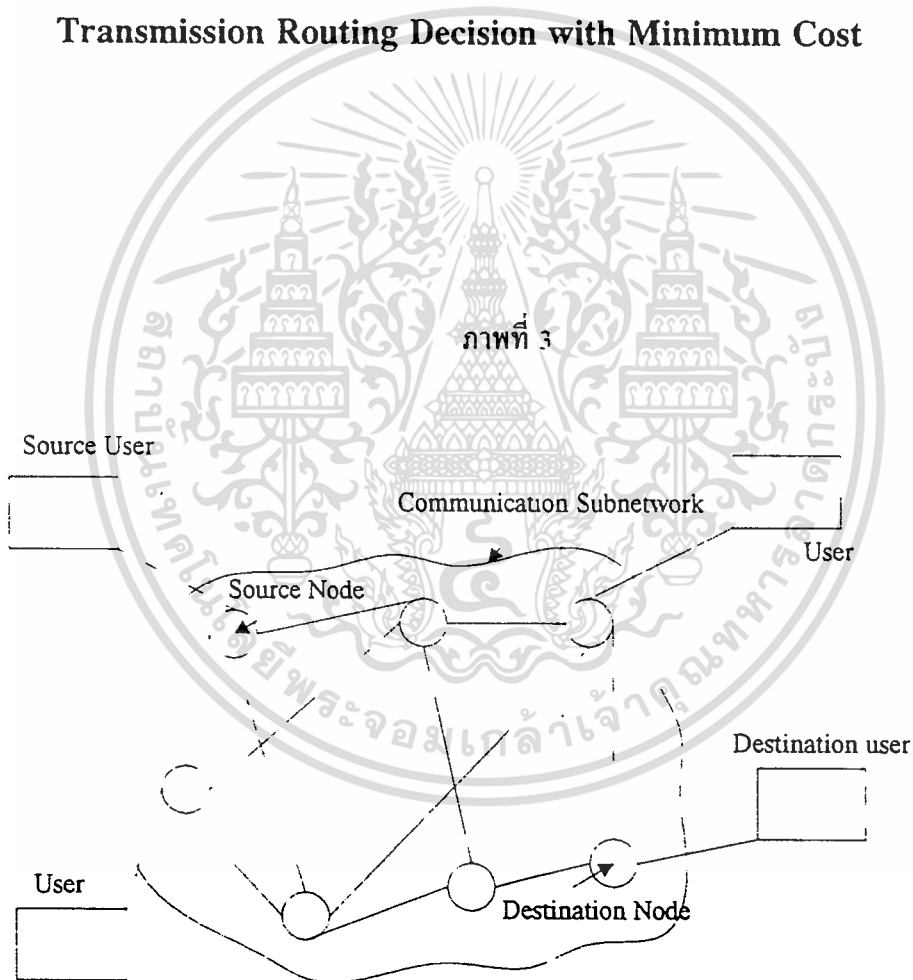
สำหรับกระบวนการค้นหาเส้นทางที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ ทุกกระบวนการมีตารางเส้นทางที่บ่งบอกถึงการเดินทางไปยังโหนดต่าง ๆ ด้วยขบวนการพิจารณาที่แตกต่างกันไป ทำให้ตารางเส้นทางที่เกิดขึ้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีหลายแบบตามจุดประสงค์ของแต่ละขบวนการกำหนดเส้นทางส่งผ่านข้อมูล ดังจะแสดงในบทต่อ ๆ ไป

บทที่ 3

การกำหนดเส้นทางส่งข้อมูลที่ประหยัดที่สุด

Transmission Routing Decision with Minimum Cost

บทนำ



ตัวอย่าง เครื่องข่ายสื่อสารข้อมูล

ในการส่ง (sending) ข้อมูลจากจุดเริ่มต้นหรือผู้ส่ง (Source User) ไปยังจุดปลายทางหรือผู้รับ (Destination User) ผ่านจุดหรือโหนดต่าง ๆ ภายในเครือข่ายสื่อสารนั้นจะมีได้หลายเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการเชื่อมต่อของโหนดต่าง ๆ เป็นเครือข่าย ดังนั้นเมื่อข้อมูลถูกส่งจากจุดเริ่มต้นหรือผู้ส่งเข้าสู่โหนดเริ่มต้นจะถูกส่งผ่านต่อไปยังโหนดตัวเคียงทีละโหนดจนกระทั่งถึงโหนดปลายทางเพื่อนำส่งต่อให้ผู้รับได้นั้น จำเป็นจะต้องมีการตัดสินใจ (Decision) เลือกช่องส่งสัญญาณออก (Output Channel) ที่โหนดเริ่มต้น และที่โหนดข้างเคียงทีละโหนดจนถึงโหนดปลายทาง นั่นคือจะต้องมีการตัดสินใจกำหนดเส้นทางส่งผ่านข้อมูลจากโหนดเริ่มต้นไปยังโหนดปลายทาง สิ่งนี้เป็นกิจกรรมหนึ่งที่จะมีขึ้นภายใต้กติกาสื่อสารมาตรฐาน OSI ในเลเยอร์ที่ 3 ที่มีข้อกำหนดมากมายเพื่อจุดประสงค์ให้ข้อมูลจากผู้ส่งถึงผู้รับโดยสมบูรณ์ปลอดภัย ปัญหาจึงอยู่ที่ว่าจะกำหนดเส้นทางอย่างไรจึงจะเหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 4

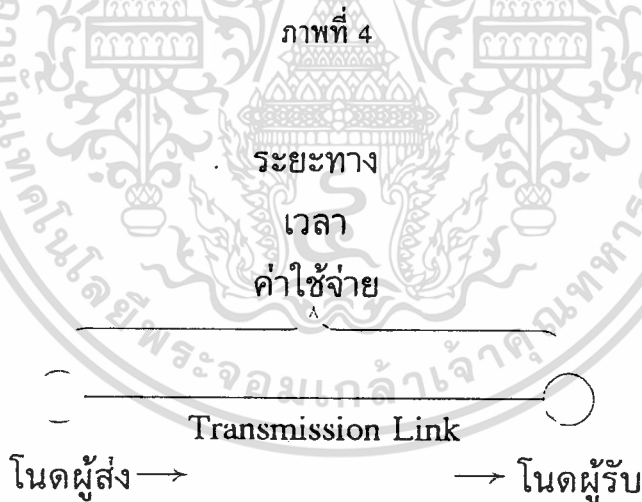
ระดับ	หน้าที่หลักของข้อกำหนดในแต่ละระดับ	
7	Application	ผู้ใช้งาน และ โปรแกรมประยุกต์
6	Presentation	การคัดเลือกและปรับเปลี่ยนตามกฎโครงสร้างของระบบ
5	Session	การแลกเปลี่ยนการทำงานของระบบบริหารเครือข่าย เพื่อให้ระบบสามารถทำงานร่วมกันได้
4	Transport	การถ่ายโอนข้อมูลที่สามารถเชื่อถือได้
3	Network	การคัดเลือกและสับเปลี่ยนเส้นทาง
2	Datalink	การจัดการข้อมูล การตรวจเช็คความผิดพลาด และการควบคุม
1	Physical	การเข้าและถอดรหัส และการรับส่ง

แสดง การทำงานในระดับต่าง ๆ ของมาตรฐาน OSI

จากการศึกษาวิจัยถึงความต้องการพื้นฐานของผู้ใช้ (User Requirement) และจากโครงสร้างทางกายภาพ (Physical Configuration) ของเครือข่ายสื่อสารพบว่า นอกเหนือจากความสมบูรณ์ปลอดภัยของข้อมูลที่ส่งแล้ว ผู้ใช้ต้องการให้ข้อมูลของตนเองถึงผู้รับโดยใช้เวลาน้อยที่สุด ใช้ระยะทางสั้นที่สุด และเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

วิทยานิพนธ์ในบทที่ 3 นี้เสนอขบวนการการตัดสินใจเลือกเส้นทางดังกล่าวข้างต้น เรียกว่า “ขบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางที่ประหยัดที่สุด” (Routing Decision Mechanism with Minimum Cost; RDM/MC) โดยใช้พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับเวลา ระยะทาง และค่าใช้จ่าย ในการส่งข้อมูลจากผู้ส่งไปยังผู้รับ เป็นแฟลคเตอร์ในการตัดสินใจ พร้อมทั้งได้พัฒนาเป็นซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ที่แสดงผลให้เห็นบนจอมอนิเตอร์ เมื่อทราบโครงสร้าง (Topology) ของเครือข่ายสื่อสาร และเวลา ระยะทาง ค่าใช้จ่ายระหว่างโหนดต่างๆ ระบบซอฟต์แวร์ภายใต้ขบวนการตัดสินใจของงานวิจัยนี้ จะทำการกำหนดเส้นทางส่งข้อมูลที่เหมาะสมซึ่งประหยัดที่สุดในแง่ของ การใช้เวลาน้อยที่สุด ใช้ระยะทางน้อยที่สุดและเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

นิยามของระยะทาง เวลา ค่าใช้จ่าย



แสดง ความสัมพันธ์ของระยะทาง เวลา และค่าใช้จ่ายระหว่างคู่โหนดข้างเคียง

จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นถึงพารามิเตอร์ทั้งสาม ได้แก่ ระยะทาง เวลา และค่าใช้จ่าย ที่เกิดขึ้นระหว่างโหนดที่เชื่อมต่อกันด้วยตัวนำสัญญาณ (Transmission Media เรียกว่า Transmission Links)

1. ระยะทาง (Distance)

งานวิจัยนี้กำหนดให้ระยะทางระหว่างโหนดคู่ใดๆ คือความห่างระหว่างโหนดทั้งสองทางกายภาพ

กำหนดให้ L_{ij} = ระยะทางระหว่างโหนด i และ j (หน่วยเมตร)
 โดยที่ $L_{ij} = L_{ji}$ สำหรับทุกคู่โหนด i และ j (3.1)
 และ $L_{ij} = 0$ เมื่อ $i = j$ (i และ j เป็นโหนดเดียวกัน) (3.2)

ถ้ากำหนดให้ n เป็นจำนวน Transmission Link ทั้งหมดภายในเครือข่ายสื่อสาร ดังนั้น

จำนวนความยาวรวมของ Transmission Link ระหว่างโหนดทั้งหมดภายในเครือข่ายสื่อสารเท่ากับ $\frac{\sum_{i,j \in n} L_{ij}}{2}$

งานวิจัยนี้จะใช้ค่าระยะทางบรรทัดฐาน (Normalized Distance) ระหว่างคู่โหนด i และ j เป็นแฟคเตอร์ในการตัดสินใจดังนี้

เมื่อให้ l_{ij} เป็นค่าระยะทางบรรทัดฐานระหว่างโหนด i และ j ที่อยู่ข้างเคียงกัน จากจากนิยามของระยะทาง

$$l_{ij} = \frac{2L_{ij}}{\sum_{i,j \in n} L_{ij}} \tag{3.3}$$

l_{ij} จะมีค่าน้อยกว่า หรือ เท่ากับ 1 (จะเท่ากับ 1 ในกรณี $n = 1$)

2. เวลา (Time)

งานวิจัยนี้กำหนดให้เวลาในการส่งข้อมูลจากโหนดใดๆ ไปยังโหนดข้างเคียง (Delay Time) ประกอบด้วยเวลาที่สูญเสียไปในการประมวลผล (Processing Time) ข้อมูลที่โหนดผู้ส่ง รวมกับเวลาของการนำพาสัญญาณข้อมูล (Propagation Time) ของตัวนำสัญญาณจากโหนดผู้ส่งไปยังโหนดผู้รับ

กำหนดให้

T_{ij} = เวลาที่ต้องสูญเสียไปในการส่งข้อมูลจากโหนด i ไปโหนดข้างเคียง j (หน่วยวินาที)

t_i = ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ข้อมูลถูกจัดเก็บไว้ภายในโหนด i ก่อนถูกส่งออกไป (หน่วยวินาที)

m = ความยาวเฉลี่ยของ 1 หน่วยข้อมูล (หน่วยบิต)

s_i = ความเร็วของการส่งข้อมูลของโหนด i (หน่วยวินาที)

p_{ij} = เวลาของการนำพาสัญญาณข้อมูลจากโหนด i ไปโหนดข้างเคียง j (หน่วยวินาที)

โดยทั่วไปแล้ว p_{ij} แปรตามความยาวและชนิดของวัตถุติบของตัวนำสัญญาณระหว่างโหนด i และโหนด j ดังนั้นในทางกายภาพแล้วจะได้

$$p_{ij} = p_{ji} \quad \text{สำหรับทุกคู่โหนด } i \text{ และ } j \quad (3.4)$$

จากนิยามข้างต้น ได้ความสัมพันธ์ว่า

$$\text{ค่าเฉลี่ยเวลาที่สูญเสียไปในการประมวลผลข้อมูลที่โหนด } i = t_i + \frac{m}{s_i} \quad \text{โดยที่ } \frac{m}{s_i}$$

เป็นเวลาในการส่งข้อมูลยาว m บิตออกจากโหนด i

ดังนั้น

$$T_{ij} = t_i + \frac{m}{s_i} + p_{ij} \quad ; i \neq j \quad (3.5)$$

โดยปกติแล้ว ปริมาณข้อมูลที่ผ่านเข้ามาภายในโหนดต่างๆของเครือข่ายสื่อสาร นั้น จะมีจำนวนมากน้อยไม่เท่ากัน และความเร็วของการส่งข้อมูลของโหนดใด ๆ อาจจะ ต่างกันหรือเท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์จัดการของโหนดนั้นๆ ดังนั้น

$$T_{ij} \neq T_{ji} \quad \text{สำหรับทุกคู่โหนด } i \text{ และ } j \quad (3.6)$$

เมื่อ n เป็นจำนวน link ทั้งหมดภายในเครือข่ายสื่อสาร และจากนิยาม T_{ij} จะได้

$$\text{ผลรวมของค่า delay time ทั้งหมดในเครือข่าย} = \sum_{\substack{i,j \in n \\ (i \neq j)}} T_{ij} \quad (3.7)$$

ดังนั้น เมื่อให้ t_{ij} เป็นค่าบรรทัดฐานของเวลาที่สูญเสีย (Normalized Delay Time) ในการส่งข้อมูลจากโหนด i ไปโหนดข้างเคียง j จะได้

$$t_{ij} = \frac{T_{ij}}{\sum_{\substack{i,j \in n \\ (i \neq j)}} T_{ij}} \quad (3.8)$$

3. ค่าใช้จ่าย (Expense)

งานวิจัยนี้กำหนดให้ค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปกับการส่งข้อมูลจากโหนดผู้ส่งไปยัง โหนดข้างเคียงประกอบด้วย ค่าเช่าคู่สายระหว่างค่าบริการและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ

กำหนดให้ E_{ij} = ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่จะต้องสูญเสียไปในการส่งข้อมูลจาก โหนด i ไปโหนดข้างเคียง j

$$\text{โดยที่} \quad E_{ij} = E_{ji} \quad \text{สำหรับทุกคู่โหนด } i \text{ และ } j \quad (3.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{โดยที่ } E_{ij} = 0 \quad \text{เมื่อ } i = j \quad (3.10)$$

จากนิยามของค่าใช้จ่ายและทำนองเดียวกับกรณีของระยะทางจะได้

$$\text{ผลรวมของค่าใช้จ่ายเฉลี่ยทั้งหมดในภายในเครือข่าย} = \frac{\sum_{i,j \in n} E_{ij}}{2} \quad (3.11)$$

ดังนั้น เมื่อให้ e_{ij} เป็นค่าใช้จ่ายบรรทัดฐาน (Normalize Expense) ที่จะต้องสูญเสียไปจากการส่งข้อมูลจากโหนด i ไปยังโหนดข้างเคียง j

$$e_{ij} = \frac{2E_{ij}}{\sum_{i,j \in n} E_{ij}} \quad (3.12)$$

จากนิยามของระยะทาง เวลา และค่าใช้จ่ายดังกล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้กำหนดแฟกเตอร์ของการตัดสินใจเลือกเส้นทางส่งข้อมูลที่ประหยัดที่สุดในรูปของ “ลิงค์คอสต์” (Link Cost) ระหว่างคู่โหนดใด ๆ

กำหนดให้ C_{ij} = ลิงค์คอสต์ของการส่งข้อมูลจากโหนด i ไปโหนดข้างเคียง j

ดังนั้น ค่าบรรทัดฐานของลิงค์คอสต์ (Normalized Link Cost) จะเป็น

$$C_{ij} = l_{ij} + t_{ij} + e_{ij} \quad \text{สำหรับทุกคู่โหนด } i \text{ และ } j \quad (3.13)$$

และจาก (3.6) เนื่องจาก $T_{ij} \neq T_{ji}$ ดังนั้นโดยปกติแล้ว

$$C_{ij} \neq C_{ji} \quad \text{สำหรับทุกคู่โหนด } i \text{ และ } j \quad (3.14)$$

ขบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางที่ประหยัดที่สุด (RDM/MC)

ตามที่กล่าวมาในหัวข้อที่ 3.1 และ 3.2 จุดประสงค์ของงานวิจัยในบทนี้ คือ การเสนอขบวนการหรือกระบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางส่งข้อมูลภายในเครือข่ายสื่อสารที่ประหยัดที่สุดในแง่ของการประหยัดเวลา ประหยัดค่าใช้จ่าย และประหยัดระยะทาง กล่าวในทางตรงกันข้ามคือการกำหนดเส้นทางส่งข้อมูลจากโหนดเริ่มต้นไปยังโหนดปลายทางของผู้รับ โดยให้เส้นทางที่ส่งผ่านโหนดต่าง ๆ ระหว่างทางภายในเครือข่ายสื่อสารมีระยะทางสั้นที่สุด ใช้เวลาน้อยที่สุด และใช้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด จากการวิจัยตามสภาพความเป็นจริงของระบบเครือข่ายสื่อสารทั่วไป (ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.2) พบว่าแพ็คเกจทั้ง 3 นี้จะมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน ตามสภาพทางฮาร์ดแวร์และอุปกรณ์เครื่องมือสื่อสารต่าง ๆ ที่ประกอบกันเป็นโหนดภายในเครือข่ายสื่อสาร นั่นคือเมื่อพิจารณาโหนดที่อยู่ข้างเคียงกันไม่ว่าโหนดทั้ง 2 นั้นจะถูกเชื่อมต่อกันด้วย (Transmission Media) แบบใดก็ตาม (จะเป็น Coaxial Cable, Twisted Pair, Fiber Optics, Radio Link หรือ Satellite Link) ความสัมพันธ์ของแพ็คเกจทั้ง 3 จะเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกันตามลำดับดังนี้ คือ เมื่อ i และ j เป็นโหนดอยู่ข้างเคียงกัน

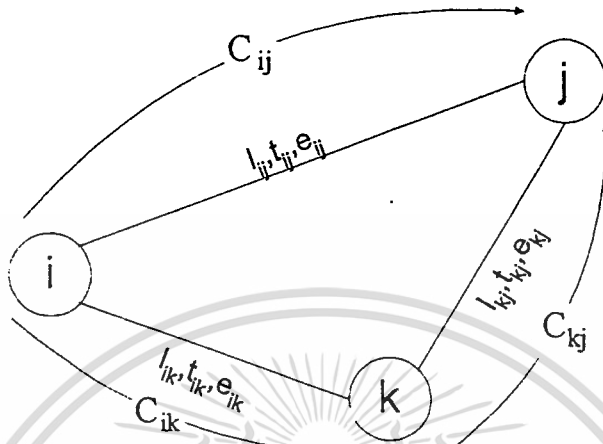
ระยะทางระหว่างโหนด i และ โหนด j เพิ่มขึ้น
 \Downarrow
 เวลาในการนำสัญญาณจากโหนด i ไปโหนด j จะเพิ่มขึ้น
 \Downarrow
 และ ทำให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการส่ง 1 หน่วยข้อมูลสูงขึ้น

นั่นคือ พิจารณาจากค่าบรรทัดฐานได้ความสัมพันธ์ว่า

เมื่อ l_{ij} เพิ่มขึ้น \Rightarrow t_{ij} จะเพิ่มขึ้น \Rightarrow และ e_{ij} เพิ่มขึ้นด้วย

เมื่อให้ k เป็นชื่อโหนดที่อยู่ข้างเคียงโหนด i (เช่นเดียวกับโหนด j) และโหนด i เป็นโหนดผู้ส่งข้อมูล ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 5

ภาพที่ 5



แสดง ค่าความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของค่าลึงค์คอสต์

ถ้าพบว่า $l_{ij} > l_{ik}$ สำหรับทุกคู่ (i, j) และ (i, k)
 จะทำให้หรือได้ $t_{ij} > t_{ik}$
 และ $e_{ij} > e_{ik}$

นั่นคือ เมื่อลึงค์คอสต์

$$C_{ij} = l_{ij} + t_{ij} + e_{ij}$$

และ

$$C_{ik} = l_{ik} + t_{ik} + e_{ik}$$

จากตัวอย่างข้างต้นจะคำนวณได้

$$C_{ij} > C_{ik}$$

แต่ในการพิจารณาเลือกเส้นทางตั้งแต่จุดเริ่มต้นของผู้ส่งข้อมูลไปยังจุดหมายปลายทางของผู้รับข้อมูลนั้น จะต้องพิจารณาผลรวมของลึงค์คอสต์ทุกเส้นทางที่ข้อมูลผ่านไปได้ แล้วหาผลรวมของลึงค์คอสต์ที่น้อยที่สุด ที่จะเป็นผลของการกำหนดเส้นทางส่งข้อมูลที่เหมาะสมที่สุดนั่นเอง

เช่นตัวอย่างในภาพที่ 5 ภายได้ขบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางของงานวิจัยนี้ เมื่อต้องการส่งข้อมูลจากโหนด i ไปโหนด j ถ้าตรวจสอบพบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_{ij} < C_{ik} + C_{kj} \quad (3.15)$$

ระบบก็จะตัดสินใจเลือกเส้นทางส่งข้อมูลจากโหนด i โดยตรงไปที่โหนด j แทนที่จะเลือกส่งข้อมูลออกจากโหนด i ไปโหนด k ต่อจากโหนด k ไปโหนด j

งานวิจัยนี้ได้มุ่งประเด็นไปที่การสร้างตารางเส้นทางให้กับทุกโหนดภายในเครือข่ายสื่อสาร เพื่อให้โหนดต่าง ๆ ได้ทราบว่า เมื่อได้รับข้อมูลที่ส่งมาจากโหนดข้างเคียงแล้วควรจะส่งผ่านต่อออกไปทางช่องสัญญาณใด (Output Channel ไหน) ตามจุดหมายปลายทาง (Destination Address) ที่ตรวจพบในข้อมูลนั้น ๆ

ตารางเส้นทางดังกล่าวนี้ สร้างขึ้นภายใต้วิธีการ RDM/MC ให้กับทุกโหนดด้วยการกำหนดให้แต่ละโหนดเป็นโหนดเริ่มต้นหรือผู้ส่ง และโหนดอื่น ๆ แต่ละโหนดเป็นโหนดปลายทางหรือผู้รับ เมื่อทราบโครงสร้างการเชื่อมต่อระหว่างโหนดต่าง ๆ (Network Topology or Network Configuration) ทั้งหมดภายในเครือข่ายสื่อสาร

ในการเริ่มต้นหาเส้นทางให้กับโหนดใด ๆ ภายใต้ RDM/MC จะกำหนดให้โหนดนั้นเป็นโหนดผู้ส่งและโหนดอื่น ๆ ที่เหลือทั้งหมดเป็นโหนดผู้รับทีละโหนด เมื่อทราบโครงสร้างของเครือข่ายที่แสดงการเชื่อมต่อของโหนดทั้งหมด และลิงค์คอสม์ของแต่ละคู่โหนดภายในเครือข่ายสื่อสาร RDM/MC จะทำการค้นหาเส้นทางให้กับแต่ละโหนดอัตโนมัติ วิทยานิพนธ์นี้ได้วิจัยและพัฒนา RDM/MC โดยอาศัยหลักการของ Bellman-Ford-Moore [Erwin Kreyszig 1993:1117-1120] เป็นพื้นฐานทำการปรับปรุงและเพิ่มเติมความละเอียดของพารามิเตอร์ที่ใช้เป็นข้อตัดสินใจเลือกเส้นทางตามความต้องการของผู้ใช้ และให้สามารถพัฒนาเป็นซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ได้ ดังจะกล่าวต่อไป

1. พื้นฐานของ RDM/MC

เมื่อทราบ (ก) โครงสร้างการเชื่อมต่อของโหนดภายในเครือข่ายสื่อสาร

(ข) ลิงค์คอสม์ของแต่ละคู่โหนดภายในเครือข่ายสื่อสาร

กำหนดให้

m เป็นจำนวนโหนดทั้งหมดในเครือข่ายสื่อสาร
 n เป็นจำนวนลิงค์ทั้งหมดภายในเครือข่ายสื่อสาร
 k เป็นเลขจำนวนเต็มบวกที่ใช้แทนชื่อโหนด
 โดย $k = 1, 2, 3, \dots, m$

i และ j เป็นชื่อโหนดที่อยู่คู่กันหรือข้างเคียงกัน
 โดย $i \in k$, $i = 1, 2, 3, \dots, m$
 $j \in k$, $j = 1, 2, 3, \dots, m$

C_{ij} เป็นค่าลิงค์คอสม์ของการลิงค์ข้อมูลจากโหนด i ไปโหนดข้าง

เคียง j

เริ่มแรก กำหนดให้โหนดใดโหนดหนึ่งเริ่มต้นการส่งข้อมูล และให้โหนดเริ่มต้นนี้มีชื่อกำกับเป็นเลข "1" และเรียกโหนดเริ่มต้นว่าโหนด 1 เสมอ

ให้ D_{ii} เป็นผลรวมของลิงค์คอสม์บนเส้นทางจากโหนดเริ่มต้นผ่านโหนดระหว่างทางต่าง ๆ ไปจนถึงโหนด i โดยไม่มีการย้อนกลับเส้นทางเดิม

ถ้าให้ j เป็นโหนดปลายทางที่จะส่งข้อมูลจากโหนดเริ่มต้นไปให้

กระบวนการพื้นฐานของ RDM/MC คือการค้นหาเส้นทางจากโหนด 1 ไปถึงโหนด j ที่ให้ค่าลิงค์คอสม์น้อยที่สุด

นั่นคือการหา D_{ij} ที่มีค่าน้อยที่สุด สามารถอธิบายได้ด้วยสมการต่อไปนี้

$$\text{ค้นหา } D_{ij} = \min_{\text{all } i} [D_{ii} + C_{ij}] \quad \text{สำหรับ } j \neq 1, i \neq 1, i \neq j \quad (3.16)$$

และ $j = 2, 3, 4, \dots, m$

สมการ (3.16) แสดงการค้นหาเส้นทางจากโหนด 1 ไปยังโหนด j ที่ให้ค่า D_{ij} น้อยที่สุด เริ่มจากการพิจารณาลิงค์คอสม์จากโหนด 1 ไปยังโหนดข้างเคียงทุก ๆ โหนด

และคำนวณรวมค่าลิงค์คอสม์จากโหนดข้างเคียงไปยังโหนดถัดไปที่ละโหนดจนถึงโหนด j โดยการเปลี่ยนค่า $i = 2, 3, 4, \dots, m$ ตามลำดับ และไม่มีการย้อนกลับเส้นทางผ่านลิงค์ที่เคยผ่านมาแล้ว นั่นคือ RDM/MC จะคำนวณหา $(D_{1i} + C_{ij})$ ทั้งหมด แล้วเปรียบเทียบหา $(D_{1i} + C_{ij})$ ที่มีค่าน้อยที่สุด เพื่อเลือกเส้นทางนั้นเป็นผลลัพธ์ของเส้นทางจากโหนด 1 ไปโหนด j ที่ประหยัดที่สุด

ในกรณีที่ได้ D_{1j} ที่มีค่าน้อยที่สุดมากกว่า 1 เส้นทาง RDM/MC จะพิจารณาเลือกเส้นทางที่มีจำนวนลิงค์น้อยที่สุดเป็นผลลัพธ์ ดังนี้

ให้ h เป็นจำนวนเต็มบวกที่แสดงจำนวนลิงค์ (หรือ hops)
 $D_{1i}^{(h)}$ เป็นผลรวมของลิงค์คอสม์บนเส้นทางจากโหนด 1 ไปโหนด i ที่มีจำนวนลิงค์เท่ากับ h โดยที่ $i = 2, 3, 4, \dots, m$

จากภาพ (3.3) เมื่อ j เป็นโหนดปลายทาง และ C_{ij} เป็นลิงค์คอสม์จากโหนด i ไปยังโหนด j ซึ่งห่างกันเพียง 1 ลิงค์ RDM/MC จะค้นหา $D_{1j}^{(h+1)}$ ที่ให้ค่าลิงค์คอสม์น้อยที่สุดพร้อมกับมีจำนวนลิงค์น้อย ดังสมการ (3.16)

$$\text{ค้นหา } D_{1j}^{(h+1)} = \min_{\text{all } i} [D_{1i}^{(h)} + C_{ij}] \quad j = 2, 3, 4, \dots, m \quad (3.17)$$

ในที่นี้ เมื่อเริ่มต้นขบวนการ RDM/MC กำหนดให้

$$D_{11} = D_{11}^{(0)} = 0 \quad (3.18)$$

สมการ (3.18) หมายถึง ที่โหนดเริ่มต้น (เมื่อยังไม่มีการส่งข้อมูล) จำนวนลิงค์ $h=0$ และลิงค์คอสม์ = 0 (ให้ $C_{11} = 0$) และ

$$D_{11}^{(h)} = 0 \quad (3.19)$$

สมการ (3.19) หมายถึง ให้เส้นทางที่เริ่มต้นจากโหนด 1 และย้อนกลับมาที่โหนด 1 มีค่าลึงค์คอสต์เป็น 0 โดยไม่คำนึงถึงค่า h

2. กระบวนการ RDM/MC

ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการ RDM/MC

เริ่มต้น

กำหนดให้ m เป็นจำนวนโหนดทั้งหมดในเครือข่าย
 i เป็นโหนดที่กำลังทำการพิจารณา
 j เป็นโหนดอยู่ข้างเคียงกับโหนดที่กำลังพิจารณา และถือเป็นโหนดปลายทางของการพิจารณาแต่ละครั้ง
 ให้โหนดเริ่มต้นในการหาเส้นทาง คือโหนด 1 นำค่า 1 ไปเก็บไว้ใน Now
 Now เป็นเซตของโหนดที่จะได้รับเลือกให้เป็นโหนดที่จะทำการพิจารณา
 (i) เริ่มการพิจารณา Now = { 1 }
 Next เป็นเซตของโหนดที่ได้ได้รับเลือกให้เป็นโหนดที่จะทำการพิจารณาในครั้งต่อไป
 $D_{11}^{(0)} = 0$ เมื่อเริ่มต้น ไม่มีการส่งข้อมูลออกจำนวนลึงค์ $h = 0$ และลึงค์คอสต์ = 0
 $D_{ij}^{(0)} = \infty$ เมื่อ $j \neq 1$ ที่ค่าเริ่มต้น ไม่มีการส่งข้อมูลออกจำนวนลึงค์ $h = 0$ และสมมุติให้ผลรวมของลึงค์คอสต์จากโหนด 1 ถึงโหนด j เมื่อเริ่มต้นหามีค่าเท่ากับ ∞ (มากที่สุด) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบหาค่าน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบว่า Now เป็นเซตว่างหรือเปล่า ถ้าใช่ ทำขั้นตอนที่ 6

ขั้นตอนที่ 2 ทำการเลือกโหนดที่จะทำการพิจารณาจาก Now ($i \in \text{Now}$)

ขั้นตอนที่ 3 Scan ค่า j เริ่มที่ $j = 1$ แล้วเพิ่มทีละ 1

- ตรวจสอบว่ามีลึงค์ (i, j) หรือตรวจสอบโหนดข้างเคียงโหนด i

- ตรวจสอบว่า $D_{ij}^{(h+1)}$ เก่า $> D_{ii}^{(h)} + C_{ij}$ ($D_{ij}^{(h+1)}$ ใหม่)

- ทำการกำหนดค่าให้ $D_{ij}^{(h+1)} = D_{ii}^{(h)} + C_{ij}$

- ทำการใส่ค่าโหนด j ลงใน Next

ถ้าไม่ ตรวจสอบว่า $D_{ij}^{(h+1)}$ เก่า $= D_{ii}^{(h)} + C_{ij}$ ($D_{ij}^{(h+1)}$ ใหม่)

- ตรวจสอบว่า $(h+1)$ ของ $D_{ij} > h$ ของ D_{ii} บวก 1
หรือไม่

- ทำการกำหนดค่าให้ $D_{ij}^{(h+1)} = D_{ii}^{(h)} + C_{ij}$

- ทำการใส่ค่าโหนด j ลงใน Next

End Scan เมื่อ $j > m$

ขั้นตอนที่ 4

ลบค่า i ออกจาก Now

ขั้นตอนที่ 5

กลับไปทำขั้นตอนที่ 1

ขั้นตอนที่ 6

ตรวจสอบว่า Next เป็นเซตว่างหรือเปล่า ถ้าใช่ หยุดการทำงาน

ขั้นตอนที่ 7

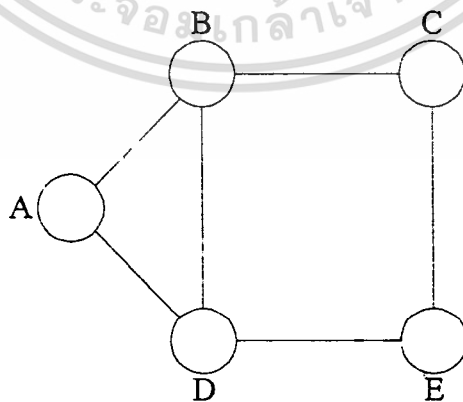
ถ้าไม่ใช่ให้ $Now = Next$ และให้ $Next = \{ \}$

ขั้นตอนที่ 8

ทำขั้นตอนที่ 1

ตัวอย่างแสดงขั้นตอนการทำงานของ RDM/MC

ภาพที่ 6



แสดง ภาพเครือข่ายสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติว่า ภาพที่ 6 เป็นเครือข่ายสื่อสารที่จะทำการกำหนดเส้นทางการส่งข้อมูลที่ประหยัดที่สุด โดยมีโหนดทั้งหมด 5 โหนดชื่อ A,B,C,D และ E นอกจากจำนวนโหนด โครงสร้างการเชื่อมต่อที่ทำให้ทราบจำนวนลิงค์แล้ว เราจะต้องทราบลิงค์คอสม์บนลิงค์แต่ละเส้นด้วย

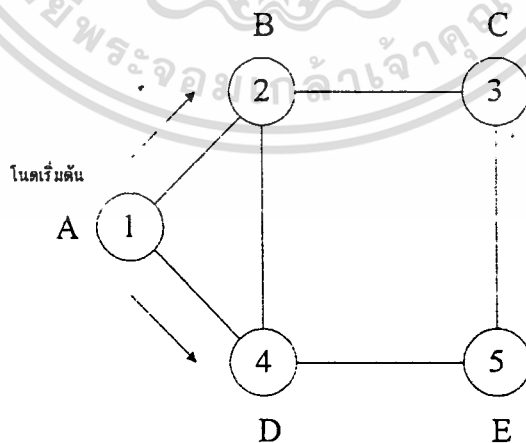
ในตัวอย่างนี้ จำนวนโหนด $m = 5$ โหนด
จำนวนลิงค์ $n = 6$ ลิงค์

และในตัวอย่างนี้จะมีคู่โหนดข้างเคียงกันทั้งหมด 6 คู่ ได้แก่ (A,B),(A,D),(B,D),(B,C), (C,E) และ (D,E) ซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนลิงค์นั่นเอง

ดังที่กล่าวมาในหัวข้อ 3.2 ว่า เมื่อทราบระยะทาง เวลา และค่าใช้จ่ายระหว่างคู่โหนด จะคำนวณหาค่าลิงค์คอสม์ระหว่างคู่โหนดได้ดังสมการ (3.3), (3.8), (3.12) และ (3.13) ในตัวอย่างนี้ ชื่อโหนดระหว่างการใช้งาน RDM/MC คือ k จะมีค่าเป็นเลข 1, 2, 3, 4 และ 5

สมมติว่าเราจะเริ่มต้นหารายการเส้นทางให้กับโหนด A นั่นคือหาเส้นทางจากโหนด A ไปยังโหนดที่เหลือ ได้แก่ โหนด B, โหนด C, โหนด D และ โหนด E (จำนวน 4 เส้นทาง) ที่มีค่าลิงค์คอสม์รวมบนเส้นทางน้อยที่สุด

ภาพที่ 7



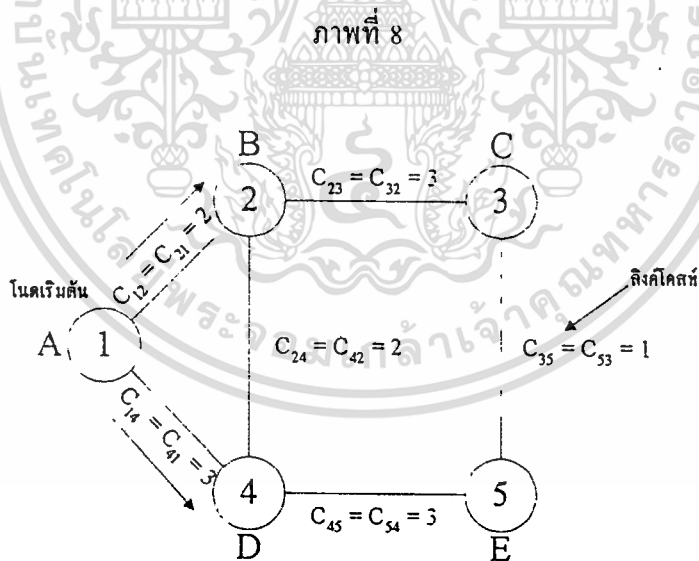
แสดง การหาเส้นทางจากโหนด A

RDM/MC จะกำหนดชื่อตัวเลขแทนชื่อโหนด โดยโหนด A ซึ่งเป็นโหนดเริ่มต้นจะมีหมายเลข “1” และโหนดอื่น ๆ มีหมายเลข 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ (การกำหนดตัวเลขให้กับโหนดอื่นที่ไม่ใช่โหนดเริ่มต้นนั้นจะกำหนดเช่นใดก็ได้) ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 7

จากสมการที่ (3.14) โดยปกติแล้ว $C_{ij} \neq C_{ji}$ ดังนั้นในตัวอย่างนี้ลิ่งค์คอสม์ทั้งหมด 12 ค่าระหว่างคู่โหนด 6 คู่ ที่โดยทั่วไปจะเป็นไปตามสมการ (3.14) คือ

$$\begin{matrix} C_{12} \neq C_{21} & C_{35} \neq C_{53} & C_{14} \neq C_{41} \\ C_{24} \neq C_{42} & C_{23} \neq C_{32} & C_{45} \neq C_{54} \end{matrix}$$

เพื่อการอธิบายให้เห็นสภาพการทำงานของ RDM/MC ในที่นี้จะสมมุติให้ $C_{ij} = C_{ji}$ และจะกำหนดค่าลิ่งค์คอสม์เป็นตัวเลขจำนวนเต็มบวกให้แตกต่างกันไป ดังแสดงเป็นค่าตัวเลขบนลิ่งค์ระหว่างโหนดในภาพที่ 8



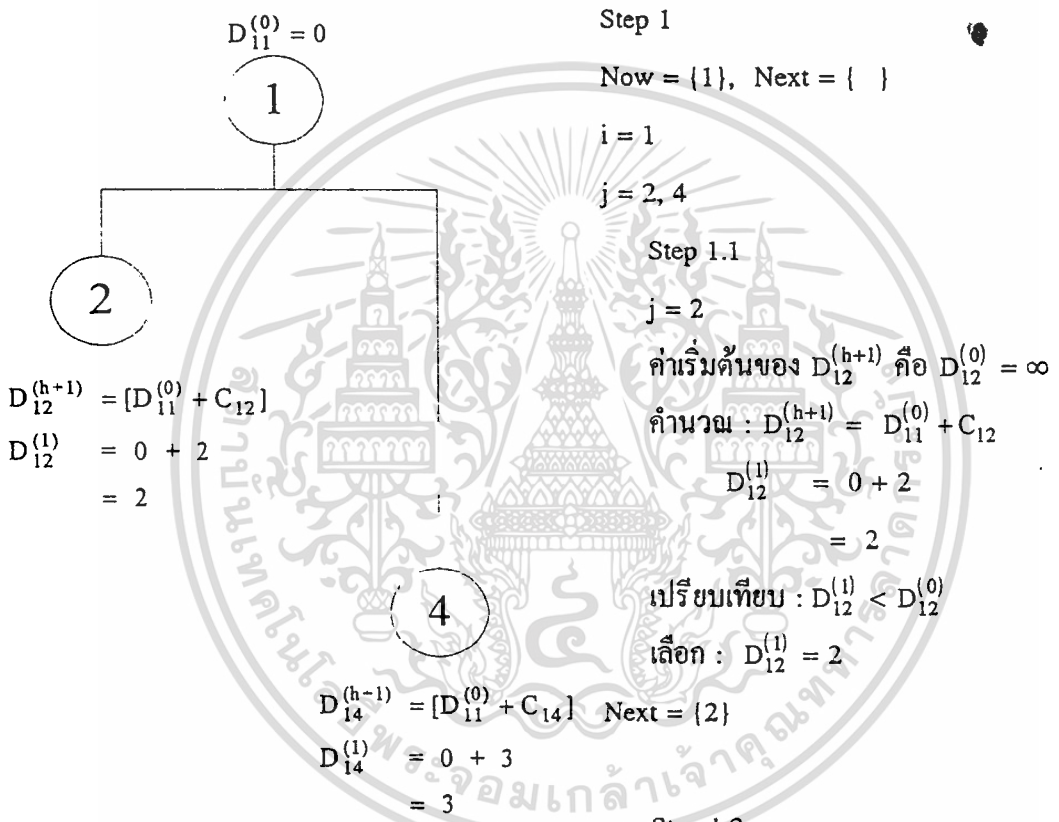
แสดง ค่าลิ่งค์คอสม์ (ที่สมมุติ) บนลิ่งค์ระหว่างคู่โหนด

วิทยานิพนธ์จะใช้โครงสร้างต้นไม้ (Tree Structure) แสดงภาพการค้นหาเส้นทางโดยให้โหนดเริ่มต้นเป็นรากของโหนด (Root Node) ของการค้นหาไปที่ละขั้นตอนดังนี้

กระบวนการ RDM/MC (แสดงการหาเส้นทางส่งข้อมูลที่ประหยัดที่สุดให้โหนด A)

จากภาพที่ 8 Now = { 1 }, Next = { }, $D_{11}^{(0)} = 0$ และ $D_{ij}^{(0)} = \infty$ โดยที่ $j \neq 1$ และ กำหนดให้ค่า $C_{ij} = C_{ji}$

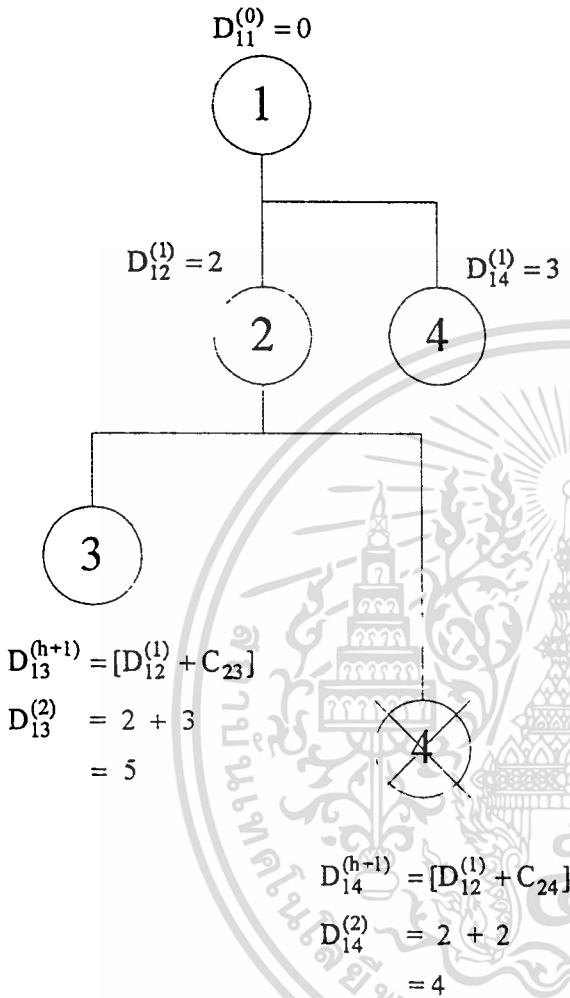
ภาพที่ 9 (ก)



โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 1

Step 1.2
 $j = 4$
ค่าเริ่มต้นของ $D_{14}^{(h+1)}$ คือ $D_{14}^{(0)} = \infty$
คำนวณ : $D_{14}^{(h+1)} = D_{11}^{(0)} + C_{14}$
 $D_{14}^{(1)} = 0 + 3$
 $= 3$
เปรียบเทียบ : $D_{14}^{(1)} < D_{14}^{(0)}$
เลือก : $D_{14}^{(1)} = 3$
Next = { 2, 4 }

ภาพที่ 9 (ข)



Step 2

Now = {2, 4}, Next = { }

Step 2.1

i = 2

j = 3, 4

Step 2.1.1

j = 3

ค่าเริ่มต้นของ $D_{13}^{(h+1)}$ คือ $D_{13}^{(0)} = \infty$

คำนวณ : $D_{13}^{(h+1)} = D_{12}^{(1)} + C_{23}$

$$D_{13}^{(2)} = 2 + 3$$

$$= 5$$

เปรียบเทียบ : $D_{13}^{(2)} < D_{13}^{(0)}$

เลือก : $D_{13}^{(2)} = 5$

Next = {3}

Step 2.1.2

j = 4

ค่าเดิมของ $D_{14}^{(h+1)}$ คือ $D_{14}^{(1)} = 3$

คำนวณ : $D_{14}^{(h+1)} = D_{12}^{(1)} + C_{24}$

$$D_{14}^{(2)} = 2 + 2$$

$$= 4$$

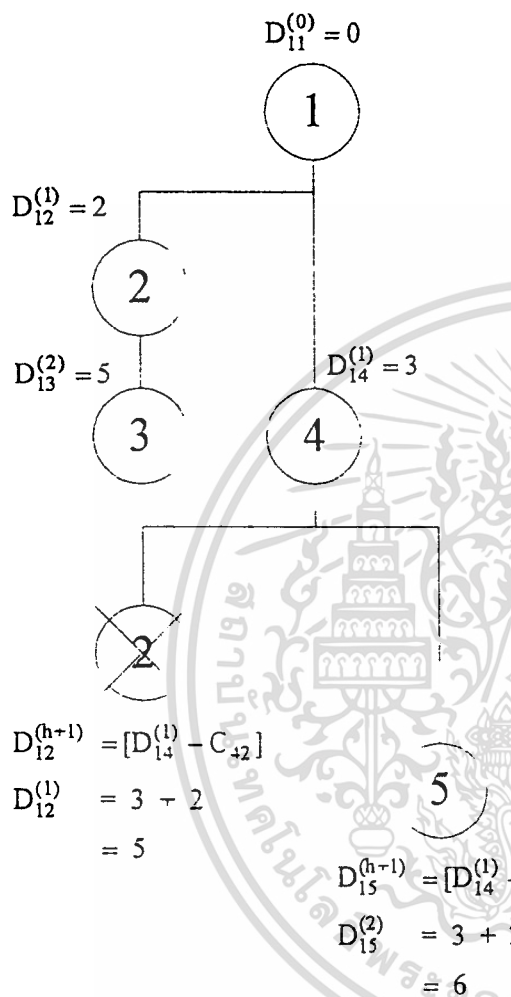
เปรียบเทียบ : $D_{14}^{(2)} < D_{14}^{(1)}$

เลือก : $D_{14}^{(2)} = 4$

Now = {4}, Next = {3}

โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 2.1

ภาพที่ 9 (ค)



โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 2.2

Now = {4}, Next = {3}

Step 2.2

$i = 4$

$j = 2, 5$

Step 2.2.1

$j = 2$

ค่าเดิมของ $D_{12}^{(h+1)}$ ของ $D_{12}^{(1)} = 2$

คำนวณ : $D_{12}^{(h+1)} = D_{14}^{(1)} + C_{42}$

$$D_{12}^{(2)} = 3 + 2 = 5$$

เปรียบเทียบ : $D_{12}^{(1)} < D_{12}^{(2)}$

เลือก : $D_{12}^{(1)} = 2$

Next = {3}

Step 2.2.2

$j = 5$

ค่าเริ่มต้นของ $D_{15}^{(h+1)}$ คือ $D_{15}^{(0)} = \infty$

คำนวณ : $D_{15}^{(h+1)} = D_{14}^{(1)} + C_{45}$

$$D_{15}^{(2)} = 3 + 3 = 6$$

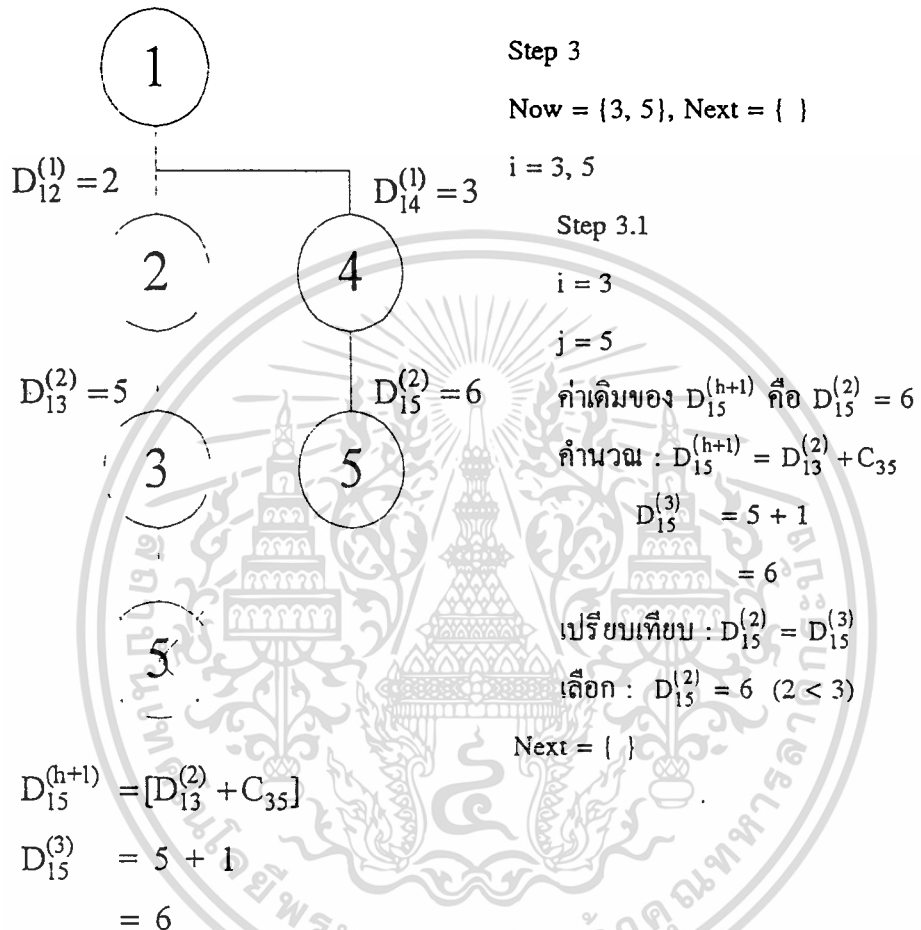
เปรียบเทียบ : $D_{15}^{(2)} < D_{15}^{(0)}$

เลือก : $D_{15}^{(2)} = 6$

Now = { }, Next = {3, 5}

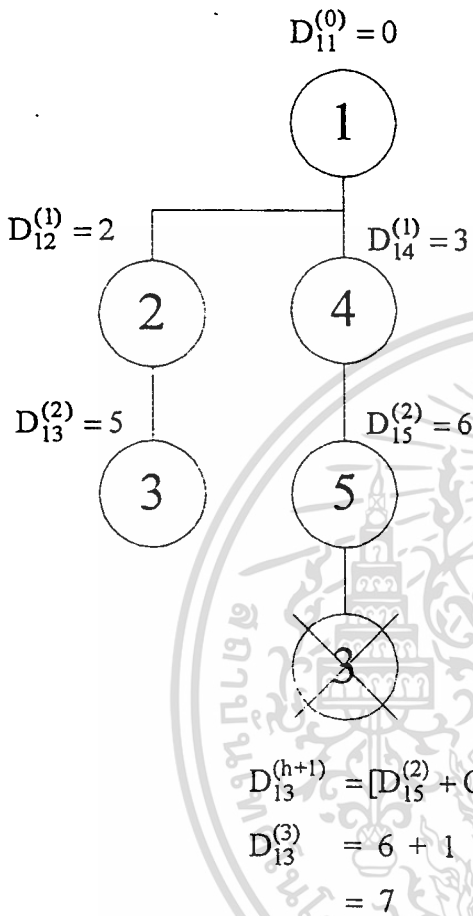
ภาพที่ 9 (ง)

$$D_{ii}^{(0)} = 0$$



โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 3.1

ภาพที่ 9 (จ)



Now = {5}, Next = { }

Step 3.2

i = 5

j = 3

ค่าเดิมของ $D_{13}^{(h+1)}$ คือ $D_{13}^{(2)} = 5$

คำนวณ : $D_{13}^{(h+1)} = D_{15}^{(2)} + C_{53}$

$$D_{13}^{(3)} = 6 + 1$$

$$= 7$$

เปรียบเทียบ : $D_{13}^{(2)} < D_{13}^{(3)}$

เลือก : $D_{13}^{(2)} = 5$

Now = { }, Next = { }

$$D_{13}^{(h+1)} = [D_{15}^{(2)} + C_{53}]$$

$$D_{13}^{(3)} = 6 + 1$$

$$= 7$$

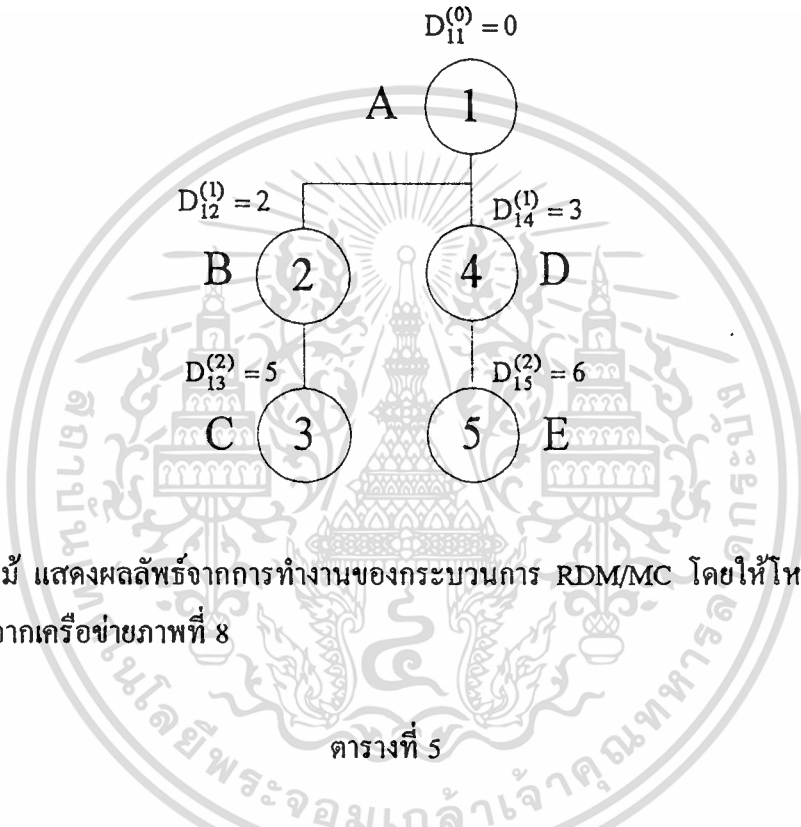
โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 3.2

จบการทำงาน

จากตัวอย่างการค้นหาเส้นทางโดย RDM/MC ให้กับโหนด A จากเครือข่ายสื่อสารที่แสดงในภาพ 8 สามารถแสดงผลลัพธ์ในรูปของโครงสร้างต้นไม้ได้ดังรูปที่ 10 และจากโครงสร้างต้นไม้ สามารถเขียนเส้นทางที่ได้รับการคัดเลือกด้วย RDM/MC ได้ตามตารางที่ 5 ซึ่งจะนำไปสร้าง

ตารางเส้นทางของโหนด A อีกครั้งหนึ่ง โดยรูปแบบของตารางในวิทยานิพนธ์นี้จะเสนอให้มีลักษณะดัง ตารางที่ปรากฏนี้

ภาพที่ 10



โครงสร้างต้นไม้ แสดงผลลัพธ์จากการทำงานของกระบวนการ RDM/MC โดยให้โหนด A เป็นโหนดเริ่มต้น จากเครือข่ายภาพที่ 8

ตารางที่ 5

Routing Table at node A

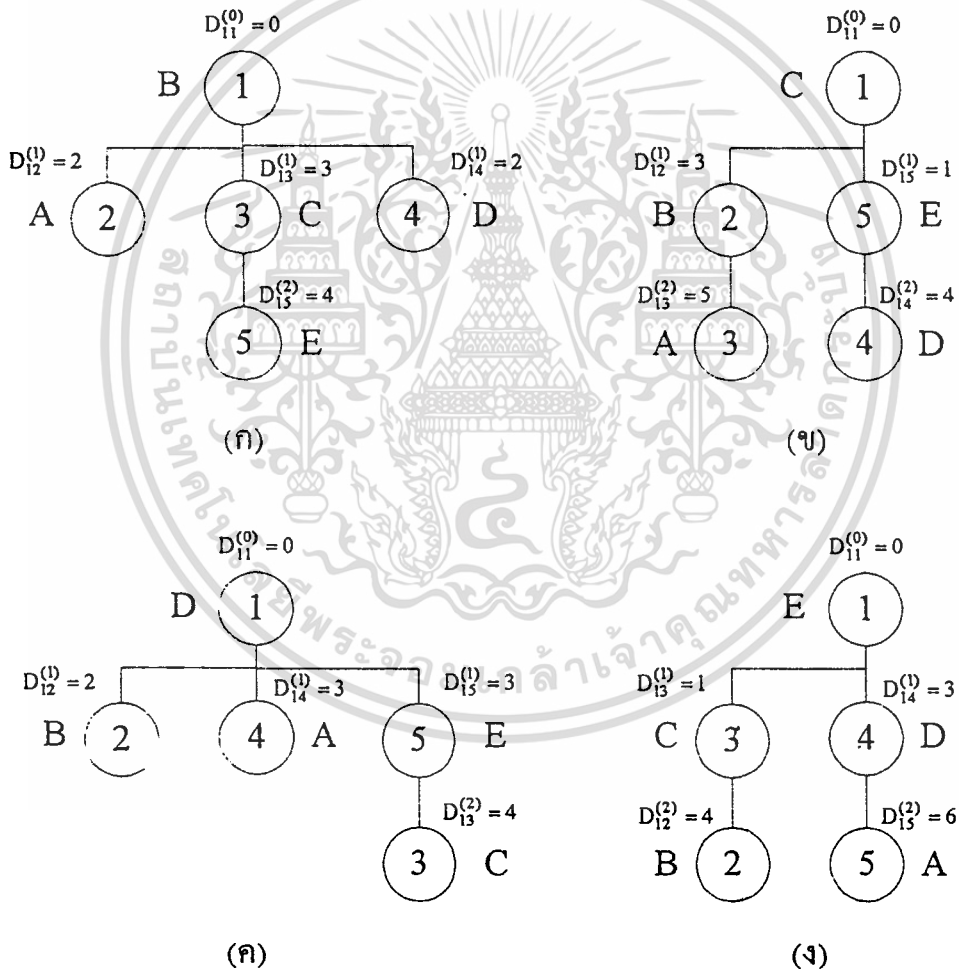
Destination node	Routing	Link Cost	Hops
B	A -> B	2	1
C	A -> B -> C	5	2
D	A -> D	3	1
E	A -> D -> E	6	2

แสดง เส้นทางที่ได้รับคัดเลือกด้วย RDM/MC จากผลลัพธ์ภาพ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการค้นหาเส้นทางให้กับโหนดอื่น ๆ จากเครือข่ายสื่อสารที่แสดงในภาพ 8 ก็ในทำนองเดียวกัน โดยกำหนดให้ชื่อตัวเลขกับโหนดที่ต้องจะหาตารางเส้นทางเป็นหมายเลข "1" (เหมือนกับที่กำหนดให้โหนด A มีหมายเลข "1") และกำหนดหมายเลข 2, 3, 4, . . . ตามลำดับจนครบทุกโหนด จากนั้นเริ่มทำการค้นหาตามขบวนการ RDM/MC ตามตัวอย่างการค้นหาเส้นทางส่งข้อมูลให้กับโหนด A จะได้ผลลัพธ์ดังแสดงในภาพที่ 11 และตารางที่ 6 ถึง 9 ตามลำดับดังนี้

ภาพที่ 11



โครงสร้างต้นไม้ แสดงผลลัพธ์จากการทำงานของ RDM/MC จากเครือข่ายจากภาพ 8

(ก) ของโหนด B (ข) ของโหนด C (ค) ของโหนด D (ง) ของโหนด E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6

Routing Table at node B			
Destination node	Routing	Link Cost	Hops
A	B -> A	2	1
C	B -> C	3	1
D	B -> D	2	1
E	B -> C -> E	4	2

แสดง เส้นทางที่ได้รับคัดเลือกด้วย RDM/MC จากผลลัพธ์ภาพที่ 11 (ก)

ตารางที่ 7

Routing Table at node C			
Destination node	Routing	Link Cost	Hops
A	C -> B -> A	5	2
B	C -> B	3	1
D	C -> E -> D	4	2
E	C -> E	1	1

แสดง เส้นทางที่ได้รับคัดเลือกด้วย RDM/MC จากผลลัพธ์ภาพที่ 11 (ข)

ตารางที่ 8

Routing Table at node D			
Destination node	Routing	Link Cost	Hops
A	D -> A	3	1
B	D -> B	2	1
C	D -> E -> C	4	2
E	D -> E	3	1

แสดง เส้นทางที่ได้รับคัดเลือกด้วย RDM/MC จากผลลัพธ์ภาพที่ 11 (ก)

ตารางที่ 9

Routing Table at node B			
Destination node	Routing	Link Cost	Hops
A	E -> D -> A	6	2
B	E -> C -> B	4	2
C	E -> C	1	1
D	E -> D	3	1

แสดง เส้นทางที่ได้รับคัดเลือกด้วย RDM/MC จากผลลัพธ์ภาพที่ 11 (ง)

โครงสร้างการจัดการระบบบริหารเครือข่าย

จากการจัดการระบบบริหารเครือข่าย มีหน้าที่ในการจัดการเกี่ยวกับการทำงานต่าง ๆ ของเครือข่ายสื่อสาร เช่น การตรวจสอบบุคคลที่สามารถเข้าสู่ระบบหรือขีดความสามารถในการใช้งานในระบบ การช่วยค้นหาเครื่องที่ทำการเชื่อมต่อกับเครือข่าย และการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อการส่งผ่านข้อมูล (Transmission Routing Decision) และการควบคุมการไหลของข้อมูลในการส่งผ่านข้อมูล (Transmission Flow Control) เป็นต้น สำหรับส่วนที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์นี้คือ การค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการทำงานของการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม

- ขั้นตอน 1 แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโหนดข้างเคียง
- ขั้นตอน 2 ทำการตรวจสอบว่าข้อมูลที่ได้จากการแลกเปลี่ยน มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ถ้าไม่ทำขั้นตอนที่ 6
- ขั้นตอน 3 เมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลง ทำการปรับปรุงตารางความสัมพันธ์ของเครือข่ายใหม่
- ขั้นตอน 4 จากตารางความสัมพันธ์ของเครือข่ายใหม่ นำมาค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมจากกระบวนการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม เช่น RDM/MC
- ขั้นตอน 5 นำผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม มาทำการปรับปรุงตารางเส้นทางใหม่
- ขั้นตอน 6 รอเวลาครบรอบของการตรวจสอบเพื่อทำการตรวจสอบระบบอีกครั้ง
- ขั้นตอน 7 ไปทำขั้นตอนที่ 1

จากขั้นตอนการทำงาน พบว่าในการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมนั้น จำเป็นต้องมีสิ่งที่บ่งบอกให้ทราบถึงลักษณะของเครือข่ายสื่อสารว่ามีลักษณะเป็นเช่นไร มีการเชื่อมต่อ (ลิงค์) ระหว่างโหนดต่าง ๆ อย่างไร หรือข้อมูลอื่น ๆ ที่ใช้ในการค้นหาเส้นทางตามที่กระบวนการต้องการ สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกรวบรวมไว้ในตารางความสัมพันธ์ของเครือข่าย และเมื่อนำความสัมพันธ์ดังกล่าวมาเข้าขบวนการค้นหาเส้นทาง ผลลัพธ์ที่ได้ก็จะนำมาเก็บไว้ในตารางเส้นทาง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการส่งข้อมูลว่าจะต้องส่งอย่างไรจึงจะถึงจุดหมายปลายทาง

1. ตารางความสัมพันธ์ของเครือข่าย

เป็นตารางที่จัดเก็บข้อมูลความสัมพันธ์ของการเชื่อมต่อระหว่างคูโหนดข้างเคียงกันของทั้งเครือข่ายสื่อสาร ซึ่งความสัมพันธ์นี้จะระบุเกี่ยวกับสถานะของการเชื่อมต่อ ลิงค์คอสต์ หรือข้อมูลอื่น ๆ ที่ใช้ในการค้นหาค่าลิงค์คอสต์ ข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้จะนำมาเป็นส่วนประกอบในการพิจารณาหาเส้นทางที่เหมาะสม

ที่มาของข้อมูล

ข้อมูลต่าง ๆ ที่จัดเก็บไว้ในตารางความสัมพันธ์ของเครือข่ายข้อมูลนั้น มาจากการแลกเปลี่ยนข้อมูลของโหนดตนเองกับโหนดอื่น ๆ คั่งชั้นคอนกรทำงานของการค้นหาเส้นทาง โดยการแลกเปลี่ยนข้อมูลจะเกิดขึ้นทุก ๆ วงรอบเวลาที่ผู้บริหารระบบเครือข่ายสื่อสารกำหนด โดยโหนดแต่ละโหนดจะนำข้อมูลของโหนดตนและโหนดอื่นส่งไปให้กับโหนดข้างเคียง จนข้อมูลกระจายทั่วทั้งเครือข่าย ข้อมูลที่เข้ามาใหม่จะได้รับการเปรียบเทียบกับข้อมูลเดิม ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงก็จะมีตรวจสอบกับโหนดที่มีข้อมูลเปลี่ยนแปลงอีกทีหนึ่งเพื่อความถูกต้องข้อมูล จึงมีการปรับปรุงตารางข้อมูลใหม่เพื่อใช้ในการคำนวณหาทางที่เหมาะสมใหม่ต่อไป

แต่เนื่องจากระบบเครือข่ายมีขนาดใหญ่ขึ้นตลอดเวลาโดยมีการเพิ่มโหนดเข้าสู่ระบบเครือข่ายสื่อสาร ถ้าข้อมูลที่มีการแลกเปลี่ยนระหว่างโหนดนั้นเป็นข้อมูลของทั้งเครือข่ายทุกครั้งที่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูล ก็จะทำให้ประสิทธิภาพของเครือข่ายลดลง จึงมีการลดการแลกเปลี่ยนข้อมูลลงเหลือเพียงข้อมูลของโหนดตนเองและข้อมูลของโหนดอื่นที่มีการเปลี่ยนแปลง สำหรับโหนดที่เข้าสู่เครือข่ายใหม่นั้น จะมีคำร้องขอพิเศษเพื่อขอข้อมูลของทั้งเครือข่ายได้จากโหนดข้างเคียง แต่จะไม่ส่งข้อมูลอื่นให้โหนดข้างเคียงนอกจากข้อมูลเกี่ยวกับโหนดตนเองเท่านั้น

รูปแบบ

ตารางความสัมพันธ์เครือข่ายใช้รูปแบบการจัดเก็บแบบเมตริกขนาด $m \times m$ เมื่อ m คือจำนวนโหนดทั้งหมดในเครือข่ายสื่อสาร ซึ่งจะทำการยกตัวอย่างการเก็บตัวแปร 2 ค่า ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้

- 1) ค่าแสดงสถานะของการเชื่อมต่อระหว่างคูโหนดข้างเคียงกัน แทนด้วย Link (ลิงค์) จะมี 2 ค่าคือ 0 เมื่อไม่มีการเชื่อมต่อกันระหว่างโหนด i และ j และ 1 เมื่อมีการเชื่อมต่อกัน
- 2) ค่าแสดงค่าลิงค์คอสต์ของเส้นเชื่อมต่อระหว่างคูโหนดข้างเคียงกัน แทนด้วย Link Cost เมื่อมีการติดต่อกันระหว่างสองโหนด โดยค่าลิงค์คอสต์ที่อยู่ในตารางนี้มาจากค่าบรรทัดฐานของลิงค์คอสต์ที่ได้จากการรวมค่าบรรทัดฐานของระยะทาง เวลา และค่าใช้จ่ายเข้าด้วยกันตามสมการที่ (3.13) จากค่าลิงค์คอสต์ในตารางมีข้อสังเกตได้ว่า ถ้าค่า Link = 0 จะไม่สามารถหาค่าลิงค์คอสต์ระหว่างคูโหนดข้างเคียงได้ เนื่องจากยังไม่มีการเชื่อมต่อไปถึง แต่มีโอกาสที่จะเกิดการเชื่อมต่อผ่านโหนดอื่น ๆ ในเครือข่ายสื่อสารได้ ดังนั้นจึงกำหนดให้ค่าลิงค์คอสต์มีค่ามากที่สุดคือเท่ากับ ∞ เมื่อ $j \neq i$ แต่เมื่อ $j = i$ ค่าลิงค์คอสต์จะเท่ากับ 0 เนื่องจากการเชื่อมต่อระหว่างโหนดเดียวกันไม่มีโอกาสที่จะทำการเชื่อมต่อกับโหนดตนเองผ่านโหนดอื่น แล้วได้ค่าลิงค์คอสต์น้อยกว่าไม่มีการส่งผ่านข้อมูลเกิดขึ้นเพราะเป็นการส่งผ่านข้อมูลให้กับโหนดตนเอง ค่าลิงค์คอสต์จึงให้มิต้าน้อยที่สุดคือเท่ากับศูนย์

ตารางที่ 10

j \ i	A		B		C		D		E	
	Link	Link Cost	Link	Link Cost	Link	Link Cost	Link	Link Cost	Link	Link Cost
A	0	0	1	2	0	∞	1	3	0	∞
B	1	2	0	0	1	3	1	2	0	∞
C	0	∞	1	3	0	0	1	2	1	1
D	1	3	1	2	0	∞	0	0	1	3
E	0	∞	0	∞	1	1	1	3	0	0

แสดง การเก็บข้อมูลของตารางความสัมพันธ์ของเครือข่าย จากตัวอย่างเครือข่ายในภาพที่ 8

จากตารางความสัมพันธ์ของเครือข่ายเป็นตารางของตัวอย่างเครือข่ายจากภาพที่ 8 ใช้แสดงตัวอย่างการทำงานของกระบวนการ RDM/MC เมื่อ $i = j$ ค่าต่าง ๆ ของข้อมูลเกี่ยวกับการเชื่อมจะเป็น 0 ทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นการเชื่อมต่อแบบทุกโหนดเชื่อมต่อกันหมด เนื่องจากโหนด i และ j คือโหนดเดิวนั่นเอง และเมื่อ $i \neq j$ แต่ค่าต่าง ๆ เป็น ∞ ทั้งหมด เนื่องจากระหว่างโหนด i กับโหนด j ไม่มีการเชื่อมต่อกัน ซึ่งความสัมพันธ์จะเป็นเช่นนี้ไม่ว่าตัวแปรจะมีเพียงสองตัวแปรดังตาราง 10 หรือมีตัวแปรอื่นที่ใช้คำนวณหาค่าลิงค์โคสต์เพิ่มเข้ามาก็ตาม

2. ตารางเส้นทาง

เนื่องจากการทำงานของระบบจะทำกับโหนดที่มีการเชื่อมต่อ (โหนดข้างเคียง) กับโหนดที่กำลังพิจารณา ผลลัพธ์ของตารางเส้นทางที่เกิดจาก RDM/MC จึงแสดงในรูปของโหนดที่ถึงก่อน โหนดปลายทาง (Predecessor node) ดังแสดงในตารางที่ 11 (จากผลลัพธ์ของ RDM/MC ในภาพที่ 10) ซึ่งจากโหนดที่ถึงก่อนโหนดปลายทางสามารถทำการไล่โหนดตามตารางเส้นทางที่ได้ด้วยการเวียนย้อนกลับโดยการเดินทางย้อนกลับไปยังโหนดเริ่มต้นได้ ดังจะเห็นว่าชื่อของโหนดที่ถึงก่อน

ตารางที่ 11

Routing table at node A				
Destination node	B	C	D	E
Predecessor node	A	B	A	D
Link Cost	2	5	3	6
Hop	1	2	1	2

ตาราง เส้นทางที่ได้จากผลลัพธ์ของ RDM/MC ในภาพที่ 10

โหนดปลายทางเป็นโหนดต้นทางได้ หมายความว่าโหนดปลายทางทำการเชื่อมต่อตรงกับโหนดต้นทาง แสดงว่าเส้นที่เชื่อมต่อ (ลิงค์) นั้นเป็นเส้นทางที่โหนดต้นทางใช้ทำการส่งข้อมูลออกไปนั่นเอง ส่วนโหนดอื่นที่ไม่ได้เชื่อมต่อกับโหนดต้นทางโดยตรง ค่าของโหนดที่ถึงก่อนโหนดต้น

ทางก็จะเป็นค่าของชื่อกำกับโหนดอื่น ซึ่งสามารถเชื่อมโยงมาหาโหนดต้นทางได้ ตัวอย่างเช่น โหนดปลายทางคือโหนด E มีโหนดก่อนหน้าในตารางเป็นโหนด D ก็จะนำค่าของโหนดก่อนหน้ามาสมมุติว่าเป็นโหนดปลายทางเพื่อทำการหาโหนดก่อนหน้าในตารางที่เป็นโหนดต้นทาง (ได้เป็นโหนดต้นทางพอดี) ถ้าไม่ใช่ ก็จะทำเช่นนี้จนกระทั่งได้โหนดก่อนหน้าในตารางเป็นโหนดต้นทาง เป็นต้น ทำให้สามารถหาเส้นทางการเดินทางจากโหนดเริ่มต้นไปถึงโหนดปลายทางได้ โดยวิธีที่กล่าวมาเรียกว่า “เดินย้อนกลับทางเดิม” ดังจะได้เส้นทางที่ใช้ส่งข้อมูลไปยังโหนด E คือ ลิงค์ที่ทำการเชื่อมต่อระหว่างโหนด A กับโหนด D และมีเส้นทางเดินทางเป็น A -> D -> E โดยมีค่าใช้จ่ายตลอดเส้นทางเท่ากับ 6

ผลจากการเดินย้อนกลับทางเดิม สามารถสร้างตารางเส้นทางในอีกรูปแบบได้ดังแสดงใน ตารางที่ 5 ถึง 9 ซึ่งเป็นตารางเส้นทางที่สามารถแสดงเส้นทางเดินให้เพื่อผู้บริหารระบบสามารถเห็นลักษณะการเดินทางข้อมูลได้อย่างชัดเจน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ของเส้นทางที่เหมาะสมของอัลกอริทึมอื่น ๆ ต่อไป และจากตารางที่ 5 สามารถหาเส้นทางส่งออกจากโหนดเริ่มต้น ทำให้สามารถแสดงตารางเส้นทางแบบแสดงเฉพาะเส้นทางส่งออกได้ดัง ตารางที่ 12

ตารางที่ 12

Routing table at node A				
Destination node	B	C	D	E
Sent to node	B	B	D	D
Link Cost	2	5	3	6
Hop	1	2	1	2

แสดง ตารางเส้นทางของเครือข่ายในภาพที่ 10

การออกแบบโปรแกรมระบบ

จากโครงสร้างการจัดการบริหารเครือข่าย นำมาสู่การออกแบบซอฟต์แวร์การทำงานของ ขบวนการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม ซึ่งการวิจัยพบว่าสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วน ดังนี้ ส่วน ข้อมูลระบบ และส่วนการทำงานของขบวนการค้นหาเส้นทาง

ส่วนข้อมูลระบบ

เป็นส่วนเกี่ยวข้องกับข้อมูลต่าง ๆ ของระบบเครือข่ายสื่อสาร เช่น ขนาดหรือจำนวน โหนดของเครือข่ายทั้งหมด จำนวนลิงก์ และการเชื่อมต่อว่าโหนดใดเชื่อมต่อกับโหนดใดบ้าง เป็นต้น เพื่อนำไปใช้ในการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมตามขบวนการที่เลือกใช้ในการค้นหาเส้นทาง

- 1.) จำนวนโหนดทั้งหมดในเครือข่าย (Number of node) เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการสร้าง ตารางความสัมพันธ์เครือข่าย แทนด้วย m
- 2.) โหนดต้นทาง เพื่อเป็นข้อมูลให้กับกระบวนการต่าง ๆ ในการกำหนดโหนดต้นทาง ในการค้นหาเส้นทาง แทนด้วย SN (Start Node)
- 3.) ตารางความสัมพันธ์เครือข่าย ดังกล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.4.1 ว่าเป็นตารางเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของทุกโหนดในเครือข่าย เพื่อใช้ในการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม
- 4.) ตารางเส้น ดังกล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.4.2 ว่าเป็นตารางสำหรับเก็บเส้นทางเดินจาก โหนดต้นทางไปโหนดปลายทาง ซึ่งได้จากผลลัพธ์ของการทำงานของกระบวนการค้นหาเส้นทาง

ส่วนการทำงานของกระบวนการค้นหาเส้นทาง

ในการออกแบบซอฟต์แวร์นั้น กำหนดให้ชื่อโหนดแทนด้วยหมายเลข เพื่อให้ง่ายต่อการ ออกแบบและการดำเนินไปของกระบวนการ โดยทุกอย่างยังคงเป็นไปตามการทำงานของ กระบวนการค้นหาเส้นทาง กล่าวคือ การกำหนดโหนดเริ่มต้นของ RDM/MC ต้องเป็นโหนด 1 เสมอ ดังนั้นเมื่อเริ่มกำหนดโหนดใดเป็นเริ่มต้น ก็จะทำการเหมือนว่าสลับค่าหมายเลขโหนดกับ โหนด 1 แล้วทำงานไปตามขบวนการต่าง ๆ จนเสร็จสิ้น แล้วทำการคืนค่าโหนดให้เป็นอย่างเดิม เพื่อแสดงตารางเส้นทางได้ถูกต้องตามสภาพของเครือข่ายสื่อสารเดิม

การออกแบบซอฟต์แวร์ขบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางที่ประหยัดที่สุด

การตัดสินใจเลือกเส้นทางที่ประหยัดที่สุดเป็นการนำผลรวมของ 3 ตัวแปรเข้าด้วยกันเป็นค่าฟังก์ชันคอสต์ เพื่อให้ได้ค่าที่ดีที่สุดในด้านระยะเวลา และค่าใช้จ่าย สำหรับในการจำลองการทำงานของการตัดสินใจนี้ จะสมมุติค่าฟังก์ชันคอสต์ที่ได้จากการคำนวณค่าทั้งสามไว้เรียบร้อยแล้ว โดยกำหนดค่าฟังก์ชันคอสต์เป็นตัวเลขจำนวนเต็มบวก และให้ $C_{ij} = C_{ji}$ แล้วเก็บในตารางความสัมพันธ์เครือข่าย

การวิเคราะห์ตัวแปรและความสัมพันธ์

ตัวแปรที่ได้จากขั้นตอนการทำงานของกระบวนการ RDM/MC

- m เป็นจำนวนโหนดทั้งหมดในเครือข่าย
 - i เป็นโหนดที่กำลังทำการพิจารณา
 - j เป็นโหนดอยู่ข้างเคียงกับโหนดที่กำลังพิจารณา และถือเป็นโหนดปลายทางของการพิจารณาแต่ละครั้ง
- โหนดเริ่มต้นในการหาเส้นทาง คือโหนด 1 และนำค่า 1 ไปเก็บไว้ใน Now
- Now เป็นเซตของโหนดที่จะได้รับเลือกให้เป็นโหนดที่จะทำการพิจารณา (i) เริ่มการพิจารณา $Now = \{ 1 \}$
- Next เป็นเซตของโหนดที่จะได้รับเลือกให้เป็นโหนดที่จะทำการพิจารณาในครั้งต่อไป
- $D_{11}^{(0)} = 0$ เมื่อเริ่มต้นไม่มีการส่งข้อมูลออกจำนวนลิงค์ $h = 0$ และฟังก์ชันคอสต์ = 0
- $D_{ij}^{(0)} = \infty$ เมื่อ $j \neq 1$ ที่ค่าเริ่มต้นไม่มีการส่งข้อมูลออกจำนวนลิงค์ $h = 0$ และสมมุติให้ผลรวมของฟังก์ชันคอสต์จากโหนด 1 ถึงโหนด j เมื่อเริ่มต้นหามีค่าเท่ากับ ∞ (มากที่สุด) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบหาค่าน้อยที่สุด

ตัวแปรที่ได้จากตารางความสัมพันธ์ของเครือข่าย

- Link เป็นเซตแสดงสถานะของการเชื่อมต่อระหว่างโหนดข้างเคียงของตารางความสัมพันธ์ของเครือข่าย
- LCost เป็นเซตแสดงลึคคอสท์ระหว่างโหนดข้างเคียงของตารางความสัมพันธ์ของเครือข่าย

ตัวแปรใหม่ที่เกิดขึ้นจากการออกแบบซอฟต์แวร์

- SN โหนดเริ่มต้นในการหาเส้นทาง ซึ่งทำหน้าที่เสมือนว่า SN เป็นโหนด 1 ตามกระบวนการ RDM/MC ดังนั้นค่าเริ่มต้นที่เก็บใน Now จะถูกกำหนดให้เป็น SN
- D เป็นเมตริกของค่าผลรวมของลึคคอสท์จากโหนดเริ่มต้น (SN) แทนค่า $D_{SNj}^{(h+1)}$ ที่ใช้ในกระบวนการ RDM/MC ส่วนค่า $h+1$ ที่ไม่ปรากฏนั้น กำหนดให้แทนด้วย H ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ D เหมือนเดิม และการกำหนดค่าเริ่มต้นของ D เป็นก็ไปตามกระบวนการ RDM/MC คือ $D(j) = 0$ เมื่อ $j = SN$ และ $D(j) = \infty$ เมื่อ $j \neq SN$
- H เป็นเมตริกแทน hops บนหัวของ $D_{ij}^{(h+1)}$ โดยค่าเริ่มต้นการทำงานเท่ากับ 0 ทุกค่าของ j
- P เป็นเมตริกของค่าที่บ่งบอกถึงโหนดที่มาถึงก่อนโหนด j คือโหนดใด จากสมการ (3.17) มีว่า $D_{ij}^{(h+1)} = \min_{all i} [D_{ii}^{(h)} + C_{ij}]$ นั่นคือค่าโหนด i ที่ทำการพิจารณาในรอบที่ผ่านมาหน้าี่ทำให้เกิดค่า $D_{ij}^{(h+1)}$ นั้นเอง ซึ่งค่านี้จะถูกเก็บลงในตารางเส้นทางของ RDM/MC ดังที่กล่าวในหัวข้อ 3.4.2 การกำหนดค่าเริ่มให้เป็น -1 เนื่องจากสถานะเริ่มต้นถือว่ายังไม่เคยผ่านโหนดใดเลย
- Route เป็นเซตของตารางเส้นทางแบบที่เสนอในวิทยานิพนธ์นี้ ดังตารางที่ 5 ถึง ตาราง 9

การออกแบบขั้นตอนการทำงาน RDM/MC

เริ่มต้น

กำหนดให้ Input SN, ตารางความสัมพันธ์ของเครือข่าย (ได้ค่า m , Link และ LCost)
 $D(j) = 0$ เมื่อ $j = SN$, $D(j) = \infty$ เมื่อ $j \neq SN$, $H(j) = 0$ ทุกค่า j , $P(j) = -1$ ทุกค่า
 j , Route = { }, Now = {SN} และ Next = { }

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบว่า Now เป็นเซตว่างหรือเปล่า ถ้าไม่ ทำขั้นตอนที่ 6

ขั้นตอนที่ 2 ทำการเลือกโหนดที่จะทำการพิจารณาจาก Now ($i \in Now$)

ขั้นตอนที่ 3 Scan เพิ่มค่า j โดยเริ่มที่ $j = 1$ แล้วเพิ่มทีละ 1

- ตรวจสอบว่า Link(i,j) = 1 และ $j \neq SN$

- ตรวจสอบ $D(j) > D(i) + LCost(i,j)$

- ทำการกำหนดค่าให้ $D(j) = D(i) + LCost(i,j)$

- ทำการกำหนดค่าให้ $H(j) = H(i) + 1$

- ทำการกำหนดค่าให้ $P(j) = i$

- ทำการใส่ค่าโหนด j ลงใน Next

ถ้าไม่ ตรวจสอบ $D(j) = D(i) + LCost(i,j)$

- ตรวจสอบว่า $H(j) > H(i) + 1$

- ทำการกำหนดค่าให้ $D(j) = D(i) + LCost(i,j)$

- ทำการกำหนดค่าให้ $H(j) = H(i) + 1$

- ทำการกำหนดค่าให้ $P(j) = i$

- ทำการใส่ค่าโหนด j ลงใน Next

End Scan เมื่อ $j > m$

ขั้นตอนที่ 4 ลบค่า i ออกจาก Now

ขั้นตอนที่ 5 กลับไปทำขั้นตอนที่ 1

ขั้นตอนที่ 6 ตรวจสอบว่า Next เป็นเซตว่างหรือเปล่า) ถ้าใช่ ทำขั้นตอนที่ 9 (ขั้นการสร้างตารางเส้นทาง)

ขั้นตอนที่ 7 ถ้าไม่ใช่ให้ Now = Next และให้ Next = { }

ขั้นตอนที่ 8

ทำขั้นตอนที่ 1

ขั้นตอนที่ 9

Scan เพิ่มค่า j โดยเริ่มที่ $j = 1$ แล้วเพิ่มทีละ 1

- ERoute = 0 และ $i = j$
- Scan ตรวจสอบค่า ERoute
 - ค่าใส่ $P(i)$ ในไว้หน้าสุด Route (j)
 - ตรวจสอบ $P(j) = SN$
 - ERoute = 1

ถ้าไม่ใช่ $i = P(i)$

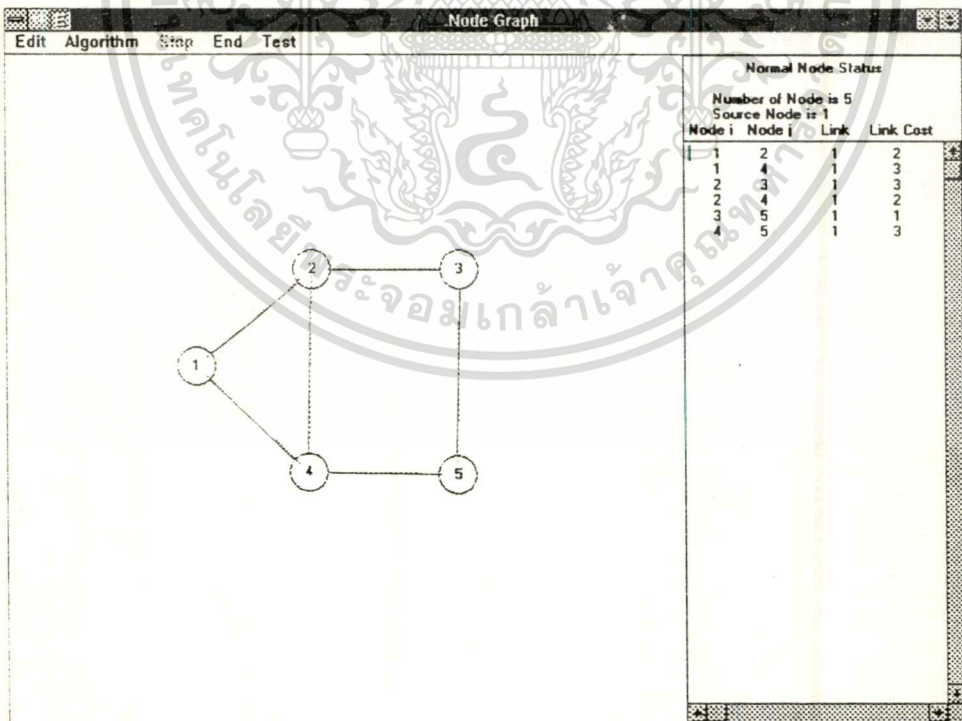
End Scan เมื่อตรวจสอบพบว่า ERoute = 1

End Scan เมื่อ $j > m$

ขั้นตอนที่ 10

จบการทำงาน

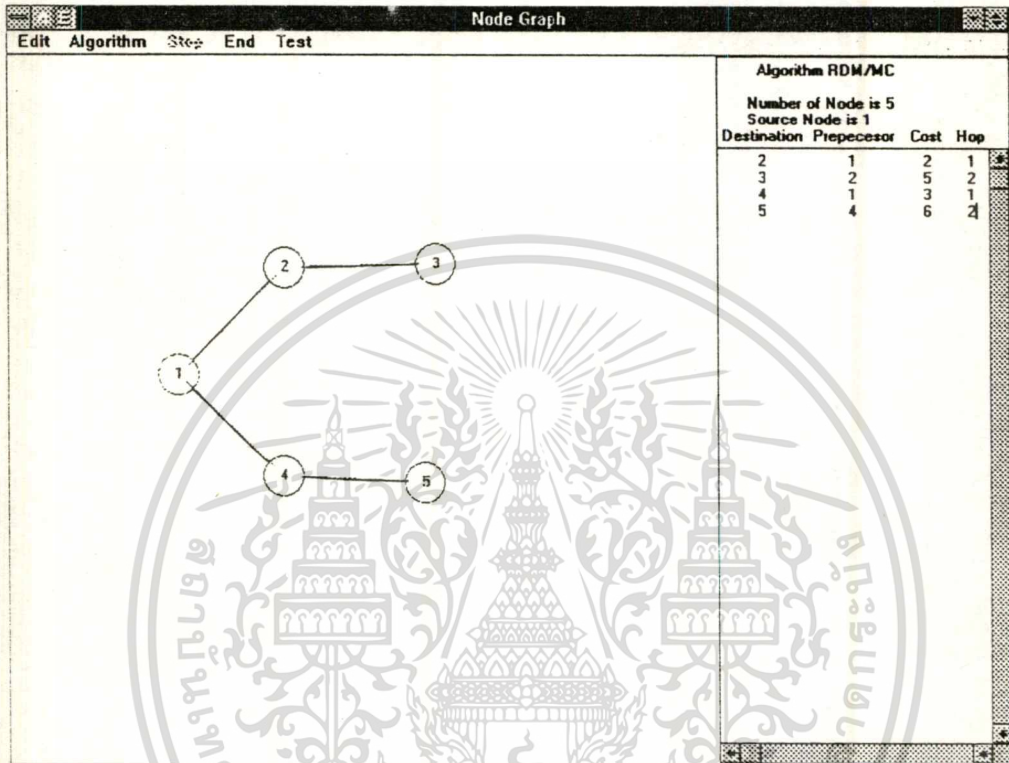
ภาพที่ 12



แสดง ภาพเครือข่ายและข้อมูลที่ป้อนให้ซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 13




แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/MC

จากภาพที่ 13 และ ภาพที่ 14 เป็นผลจากการหาเส้นทางที่เหมาะสมที่ประหยัดที่สุดจากการทำงานของซอฟต์แวร์ของ RDM/MC โดยมีโหนดทั้งหมด 5 โหนดและกำหนดให้โหนด 1 เป็นโหนดเริ่มต้นในการค้นหาเส้นทางดังแสดงในภาพที่ 12 จากภาพที่ 13 เป็นการแสดงด้วยรูปภาพแบบแผนภูมิต้นไม้ จากโหนดเริ่มต้น (โหนด 1) สามารถสังเกตการเชื่อมโยงไปยังโหนดอื่น ๆ ได้ ส่วนตารางด้านข้างเป็นตารางแบบ RDM/MC โดยจะบอกว่าโหนดเริ่มต้นคือโหนดใดอยู่ข้างบน แถวแรกเป็นโหนดปลายทาง แถวที่ 2 เป็นโหนดที่ถึงก่อนโหนดปลายทาง ซึ่งใช้ในการหาเส้นทางในการเดินทางจากโหนดปลายทางย้อนกลับไปยังโหนดเริ่มต้น โดยดูจากโหนดที่ถึงก่อนโหนดปลายทางว่าโหนดเริ่มต้นใช่หรือไม่ ถ้าไม่ ก็ให้โหนดที่ถึงก่อนโหนดปลายทางเป็นโหนดปลายทางแล้วดูย้อนกลับไปเรื่อย ๆ จะกระทั่งถึงโหนดเริ่มต้น ซึ่งสามารถนำมาเขียนเป็นเส้นทางเดินได้ดังผลที่

แสดงในรูปของตารางดังภาพที่ 14 ส่วนแถวที่ 3 เป็นค่าผลรวมของลิงค์คอสต์ (ในภาพแทนด้วย Cost) ในการเดินทางจากโหนดต้นทางถึงโหนดปลายทาง และแถวสุดท้ายเป็นค่าของ hops ในการเดินทางจากโหนดต้นทางถึงโหนดปลายทาง ซึ่งเพิ่มเข้าไปเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างระหว่างผลลัพธ์ของการทำงานของกระบวนการอื่น ๆ

ภาพที่ 14

Optimal Path Routing					
File Edit Algorithm Help					
Algorithm RDM/MC					
Number of Node is 5			Source Node is 1		
Destination	Routing Table		Link Cost	Hop	
2	1	2	2	1	1
3	1	2	3	2	2
4	1	4	3	1	1
5	1	4	5	2	2



มหาวิทยาลัยบูรพา
บุรีรัมย์ สุรินทร์
อาจารย์ปริษา
ส.ดร.รัตติร วรณศิริพันธ์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Number of Node Source Node

แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/MC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การกำหนดเส้นทางส่งผ่านข้อมูลที่มีจำนวนเส้นเชื่อมต่อที่น้อยที่สุด

Transmission Routing Decision with Minimum Hops

บทนำ

ในบทที่ 3 ได้กล่าวถึง ขบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางส่งผ่านข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด RDM/MC ในแง่ของมีค่าผลรวมของลิงค์โคสที่น้อยที่สุด ได้แก่มีผลรวมของความยาวของเส้นเชื่อมต่อ(หรือลิงค์) น้อยที่สุด ใช้เวลาในการส่งน้อยที่สุด และเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยพิจารณาว่าแฟกเตอร์ทั้ง 3 นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าไปในแนวโน้มนัยเดียวกัน ซึ่งเป็นไปได้ตามลักษณะทางสถาปัตยกรรม (Architecture) ของระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของเครือข่ายสื่อสารคอมพิวเตอร์

ในวิทยานิพนธ์นี้ ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ว่า โดยทั่วไปเมื่อ i และ j เป็นคู่โหนดใด ๆ ภายในเครือข่ายสื่อสาร เวลาที่ต้องสูญเสียไปในการส่งข้อมูลจากโหนด i ไปโหนด j คือ t_{ij} และจากโหนด j ไปโหนด i คือ t_{ji} นั้นอาจจะเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ ดังนั้นโดยทั่วไป

$$t_{ij} > t_{ji} \text{ หรือ } t_{ij} = t_{ji} \text{ หรือ } t_{ij} < t_{ji} \quad (4.1)$$

ดังนั้นภายใต้การตั้งสมมติฐานให้ค่าเฉลี่ยของเวลาที่สูญเสีย (Average Delay Time) ไปในการส่งข้อมูลระหว่างคู่โหนดใด ๆ ภายในเครือข่ายสื่อสารมีค่าเท่ากัน โดยไม่คำนึงถึงความยาวของสายเชื่อมต่อ หรือค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้น ภายใต้ข้อแม้นี้ ผู้ใช้บริการมีความต้องการที่จะกำหนดเส้นทางส่งข้อมูลจากโหนดต้นทางถึงโหนดปลายทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด หรือในอีกความหมายหนึ่งคือ ให้มีจำนวนลิงค์ (หรือ hop) ที่ต้องผ่านน้อยที่สุดนั่นเอง

ในบทนี้เสนอผลงานวิจัยของวิทยานิพนธ์ในส่วนของขบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางส่งข้อมูลที่มีจำนวนเส้นเชื่อมต่อน้อยที่สุดหรือมีจำนวนฮอปน้อยที่สุด (โดยให้ชื่อว่า Routing Decision Mechanism with Minimum Hops : RDM/MH) ด้วยการปรับปรุงจากขบวนการ RDM/MC

พื้นฐานของ RDM/MH

- กำหนดให้โหนดเริ่มต้นมีหลายเลขกำกับเป็น “1” และให้
- กำหนดให้
- m เป็นจำนวนโหนดทั้งหมดในเครือข่ายสื่อสาร
 - n เป็นจำนวนลิงค์ทั้งหมดภายในเครือข่ายสื่อสาร
 - k เป็นเลขจำนวนเต็มบวกที่ใช้แทนชื่อโหนด โดย $k = 1, 2, 3, \dots, m$
 - i และ j เป็นชื่อโหนดที่อยู่คู่กันหรือข้างเคียงกัน โดย $i \in k, i = 1, 2, 3, \dots, m$
 $j \in k, j = 1, 2, 3, \dots, m$
 - h_{ij} เป็นลิงค์หรือฮอประหว่างคู่โหนด i และ j และมีค่าเป็น 1 เมื่อโหนด i มีลิงค์เชื่อมต่อกับโหนด j
 - C_{ij} เป็นค่าลิงค์โคสท์ของการลิงค์ข้อมูลจากโหนด i ไปโหนดข้างเคียง j
 - ให้ H_{1i} เป็นผลรวมของลิงค์บนเส้นทางจากโหนดเริ่มต้นผ่านโหนดระหว่างทางต่าง ๆ ไปจนถึงโหนด i โดยไม่มีการย้อนกลับเส้นทางเดิม
 - ให้ D_{1i} เป็นผลรวมของลิงค์โคสท์บนเส้นทางจากโหนดเริ่มต้นผ่านโหนดระหว่างทางต่าง ๆ ไปจนถึงโหนด i โดยไม่มีการย้อนกลับเส้นทางเดิม

$$h_{ij} = \begin{cases} 1 & i \neq j \text{ และ } i = 1,2,\dots,m \\ 0 & j = 1,2,\dots,m \end{cases} \quad (4.2)$$

ถ้า C_{ij} เป็นเลขจำนวนเต็มบวก

$$C_{ij} \geq h_{ij} \quad i \neq j \quad (4.3)$$

$$\text{หรือ } C_{ij} \geq 1 \quad i \neq j \quad (4.4)$$

$$\text{และ } C_{ij} = h_{ij} = 0 \quad i = j \quad (4.5)$$

ดังนั้นจาก (4.3), (4.4) และ (4.5) ได้

$$D_{ii} \geq H_{ii} \quad i \neq j \quad (4.6)$$

พิจารณาสมการที่ (4.3) และ (4.4) พบว่า C_{ij} มีค่าเท่ากับ h_{ij} ในกรณีที่ลิงค์โคสท์ระหว่างคู่โหนด i และ j มีค่าเป็น 1 หรือค่าเทียบเท่ากับ 1 หน่วย

ดังนั้นถ้าสมมติให้ C_{ij} มีเท่ากับ 1 ทั้งหมดของทุกคู่โหนด i และ j จะทำให้ $D_{ii} = H_{ii}$ ด้วย เพราะฉะนั้นภายใต้ข้อสมมติหรือข้อแม้นี้ ผลลัพธ์ได้จาก RDM/MC คือ เส้นทางที่ประหยัดที่สุด หรือมีค่าลิงค์โคสท์น้อยที่สุด และเมื่อเป็นผลลัพธ์จากการสมมติให้ทุกๆลิงค์โคสท์ระหว่างทุกคู่โหนดมีค่าเท่ากับ 1 จำนวนลิงค์โคสท์น้อยที่สุดดังกล่าวจะเท่ากับจำนวนลิงค์หรือขอบที่น้อยที่สุดด้วย นั่นคือ ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นเส้นทางส่งผ่านข้อมูลที่มีจำนวนลิงค์น้อยที่สุด

พื้นฐานของ RDM/MH ได้กำหนดให้ h_{ij} ในสมการ (4.2) เป็นค่าลิงค์โคสท์สมมติ สำหรับทุกๆคู่โหนด i และ j และทำการกำหนดกระบวนการค้นหาเส้นทางของขบวนการเช่นเดียวกับ RDM/MC ดังนี้

$$H_{ij}^c = \min_{\text{all } i} [H_{ii} + h_{ij}] \quad \text{สำหรับ } i \neq 1 \text{ และ } j = 2,3,\dots,m \quad (4.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเพื่อเป็นการตัดสินใจในกรณีที่มีจากโหนดเริ่มต้นไปยังโหนดปลายทางเดียวกัน แต่มีเส้นทางส่งผ่านข้อมูลที่มีจำนวนลิงค์น้อยที่สุด เท่ากันมากกว่า 1 เส้นทาง RDM/MH จะตัดสินใจเลือกเพียง 1 เส้นทางโดยพิจารณาจากเส้นทางที่มีผลรวมของลิงค์โคสท์จริงบนเส้นทางนั้นน้อยที่สุดเป็นผลลัพธ์

ดังนั้นเพื่อความสมบูรณ์ในส่วนนี้ กระบวนการ RDM/MH จะกำหนดจากสมการต่อไปนี้

$$H_{ij}^{(D_{ii}+C_{ij})} = \min_{\text{all } i} [H_{ii}^{(D_{ii})} + h_{ij}] \quad (4.8)$$

สำหรับ $i \neq 1$ และ $j = 2, 3, \dots, m$

ในที่นี้ D_{ii} เป็นจำนวนผลรวมของลิงค์โคสท์จริง ที่สัมพันธ์กับ H_{ii} บนเส้นทางส่งผ่านข้อมูลเดียวกันจากโหนดเริ่มต้น (คือโหนด 1) ไปจนถึงโหนด i

ดังนั้น $D_{ii} + C_{ij}$ จึงเป็นผลรวมของลิงค์โคสท์ที่สัมพันธ์กับ H_{ij} ด้วย

ในที่นี้ เมื่อเริ่มต้นขบวนการ RDM/MH กำหนดให้

$$H_{11} = H_{11}^{(0)} = 0 \quad (4.9)$$

สมการ (4.9) หมายถึง ที่โหนดเริ่มต้น (เมื่อยังไม่มีการส่งข้อมูล) จำนวนลิงค์ $h = 0$ คือ $H_{11} = 0$, ลิงค์โคสท์ = 0 (ให้ $C_{11} = 0$) และ $D_{11}^{(0)} = 0$ (จากสมการ 4.3) และ

$$H_{11}^{(D_{ii}+C_{ij})} = 0 \quad (4.10)$$

สมการ (4.10) หมายถึง ให้เส้นทางที่เริ่มต้นจากโหนด 1 และย้อนกลับมาที่โหนด 1 มีจำนวนค่าลิงค์เป็น 0 โดยไม่คำนึงถึงค่าลิงค์โคสท์

กระบวนการ RDM/MH

เริ่มต้น

กำหนดให้	m	เป็นจำนวนโหนดทั้งหมดในเครือข่าย
	i	เป็นโหนดที่กำลังทำการพิจารณา
	j	เป็นโหนดอยู่ข้างเคียงกับโหนดที่กำลังพิจารณา และถือเป็นโหนดปลายทางของการพิจารณาแต่ละครั้ง
		ให้โหนดเริ่มต้นในการหาเส้นทาง คือโหนด 1 นำค่า 1 ไปเก็บไว้ใน Now
	Now	เป็นเซตของโหนดที่จะได้รับเลือกให้เป็นโหนดที่จะทำการพิจารณา (i) เริ่มการพิจารณา Now = { 1 }
	Next	เป็นเซตของโหนดที่ได้ได้รับเลือกให้เป็นโหนดที่จะทำการพิจารณาในครั้งต่อไป
	$H_{11}^{(0)}$ และ D_{11}	$= 0$ เมื่อเริ่มต้น ไม่มีการส่งข้อมูลออกจำนวนลิงค์ $h = 0$ และลิงค์โคสต์ $= 0$
	$H_{ij}^{(0)}$	$= \infty$ เมื่อ $j \neq 1$ ที่ค่าเริ่มต้น ไม่มีการส่งข้อมูลออก สมมติให้ผลรวมของลิงค์โคสต์จากโหนด 1 ถึงโหนด j เมื่อเริ่มต้นหามีค่าเท่ากับ ∞ (มากที่สุด) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบหาค่าน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบว่า Now เป็นเซตว่างหรือเปล่า ถ้าใช่ ทำขั้นตอนที่ 6

ขั้นตอนที่ 2 ทำการเลือกโหนดที่จะทำการพิจารณาจาก Now ($i \in \text{Now}$)

ขั้นตอนที่ 3 Scan ค่า j เริ่มที่ $j = 1$ แล้วเพิ่มทีละ 1

- ตรวจสอบว่ามีลิงค์ (i, j) หรือตรวจสอบโหนดข้างเคียงโหนด i

- ตรวจสอบว่า $H_{ij}^{(D_{1i}-C_{ij})}$ ค่า $> H_{1i}^{(D_{1i})} + b_{ij}$ ($H_{ij}^{(D_{1i}+C_{ij})}$ ใหม่)

- ให้ $H_{ij}^{(D_{1i}-C_{ij})} = H_{1i}^{(D_{1i})} + b_{ij}$

- ทำการใส่ค่าโหนด j ลงใน Next

ถ้าไม่ ตรวจสอบว่า $H_{ij}^{(D_{ii}+C_{ij})}$ เก่า $> H_{ii}^{(D_{ii})} + h_{ij}$ ($H_{ij}^{(D_{ii}+C_{ij})}$ ใหม่)

- ตรวจสอบว่า $(D_{ii}+C_{ij})$ ของ $H_{ij} > D_{ii}$ ของ H_{ii} บวก C_{ij} หรือไม่

- ให้ $H_{ij}^{(D_{ii}+C_{ij})} = H_{ii}^{(D_{ii})} + h_{ij}$

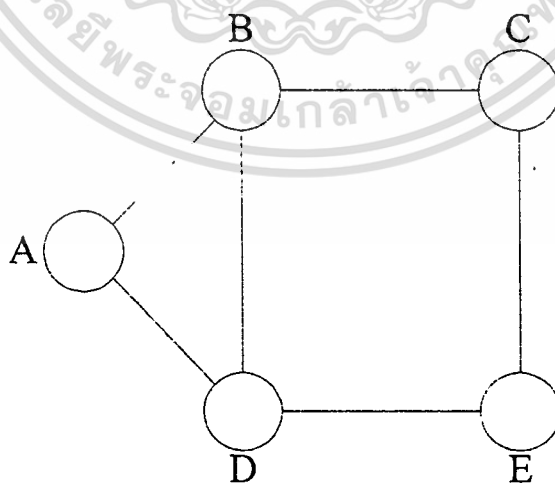
- ทำการใส่ค่าโหนด j ลงใน Next

End Scan เมื่อ $j > m$

- ขั้นตอนที่ 4 ลบค่า i ออกจาก Now
- ขั้นตอนที่ 5 กลับไปทำขั้นตอนที่ 1
- ขั้นตอนที่ 6 ตรวจสอบว่า Next เป็นเซตว่างหรือเปล่า ถ้าใช่ หยุดการทำงาน
- ขั้นตอนที่ 7 ถ้าไม่ใช่ให้ $Now = Next$ และให้ $Next = \{ \}$
- ขั้นตอนที่ 8 ทำขั้นตอนที่ 1

ตัวอย่างแสดงการทำงานของกระบวนการ RDM/MH

ภาพที่ 15

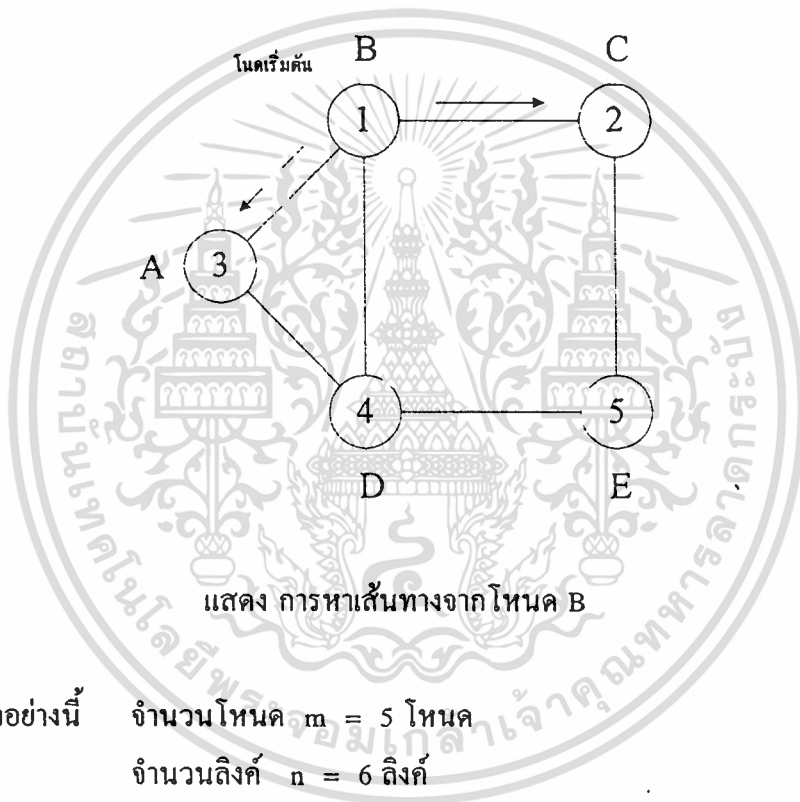


แสดง ภาพเครือข่ายสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมุติว่า ภาพที่ 15 เป็นเครือข่ายสื่อสารที่จะทำการกำหนดเส้นทางการส่งข้อมูลที่มีจำนวนเส้นเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด โดยมีโหนดทั้งหมด 5 โหนดชื่อ A, B, C, D และ E นอกจากจำนวนโหนด โครงสร้างการเชื่อมต่อที่ทำให้ทราบจำนวนลิงค์แล้ว เราจะต้องทราบลิงค์โคสท์บนลิงค์แต่ละเส้นด้วย

ภาพที่ 16



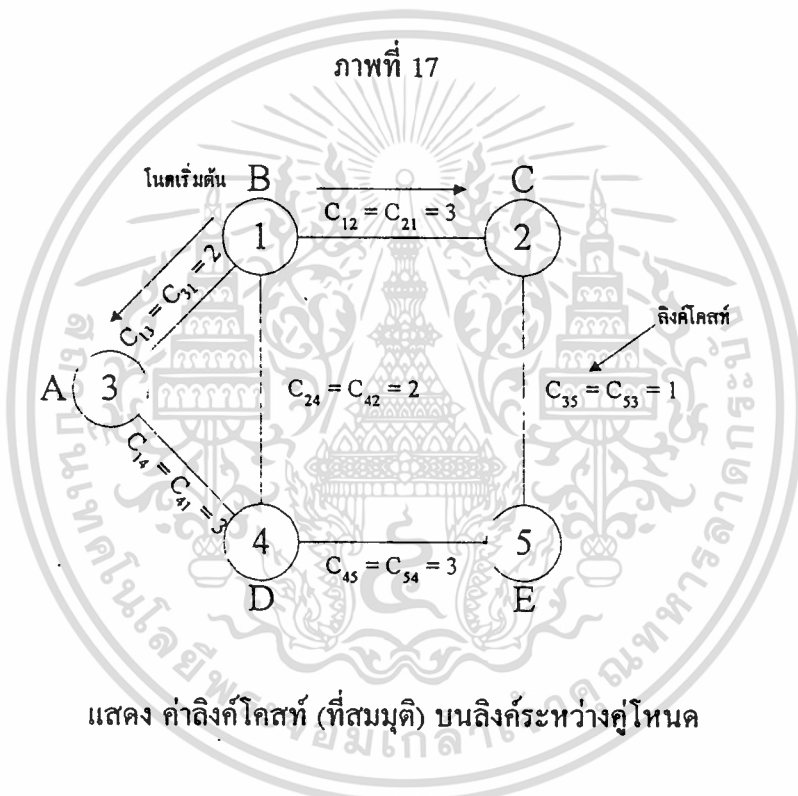
ในตัวอย่างนี้ จำนวนโหนด $m = 5$ โหนด
จำนวนลิงค์ $n = 6$ ลิงค์

และในตัวอย่างนี้จะมีคู่โหนดข้างเคียงกันทั้งหมด 6 คู่ ได้แก่ (A,B),(A,D),(B,D),(B,C), (C,E) และ (D,E) ซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนลิงค์นั่นเอง

ดังที่กล่าวมาในหัวข้อ 3.2 ว่า เมื่อทราบระยะทาง เวลา และค่าใช้จ่ายระหว่างคู่โหนด จะคำนวณหาค่าลิงค์โคสท์ระหว่างคู่โหนดได้ดังสมการ (3.3), (3.8), (3.12) และ (3.13) ในตัวอย่างนี้ชื่อโหนดระหว่างการใช้งาน RDM/MH คือ k จะมีค่าเป็นเลข 1, 2, 3, 4 และ 5

สมมติว่าเราจะเริ่มต้นหาตารางเส้นทางให้กับโหนด B นั่นคือหาเส้นทางจากโหนด A ไปยังโหนดที่เหลือ ได้แก่ โหนด A, โหนด C, โหนด D และ โหนด E (จำนวน 4 เส้นทาง) ที่มีจำนวนเส้นเชื่อมต่อน้อยที่สุด

RDM/MH จะกำหนดชื่อตัวเลขแทนชื่อโหนด โดยโหนด B ซึ่งเป็นโหนดเริ่มต้นจะมีหมายเลข "1" และโหนดอื่น ๆ มีหมายเลข 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ (การกำหนดตัวเลขให้กับโหนดอื่นที่ไม่ใช่โหนดเริ่มต้นนั้นจะกำหนดเป็นไรก็ได้) ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 16



จากสมการที่ (3.14) โดยปกติแล้ว $C_{ij} \neq C_{ji}$ ดังนั้นในตัวอย่างนี้ลึงค์โคสท์ทั้งหมด 12 ค่าระหว่างคู่โหนด 6 คู่ ที่โดยทั่วไปจะเป็นไปตามสมการ (3.14) คือ

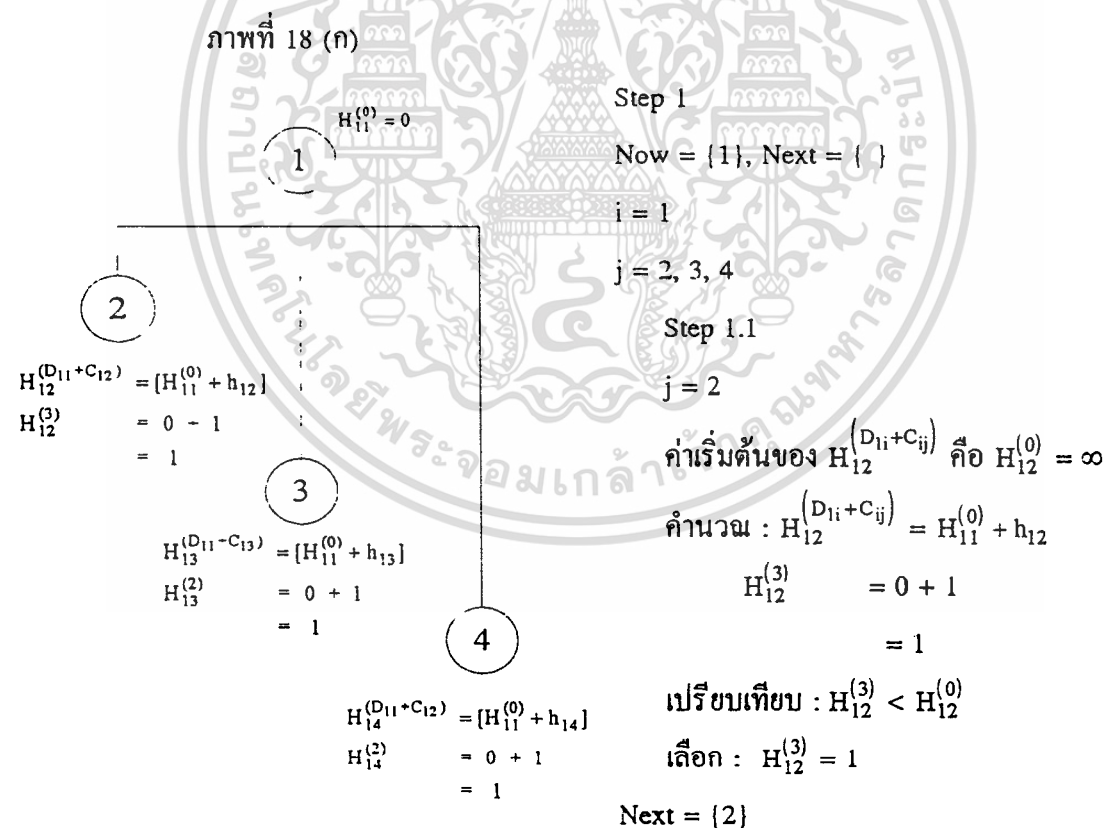
$$\begin{array}{lll} C_{12} \neq C_{21} & C_{35} \neq C_{53} & C_{14} \neq C_{41} \\ C_{24} \neq C_{42} & C_{23} \neq C_{32} & C_{45} \neq C_{54} \end{array}$$

เพื่อการอธิบายให้เห็นสภาพการทำงานของ RDM/MH ในที่นี้จะสมมุติให้ $C_{ij} = C_{ji}$ และ จะกำหนดค่าลิงค์โคสต์เป็นตัวเลขจำนวนเต็มบวกให้แตกต่างกันไป ดังแสดงเป็นค่าตัวเลขบนลิงค์ ระหว่างโหนดในภาพที่ 17

วิทยานิพนธ์จะใช้โครงสร้างต้นไม้แสดงภาพการค้นหาเส้นทาง โดยให้โหนดเริ่มต้นเป็นรากของโหนดของการค้นหาไปที่ละขั้นตอนดังนี้

กระบวนการ RDM/MH (แสดงการค้นหาเส้นทางส่งข้อมูลที่ประหยัดที่สุดให้โหนด A)

จากภาพที่ 17 Now = { 1 }, Next = { }, $H_{11}^{(0)} = 0$ และ $H_{ij}^{(0)} = \infty$ โดยที่ $j \neq 1$ และ กำหนดให้ค่า $C_{ij} = C_{ji}$



โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step 1.2

$j = 3$

ค่าเริ่มต้นของ $H_{13}^{(D_{1i}+C_{ij})}$ คือ $H_{13}^{(0)} = \infty$

คำนวณ : $H_{13}^{(D_{1i}+C_{ij})} = H_{11}^{(0)} + h_{13}$

$$H_{13}^{(2)} = 0 + 1$$

$$= 1$$

เปรียบเทียบ : $H_{13}^{(2)} < H_{13}^{(0)}$

เลือก : $H_{13}^{(2)} = 1$

Next = {2, 3}

Step 1.3

$j = 4$

ค่าเริ่มต้นของ $H_{14}^{(D_{1i}+C_{ij})}$ คือ $H_{14}^{(0)} = \infty$

คำนวณ : $H_{14}^{(D_{1i}+C_{ij})} = H_{11}^{(0)} + h_{14}$

$$H_{14}^{(2)} = 0 + 1$$

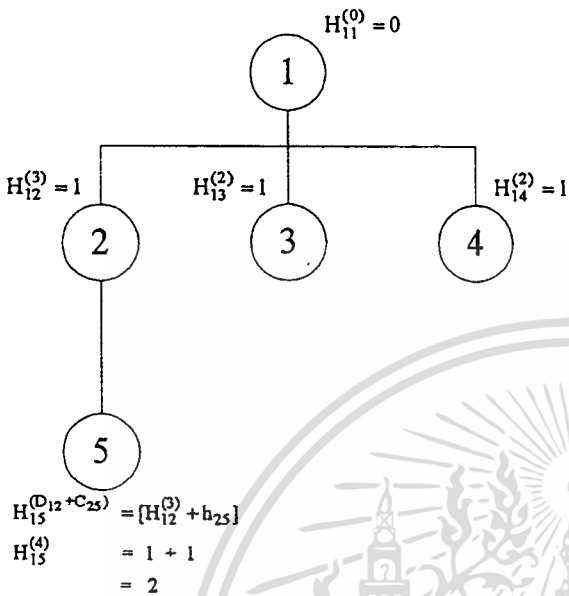
$$= 1$$

เปรียบเทียบ : $H_{14}^{(2)} < H_{14}^{(0)}$

เลือก : $H_{14}^{(2)} = 1$

Next = {2, 3, 4}

ภาพที่ 18 (ข)



โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 2.1

Step 2

Now = {2, 3, 4}, Next = { }

Step 2.1

i = 2

j = 5

ค่าเริ่มต้นของ $H_{15}^{(D_{ii}+C_{ij})}$ คือ $H_{15}^{(0)} = \infty$

คำนวณ : $H_{15}^{(D_{ii}+C_{ij})} = H_{12}^{(3)} + h_{25}$

$$H_{15}^{(4)} = 1 + 1$$

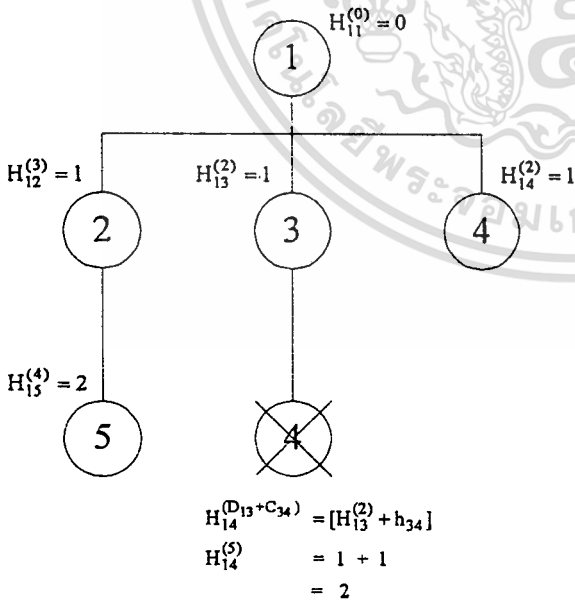
$$= 2$$

เปรียบเทียบ : $H_{15}^{(4)} < H_{15}^{(0)}$

เลือก : $H_{15}^{(4)} = 2$

Now = {3, 4}, Next = {5}

ภาพที่ 18 (ค)



โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 2.2

Step 2.2

i = 3

j = 4

ค่าเดิมของ $H_{14}^{(D_{ii}+C_{ij})}$ คือ $H_{14}^{(2)} = 1$

คำนวณ : $H_{14}^{(D_{ii}+C_{ij})} = H_{13}^{(2)} + h_{34}$

$$H_{14}^{(5)} = 1 + 1$$

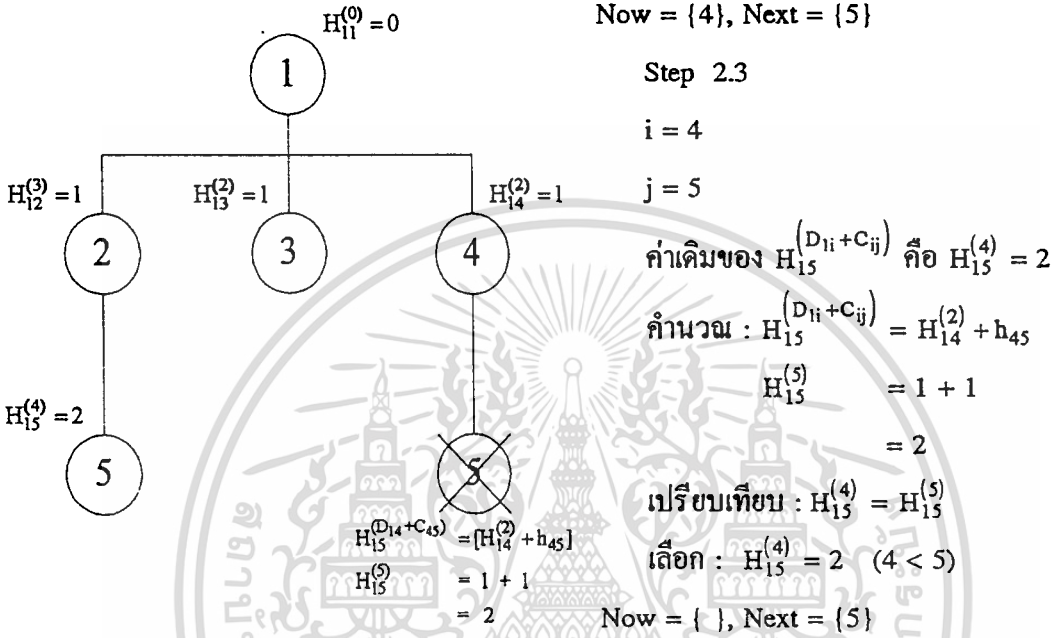
$$= 2$$

เปรียบเทียบ : $H_{14}^{(2)} < H_{14}^{(5)}$

เลือก : $H_{14}^{(2)} = 1$

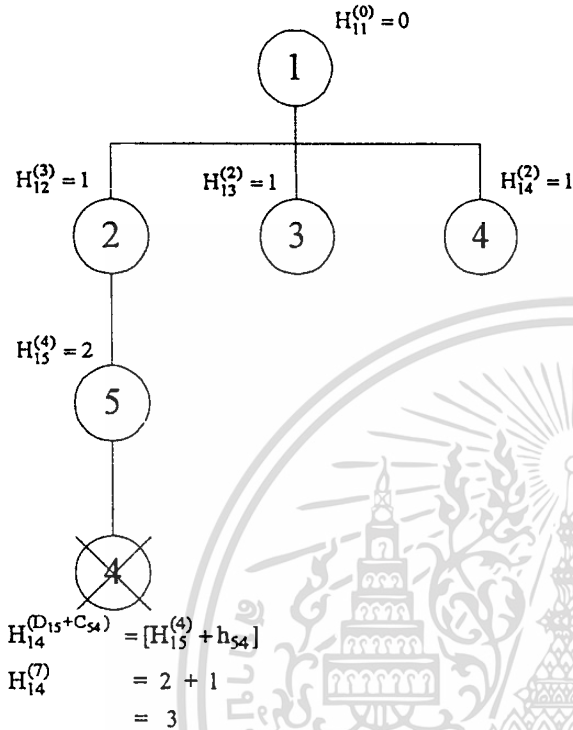
Now = {4}, Next = {5}

ภาพที่ 18 (ง)



โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 2.3

ภาพที่ 18 (จ)



Step 3

Now = 5, Next = { }

i = 5

j = 4

ค่าเดิมของ $H_{14}^{(D_{ii}+C_{ij})}$ คือ $H_{14}^{(2)} = 1$

$$\begin{aligned} \text{คำนวณ : } H_{14}^{(D_{ii}+C_{ij})} &= H_{15}^{(4)} + h_{54} \\ H_{14}^{(7)} &= 2 + 1 \\ &= 3 \end{aligned}$$

เปรียบเทียบ : $H_{14}^{(2)} < H_{14}^{(7)}$ เลือก : $H_{14}^{(2)} = 1$

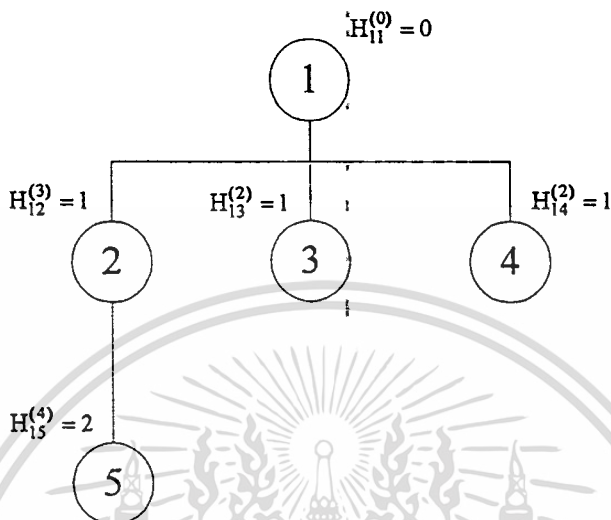
Now = { }, Next = { }

โครงสร้างต้นไม้แสดงการทำงาน Step 2.3

จบการทำงาน

จากตัวอย่างการค้นหาเส้นทางโดย RDM/MH ให้กับโหนด B จากเครือข่ายสื่อสารที่แสดงในภาพ 17 สามารถแสดงผลลัพธ์ในรูปของโครงสร้างต้นไม้ได้ดังภาพที่ 19 และจากโครงสร้างต้นไม้ สามารถเขียนเส้นทางที่ได้รับการคัดเลือกด้วย RDM/MH ได้ตามตารางที่ 13 ซึ่งจะนำไปสร้างตารางเส้นทางของโหนด B อีกครั้งหนึ่ง โดยรูปแบบของตารางในวิทยานิพนธ์นี้จะเสนอให้มีลักษณะดัง ตารางที่ปรากฏนี้

ภาพที่ 19



โครงสร้างต้นไม้ แสดงผลลัพธ์จากการทำงานกระบวนการ RDM/MH โดยโหนด B เป็นโหนดเริ่มต้น จากเครือข่ายภาพที่ 17

ตารางที่ 13

Routing Table at node B

Destination node	Routing	Hops	Link Cost
A	B -> A	1	2
C	B -> C	1	3
D	B -> D	1	2
E	B -> C -> E	2	4

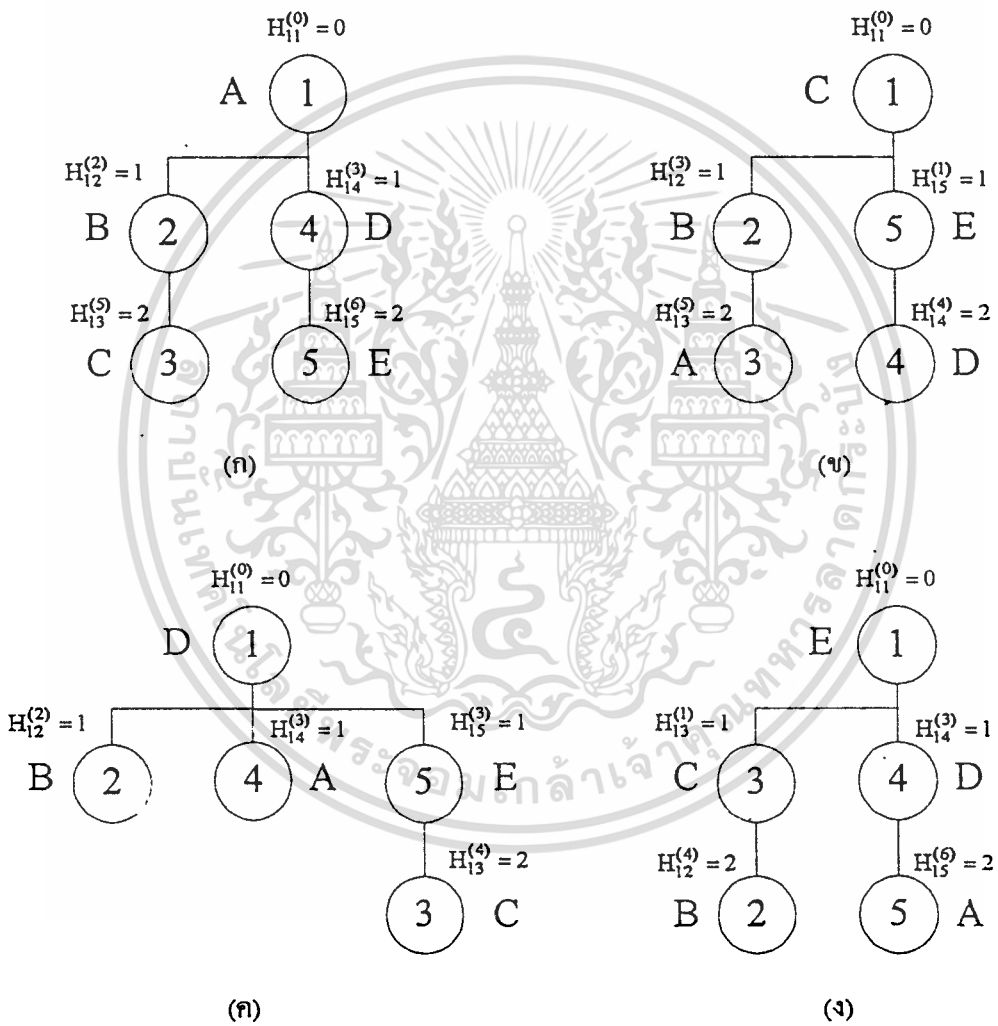
แสดง เส้นทางที่ได้รับคัดเลือกด้วย RDM/MH จากผลลัพธ์ภาพ 19

ในการค้นหาเส้นทางให้กับโหนดอื่น ๆ จากเครือข่ายสื่อสารที่แสดงในภาพที่ 17 ก็ในทำนองเดียวกัน โดยกำหนดให้ชื่อตัวเลขกับโหนดที่ต้องการจะหาตารางเส้นทางเป็นหมายเลข “1”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(เหมือนกับกำหนดยำหนดให้โหนด B มีหมายเลข “1”) และกำหนดหมายเลข 2, 3, 4, . . . ตามลำดับจนครบทุกโหนด จากนั้นเริ่มทำการค้นหาตามขบวนการ RDM/MH ตามตัวอย่างการค้นหาเส้นทางส่งข้อมูลให้กับโหนด A จะได้ผลลัพธ์ดังแสดงในภาพที่ 20 และตารางที่ 14 ถึง 17 ตามลำดับดังนี้

ภาพที่ 20



โครงสร้างต้นไม้ แสดงผลลัพธ์จากการทำงานของ RDM/MH จากเครือข่ายภาพที่ 17
 (ก) ของโหนด A (ข) ของโหนด C (ค) ของโหนด D (ง) ของโหนด E

ผลจากการเดินย้อนกลับทางเดิม สามารถสร้างตารางเส้นทางในอีกรูปแบบได้ดังแสดงในตารางที่ 13 ถึง 17 ซึ่งเป็นตารางเส้นทางที่สามารถแสดงเส้นทางเดินให้เพื่อผู้บริหารระบบสามารถเห็นลักษณะการเดินทางข้อมูลได้อย่างชัดเจน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ของเส้นทางที่เหมาะสมของอัลกอริทึมอื่น ๆ ต่อไป และจากตารางที่ 4.2 สามารถหาเส้นทางส่งออกจากโหนดเริ่มต้น ทำให้สามารถแสดงตารางเส้นทางแบบแสดงเฉพาะเส้นทางส่งออกได้ดังตารางที่ 19

การออกแบบโปรแกรมระบบ

จากโครงสร้างการจัดการบริหารเครือข่าย นำมาสู่การออกแบบซอฟต์แวร์การทำงานของขบวนการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม ซึ่งการวิจัยพบว่าสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วน ดังนี้ ส่วนข้อมูลระบบ และส่วนการทำงานของขบวนการค้นหาเส้นทาง

ส่วนข้อมูลระบบ

เป็นส่วนเกี่ยวข้องกับข้อมูลต่าง ๆ ของระบบเครือข่ายสื่อสาร เช่น ขนาดหรือจำนวนโหนดของเครือข่ายทั้งหมด จำนวนลิงค์ และการเชื่อมต่อว่าโหนดใดเชื่อมต่อกับโหนดใดบ้าง เป็นต้น เพื่อนำไปใช้ในการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมตามขบวนการที่เลือกใช้ในการค้นหาเส้นทาง

- 1.) จำนวนโหนดทั้งหมดในเครือข่ายสื่อสาร เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการสร้างตารางความสัมพันธ์เครือข่าย แทนด้วย m
- 2.) โหนดต้นทาง เพื่อเป็นข้อมูลให้กับกระบวนการต่าง ๆ ในการกำหนดโหนดต้นทางในการค้นหาเส้นทาง แทนด้วย SN
- 3.) ตารางความสัมพันธ์เครือข่าย ดังกล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.3.1 ว่าเป็นตารางเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของทุกโหนดในเครือข่าย เพื่อใช้ในการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม

- 4.) ตารางเส้น ดังกล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.3 ว่าเป็นตารางสำหรับเก็บเส้นทางเดินจาก โหนดต้นทางไปโหนดปลายทาง ซึ่งได้จากผลลัพธ์ของการทำงานของกรค้นหาเส้นทาง

ส่วนการทำงานกระบวนการค้นหาเส้นทาง

ในการออกแบบซอฟต์แวร์นั้น กำหนดให้ชื่อโหนดแทนด้วยหมายเลข เพื่อให้ง่ายต่อการ ออกแบบและการดำเนินไปของกระบวนการ โดยทุกอย่างยังคงเป็นไปตามการทำงานของกระบวนการค้นหาเส้นทาง กล่าวคือ การกำหนดโหนดเริ่มต้นของ RDM/MH ต้องเป็นโหนด 1 เสมอ ดังนั้นเมื่อเริ่มกำหนดโหนดใดเป็นเริ่มต้น ก็จะทำการเหมือนว่าสลับค่าหมายเลขโหนดกับโหนด 1 แล้วทำงานไปตามขบวนการต่าง ๆ จนเสร็จสิ้น แล้วทำการคืนค่าโหนดให้เป็นดังเดิม เพื่อแสดง ตารางเส้นทาง ได้ถูกต้องตามสภาพของเครือข่ายสื่อสารเดิม

การออกแบบซอฟต์แวร์ขบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางที่มีเส้นเชื่อมต่อน้อยที่สุด

การตัดสินใจเลือกเส้นทางที่มีจำนวนเส้นเชื่อมต่อน้อยที่สุด เป็นการหาผลรวมของเส้น เชื่อมต่อระหว่างโหนดเริ่มต้นถึงโหนดปลายทางที่มีเส้นเชื่อมต่อน้อยที่สุด โดยมีผลรวมของลิงค์ โคสท์เป็นตัวแปรช่วยในการคัดเลือกเส้นทาง ในกรณีที่เกิดมีจำนวนเส้นเชื่อมต่อน้อยที่สุดมากกว่าหนึ่งเส้นทาง โดยลิงค์โคสท์เป็นการนำผลรวมของ 3 ตัวแปรเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้ค่าที่ดีที่สุด ในด้านระยะทาง เวลา และค่าใช้จ่าย สำหรับในการจำลองการทำงานของกรตัดสินใจนี้ จะ สมมุติค่าลิงค์โคสท์ที่ได้จากการคำนวณค่าทั้งสามไว้เรียบร้อยแล้ว โดยกำหนดค่าลิงค์โคสท์เป็น ตัวเลขจำนวนเต็มบวก และให้ $C_{ij} = C_{ji}$ แล้วเก็บในตารางความสัมพันธ์ของเครือข่าย สำหรับค่า b_{ij} ที่ให้เป็น 1 ทุกค่าที่มีการเชื่อมต่อกับโหนดข้างเคียงนั้น ไม่มีในตารางความสัมพันธ์ของเครือ ข่าย แต่มีค่าที่มีการกำหนดเหมือนกันคือ ค่าแสดงสถานะการเชื่อมต่อระหว่างโหนดคือเป็น 1 ทุก ค่าที่มีการเชื่อมต่อระหว่างโหนดข้างเคียง และเป็น 0 เมื่อไม่มีการเชื่อมต่อ เนื่องจากกระบวนการ RDM/MH มีการตรวจสอบการเชื่อมต่อระหว่างโหนดก่อน ถ้ามีจึงทำการตรวจสอบผลรวมของ จำนวนเส้นเชื่อมต่อน้อยที่สุด จึงทำให้สามารถใช้ค่าแสดงสถานะการเชื่อมต่อระหว่างโหนดแทน b_{ij} ได้

การวิเคราะห์ตัวแปรและความสัมพันธ์

ตัวแปรที่ได้จากขั้นตอนการทำงานของกระบวนการ RDM/MH

- m เป็นจำนวนโหนดทั้งหมดในเครือข่าย
- i เป็นโหนดที่กำลังทำการพิจารณา
- j เป็นโหนดอยู่ข้างเคียงกับโหนดที่ก
ทางของการพิจารณาแต่ละครั้ง

โหนดเริ่มต้นในการหาเส้นทาง คือโหนด 1 และนำค่า 1 ไปเก็บไว้ใน Now

Now เป็นเซตของโหนดที่จะได้รับเลือกให้เป็นโหนดที่จะทำการพิจารณา

(i) เริ่มการพิจารณา Now = { 1 }

Next เป็นเซตของโหนดที่จะได้รับเลือกให้เป็นโหนดที่จะทำการพิจารณา
ในครั้งต่อไป

$h_{ij} = 1$ ทุกค่าที่มีการเชื่อมต่อระหว่าง โหนดข้างเคียง

$H_{11}^{(0)}$ และ $D_{11} = 0$ เมื่อเริ่มต้น ไม่มีการส่งข้อมูลออกจากรวมลิงค์ $h = 0$ และ
ลิงค์โคสต์ = 0

$H_{ij}^{(0)} = \infty$ เมื่อ $j \neq 1$ ที่ค่าเริ่มต้น ไม่มีการส่งข้อมูลออก สมมติให้ผล
รวมของลิงค์โคสต์จากโหนด 1 ถึงโหนด j เมื่อเริ่มต้นหามี
ค่าเท่ากับ ∞ (มากที่สุด) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบหาค่า
น้อยที่สุด

ตัวแปรที่ได้จากตารางความสัมพันธ์ของเครือข่าย

Link เป็นเซตแสดงสถานะของการเชื่อมต่อระหว่างโหนดข้างเคียงของตาราง
ความสัมพันธ์ของเครือข่าย

LCost เป็นเซตแสดงลิงค์โคสต์ระหว่างโหนดข้างเคียงของตารางความสัมพันธ์
ของเครือข่าย

ตัวแปรใหม่ที่เกิดขึ้นจากการออกแบบซอฟต์แวร์

- SN โหนดเริ่มต้นในการหาเส้นทาง ซึ่งทำหน้าที่เสมือนว่า SN เป็นโหนด 1 ตามกระบวนการ RDM/MH ดังนั้นค่าเริ่มต้นที่เก็บใน Now จะถูกกำหนดให้เป็น SN
- Link ซึ่งแสดงสถานะของของการเชื่อมต่อระหว่างโหนดข้างเคียงของตารางเครือข่าย ให้แทนค่า b_{ij} เนื่อง Link มีค่าเป็น 1 เมื่อมีการเชื่อมต่อระหว่างโหนดข้างเคียงเหมือนกับค่า b_{ij}
- H เป็นเมตริกของค่าผลรวมของจำนวนลิงค์จากโหนดเริ่มต้น (SN) ถึงโหนดปลายทาง (j) แทนค่า $H_{SNj}^{(D_{ii}+C_{ij})}$ ที่ใช้ในกระบวนการ RDM/MH ส่วนค่า $D_{ii}+C_{ij}$ ที่ไม่ปรากฏนั้นกำหนดให้แทนด้วย D ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ H เหมือนเดิม และการกำหนดค่าเริ่มต้นของ H เป็นก็ไปตามกระบวนการ RDM/MH คือ $D(j) = 0$ เมื่อ $j = SN$ และ $D(j) = \infty$ เมื่อ $j \neq SN$
- D เป็นเมตริกของค่าผลรวมของลิงค์โคสท์จากโหนดเริ่มต้นถึงโหนดปลายทาง แทนค่า $D_{ii}+C_{ij}$ ที่อยู่บนหัวของ $H_{SNj}^{(D_{ii}+C_{ij})}$ โดยกำหนดค่าเริ่มต้นเป็น 0
- P เป็นเมตริกของค่าที่บ่งบอกถึงโหนดที่มาถึงก่อนโหนด j คือโหนดใด จากสมการ (4.6) มีว่า $H_{1j}^{(D_{ii}+C_{ij})} = \min_{all i} [H_{1i}^{(D_{ij})} + b_{ij}]$ นั่นคือค่าโหนด i ที่ทำการพิจารณาในรอบที่ผ่านก่อนหน้าี่ทำให้เกิดค่า $H_{1j}^{(D_{ii}+C_{ij})}$ นั่นเอง ซึ่งค่านี้จะถูกเก็บลงในตารางเส้นทางของ RDM/MH ดังที่กล่าวในหัวข้อ 4.3.2 การกำหนดค่าเริ่มให้เป็น -1 เนื่องจากสถานะเริ่มต้นถือว่ายังไม่เคยผ่านโหนดใดเลย
- Route เป็นชื่อของตารางเส้นทางแบบที่เสนอในวิทยานิพนธ์นี้ ดังตารางที่ 13 ถึง ตาราง 17

การออกแบบขั้นตอนการทำงาน RDM/MH เริ่มต้น

กำหนดให้ Input SN, ตารางความสัมพันธ์ของเครือข่าย (ได้ค่า μ , Link และ LCost)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$H(j) = 0$ เมื่อ $j = SN$, $H(j) = \infty$ เมื่อ $j \neq SN$, $D(j) = 0$ ทุกค่า j , $P(j) = -1$ ทุกค่า j , $Route = \{ \}$, $Now = \{SN\}$ และ $Next = \{ \}$

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบว่า Now เป็นเซตว่างหรือเปล่า ถ้าใช่ ทำขั้นตอนที่ 6

ขั้นตอนที่ 2 ทำการเลือกโหนดที่จะทำการพิจารณาจาก Now ($i \in Now$)

ขั้นตอนที่ 3 Scan เพิ่มค่า j โดยเริ่มที่ $j = 1$ แล้วเพิ่มทีละ 1

- ตรวจสอบว่า $Link(i,j) = 1$ และ $j \neq SN$

- ตรวจสอบ $H(j) > H(i) + Link(i,j)$

- ทำการกำหนดค่าให้ $H(j) = H(i) + Link(i,j)$

- ทำการกำหนดค่าให้ $D(j) = D(i) + LCost(i,j)$

- ทำการกำหนดค่าให้ $P(j) = i$

- ทำการใส่ค่าโหนด j ลงใน $Next$

ถ้าไม่ ตรวจสอบ $H(j) = H(i) + Link(i,j)$

- ตรวจสอบว่า $D(j) > D(i) + C_{ij}$

- ทำการกำหนดค่าให้ $H(j) = H(i) + Link(i,j)$

- ทำการกำหนดค่าให้ $D(j) = D(i) + LCost(i,j)$

- ทำการกำหนดค่าให้ $P(j) = i$

- ทำการใส่ค่าโหนด j ลงใน $Next$

End Scan เมื่อ $j > m$

ขั้นตอนที่ 4 ลบค่า i ออกจาก Now

ขั้นตอนที่ 5 กลับไปทำขั้นตอนที่ 1

ขั้นตอนที่ 6 ตรวจสอบว่า $Next$ เป็นเซตว่างหรือเปล่า ถ้าใช่ ทำขั้นตอนที่ 9 (ขั้นการสร้างตารางเส้นทาง)

ขั้นตอนที่ 7 ถ้าไม่ใช่ให้ $Now = Next$ และให้ $Next = \{ \}$

ขั้นตอนที่ 8 ทำขั้นตอนที่ 1

ขั้นตอนที่ 9 Scan เพิ่มค่า j โดยเริ่มที่ $j = 1$ แล้วเพิ่มทีละ 1

- $ERoute = 0$ และ $i = j$

- Scan ตรวจสอบค่า $ERoute$

- ค่าใส่ $P(i)$ ในไว้หน้าสุด Route (j)

- ตรวจสอบ $P(j) = SN$

- $ERoute = 1$

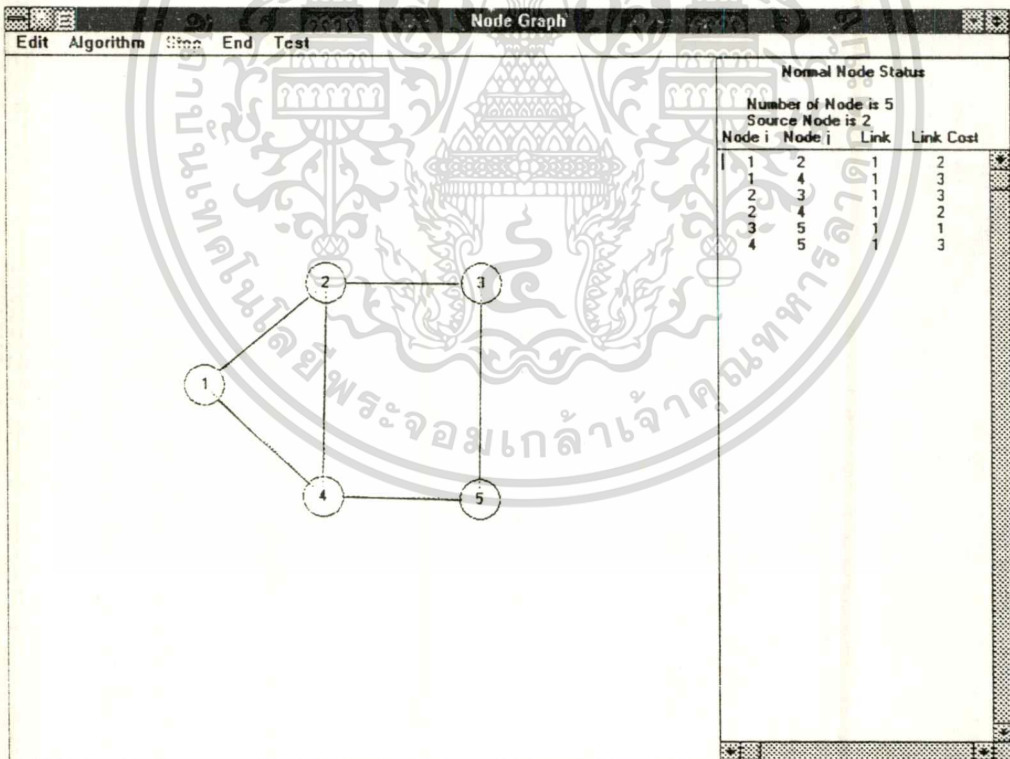
ถ้าไม่ใช่ $i = P(i)$

End Scan เมื่อตรวจสอบพบว่า $ERoute = 1$

End Scan เมื่อ $j > m$

ขั้นตอนที่ 10 จบการทำงาน

ภาพที่ 21

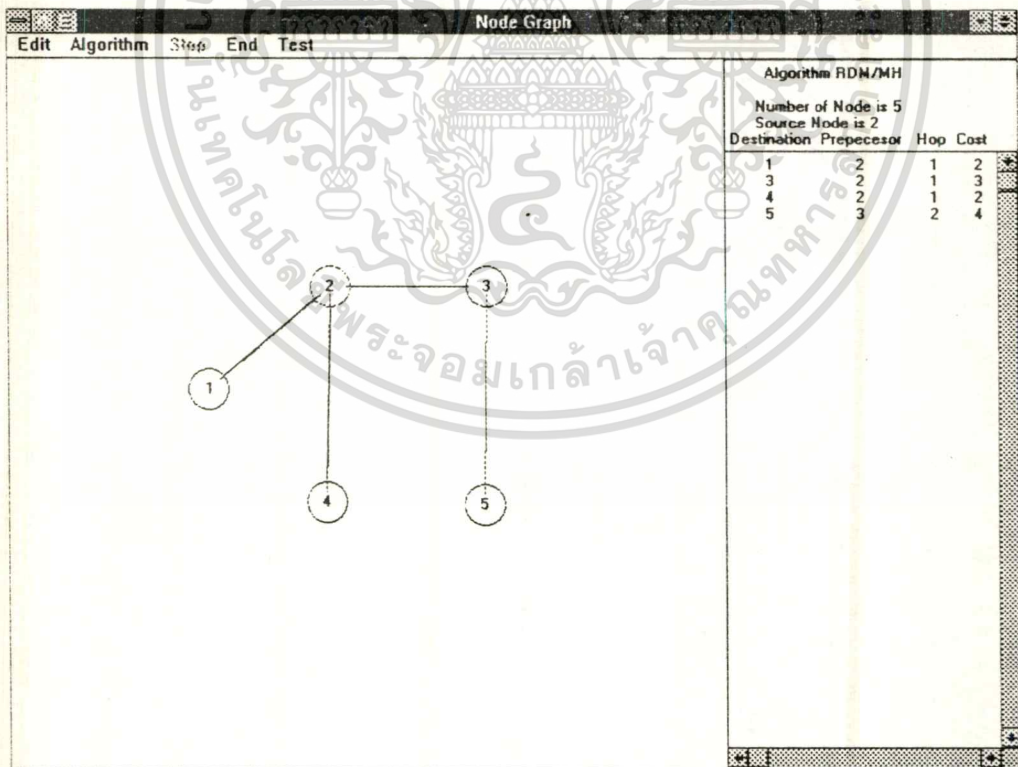


แสดง ภาพเครือข่ายและข้อมูลที่ป้อนให้ซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 22 และ 23 เป็นผลจากการหาเส้นทางที่เหมาะสมที่มีเส้นเชื่อมต่อน้อยที่สุดด้วย ขบวนการ RDM/MH โดยมีโหนดทั้งหมด 5 โหนดและกำหนดให้โหนด 1 เป็นโหนดเริ่มต้นในการค้นหาเส้นทาง จากภาพที่ 23 เป็นการแสดงด้วยภาพแทนโครงสร้างต้นไม้ จากโหนดเริ่มต้น โดยเชื่อมโยงไปยังโหนดต่าง ๆ และมีตารางเส้นทางของ RDM/MH อยู่ทางขวามือ โดยระบุจำนวนโหนดทั้งหมดในเครือข่าย โหนดเริ่มต้นคือโหนดใด ตัวตารางประกอบด้วยโหนดปลายทาง โหนดก่อนถึงโหนดปลายทาง ค่า Hop หรือจำนวนเส้นเชื่อมต่อทั้งหมดที่เส้นทางผ่าน และค่า Cost คือค่าผลรวมของลิงค์โคสท์ของเส้นทาง ส่วนภาพที่ 22 จะเป็นตารางเส้นทางที่แสดงให้เห็นถึงการเดินทางผ่านโหนดต่าง ๆ ระหว่างทาง รวมถึงจำนวนเส้นเชื่อมต่อที่ผ่านทั้งหมด และค่าผลรวมของลิงค์โคสท์ จากผลที่สามารถนำไปเปรียบเทียบกับขบวนการอื่น เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกเส้นทางส่งผ่านข้อมูลให้กับระบบเครือข่ายได้

ภาพที่ 22



แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/MH จากเครือข่ายภาพที่ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 23


Optimal Path Routing

File Edit Algorithm Help

Algorithm RDM/MH

Number of Node is 5 Source Node is 2

Destination	Routing Table	Hop	Link Cost
1	2 1	1	2
3	2 3	1	3
4	2 4	1	2
5	2 3 5	2	4



มหาวิทยาลัยราชภัฏ
บุรีรัมย์ สุรินทร์
อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร.วิมลฉัตร วรกุลศิริพันธ์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Number of Node Source Node

แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/MH จากเครือข่ายภาพที่ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การกำหนดเส้นทางส่งผ่านข้อมูลที่มีจำนวนเส้นเชื่อมต่อน้อยที่สุด สำหรับทุก ๆ ทางออกของแต่ละโหนด

Transmission Routing Decision with Individual Minimum Hops for Individual Output Channel of Each Nodes

บทนำ

RDM/MC เป็นขบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางที่ประหยัดที่สุด หรือมีค่าลิงค์คอสม์น้อยที่สุด ส่วน RDM/MH จะเป็นขบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางที่มีจำนวนลิงค์หรือจำนวนฮอปน้อยที่สุด โดยแต่ละกระบวนการจะให้ผลลัพธ์เพียง 1 เส้นทางที่ดีที่สุดสำหรับแต่ละโหนดเริ่มต้น ภายใต้เงื่อนไขของแต่ละขบวนการนั้น ซึ่งผลลัพธ์ที่กล่าวถึงนี้จะถูกรวบรวมเป็นตารางเส้นทางเก็บเป็นฐานข้อมูลประจำ (Static Information Base) เพื่อใช้ตัดสินใจเลือกทางส่งข้อมูล เราจึงเรียกดาวงเส้นทางประเภทนี้ว่าตารางเส้นทางประจำ (Static Routing Table)

ในบางครั้ง ผู้ใช้มีความต้องการให้มีเส้นทางส่งผ่านข้อมูลจากโหนดเริ่มต้นไปยังโหนดปลายทางมากกว่า 1 เส้นทาง เพื่อได้เป็นเส้นทางสำรองในกรณีเส้นทางที่เลือกไว้ดีที่สุดมีปัญหาขัดข้อง หรือในกรณีที่มีความต้องการที่จะส่งข้อมูลที่ถูกแบ่งเป็นส่วน ๆ ในรูปของบล็อกข้อมูล หรือแพคเกจ (Packet) ออกไปพร้อม ๆ กันในหลาย ๆ เส้นทาง และทุกเส้นทางจะไปสู่จุดหมายที่โหนดปลายทางเดียวกัน

งานวิจัยในบทนี้จึงขอเสนอขบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางให้กับทุก ๆ ช่องทางออกโหนดเริ่มต้นไปยังจุดหมายปลายทางเดียวกัน โดยให้แต่ละเส้นทางมีจำนวนลิงค์น้อยที่สุด เมื่อเริ่ม

ต้นออกจากช่องทางออกนั้น ๆ เราจะเรียกขบวนการนี้ว่า Routing Division Mechanism with Individual Minimum Hops (RDM/IMH)

ถ้าโหนดใด ๆ มีช่องทางส่งข้อมูลออก จำนวน q เอาท์พุท ($q = 1, 2, 3, \dots, m-1$) และ m เป็นจำนวนโหนดภายในเครือข่าย จะทราบว่า

สำหรับโหนดใด ๆ จำนวนเส้นทางที่ส่งข้อมูลไปยังโหนดปลายทางหรือโหนด = q เส้นทาง และ สำหรับโหนดใด ๆ จำนวนเส้นทางทั้งหมดภายในตารางเส้นทาง = $(m - 1) q$ เส้นทาง

ดังนั้นภายใต้ขบวนการ RDM/IMH โหนดใด ๆ ก็ตามที่ทำหน้าที่เป็นโหนดเริ่มต้นจะมีเส้นทางส่งข้อมูลไปยังโหนดปลายทางใด ๆ จำนวน q เส้นทางตามจำนวนเอาท์พุทโหนดเริ่มต้นนั้น ในทางปฏิบัติทางการส่งข้อมูลจริงที่โหนดนั้น อาจจะส่งข้อมูลแต่ละส่วนออกไปพร้อมกัน q เส้นทาง หรืออาจจะจัดลำดับ (Priority) ก่อนหลัง โดยให้เส้นทางที่มีจำนวนลิงค์น้อยที่สุดเป็นอันดับแรกของการถูกเลือกใช้ และเส้นทางที่มีจำนวนลิงค์น้อยเป็นอันดับ 2, 3, \dots, q เป็นเส้นทางสำรองตามลำดับ

เนื่องจาก RDM/MC และ RDM/MH เป็นขบวนการตัดสินใจเปรียบเทียบเลือกเพียง 1 เส้นทางภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับกรณีที่ต้องการตัดสินใจเลือกเพียง 1 เส้นทางดังกล่าว ซึ่งจะใช้เวลาในการคำนวณหาผลลัพธ์น้อยกว่า RDM/IMH อย่างแน่นอน

ในการวิจัยพัฒนาของการ RDM/IMH นั้น เมื่อพิจารณาจากการทำงานของขบวนการ RDM/MC หรือ RDM/MH แล้ว ได้ข้อสรุปว่าต้องการหาขบวนการค้นหาทุกเส้นทางที่เป็นไปได้ในการส่งข้อมูลจากโหนดเริ่มต้นไปยังโหนดปลายทาง โดยไม่มีการย้อนกลับเส้นทางเดิมแล้วทำการหาผลรวมของจำนวนลิงค์หรือฮอปบนแต่ละเส้นทางของแต่ละเอาท์พุทหรือช่องทางออกของโหนดเริ่มต้น เมื่อได้ผลรวมแล้วจะทำการเปรียบเทียบหาผลรวมจำนวนลิงค์ที่น้อยที่สุดบนเส้นทางของแต่ละช่องทางออก

อธิบายแบบมโนภาพ (Heuristic) ได้ว่า RDM/IMH จะใช้วิธีการเรียนรู้จากการเดินทางจริงในขั้นแรกของพนักงานขายของ (Sellingman) ที่เดินทางออกจากจุดเริ่มต้น และทดลองเดินไปทุกเส้นทางผ่านจุดแยกต่างๆ ไปถึงจุดหมายปลายทาง โดยไม่มีการย้อนเส้นทางเดิมสุดท้ายพนักงานขายจะรู้ว่าเส้นทางไหนจะผ่านจุดแยกน้อยที่สุด หรือผ่านเส้นเชื่อมต่อน้อยที่สุด นั่นเอง

ด้วยหลักการดังกล่าว งานวิจัยได้พัฒนา RDM/IMH ด้วยวิธีการของการแทนที่ คือการสมมติให้ข้อมูลถูกส่งออกไปทุกเส้นทาง แล้วเรียนรู้ด้วยการนับจำนวนลิงค์ที่ต้องผ่าน ไปจนถึง

โหนดปลายทางโดยไม่ไหลย้อนกลับ หลังจากนั้นทำการเปรียบเทียบหาเส้นทางที่มีจำนวนลิงค์น้อยที่สุดในแต่ละช่องทางออก (Output link) ของโหนดเริ่มต้นนั้น

พื้นฐาน RDM/IMH

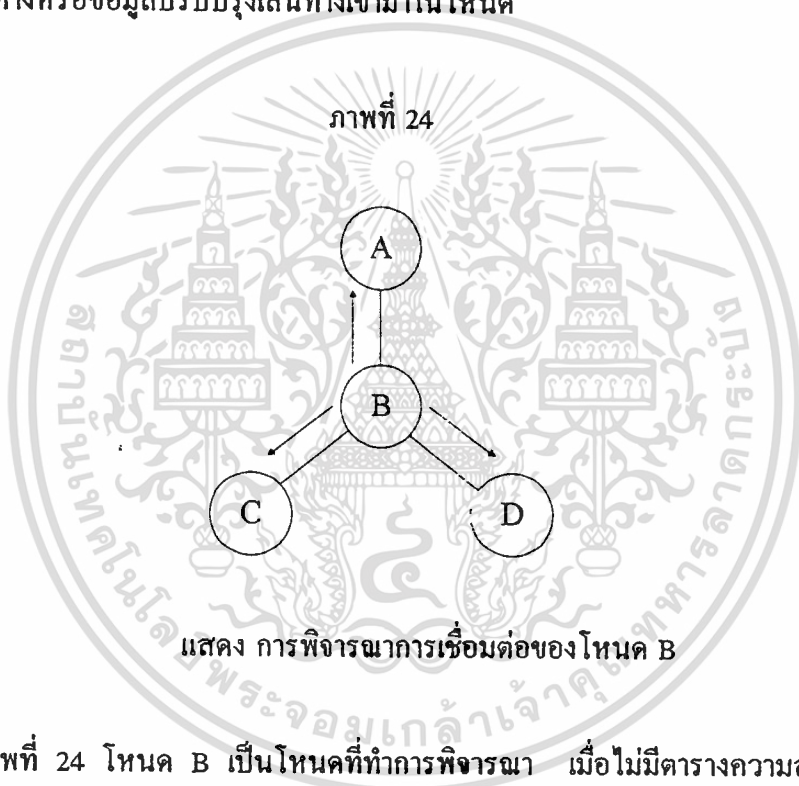
ดังที่กล่าวมาแล้ว ว่ากระบวนการนี้ได้นำลักษณะการทำงานของกระบวนการเหล่านี้มาใช้ในการเก็บเส้นทางเดิน ซึ่งการเก็บข้อมูลจะทำการส่งข้อมูลออกไปจริงเพื่อทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการเดินทางของข้อมูลนี้ว่าเดินทางอย่างไร ข้อมูลที่ส่งออกไปเพื่อเก็บเส้นทางเรียกว่า “ข้อมูลตรวจสอบเส้นทาง” โดยโหนดที่ต้องการทราบข้อมูลของเส้นทางเดินไปยังโหนดต่าง ๆ จะทำการส่งข้อมูลตรวจสอบเส้นทางออกไปในเส้นเชื่อมต่อดัง ๆ ที่ต่อกับโหนดนั้น เรียกว่า “โหนดตรวจสอบ” โดยข้อมูลตรวจสอบเส้นทางที่ส่งออกไปในแต่ละเส้นทางจะมีส่วนระบุว่าเป็นของโหนดใด (โหนดตรวจสอบ) ส่งออกไปทางเส้นเชื่อมต่อกับโหนดใด เพื่อใช้ในการตรวจสอบการรับส่งข้อมูลตรวจสอบเส้นทางไม่ให้ทำการส่งซ้ำ การเก็บข้อมูลเส้นทางเดินจะเกิดขึ้นเมื่อข้อมูลตรวจสอบเส้นทางมาถึงโหนดใดโหนดหนึ่ง ตัวอย่างเช่น โหนดตรวจสอบ (โหนด 1) ส่งข้อมูลตรวจสอบเส้นทางออกทางเส้นเชื่อมต่อกับโหนด 2 เมื่อข้อมูลตรวจสอบเส้นทางถึงโหนด 2 โหนด 2 จะทำการตรวจสอบข้อมูลและทราบว่าเป็นข้อมูลตรวจสอบเส้นทาง ก็จะทำการใส่ชื่อกำกับโหนดของตนคือ 2 ลงในข้อมูลตรวจสอบเส้นทาง แล้วทำการส่งออกไปตามเส้นเชื่อมต่อดัง ๆ ขกวันเส้นเชื่อมต่อที่ข้อมูลเข้ามา และจะเป็นเช่นนี้จนข้อมูลตรวจสอบเส้นทางของแต่ละทางออกจากโหนดตรวจสอบวิ่งครบทุกโหนดในเครือข่าย ก็จะไม่มีการส่งข้อมูลตรวจสอบเส้นทางเครือข่ายสื่อสารอีก สำหรับการส่งข้อมูลตรวจสอบเส้นทางที่ทำการตรวจสอบเรียบร้อยแล้วกลับมายังโหนดตรวจสอบจะเกิดขึ้นในกรณี โหนดที่รับข้อมูลตรวจสอบเส้นทางแล้วไม่มีเส้นเชื่อมต่อที่สามารถส่งไปให้โหนดอื่นต่อไปได้ (มีเฉพาะเส้นเชื่อมต่อที่ข้อมูลตรวจสอบเส้นทางเข้าสู่โหนด) และโหนดที่รับข้อมูลตรวจสอบเส้นทางที่เคยรับเข้ามาแล้วอย่างน้อยหนึ่งครั้ง การส่งข้อมูลตรวจสอบเส้นทางกลับจะทำการส่งย้อนกลับตามข้อมูลที่เก็บอยู่ในข้อมูลตรวจสอบเส้นทาง โดยโหนดทำการเอาข้อมูลที่เก็บอยู่ข้อมูลตรวจสอบเส้นทาง มาทำการตรวจสอบและทำการปรับปรุงตารางเส้นทางของโหนดแล้วทำการเปลี่ยนส่วนหัวของข้อมูลตรวจสอบให้ต่างออกไปจากเดิม เพื่อให้โหนดต่างทราบว่าข้อมูลนี้ไม่ใช่ข้อมูลตรวจสอบเส้นทางจะได้ไม่ต้องทำการใส่ข้อมูลของโหนดที่ข้อมูลนั้นผ่านลงไป

อีก และนำเอาข้อมูลเกี่ยวกับเส้นทางจากข้อมูลตรวจสอบที่ถูกเปลี่ยนหัวของข้อมูลนี้มาทำการปรับปรุงตารางเส้นทางของคน แล้วทำการส่งข้อมูลนั้นกลับตามเส้นทางที่ได้มา จึงเรียกข้อมูลตรวจสอบที่เสร็จสมบูรณ์แล้วนำมาเปลี่ยนส่วนหัวของข้อมูลว่า “ข้อมูลปรับปรุงเส้นทาง”

จากกล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปข้อกำหนดเบื้องต้นของการทำงานของ RDM/IMH ได้ดังต่อไปนี้

- โหนดตรวจสอบ เป็นโหนดที่ต้องการจะทราบเส้นทางไปยังโหนดต่าง ๆ โดยการสร้างข้อมูลตรวจสอบเส้นทาง ให้แต่ละเส้นทางออกจากโหนดตรวจสอบเพื่อเก็บข้อมูลของโหนดต่าง ๆ ที่ข้อมูลตรวจสอบผ่าน แล้วนำมาปรับปรุงตารางเส้นทางของคน โดยให้โหนดสุดท้ายที่รับข้อมูลตรวจสอบส่งข้อมูลนั้นกลับมาให้ในรูปข้อมูลปรับปรุงเส้นทาง
- ข้อมูลตรวจสอบเส้นทาง เป็นข้อมูลที่ใช้ในการเก็บเส้นทางเดินที่ข้อมูลตรวจสอบเส้นทางผ่าน เมื่อถึงโหนดใดก็จะทำการใส่ข้อมูลลงในข้อมูลตรวจสอบเส้นทาง
- การส่งข้อมูลตรวจสอบเส้นทาง จะทำการส่งข้อมูลตรวจสอบเส้นทางออกไปในทุกลิงค์ที่มี ยกเว้นลิงค์ที่ข้อมูลตรวจสอบเส้นทางเข้ามาสู่โหนดที่จะทำการส่ง
- ข้อมูลปรับเส้นทาง เมื่อข้อมูลตรวจสอบเส้นทางไม่สามารถส่งออกไปทางเส้นเชื่อมต่อใดได้ หรือย้อนกลับมาที่โหนดที่ข้อมูลตรวจสอบเส้นทางเคยผ่าน ข้อมูลตรวจสอบเส้นทางจะถูกเปลี่ยนเป็นข้อมูลปรับปรุงเส้นทาง
- การส่งข้อมูลปรับปรุงเส้นทางกลับมายังโหนดตรวจสอบ จะทำการส่งกลับโดยดูจากเส้นทางเดินที่ข้อมูลเดินจากโหนดตรวจสอบมาที่โหนดที่ข้อมูลปรับปรุงเส้นทางอยู่
- การรับข้อมูล จะต้องทำการตรวจสอบข้อมูลว่าเป็นข้อมูลชนิดใด ถ้าเป็นข้อมูลทั่วไปให้ทำการส่งผ่านตามเส้นทางที่ข้อมูลกำหนดมา ถ้าเป็นข้อมูลตรวจสอบเส้นทาง หรือข้อมูลปรับปรุงเส้นทางให้ทำตามขั้นตอนการทำงาน เช่น ตรวจสอบว่าเคยผ่านโหนดนี้หรือยัง เป็นต้น

จากข้อกำหนดเบื้องต้นที่กล่าวมา จะเห็นว่าการทำงานเกิดที่โหนดแต่ละโหนดเป็นอิสระจากกัน ทำให้สิ่งที่แต่ละโหนดพิจารณาคือโหนดข้างเคียงเท่านั้น กล่าวคือโหนดแต่ละโหนดจะรู้จักเฉพาะโหนดข้างเคียง ส่วนโหนดอื่น ๆ ในเครือข่ายจะไม่รู้จัก เนื่องมาจากการที่ไม่ใช้ตารางความสัมพันธ์เครือข่ายในการพิจารณา เป็นเหตุทำให้การทำงานของอัลกอริทึมนี้แบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นการทำงานในการส่งข้อมูลตรวจสอบเส้นทางออกจากโหนดตรวจสอบ ซึ่งการทำงานนี้จะเกิดขึ้นเฉพาะที่โหนดตรวจสอบ ส่วนที่สองการทำงานจะเกิดขึ้นเมื่อโหนดรับเอาข้อมูลตรวจสอบเส้นทางหรือข้อมูลปรับปรุงเส้นทางเข้ามาในโหนด



จากภาพที่ 24 โหนด B เป็นโหนดที่ทำการพิจารณา เมื่อไม่มีตารางความสัมพันธ์ของเครือข่ายโหนด B จะทราบแต่ว่ามีเส้นเชื่อมต่ออยู่ก็ลิงค์ ก็จะมีจำนวนโหนดที่เชื่อมต่อด้วยเท่ากับจำนวนลิงค์ที่มี ทำให้รู้จักเฉพาะโหนดที่อยู่ข้างเคียงเท่านั้น คือโหนด A, โหนด C และ โหนด D ส่วนโหนดที่ไกลออกไปจาก 3 โหนดนี้จะไม่รู้จัก หรืออาจกล่าวได้ว่าไม่มีตารางความสัมพันธ์ของเครือข่ายเฉพาะของโหนดข้างเคียง

การทำงานของกระบวนการ RDM/IMH ในการส่งข้อมูลตรวจสอบเส้นทางเริ่มต้น

กำหนดให้	q	เป็นจำนวนลิงค์ทั้งหมดที่เชื่อมต่อกับที่ทำการพิจารณา (SN)
	SN	คือ โหนดตรวจสอบหรือ โหนดเริ่มต้น
	ON	คือ โหนดที่ทำการเชื่อมต่อกับ โหนดตรวจสอบ เริ่มต้นให้เท่ากับ 1
	CIInf	เป็นข้อมูลตรวจสอบเส้นทาง (Check Information)
	PIInf	ใช้ในการเก็บข้อมูลของโหนด ว่าข้อมูลตรวจสอบเส้นทางใดเคยผ่านเข้ามา โหนดบ้าง (Pass Information)
ขั้นตอนที่ 1		ตรวจสอบว่ามีเส้นเชื่อมต่อ (SN, ON)
		- ใส่ค่าหัวของขอลงใน CIInf (ได้ {SN ON CIInf })
		- ใส่ชื่อโหนดของตนต่อท้ายใน CIInf (ได้ {SN ON CIInf 1 })
		- ส่ง CIInf ออกไปในเส้นเชื่อมต่อ (SN, ON)
		- เก็บค่าหัวของ CIInf ลงใน PIInf
ขั้นตอนที่ 2		ทำการเปลี่ยนโหนดที่ทำการเชื่อมต่อกับ โหนดตรวจสอบ ($ON = ON + 1$)
ขั้นตอนที่ 3		ตรวจสอบว่าโหนดที่ทำการเชื่อมต่อกับ โหนดตรวจสอบหมดหรือยัง ($ON > q$)
		- จบการทำงาน
	ถ้ายัง	ไปทำขั้นตอนที่ 1

การทำงานของกระบวนการ RDM/IMH เมื่อรับข้อมูลตรวจสอบหรือปรับปรุงเส้นทางเริ่มต้น

กำหนดให้	q	เป็นจำนวนลิงค์ทั้งหมดที่เชื่อมต่อกับโหนดที่ทำการพิจารณา (j)
	SN	คือ โหนดตรวจสอบ หรือ โหนดเริ่มต้น
	ON	คือ โหนดที่โหนดตรวจสอบส่งข้อมูลตรวจสอบเส้นทางให้เป็น โหนดแรก (Output chanal Node)
	j	คือ โหนดใด ๆ ที่ทำการรับข้อมูลเข้าสู่โหนด (เป็นโหนดที่กำลังพิจารณา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- t คือ โหนดที่ทำการส่งข้อมูลให้ j
- i, l คือ โหนดที่ทำการเชื่อมต่อกับ โหนด j ด้วยลิงค์ (i, j)
- CInf คือ ข้อมูลตรวจสอบเส้นทาง
- UInf คือ ข้อมูลปรับปรุงเส้นทาง (Update Information)
- PIInf ใช้ในการเก็บข้อมูลของโหนด ว่าข้อมูลตรวจสอบเส้นทางใดเคยผ่านเข้ามา โหนดบ้าง

ขั้นตอนที่ 1

Scan เพิ่มค่า i เป็นรอรับข้อมูลจากลิงค์ (i, j) เริ่ม $i = 1$ แล้วเพิ่มขึ้นทีละ 1

- เมื่อรับข้อมูลได้แสดงว่าโหนด i ส่งข้อมูลมาให้ $\therefore t = i$
- ถ้าข้อมูลที่รับมาใช่ CInf หรือ UInf
 - ตรวจสอบว่าข้อมูลที่รับเป็น UInf ใช่หรือไม่
 - ทำขั้นตอนที่ 2
 - ถ้าไม่ใช่ แสดงว่าเป็น CInf
 - ตรวจสอบว่า $j \in CInf$ และ หัวของ $CInf \in PIInf$ หรือไม่
 - ทำขั้นตอนที่ 3
 - ถ้าไม่ใช่ แสดงว่า CInf ที่รับยังไม่เคยผ่านโหนด
 - ใส่ชื่อโหนดลงใน CInf (CInf เดิมเท่ากับ {SN ON CInf | SN ON 1 2 ... t } จะเป็น {SN ON CInf | SN ON 1 2 ... t j })
 - k = 0
 - Scan เพิ่มค่า l โดยที่ $l \neq t$ เริ่มที่ $l = 1$ แล้วเพิ่มขึ้นทีละ 1
 - ทำการส่ง CInf ออกไปในเส้นเชื่อมต่อ (j, l)
 - k = 1

End Scan เมื่อ $l > q$

- ตรวจสอบ k = 0 (ไม่มีเส้นทางส่งออก $i = t$)

- ให้ทำขั้นตอนที่ 3

- ทำการเก็บหัวของ CInf ใน PIInf ((SN₁ ON₁ CInf | SN₂ ON₂ CInf |))

End Scan เมื่อ $i > q$ แล้วจบการทำงาน

- ขั้นตอนที่ 2
- 1 ทำการตรวจสอบข้อมูลใน UInf โดยการ Scan จากท้ายของข้อมูลหา i เพื่อใช้ในการส่งออกจะพบ t_j แล้ว i ตามลำดับ (UInf = {SN ON UInf | SN ON 1 2 ... i j t ... })
 - เมื่อได้ค่า i แล้วทำการส่ง UInf ไปในเส้นเชื่อมต่อ (j, i)
 - 2 ถ้าไม่ พบ i หลัง โหนด j แต่กลับเป็นส่วนหัวของข้อมูลแสดงว่าโหนดนี้ คือ โหนดตรวจสอบ ($j = SN$) จะไม่มีการส่งข้อมูล UInf ออกไปอีก
 - 3 จากนั้นทำการปรับปรุงตารางเส้นทางจากข้อมูลใน UInf
 - 4 ทำขั้นตอนที่ 1

- ขั้นตอนที่ 3
- 1 ทำการเปลี่ยนข้อมูล CInf เป็น UInf โดยการเปลี่ยนส่วนหัวข้อมูลจาก CInf เป็น UInf
 - 2 ทำการตรวจสอบว่ามี j ใน UInf หรือยัง ถ้ายัง ให้ใส่ j ลงใน UInf
 - 3 ทำการตรวจสอบตำแหน่งสุดท้ายของข้อมูล UInf ว่าใช่ j หรือไม่
 - ถ้าใช่ทำการดึงค่า i จากข้อมูลตำแหน่งถัดไปจากท้ายข้อมูล ถ้าไม่ใช่ ค่าสุดท้ายนั้นคือ i
 - 4 แล้วทำการส่ง UInf ออกไปในเส้นเชื่อมต่อ (j, i)
 - 5 จากนั้นทำการปรับปรุงตารางเส้นทาง
 - 6 ทำขั้นตอนที่ 1

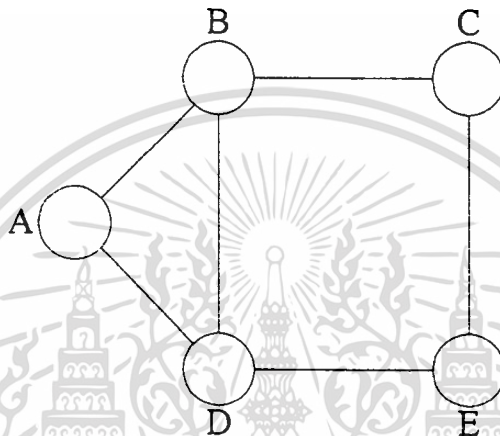
* หมายเหตุ การที่ส่ง UInf ย้อนกลับทางเดินเดิมนั้น เพื่อเป็นการกระจายข้อมูลตารางเส้นทางให้แก่โหนดอื่นๆ ในเครือข่าย ถึงแม้ว่าโหนดที่เริ่มส่ง UInf จะเป็นโหนดตรวจสอบเองก็ตาม

ตัวอย่างแสดงการทำงานของกระบวนการ RDM/IMH

สมมติว่า ภาพที่ 25 เป็นเครือข่ายสื่อสารที่จะกำหนดเส้นทางการส่งข้อมูลให้กับทุกเส้นทางออกจากโหนด โดยมีทั้งหมด 5 โหนดชื่อ A, B, C, D, และ E นอกจากจำนวนโหนด และ โครงสร้างการเชื่อมต่อทำให้ทราบจำนวนลิงค์

ในตัวอย่าง จำนวนโหนด $m = 5$ โหนด
 จำนวนลิงค์ $n = 6$ ลิงค์

ภาพที่ 25

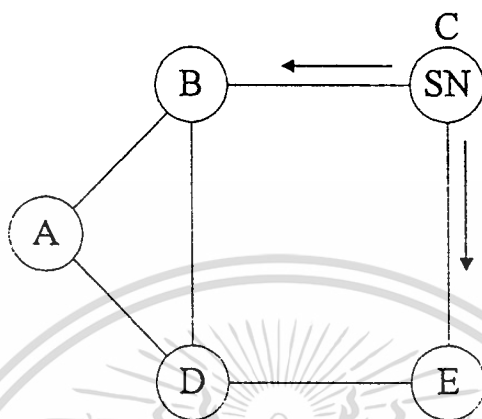


แสดง ตัวอย่างเครือข่ายข้อมูล

และในตัวอย่างนี้จะมีคู่โหนดข้างเคียงทั้งหมด 6 คู่ ได้แก่ (A,B), (A,D), (B,C), (B,D), (C,E), และ (D,E)

สมมติว่าจะเริ่มต้นหาตารางเส้นทางให้กับโหนด C RDM/IMH จะกำหนดให้โหนด C เป็น โหนด SN ดังภาพที่ 26 ซึ่งแทนโหนดเริ่มต้นในการหาเส้นทางไปยังโหนดอื่นที่เหลือ ได้แก่ โหนด A, โหนด B, โหนด D, และโหนด E ซึ่งจากจำนวนเส้นเชื่อมต่อที่เชื่อมต่อกับโหนด C มีทั้งหมด 2 เส้นเชื่อมต่อ ดังนั้นจำนวนเส้นทางน้อยที่สุดไปยังโหนดต่าง ๆ จะมีอย่างน้อย 2 เส้นทางต่อหนึ่งโหนด นั่นหมายความว่าเส้นทางทั้งหมดในตารางเส้นทางจะมีอย่างน้อย 10 เส้นทาง เมื่อการทำงานของ RDM/IMH สิ้นสุดลง

ภาพที่ 26



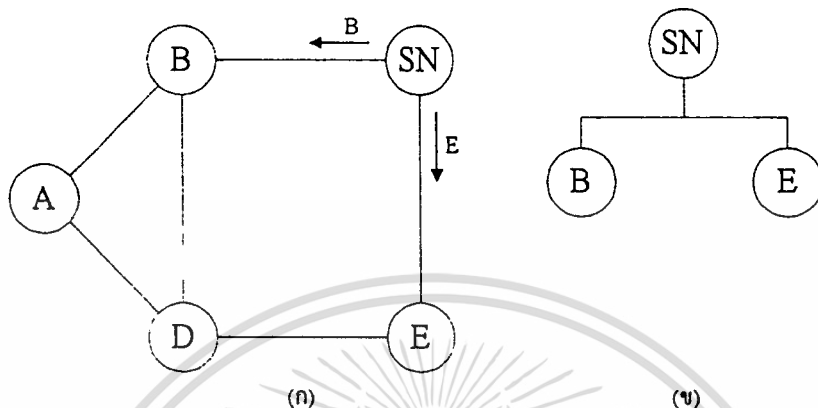
RDM/IMH จะทำการกำหนดโหนดเริ่มต้นเป็นโหนด SN (Start Node) เสมอ

เนื่อง RDM/IMH มีการทำงานที่แต่ละโหนดเป็นอิสระจากกัน ดังนั้นเพื่อให้เห็นสภาพการทำงานอย่างชัดเจน จะแสดงภาพการเดินทางของข้อมูลตรวจสอบเส้นทาง และแสดงภาพการค้นหาเส้นทางของโหนดที่กำลังพิจารณาในรูปของโครงสร้างต้นไม้ ควบคู่กันไป

กระบวนการ RDM/IMH (แสดงการค้นหาเส้นทางส่งข้อมูลให้กับทุกเส้นทางออกของโหนด C)

จากภาพที่ 26 ทำการกำหนดให้โหนดเริ่มต้น (โหนด C) เป็นโหนดเริ่มต้น และเป็นโหนดเริ่มการพิจารณาก่อน โดยจะพิจารณาโหนดที่ทำการเชื่อมต่ออยู่กับโหนด C แล้วเข้าสู่ขั้นตอนการทำงานที่โหนดเริ่มต้น เมื่อจบการทำงานที่โหนดเริ่มต้นแล้ว การทำงานครั้งต่อไป จะทำที่โหนดที่ทำการการเชื่อมต่ออยู่กับโหนดที่ทำการพิจารณาครั้งที่แล้ว (โหนด C) ทีละโหนด โดยทำงานตามขั้นตอนของโหนดทั่วไปที่รับข้อมูลเข้าสู่โหนด โดยจะกระทำเช่นนี้จนกระทั่งไม่มีโหนดที่จะทำการพิจารณาต่อไป ดังจะแสดงการขั้นตอนการทำงานเป็นภาพที่ 27 ถึง 31 ดังต่อไปนี้

ภาพที่ 27



แสดง การทำงานของกระบวนการ RDM/IMH

- ก) โหนด SN(C) จะทำการสร้าง CInf(B) ส่งออกทางโหนด B และ CInf(E) ส่งออกทางโหนด E คือ

$CInf(B) = \{C \ B \ CInf \ | \ C \}$ ส่งออกทางโหนด B

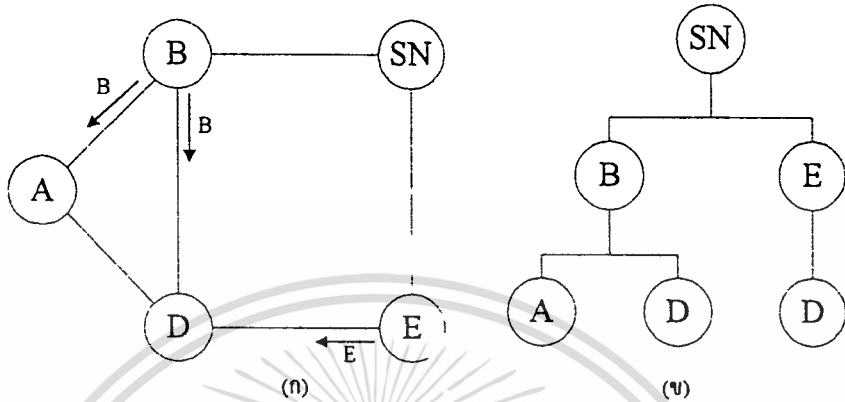
$CInf(E) = \{C \ E \ CInf \ | \ C \}$ ส่งออกทางโหนด E

เมื่อทำการส่ง CInf แล้วจะทำการเก็บหัวของ CInf ใน PInf คือ

PInf(C) เป็น $\{C \ B \ CInf \ | \ C \ E \ CInf \ | \}$

- ข) โครงสร้างต้นไม้แสดงการตรวจสอบการเชื่อมต่อของโหนด SN กับโหนดอื่น ๆ ได้ว่าโหนด SN ทำเชื่อมต่อกับโหนด B และ C

ภาพที่ 28



แสดง การทำงานของกระบวนการ RDM/IMH

ก) จากการพิจารณาจะทำที่ปลายของโครงสร้างต้นไม้ของการทำงานครั้งที่ผ่านมา (ภาพที่ 27 ข) ได้โหนดที่จะทำการพิจารณาคือ โหนด B และ E

ที่โหนด B รับ $CI_{nf}(B)$ และทำการใส่ค่าโหนดใน $CI_{nf}(B)$ แล้วส่งให้กับโหนดข้างเคียงที่ค้นหาได้ดังในภาพที่ 28 ข) แล้วทำการเก็บหัวของ CI_{nf} ใน PI_{nf} คือ

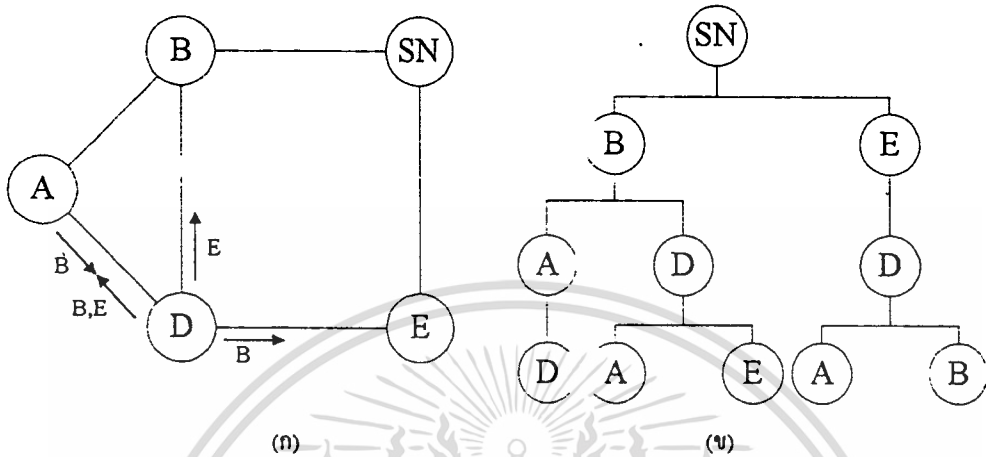
$$CI_{nf}(B) = \{C B CI_{nf} | C B\}, PI_{nf}(B) = \{C B CI_{nf} | \}$$

ที่โหนด E รับ $CI_{nf}(E)$ และทำการใส่ค่าโหนดใน $CI_{nf}(E)$ แล้วส่งให้กับโหนดข้างเคียงที่ค้นหาได้ดังในภาพที่ 28 ข) แล้วทำการเก็บหัวของ CI_{nf} ใน PI_{nf} คือ

$$CI_{nf}(E) = \{C E CI_{nf} | C E\}, PI_{nf}(E) = \{C E CI_{nf} | \}$$

ข) โครงสร้างต้นไม้แสดงการตรวจสอบการเชื่อมต่อของโหนด B และโหนด E กับโหนดอื่น ๆ

ภาพที่ 29



แสดง การทำงานของกระบวนการ RDM/IMH

ก) จากการพิจารณาจะทำที่ปลายของโครงสร้างต้นไม้ของการทำงานครั้งที่ผ่านมา (ภาพที่ 28 ข) ได้โหนดที่จะทำการพิจารณาคือ โหนด B และ E

ที่โหนด A รับ $CInf(B)$ และทำการใส่ค่าโหนดใน $CInf(B)$ แล้วส่งให้กับโหนดข้างเคียงที่ค้นหาได้ดังในภาพที่ 29 ข) แล้วทำการเก็บหัวของ $CInf$ ใน $PInf$ คือ

$$CInf(B) = \{C B CInf \mid C B A\}, PInf(A) = \{C B CInf\}$$

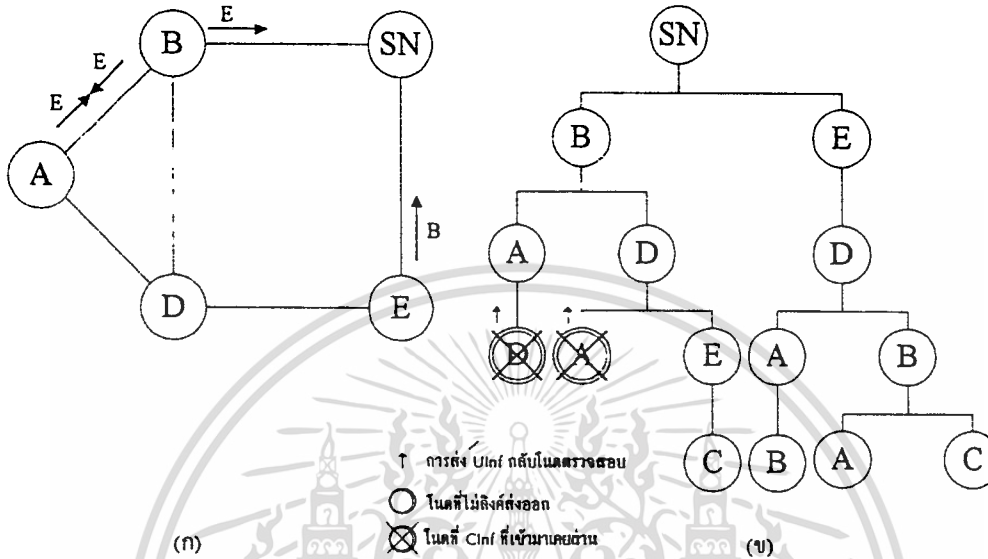
ที่โหนด E รับ $CInf(B)$ และ $CInf(E)$ และทำการใส่ค่าโหนดใน $CInf(B)$ และ $CInf(E)$ แล้วส่งให้กับโหนดข้างเคียงที่ค้นหาได้ดังในภาพที่ 29 ข) แล้วทำการเก็บหัวของ $CInf$ ใน $PInf$ คือ

$$CInf(B) = \{C B CInf \mid C B D\}$$

$$CInf(E) = \{C E CInf \mid C E D\}, PInf(A) = \{C B CInf \mid C E CInf\}$$

ข) โครงสร้างต้นไม้แสดงการตรวจสอบการเชื่อมต่อของโหนด A และโหนด D กับโหนดอื่น ๆ

ภาพที่ 30



แสดง การทำงานของกระบวนการ RDM/IMH

ก) จากการพิจารณาจะทำที่ปลายของโครงสร้างต้นไม้ของการทำงานครั้งที่ผ่านมา (ภาพที่ 29 ข) ได้โหนดที่จะทำการพิจารณาคือ โหนด A, B, D และ E ได้ว่า

ที่โหนด A จากการพิจารณา CInf(B) เคยผ่านโหนด A แล้ว จึงทำการเปลี่ยน CInf(B) เป็น UInf(B)

$$\therefore CInf(B) \rightarrow UInf(B) = \{C B UInf \mid C B D \}$$

ดังนั้นทำการส่ง UInf(B) กลับตามเส้นทาง $A \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow C$

ที่โหนด D จากการพิจารณา CInf(B) เคยผ่านโหนด D แล้ว จึงทำการเปลี่ยน CInf(B) เป็น UInf(B)

$$\therefore CInf(B) \rightarrow UInf(B) = \{C B UInf \mid C B A \}$$

ดังนั้นทำการส่ง UInf(B) กลับตามเส้นทาง $D \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C$

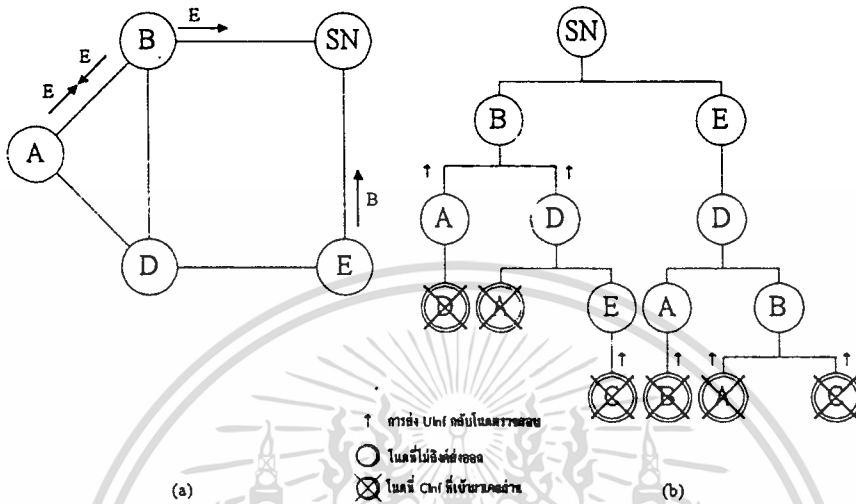
ที่โหนด A $CInf(E) = \{C E CInf \mid C E D A\}$, $PInf(A) = \{C B CInf \mid C E CInf \mid \}$

ที่โหนด B $CInf(E) = \{C E CInf \mid C E D B\}$, $PInf(B) = \{C B CInf \mid C E CInf \mid \}$

ที่โหนด E $CInf(B) = \{C B CInf \mid C B D E\}$, $PInf(E) = \{C B CInf \mid C E CInf \mid \}$

ข) โครงสร้างต้นไม้ไม่แสดงการตรวจสอบการเชื่อมต่อของโหนด A และโหนด D กับ โหนดอื่น ๆ

ภาพที่ 31



แสดง การทำงานของกระบวนการ RDM/IMH

ก) จากการพิจารณาจะทำที่ปลายของโครงสร้างต้นไม้ของการทำงานครั้งที่ผ่านมา (ภาพที่ 30 ข)) ได้โหนดที่จะทำการพิจารณาคือ โหนด A, B และ E ได้ว่า

ที่โหนด A จากการพิจารณา CInf(E) เคยผ่านโหนด A แล้ว จึงทำการเปลี่ยน CInf(E) เป็น UInf(E)

$$\therefore CInf(E) \rightarrow UInf(E) = \{C E UInf \mid C E D B \}$$

ดังนั้นทำการส่ง UInf(B) กลับตามเส้นทาง A → B → D → E → C

ที่โหนด B จากการพิจารณา CInf(E) เคยผ่านโหนด B แล้ว จึงทำการเปลี่ยน CInf(E) เป็น UInf(E)

$$\therefore CInf(E) \rightarrow UInf(E) = \{C E UInf \mid C E D A \}$$

ดังนั้นทำการส่ง UInf(E) กลับตามเส้นทาง B → A → D → E → C

ที่โหนด C (SN) จากการพิจารณา CInf(E) และ CInf(E) เคยผ่านโหนด C แล้ว จึงทำการเปลี่ยน CInf ของ B และ C เป็น UInf ทั้งสองข้อมูล

$$\therefore CInf(B) \rightarrow UInf(B) = \{C B UInf \mid C B D E \}$$

ดังนั้นทำการส่ง UInf(B) กลับตามเส้นทาง C → E → D → B → C

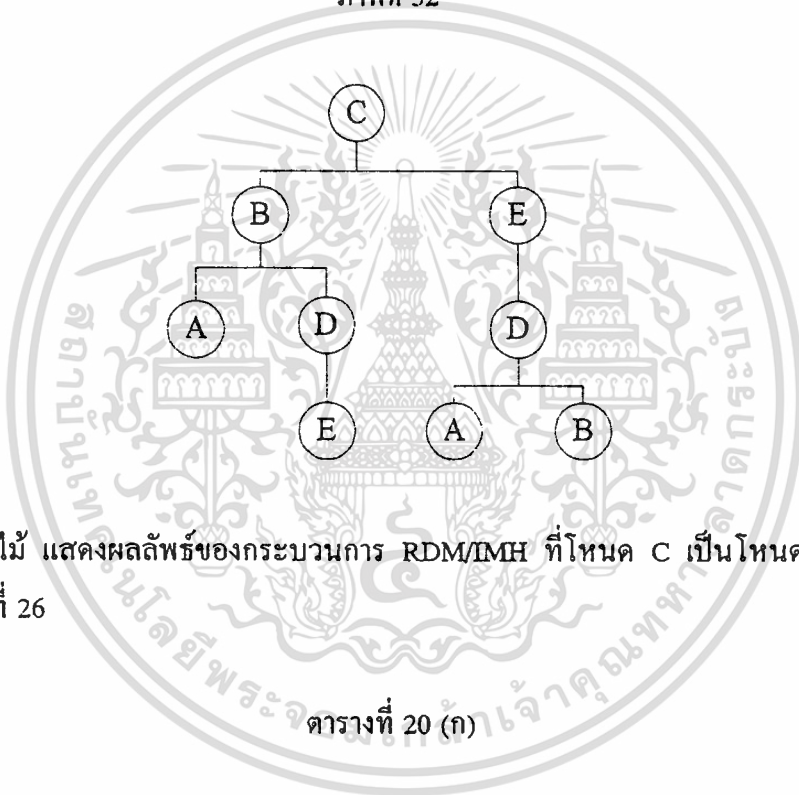
$$\therefore CInf(E) \rightarrow UInf(E) = \{C E UInf \mid C E D B \}$$

ดังนั้นทำการส่ง UInf(E) กลับตามเส้นทาง C → B → D → E → C

ข) โครงสร้างต้นไม้ไม่แสดงการตรวจสอบการเชื่อมต่อของโหนด A และโหนด D กับโหนดอื่น ๆ

จากตัวอย่างการค้นหาเส้นทางโดย RDM/IMH ให้กับโหนด C จากเครือข่ายสื่อสารที่แสดงในภาพที่ 26 สามารถแสดงผลลัพธ์ในรูปของโครงสร้างต้นไม้ได้ดังรูปที่ 32 และจากโครงสร้างต้นไม้ สามารถเขียนเส้นทางที่ได้รับการคัดเลือกด้วย RDM/IMH ได้ตามตารางที่ 20 (ก), และ (ข) จากเส้นทางที่ได้รับการคัดเลือกทั้งหมดเท่ากับ 10 เส้นทาง ดังที่กล่าวมาแล้วก่อนแสดงตัวอย่างว่าเส้นทางอย่างน้อยที่สุดเท่า 10 เส้นทางที่จะเป็นเส้นทางที่ได้รับการคัดเลือก

ภาพที่ 32



โครงสร้างต้นไม้ แสดงผลลัพธ์ของกระบวนการ RDM/IMH ที่โหนด C เป็นโหนดเริ่มต้น จากเครือข่ายภาพที่ 26

ตารางที่ 20 (ก)

Routing table at node C sent out to node B			
Destination node	Routing	Hops	Link Cost
A	C -> B -> A	2	
B	C -> B	1	
D	A -> E -> D	2	
E	A -> E	1	

แสดง เส้นทางที่ได้รับการคัดเลือกด้วย RDM/IMH เส้นทางที่ 1 จากผลลัพธ์ภาพที่ 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 20 (ข)

Routing table at node C sent out to node E			
Destination node	Routing	Hops	Link Cost
A	C -> E -> D -> A	3	
B	C -> E -> D -> B	3	
D	C -> E -> D	3	
E	C -> E	3	

แสดงเส้นทางที่ได้รับคัดเลือกด้วย RDM/IMH เส้นทางที่ 1 จากผลลัพธ์ภาพที่ 32

จากตารางที่ 20 (ก), และ (ข) การที่ไม่ปรากฏค่า Link Cost ในตารางเนื่องมาจากในภาพที่ 26 ที่แสดงเครือข่ายสื่อสารที่นำมาทำการผ่านกระบวนการ RDM/IMH ไม่ได้กำหนดค่าลิงค์คอสท์ จึงไม่สามารถหาค่าผลรวมของลิงค์คอสท์ได้ ซึ่งตารางนี้เป็นลักษณะของตารางเส้นทางที่ทำการออกแบบมาใช้กับวิทยานิพนธ์นี้ ซึ่งสามารถแสดงค่าลิงค์คอสท์ได้

โครงสร้างการทำงานระบบบริหารเครือข่าย

การทำงานของการทำงานเส้นทางที่เหมาะสม ของกระบวนการตัดสินใจเส้นทางให้กับทุกเส้นทางออกจากโหนด (RDM/IMH) จะแตกต่างจากการทำงานของกระบวนการค้นหาเส้นทางสองแบบแรก (RDM/MC และ RDM/MH) ประการแรก การทำงานในการหาเส้นทางเดินเกิดขึ้นที่โหนดเอง ผิดกับของ RDM/IMH ที่ต้องส่งข้อมูลตรวจสอบเส้นทางออกไปเก็บเส้นทางเดินกลับมา ประการที่สอง เนื่องจากใช้ข้อมูลจากตารางความสัมพันธ์เครือข่าย จึงจำเป็นต้องรอการปรับปรุงข้อมูลของทั้งเครือข่ายก่อน จึงจะสามารถทำงานตามกระบวนการค้นหาเส้นทางได้ เพื่อความถูกต้องของตารางเส้นทาง เนื่องจากกระบวนการ RDM/IMH จะทำการส่งข้อมูลตรวจสอบเส้นทางออกไปทำการเก็บข้อมูลจริงในเครือข่าย จึงไม่จำเป็นต้องอาศัยตารางความสัมพันธ์เครือข่าย และในการเดินทางข้อมูลจะเป็นการปรับปรุงตารางเส้นทางของโหนดอื่น ๆ ด้วย ประการที่สาม เส้นทางที่เหมาะสมของสองกระบวนการแรกจะได้เพียงหนึ่งเส้นทาง ส่วนกระบวนการ RDM/IMH จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นทางที่เหมาะสมมากกว่าหนึ่งเส้นทาง ประการที่สี่ ผลของตารางเส้นของ RDM/IMH จะมีเส้นทางของกระบวนการ RDM/MH เป็นข้อชี้ข้ออยู่ด้วยเสมอ ข้อเปรียบเทียบทั้ง 4 ประการที่กล่าวมา ทำให้เห็นว่าโครงสร้างทำของระบบบริหารเครือข่ายที่จะทำงานกับกระบวนการ RDM/MH นั้นต่างไปจากเดิม ซึ่งการทำงานของระบบใหม่นี้จะแยกออกเป็นสองส่วนตามที่กล่าวแล้วในหัวข้อ 4.2 คือการทำงานที่เกิดที่โหนดตรวจสอบ และการทำงานที่โหนดใด ๆ ก็ตามในการรับข้อมูลตรวจสอบหรือปรับปรุงเส้นทางมาเพื่อทำการปรับปรุงตารางเส้นทาง

เนื่องจากขั้นตอนการส่งข้อมูลตรวจสอบเส้นทางออกจากโหนดตรวจสอบ ซึ่งการทำงานนี้เกิดเฉพาะที่โหนดตรวจสอบ และขั้นตอนการรับข้อมูลตรวจสอบหรือข้อมูลปรับปรุงเส้นทาง จะเกิดขึ้นที่ทุกโหนดในเครือข่าย ดังนั้นโครงสร้างการทำงานของระบบบริหารเครือข่ายในส่วนนี้จะแบ่งออกเป็นสองกรณี คือ ที่โหนดตรวจสอบจะเริ่มด้วย ขั้นตอนการส่งข้อมูลตรวจสอบเส้นทางออกจากโหนดตรวจสอบ แล้วทำขั้นตอนการรับข้อมูลตรวจสอบหรือข้อมูลปรับปรุงเส้นทาง ส่วนที่โหนดอื่น ๆ จะทำเฉพาะขั้นตอนการรับข้อมูลตรวจสอบหรือข้อมูลปรับปรุงเส้นทางเท่านั้น

สำหรับการคัดเลือกเส้นทางจากเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อส่งผ่านข้อมูลนั้น จะมีขั้นตอนการทำงานอีกหนึ่งขั้นตอน เรียกว่า “ขบวนการควบคุมการไหลของข้อมูล” สำหรับกระบวนการ RDM/MC และ RDM/MH นั้นไม่จำเป็นต้องทำการคัดเลือกเส้นทาง เนื่องจากเส้นทางมีเพียงหนึ่งเส้นทาง แต่ในกระบวนการ RDM/IMH มีเส้นทางที่เหมาะสมมากกว่าหนึ่ง จึงต้องมีการคัดเลือกเส้นทางจากเส้นทางที่เหมาะสมอีกครั้งก่อนทำการส่งผ่านข้อมูล เมื่อทำการคัดเลือกเส้นทางได้แล้วจะต้องทำการยืนยันเส้นทางที่จะทำการส่งผ่านข้อมูล โดยการสร้างเส้นเชื่อมต่อเสมือน (Virtual Link) ระหว่างโหนดต้นทางกับโหนดปลายทางตามเส้นทางที่เหมาะสมที่ได้รับคัดเลือก ซึ่งการสร้างเส้นเชื่อมต่อเสมือนนี้ในสองกระบวนการที่กล่าวในบทที่ 3 จะทำหรือไม่ก็ได้ เนื่องจากเส้นทางที่เหมาะสมมีเพียงหนึ่งเส้นทาง

1. ตัวอย่างวิธีการคัดเลือกเส้นทางส่งผ่านจากเส้นทางที่เหมาะสม

1) การลุ่มเส้นทางจากตารางเส้นทาง

เป็นการคัดเลือกเส้นทางที่เหมาะสมในการส่งผ่านข้อมูลจากตารางเส้นทางที่ง่ายที่สุด และกระจายข้อมูลไปในเครือข่ายได้ดี ทำให้โอกาสเกิดการแออัดของข้อมูลได้น้อย

หลักการทํางานจะทำการส่งข้อมูลขออนุญาตทำการเชื่อมต่อตามเส้นเชื่อมต่อระหว่างโหนดต่าง ๆ ตามเส้นทางที่เหมาะสมที่ทำการสุ่มได้จากตารางเส้นทาง เพื่อเป็นการยืนยันการใช้เส้นทางที่ได้รับเลือกในการส่งผ่านข้อมูล ถ้าไม่ได้รับการตอบรับก็จะขออนุญาตใช้เส้นทางด้วยการสุ่มเส้นทางใหม่จากตารางเส้นทาง จนกระทั่งได้รับการตอบในการเชื่อมต่อของเส้นทางที่ได้รับเลือก จึงทำการส่งผ่านข้อมูล

2) การจัดลำดับความเหมาะสมในการส่งผ่านข้อมูล

การจัดลำดับความเหมาะสมให้กับเส้นทางที่เหมาะสม เป็นการทำงานที่สูญเสียเวลาในการทำงานของระบบน้อย เนื่องจากมีการจัดลำดับความเหมาะสมของเส้นทางการส่งผ่านไว้เรียบร้อยแล้วไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งการจัดลำดับอาจถือตามที่กระบวนการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมหาได้เลย หรืออาจทำการจัดลำดับตามตัวแปรที่ผู้บริหารหรือช่างเห็นว่าเหมาะสม เช่น การผ่านเส้นเชื่อมต่อจากน้อยไปมาก ค่าลิงค์คอสรท์จากน้อยไปมาก เป็นต้น

หลักการทํางานจะทำการส่งข้อมูลขออนุญาตทำการเชื่อมต่อตามเส้นเชื่อมต่อระหว่างโหนดต่าง ๆ ตามเส้นทางที่เหมาะสมลำดับแรกในตารางเส้นทางระบุ เพื่อเป็นการยืนยันการใช้เส้นทางที่ได้รับเลือกในการส่งผ่านข้อมูล ถ้าไม่ได้รับการตอบรับก็จะขออนุญาตใช้เส้นทางลำดับถัดไปในตารางเส้นทาง จนได้รับการตอบในการเชื่อมต่อของเส้นทางที่ได้รับเลือก จึงสามารถทำการส่งผ่านข้อมูลได้

3) การสลับเปรียบเส้นทางตามสภาพความแออัด

เป็นการทำงานที่เพิ่มเติมจากการจัดลำดับความเหมาะสมในการส่งผ่านข้อมูล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งผ่านข้อมูลโดยมีหลักดังนี้

- จัดลำดับความเหมาะสมของเส้นทางการส่งออก
- การสลับเส้นทางจะเกิดขึ้นได้เฉพาะข้อมูลที่โหนดตนเองเป็นโหนดต้นทางเท่านั้น
- การสลับเส้นทางเกิดจากการที่ระบบตรวจสอบสภาพการรอเพื่อส่งผ่านมีมากกว่าที่ระบบกำหนดไว้ โดยเลื่อนไปใช้ในเส้นทางที่เหมาะสมลำดับถัดไป

จากหลักการทํางานจะเห็นว่ามีการกระจายข้อมูลให้ไปในเส้นอื่นก่อนที่จะเกิด ความแออัดมากเกินควร แต่ถ้าโหนดอื่น ๆ เลือกเส้นทางเดินผ่านโหนดใดโหนดหนึ่งมาก เกินไปก็อาจจะเกิดความแออัดขึ้นได้ การที่โหนดที่เกิดความแออัดไม่สามารถสลับเส้น ทางเดินที่โหนดเลือกอื่นไว้ไปในเส้นทางที่มีการใช้งานน้อยกว่า เนื่องจากการทำเส้น เชื่อมต่อเสมือนเป็นตัวกำหนดเส้นทางเอาไว้เพื่อไม่ให้ข้อมูลวิ่ง ไร้ทิศทางในเครือข่าย เนื่องจากแต่ละโหนดสลับข้อมูลไปในเส้นทางที่แออัดน้อยกว่า ซึ่งอาจทำให้เกิดการ วนลูปของข้อมูลได้

ที่กล่าวมานั้นเป็นเพียงบางส่วนของหลักการคัดเลือกเส้นทางในการส่งผ่านข้อมูลเส้นทางเดียว ในการส่งผ่านข้อมูล หรือการเชื่อมต่อระหว่างโหนดเริ่มต้นกับโหนดปลายทางหนึ่งครั้ง นอกจาก นั้นยังมีการคัดเลือกเส้นทางแบบส่งออกไปพร้อม ๆ กันหลายเส้นทางพร้อมกัน เช่น แพคเกจ สวิตซ์ซึ่ง และการแบ่งข้อมูลกระจายกันส่งผ่านไปหลาย ๆ เส้นทาง เพื่อป้องกันการโจรกรรม ข้อมูลเป็นต้น ซึ่งการหาเส้นทางจริงเพื่อหาเส้นทางที่เหมาะสมก็สามารถไปใช้กับความต้องการการส่ง ผ่านแบบหลายเส้นทางได้เช่นเดียวกัน

2. ตารางเส้นทาง

ดังที่กล่าวแล้วในบทที่ 2 ว่าโหนดทุกโหนดจะมีตารางเส้นทางของตัวเองเพื่อเป็นตัวบ่งชี้ ว่าสามารถส่งข้อมูลออกไปทางใดได้บ้าง จากกระบวนการค้นหาเส้นทางในบทที่ 3 และ 4 นั้น ตารางเส้นทางเป็นแบบมีเส้นทางเดียวในการส่งข้อมูลจากโหนดต้นทางถึงโหนดปลายทาง แต่ สำหรับขบวนการกำหนดเส้นทางส่งผ่านข้อมูลที่มีจำนวนเส้นเชื่อมต่อน้อยที่สุดสำหรับทุก ๆ ทาง ออกของแต่ละโหนด เส้นทางเดินจากโหนดต้นทางถึงโหนดปลายทางนั้นมีหลายเส้นทาง ทำให้ รูปแบบการจัดเก็บเส้นทางมีการเปลี่ยนไปบ้างดังแสดงให้เห็นแล้วใน ตารางที่ 20 (ก) และ (ข) ซึ่ง สามารถเขียนอีกแบบได้ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21

Routing table at node C sent Out to node B

Destination	A	B	D	E
Predecessor node	B	C	B	D

Routing table at node C sent Out to node E

Destination	A	B	D	E
Predecessor node	D	D	E	C

แสดง ตารางเส้นทางที่ได้จากเครือข่าย ภาพที่ 26

การออกแบบโปรแกรมระบบ

เนื่องจากการทำงานของขบวนการกำหนดเส้นทางส่งผ่านข้อมูลที่มีจำนวนเส้นเชื่อมต่อ น้อยที่สุดสำหรับทุก ๆ ทางออกของแต่ละโหนด มีลักษณะการทำงานที่แต่ละโหนดเป็นอิสระจาก กัน ทำให้ต้องศึกษาขบวนการทำงานในแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียด เพื่อให้เห็นภาพรวมของการ ทำงานทั้งหมด แล้วนำมาสร้างการทำงานที่ให้ผลลัพธ์ออกมาเหมือนทำงานจริง ๆ ดังนั้นอาจจะมี บางส่วนของการทำงาน เช่นการทำงานที่เกี่ยวกับการส่งกลับข้อมูลเพื่อนำมาปรับปรุงตารางเส้น ทางที่โหนดตรวจสอบ สามารถตัดออกไปได้เนื่องจากสามารถดึงข้อมูลจากข้อมูลตรวจสอบเส้น ทางได้โดยตรง เพราะการทำงานทั้งหมดมารวมอยู่ในโหนดเดียวกันแล้ว และการที่การทำงานมา รวมที่โหนดเดียวนี้เองทำให้ต้องอาศัยตารางความสัมพันธ์ของเครือข่ายเข้ามาช่วยในการตรวจสอบ การเชื่อมต่อระหว่างโหนด จากเดิมไม่จำเป็นต้องใช้

จากการที่ใช้ตารางความสัมพันธ์ของเครือข่ายเข้ามาใช้ในการทำงานของกระบวนการค้นหาเส้นทาง ทำให้ซอฟต์แวร์ที่ทำขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับระบบโครงสร้างเครือข่ายที่ใช้สองกระบวนการแรกได้ ดังนั้นการออกแบบจึงเน้นการทำงานให้เข้ากับ การทำงานแบบมี ตารางความสัมพันธ์ของเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ตัวแปรและความสัมพันธ์ของตัวแปร

m	เป็นจำนวนโหนดทั้งหมดในเครือข่าย
SN	เป็นโหนดตรวจสอบ หรือโหนดเริ่มต้นในการหาเส้นทาง
Now	เป็นเช็ทของโหนดและหัวของข้อมูลตรวจสอบที่จะได้รับเลือกให้เป็นโหนดและหัวของข้อมูลตรวจสอบที่จะทำการพิจารณา
Next	เป็นเช็ทของโหนดและหัวของข้อมูลตรวจสอบที่จะได้รับเลือกให้เป็นโหนดและหัวของข้อมูลตรวจสอบที่จะทำการพิจารณาในครั้งต่อไป (Next => Now)
i	เป็นโหนดที่กำลังพิจารณา
j	เป็นโหนดที่อยู่ข้างเคียงกับโหนดที่กำลังพิจารณา และถือว่าเป็นโหนดปลายทางของการพิจารณาแต่ละครั้ง
TN	เป็นโหนดที่อยู่ข้างเคียงกับโหนดที่กำลังพิจารณา ที่เป็นโหนดส่งข้อมูลตรวจสอบให้โหนดที่กำลังพิจารณา (Transmit Node)
Link	เป็นเช็ทแสดงสถานะของการเชื่อมต่อระหว่างโหนดข้างเคียงของตารางความสัมพันธ์ของเครือข่าย
HInf	ทำหน้าที่เหมือนหัวของข้อมูล (Head Information) โดยใช้เลขกำกับโหนดข้างเคียงของโหนดตรวจสอบที่ส่งข้อมูลตรวจสอบเส้นทางออกไป (HInf = 1 ถึง m)
CInf(HInf)	คือข้อมูลตรวจสอบเส้นทาง มีหน้าที่เก็บเส้นทางเดินว่าผ่านโหนดใดบ้าง โดยโหนดเริ่มต้นจะเป็นผู้สร้างแล้วส่งออกไปยังโหนดต่าง ๆ ในเครือข่าย
PInf(HInf)	คือข้อมูลประจำโหนดต่าง ๆ ใช้ตรวจสอบว่าข้อมูลตรวจสอบเส้นทางใดที่เคยผ่านโหนดแล้วบ้าง
Route	เป็นเช็ทของตารางเส้นทางดังแสดงในตารางที่ 20

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

เริ่มต้น

กำหนดให้

Input SN, ตารางความสัมพันธ์ของเครือข่าย (ได้ m, Link)

Now = { }, Next = { }, PInf (HInf) = { } และ Route = { }

ขั้นตอนที่ 1

(การทำงานของ
โหนดตรวจสอบ)

- 1) โหนดที่จะพิจารณาคือโหนดเริ่มต้น $i = SN$
- 2) Scan ค่า j เพื่อหา $Link(i,j) = 1$
 - ใส่ค่า i ใน $CInf(j)$ ($\therefore HInf = j$)
 - ใส่ค่า j และ $HInf$ ใน $Next$
 - ใส่ค่า $HInf$ ใน $PInf(i)$
- End Scan เมื่อ $j > m$

ขั้นตอนที่ 2

(การเลื่อนชุด
การพิจารณา)

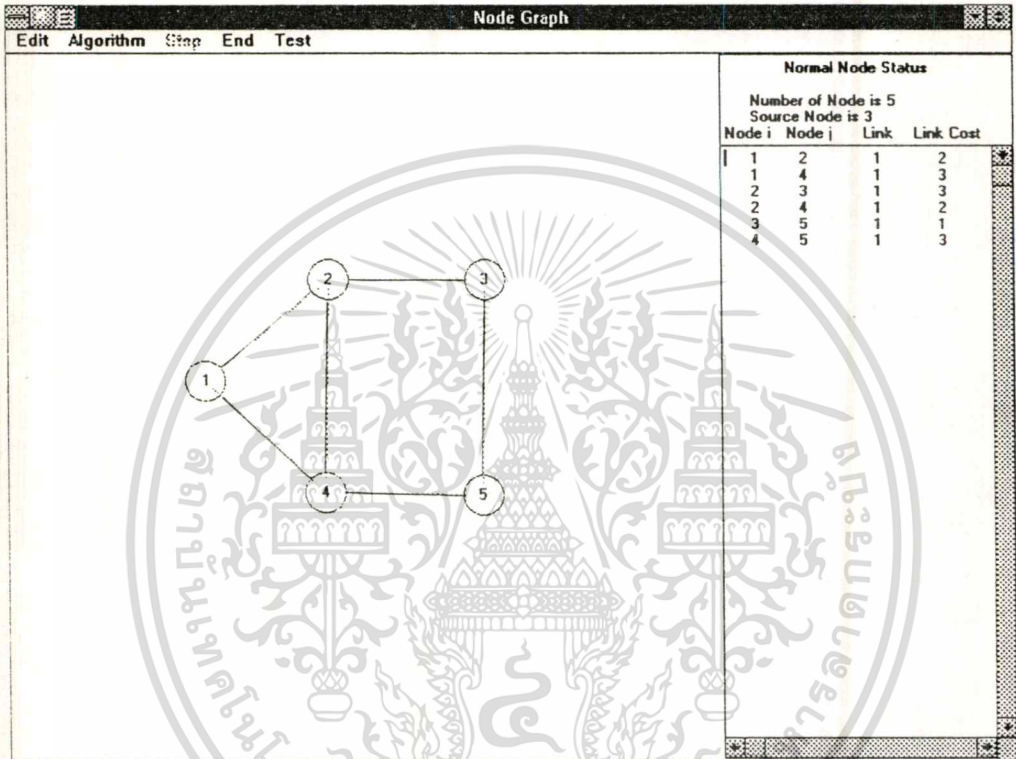
- 1) If $Next = \{ \}$ Then จบการทำงาน
- 2) $Now = Next$
- 3) $Next = \{ \}$
- 4) Reset ให้ $j = 1$

ขั้นตอนที่ 3

(เก็บเส้นทาง
เดินผ่านโหนด)

- 1) If $Now = \{ \}$ Then ทำขั้นตอนที่ 2
- 2) ดึงค่า i และ $HInf$ ที่ละคู่จาก Now ($i, HInf \in Now$)
- 3) ดึงค่าโหนดที่ส่ง $CInf$ มาให้โหนด i จากท้ายของข้อมูล $CInf$ ($t \in CInf(HInf)$)
- 4) ทำการตรวจสอบว่า $CInf(HInf)$ นี้เคยผ่าน i หรือยัง ($HInf \notin PInf(i)$)
 - Scan ค่า j เพื่อหาว่า $Link(i,j) = 1$ และ $j \neq t$
 - ใส่ค่า j และ $HInf$ ใน $Next$
 - ใส่ค่า $HInf$ ใน $PInf(i)$
- End Scan เมื่อ $j > n$
- 5) ใส่ค่า i ใน $CInf(HInf)$
- 6) ใส่ค่า $CInf(HInf)$ ใน $Route(i,j)$
- 7) ลบค่า i และ $HInf$ ออกจาก Now
- 8) ทำขั้นตอนที่ 3

ภาพที่ 33

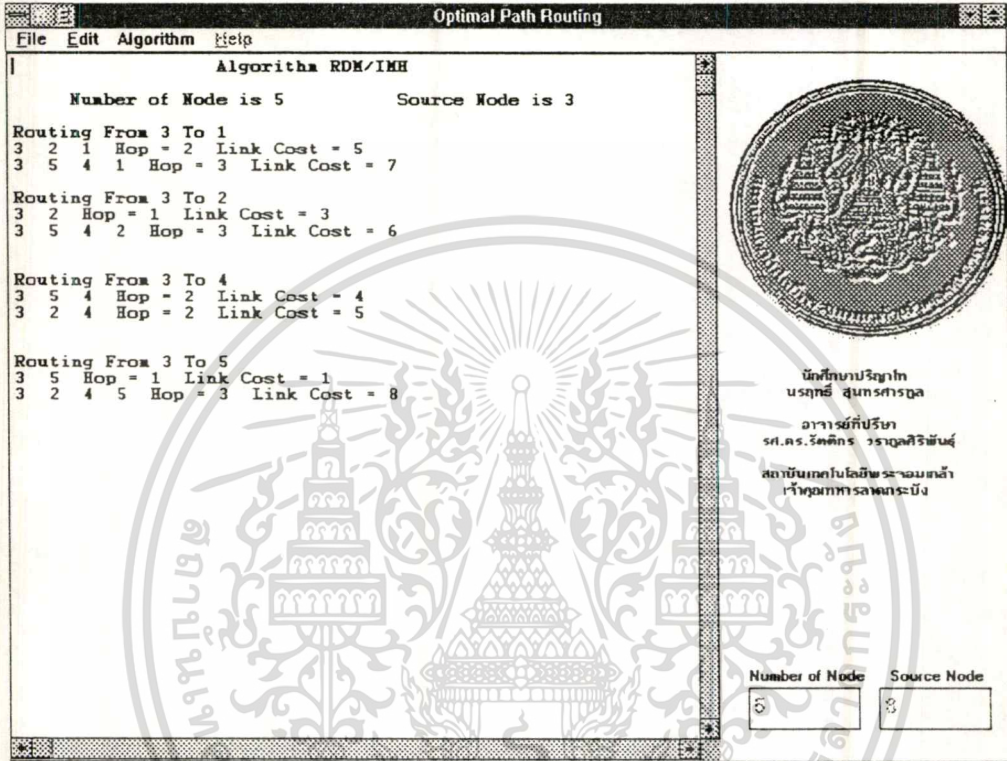


แสดง ภาพเครือข่ายและข้อมูลที่ป้อนให้ซอฟต์แวร์

ผลลัพธ์จากภาพที่ 34 ได้จากการหาเส้นทางของขบวนการ RDM/IMH ซึ่งได้ทางออกทุกเส้นทางที่ออกจากโหนดเริ่มต้น ซึ่งแต่ละเส้นทางจะมีจำนวนเส้นเชื่อมต่อน้อยที่สุด การที่มีหลายเส้นทางทำให้สามารถเลือกเส้นทางเพื่อหลบความแออัดของข้อมูลได้ และยังเป็นเส้นทางสำรองในกรณีที่เส้นทางแรกที่ส่งข้อมูลเกิดมีปัญหา หรือต้องการส่งแบบหลายเส้นทางพร้อมกันไปสู่ปลายทางเดียวกันก็สามารถรองรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 34



แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/IMH จากเครือข่ายภาพที่ 33

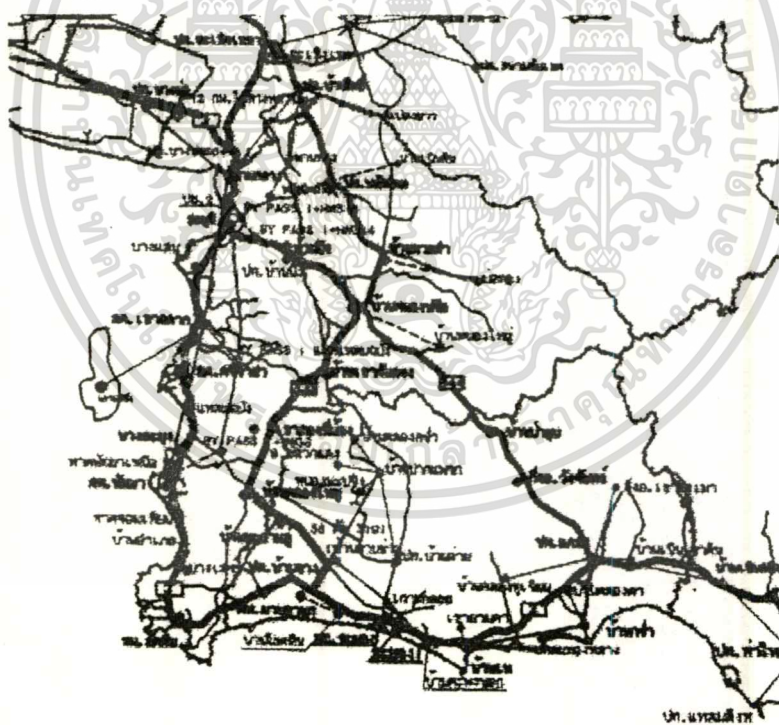
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

ผลการทดลอง

จากการออกแบบซอฟต์แวร์ระบบ RDM/MC, RDM/MH และ RDM/IMH ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ในบทนี้ได้้นำเครือข่ายสื่อสารจริง ซึ่งทำการเชื่อมต่อด้วยอปติกอล และ ไมโครเวฟ

ภาพที่ 35

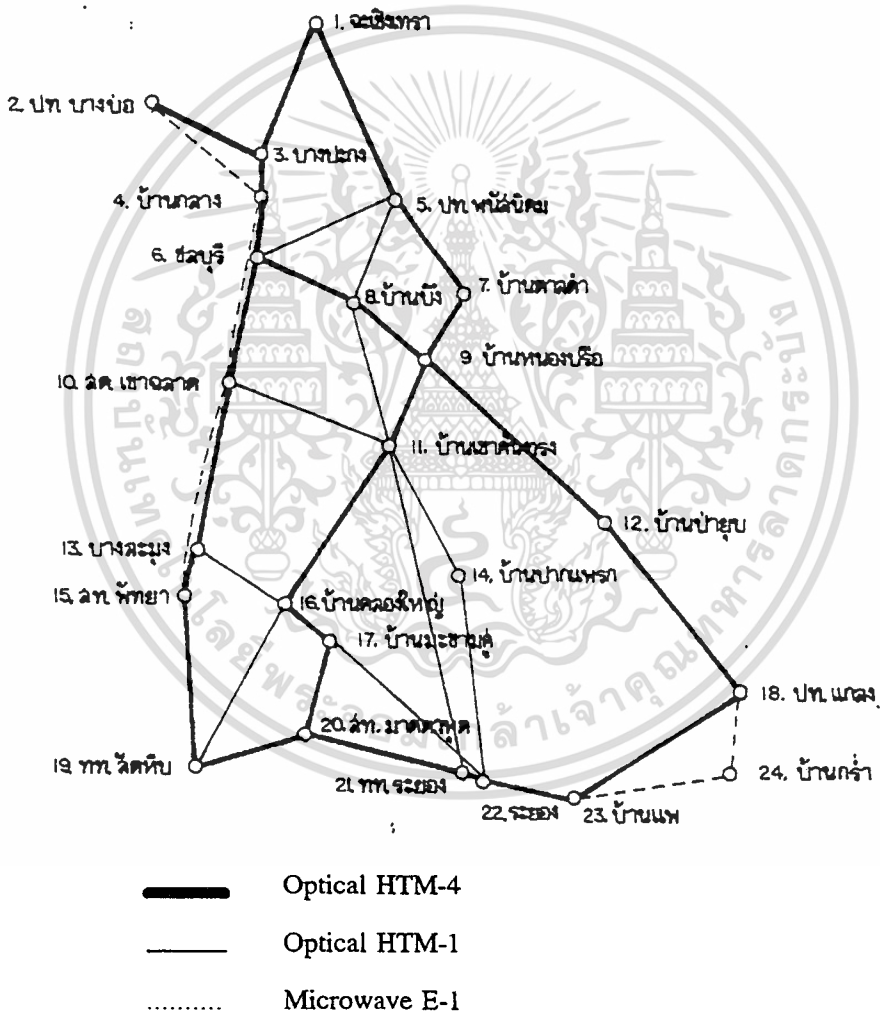


แสดง เครือข่ายการสื่อสารจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลดังนี้ ออปติคัล แบบ HTM-4 ความเร็ว 622 Mb/sec, ออปติคัล แบบ HTM-1 ความเร็ว 155 Mb/sec และ ไมโครวอฟ แบบ E-1 ความเร็ว 2 Mb/sec จะแสดงให้เห็นในภาพที่ 35 และ 36

ภาพที่ 36



แสดง เครือข่ายการสื่อสารจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 22

สถานที่	สถานที่	ระยะทาง	I_{ij}
1.ละเขิงเทธา	3.บางปะกง	25.5	0.026113
1.ละเขิงเทธา	5.ปท.พนัสนิคม	29.5	0.030209
2.ปท.บางบ่อ	3.บางปะกง	21.5	0.022017
2.ปท.บางบ่อ	4.บ้านกลาง	26	0.026625
3.บางปะกง	4.บ้านกลาง	8	0.008192
4.บ้านกลาง	6.ชลบุรี	11	0.011264
4.บ้านกลาง	10.สค.เขาลาด	33.5	0.034306
5.ปท.พนัสนิคม	6.ชลบุรี	27	0.027649
5.ปท.พนัสนิคม	7.บ้านตาลคำ	21	0.021505
5.ปท.พนัสนิคม	8.บ้านบึง	19.5	0.019969
6.ชลบุรี	8.บ้านบึง	19	0.019457
6.ชลบุรี	10.สค.เขาลาด	23	0.023553
7.บ้านตาลคำ	9.บ้านหนองปรือ	14	0.014336
8.บ้านบึง	9.บ้านหนองปรือ	16.5	0.016897
8.บ้านบึง	11.บ้านเขาคันทรง	26.5	0.027137
9.บ้านหนองปรือ	11.บ้านเขาคันทรง	17	0.017409
9.บ้านหนองปรือ	12.บ้านป่ายุบ	44	0.045058
10.สค.เขาลาด	11.บ้านเขาคันทรง	31	0.031746
10.สค.เขาลาด	13.บางละมุง	30.5	0.031233
10.สค.เขาลาด	15.สท.พัทยา	39	0.039938
11.บ้านเขาคันทรง	14.บ้านปากแพรก	26	0.026625
11.บ้านเขาคันทรง	16.บ้านคลองใหญ่	34.5	0.035330
11.บ้านเขาคันทรง	21.ทท.ระยอง	60	0.061443

แสดง ระยะและค่าบรรทัดฐานของระยะทางระหว่างคู่โหนด จากเครือข่ายสื่อสารจริงภาพที่ 36
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 22 (ต่อ)

สถานที่	สถานที่	ระยะทาง	ค่า
12.บ้านป่าขุบ	18.ปท.แกลง	37.5	0.038402
13.บางละมุง	15.สท.พัททยา	9	0.009216
13.บางละมุง	16.บ้านคลองใหญ่	18	0.018433
14.บ้านปากแพรก	22.ระยอง	37	0.037890
15.สท.พัททยา	19.ทท.สัตหีบ	30.5	0.031233
16.บ้านคลองใหญ่	17.บ้านมะขามคู่	10.5	0.010752
16.บ้านคลองใหญ่	19.ทท.สัตหีบ	33	0.033794
17.บ้านมะขามคู่	20.สท.มาดตาพูด	17	0.017409
17.บ้านมะขามคู่	22.ระยอง	37.5	0.038402
18.ปท.แกลง	23.บ้านแพ	28.5	0.029185
18.ปท.แกลง	24.บ้านกร่ำ	15	0.015360
19.ทท.สัตหีบ	20.สท.มาดตาพูด	20.5	0.020993
20.สท.มาดตาพูด	21.ทท.ระยอง	29.5	0.030209
21.ทท.ระยอง	22.ระยอง	4	0.004096
22.ระยอง	23.บ้านแพ	17	0.017409
23.บ้านแพ	24.บ้านกร่ำ	28.5	0.029185

แสดง ระยะและค่าบรรทัดฐานของระยะทางระหว่างคู่โหนด จากเครือข่ายสื่อสารจริงภาพที่ 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 23

สถานที่	สถานที่	T_{ij}	t_{ij}
1.ฉะเชิงเทรา	3.บางปะกง	0.0000728	0.000697
1.ฉะเชิงเทรา	5.ปท.พนัสนิคม	0.0000741	0.000709
2.ปท.บางบ่อ	3.บางปะกง	0.0000714	0.000683
2.ปท.บางบ่อ	4.บ้านกลาง	0.0200086	0.191570
3.บางปะกง	4.บ้านกลาง	0.0000669	0.000640
4.บ้านกลาง	6.ชลบุรี	0.0000679	0.000650
4.บ้านกลาง	10.สค.เขาฉะลูด	0.0200111	0.191594
5.ปท.พนัสนิคม	6.ชลบุรี	0.0002670	0.002556
5.ปท.พนัสนิคม	7.บ้านตาลดำ	0.0000713	0.000682
5.ปท.พนัสนิคม	8.บ้านบึง	0.0002645	0.002532
6.ชลบุรี	8.บ้านบึง	0.0000706	0.000675
6.ชลบุรี	10.สค.เขาฉะลูด	0.0000719	0.000688
7.บ้านตาลดำ	9.บ้านหนองปรือ	0.0000689	0.000659
8.บ้านบึง	9.บ้านหนองปรือ	0.0000698	0.000668
8.บ้านบึง	11.บ้านเขาคันทรง	0.0002668	0.002554
9.บ้านหนองปรือ	11.บ้านเขาคันทรง	0.0000699	0.000669
9.บ้านหนองปรือ	12.บ้านป่าขุบ	0.0000789	0.000755
10.สค.เขาฉะลูด	11.บ้านเขาคันทรง	0.0002683	0.002568
10.สค.เขาฉะลูด	13.บางละมุง	0.0000744	0.000712
10.สค.เขาฉะลูด	15.สท.พัทฯ	0.0200130	0.191612
11.บ้านเขาคันทรง	14.บ้านปากแพรก	0.0002666	0.002552
11.บ้านเขาคันทรง	16.บ้านคลองใหญ่	0.0000758	0.000725
11.บ้านเขาคันทรง	21.ทท.ระยอง	0.0002780	0.002661

แสดง เวลาและค่าบรรทัดฐานของเวลาทางระหว่างคูโหนด จากเครือข่ายสื่อสารจริงภาพที่ 36
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 23 (ต่อ)

สถานที่	สถานที่	T_{ij}	t_{ij}
12.บ้านป่ายุบ	18.ปท.แก่ง	0.0000768	0.000735
13.บางละมุง	15.สท.พัทยา	0.0000673	0.000644
13.บางละมุง	16.บ้านคลองใหญ่	0.0002640	0.002527
14.บ้านปากแพรก	22.ระยอง	0.0002703	0.002587
15.สท.พัทยา	19.ทท.สัตหีบ	0.0000744	0.000712
16.บ้านคลองใหญ่	17.บ้านมะขามคู่	0.0000678	0.000649
16.บ้านคลองใหญ่	19.ทท.สัตหีบ	0.0002690	0.002575
17.บ้านมะขามคู่	20.สท.มาดตาพูด	0.0000699	0.000669
17.บ้านมะขามคู่	22.ระยอง	0.0002705	0.002589
18.ปท.แก่ง	23.บ้านแพ	0.0000738	0.000706
18.ปท.แก่ง	24.บ้านกร่ำ	0.0200050	0.191536
19.ทท.สัตหีบ	20.สท.มาดตาพูด	0.0000711	0.000680
20.สท.มาดตาพูด	21.ทท.ระยอง	0.0000739	0.000707
21.ทท.ระยอง	22.ระยอง	0.0000656	0.000628
22.ระยอง	23.บ้านแพ	0.0000699	0.000669
23.บ้านแพ	24.บ้านกร่ำ	0.0200095	0.191579

แสดง ระยะและค่าบรรทัดฐานของระยะทางระหว่างคู่โหนด จากเครือข่ายสื่อสารจริงภาพที่ 36

สำหรับค่าบรรทัดฐานของค่าใช้จ่าย เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการส่งผ่านข้อมูลผ่านเส้นเชื่อมต่อต่าง ๆ นั้นเป็นการเหมาจ่าย กล่าวคือจ่ายครั้งเดียวสามารถใช้ทำอะไรก็ได้ในหนึ่งปี จึงถือว่าค่าใช้จ่ายเท่ากันทุกเส้นเชื่อมต่อ โดยให้เป็น 1 เมื่อทำการหาค่าบรรทัดฐานของแต่ละเส้นเชื่อมต่อจะไคเท่ากับ 0.041666 เท่ากันทุกเส้นเชื่อมต่อ

ตารางที่ 24

สถานที่	สถานที่	C_{ij}
1.ฉะเชิงเทรา	3.บางปะกง	0.068476
1.ฉะเชิงเทรา	5.ปท.พนัสนิคม	0.072584
2.ปท.บางบ่อ	3.บางปะกง	0.064366
2.ปท.บางบ่อ	4.บ้านกลาง	0.259861
3.บางปะกง	4.บ้านกลาง	0.050498
4.บ้านกลาง	6.ชลบุรี	0.053580
4.บ้านกลาง	10.สศ.เขาสลัด	0.267560
5.ปท.พนัสนิคม	6.ชลบุรี	0.071871
5.ปท.พนัสนิคม	7.บ้านตาลคำ	0.063853
5.ปท.พนัสนิคม	8.บ้านบึง	0.064167
6.ชลบุรี	8.บ้านบึง	0.061798
6.ชลบุรี	10.สศ.เขาสลัด	0.065907
7.บ้านตาลคำ	9.บ้านหนองปรือ	0.056661
8.บ้านบึง	9.บ้านหนองปรือ	0.059231
8.บ้านบึง	11.บ้านเขาคันทร	0.071357
9.บ้านหนองปรือ	11.บ้านเขาคันทร	0.059744
9.บ้านหนองปรือ	12.บ้านป่ายุบ	0.087479
10.สศ.เขาสลัด	11.บ้านเขาคันทร	0.075980
10.สศ.เขาสลัด	13.บางละมุง	0.073611
10.สศ.เขาสลัด	15.สท.พัทยา	0.273216
11.บ้านเขาคันทร	14.บ้านปากแพรก	0.070843
11.บ้านเขาคันทร	16.บ้านคลองใหญ่	0.077721
11.บ้านเขาคันทร	21.ทท.ระยอง	0.064104

แสดง ลิงค์คอสม์ของเวลาทางระหว่างคูโหนด จากเครือข่ายสื่อสารจริงภาพที่ 36
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

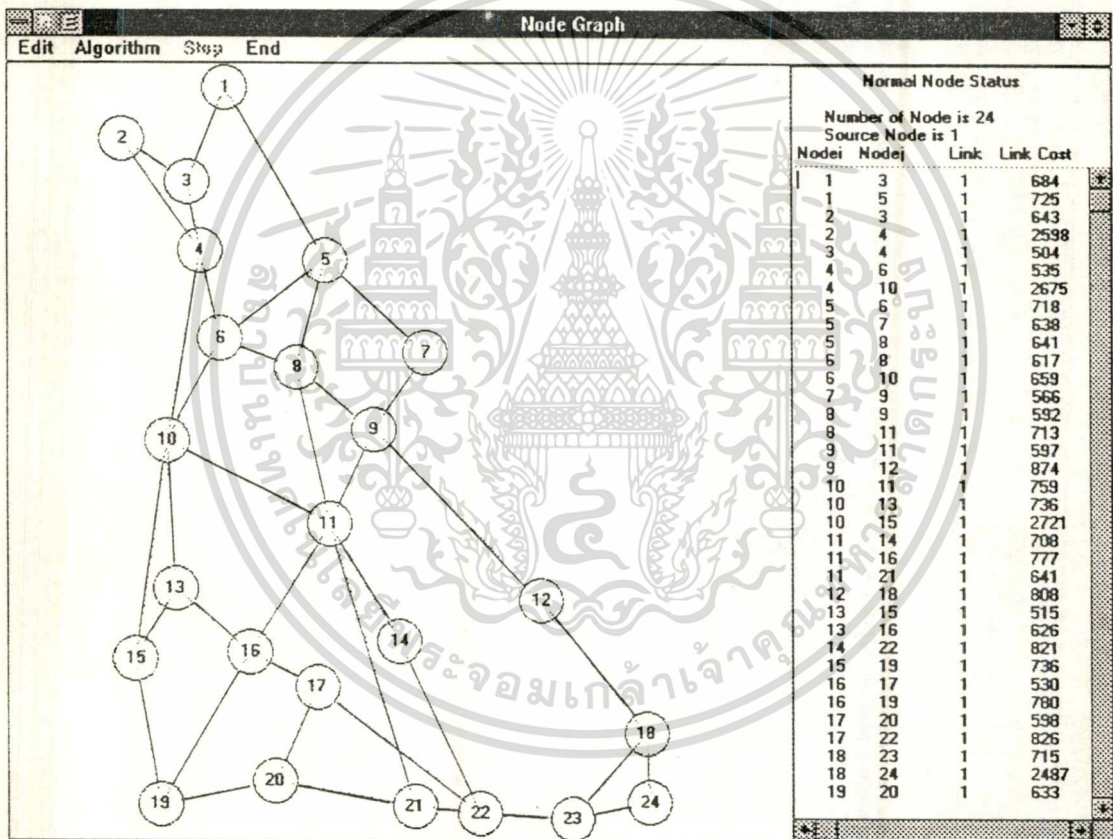
ตารางที่ 24 (ต่อ)

สถานที่	สถานที่	C_{ij}
12.บ้านป่ายุบ	18.ปท.แกลง	0.080803
13.บางละมุง	15.สท.พัทยา	0.051526
13.บางละมุง	16.บ้านคลองใหญ่	0.062626
14.บ้านปากแพรก	22.ระยอง	0.082143
15.สท.พัทยา	19.ทท.สัตหีบ	0.073611
16.บ้านคลองใหญ่	17.บ้านมะขามคู่	0.053067
16.บ้านคลองใหญ่	19.ทท.สัตหีบ	0.078035
17.บ้านมะขามคู่	20.สท.มาดตาพูด	0.059825
17.บ้านมะขามคู่	22.ระยอง	0.082657
18.ปท.แกลง	23.บ้านแพ	0.071557
18.ปท.แกลง	24.บ้านกร่ำ	0.248738
19.ทท.สัตหีบ	20.สท.มาดตาพูด	0.063339
20.สท.มาดตาพูด	21.ทท.ระยอง	0.072582
21.ทท.ระยอง	22.ระยอง	0.046390
22.ระยอง	23.บ้านแพ	0.059744
23.บ้านแพ ,	24.บ้านกร่ำ	0.262430

แสดง ลิงค์คอสม์ของระยะทางระหว่างคูโหนด จากเครือข่ายสื่อสารจริงภาพที่ 36

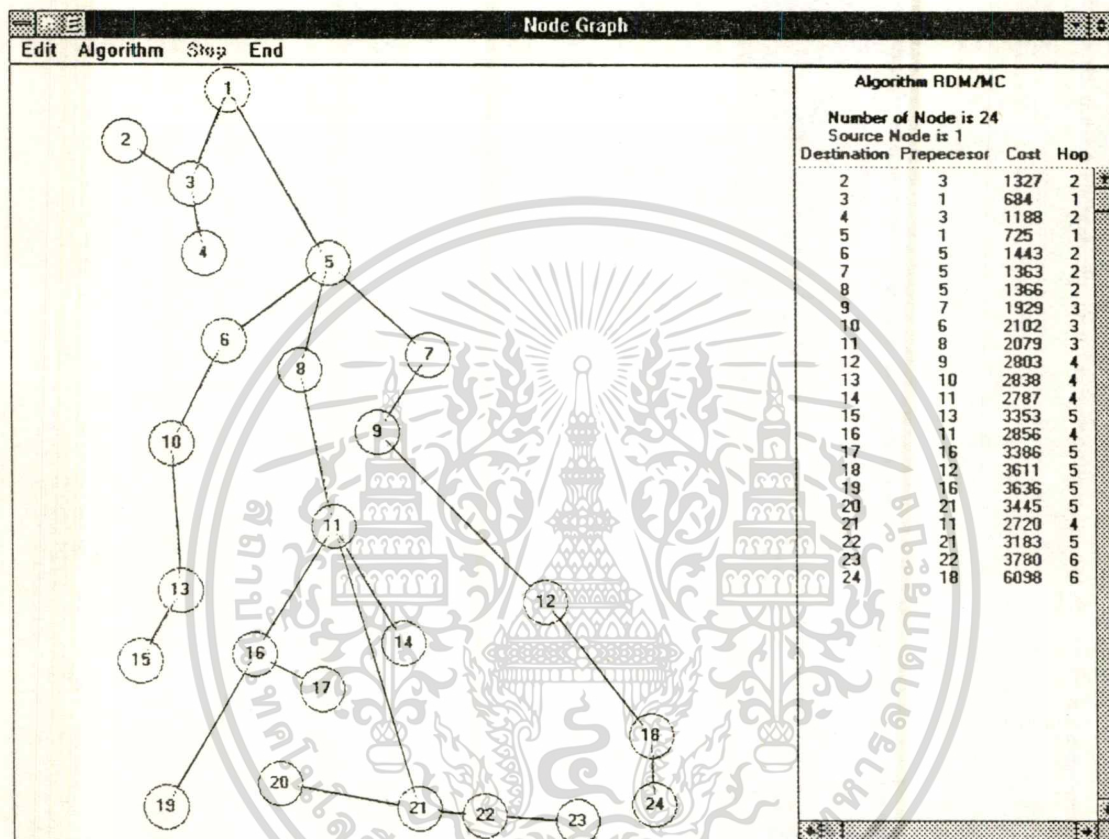
เมื่อทำการหาค่าลึงค์คอสต์จากผลรวมของค่าบรรทัดฐานของระยะทาง เวลา และ ค่าใช้จ่าย ของแต่ละเส้นเชื่อมต่อแล้ว นำข้อมูลที่ได้อป้อนให้กับซอฟต์แวร์ (ใช้ค่าลึงค์คอสต์ที่คำนวณได้คูณด้วย 1000 แล้วนำค่าจำนวนเต็มป้อนให้ซอฟต์แวร์) แสดงดังภาพที่ 37 แล้วให้ซอฟต์แวร์ทำงานในแต่ละกระบวนการค้นหาเส้นทาง ได้ผลดังภาพที่ 38 ถึง 44

ภาพที่ 37



แสดง ภาพเครือข่ายและข้อมูลที่ป้อนให้ซอฟต์แวร์

ภาพที่ 38



แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/MC ของภาพเครือข่ายที่ 37

การทำงานของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/MC จะทำการคัดเลือกเส้นทางที่มีค่าลึงค์คอสต์น้อยที่สุดเพียงหนึ่งเส้นทางจากโหนดเริ่มต้นถึงโหนดปลายทาง ถ้าเกิดมีค่าลึงค์คอสต์เท่ากันขึ้นเป็นเหตุให้มีเส้นทางที่ได้รับคัดเลือกมากกว่าหนึ่งเส้นทาง จะทำการเปรียบเทียบจำนวนเส้นเชื่อมต่อที่แต่ละเส้นทางเดินผ่านมาว่าเส้นทางใดผ่านเส้นทางเชื่อมต่อน้อยกว่า จะทำการเลือกเส้นทางนั้นเป็นเส้นทางที่มีค่าลึงค์คอสต์น้อยที่สุด ดังที่แสดงในตัวอย่างการทำงานของกระบวนการ RDM/MC ในบทที่ 3 ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการทางซอฟต์แวร์แล้วจะให้ผลดังภาพที่ 38 และ 39

ภาพที่ 39


Optimal Path Routing

File Edit Algorithm Help

Algorithm RDM/MC

Number of Node is 24 Source Node is 1

Destination	Routing Table					Link Cost	Hop
2	1	3	2			1327	2
3	1	3				684	1
4	1	3	4			1188	2
5	1	5				725	1
6	1	5	6			1443	2
7	1	5	7			1363	2
8	1	5	8			1366	2
9	1	5	7	9		1929	3
10	1	5	6	10		2102	3
11	1	5	8	11		2079	3
12	1	5	7	9	12	2803	4
13	1	5	6	10	13	2838	4
14	1	5	8	11	14	2787	4
15	1	5	6	10	13	3353	5
16	1	5	8	11	16	2856	4
17	1	5	8	11	16	3386	5
18	1	5	7	9	12	3611	5
19	1	5	8	11	16	3636	5
20	1	5	8	11	21	3445	5
21	1	5	8	11	21	2720	4
22	1	5	8	11	21	3183	5
23	1	5	8	11	21	3780	6
24	1	5	7	9	12	6098	6



มหาวิทยาลัยราชภัฏ
บุรีรัมย์ สุภทรภรณ
อาจารย์เกียรติ
รศ.ดร.รัตติกกร วราภรณ์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

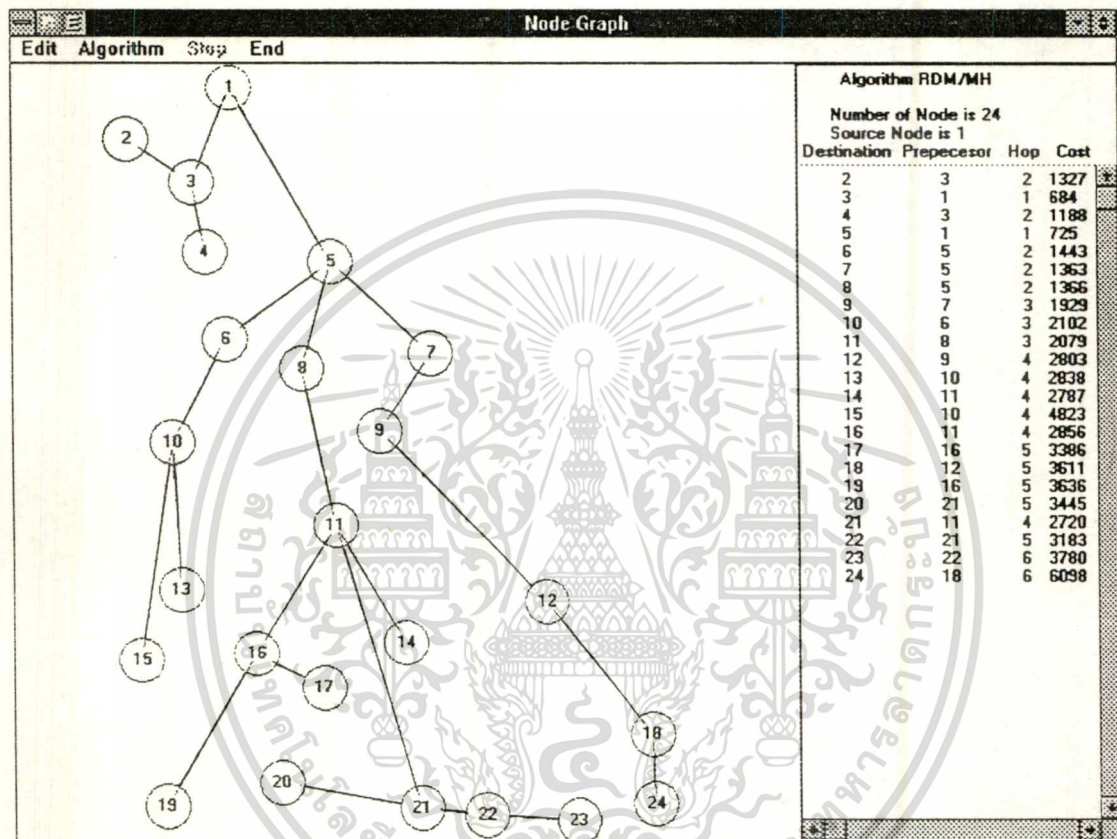
Number of Node Source Node

24 1

แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/MC ของภาพเครือข่ายที่ 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 40



แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/MH ของภาพเครือข่ายที่ 37

การทำงานของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/MH จะทำการคัดเลือกเส้นทางที่มีค่าจำนวนเส้นเชื่อมต่อที่น้อยที่สุดเพียงหนึ่งเส้นทางจากโหนดเริ่มต้นถึงโหนดปลายทาง ถ้าเกิดมีค่าจำนวนเส้นเชื่อมต่อเท่ากันขึ้นเป็นเหตุให้มีเส้นทางที่ได้รับคัดเลือกมากกว่าหนึ่งเส้นทาง จะทำการเปรียบเทียบผลรวมของลิงค์คอสม์ที่แต่ละเส้นทางเดินผ่านมาว่าเส้นทางใดมีผลรวมของค่าลิงค์คอสม์น้อยกว่า จะทำการเลือกเส้นทางนั้นเป็นเส้นทางที่มีจำนวนเส้นเชื่อมต่อที่น้อยที่สุด ดังที่แสดงในตัวอย่างการทำงานของกระบวนการ RDM/MH ในบทที่ 4 ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการทางซอฟต์แวร์แล้วจะให้ผลดังภาพที่ 40 และ 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 41


Optimal Path Routing

File Edit Algorithm Help

Algorithm RDM/MH

Number of Node is 24 Source Node is 1

Destination	Routing Table					Hop	Link Cost
2	1	3	2			2	1327
3	1	3				1	684
4	1	3	4			2	1188
5	1	5				1	725
6	1	5	6			2	1443
7	1	5	7			2	1363
8	1	5	8			2	1366
9	1	5	7	9		3	1929
10	1	5	6	10		3	2102
11	1	5	8	11		3	2079
12	1	5	7	9	12	4	2803
13	1	5	6	10	13	4	2838
14	1	5	8	11	14	4	2787
15	1	5	6	10	15	4	4823
16	1	5	8	11	16	4	2956
17	1	5	8	11	16	5	3386
18	1	5	7	9	12	5	3611
19	1	5	8	11	16	5	3636
20	1	5	8	11	21	5	3445
21	1	5	8	11	21	4	2720
22	1	5	8	11	21	5	3183
23	1	5	8	11	21	6	3780
24	1	5	7	9	12	6	6098



วิทยาลัยราชภัฏ
 บุรฉัตร สุภทธรถ
 อาจารย์ที่ปรึกษา
 รศ.ดร. รัตติกร วราวุฒศิริพันธ์
 คณะวิศวกรรมศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
 ราชภัฏมหาวิทยาลัยราชภัฏบึง

Number of Node Source Node

24 1

แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/MH ของภาพเครือข่ายที่ 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 42

Optimal Path Routing

File Edit Algorithm Help

Algorithm RDM/IMH

Number of Node is 24 Source Node is 1

Routing From 1 To 2
 1 3 2 Hop = 2 Link Cost = 1327
 1 5 6 4 2 Hop = 4 Link Cost = 4576

Routing From 1 To 3
 1 3 Hop = 1 Link Cost = 684
 1 5 6 4 3 Hop = 4 Link Cost = 2482

Routing From 1 To 4
 1 3 4 Hop = 2 Link Cost = 1188
 1 5 6 4 Hop = 3 Link Cost = 1978

Routing From 1 To 5
 1 3 4 6 5 Hop = 4 Link Cost = 2441
 1 5 Hop = 1 Link Cost = 725


Routing From 1 To 6
 1 5 6 Hop = 2 Link Cost = 1443
 1 3 4 6 Hop = 3 Link Cost = 1723

Routing From 1 To 7
 1 5 7 Hop = 2 Link Cost = 1363
 1 3 4 6 5 7 Hop = 5 Link Cost = 3079

Routing From 1 To 8
 1 5 8 Hop = 2 Link Cost = 1366
 1 3 4 6 8 Hop = 4 Link Cost = 2340

Routing From 1 To 9
 1 5 7 9 Hop = 3 Link Cost = 1929
 1 5 8 9 Hop = 3 Link Cost = 1958
 1 3 4 6 8 9 Hop = 5 Link Cost = 2932
 1 3 4 10 11 9 Hop = 5 Link Cost = 5219

Routing From 1 To 10
 1 5 6 10 Hop = 3 Link Cost = 2102



มหาวิทยาลัยราชภัฏ
 บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ
 อารักษ์กัปบริช
 สท.ดร.รัตติกร วราวุฒศิริพันธ์
 คณะวิศวกรรมศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
 เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Number of Node	Source Node
24	1

แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/IMH ของภาพเครือข่ายที่ 37

การทำงานของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/IMH จะทำการคัดเลือกเส้นทางที่มีค่าจำนวนเส้นเชื่อมต่อน้อยที่สุดสำหรับทุก ๆ เส้นทางออกจากโหนดเริ่มต้นถึงโหนดปลายทาง ถ้าเกิดมีค่าจำนวนเส้นเชื่อมต่อนี้ขึ้นเป็นเหตุให้มีเส้นทางที่ได้รับคัดเลือกมากกว่าหนึ่งเส้นทาง จะทำการเก็บทุกเส้นทางที่มีค่าจำนวนเส้นเชื่อมต่อนี้มาด้วย ดังที่แสดงในตัวอย่างการทำงานของกระบวนการ RDM/MH ในบทที่ 4 ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการทางซอฟต์แวร์แล้วจะให้ผลดังภาพที่ 42, 43 และ 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 43

Optimal Path Routing

File Edit Algorithm Help

```

Routing From 1 To 10
1 5 6 10 Hop = 3 Link Cost = 2102
1 3 4 10 Hop = 3 Link Cost = 3863

Routing From 1 To 11
1 5 8 11 Hop = 3 Link Cost = 2079
1 3 4 10 11 Hop = 4 Link Cost = 4622

Routing From 1 To 12
1 5 7 9 12 Hop = 4 Link Cost = 2803
1 5 8 9 12 Hop = 4 Link Cost = 2832
1 3 4 6 8 9 12 Hop = 6 Link Cost = 3806
1 3 4 10 11 9 12 Hop = 6 Link Cost = 6093

Routing From 1 To 13
1 5 6 10 13 Hop = 4 Link Cost = 2838
1 3 4 10 13 Hop = 4 Link Cost = 4599

Routing From 1 To 14
1 5 8 11 14 Hop = 4 Link Cost = 2787
1 3 4 10 11 14 Hop = 5 Link Cost = 5330


Routing From 1 To 15
1 5 6 10 15 Hop = 4 Link Cost = 4823
1 3 4 10 15 Hop = 4 Link Cost = 6584

Routing From 1 To 16
1 5 8 11 16 Hop = 4 Link Cost = 2856
1 3 4 10 13 16 Hop = 5 Link Cost = 5225
1 3 4 10 11 16 Hop = 5 Link Cost = 5399

Routing From 1 To 17
1 5 8 11 16 17 Hop = 5 Link Cost = 3386
1 3 4 10 13 16 17 Hop = 6 Link Cost = 5755
1 3 4 10 11 16 17 Hop = 6 Link Cost = 5929

Routing From 1 To 18
1 5 7 9 12 18 Hop = 5 Link Cost = 3611
1 5 8 9 12 18 Hop = 5 Link Cost = 3640
1 3 4 6 8 9 12 18 Hop = 7 Link Cost = 4578
1 3 4 10 11 9 12 18 Hop = 7 Link Cost = 6901

```



มหาวิทยาลัยราชภัฏ
บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ

อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร.รัตติกร วรแดงศิริพันธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Number of Node	Source Node
24	1

แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/IMH ของภาพเครือข่ายที่ 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 44

Optimal Path Routing

File Edit Algorithm Help

```

Routing From 1 To 19
1 5 8 11 16 19 Hop = 5 Link Cost = 3636
1 5 6 10 15 19 Hop = 5 Link Cost = 5559
1 3 4 10 15 19 Hop = 5 Link Cost = 7320


Routing From 1 To 20
1 5 8 11 21 20 Hop = 5 Link Cost = 3445
1 3 4 10 11 21 20 Hop = 6 Link Cost = 5988
1 3 4 10 15 19 20 Hop = 6 Link Cost = 7953

Routing From 1 To 21
1 5 8 11 21 Hop = 4 Link Cost = 2720
1 3 4 10 11 21 Hop = 5 Link Cost = 5263

Routing From 1 To 22
1 5 8 11 21 22 Hop = 5 Link Cost = 3183
1 5 8 11 14 22 Hop = 5 Link Cost = 3608
1 3 4 10 11 21 22 Hop = 6 Link Cost = 5726
1 3 4 10 11 14 22 Hop = 6 Link Cost = 6151

Routing From 1 To 23
1 5 8 11 21 22 23 Hop = 6 Link Cost = 3780
1 5 7 9 12 18 23 Hop = 6 Link Cost = 4326
1 5 8 9 12 18 23 Hop = 6 Link Cost = 4355
1 3 4 10 11 21 22 23 Hop = 7 Link Cost = 6323
1 3 4 10 11 14 22 23 Hop = 7 Link Cost = 6748

Routing From 1 To 24
1 5 7 9 12 18 24 Hop = 6 Link Cost = 6098
1 5 8 9 12 18 24 Hop = 6 Link Cost = 6127
1 3 4 6 8 9 12 18 24 Hop = 8 Link Cost = 7101
1 3 4 10 11 21 22 23 24 Hop = 8 Link Cost = 8947
1 3 4 10 11 14 22 23 24 Hop = 8 Link Cost = 9372
1 3 4 10 11 9 12 18 24 Hop = 8 Link Cost = 9388
    
```



มหาวิทยาลัยราชภัฏ
บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ
อาจารย์เกียรติ
รศ.ดร.รัตติกาล วราวุฒศิริพันธ์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าพระยา วิทยาเขตสุรินทร์

Number of Node	Source Node
24	1

แสดง ผลลัพธ์ของซอฟต์แวร์ระบบ RDM/TMH ของภาพเครือข่ายที่ 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7 บทสรุป

บทนำ

วิทยานิพนธ์นี้ได้เสนอแนวทางในการกำหนดเส้นทางที่เหมาะสมในการส่งผ่านข้อมูลจาก โหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทางผ่านเครือข่ายสื่อสาร จากการศึกษาหลักการในการคัดเลือกเส้นทางที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูล พบว่าในการส่งผ่านข้อมูลมีตัวแปรที่สัมพันธ์กันอยู่สามส่วนคือ เวลาที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูล ระยะทางที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูล และค่าใช้จ่ายในการส่งผ่านข้อมูล โดยที่เวลาที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลจะประกอบไปด้วย เวลาที่ใช้ในการคัดเลือกเส้นทาง รวมทั้ง เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นส่งข้อมูลจากโหนดต้นทางไปจนถึงโหนดปลายทาง ส่วนระยะทางรวมตลอดเส้นทางจากโหนดต้นทางไปจนถึงโหนดปลายทางจะมีผลกระทบต่อเวลาที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูล นั่นคือ หากระยะทางยาวจะทำให้เวลาที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลเพิ่มขึ้น และค่าใช้จ่ายในการส่งผ่านข้อมูลถึงค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นในการส่งผ่านข้อมูล

ดังนั้นในการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายสื่อสาร เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดนั้นจะต้องเกิด จากค่าที่เหมาะสมจากตัวแปรที่สัมพันธ์ทั้งสามส่วน โดยที่ เวลาที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลจะต้องใช้เวลา น้อย ระยะทางที่ใช้สั้น และค่าใช้จ่ายจะค่าน้อยด้วย

ในการคัดเลือกเส้นทางนั้น สิ่งสำคัญที่ทำให้ขบวนการคัดเลือกต่าง ๆ สามารถทำงานได้ คือ ตารางความสัมพันธ์ของเครือข่าย ซึ่งเก็บข้อมูลของโหนดต่าง ๆ ในเครือข่าย เช่น สถานะการ เชื่อมต่อระหว่างโหนดต่าง ๆ ลิงค์โคสท์ระหว่างโหนดในการใช้เส้นเชื่อมต่อระหว่างโหนด เป็นต้น และเมื่อคัดเลือกเส้นทางได้เส้นทางที่เหมาะสมระหว่างโหนดเริ่มต้นกับโหนดปลายทาง แล้ว จะเก็บไว้ในตารางเส้นทาง ซึ่งเป็นตารางบ่งบอกว่าเส้นทางที่จะส่งข้อมูลไปยังโหนดปลายทาง ได้อย่างไร หรือกล่าวได้ว่าเป็นตารางเก็บเส้นทางที่เหมาะสมที่จะกำหนดเป็นเส้นทางในการส่งผ่าน ข้อมูล

ขบวนการที่นำเสนออันดับแรกคือ ขบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางที่ประหยัดที่สุด หรือ ที่นำเสนอในนาม “RDM/MC” เป็นกระบวนการที่นำระยะทาง เวลาในการส่งผ่านข้อมูล และค่า

ใช้จ่ายในการส่งผ่านข้อมูลมาใช้ในการตัดสินใจเลือกเส้นทางที่เหมาะสม ผลลัพธ์ที่ได้จากขบวนการนี้จะมีเพียงเส้นทางเดียวจาก โหนดเริ่มต้นถึง โหนดปลายทางที่จะทำให้ประหยัดที่สุด

ขบวนการที่สอง คือ RDM/MH เป็นขบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางที่ผ่านเส้นเชื่อมต่อ น้อยที่สุด หรือมีจำนวนลิงค์น้อยที่สุด ในกรณีที่เกิดมีเส้นทางมีจำนวนลิงค์น้อยที่สุดมากกว่าหนึ่ง ค่า ขบวนการจะนำค่าต่าง ๆ ที่รวมกันเป็นลิงค์โคสต์ของขบวนการแรกมาช่วยในการตัดสินใจ เส้นทางที่เหมาะสม เพื่อให้ได้เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด 1 เส้นทาง

ขบวนการสุดท้าย เป็นขบวนการตัดสินใจเลือกทุกเส้นทางออก หรือที่นำเสนอในนาม “RDM/IMH” ซึ่งการทำงานของกระบวนการนี้จะเลียนแบบการเดินทางจริง โดยจะมีข้อมูล สำหรับเก็บเส้นทางเดินที่ข้อมูลผ่าน (ข้อมูลตรวจสอบเส้นทาง) และมีการตรวจสอบไม่ให้ข้อมูลนี้ วิ่งทับเส้นทางเดิมจนกระทั่งครบทั้งเครือข่าย แล้วมีการส่งข้อมูลกลับตามเส้นทางที่ข้อมูลวิ่งมา (เดินย้อนเส้นทางที่เหมาะสม) เพื่อกระจายเส้นทางการเดินให้แก่โหนดต่าง ๆ ในเครือข่าย ผลลัพธ์จะได้เส้นทางที่ผ่านเส้นเชื่อมต่อน้อยสุดในแต่ละเส้นทางออกจาก โหนดเริ่มต้น ทำให้ได้ จำนวนเส้นทางที่เหมาะสมอย่างน้อยเท่ากับจำนวนเส้นทางออกจาก โหนดเริ่มต้นถึงแต่ละ โหนด ปลายทาง เมื่อจะทำการส่งข้อมูลจริงจึงจะมีการคัดเลือกเส้นทางเพื่อทำการส่งผ่านอีกครั้งหนึ่ง เช่น การสุ่มเส้นทางส่งออก การจัดลำดับการส่งออก และการสลับเส้นทางตามสภาพความแออัด เป็นต้น ซึ่งเป็นการส่งแบบใช้เส้นทางส่งออกเพียงเส้นทางเดียว หรือการส่งออกแบบใช้เส้นทาง ออกแบบหลายเส้นทาง เช่น แพคเกจสวิตซ์ซึ่ง การกระจายข้อมูลเพื่อป้องกันทางโจรกรรมข้อมูล เป็นต้น สิ่งทีกล่าวมานั้นเป็นระบบควบคุมการไหลของข้อมูล ซึ่งการทำงานเกิดขึ้นหลังจากการ กำหนดเส้นทางในตารางเส้นทางไปแล้ว โดยจะเกิดขึ้นเมื่อจะทำการส่งผ่านข้อมูล เริ่มจากการ เลือกเส้นทางจากตารางเส้นทาง ทำการสร้างเส้นเชื่อมต่อเสมือน แล้วจึงทำการส่งผ่านข้อมูลได้

จากขบวนการที่นำเสนอทั้งสามขบวนการ ได้นำมาสร้างระบบซอฟต์แวร์และแสดงผลผล ทางการจอมอนิเตอร์ เพื่อให้เห็นภาพของการคัดเลือกเส้นทางของแต่ละขบวนการและเข้าใจยิ่งขึ้น จากผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของซอฟต์แวร์ระบบกับเครือข่ายจริงในบทที่ 6 พบว่าวิธีการ กำหนดเส้นทางส่งผ่านข้อมูลบนเครือข่ายสื่อสารข้อมูลมีจุดเด่นที่แตกต่างกันคือ การคัดเลือกเส้น ทางแบบ RDM/MC จะได้เส้นทางที่ประหยัดที่สุดในทุกด้านทั้ง ระยะทาง เวลา และ ค่าใช้จ่าย เหมาะสำหรับระบบที่ต้องการเส้นทางที่รวมความเหมาะสมในทุกด้านที่กล่าวมา แต่ผลลัพธ์ที่ได้ อาจทำให้ต้องเดินทางผ่านเส้นเชื่อมต่อมากขึ้น ดังการเดินทางจาก โหนด 1 ไป โหนด 15 มีผลรวม ของค่าลิงค์โคสต์เท่ากับ 3353 และจำนวนเส้นเชื่อมต่อเท่ากับ 5 ส่วนผลลัพธ์จากการคัดเลือกเส้น

ทางแบบ RDM/MH จะได้จำนวนเส้นเชื่อมต่อเท่ากับ 4 และผลรวมค่าลิงค์คออสท์เท่ากับ 4823 ซึ่งได้เส้นทางที่ผ่านโหนดหรือเส้นเชื่อมต่อที่น้อยที่สุด เหมาะสำหรับระบบที่ไม่ต้องผ่านจุดเชื่อมต่อมาก(โหนด) เนื่องจากเป็นจุดรวมของการส่งผ่านข้อมูลอาจทำให้เกิดการล่าช้าได้ แต่ค่าใช้จ่ายในการส่งผ่านอาจสูงกว่า RDM/MC แบบสุดท้ายคือการคัดเลือกแบบ RDM/IMH จะได้เส้นทางที่ผ่านเส้นเชื่อมต่อที่น้อยที่สุดในแต่ละเส้นทางออกจากโหนดผู้ส่ง เหมาะสำหรับระบบที่ต้องการกระจายข้อมูลเพื่อลดความแออัดของข้อมูลในเส้นทาง หรือต้องการส่งออกหลายเส้นทางพร้อมกัน จากทั้งสามขบวนการนี้สามารถทำให้ผู้บริหารเครือข่ายตัดสินใจได้ว่าควรนำแบบใดมาใช้ จึงจะเหมาะสมกับการใช้งานกับเครือข่ายสื่อสารข้อมูลเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

การนำไปประยุกต์ใช้งาน

จากงานวิจัยนี้ เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้บริหารเครือข่ายมีทางเลือกที่จะกำหนดเส้นทางส่งผ่านข้อมูลผ่านเครือข่ายขนาดใหญ่ จากผลลัพธ์ของขบวนการทั้งสามวิธีที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ โดยสามารถปรับเปลี่ยนเส้นทางส่งผลให้ตรงกับความต้องการและสามารถเข้ากันได้กับระบบเครือข่ายนั้น ๆ ทำให้การส่งผ่านข้อมูลบนเครือข่ายมีความยืดหยุ่นสูง นอกจากนี้ยังสามารถนำขบวนการต่าง ๆ นี้ไปประยุกต์ใช้กับการดำรงชีวิตในปัจจุบันได้ เช่น

การขนส่ง หรือคมนาคม โดยการมองโหนดต่าง ๆ จุดขนถ่ายสินค้า หรือคลังสินค้า และเส้นเชื่อมต่อต่าง ๆ ก็คือเส้นทางที่ใช้ขนส่ง ซึ่งในการนำมาประยุกต์นั้น ต้องทำการศึกษาดัชนีที่สำคัญของระบบการขนส่ง และนำมาเปรียบเทียบกับขบวนการที่นำเสนอ เพื่อทำการปรับปรุงให้สามารถทำงานเข้ากันได้อย่างสมบูรณ์ ตัวอย่างเช่น การสูญเสียเวลาที่โหนด คือ เวลาในการขนถ่ายสินค้า ใช้เวลาเท่าไรในการขนของขึ้น และใช้เวลาเท่าไรในการขนของลง การสูญเสียเวลาที่เส้นเชื่อมต่อ คือ การปล่อยรถออกเวลาใดที่สามารถทำให้รถถึงจุดหมายได้เร็วที่สุด เป็นต้น

การจราจร ก็สามารถมองได้ว่า ทางร่วม ทางแยกต่าง ๆ เป็นโหนด และถนนหนทางเป็นเส้นเชื่อมต่อ สำหรับการนำมาประยุกต์นั้น จำเป็นต้องทำการศึกษาดัชนีที่สำคัญของระบบการจราจร และนำมาเปรียบเทียบกับขบวนการที่นำเสนอเช่นกัน เพื่อทำการปรับปรุงให้สามารถทำงานเข้ากันได้ ตัวอย่างเช่น การให้สัญญาณไฟนานเท่าไรจึงเหมาะสม ซึ่งมีตัวแปรประกอบคือ การออกตัวของรถหนึ่งคันต้องสูญเสียเวลาอย่างน้อยเท่าไร ที่กล่าวมาเป็นเวลาสูญเสียที่โหนด รถที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดไฟแดงคือคิวที่รอการประมวลผล เมื่อเปิดไฟเขียวรถที่วิ่งผ่านไปคือรถที่รับการประมวลผล จำนวนก็คั่น และนานเท่าไรจึงถึงไฟจราจรแยกหน้า (การสูญเสียเวลาในเส้นเชื่อมต่อ) เป็นต้น

แนวทางในการทำวิจัยต่อ

ในงานวิจัยนี้ ได้กำหนดแฟกเตอร์ของการตัดสินใจเลือกเส้นทางส่งผ่านข้อมูลเป็น ระยะเวลา ค่าใช้จ่าย จำนวนเส้นเชื่อมต่อ ในรูปแบบของการกำหนดค่า แต่เนื่องจาก เวลา และ ค่าใช้จ่ายจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณข้อมูลที่เปลี่ยนไป ดังนั้นถ้าเราสามารถคาดการณ์เปลี่ยนของปริมาณข้อมูลล่วงหน้าได้ก็จะทำให้สามารถกำหนดเส้นทางไว้ล่วงหน้าไปตามทิศทางของแนวโน้มของความน่าจะเป็นของค่า เวลา และ ค่าใช้จ่ายได้ ดังนั้นถ้าทำการเก็บข้อมูลตัวอย่างของปริมาณข้อมูลของเครือข่ายที่เวลาต่าง ๆ ในแต่ละวันทุก ๆ เป็นระยะเวลาหนึ่ง แล้วนำมาวิจัยและพัฒนา ร่วมกับขบวนการต่าง ๆ เป็นการกำหนดเส้นทางที่สามารถปรับปรุงเส้นทางส่งผ่านข้อมูลโดยการคาดการณ์ล่วงหน้า เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการส่งผ่านข้อมูลที่ดีขึ้น

บรรณานุกรม

1. John D. Spragins, Joseph L. Hammond and Krzysztof Pawlikowski Telecommunication Protocols and Design Addison Wesley, 1991
2. David M. Piscitello and A. Lyman Chapin Open System Networking TCP/IP and OSI Addison Wesley, 1993
3. Aaron Kershenbaum Telecommunication Network Design Algorithms Mc Graw Hill, 1993
4. Peter J. B. King Computer Communication Systems Performance Prentice Hall, 1989
5. Martha E. Streenstrup Routing in Communication Network Prentice Hall, 1995
6. รัตติกร วรากุลศิริพันธ์ และ นรฤทธิ์ สุนทรสารทูล “การประยุกต์เครือข่ายสื่อสารคอมพิวเตอร์กับระบบแปลภาษาด้วยเครื่องที่อยู่สถานที่ห่างกัน” วารสารคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, ปีที่ 20 ฉบับที่ 105/มกราคม-กุมภาพันธ์ 2537 หน้า 41-49
7. Erwin Kreyszig Advanced Engineering Mathematics Wiley, 1993

ภาคผนวก

ซอฟต์แวร์ระบบ

File “Global”

'Message Const

Global Const MB_OK = 0, MB_OKCANCEL = 1 ' Define buttons.

Global Const MB_YESNOCANCEL = 3, MB_YESNO = 4

Global Const MB_ICONSTOP = 16, MB_ICONQUESTION = 32 ' Define Icons.

Global Const MB_ICONEXCLAMATION = 48, MB_ICONINFORMATION = 64

Global Const MB_DEFBUTTON2 = 256, IDYES = 6, IDNO = 7 ' Define other.

Global DgDef, Msg, Response, Title ' Declare variables.

' Show parameters

Global Const MODAL = 1

Global Const MODELESS = 0

' Network parameters

Global MaxNode As Integer

Global Srce As Integer

Global Dest As Integer

Global AlgoSta As Integer

Type NodeXY

X As Integer

Y As Integer

Sta As Integer

Index As Integer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End Type

Global Node() As NodeXY

Type LineLink

 Snode As Integer

 Dnode As Integer

 Sta As Integer

 Cost As Integer

 Brate As Integer

End Type

Global LLink() As LineLink

'RDM/MC-MH

Global DisS() As Integer

Global PreS() As Integer

Global HopS() As Integer

'RDM/IMH

Global Hop() As Integer

Global FRoute()

'Global FRoute() As String * 128

Sub Cut_Word(S_Pos1, S_Pos2, Resource, Result, Chk)

 S_Pos2 = InStr(S_Pos1 + 1, Resource, Chk)

 WordLen = (S_Pos2 - S_Pos1) - 1

 Result = Mid(Resource, S_Pos1 + 1, WordLen)

End Sub

Sub RDM_IMH()

 ReDim PreF(MaxNode)

 ReDim Send(MaxNode, MaxNode) As String

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ReDim Send_n(MaxNode, MaxNode) As String
```

```
ReDim Hop(MaxNode, MaxNode) As Integer
```

```
ReDim Rec(MaxNode) As String
```

```
Dim Hop_n As Integer
```

```
Dim PNode As Integer, Snode As Integer
```

```
Dim Min As Integer, Max As Integer
```

```
Dim i As Integer, j As Integer
```

```
Const En = "End"
```

```
Const Sp = " "
```

```
If MaxNode >= 0 Then
```

```
If Srce <= 0 Or Srce > MaxNode Then
```

```
    Srce = 1
```

```
    Msg = "Not In Rate Set Defalt is 1"
```

```
    MsgBox Msg, MB_OK, Title
```

```
    Msg = ""
```

```
End If
```

```
For i = 1 To MaxNode
```

```
    For j = 1 To MaxNode
```

```
        Hop(i, j) = 32767
```

```
    Next
```

```
Next
```

```
i = Srce
```

```
Hop_n = 1
```

```
For j = 1 To MaxNode
```

```
    If LLink(i, j).Sta = 1 Then
```

```
        Send(i, j) = j & Sp & En
```

```
        Hop(i, j) = 0
```

```
        PreF(j) = i
```

```

End If
Next
Do
For j = 1 To MaxNode
  For i = 1 To MaxNode
    If Send(i, j) <> "" And Send(i, j) <> En Then
      SpcPos1 = InStr(1, Send(i, j), Sp)
      PNode = Left(Send(i, j), SpcPos1 - 1)
      If Hop(j, PNode) = 32767 And Hop(j, PNode) > Hop_n Then
        Hop(j, PNode) = Hop_n
        FRoute(j, PNode) = FRoute(i, PNode) & i & Sp
        Rec(j) = Rec(j) & PNode & Sp & i & Sp
        Do While Mid(Send(i, j), SpcPos1 + 1) <> En
          Cut_Word SpcPos1, SpcPos2, Send(i, j), PNode, Sp
          If Hop(j, PNode) = 32767 And Hop(j, PNode) > Hop_n Then
            Hop(j, PNode) = Hop_n
            FRoute(j, PNode) = FRoute(i, PNode) & i & Sp
            Rec(j) = Rec(j) & PNode & Sp & i & Sp
          ElseIf Hop(j, PNode) = Hop_n And FRoute(j, PNode) <> (FRoute(i,
PNode) & i & Sp) Then
            Hop(j, PNode) = Hop_n
            FRoute(j, PNode) = FRoute(j, PNode) & FRoute(i, PNode) & i & Sp
            Rec(j) = Rec(j) & PNode & Sp & i & Sp
          End If
          SpcPos1 = SpcPos2
        Loop
        ElseIf Hop(j, PNode) = Hop_n And FRoute(j, PNode) <> (FRoute(i, PNode) & i
& Sp) Then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Hop(j, PNode) = Hop_n
FRoute(j, PNode) = FRoute(j, PNode) & FRoute(i, PNode) & i & Sp
Rec(j) = Rec(j) & PNode & Sp & i & Sp
Do While Mid(Send(i, j), SpcPos1 + 1) <> En
  Cut_Word SpcPos1, SpcPos2, Send(i, j), PNode, Sp
  If Hop(j, PNode) = 32767 And Hop(j, PNode) > Hop_n Then
    Hop(j, PNode) = Hop_n
    FRoute(j, PNode) = FRoute(i, PNode) & i & Sp
    Rec(j) = Rec(j) & PNode & Sp & i & Sp
  ElseIf Hop(j, PNode) = Hop_n And FRoute(j, PNode) <> (FRoute(i,
PNode) & i & Sp) Then
    Hop(j, PNode) = Hop_n
    FRoute(j, PNode) = FRoute(j, PNode) & FRoute(i, PNode) & i & Sp
    Rec(j) = Rec(j) & PNode & Sp & i & Sp
  End If
  SpcPos1 = SpcPos2
Loop
End If
End If
PreF(j) = 0
Next
Rec(j) = Rec(j) & En
'Next Send From Node I
For i = 1 To MaxNode
  If LLink(j, i).Sta = 1 And Rec(j) <> En Then
    SpcPos1 = InStr(1, Rec(j), Sp)
    PNode = Left(Rec(j), SpcPos1 - 1)
    Cut_Word SpcPos1, SpcPos2, Rec(j), Snode, Sp

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

If PNode <> i And PNode <> PreF(i) And Snode <> i Then
    Send_n(j, i) = PNode & Sp
    PreF(i) = i
End If
SpcPos1 = SpcPos2
Do While Mid(Rec(j), SpcPos1 + 1) <> En
    Cut_Word SpcPos1, SpcPos2, Rec(j), PNode, Sp
    SpcPos1 = SpcPos2
    Cut_Word SpcPos1, SpcPos2, Rec(j), Snode, Sp
    If PNode <> i And PNode <> PreF(i) And Snode <> i Then
        Send_n(j, i) = Send_n(j, i) & PNode & Sp
        PreF(i) = i
    End If
    SpcPos1 = SpcPos2
Loop
If Send_n(j, i) <> "" Then Send_n(j, i) = Send_n(j, i) & En
End If
Next
Next
Sn = 0
For i = 1 To MaxNode
    For j = 1 To MaxNode
        Send(i, j) = Send_n(i, j)
        Send_n(i, j) = ""
        Rec(j) = ""
        If Send(i, j) <> "" Then
            Sn = Sn + 1
        End If
    End If

```

```

Next
Next
Hop_n = Hop_n + 1
Loop While Sn >= 1 'End Loop
Else
    Msg = "Please Input Maximum Number of Node Again"
    MsgBox Msg, MB_OK, Title
    Msg = ""
End If 'Check Source Node > MaxNode
End Sub

Sub RDM_MC()
    ReDim Cost_n(MaxNode, MaxNode) As Integer
    ReDim Q(MaxNode) As Integer 'Consider Node
    ReDim Dis_n(MaxNode) As Integer
    ReDim pre_n(MaxNode) As Integer
    ReDim Q_c(MaxNode) As Integer
    ReDim Hop_n(MaxNode) As Integer
    Dim i As Integer, j As Integer
    If MaxNode >= 0 Then
        If Srce <= 0 Or Srce > MaxNode Then
            Srce = 1
            Msg = "Not In Rate Set Defalt is 1"
            MsgBox Msg, MB_OK, Title
            Msg = ""
        End If
        Q_c(Srce) = 1
    'Initialization

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

For j = 1 To MaxNode
    Cost_n(Srce, j) = 0
    DisS(j) = 32767
    PreS(j) = -1
    Q(j) = 0
    HopS(j) = 32767
    Hop_n(j) = 32767
Next
DisS(Srce) = 0
HopS(Srce) = 0
'initisize Q to contain Srce only
i = Srce
k = 1
For j = 1 To MaxNode
    If LLink(i, j).Sta = 1 Then
        DisS(j) = LLink(i, j).Cost
        PreS(j) = Srce
        Q(j) = 1
        Cost_n(i, j) = DisS(j)
        HopS(j) = 1
        If k <= 1 Then
            k = k + 1
            NextI = j
        End If
    End If
End If
Next
'Iteration
Do

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

i = NextI
l = l + 1
Q_c(i) = 1
k = 1
For j = 1 To MaxNode
    Q(j) = 0
Next
For j = 1 To MaxNode
    If LLink(i, j).Sta = 1 And PreS(i) <> -1 Then 'And Q_c(j) <> 1 Then
        Q(j) = 1
        pre_n(j) = i
        Dis_n(j) = LLink(i, j).Cost + Cost_n(PreS(i), i)
        If HopS(j) >= 1 Then
            Hop_n(j) = HopS(i) + 1
        End If
        If Dis_n(j) < DisS(j) Then
            DisS(j) = Dis_n(j)
            Cost_n(i, j) = DisS(j)
            PreS(j) = pre_n(j)
            HopS(j) = Hop_n(j)
            For l = 1 To MaxNode
                If PreS(l) = i Then
                    Q_c(l) = 0
                End If
            Next
        Else
            If Dis_n(j) = DisS(j) Then
                If Hop_n(j) < HopS(j) Then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DisS(j) = Dis_n(j)
Cost_n(i, j) = DisS(j)
PreS(j) = pre_n(j)
HopS(j) = Hop_n(j)
For l = 1 To MaxNode
    If PreS(l) = i Then
        Q_c(l) = 0
    End If
Next
End If
End If
End If
If k = 1 And Q_c(j) <> 1 Then
    k = k + 1
    If j <> Srce Then MinNode = j
End If
Else
    If PreS(i) = -1 Then Q_c(i) = 0
End If
Next
NextI = NextI + 1
If Q_c(MinNode) <> 1 And NextI > MinNode Then
    NextI = MinNode
End If
If NextI < MaxNode Then
    If Q_c(NextI) = 1 Or NextI = Srce Then NextI = NextI + 1
End If

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Loop While NextI <= MaxNode 'End Loop Check Min Cost
```

```
Else
```

```
Msg = "Please Input Maximum Number of Node Again"
```

```
MsgBox Msg, MB_OK, Title
```

```
Msg = ""
```

```
End If 'Check Source Node > MaxNode
```

```
End Sub
```

```
Sub RDM_MH()
```

```
ReDim Cost_n(MaxNode, MaxNode) As Integer
```

```
ReDim Q(MaxNode) As Integer 'Consider Node
```

```
ReDim Dis_n(MaxNode) As Integer
```

```
ReDim pre_n(MaxNode) As Integer
```

```
ReDim Q_c(MaxNode) As Integer
```

```
ReDim Hop_n(MaxNode) As Integer
```

```
Dim i As Integer, j As Integer
```

```
'RDM/MH
```

```
If MaxNode >= 0 Then
```

```
If Srce <= 0 Or Srce > MaxNode Then
```

```
Srce = 1
```

```
Msg = "Not In Rate Set Defalt is 1"
```

```
MsgBox Msg, MB_OK, Title
```

```
Msg = ""
```

```
End If
```

```
Q_c(Srce) = 1
```

```
'Initialization
```

```
For j = 1 To MaxNode
```

```
Cost_n(Srce, j) = 0
```

```

DisS(j) = 32767
PreS(j) = -1
Q(j) = 0
HopS(j) = 32767
Hop_n(j) = 32767
Next
DisS(Srce) = 0
HopS(Srce) = 0
'initislize Q to contain Srce olny
i = Srce
k = 1
For j = 1 To MaxNode
  If LLink(i, j).Sta = 1 Then
    DisS(j) = LLink(i, j).Cost
    PreS(j) = Srce
    Q(j) = 1
    Cost_n(i, j) = DisS(j)
    HopS(j) = 1
    If k <= 1 Then
      k = k + 1
      NextI = j
    End If
  End If
End If
Next
'Iteration
Do
  i = NextI
  Q_c(i) = 1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

k = 1
For j = 1 To MaxNode
    Q(j) = 0
Next
For j = 1 To MaxNode
    If LLink(i, j).Sta = 1 And PreS(i) <> -1 Then 'And Q_c(j) <> 1 Then

        Q(j) = 1
        pre_n(j) = i
        Dis_n(j) = LLink(i, j).Cost + Cost_n(PreS(i), i)
        'New Hop
        If LLink(Srce, j).Sta = 1 And PreS(j) = Srce And i = Srce Then
            Hop_n(j) = 1
        Else
            If HopS(j) > 1 Then
                Hop_n(j) = HopS(i) + 1
            End If
        End If
    End If
    If Hop_n(j) = HopS(j) Then
        If Dis_n(j) < DisS(j) Then
            DisS(j) = Dis_n(j)
            Cost_n(i, j) = DisS(j)
            PreS(j) = pre_n(j)
            HopS(j) = Hop_n(j)
            For l = 1 To MaxNode
                If PreS(l) = i Then
                    Q_c(l) = 0
                End If
            End If
        End If
    End If
End For

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Next
End If
Else
  If Hop_n(j) < HopS(j) Then
    DisS(j) = Dis_n(j)
    Cost_n(i, j) = DisS(j)
    PreS(j) = pre_n(j)
    HopS(j) = Hop_n(j)
    For l = 1 To MaxNode
      If PreS(l) = i Then
        Q_c(l) = 0
      End If
    Next
  End If
End If
If k = 1 And Q_c(j) < 1 Then
  k = k + 1
  If j < Srce Then MinNode = j
End If
Else
  If PreS(i) = -1 Then Q_c(i) = 0
End If

Next
NextI = NextI + 1
If Q_c(MinNode) < 1 And NextI > MinNode Then
  NextI = MinNode
End If

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

If NextI < MaxNode Then

If Q_c(NextI) = 1 Or NextI = Srce Then NextI = NextI + 1

End If

Loop While NextI <= MaxNode 'End Loop Check Hop

Else

Msg = "Please Input Maximum Number of Node Again"

MsgBox Msg, MB_OK, Title

Msg = ""

End If 'Check Source Node > MaxNode

End Sub

File "Main"

'RDM/MC-MH

Dim Dis() As Integer 'Distance

Dim Dis_n() As Integer

Dim PreF() As Integer 'PreSecessor

Dim pre_n() As Integer

Dim Q() As Integer

Dim Q_c() As Integer

Dim EndLN

Dim Tabs

Dim WordL As Integer

Dim TShow\$

Dim TChk%

'Check Route

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Dim ChkCost As Integer
Dim ChkHop As Integer
Dim NodeUsed()
Dim LinkResult() As Integer
Dim LinkCount As Integer
Dim icount As Long

```

```

Private Sub AddNode(Node As Integer, Index As Integer)

```

```

    LinkResult(Index) = Node

```

```

    NodeUsed(Node) = True

```

```

End Sub

```

```

Private Sub CheckLink(Links As Integer)

```

```

    Dim i As Integer

```

```

    For i = 1 To MaxNode

```

```

        If (Not NodeUsed(i) And LLink(Links, i).Sta = 1) Then

```

```

            AddNode i, LinkCount

```

```

            LinkCount = LinkCount + 1

```

```

            ChkHop = ChkHop + 1

```

```

            ChkCost = ChkCost + LLink(Links, i).Cost

```

```

        If (i = Dest) Then /* Is destination? */

```

```

            LinkResult(LinkCount) = -1 /* mark End of Link. */

```

```

            PrintLinkResult

```

```

        Else

```

```

            CheckLink i

```

```

        End If

```

```

    ChkCost = ChkCost - LLink(Links, i).Cost

```

```

    ChkHop = ChkHop - 1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LinkCount = LinkCount - 1
ReleaseNode LinkCount
End If
Next
End Sub

```

```
Private Sub PrintAR(StaPage%)
```

```

LChk% = 1
TShow$ = ""
TChk% = TChk% + StaPage%
StartLine% = (TChk% * 40) - 39
Open "C:\ChkCost.Dat" For Input As #1
Do Until EOF(1)
    Line Input #1, Cline$
    'Cline$ = Space$(2) + Cline$ + EndLN
    If LChk% < StartLine% Or LChk% > (StartLine% + 39) Then
        If LChk% > (StartLine% + 39) Then
            Exit Do
        End If
        LChk% = LChk% + 1
    Else
        TShow$ = TShow$ + Cline$ + EndLN
        LChk% = LChk% + 1
    End If
Loop
Close #1
Tbox.Text = RTrim$(TShow$)
End Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub PrintLinkResult()
```

```
    i = 1
```

```
    If (icount + 1) > 2147483648# Then
```

```
        Msg = "Number of Routing is Out of Rate"
```

```
        MsgBox Msg, MB_OK, Title
```

```
        Msg = ""
```

```
        Exit Sub
```

```
    End If
```

```
    icount = icount + 1
```

```
    Debug.Print icount; " . Result";
```

```
    Print #1, icount; " . Result";
```

```
    'Tbox = Tbox & icount & " . Result"
```

```
    While (LinkResult(i) <> -1)
```

```
        Print #1, LinkResult(i);
```

```
        'Tbox = Tbox & " " & LinkResult(i)
```

```
        i = i + 1
```

```
    Wend
```

```
    Print #1, " Cost is "; ChkCost;
```

```
    Print #1, " Hop is "; ChkHop
```

```
    'Tbox = Tbox & " Cost is " & ChkCost & Chr(13) & Chr(10)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub PrintRel(Index As Integer, PRel As String, DisP As Integer, HopP As Integer)
```

```
    If Index >= 10 Then WordL = 5 Else WordL = 6
```

```
    Tbox.Text = Tbox.Text & Space(5) & Index & Space(WordL)
```

```
    WordL = 35 - Len(PRel)
```

```
    Tbox.Text = Tbox.Text & PRel & Space(WordL)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

If DisP >= 10 Then WordL = 6 Else WordL = 7
Tbox.Text = Tbox.Text & DisP & Space(WordL)
Tbox.Text = Tbox.Text & HopP & EndLN
End Sub

```

```

Private Sub ReleaseNode(Index As Integer)

```

```

    NodeUsed(LinkResult(Index)) = False

```

```

    LinkResult(Index) = -1

```

```

End Sub

```

```

Private Sub Form_Load()

```

```

    MaxNode = 200

```

```

    ReDim Node(MaxNode) As NodeXY

```

```

    ReDim LLink(MaxNode, MaxNode) As LineLink

```

```

    EndLN = Chr(13) & Chr(10)

```

```

    Tabs = Space(5)

```

```

    For i = 1 To MaxNode

```

```

        Node(i).Index = i

```

```

        For j = 1 To MaxNode

```

```

            If i = j Then

```

```

                LLink(i, j).Sta = 0

```

```

                LLink(i, j).Cost = 0

```

```

            End If

```

```

            If i <> j Then

```

```

                LLink(i, j).Sta = 32767

```

```

                LLink(i, j).Cost = 32767

```

```

            End If

```

```

                LLink(i, j).Snode = i

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LLink(i, j).Dnode = j
```

```
Next
```

```
Next
```

```
About.Text = Space(15) + "นักศึกษาปริญญาโท" + EndLN
```

```
About.Text = About.Text + Space(12) + "นรฤทธิ์ สุนทรสารทูล" + EndLN + EndLN
```

```
About.Text = About.Text + Space(15) + "อาจารย์ที่ปรึกษา" + EndLN
```

```
About.Text = About.Text + Space(7) + "รศ.ดร.รัตติกว วราภูลศิริพันธุ์" + EndLN + EndLN
```

```
About.Text = About.Text + Space(12) + "คณะวิศวกรรมศาสตร์" + EndLN
```

```
About.Text = About.Text + Space(7) + "สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า" + EndLN
```

```
About.Text = About.Text + Space(11) + "เจ้าคุณทหารลาดกระบัง" + EndLN + EndLN
```

```
Text1.Text = Srce
```

```
Text2.Text = MaxNode
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
```

```
'Also unload GetFile form
```

```
Unload GetFile
```

```
Unload Graph
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Mn_New_Click()
```

```
Buf = MaxNode
```

```
Tbox.Text = ""
```

```
Title = ""
```

```
Msg = "Input NEW Maximum Number of Node"
```

```
Inp = InputBox(Msg, Title, Buf)
```

```
If Inp = "" Then
```

```
Exit Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Else
  If CInt(Inp) > 0 And CInt(Inp) < 201 Then
    MaxNode = CInt(Inp)
  Else
    MaxNode = Buf
  End If
End If
Text1.Text = Srce
Text2.Text = MaxNode
ReDim Node(MaxNode)
ReDim LLink(MaxNode, MaxNode)
For i = 1 To Buf
  Node(i).Sta = 0
Next
For i = 1 To MaxNode
  Node(i).Index = i
  For j = 1 To MaxNode
    If i = j Then
      LLink(i, j).Sta = 0
      LLink(i, j).Cost = 0
    End If
    If i <> j Then
      LLink(i, j).Sta = 32767
      LLink(i, j).Cost = 32767
    End If
    LLink(i, j).Snode = i
    LLink(i, j).Dnode = j
  Next
Next

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Next

End Sub

Private Sub Mn_MN_Click()

Buf = MaxNode

Tbox.Text = ""

Title = ""

Msg = "Input Maximum Number of Node"

Inp = InputBox(Msg, Title, Buf)

If Inp = "" Then

Exit Sub

Else

If CInt(Inp) > 0 And CInt(Inp) < 201 Then

MaxNode = CInt(Inp)

Else

MaxNode = Buf

End If

End If

Text1.Text = Srce

Text2.Text = MaxNode

End Sub

Private Sub Mn_SN_Click()

If Srce < 1 Then Srce = 1

Buf = Srce

Tbox.Text = ""

Title = ""

Msg = "Input Source Node"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Inp = InputBox(Msg, Title, Buf)
If Inp = "" Then
    Exit Sub
Else
    If CInt(Inp) > 0 And CInt(Inp) < MaxNode Then
        Srce = CInt(Inp)
    Else
        Srce = Buf
    End If
End If
Text1.Text = Srce
Text2.Text = MaxNode
End Sub

Private Sub Mn_Graph_Click()
    ,Tbox.Text = ""
    Graph.Show MADAL
End Sub

Private Sub Mn_CAR_Click()
    ReDim NodeUsed(MaxNode)
    ReDim LinkResult(MaxNode + 20) As Integer
    TChk% = 1
    LChk% = 1
    LinkCount = 0
    ChkHop = 0
    Tbox.Text = ""
    If Srce <= 0 Or Srce > MaxNode Then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Srce = 1
Msg = "Not In Rate Set Defalt is 1"
MsgBox Msg, MB_OK, Title
Msg = ""
End If
If Dest <= 0 Or Dest > MaxNode Then Dest = MaxNode
Buf = Dest
Title = ""
Msg = "Input Destination Node"
Inp = InputBox(Msg, Title, Buf)
If Len(Inp) < 1 Then
Exit Sub
Else
If CInt(Inp) > 0 And CInt(Inp) <= MaxNode Then
Dest = CInt(Inp)
Else
Mn_CAR_Click
End If
End If
If Dest = Srce Then
Msg = "Destination Node is equal Source Node"
MsgBox Msg, MB_OK, Title
Msg = ""
Mn_CAR_Click
End If
For i = 1 To MaxNode
NodeUsed(i) = False

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Next
Text1.Text = Srce
Text2.Text = MaxNode
Tbox.Visible = False
Open "C:\ChkCost.Dat" For Output As #1
LinkCount = 1
icount = 0
AddNode Srce, LinkCount
LinkCount = LinkCount + 1
CheckLink Srce
Close #1
PrintAR 0
ARouteL.Visible = True
PreCom.Visible = True
NextCom.Visible = True
Tbox.Visible = True
End Sub

Private Sub Mn_MC_Click()
    ReDim DisS(MaxNode) As Integer    'Distance
    ReDim PreS(MaxNode) As Integer    'PrePecessor
    ReDim HopS(MaxNode) As Integer    'Hop form Source to Destination
    Dim i As Integer
    Dim Cur As Integer
    Dim Rel As String
    RDM_MC
    Text1.Text = Srce
    Text2.Text = MaxNode

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Tbox.Visible = False
Tbox.Text = Space(20) & "Algorithm RDM/MC" & EndLN & EndLN
Tbox.Text = Tbox.Text & Tabs & "Number of Node is " & MaxNode & Space(10)
Tbox.Text = Tbox.Text & "Source Node is " & Srce & EndLN & EndLN
Tbox.Text = Tbox.Text & "Destination    Routing Table"
Tbox.Text = Tbox.Text & Space(14) & "Link Cost Hop" & EndLN & EndLN
For i = 1 To MaxNode
    If PreS(i) >= 0 Then
        If LLink(i, PreS(i)).Sta = LLink(PreS(i), i).Sta Then
            Cur = i
            Rel = ""
            While (Cur <> Srce)
                Rel = Cur & " " & Rel
                Cur = PreS(Cur)
            Wend
            Rel = Srce & " " & Rel
            PrintRel i, Rel, DisS(i), HopS(i)
        End If
    End If
Next
Tbox.Visible = True
End Sub

```

```
Private Sub Mn_MH_Click()
```

```

    ReDim DisS(MaxNode) As Integer    'Distance
    ReDim PreS(MaxNode) As Integer    'PrePecessor
    ReDim HopS(MaxNode) As Integer    'Hop form Source to Destination
    Dim i As Integer

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Dim Cur As Integer
Dim Rel As String
RDM_MH
Text1.Text = Srce
Text2.Text = MaxNode
Tbox.Visible = False
Tbox.Text = Space(20) & "Algorithm RDM/MH" & EndLN & EndLN
Tbox.Text = Tbox.Text & Tabs & "Number of Node is " & MaxNode & Space(10)
Tbox.Text = Tbox.Text & "Source Node is " & Srce & EndLN & EndLN
Tbox.Text = Tbox.Text & "Destination      Routing Table"
Tbox.Text = Tbox.Text & Space(16) & " Hop Link Cost" & EndLN & EndLN
For i = 1 To MaxNode
    If PreS(i) >= 0 Then
        If LLink(i, PreS(i)).Sta = LLink(PreS(i), i).Sta Then
            Cur = i
            Rel = ""
            While (Cur <> Srce)
                Rel = Cur & " " & Rel
                Cur = PreS(Cur)
            Wend
            Rel = Srce & " " & Rel
            PrintRel i, Rel, HopS(i), DisS(i)
        End If
    End If
Next
Tbox.Visible = True
End Sub

```

```

Private Sub Mn_IMH_Click()
    ReDim Hop(MaxNode, MaxNode) As Integer
    ReDim FRoute(MaxNode, MaxNode)
    ReDim BufR(10)
    ReDim BufC(10)
    ReDim BufN(10)
    ReDim SRoute(MaxNode)
    RDM_IMH
    Text1.Text = Srce
    Text2.Text = MaxNode
    Tbox.Visible = False
    Tbox.Text = ""
    Tbox.Text = Space(20) & "Algorithm RDM/IMH" & EndLN & EndLN
    Tbox.Text = Tbox.Text & Tabs & "Number of Node is " & MaxNode & Space(10)
    Tbox.Text = Tbox.Text & "Source Node is " & Srce & EndLN & EndLN
    For i = 1 To MaxNode
        r = 0
        If i <> Srce Then
            Tbox.Text = Tbox.Text & "Routing From " & Srce & " To " & i & EndLN
        End If
        For j = 1 To MaxNode
            If Hop(i, j) <> 0 And Hop(i, j) <> 32767 Then
                WLen = Len(FRoute(i, j))
                SpcPos1 = InStr(1, FRoute(i, j), " ")
                TNode = Left(FRoute(i, j), SpcPos1 - 1)
                CSpc = 0
                k = 0
                If (SpcPos1 + 1) > WLen Then

```

```

FCost = LLink(TNode, i).Cost
TRoute = TNode & " " & i & " Hop = " & Hop(i, j) & " Link Cost = " &
FCost & EndLN
Tbox.Text = Tbox.Text & " " & TRoute
r = r + 1
SRoute(r) = TRoute
P = 0
Else
Cut_Word SpcPos1, SpcPos2, FRoute(i, j), RNode, " "
FCost = LLink(TNode, RNode).Cost
TRoute = TNode & " " & RNode
TNode = RNode
SpcPos1 = SpcPos2
CSpC = CSpC + 1
P = 1
End If
Do While (SpcPos1 + 1) < WLen
Cut_Word SpcPos1, SpcPos2, FRoute(i, j), RNode, " "
If RNode <> Ssrc Then
FCost = FCost + LLink(TNode, RNode).Cost
TRoute = TRoute & " " & RNode
TNode = RNode
P = 1
If k > 0 And CSpC > CSpC_n Then
For z = 1 To k
BufR(z) = BufR(z) & " " & RNode
BufC(z) = BufC(z) + LLink(BufN(z), RNode).Cost
P = 2

```

```

Next
End If
Else
If (FCost + LLink(TNode, i).Cost) <= 32767 Then
If P = 2 Then
For z = 1 To k
BufC(z) = BufC(z) + LLink(TNode, i).Cost
BufR(z) = BufR(z) & " " & i & " Hop = " & Hop(i, j) & "
Link Cost = " & BufC(z) & EndLN
TNode = RNode
SpcPos1 = SpcPos2
Tbox.Text = Tbox.Text & " " & BufR(k)
r = r + 1
SRoute(r) = BufR(z)
Next
k = 0
P = 0
CSpC_n = 0
CSpC = 0
End If
FCost = FCost + LLink(TNode, i).Cost
TRoute = TRoute & " " & i & " Hop = " & Hop(i, j) & " Link Cost
= " & FCost & EndLN
Tbox.Text = Tbox.Text & " " & TRoute
r = r + 1
SRoute(r) = TRoute
TNode = RNode
FCost = 0

```

```

TRoute = TNode
CSpc = 0
P = 0
Else
k = k + 1
BufR(k) = TRoute
BufC(k) = FCost
BufN(k) = TNode
TNode = RNode
FCost = 0
TRoute = TNode
CSpc_n = CSpc
CSpc = 0
End If
End If
SpcPos1 = SpcPos2
CSpc = CSpc + 1
Loop
If P = 2 Then
For z = 1 To k
BufC(k) = BufC(k) + LLink(TNode, i).Cost
BufR(k) = BufR(k) & " " & i & " Hop = " & Hop(i, j) & " Link Cost =
" & BufC(k) & EndLN
Tbox.Text = Tbox.Text & " " & BufR(k)
r = r + 1
SRoute(r) = BufR(k)
TNode = RNode
SpcPos1 = SpcPos2

```

```

Next
P = 1
End If
If P = 1 Then
    FCost = FCost + LLink(TNode, i).Cost
    TRoute = TRoute & " " & i & " Hop = " & Hop(i, j) & " Link Cost = " &
FCost & EndLN
    Tbox.Text = Tbox.Text & " " & TRoute
    r = r + 1
    SRoute(r) = TRoute
    TNode = RNode
    SpcPos1 = SpcPos2
End If
End If
Next
For Hc% = 1 To r
    ScPos1 = 1
    Cut_Word ScPos1, ScPos2, SRoute(Hc%), MCost1, "Cost = "
    ScPos1 = ScPos2 + 6
    Cut_Word ScPos1, ScPos2, SRoute(Hc%), MCost1, EndLN
    ScPos1 = 1
    Cut_Word ScPos1, ScPos2, SRoute(Hc%), CHop1, "Hop = "
    ScPos1 = ScPos2 + 5
    Cut_Word ScPos1, ScPos2, SRoute(Hc%), CHop1, " Link"
    Phc% = Hc% + 1
    For Mhc% = Hc% To r
        ScPos1 = 1
        Cut_Word ScPos1, ScPos2, SRoute(Mhc%), MCost2, "Cost = "

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ScPos1 = ScPos2 + 6
Cut_Word ScPos1, ScPos2, SRoute(Mhc%), MCost2, EndLN
ScPos1 = 1
Cut_Word ScPos1, ScPos2, SRoute(Mhc%), CHop2, "Hop = "
ScPos1 = ScPos2 + 5
Cut_Word ScPos1, ScPos2, SRoute(Mhc%), CHop2, " Link"
If MCost1 > MCost2 Then
    If CHop1 >= CHop2 Then
        BRoute = SRoute(Hc%)
        SRoute(Hc%) = SRoute(Mhc%)
        SRoute(Mhc%) = BRoute
        MCost1 = MCost2
        CHop1 = CHop2
    End If
End If
Next
Tbox.Text = Tbox.Text & " " & SRoute(Hc%)
Next
Tbox.Text = Tbox.Text & EndLN
Next
Tbox.Visible = True
End Sub

```

File "Graph"

Dim Status As Integer

Dim LSta As Integer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dim WordL As Integer

Dim Ind As Integer

Dim LInd As Integer

Dim Snode As Integer

Dim Dnode As Integer

Dim Sn_X As Integer

Dim Sn_Y As Integer

Dim Dn_X As Integer

Dim Dn_Y As Integer

Dim Dlink As Line

Dim EndLN

Dim Tabs

Private Sub Form_Load()

ReDim NodeUsed(MaxNode)

ReDim LinkResult(MaxNode) As Integer

ScaleHeight = 8430

ScaleWidth = 12000

AutoRedraw = True

AutoRedraw = False

AlgoSta = 0

EndLN = Chr(13) & Chr(10)

Tabs = Space(5)

For i = 1 To MaxNode

Load NodeL(i)

Next

End Sub

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Form_Activate()
```

```
    For i = 1 To MaxNode
```

```
        If Node(i).Sta = 1 Then
```

```
            X = Node(i).X
```

```
            Y = Node(i).Y
```

```
            NodeL(i).Caption = Node(i).Index
```

```
            NodeL(i).Left = X - (NodeL(i).Width / 2)
```

```
            NodeL(i).Top = Y - (NodeL(i).Height / 2)
```

```
            NodeL(i).Visible = True
```

```
        End If
```

```
    Next
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
    If Status = 1 Then
```

```
        Ind = MaxNode
```

```
        For i = 1 To MaxNode
```

```
            If NodeL(i).Visible = False Then
```

```
                If Ind > i Then Ind = i
```

```
            End If
```

```
        Next
```

```
        'Ind = Ind + 1
```

```
        Do
```

```
            If NodeL(Ind).Visible = False Then
```

```
                'Ind = InputBox("Node ID NAME", "Input Name ID is Number [1, 2, ..., N-1, N]", NodeL(Ind).Caption)
```

```
                Ind = Ind
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

If Len(InId) > 0 Then
    Node(Ind).X = X
    Node(Ind).Y = Y
    Node(Ind).Sta = 1
    NodeL(Ind).Caption = InId
    'Circle (X, Y), 380
    'NodeG(Ind).Left = X - (NodeG(Ind).Width / 2)
    'NodeG(Ind).Top = Y - (NodeG(Ind).Height / 2)
    NodeL(Ind).Left = X - (NodeL(Ind).Width / 2)
    NodeL(Ind).Top = Y - (NodeL(Ind).Height / 2)
    'NodeG(Ind).Visible = True
    NodeL(Ind).Visible = True
End If
End If
Loop While NodeL(Ind).Visible <> True
HL.Visible = True
HL.Visible = False
End If
If Status = 11 Then
    Node(Ind).X = X
    Node(Ind).Y = Y
    Node(Ind).Sta = 1
    NodeL(Ind).Caption = Ind
    'NodeG(Ind).Left = X - (NodeG(Ind).Width / 2)
    'NodeG(Ind).Top = Y - (NodeG(Ind).Height / 2)
    NodeL(Ind).Left = X - (NodeL(Ind).Width / 2)
    NodeL(Ind).Top = Y - (NodeL(Ind).Height / 2)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

'NodeG(Ind).Visible = True
NodeL(Ind).Visible = True
Status = 1
HL.Visible = True
HL.Visible = False
End If
End Sub

Private Sub Form_Paint()
    If AlgoSta = 0 Or AlgoSta > 10 Then
        Hd.Text = Space(12) & "Normal Node Status" & EndLN & EndLN
        Hd.Text = Hd.Text & Tabs & "Number of Node is " & MaxNode & EndLN
        Hd.Text = Hd.Text & Tabs & "Source Node is " & Srce & EndLN
        Hd.Text = Hd.Text & "Nodei   Nodej       Link   Link Cost" & EndLN
        Tb.Text = ""
        For i = 1 To MaxNode
            If Node(i).Sta = 1 And NodeL(i).Visible = True Then Circle (Node(i).X, Node(i).Y),
380, QBColor(9)
            For j = 1 To MaxNode
                If LLink(i, j).Sta = 1 And NodeL(i).Visible = True And NodeL(j).Visible = True
And i < j Then
                    Sn_X = NodeL(i).Left
                    Sn_Y = NodeL(i).Top
                    Dn_X = NodeL(j).Left
                    Dn_Y = NodeL(j).Top
                    X1 = Sn_X + (NodeL(i).Width / 2)
                    Y1 = Sn_Y + (NodeL(i).Height / 2)
                    X2 = Dn_X + (NodeL(j).Width / 2)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$Y2 = Dn_Y + (NodeL(j).Height / 2)$

Line (X1, Y1)-(X2, Y2), QBColor(11)

If AlgoSta = 0 Then

If LLink(i, j).Snode >= 10 Then WordL = 6 Else WordL = 8

T\$ = T\$ & Space(5) & LLink(i, j).Snode & Space(WordL)

If LLink(i, j).Dnode >= 10 Then WordL = 11 Else WordL = 13

T\$ = T\$ & LLink(i, j).Dnode & Space(WordL)

If LLink(i, j).Sta >= 10 Then WordL = 9 Else WordL = 11

T\$ = T\$ & LLink(i, j).Sta & Space(WordL)

T\$ = T\$ & LLink(i, j).Cost & EndLN

End If

Else

If LLink(i, j).Sta < LLink(j, i).Sta And NodeL(i).Visible = True And NodeL

(j).Visible = True Then

Sn_X = NodeL(i).Left

Sn_Y = NodeL(i).Top

Dn_X = NodeL(j).Left

Dn_Y = NodeL(j).Top

$X1 = Sn_X + (NodeL(i).Width / 2)$

$Y1 = Sn_Y + (NodeL(i).Height / 2)$

$X2 = Dn_X + (NodeL(j).Width / 2)$

$Y2 = Dn_Y + (NodeL(j).Height / 2)$

LLink(i, j).Sta = 0

LLink(j, i).Sta = 0

Line (X1, Y1)-(X2, Y2), QBColor(15)

End If

End If

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Next
Next
Tb.Text = T$
End If
'Show RDM/MC
If AlgoSta = 1 Or AlgoSta = 11 Then
    Hd.Text = Tabs & Tabs & "Algorithm RDM/MC" & EndLN & EndLN
    Hd.Text = Hd.Text & Tabs & "Number of Node is " & MaxNode & EndLN
    Hd.Text = Hd.Text & Tabs & "Source Node is " & Srce & EndLN
    Hd.Text = Hd.Text & "Destination Prepecesor Cost Hop" & EndLN
    T$ = ""
    For i = 1 To MaxNode
        If Node(i).Sta = 1 And NodeL(i).Visible = True Then Circle (Node(i).X, Node(i).Y),
380, QBColor(9)
        If PreS(i) >= 0 Then
            If Node(i).Sta = 1 And Node(PreS(i)).Sta = 1 And LLink(i, PreS(i)).Sta = LLink
(PreS(i), i).Sta Then
                Sn_X = NodeL(i).Left
                Sn_Y = NodeL(i).Top
                Dn_X = NodeL(PreS(i)).Left
                Dn_Y = NodeL(PreS(i)).Top
                X1 = Sn_X + (NodeL(i).Width / 2)
                Y1 = Sn_Y + (NodeL(i).Height / 2)
                X2 = Dn_X + (NodeL(PreS(i)).Width / 2)
                Y2 = Dn_Y + (NodeL(PreS(i)).Height / 2)
                Line (X1, Y1)-(X2, Y2), QBColor(13)
                If i >= 10 Then WordL = 14 Else WordL = 16
                T$ = T$ & Space(7) & i & Space(WordL)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

If PreS(i) >= 10 Then WordL = 11 Else WordL = 13
T$ = T$ & PreS(i) & Space(WordL)
If DisS(i) >= 10 Then WordL = 5 Else WordL = 7
T$ = T$ & DisS(i) & Space(WordL)
T$ = T$ & HopS(i) & EndLN
End If
End If
Next
Tb.Text = T$
If Node(Srce).Sta = 1 And NodeL(Srce).Visible = True Then Circle (Node(Srce).X,
Node(Srce).Y), 380, QBColor(3)
End If
'Show RDM/MH
If AlgoSta = 2 Or AlgoSta = 12 Then
Hd.Text = Space(7) & "Algorithm RDM/MH" & EndLN
Hd.Text = Hd.Text & EndLN
Hd.Text = Hd.Text & Tabs & "Number of Node is " & MaxNode & EndLN
Hd.Text = Hd.Text & Tabs & "Source Node is " & Srce & EndLN
Hd.Text = Hd.Text & "Destination Prepecesor Hop Cost" & EndLN
T$ = ""
For i = 1 To MaxNode
If Node(i).Sta = 1 And NodeL(i).Visible = True Then Circle (Node(i).X, Node(i).Y),
380, QBColor(9)
If PreS(i) >= 0 Then
If Node(i).Sta = 1 And Node(PreS(i)).Sta = 1 And LLink(i, PreS(i)).Sta = LLink
(PreS(i), i).Sta Then
Sn_X = NodeL(i).Left
Sn_Y = NodeL(i).Top

```

```

Dn_X = NodeL(PreS(i)).Left
Dn_Y = NodeL(PreS(i)).Top
X1 = Sn_X + (NodeL(i).Width / 2)
Y1 = Sn_Y + (NodeL(i).Height / 2)
X2 = Dn_X + (NodeL(PreS(i)).Width / 2)
Y2 = Dn_Y + (NodeL(PreS(i)).Height / 2)
Line (X1, Y1)-(X2, Y2), QBColor(12)
If i >= 10 Then WordL = 14 Else WordL = 16
T$ = T$ & Space(7) & i & Space(WordL)
If PreS(i) >= 10 Then WordL = 11 Else WordL = 13
T$ = T$ & PreS(i) & Space(WordL)
If DisS(i) >= 10 Then WordL = 5 Else WordL = 7
T$ = T$ & HopS(i) & Space(WordL)
T$ = T$ & DisS(i) & EndLN
End If
End If
Next
Tb.Text = T$
If Node(Srce).Sta = 1 And NodeL(Srce).Visible = True Then Circle (Node(Srce).X,
Node(Srce).Y), 380, QBColor(3)
End If
End Sub

Private Sub MuNew_Click()
    AlgoSta = 0
    Buf = MaxNode
    Title = ""
    Msg = "Input NEW Maximum Number of Node"

```

```

Inp = InputBox(Msg, Title, Buf)
If Inp = "" Then
    Exit Sub
Else
    If Cint(Inp) > 0 And Cint(Inp) < 201 Then
        MaxNode = Cint(Inp)
    Else
        MaxNode = Buf
    End If
End If
For i = 1 To Buf
    Unload NodeL(i)
    Node(i).Sta = 0
Next
Hide
Show
ReDim Node(MaxNode)
ReDim LLink(MaxNode, MaxNode)
For i = 1 To MaxNode
    Load NodeL(i)
    Node(i).Index = i
    For j = 1 To MaxNode
        If i = j Then
            LLink(i, j).Sta = 0
            LLink(i, j).Cost = 0
        End If
        If i <> j Then
            LLink(i, j).Sta = 32767
        End If
    Next j
Next i

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LLink(i, j).Cost = 32767
```

```
End If
```

```
LLink(i, j).Snode = i
```

```
LLink(i, j).Dnode = j
```

```
Next
```

```
Next
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MuNode_Click()
```

```
Status = 1
```

```
AlgoSta = 0
```

```
HL.Visible = True
```

```
HL.Visible = False
```

```
MuEdit.Enabled = False
```

```
MuAlgo.Enabled = False
```

```
MuStop.Enabled = True
```

```
MuEnd.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MuLink_Click()
```

```
Status = 2
```

```
LSta = 0
```

```
AlgoSta = 0
```

```
HL.Visible = True
```

```
HL.Visible = False
```

```
MuEdit.Enabled = False
```

```
MuAlgo.Enabled = False
```

```
MuStop.Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MuEnd.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MuSnode_Click()
```

```
    AlgoSta = 0
```

```
    If Srce < 1 Then Srce = 1
```

```
    Buf = Srce
```

```
    Title = ""
```

```
    Msg = "Input Source Node"
```

```
    Inp = InputBox(Msg, Title, Buf)
```

```
    If Len(Inp) < 1 Then
```

```
        Srce = Buf
```

```
    Else
```

```
        If CInt(Inp) > 0 And CInt(Inp) < MaxNode Then
```

```
            Srce = CInt(Inp)
```

```
        Else
```

```
            Srce = Buf
```

```
        End If
```

```
    End If
```

```
    HL.Visible = True
```

```
    HL.Visible = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Mu_Nor_Click()
```

```
    AlgoSta = 0
```

```
    HL.Visible = True
```

```
    HL.Visible = False
```

```
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Private Sub Mu_MC_Click()

```

ReDim DisS(MaxNode) As Integer 'Distance
ReDim PreS(MaxNode) As Integer 'PrePecessor
ReDim HopS(MaxNode) As Integer 'Hop form Source to Destination
If Node(MaxNode).Sta = 1 Then
AlgoSta = 1
HL.Visible = True
HL.Visible = False
RDM_MC
Title = ""
Msg = "Do You Want to Show With Normal Link"
Response = MsgBox(Msg, MB_YESNO, Title)
If Response = IDYES Then
    AlgoSta = AlgoSta + 10
Else
    Msg = "Please Input Draw All Node Befor"
    MsgBox Msg, MB_OK, Title
    Msg = ""
End If 'End Check Draw Node
End Sub

```

Private Sub Mu_MH_Click()

```

ReDim DisS(MaxNode) As Integer 'Distance
ReDim PreS(MaxNode) As Integer 'PrePecessor
ReDim HopS(MaxNode) As Integer 'Hop form Source to Destination
If Node(MaxNode).Sta = 1 Then
    AlgoSta = 2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

HL.Visible = True
HL.Visible = False
RDM_MH
Title = ""
Msg = "Do You Want to Show With Normal Link"
Response = MsgBox(Msg, MB_YESNO, Title)
If Response = IDYES Then
    AlgoSta = AlgoSta + 10
Else
    Msg = "Please Input Draw All Node Befor"
    MsgBox Msg, MB_OK, Title
    Msg = ""
End If End Check Draw Node
End Sub

Private Sub MuEnd_Click()
    Unload Graph
End Sub

Private Sub MuStop_Click()
    Status = 0
    MuEdit.Enabled = True
    MuAlgo.Enabled = True
    MuStop.Enabled = False
    MuEnd.Enabled = True
End Sub

```

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน	นาย นรฤทธิ์ สุนทรสารทูล
วันเดือนปีเกิด	17 มกราคม 2509
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์
สถานที่สำเร็จการศึกษา	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร
ปีที่สำเร็จการศึกษา	ปีการศึกษา 2530
ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์	รัตติกอ วรากุลศิริพันธ์ และ นรฤทธิ์ สุนทรสารทูล “การประยุกต์เครือข่ายสื่อสารคอมพิวเตอร์กับระบบ แปลภาษาด้วยเครื่องที่อยู่สถานที่ห่างกัน” วารสาร คอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, ปีที่ 20 ฉบับที่ 105/มกราคม-กุมภาพันธ์ 2537 หน้า 41-49
อาชีพปัจจุบัน	ทำงานส่วนตัว