

ผลการทดสอบการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารโดยใช้วิธีวีสติกอัลกอริทึม

ความนำ

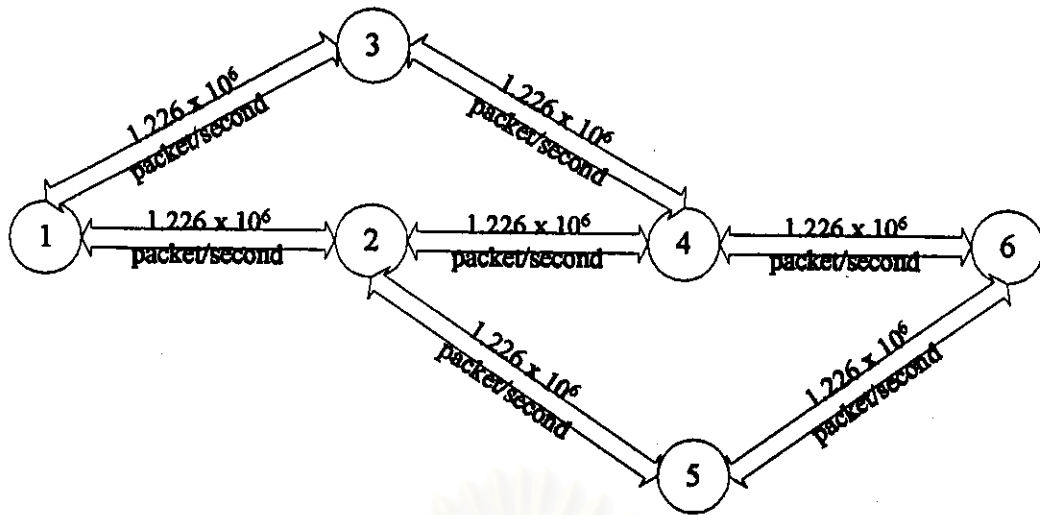
ในบทนี้จะแสดงถึงผลของการจัดเส้นทางวงจรเสมือนโดยใช้วิธีวีสติกอัลกอริทึมซึ่งจะแสดงถึงผลของการจัดเส้นทางโดยใช้วิธีวีสติกอัลกอริทึมที่มีการเลือกคำตอบในตอนเริ่มต้นการประมวลผลด้วยวิธีสุ่มจากคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด และที่มีบางคำตอบในตอนเริ่มต้นที่กำหนดให้จากผลของเทคนิคการจัดเส้นทางแบบ MHR และ LLR ซึ่งจะทำการแสดงไว้ในหัวข้อผลการกำหนดคำตอบในตอนเริ่มการประมวลผลที่มีต่อจำนวนรอบการค้นหา ผลของการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆต่อจำนวนรอบของการค้นหาคำตอบของวิธีวีสติกอัลกอริทึมแบ่งแสดงได้สองหัวข้อคือ หัวข้อผลของการเพิ่มหรือลดจำนวนเวกเตอร์แม่ที่มีต่อจำนวนรอบการประมวลผล และหัวข้อผลของการเพิ่มหรือลดจำนวนเวกเตอร์ลูกที่มีต่อจำนวนรอบการประมวลผล การทดสอบทั้งหมดนี้จะกำหนดให้ค่าเผื่อไว้ $P_{\alpha}=10$ สำหรับทุกๆการทดสอบ และการทดสอบแต่ละครั้งได้ใช้เครื่องประมวลผลคือคอมพิวเตอร์ HP Vectra 515 โดยเขียนโปรแกรมด้วย MathLab รุ่น 5.0

ผลการกำหนดคำตอบในตอนเริ่มการประมวลผลที่มีต่อจำนวนรอบการค้นหา

ในการทดสอบจะทดสอบการจัดเส้นทางวงจรเสมือนให้กับโครงข่ายขนาด 6 โหนด ซึ่งจะมีโทโปโลยีดังรูปที่ 4.1 กำหนดขนาดของความจุของแต่ละข่ายเชื่อม โยงมีค่าเท่ากันหมดทุกข่ายเชื่อม โยงคือ 1.226×10^5 แพ็กเกต/วินาที และขนาดของบัพเฟอร์ที่ใช้ทดสอบโครงข่ายนี้จะแสดงในตารางที่ 4.1 การทดสอบการจัดเส้นทางของวงจรเสมือนในขั้นนี้เพื่อเลือกวิธีการกำหนดเวกเตอร์เริ่มต้นที่ทำให้จำนวนรอบการประมวลผลน้อยที่สุดจากวิธีการกำหนด 4 วิธีคือ คือ 1) กำหนดเวกเตอร์แม่แบบสุ่มทุกเวกเตอร์แม่ 2) กำหนดเวกเตอร์แม่เวกเตอร์แรกเป็นคำตอบของการจัดเส้นทางแบบ MHR และเวกเตอร์แม่ที่เหลือจะกำหนดแบบสุ่ม 3) กำหนดเวกเตอร์แม่เวกเตอร์แรกเป็นคำตอบของการจัดเส้นทางแบบ LLR และเวกเตอร์แม่ที่เหลือจะกำหนดแบบสุ่ม 4) กำหนดเวกเตอร์

แม่เวกเตอร์แรกและเวกเตอร์ที่สองเป็นคำตอบของการจัดเส้นทางแบบ MHR และ LLR ตามลำดับ โดยที่เวกเตอร์แม่ที่เหลือจะกำหนดแบบสุ่ม เทคนิคการจัดเส้นทาง LLR เป็นเทคนิคการจัดเส้นทางแบบพลวัต โดยทำการจัดเส้นทางวงจรเสมือนที่ละวงจรเสมือนจนครบทุกวงจรเสมือน (Steenstrup, 1995) จำนวนของเซตของเส้นทางวงจรเสมือนที่เทคนิค LLR ใช้ในการคำนวณจะใช้เพียงเซตเดียว แต่การจัดเส้นทางวงจรเสมือนโดยใช้วิธีสถิต อัลกอริทึม เซตของเส้นทางวงจรเสมือนได้ถูกแทนด้วยเวกเตอร์และเวลาที่ใช้ในการประมวลผล 1 รอบการประมวลผลขึ้นกับจำนวนของเวกเตอร์ที่ใช้ทั้งหมดใน 1 รอบการประมวลผล จะพบว่าจำนวนเวกเตอร์ที่วิธีสถิต อัลกอริทึมใช้ใน 1 รอบการประมวลผลมากกว่าจำนวนเวกเตอร์ที่เทคนิค LLR ใช้ ดังนั้นเวลาที่เทคนิค LLR ใช้จะน้อยกว่าเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของวิธีสถิต อัลกอริทึมเพียงรอบการประมวลผลเดียว จากเหตุผลดังกล่าว การกำหนดค่าเวกเตอร์แม่เริ่มต้นด้วยเซตของเส้นทางที่ได้จากเทคนิค LLR จึงไม่เป็นการสิ้นเปลืองเวลาในการกำหนดเวกเตอร์แม่เริ่มต้น สำหรับเทคนิค MHR เป็นเทคนิคการจัดเส้นทางแบบสถิต เส้นทางที่ได้จากเทคนิคการจัดเส้นทางแบบ MHR จึงสามารถดึงมาใช้ในการกำหนดค่าเวกเตอร์แม่เริ่มต้นให้กับวิธีสถิต อัลกอริทึมได้ทันที (Steenstrup, 1995) การทดสอบนี้ได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ของการทดสอบวิธีสถิต อัลกอริทึมคือ จำนวนเวกเตอร์แม่เป็น 10 เวกเตอร์ และจำนวนเวกเตอร์ถูกต่อ 1 เวกเตอร์แม่เป็น 8 เวกเตอร์ อัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ต ของแต่ละวงจรเสมือนสำหรับใช้ทดสอบโครงข่ายในหน่วย "แพ็กเก็ต/วินาที" แสดงในตารางที่ 4.2 ผลของการจัดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารโดยใช้วิธีสถิต อัลกอริทึมจะได้กราฟแสดงการลดลงของคำตอบในรูปที่ 4.2 เส้นทางวงจรเสมือนที่ได้จะแสดงในตารางที่ 4.3 จำนวนรอบของการค้นหาของอัลกอริทึมจะแสดงไว้ในตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5 จะเป็นค่าวัดคุณภาพที่ได้จากเทคนิคการจัดเส้นทางวงจรเสมือนโดยใช้วิธีสถิต อัลกอริทึมและเทคนิคการจัดเส้นทางอื่น ค่าวัดคุณภาพนี้เป็นค่าที่ได้จากที่กำหนดในสมการที่ 3.8 (ค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายของแพ็กเก็ต เนื่องจากแพ็กเก็ตเกิดการบดบังขึ้นที่บัพเฟอร์ขาออกของสวิตช์ต่างๆ ตลอดเส้นทางวงจรเสมือนที่มากที่สุดจากวงจรเสมือนทั้งหมด)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 โทโปโลยีของโครงข่ายทดสอบขนาด 6 โหนด

ตารางที่ 4.1 ขนาดของบัฟเฟอร์ที่ใช้ส่งแพ็กเก็ตผ่านข่ายเชื่อมโยงในโครงข่ายทดสอบ 6 โหนด

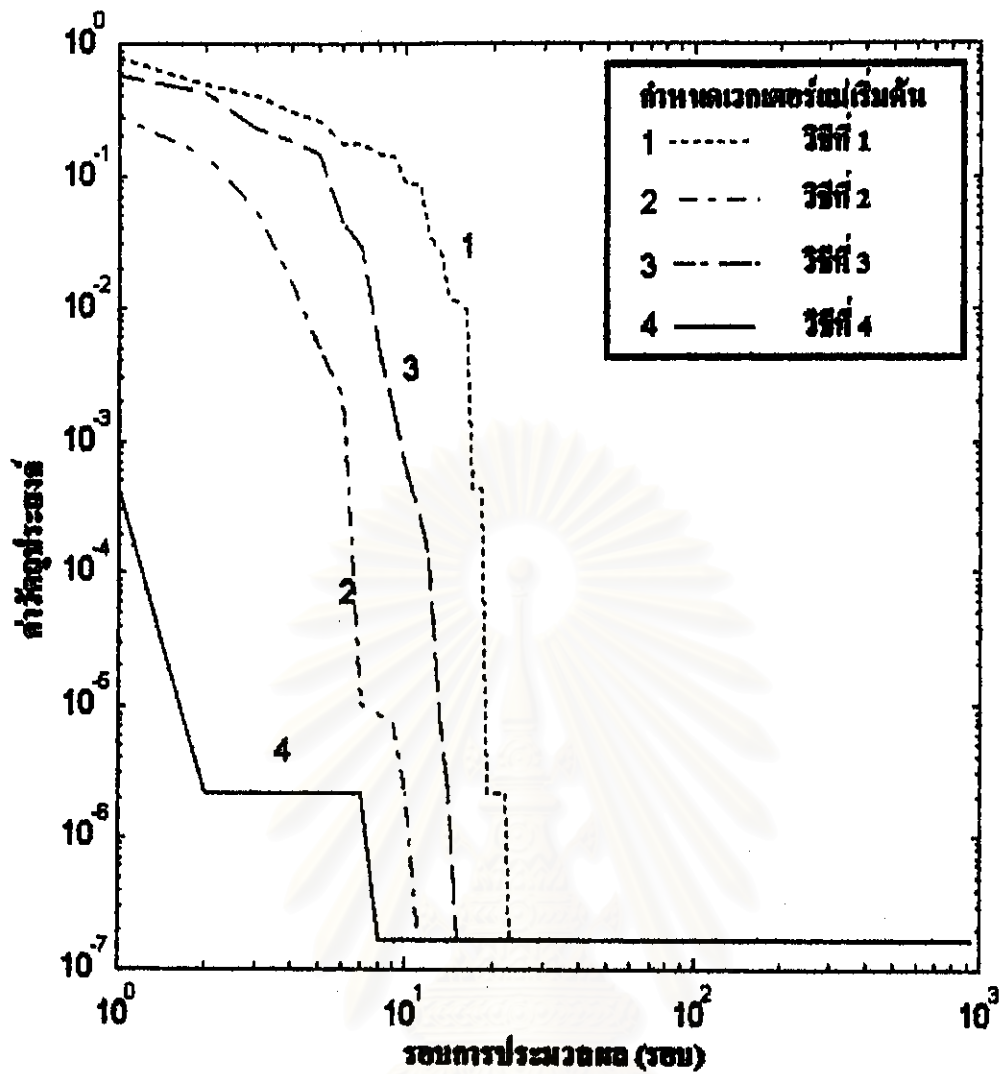
ขนาดของบัฟเฟอร์ (แพ็กเก็ต)						
โหนด ต้นทาง	โหนดปลายทาง					
	1	2	3	4	5	6
1	-	52	60	-	-	-
2	52	-	55	50	48	-
3	60	55	-	56	60	-
4	-	50	56	-	60	48
5	-	48	60	60	-	50
6	-	-	-	48	50	-

ตารางที่ 4.2 อัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ตในวงจรเสมือนที่ใช้ทดสอบโครงข่ายขนาด 6 โหนด

อัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ตที่ใช้ทดสอบโครงข่าย (แพ็กเก็ต/วินาที)						
โหนด ต้นทาง	โหนดปลายทาง					
	1	2	3	4	5	6
1	-	25461747	25021238	49672021	19660837	25269120
2	33576530	-	20074466	41461125	47326476	47105860
3	14165281	42029838	-	25547002	38771586	36193120
4	22713495	9127463	5939747	-	25663865	14116219
5	41880964	33585940	39230675	14244342	-	41857318
6	36123871	9051699	50176908	33651168	17089243	-

ตารางที่ 4.3 เส้นทางของวงจรเสมือนสำหรับโครงข่าย 6 โหนดที่ได้จากการใช้อัลกอริทึม

โหนดที่วงจรเสมือนผ่าน						
โหนด ต้นทาง	โหนดปลายทาง					
	1	2	3	4	5	6
1	-	1, 2	1, 3	1, 3, 4	1, 2, 5	1, 2, 4, 6
2	2, 1	-	2, 3	2, 4	2, 5	2, 3, 5, 6
3	3, 1	3, 2	-	3, 2, 4	3, 5	3, 4, 6
4	4, 3, 1	4, 2	4, 3	-	4, 5	4, 6
5	5, 4, 2, 1	5, 2	5, 3	5, 4	-	5, 6
6	6, 5, 3, 1	6, 5, 2	6, 4, 3	6, 4	6, 5	-



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบวิธีการกำหนดเวกเตอร์แม่เริ่มต้นการประมวลผลต่างๆกัน

วิธีที่ 1 คือ กำหนดเวกเตอร์แม่เริ่มต้นทุกเวกเตอร์จากการสุ่ม

วิธีที่ 2 คือ กำหนดเวกเตอร์แม่เริ่มต้นจากเทคนิค MHR และจากการสุ่ม

วิธีที่ 3 คือ กำหนดเวกเตอร์แม่เริ่มต้นจากเทคนิค LLR และจากการสุ่ม

วิธีที่ 4 คือ กำหนดเวกเตอร์แม่เริ่มต้นจากเทคนิค MHR, LLR และจากการสุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 จำนวนรอบและเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของการกำหนดเวกเตอร์แม่เริ่มต้นการประมวลผลทั้ง 4 วิธี

วิธีที่	จำนวนรอบที่ใช้ในการประมวลผล (รอบ)	เวลาที่ใช้ (วินาที)
1	22	275.44
2	10	125.2
3	14	175.28
4	7	87.64

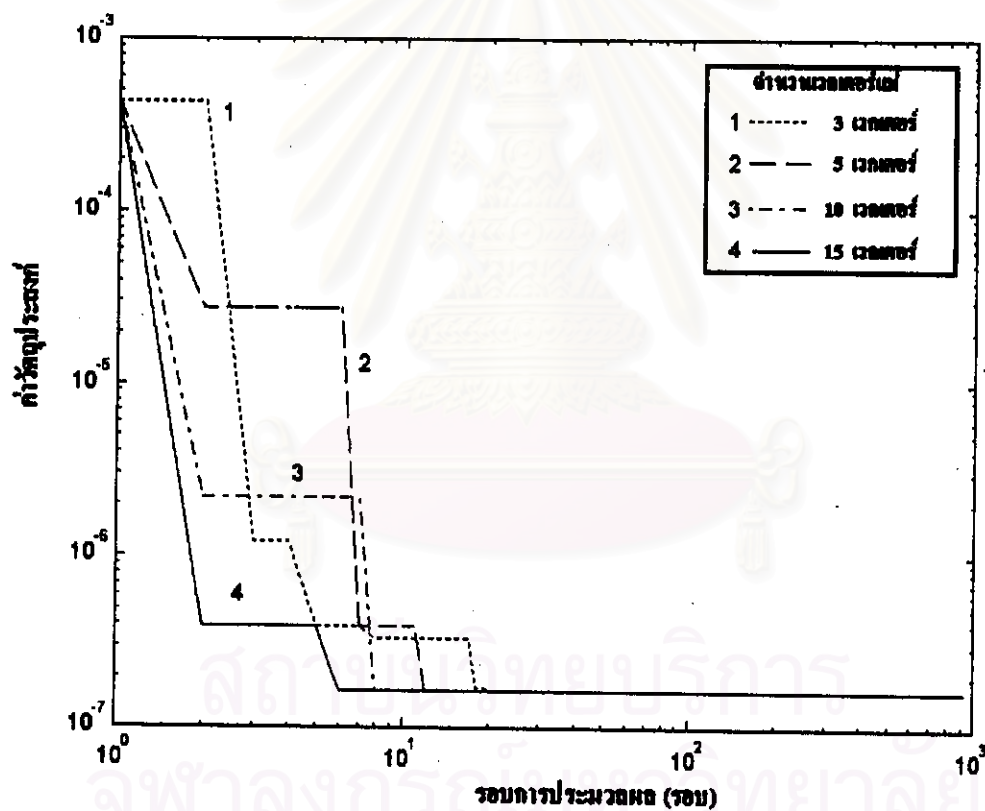
ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นมากที่สุดที่แพ็กเก็ตจะสูญหายในเส้นทางที่ได้จากเทคนิคการจัดเส้นทางต่างๆ

เทคนิคการจัดเส้นทาง	ค่าความน่าจะเป็นมากที่สุดที่แพ็กเก็ตจะสูญหาย
MHR	0.2814
LLR	0.1756
ฮิวริสติกอัลกอริทึม	1.6733×10^{-7}

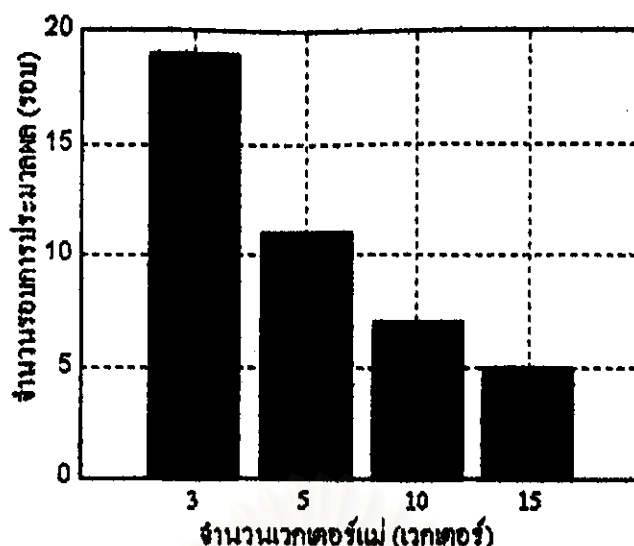
จากการทดสอบการจัดเส้นทางวงจรเสมือนให้กับโครงข่ายสื่อสารขนาด 6 โหนด ผลที่ได้ในรูปที่ 4.2 และ ตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าหากทำการกำหนดเวกเตอร์แม่เริ่มต้นการประมวลผลให้เป็นเวกเตอร์ที่เป็นคำตอบของการจัดเส้นทางด้วยเทคนิค MHR และ LLR จะทำให้ลดจำนวนรอบและเวลาที่ใช้ในการประมวลผลเพื่อจัดเส้นทางวงจรเสมือนที่เหมาะสมที่สุดได้ ทั้งนี้เพราะผลของคำตอบการจัดเส้นทางด้วยเทคนิค MHR และ LLR จะเป็นเส้นทางที่ใกล้กับเส้นทางที่เป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุด และจากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าค่าความน่าจะเป็นที่สูงที่สุดของการเกิดการสูญหายของแพ็กเก็ต ในวงจรเสมือนของเส้นทางที่ได้จาก LLR และ MHR จะเป็นเส้นทางที่มีโอกาสเกิดการสูญหายของแพ็กเก็ตที่สูงมากเมื่อเทียบกับการจัดเส้นทางโดยใช้ฮิวริสติกอัลกอริทึม ในการทดสอบนี้ได้ตรวจสอบคำตอบกับคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด พบว่าคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกอัลกอริทึมในการทดสอบนี้เป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุดจากคำตอบทั้งหมดที่เป็นไปได้

ผลการทดสอบชีววิสถิติกัลกอร์ิทึมกับจำนวนของเวกเตอร์แม่

ในการทดลองนี้ ได้ทำการทดลองกำหนดจำนวนของเวกเตอร์แม่ไว้จำนวนต่างๆ เพื่อที่จะทำการเปรียบเทียบจำนวนรอบการประมวลผลของชีววิสถิติกัลกอร์ิทึมในการจัดเส้นทางวงจรเสมือนให้โครงข่ายสื่อสารขนาด 6 โหนดดังรูปที่ 4.1 โดยกำหนดค่าของจำนวนเวกเตอร์ลูกที่สร้างจากเวกเตอร์แม่ 1 เวกเตอร์เป็น 8 เวกเตอร์ โครงข่ายมีการกำหนดขนาดบัพเฟอร์ด้านขาออกของสวิตช์ที่โหนดต่างๆ ในโครงข่ายและอัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ตเกิดในแต่ละวงจรเสมือนที่ใช้ทดสอบโครงข่ายดังในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ในการทดสอบชีววิสถิติกัลกอร์ิทึมที่จำนวนเวกเตอร์แม่จำนวนต่างๆ จะได้กราฟการถ่วงเข้าหาค่าตอบที่เหมาะสมที่สุดดังรูปที่ 4.3 และกราฟแท่งแสดงจำนวนรอบการประมวลผลได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.4 โดยในการทดสอบนี้ได้ทำการทดสอบกับจำนวนเวกเตอร์แม่ที่จำนวน 3, 5, 10 และ 15 เวกเตอร์ ตามลำดับ ผลของเส้นทางที่ได้จะเป็นเส้นทางกลุ่มเดียวกับในตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าวัตถุประสงค์ในแต่ละรอบการประมวลผลของชีววิสถิติกัลกอร์ิทึมที่จำนวนเวกเตอร์แม่เป็น 3, 5, 10 และ 15 เวกเตอร์

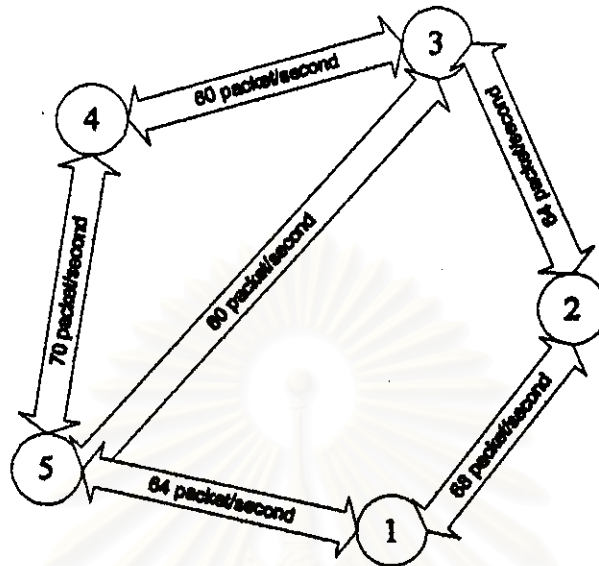


รูปที่ 4.4 กราฟแท่งแสดงจำนวนรอบการประมวลผลของอิวิสตติกอัลกอริทึมที่
จำนวนเวกเตอร์แม่เป็น 3, 5, 10 และ 15 เวกเตอร์

คำตอบการจัดเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดจะได้คำตอบแบบเดียวกับคำตอบในตารางที่ 4.3 จากรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 จะพบว่าที่จำนวนเวกเตอร์แม่มากขึ้นจะทำให้จำนวนรอบที่ใช้ในการประมวลผลน้อยลง นอกจากนี้อาจพิจารณาได้ว่า การที่เพิ่มจำนวนเวกเตอร์แม่จะเป็นการเพิ่มความหลากหลายของคำตอบให้กับการค้นหา ซึ่งจะทำให้เวกเตอร์ที่เก็บไว้ในบัพเฟอร์ของแต่ละรอบการค้นหาจะกระจายครอบคลุมเวกเตอร์หรือคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดมากยิ่งขึ้น เป็นผลให้จำนวนรอบการประมวลผลเพื่อค้นหาคำตอบลดลงได้ แต่การเพิ่มจำนวนเวกเตอร์แม่หากนำไปประมวลผลแบบขนานจะทำให้เวลาที่ใช้ในหนึ่งรอบการประมวลผลมากขึ้น แต่เมื่อนำไปประมวลผลแบบขนานแล้วเวลาที่ใช้ในหนึ่งรอบการประมวลผลเมื่อเพิ่มจำนวนเวกเตอร์แม่จะเท่าเดิม จากการตรวจสอบคำตอบกับคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด พบว่าคำตอบที่ได้จากอิวิสตติกอัลกอริทึมในการทดสอบนี้เป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุดจากคำตอบทั้งหมดที่เป็นไปได้

นอกจากการทดสอบการจัดเส้นทางวงจรเสมือนในโครงข่ายสื่อสารขนาด 6 โหนดแล้วยังทำการทดสอบการจัดเส้นทางวงจรเสมือนในโครงข่ายสื่อสารขนาด 5 โหนดที่มีโทโปโลยีดังรูปที่ 4.5 เพื่อเปรียบเทียบจำนวนรอบการประมวลผลเมื่อทำการเพิ่มจำนวนเวกเตอร์แม่มากขึ้น ซึ่งโครงข่ายขนาด 5 โหนดจะมีขนาดสเปซของเซตของเส้นทางวงจรเสมือนที่เล็กกว่าของโครงข่ายขนาด 6 โหนด มาก ดังนั้นการเพิ่มจำนวนเวกเตอร์แม่จะทำให้จำนวนรอบของการประมวลผลที่ใช้ลดลงอย่างชัดเจนกว่าการทดสอบกับโครงข่ายขนาด 6 โหนด การทดสอบนี้ได้กำหนดขนาดบัพเฟอร์ด้าน

ออกของสวิตช์ในแต่ละโหนดดังในตารางที่ 4.6 และอัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ตในวงจร เหมือนที่ใช้ทดสอบโครงข่ายดังในตารางที่ 4.7 กำหนดจำนวนของเวกเตอร์ถูกที่สร้างขึ้นจากเวกเตอร์แม่หนึ่งเวกเตอร์เป็น 5 เวกเตอร์ ผลของจำนวนรอบการประมวลผลและ เส้นทางที่ได้จะแสดงในตารางที่ 4.8 และ ตารางที่ 4.9 ตามลำดับ



รูปที่ 4.5 โทโปโลยีของโครงข่ายทดสอบขนาด 5 โหนด

ตารางที่ 4.6 ขนาดบัฟเฟอร์ที่ด้านออกของสวิตช์ที่จะใช้ทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านข่ายเชื่อมโยง สำหรับโครงข่ายทดสอบ 5 โหนด

ขนาดบัฟเฟอร์ที่ใช้ทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านข่ายเชื่อมโยง(แพ็กเก็ต)					
โหนด ต้นทาง	โหนดปลายทาง				
	1	2	3	4	5
1	-	52	-	-	60
2	52	-	55	-	-
3	-	55	-	58	52
4	-	-	58	-	48
5	60	-	52	48	-

ตารางที่ 4.7 อัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ตในแต่ละวงจรเสมือนที่ใช้ทดสอบโครงข่าย 5 โหนด

อัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ตของวงจรเสมือน (แพ็กเก็ต/วินาที)					
โหนด คั่นทาง	โหนดปลายทาง				
	1	2	3	4	5
1	-	3.8373	3.9038	3.4818	9.8851
2	0.5628	-	1.4731	7.8217	8.3690
3	9.1923	3.7621	-	373	8.2703
4	4.4751	0.1286	3.6064	-	9.5095
5	3.5017	1.2473	2.3082	6.2676	-

ตารางที่ 4.8 จำนวนรอบการประมวลผลของอิวิสต์ติกอัลกอริทึมที่จำนวนเวกเตอร์แม่จำนวนต่างๆ และค่าวัดคุณภาพสุดท้ายที่ได้

จำนวนเวกเตอร์แม่	จำนวนรอบการประมวลผล (รอบ)	เวลาที่ใช้ในการประมวลผล (วินาที)	ค่าวัดคุณภาพ
3	48	576	5.7769×10^{-7}
5	13	156	5.7769×10^{-7}
10	9	108	5.7769×10^{-7}
15	7	84	5.7769×10^{-7}
20	6	72	5.7769×10^{-7}
30	3	36	5.7769×10^{-7}
40	3	36	5.7769×10^{-7}
50	3	36	5.7769×10^{-7}

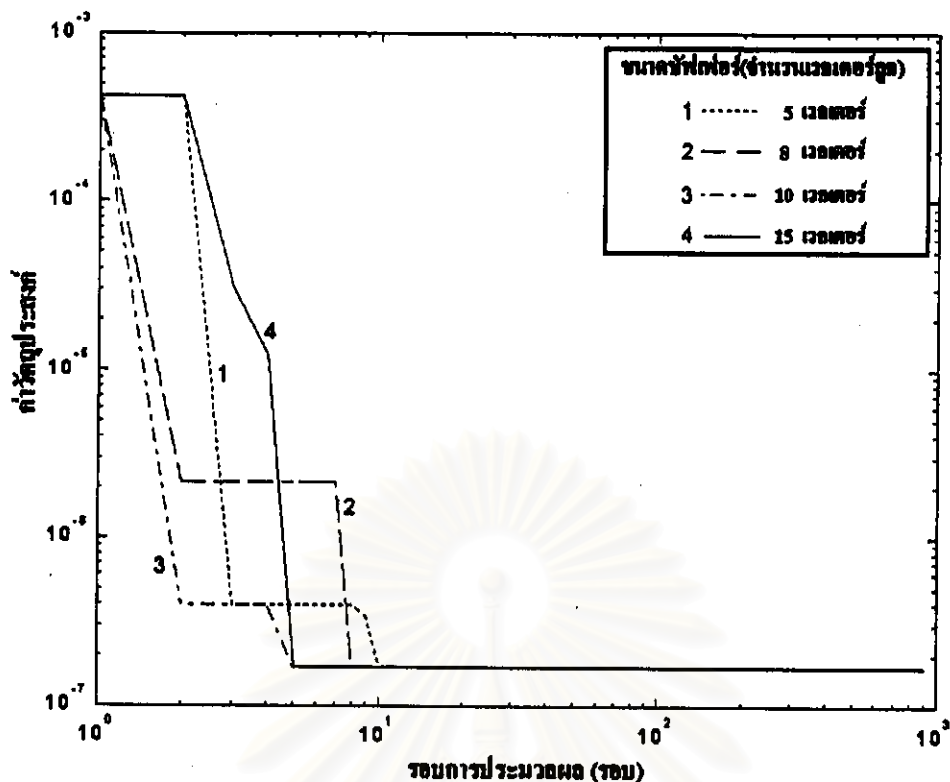
ตารางที่ 4.9 เส้นทางของวงจรเสมือนสำหรับโครงข่ายทดสอบ 5 โหนดที่ได้จากการจัดเส้นทางโดยใช้วิธีตติกัลกอริทึม

โหนดที่วงจรเสมือนเชื่อมต่อ					
โหนด ต้นทาง	โหนดปลายทาง				
	1	2	3	4	5
1	-	1, 2	1, 5, 4, 3	1, 5, 4	1, 5
2	2, 1	-	2, 3	2, 3, 4	2, 3, 4, 5
3	3, 5, 1	3, 2	-	3, 4	3, 4, 5
4	4, 5, 1	4, 3, 2	4, 3	-	4, 5
5	5, 1	5, 1, 2	5, 3	5, 4	-

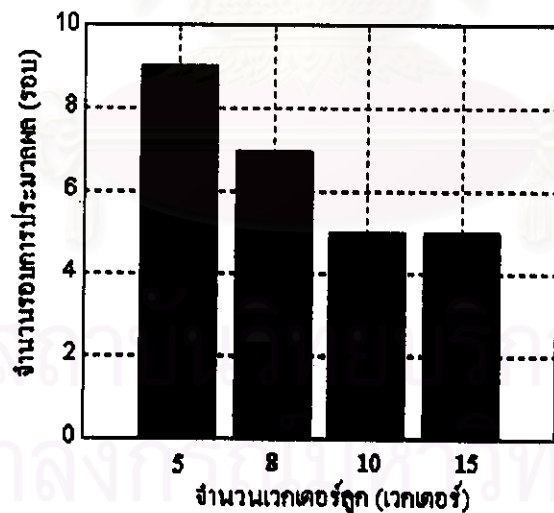
จากตารางข้างต้น จะพบว่า การทดสอบการเพิ่มจำนวนเวกเตอร์แม่กับวิธีตติกัลกอริทึม เพื่อทำการจัดเส้นทางวงจรเสมือนสำหรับโครงข่ายทดสอบขนาด 5 โหนดก็จะทำให้จำนวนรอบการประมวลผลลดลงเช่นกัน จากตารางที่ 4.8 จะพบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนเวกเตอร์แม่มากขึ้นที่จำนวนๆ หนึ่งแล้วจะไม่สามารถลดจำนวนรอบการประมวลผลลงไปได้อีก

ผลการทดสอบวิธีตติกัลกอริทึมกับจำนวนของเวกเตอร์ถูกที่สร้างจากเวกเตอร์แม่

ในการทดลองนี้ ได้ทำการทดสอบเพื่อศึกษาผลของจำนวนเวกเตอร์ถูกที่สร้างจากเวกเตอร์แม่ 1 เวกเตอร์ โดยกำหนดจำนวนของเวกเตอร์ถูกที่สร้างใหม่จากเวกเตอร์แม่ในแต่ละรอบการประมวลผลไว้ที่จำนวนต่างๆ และทำการพิจารณาถึงจำนวนรอบการประมวลผลของวิธีตติกัลกอริทึมในการจัดเส้นทางให้โครงข่ายสื่อสารขนาด 6 โหนดดังรูปที่ 4.1 โดยกำหนดค่าของจำนวนเวกเตอร์แม่ที่ใช้สร้างเวกเตอร์ถูกเป็น 10 เวกเตอร์ โครงข่ายที่ใช้ทดสอบจะมีขนาดของบัพเฟอร์ที่โหนดต่างๆ ในโครงข่ายและอัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ตที่ใช้ทดสอบโครงข่ายดังในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ในการทดสอบวิธีตติกัลกอริทึมได้ทำการทดสอบที่จำนวนเวกเตอร์ถูกที่สร้างจากเวกเตอร์แม่ 1 เวกเตอร์เป็น 5, 8, 10 และ 15 เวกเตอร์ ตามลำดับ จะได้กราฟการดูเข้าหากำตอบที่เหมาะสมที่สุดดังรูปที่ 4.6 และกราฟแท่งแสดงจำนวนรอบการประมวลผลได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าผิดพลาดประตงกันแต่ละรอบการประมวลผลของอิวิสตติกอัลกอริทึมที่ขนาดบัพเฟอร์(จำนวนเวกเตอร์ถูก) สำหรับเวกเตอร์แม่ที่มีจำนวน 5, 8, 10 และ 15 เวกเตอร์



รูปที่ 4.7 กราฟแท่งแสดงจำนวนรอบการประมวลผลของอิวิสตติกอัลกอริทึมที่ขนาดบัพเฟอร์(จำนวนเวกเตอร์ถูก) เป็น 5, 8, 10 และ 15 เวกเตอร์ ต่อหนึ่งเวกเตอร์แม่

ตารางที่ 4.10 ค่าวิกฤตประตงค์ในแต่ละรอบการประมวลผลของฮิวริสติกอัลกอริทึมที่ขนาดบัพเฟอร์(จำนวนเวกเตอร์ลูก) สำหรับเวกเตอร์แม่ที่มีจำนวน 5, 8, 10 และ 15 เวกเตอร์

รอบการประมวลผลที่	ค่าวิกฤตประตงค์ เมื่อกำหนดขนาดบัพเฟอร์สำหรับ 1 เวกเตอร์แม่			
	5 เวกเตอร์	8 เวกเตอร์	10 เวกเตอร์	15 เวกเตอร์
1	4.314×10^{-4}	4.314×10^{-4}	4.314×10^{-4}	4.314×10^{-4}
2	4.314×10^{-4}	2.2×10^{-6}	4×10^{-7}	4.314×10^{-4}
3	4×10^{-7}	2.2×10^{-6}	4×10^{-7}	3.03×10^{-5}
4	4×10^{-7}	2.2×10^{-6}	4×10^{-7}	1.23×10^{-3}
5	4×10^{-7}	2.2×10^{-6}	2×10^{-7}	2×10^{-7}
6	4×10^{-7}	2.2×10^{-6}	2×10^{-7}	2×10^{-7}
7	4×10^{-7}	2×10^{-7}	2×10^{-7}	2×10^{-7}
8	4×10^{-7}	2×10^{-7}	2×10^{-7}	2×10^{-7}
9	2×10^{-7}	2×10^{-7}	2×10^{-7}	2×10^{-7}

จากรูปกราฟในรูปที่ 4.6 รูปที่ 4.7 และตารางที่ 4.10 จะพบว่าหากทำการเพิ่มจำนวนของเวกเตอร์ลูกที่สร้างจากเวกเตอร์แม่ 1 เวกเตอร์แล้วจะทำให้จำนวนรอบการประมวลผลลดลงได้เช่นเดียวกับการเพิ่มจำนวนเวกเตอร์แม่ ซึ่งเป็นการเพิ่มความหลากหลายของคำตอบในแต่ละรอบการประมวลผลเช่นกัน แต่จำนวนรอบการประมวลผลที่ลดลงนี้จะไม่เด่นชัดเท่ากับการจำนวนรอบที่ลดลงของการประมวลผลโดยการเพิ่มจำนวนเวกเตอร์แม่ อย่างไรก็ตามการเพิ่มจำนวนเวกเตอร์ลูกจะทำให้เวลาในการประมวลผลหนึ่งรอบเพิ่มขึ้นในการประมวลผลแบบอนุกรม สำหรับการประมวลผลแบบขนานแล้วเวลาที่ใช้ในหนึ่งรอบการประมวลผลไม่เพิ่มขึ้น

สำหรับการจัดเส้นทางวงจรเสมือนในโครงข่ายสื่อสารขนาด 5 โหนดที่มีโทโปโลยีดังรูปที่ 4.5 ที่ขนาดบัพเฟอร์ค้ำออกของสวิตช์ในแต่ละโหนดและอัตราการไหลเฉลี่ยของแต่ละโหนดในแต้ละวงจรเสมือนเดียวกับหัวข้อผลการทดสอบฮิวริสติกอัลกอริทึมกับจำนวนของเวกเตอร์แม่ กำหนด

ให้จำนวนของเวกเตอร์แม่เป็น 5 เวกเตอร์ และ 10 เวกเตอร์ โดยทำการเปลี่ยนจำนวนของเวกเตอร์ที่ถูกที่เวกเตอร์แม่สร้างขึ้น จะได้ผลของจำนวนรอบการประมวลผลตามตารางที่ 4.11

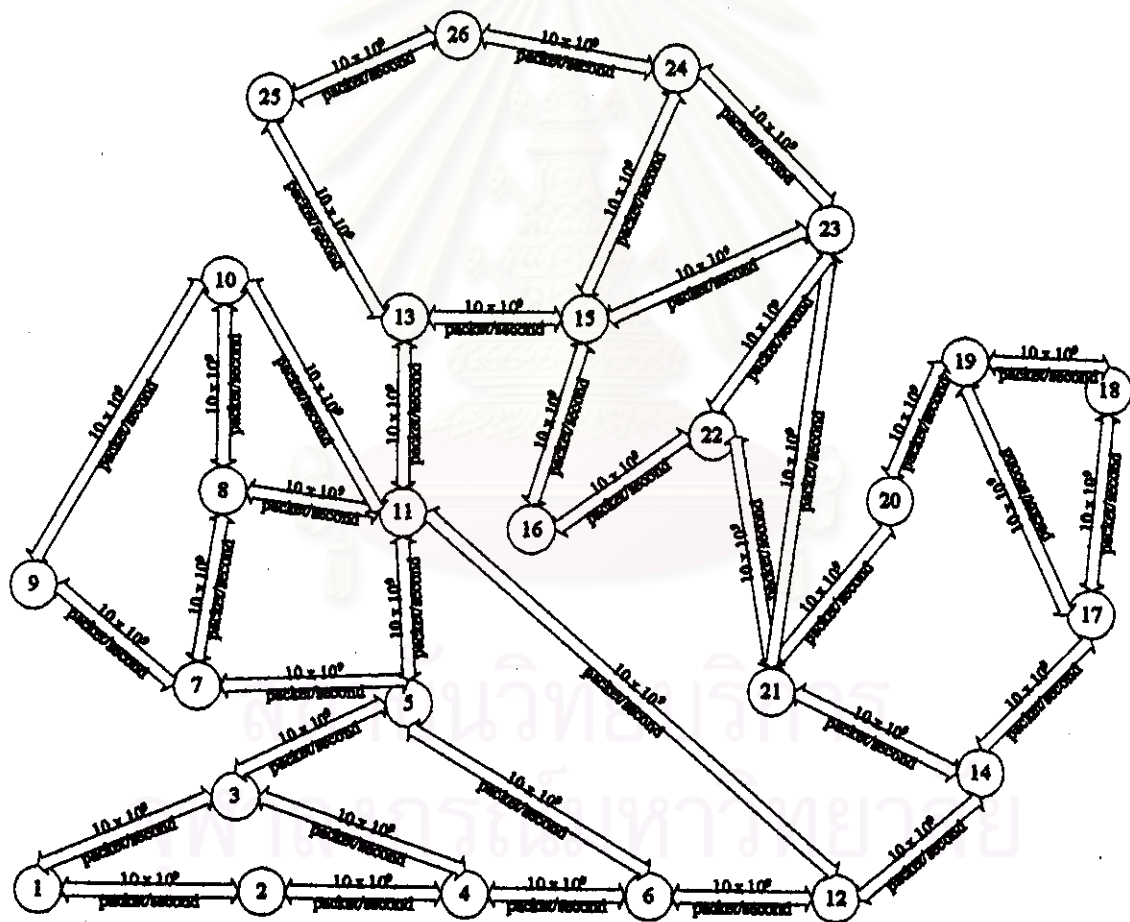
ตารางที่ 4.11 จำนวนรอบและเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของอิวิตติกอัลกอริทึมที่จำนวนเวกเตอร์ที่ถูกที่สร้างจากเวกเตอร์แม่ 1 เวกเตอร์จำนวนต่างๆและค่าวัตุประสงค์สุดท้ายที่ได้

จำนวนเวกเตอร์แม่	จำนวนเวกเตอร์ถูก	จำนวนรอบการประมวลผล (รอบ)	เวลาที่ใช้ในการประมวลผล (วินาที)	ค่าวัตุประสงค์
5	3	17	204	5.7769×10^{-7}
5	5	13	156	5.7769×10^{-7}
5	10	10	120	5.7769×10^{-7}
5	16	9	108	5.7769×10^{-7}
5	24	9	108	5.7769×10^{-7}
5	28	7	84	5.7769×10^{-7}
10	5	9	108	5.7769×10^{-7}
10	8	7	84	5.7769×10^{-7}
10	15	4	48	5.7769×10^{-7}
10	24	3	36	5.7769×10^{-7}
10	28	3	36	5.7769×10^{-7}

จากตารางที่ 4.11 จำนวนรอบและเวลาที่ใช้ในการประมวลผลที่ได้ลดลงเด่นชัดมากหากทำการเพิ่มจำนวนของเวกเตอร์แม่มากขึ้น เมื่อเทียบกับจำนวนรอบของการประมวลผลที่ลดลงของการเพิ่มจำนวนเวกเตอร์ที่ถูกที่สร้างขึ้นมาจากเวกเตอร์แม่ 1 เวกเตอร์ เนื่องจากอิวิตติกอัลกอริทึมสามารถทำการประมวลผลแบบขนาน ทำให้ขั้นตอนการสร้างเวกเตอร์ถูกขึ้นมาใหม่สามารถแบ่งคำนวณการพร้อมๆกันได้ ดังนั้นการเพิ่มจำนวนเวกเตอร์ที่ถูกที่สร้างจากเวกเตอร์แม่ 1 เวกเตอร์ขึ้นจะไม่ทำให้เวลาที่ใช้ในการประมวลผล 1 รอบการประมวลผลเพิ่มขึ้นหากทำการเพิ่มจำนวนหน่วยประมวลผล

การทดสอบชีวิตติดอัลกอริทึมกับโครงข่ายขนาด 26 โหนด

ในส่วนนี้ได้ทำการทดสอบกับโครงข่ายขนาดใหญ่คือโครงข่ายขนาด 26 โหนด ซึ่งมีโทโปโลยีดังแสดงในรูปที่ 4.8 ขนาดของบัพเฟอร์ที่ขาออกของสวิตช์ทุกบัพเฟอร์จะกำหนดให้มีขนาดเท่ากันทุกบัพเฟอร์ในโครงข่ายคือ 64 แพ็กเก็ตและมีอัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ตที่ใช้ทดสอบโครงข่ายดังในตารางที่ 4.12 ชีวิตติดอัลกอริทึมจะกำหนดจำนวนของเวกเตอร์แม่ที่ใช้เป็น 10 เวกเตอร์ และเวกเตอร์ถูกจำนวน 20 เวกเตอร์สำหรับเวกเตอร์แม่ 1 เวกเตอร์ ค่าวัดดูประสงคิในแต่ละรอบการประมวลผลของการจัดเส้นทางวงจรเสมือนแสดงในรูปที่ 4.9 และ ตารางที่ 4.13 จะแสดงถึงเส้นทางของวงจรเสมือนที่ได้รับจากการใช้ชีวิตติดอัลกอริทึม และ ตารางที่ 4.14 แสดงจำนวนรอบและเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของชีวิตติดอัลกอริทึมและค่าวัดดูประสงคิที่ได้



รูปที่ 4.8 โทโปโลยีของโครงข่ายทดสอบขนาด 26 โหนด

ตารางที่ 4.12 อัตราการไหลเฉลี่ยของแก๊สเกิดในแต่ละวงจรเสมือนที่ใช้ทดสอบ

วงจรเสมือนที่เชื่อมระหว่าง		อัตราการไหลเฉลี่ยของแก๊สเกิด ในวงจรเสมือน (แก๊สเกิด/วินาที)	วงจรเสมือนที่เชื่อมระหว่าง		อัตราการไหลเฉลี่ยของแก๊สเกิด ในวงจรเสมือน (แก๊สเกิด/วินาที)
คันทาง	ปลายทาง		คันทาง	ปลายทาง	
1	2	154480155	2	1	71645007
	3	86126053		3	48218075
	4	91011860		5	265171495
	5	264175704		7	236832729
	6	226039908		11	118078563
	9	212089050		12	85771442
	10	69794101		14	273506975
	14	166413618		15	223790637
	15	234593994		16	237838090
	16	144264815		17	36171646
	18	86514685		19	12190032
	19	22701029		21	234531501
	24	143453930		22	151446380
	25	181790235		24	233783190
3	1	160701484	4	25	116784225
	2	14256327		26	75007013
	8	55791366		3	9333924
	9	20767683		6	274715898
	10	93690461		7	34436637
	14	104701163		9	245819522
	16	266588407		10	9555024
	18	80660996		11	50601056
	19	17658224		12	133072906
	20	265106106		13	157220927
	21	63525559		14	250745061
22	234026246	15	122292632		
23	118114032	19	80435233		
24	215635318	21	221178230		
5	2	264394632	6	25	259772471
	3	100487259		26	53232364
	4	190207512		7	94192981
	6	154381147		10	230975007
	8	182407367		11	53143007

ตารางที่ 4.12 อัตราการไหลเฉลี่ยของแก๊สเกิดในแต่ละวงจรเสมือนที่ใช้ทดสอบ (ต่อ)

วงจรเสมือนที่เชื่อมระหว่าง		อัตราการไหลเฉลี่ยของแก๊สเกิด ในวงจรเสมือน (แก๊สเกิด/วินาที)	วงจรเสมือนที่เชื่อมระหว่าง		อัตราการไหลเฉลี่ยของแก๊สเกิด ในวงจรเสมือน (แก๊สเกิด/วินาที)
คันทาง	ปลายทาง		คันทาง	ปลายทาง	
5	11	88605270	6	12	154884712
	12	80171747		16	189615635
	13	170893581		19	25198744
	23	34261543		20	256428563
	25	135293946		23	56441233
	26	2928895		24	212543072
7	2	12510621	8	25	132264916
	5	126503238		26	31132943
	6	152107425		6	242125426
	9	132088536		9	30858680
	10	91500225		13	116786235
	12	20038433		15	241958374
	13	179759812	19	14372707	
	18	209877742	21	203946198	
	19	90838616	23	209301308	
	20	215302504	24	185258889	
	21	266664975	25	181326402	
	23	192756380	26	197979425	
	24	70125871	10	4	25229549
	25	210257125		5	126854873
26	253155351	8		58393238	
9	2	59185865		9	256089233
	3	56309570		11	22421216
	6	94837538		12	187285774
	7	237373935	15	23356122	
	8	58229565	16	199309962	
	11	82864262	17	237655114	
	12	173213951	20	113384981	
	13	31111549	22	184483232	
	16	84450	23	31422890	
	18	8856016	25	14157157	
23	270096873	26	249966670		
24	31074230	12	5	201519307	
26	159886578		7	226311839	
11	4	192830455	9	176471319	

ตารางที่ 4.12 อัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ตในแต่ละวงจรมือถือที่ใช้ทดสอบ (ต่อ)

วงจรมือถือที่เชื่อมระหว่าง		อัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ต	วงจรมือถือที่เชื่อมระหว่าง		อัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ต	
เส้นทาง	ปลายทาง	ในวงจรมือถือ (แพ็กเก็ต/วินาที)	เส้นทาง	ปลายทาง	ในวงจรมือถือ (แพ็กเก็ต/วินาที)	
11	5	88745458	12	10	90833871	
	7	105363737		13	250149485	
	12	12073972		18	267587737	
	14	231002122		19	13889008	
	16	202121511		20	215816927	
	17	159471726		22	157598782	
	19	159627919		24	60828461	
	20	247861045		25	163001184	
	22	28639570		26	72981736	
	23	107885742		14	3	105793307
	24	48265002			4	259344991
	26	25049307			6	272466385
13	2	270149474	9		56255039	
	3	113984417	10	83593753		
	4	199103581	11	196193104		
	5	70041420	13	187439795		
	6	273081747	15	16784284		
	10	261744101	16	141647581		
	12	6022267	17	170875485		
	15	104953870	20	93664562		
	16	90888964	22	201320841		
	17	193384852	26	204024697		
	18	198198031	16	4	92051082	
	20	118595962		7	8569125	
	21	116359318		9	118366980	
	22	378578		11	50052208	
24	69741018	14		116255646		
25	91829501	18		138801366		
26	36088563	19		206404423		
15	1	250094873		21	141570048	
	8	102969533		23	2852144	
	9	19674895		24	14003458	
	11	265079485	26	143776289		
	16	97109973	18	1	215795935	
	20	252909721		2	31119672	

ตารางที่ 4.12 อัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำที่ก่อกำเนิดในแต่ละวงจรมีอนที่ใช้ทดสอบ (ต่อ)

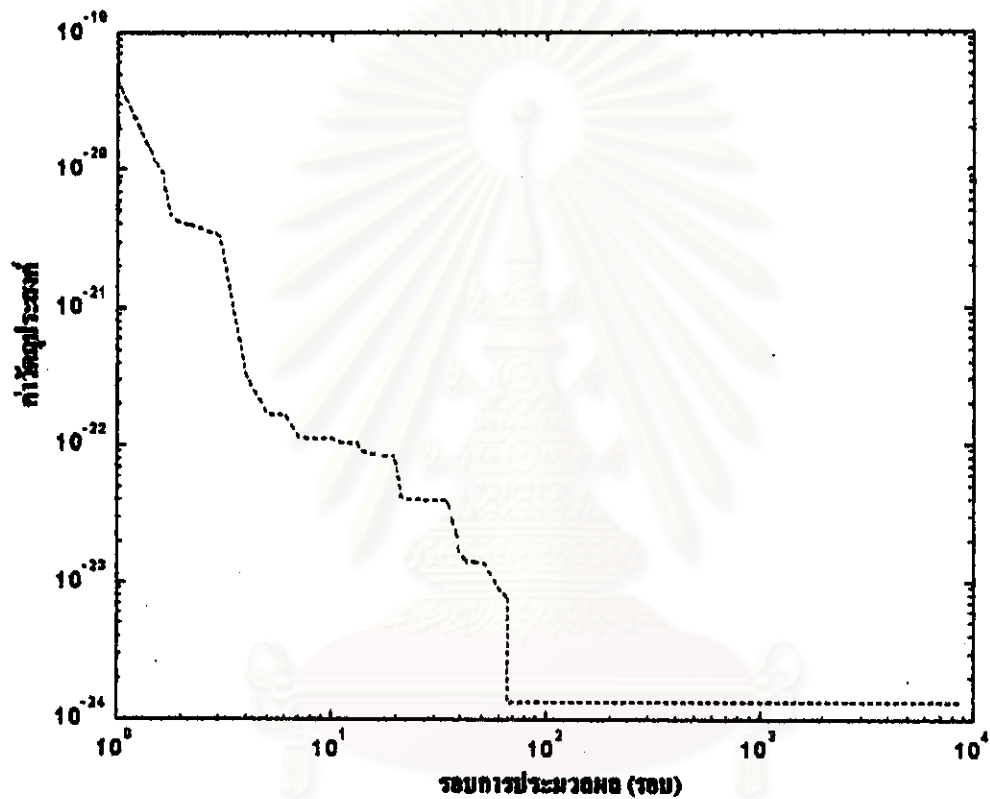
วงจรมีอนที่เชื่อมระหว่าง		อัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำที่ก่อกำเนิด ในวงจรมีอน (แก็กเกด/วินาที)	วงจรมีอนที่เชื่อมระหว่าง		อัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำที่ก่อกำเนิด ในวงจรมีอน (แก็กเกด/วินาที)
คันทาง	ปลายทาง		คันทาง	ปลายทาง	
15	22	137536341	18	4	171904412
	23	267882187		5	41903002
17	1	264232890	18	8	134081629
	2	241997383		10	110031179
	3	209124122		12	71729056
	4	94896332		16	66097029
	5	66004938		23	9483201
	6	89160149		24	168496723
	7	149548343	26	248512921	
	8	210230262	20	1	168107527
	11	125194342		5	11077941
	12	20491570		6	167773586
	14	187025586		8	69469088
	15	78397168		12	7072991
	16	254096691		13	190819254
	18	123865898		14	267868735
	19	207009409		15	39896868
	21	80307672		17	42280053
23	168475811	18		176647377	
24	174038026	22	82937935		
19	1	148701506	23	223714150	
	2	80939281	25	135114428	
	3	245126948	26	250056911	
	4	151083485	22	5	264469833
	6	159790949		7	25082847
	8	143556075		8	198789988
	10	88051758		9	204002659
	11	90740654		11	96321608
	12	104603924		13	89021812
	13	74956504		17	11912954
	15	11146788		23	248768444
	16	215422986		24	171230096
	20	160462852		26	74887335
21	217834240	24	2	4407259	
23	261189061		4	75122428	

ตารางที่ 4.12 อัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ตในแต่ละวงจรเสมือนที่ใช้ทดสอบ (ต่อ)

วงจรเสมือนที่เชื่อมระหว่าง		อัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ต ในวงจรเสมือน (แพ็กเก็ต/วินาที)	วงจรเสมือนที่เชื่อมระหว่าง		อัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ต ในวงจรเสมือน (แพ็กเก็ต/วินาที)
ต้นทาง	ปลายทาง		ต้นทาง	ปลายทาง	
19	25	256394702	24	5	146389501
	26	119078777		9	233608900
21	2	223818707	10	42771795	
	7	223728707	11	17753774	
	11	112858734	12	226051571	
	13	26058289	13	99968252	
	15	236490825	16	215263736	
	17	209592461	17	115683313	
	20	160612932	19	226569452	
	22	80983034	20	209395249	
	23	74649828	22	105080948	
	25	64017142	25	33440283	
23	26	27850562	25	4	36243790
	1	3149270		5	270485908
	2	124186327		8	198751704
	6	11628557		9	53379790
	7	157442911		10	207620106
	9	35886686		11	245353115
	10	239482857		12	196221495
	11	11582471		14	179301689
	13	184982214		15	230993195
	14	52477538		20	96491474
	15	230797592		21	152111367
	16	50112772		22	55216863
	18	61127013		23	215182584
	21	99227260		24	165866782
26	74790498	25	39481050		
25	1	75729667			
	3	75677066			
	5	35975479			
	8	3892756			
	11	33946584			
	13	138351367			
	15	253315163			
16	36643522				

ตารางที่ 4.12 อัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ตในแต่ละวงจรเสมือนที่ใช้ทดสอบ (ต่อ)

วงจรเสมือนที่เชื่อมระหว่าง		อัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ต ในวงจรเสมือน (แพ็กเก็ต/วินาที)
ต้นทาง	ปลายทาง	
25	18	157934975
	19	4415543
	20	122052632
	22	69732895
	23	61430712



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าวัตถุประสงคในแตละรอบการประมวลผลของฮิวริสติกอัลกอริทึมที่ทดสอบกับโครงข่ายขนาด 26 โหนด

สถาบันวิจัยการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 เส้นทางของวงจรมีอนสำหรับโครงข่ายทดสอบขนาด 26 โหนดที่ได้จากการจัดเส้นทางโดยใช้วิธีตักอรรถกริหม

วงจรมีอนที่เชื่อมระหว่าง		ผลการจัดเส้นทางวงจรมีอน (โหนดที่วงจรมีอนเชื่อมต่อ)
โหนดต้นทาง	โหนดปลายทาง	
1	2	1 3 4 2
	3	1 3
	4	1 2 4
	5	1 3 5
	6	1 2 4 6
	9	1 3 5 7 9
	10	1 3 5 11 10
	14	1 2 4 6 12 14
	15	1 3 5 11 13 15
	16	1 3 5 11 13 15 16
	18	1 2 4 6 12 14 17 18
	19	1 3 5 11 12 14 17 19
	24	1 2 4 6 12 24
	25	1 3 4 6 5 11 13 25
2	1	2 1
	3	2 1 3
	5	2 4 6 5
	7	2 1 3 5 7
	11	2 1 3 5 11
	12	2 4 6 12
	14	2 1 3 5 11 12 14
	15	2 4 6 12 24 15
	16	2 4 6 12 24 15 16
	17	2 1 3 5 6 12 14 17
	19	2 4 6 12 14 17 19
	21	2 4 6 5 11 12 14 21
	22	2 4 6 12 24 15 23 22
	24	2 4 6 12 24
25	2 1 3 5 11 13 25	
26	2 1 3 5 11 12 24 26	
3	1	3 1
	2	3 1 2
	8	3 5 7 8

ตารางที่ 4.13 เส้นทางของวงจรเสมือนสำหรับโครงข่ายทดสอบขนาด 26 โหนดที่ได้จากการจัดเส้นทางโดยใช้วิธีตึกอัลกอริทึม (ต่อ)

วงจรเสมือนที่เชื่อมระหว่าง		ผลการจัดเส้นทางวงจรเสมือน (โหนดที่วงจรเสมือนเชื่อมต่อ)
โหนดต้นทาง	โหนดปลายทาง	
3	9	3 4 6 5 11 10 9
	10	3 5 11 10
	14	3 5 11 12 24 23 21 14
	16	3 4 6 12 14 21 22 16
	18	3 5 11 12 14 17 18
	19	3 4 6 12 14 17 19
	20	3 5 6 12 24 23 21 20
	21	3 5 11 12 24 23 21
	22	3 4 6 12 14 21 22
	23	3 5 11 12 24 15 23
	24	3 4 6 12 24
	4	3
6		4 6
7		4 2 1 3 5 7
9		4 3 5 7 9
10		4 3 5 11 8 7 9 10
11		4 3 5 11
12		4 6 5 7 8 10 11 12
13		4 3 5 11 13
14		4 6 12 14
15		4 6 12 24 15
19		4 3 5 11 12 14 17 19
21		4 6 12 14 21
25		4 3 5 11 13 25
26	4 6 5 11 12 24 26	
5	2	5 6 4 3 1 2
	3	5 3
	4	5 3 4
	6	5 6
	8	5 7 8
	11	5 11
	12	5 6 12
13	5 11 13	

ตารางที่ 4.13 เส้นทางของวงจรเสมือนสำหรับโครงข่ายทดสอบขนาด 26 โหนดที่ได้จากการจัดเส้นทางโดยใช้วิธีตึกอักษกริทิม (ต่อ)

วงจรเสมือนที่เชื่อมระหว่าง		ผลการจัดเส้นทางวงจรเสมือน (ในคที่วงจรเสมือนเชื่อมต่อ)
ในคต้นทาง	ในคปลายทาง	
5	23	5 11 12 24 15 16 22 23
	25	5 11 13 25
	26	5 6 12 24 26
6	7	6 12 11 8 10 9 7
	10	6 5 11 10
	11	6 5 11
	12	6 12
	16	6 12 24 15 16
	19	6 12 14 17 19
	20	6 12 24 15 16 22 21 20
	23	6 5 7 8 11 12 24 23
	24	6 12 24
	25	6 5 11 13 15 24 26 25
	26	6 4 3 5 11 12 24 26
7	2	7 5 3 1 2
	5	7 5
	6	7 5 6
	9	7 9
	10	7 8 10
	12	7 5 11 13 15 24 12
	13	7 5 11 13
	18	7 5 6 12 14 17 18
	19	7 8 11 12 14 21 20 19
	20	7 5 6 12 14 21 20
	21	7 9 10 11 12 14 21
	23	7 5 6 12 24 23
	24	7 8 10 11 13 15 23 24
25	7 5 11 13 25	
26	7 5 11 13 25 26	
8	6	8 7 5 6
	9	8 7 9
	13	8 10 11 12 24 23 15 13
	15	8 11 13 15

ตารางที่ 4.13 เส้นทางของวงจรเสมือนสำหรับโครงข่ายทดสอบขนาด 26 โหนดที่ได้จากการจัดเส้นทางโดยใช้วิธีสติกซ์คอร์กวิธีที่ (ต่อ)

วงจรมือที่เชื่อมระหว่าง		ผลการจัดเส้นทางวงจรมือ (โหนดที่วงจรมือเชื่อมต่อ)
โหนดต้นทาง	โหนดปลายทาง	
8	19	8 11 12 24 23 21 20 19
	21	8 11 12 14 21
	23	8 11 12 24 23
	24	8 11 12 24
	25	8 11 13 25
	26	8 11 12 24 26
9	2	9 7 5 3 1 2
	3	9 7 5 3
	6	9 7 5 6
	7	9 7
	8	9 7 8
	11	9 10 11
	12	9 7 8 11 12
	13	9 10 11 13
	16	9 10 11 13 15 16
	18	9 10 11 12 14 17 18
	23	9 10 11 12 24 23
24	9 10 11 12 24	
26	9 7 8 10 11 13 25 26	
10	4	10 11 5 3 4
	5	10 11 5
	8	10 8
	9	10 9
	11	10 11
	12	10 11 12
	15	10 11 13 15
	16	10 11 13 15 16
	17	10 11 12 14 17
	20	10 11 12 14 21 20
	22	10 11 13 15 23 21 22
	23	10 11 12 24 23
	25	10 11 13 25
26	10 8 11 13 15 23 24 26	

ตารางที่ 4.13 เส้นทางของวงจรเสมือนสำหรับโครงข่ายทดสอบขนาด 26 โหนดที่ได้จากการจัดเส้นทางโดยใช้วิธีตักถักอริทึม (ต่อ)

วงจรมีอนที่เชื่อมระหว่าง		ผลการจัดเส้นทางวงจรมีอน (โหนดที่วงจรมีอนเชื่อมต่อ)
โหนดต้นทาง	โหนดปลายทาง	
11	4	11 5 3 4
	5	11 5
	7	11 5 7
	12	11 13 15 16 22 21 14 12
	14	11 12 14
	16	11 13 15 16
	17	11 13 15 24 23 21 14 17
	19	11 12 14 17 19
	20	11 12 14 21 20
	22	11 12 14 21 22
	23	11 12 24 23
	24	11 12 24
	26	11 12 14 21 22 23 24 26
12	5	12 6 5
	7	12 11 10 8 7
	9	12 11 10 9
	10	12 11 10
	13	12 11 13
	18	12 14 17 18
	19	12 14 17 19
	20	12 11 13 15 23 22 21 20
	22	12 14 21 22
	24	12 24
	25	12 11 13 25
26	12 6 5 11 13 15 24 26	
13	2	13 11 5 3 1 2
	3	13 11 5 3
	4	13 11 5 3 4
	5	13 11 5
	6	13 11 5 6
	10	13 11 10
	12	13 11 12
	15	13 15

ตารางที่ 4.13 เส้นทางของวงจรมีอนสำหรับโครงข่ายทดสอบขนาด 26 โหนดที่ได้จากการจัดเส้นทางโดยใช้วิธีตักถักออร์ทีมิ (ต่อ)

วงจรมีอนที่เชื่อมระหว่าง		ผลการจัดเส้นทางวงจรมีอน (ในคที่วงจรมีอนเชื่อมค่อ)
โหนดต้นทาง	โหนดปลายทาง	
13	16	13 15 16
	17	13 15 23 22 21 20 19 17
	18	13 15 24 23 21 14 17 18
	20	13 15 23 21 20
	21	13 15 23 21
	22	13 15 16 22
	24	13 15 24
	25	13 25
	26	13 25 26
	14	3
4		14 12 6 4
6		14 21 22 23 24 12 6
9		14 12 11 10 9
10		14 12 11 10
11		14 12 11
13		14 21 22 23 24 15 13
15		14 21 23 24 15
16		14 21 22 23 24 15 16
17		14 17
20		14 17 19 20
22		14 21 22
26		14 12 24 26
15	1	15 13 11 5 3 1
	8	15 13 11 8
	9	15 13 11 10 9
	11	15 13 11
	16	15 16
	20	15 23 21 20
	22	15 16 22
	23	15 23
16	4	16 15 24 12 6 4
	7	16 15 13 11 5 7
	9	16 15 13 11 8 7 9



ตารางที่ 4.13 เส้นทางของวงจรเสมือนสำหรับโครงข่ายทดสอบขนาด 26 โหนดที่ได้จากการจัดเส้นทางโดยใช้วิธีสติกอัลกอริทึม (ต่อ)

วงจรเสมือนที่เชื่อมระหว่าง		ผลการจัดเส้นทางวงจรเสมือน (โหนดที่วงจรเสมือนเชื่อมต่อ)
โหนดต้นทาง	โหนดปลายทาง	
16	11	16 15 13 11
	14	16 22 21 14
	18	16 22 21 14 17 18
	19	16 15 23 21 20 19
	21	16 22 21
	23	16 15 23
	24	16 15 24
	26	16 15 24 26
17	1	17 14 12 6 4 2 1
	2	17 14 12 11 5 6 4 2
	3	17 14 12 6 4 3
	4	17 14 21 23 24 12 6 4
	5	17 14 12 6 5
	6	17 19 20 21 14 12 6
	7	17 14 12 6 5 7
	8	17 14 21 23 24 12 11 8
	11	17 14 12 11
	12	17 14 21 23 24 12
	14	17 14
	15	17 19 20 21 22 23 15
	16	17 14 21 22 16
	18	17 18
	19	17 19
	21	17 14 21
23	17 14 21 23	
24	17 18 19 20 21 23 15 24	
18	1	18 17 14 12 6 4 2 1
	2	18 19 17 14 12 6 4 2
	4	18 17 14 12 6 4
	5	18 17 14 12 6 5
	8	18 17 14 12 11 8
	10	18 19 20 21 14 12 11 10
	12	18 19 17 14 12

ตารางที่ 4.13 เส้นทางของวงจรเสมือนสำหรับโครงข่ายทดสอบขนาด 26 โหนดที่ได้จากการจัดเส้นทางโดยใช้วิธีตึกอัททกอริทึม (ต่อ)

วงจรเสมือนที่เชื่อมระหว่าง		ผลการจัดเส้นทางวงจรเสมือน (โหนดที่วงจรเสมือนเชื่อมต่อ)
โหนดต้นทาง	โหนดปลายทาง	
18	16	18 17 14 21 23 24 15 16
	23	18 17 14 21 23
	24	18 17 19 20 21 22 23 24
	26	18 17 14 21 23 15 24 26
19	1	19 17 14 12 6 4 2 1
	2	19 17 14 12 6 4 2
	3	19 17 14 12 6 4 3
	4	19 17 14 12 6 4
	6	19 20 21 22 23 24 12 6
	8	19 17 14 12 11 8
	10	19 20 21 23 15 13 11 10
	11	19 17 14 12 11
	12	19 20 21 14 12
	13	19 20 21 22 16 15 13
	15	19 20 21 22 23 24 15
	16	19 20 21 23 15 16
	20	19 20
	21	19 20 21
23	19 20 21 23	
25	19 20 21 23 24 15 13 25	
26	19 17 14 12 24 26	
20	1	20 21 14 12 6 4 2 1
	5	20 21 23 24 12 11 5
	6	20 21 23 24 12 6
	8	20 21 23 15 13 11 10 8
	12	20 21 14 12
	13	20 21 23 15 13
	14	20 19 18 17 14
	15	20 21 23 15
	17	20 19 17
	18	20 19 18
	22	20 21 22
23	20 21 23	

ตารางที่ 4.13 เส้นทางของวงจรเสมือนสำหรับโครงข่ายทดสอบขนาด 26 โหนดที่ได้จากการจัดเส้นทางโดยใช้วิธีตึกอรรถกริหม (ต่อ)

วงจรเสมือนที่เชื่อมระหว่าง		ผลการจัดเส้นทางวงจรเสมือน (ในครั้งที่วงจรเสมือนเชื่อมต่อ)
โหนดต้นทาง	โหนดปลายทาง	
20	25	20 21 23 15 13 25
	26	20 21 23 24 26
21	2	21 22 23 24 12 6 4 2
	7	21 14 12 6 5 7
	11	21 23 15 13 11
	13	21 23 15 13
	15	21 23 15
	17	21 14 17
	20	21 20
	22	21 22
	23	21 23
	25	21 23 15 13 25
	26	21 23 15 13 25 26
22	5	22 16 15 13 11 5
	7	22 16 15 13 11 5 7
	8	22 23 21 14 12 11 8
	9	22 21 23 15 13 11 10 9
	11	22 16 15 13 11
	13	22 16 15 13
	17	22 21 14 17
	23	22 23
	24	22 23 24
	26	22 23 24 26
23	1	23 15 13 11 5 3 1
	2	23 15 24 12 6 4 2
	6	23 24 12 6
	7	23 15 13 11 5 7
	9	23 22 21 14 12 11 10 9
	10	23 15 13 11 10
	11	23 15 13 11
	13	23 15 13
	14	23 21 14
	15	23 15

ตารางที่ 4.13 เส้นทางของวงจรเสมือนสำหรับโครงข่ายทดสอบขนาด 26 โหนดที่ได้จากการจัดเส้นทางโดยใช้วิธีสติกอัลกอริทึม (ต่อ)

วงจรมีเส้นทางเชื่อมระหว่าง		ผลการจัดเส้นทางวงจรมีเส้นทาง (โหนดที่วงจรมีเส้นทางเชื่อมต่อ)
โหนดต้นทาง	โหนดปลายทาง	
23	16	23 15 16
	18	23 21 14 17 18
	21	23 21
	26	23 24 26
24	2	24 12 6 4 2
	4	24 12 6 4
	5	24 12 6 5
	9	24 12 11 10 9
	10	24 12 11 10
	11	24 12 6 5 7 8 10 11
	12	24 12
	13	24 15 13
	16	24 15 16
	17	24 23 22 21 14 17
	19	24 15 23 22 21 20 19
	20	24 23 21 14 17 19 20
	22	24 23 22
25	24 26 25	
25	1	25 13 11 5 3 4 2 1
	3	25 13 11 5 3
	5	25 13 11 5
	8	25 13 11 8
	11	25 13 11
	13	25 13
	15	25 13 15
	16	25 13 15 16
	18	25 26 24 12 14 17 19 18
	19	25 13 11 12 14 17 19
	20	25 13 15 16 22 21 20
22	25 13 15 24 23 21 22	
23	25 13 15 23	
26	4	26 24 12 6 4
	5	26 24 12 6 5

ตารางที่ 4.13 เส้นทางการวงจรเสมือนสำหรับโครงข่ายทดสอบขนาด 26 โหนดที่ได้จากการจัดเส้นทางโดยใช้ฮิวริสติกอัลกอริทึม (ต่อ)

วงจรเสมือนที่เชื่อมระหว่าง		ผลการจัดเส้นทางวงจรเสมือน (โหนดที่วงจรเสมือนเชื่อมต่อ)						
โหนดต้นทาง	โหนดปลายทาง							
	8	26	24	12	11	8		
	9	26	24	12	11	10	9	
	10	26	24	12	11	10		
	11	26	24	12	11			
	12	26	24	12				
	14	26	25	13	15	23	22	14
26	15	26	24	15				
	20	26	24	23	21	20		
	21	26	24	23	21			
	22	26	24	15	16	22		
	23	26	24	23				
	24	26	24					
	25	26	25					

ตารางที่ 4.14 จำนวนรอบและเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของฮิวริสติกอัลกอริทึมและค่าวัดคุณภาพที่ดีที่สุดท้ายที่ได้จากการทดสอบกับโครงข่ายขนาด 26 โหนด

อัลกอริทึม	จำนวนรอบการประมวลผล	เวลาที่ใช้ในการประมวลผล	ค่าวัดคุณภาพที่ดีที่สุดท้าย
ฮิวริสติกอัลกอริทึม	66 รอบ	3352.8 วินาที	1.36395×10^{-24}
เทคนิคการจัดเส้นทางแบบ MHR	-	-	2.70315×10^{-11}
เทคนิคการจัดเส้นทางแบบ LLR	-	-	4.45969×10^{-20}

จากการทดสอบโครงข่ายขนาด 26 โหนด จากตารางสรุปได้ว่าฮิวริสติกอัลกอริทึมสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางวงจรเสมือนให้ผลของการจัดเส้นทางที่ได้มีความเหมาะสมกว่าผลของการจัดเส้นทางด้วยเทคนิค MHR และ LLR เช่นเดียวกับที่ได้ทดสอบกับโครงข่ายขนาด 6 โหนด