

การจัดเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในโครงข่ายสื่อสารแบบคอนเนกชันโอเรียนเตด
โดยใช้อัลกอริทึมการตัดกอริทึม



นาย วรวิทย์ เติญชรพัฒนากุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-637-803-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

14 ส.ค. 2545

i 18016662

**OPTIMUM ROUTING IN A CONNECTION-ORIENTED COMMUNICATION
NETWORK USING HEURISTIC ALGORITHM**



MR. WORAWIT STEANPUTTANAGUL

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering**

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1997

ISBN 974-637-803-1

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง ผศ. ดร. วาทีศ เบญจพลกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของวิทยานิพนธ์นี้และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ในการวิจัยนี้ จนสำเร็จดั่งดวงตาม วัตถุประสงค์ในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณ สมศรี แซ่เฮง มารดาที่ล่วงลับไปแล้ว ซึ่งได้เสียสละเวลาในการทำอาหารทุกๆมื้อ และให้การศึกษาแก่ผู้วิจัยตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลจนถึงปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นผู้ติดตามให้กำลังใจอย่างใกล้ชิด จนสามารถศึกษาผ่านเรียนในระดับปริญญาโทได้สำเร็จตลอด 3 เทอมที่ได้เล่าเรียน

ขอกราบขอบพระคุณ คุณบรรพต เสถียรพัฒนากุล บิดา ซึ่งได้เสียสละเวลาในการขับรถรับส่งผู้ทำการวิจัยตั้งแต่เริ่มต้นศึกษาจนสำเร็จดั่งดวงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณ สุวัฒน์ ดันเทอดหิธย์ นิติระดับปริญญาเอก สาขาระบบโทรคมนาคม ที่คอยช่วยให้การสนับสนุนงานวิจัย และผลักดันให้ผู้วิจัยให้สามารถที่จะก้าวขึ้นเป็นนักวิจัยอย่างแท้จริงได้

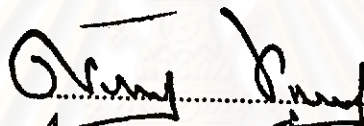
นอกจากนี้แล้วขอขอบคุณเพื่อนๆนิสิตร่วมคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาระบบโทรคมนาคม สาขาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือ ณ. ที่นี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจัดเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในโครงข่ายสื่อสารแบบคอนเนกชัน-
โอเรียนเตดโดยใช้วิธีสถิตยศาสตร์

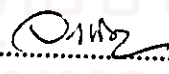
โดย นาย วรวิทย์ เสนิธรพัฒนากุล
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วาทีต เบญจพลกุล


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาระดับปริญญาโท



.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ สุภวัฒน์ ชุตินวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธาน
(ศาสตราจารย์ ดร. ประสิทธิ์ ประทีปมงคลการ)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วาทีต เบญจพลกุล)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย จิตะพันธ์กุล)


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. เจษฎา ชินรุ่งเรือง)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอการหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในโครงข่ายสื่อสารแบบคอนเนกชันโอเรียนเตดโดยใช้วิธีวิฤตติกอัลกอริทึม (OPTIMUM ROUTING IN A CONNECTION-ORIENTED COMMUNICATION NETWORK USING HEURISTIC ALGORITHM) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. วาทีต บุญจาทฤถุฎ, 70 หน้า, ISBN 974-637-803-1

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอการหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในโครงข่ายสื่อสารที่ให้บริการแบบคอนเนกชันโอเรียนเตดและต้องการระบบการหาเส้นทางแบบกึ่งสถิตโดยใช้วิธีวิฤตติกอัลกอริทึม ซึ่งพัฒนามาจากขั้นตอนวิฤตติกอัลกอริทึม ทาบูเซอริช และอีโวลูชันนารีคอมพิวติง การหาเส้นทางที่เหมาะสมพิจารณาจากความน่าจะเป็นที่แพ็กเก็ตเกิดการสูญหายในโครงข่ายเสมือน เนื่องจากแพ็กเก็ตเกิดการบล็อกขึ้นที่บัพเฟอว์ด้านขาออกของสวิทช์ที่โครงข่ายเสมือนผ่าน

นอกจากนี้ยังได้เสนอวิธีการกำหนดค่าตอมเริ่มต้นที่ใช้ในการค้นหาค่าตอมที่เหมาะสมที่สุดของวิธีวิฤตติกอัลกอริทึมสำหรับแก้ปัญหาได้ด้วยโดยกำหนดค่าตอมเริ่มต้นของเส้นทางโครงข่ายเสมือนที่ได้จากเทคนิคการหาเส้นทางที่มีจำนวนตอมน้อยที่สุดและเทคนิคการหาเส้นทางที่มีโหนดน้อยที่สุด

ผลการทดสอบการหาเส้นทางโครงข่ายเสมือนโดยใช้วิธีวิฤตติกอัลกอริทึมสำหรับโครงข่ายทดสอบ พบว่าเส้นทางที่ได้จากการหาเส้นทางโดยใช้วิธีวิฤตติกอัลกอริทึมดีกว่าเส้นทางที่ได้จากการใช้เทคนิคการหาเส้นทางที่มีจำนวนตอมน้อยที่สุดและเทคนิคการหาเส้นทางที่มีโหนดน้อยที่สุด วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำการเปรียบเทียบจำนวนรอบการประมวลผลของวิธีวิฤตติกอัลกอริทึมในการหาเส้นทางโครงข่ายเสมือนเมื่อกำหนดจำนวนของเวกเตอร์แม่และเวกเตอร์ลูกไว้ต่างกัน ผลการทดสอบแสดงให้เห็นได้ว่าการเพิ่มจำนวนของเวกเตอร์แม่และเวกเตอร์ลูก สามารถลดจำนวนรอบการประมวลผลของวิธีวิฤตติกอัลกอริทึมลงได้

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิสิต *[Signature]*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *[Signature]*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

3972878221 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD: ROUTING / COMMUNICATION NETWORKS / HEURISTIC ALGORITHM

WORAWIT STEANPUTTANAGUL : OPTIMUM ROUTING IN A CONNECTION-ORIENTED COMMUNICATION NETWORK USING HEURISTIC ALGORITHM. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. WATTI BENJAPOLAKUL, Ph.D. 70 pp. ISBN 974-637-803-1.

This thesis proposes an optimum semi-static virtual circuit routing method in connection-oriented communication network using Heuristic Algorithm, developed from Genetic Algorithm, Tabu Search, and Evolutionary Computing. The routing constraints are the probability of packet loss in virtual circuit due to the blocking of packet at the switch output buffer.

This thesis also proposes a method to assign initial solution, used to search the optimum point of Heuristic Algorithm. The initial solution is assigned by either a set of virtual circuit route, obtained from minimum hop route technique or from least load route one.

The tested result of optimum virtual circuit routing using the proposed Heuristic Algorithm for any network sizes shows that the routes obtained are better than those obtained from minimum hop route and least load route techniques. In this thesis, the comparison results of the number of iteration in calculation for Heuristic Algorithm which the number of mother vectors and the number of sun vectors are assigned by several values show that increasing the number of mother vectors and the number of sun vectors, the number of iteration is decreased.

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา.....2640

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	1
สารบัญรูป	๒
คำอธิบายสัญลักษณ์	1
บทที่ 1. บทนำ	1
ความนำ	1
วัตถุประสงค์	6
ขอบเขตวิทยานิพนธ์	6
ประโยชน์ที่ได้รับ	6
บทที่ 2. ทฤษฎีควอริงและอิวิริตติกอัลกอริทึม	8
ความนำ	8
ทฤษฎีควอริง	8
ทฤษฎีอีโวลูชันนารีคอมพิวติง	17
ทฤษฎีทาบูเซอร์ช	18
ทฤษฎีอันสันติกอัลกอริทึม	19
ทฤษฎีอิวิริตติกอัลกอริทึม	22
บทที่ 3. แบบจำลองปัญหาการจัดเส้นทางวงจรเสมือนในโครงข่ายสื่อสาร	
แบบคอนเนกชัน ไอเรียนเดค	27
ความนำ	27
การคำนวณหาค่าวัตถุประสงค์ในการจัดเส้นทาง	27
การประยุกต์การใช้อิวิริตติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางวงจรเสมือน	31

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4. ผลการทดสอบการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารโดย ใช้วิธีสติกซ์ถกอริทึม.....	34
ความนำ	34
ผลการกำหนดค่าคอบในคอนเริ่มการประมวลผลที่มีต่อจำนวนรอบ การค้นหา	34
ผลการทดลองวิธีสติกซ์ถกอริทึมกับจำนวนของเวกเตอร์แม่	40
ผลการทดลองวิธีสติกซ์ถกอริทึมกับจำนวนของเวกเตอร์ลูกที่สร้าง จากเวกเตอร์แม่.....	44
การทดสอบวิธีสติกซ์ถกอริทึมกับโครงข่ายขนาด 26 โหนด.....	48
บทที่ 5. รูปและข้อเสนอแนะ.....	66
สรุป.....	66
ข้อเสนอแนะ.....	67
รายการอ้างอิง.....	69
ประวัติผู้เขียน.....	70

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1	ขนาดของบัพเฟอร์ที่ใช้ส่งแพ็กเก็ตผ่านข่ายเชื่อมโยง ในโครงข่ายทดสอบ 6 โนด..... 36
ตารางที่ 4.2	อัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ตในวงจรเสมือนที่ใช้ ทดสอบโครงข่ายขนาด 6 โนด..... 37
ตารางที่ 4.3	เส้นทางของวงจรเสมือนสำหรับโครงข่าย 6 โนดที่ได้ จากการใช้อิวริตติกอัลกอริทึม..... 37
ตารางที่ 4.4	จำนวนรอบการประมวลผลของการกำหนดเวกเตอร์ แม่เริ่มต้นการประมวลผลทั้ง 4 วิธี..... 39
ตารางที่ 4.5	เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นมากที่สุดที่แพ็กเก็ตจะ สูญหายในเส้นทางที่ได้จากเทคนิค..... 39
ตารางที่ 4.6	ขนาดบัพเฟอร์ที่ด้านออกของสวิทช์ที่จะใช้ทำการส่ง แพ็กเก็ตผ่านข่ายเชื่อมโยงสำหรับโครงข่ายทดสอบ 5 โนด..... 42
ตารางที่ 4.7	อัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ตในแต่ละวงจรเสมือน ที่ใช้ทดสอบโครงข่าย 5 โนด..... 43
ตารางที่ 4.8	จำนวนรอบการประมวลผลของอิวิตติกอัลกอริทึมที่ จำนวนเวกเตอร์แม่จำนวนต่างๆและค่าวิคตูประสงค์ สุดท้ายที่ได้..... 43
ตารางที่ 4.9	เส้นทางของวงจรเสมือนสำหรับโครงข่ายทดสอบ 5 โนด ที่ได้จากการจัดเส้นทางโดยใช้อิวริตติกอัลกอริทึม..... 44
ตารางที่ 4.10	ค่าวิคตูประสงค์ในแต่ละรอบการประมวลผลของ อิวิตติกอัลกอริทึมที่ขนาดบัพเฟอร์(จำนวนเวกเตอร์ลูก) สำหรับเวกเตอร์แม่ที่มีจำนวน 5, 8, 10 และ 15 เวกเตอร์..... 46
ตารางที่ 4.11	จำนวนรอบและเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของอิวิตติก อัลกอริทึมที่จำนวนเวกเตอร์ลูกที่สร้างจากเวกเตอร์แม่ 1 เวกเตอร์จำนวนต่างๆและค่าวิคตูประสงค์สุดท้ายที่ได้..... 47

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.12 อัตราการไหลเฉลี่ยของแท่งเกิดในแต่ละวงจรมีอน ของโครงข่ายขนาด 26 โนด.....	49
ตารางที่ 4.13 เส้นทางของวงจรมีอนสำหรับโครงข่ายทดสอบ ขนาด 26 โนดที่ได้จากการจัดเส้นทางโดยใช้วิธีสถิติ อัลกอริทึม.....	55
ตารางที่ 4.14 จำนวนรอบและเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของวิธีสถิติ อัลกอริทึมและค่าวัตถุประสงค์สุดท้ายที่ได้จากการทดสอบ กับโครงข่ายขนาด 26 โนด.....	65



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1	ระบบคิวอิงที่มีขนาดบัฟเฟอร์เป็น K 10
รูปที่ 2.2	แสดงสถิติโคอะแกรมของระบบคิวอิงที่มีบัฟเฟอร์ขนาด K 10
รูปที่ 2.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิด การบล็อกขึ้นที่บัฟเฟอร์เทียบกับโหลดที่ขนาดต่างๆ..... 16
รูปที่ 2.4	โพลีชาร์ตแสดงขั้นตอนของอีโวลูชันนารีคอมพิวเตอร์..... 17
รูปที่ 2.5	โพลีชาร์ตแสดงขั้นตอนของทาบูเซอร์ช..... 19
รูปที่ 2.6	รูปแบบโครโมโซม..... 20
รูปที่ 2.7	การทำรีโพรดักชัน..... 20
รูปที่ 2.8	การทำครอสโอเวอร์..... 21
รูปที่ 2.9	การทำมิวเตชัน..... 21
รูปที่ 2.10	บล็อกโคอะแกรมการทำงานของยีนส์นิติกอัลกอริทึม..... 22
รูปที่ 2.11	โพลีชาร์ตของอีวิสติคอัลกอริทึมที่ได้เสนอ..... 24
รูปที่ 3.1	แบบจำลองโหนดในโครงข่ายสื่อสาร..... 28
รูปที่ 3.2	แสดงการคิดค่าอัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเกต ในข่ายเชื่อมโอง, F_{xy} , ที่ต่อโหนดที่ x เข้ากับโหนดที่ y 29
รูปที่ 3.3	การถอดรหัสเวกเตอร์..... 33
รูปที่ 4.1	โทโปโลยีของโครงข่ายทดสอบขนาด 6 โหนด..... 36
รูปที่ 4.2	กราฟแสดงการเปรียบเทียบวิธีการกำหนดเวกเตอร์ แม่เริ่มต้นการประมวลผลต่างๆกัน..... 38
รูปที่ 4.3	กราฟแสดงค่าวัตถุประสงค์ในแต่ละรอบการประมวล ผลของอีวิสติคอัลกอริทึมที่จำนวนเวกเตอร์แม่เป็น 3, 5, 10 และ 15 เวกเตอร์..... 40
รูปที่ 4.4	กราฟแท่งแสดงจำนวนรอบการประมวลผลของ อีวิสติคอัลกอริทึมที่จำนวนเวกเตอร์แม่เป็น 3, 5, 10 และ 15 เวกเตอร์..... 41
รูปที่ 4.5	โทโปโลยีของโครงข่ายทดสอบขนาด 5 โหนด..... 42

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.6	
กราฟแสดงค่าวัตถุประสงก์ในแต่ละรอบการประมวลผลของฮิวริสติกอัลกอริทึมที่ขนาดบัพเพอร์(จำนวนเวกเตอร์ถูก) สำหรับเวกเตอร์แม่ที่มีจำนวน 5, 8, 10 และ 15 เวกเตอร์.....	45
รูปที่ 4.7	
กราฟแท่งแสดงจำนวนรอบการประมวลผลของฮิวริสติกอัลกอริทึมที่ขนาดบัพเพอร์(จำนวนเวกเตอร์ถูก) เป็น 5, 8, 10 และ 15 เวกเตอร์ต่อหนึ่งเวกเตอร์แม่.....	45
รูปที่ 4.8	
โทโปโลยีของโครงข่ายทดสอบขนาด 26 โหนด.....	48
รูปที่ 4.9	
กราฟแสดงค่าวัตถุประสงก์ในแต่ละรอบการประมวลผลของฮิวริสติกอัลกอริทึม, ฮินส์นิติกอัลกอริทึม, ทาบูเซอรัช และอีไวจันนารีคอมพิวติง ที่ทดสอบกับโครงข่ายขนาด 26 โหนด.....	54

คำอธิบายสัญลักษณ์

n	จำนวนแพ็กเกตในคิว
λ	อัตราเฉลี่ยการเข้ามาของแพ็กเกต (packet arrival rate)
t	เวลา
P_n	ความน่าจะเป็นที่จำนวนของแพ็กเกตในคิวเท่ากับ n แพ็กเกต
T	ช่วงเวลาที่เข้ามาของแพ็กเกต
μ	อัตราเฉลี่ยที่ใช้ส่งแพ็กเกตออกจากบัฟเฟอร์ (packet departure rate)
P_b	ความน่าจะเป็นที่แพ็กเกตเกิดการบล็อกขึ้นที่บัฟเฟอร์ (probability of packet blocking)
ρ	โหลดของระบบคิว (load)
K	ขนาดของบัฟเฟอร์
x	คำตอบที่เป็นไปได้ของปัญหา
X	เซตของคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหา
x_n	กลุ่มคำตอบในรอบการประมวลผล
$NC(x)$	เซตของคำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบ x
H	ทาบูลิสต์ (Tabu list)
$c(x)$	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ต้องการหาคำตอบ
k	จำนวนเวกเตอร์แม่ที่ใช้ในฮิวริสติกอัลกอริทึม
L	ขนาดบัฟเฟอร์ที่ใช้เก็บเวกเตอร์แม่และเวกเตอร์ที่สร้างจากเวกเตอร์แม่ 1 เวกเตอร์
N	จำนวนโหนดในโครงข่ายสื่อสาร
i, j	โหนดต้นทางและโหนดปลายทาง
P_{ij}	เส้นทางที่ถูกเลือกใช้
P_{ij}	เซตของเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดของวงจรเสมือนที่เชื่อมจากโหนด ที่ i ไปยังโหนดที่ j
P_w	เซตของเส้นทางที่ถูกเลือกใช้สำหรับแต่ละวงจรเสมือนในโครงข่ายสื่อสาร

คำอธิบายสัญลักษณ์ (ต่อ)

F_{xy}	อัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ตในข่ายเชื่อมโยงที่ใช้ส่งแพ็กเก็ตจากโหนดที่ x ไปยังโหนดที่ y
C_{xy}	ความจุของข่ายเชื่อมโยงจากโหนดที่ x ไปยังโหนดที่ y
$r_{xy}(i, j)$	อัตราส่วนที่วงจรเสมือน p_{ij} ที่ต่อเชื่อมจากโหนดที่ i ไปยังโหนดที่ j ได้เข้าใช้ข่ายเชื่อมโยงที่เชื่อมจากโหนดที่ x ไปยังโหนดที่ y
K_{xy}	ขนาดของบัฟเฟอร์ที่ใช้ส่งแพ็กเก็ตจากโหนดที่ x ไปยังโหนดที่ y
$P_b(x, y)$	ค่าความน่าจะเป็นที่แพ็กเก็ตจะเกิดการสูญหายขึ้นเนื่องจากการบดบังของบัฟเฟอร์ด้านขาออกของสวิทช์ในการส่งแพ็กเก็ตจากโหนดที่ x ไปยังโหนดที่ y
ρ_{xy}	โหลดของกระบวนการคิวอิงที่บัฟเฟอร์ขาออกของสวิทช์
L_{xy}	อัตราการไหลเฉลี่ยของแพ็กเก็ต ในข่ายเชื่อมโยงที่ใช้ส่งแพ็กเก็ตจากโหนดที่ x ไปยังโหนดที่ y ที่หายไป
$f_p(x, y)$	อัตราการไหลของแพ็กเก็ตที่สูญหายไปสำหรับข่ายเชื่อมโยงจากโหนดที่ x ไปยังโหนดที่ y เฉพาะวงจรเสมือนที่ส่งแพ็กเก็ตจากโหนดที่ i ไปยังโหนดที่ j
$P_{Bm}(i, j)$	ความน่าจะเป็นที่จะเกิดการสูญหายของแพ็กเก็ตเนื่องจากการบดบังของบัฟเฟอร์ภายในโหนดต่างๆตลอดเส้นทางที่วงจรเสมือนผ่าน
$P_{\%}$	ค่าร้อยละที่ใช้ในการเพื่อไว้
v	เซตของเส้นทางของทุกๆวงจรเสมือนในรูปเวกเตอร์