



การกำหนดเส้นทางในระบบสื่อสารโดยใช้นิวรอนเน็ตเวิร์ค

โดย

วาทิต เบญจพลกุล

โครงการวิจัยเลขที่ 138 - GER-2538
ทุนส่งเสริมการวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์

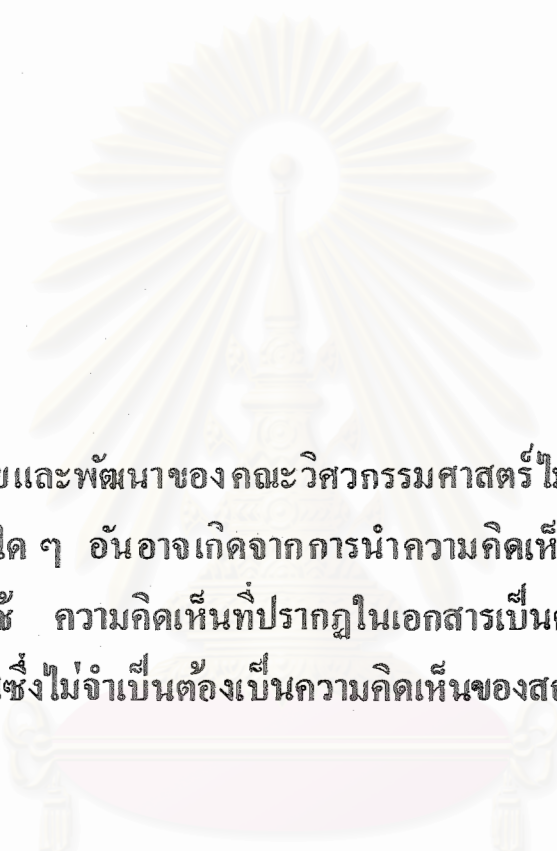
คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงเทพฯ

มกราคม 2540

จศ
วศ 15
009373



สถาบันวิจัยและพัฒนาของ คณะวิศวกรรมศาสตร์ไม่รับผิดชอบ
ต่อผลเสียใด ๆ อันอาจเกิดจากการนำความคิดเห็นในเอกสาร
ฉบับนี้ไปใช้ ความคิดเห็นที่ปรากฏในเอกสารเป็นความคิดเห็น
ของผู้เขียนซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นความคิดเห็นของสถาบัน ฯ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การกำหนดเส้นทางในระบบสื่อสารโดยใช้ไมโครเน็ตเวิร์ค

โดย

อาจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล
วุฒิ D.ENG.(ELECTRONICS)



โครงการวิจัยเลขที่ 138-GER-2538
ทุนส่งเสริมการวิจัยวิศวกรรมศาสตร์
ปี 2539

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กรุงเทพฯ
มกราคม 2540

117905655

พ.ศ. 2541

ก
บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอการนำเอาซอฟต์แวร์ ซึ่งเป็นนิรอลเน็ตเวอร์กชนิดหนึ่งมาประยุกต์ใช้ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสาร ตามเงื่อนไขที่ได้สร้างขึ้น

เงื่อนไขในการกำหนดเส้นทางคือ ต้องการให้จำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างคูโหนดที่ต้องการติดต่อสื่อสารน้อยที่สุด มีความล่าช้าทางเวลาที่เกิดขึ้นในเส้นทางน้อยที่สุด และโหนดที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางผ่านมีสภาวะความคับคั่งที่น้อยที่สุด

การกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีใหม่ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามสภาวะของปริมาณการสื่อสารในโครงข่ายที่เสนอขึ้นมาสามารถใช้ในการกำหนดเส้นทางในแบบไดนามิกส์ได้ นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์และแสดงผลการทดสอบผลของค่าคงที่ต่างๆในสมการการเคลื่อนที่ของนิรอลเน็ตเวอร์ก และผลของค่าคงที่ในทรานสเฟอร์ฟังก์ชันของแต่ละนิรอลที่มีผลต่อความเร็วในการคำนวณและลักษณะสมบัติการเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิรอลเน็ตเวอร์ก

ผลการทดสอบโดยการจำลองตัวอย่างโครงข่ายสื่อสารด้วยการเขียนโปรแกรมการคำนวณสามารถแสดงให้เห็นว่า การกำหนดเส้นทางในวิธีการที่ได้เสนอขึ้นมาสามารถให้ผลที่ถูกต้องมากกว่าวิธีการเดิมที่ได้ถูกเสนอโดยลีและซางในปี ค.ศ. 1993 และสามารถลดการเกิดปัญหาในเรื่องข้อผิดพลาดได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Abstract

This research proposes the application of Hopfield net, a type of neural network, in communication networks routing.

The routing constraints are minimum number of links between any pair of nodes, minimum delay time in the route and minimum congestion state of the nodes in the route which is chosen to be the path of the route.

A new method of initialization, which is adaptive with the state of communication networks traffic, is proposed. It can also be applied to the dynamic routing problem. The effect of constant parameters in the equation of motion of neural network and the effect of the constant parameter in the transfer function of neuron, to the speed and characteristics of the energy variation are tested and analyzed.

Computer simulation shows that this application gives a more accurate solution than the conventional method solution, which was presented by Lee and Chang in 1993 and also helps alleviate the suboptimum problem.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณฝ่ายวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนทุนส่งเสริมการวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ขอขอบคุณ นายสุรัตน์ ตันเทอดทิตย์ นิสิตในที่ปรีกษาระดับปริญญาโท ที่ให้ความช่วยเหลือในการเขียนโปรแกรมการคำนวณ และแลกเปลี่ยนแนวความคิดอันเป็นประโยชน์แก่งานวิจัย ตลอดจนการจัดพิมพ์รายงานฉบับนี้ จนทำให้งานวิจัยนี้แล้วเสร็จตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญตาราง.....	ง
สารบัญรูป.....	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์.....	ซ
บทที่1. บทนำ.....	1
ความนำ.....	1
วัตถุประสงค์.....	4
ขอบเขตการวิจัย.....	5
ประโยชน์ที่ได้รับ.....	5
บทที่2. ทฤษฎีในการกำหนดเส้นทางโดยใช้นิวรอลเน็ตเวิร์ก.....	6
ความนำ.....	6
ทฤษฎีควิอิง.....	6
ทฤษฎีนิวรอลเน็ตเวิร์ก.....	0
บทที่3. การจำลองปัญหา.....	21
ความนำ.....	21
สภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายสื่อสาร.....	21
การหาค่าความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ย.....	22
สมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์ก.....	23
การกำหนดค่าเริ่มต้นของนิวรอล.....	27
การเลือกค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวิร์ก.....	29
พิสูจน์การสู่เข้าของสมการพลังงาน.....	31
ขั้นตอนในการคำนวณ.....	33
บทที่4. ผลการทดสอบการคำนวณและการวิเคราะห์ผลการทดสอบการคำนวณ.....	35
ความนำ.....	35
การทดสอบความถูกต้องและความรวดเร็วในการคำนวณ.....	35
การวิเคราะห์ความถูกต้องและความรวดเร็วในการคำนวณ.....	45
การทดสอบผลของสมการเงื่อนไขที่เป็นปัจจัยรองในการกำหนดเส้นทาง.....	47

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

การวิเคราะห์ผลการทดสอบผลของสมการเงื่อนไชที่เป็นปัจจัยรองในการกำหนด
เส้นทาง.....49

การทดสอบผลของค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวตันเน็ตเวอร์ก.....51

การวิเคราะห์ผลกระทบของค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ต่อการเปลี่ยนแปลง
ของพลังงาน.....52

การทดสอบผลของค่าคงที่ชุกมอยต่อการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน.....53

การทดสอบผลของค่าคงที่โมเมนตัมต่อผลการเปลี่ยนแปลงพลังงาน
ของนิวตันเน็ตเวอร์ก.....54

การวิเคราะห์ผลกระทบของค่าคงที่โมเมนตัม
ต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงาน.....57

บทที่5. สรุปและข้อเสนอนแนะ.....59

สรุป.....59

ข้อเสนอนแนะ.....60

รายการอ้างอิง.....62

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลขหมู่ ๐๓ 15
เลขทะเบียน 009373
วัน,เดือน,ปี 26 พ.ค 41

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 4.1	ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์ก เมื่อค่าคงที่ μ และ θ มีค่าเป็น 0.75 และ 0.85.....	40
ตาราง 4.2	การเปรียบเทียบระหว่างการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้น ที่แตกต่างกันต่อจำนวนรอบในการคำนวณและค่าพลังงาน ของนิวรอลเน็ตเวอร์ก ที่สภาวะสมดุลย์.....	41
ตาราง 4.3	ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์ก.....	43
ตาราง 4.4	การเปรียบเทียบระหว่างการใช้วิธีการกำหนด ค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันต่อจำนวนรอบในการคำนวณและ ค่าพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์ก ที่สภาวะสมดุลย์.....	44
ตาราง 4.5	ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์ก.....	47
ตาราง 4.6	การเปรียบเทียบระหว่างสภาวะปกติของข่ายสื่อสาร กับสภาวะที่ข่ายสื่อสารอยู่ในสภาวะที่ไม่สามารถให้บริการได้	49
ตาราง 4.7	การเปรียบเทียบผลการคำนวณเมื่อใช้ค่าคงที่ β ที่ต่างกัน.....	51
ตาราง 4.8	ค่าคงที่ที่ใช้ในการทดสอบผลของค่าคงที่โมเมนตัม.....	55
ตาราง 4.9	ผลการทดสอบผลกระทบของค่าคงที่โมเมนตัม(M).....	56

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1	แบบจำลองการให้บริการแก่ข่าวสารในระบบโทรคมนาคม..	6
รูปที่ 2.2	แผนภูมิเวลาตามทฤษฎีคิวอิง.....	7
รูปที่ 2.3	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ย กับค่าความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสาร	9
รูปที่ 2.4	แบบจำลอง Hopfield Net ที่ใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด	11
รูปที่ 2.5	ความสัมพันธ์ระหว่าง อินพุตกับเอาต์พุตของแต่ละนิวรอล	11
รูปที่ 3.1	ไดอะแกรมการคำนวณการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสาร	34
รูปที่ 4.1	ตัวอย่างโครงข่ายสื่อสารที่นำมาทดสอบ การคำนวณการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสาร.	36
รูปที่ 4.2	เมตริกซ์ความจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยงในโครงข่ายสื่อสารรูปที่ 4.1	37
รูปที่ 4.3	เมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในโครงข่ายสื่อสาร.	38
รูปที่ 4.4	เมตริกซ์สภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายสื่อสารรูปที่ 4.1.	39
รูปที่ 4.5	ค่าเริ่มต้นของนิวรอล ก. ตามวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการใหม่ ข. ตามวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการเดิม	40
รูปที่ 4.6	ผลงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กเมื่อจำนวนรอบในการคำนวณเพิ่มมากขึ้น e เส้นกราฟ 1. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่ เส้นกราฟ 2. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการเดิม	41
รูปที่ 4.7	เอาต์พุตของนิวรอลเน็ตเวอร์กภายหลังการคำนวณ ก. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่ ข. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม	42
รูปที่ 4.8	ผลงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กเมื่อจำนวนรอบในการคำนวณ เพิ่มมากขึ้น เส้นกราฟ 1. ใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่ เส้นกราฟที่ 2. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม.	43
รูปที่ 4.9	เอาต์พุตของนิวรอลเน็ตเวอร์กภายหลังการคำนวณ ก. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่ ข. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม.	44

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.10	เอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวิร์กเมื่อโหนดที่ 1 คือโหนดต้นทาง และโหนดที่ 4 คือโหนดปลายทาง. 48
รูปที่ 4.11	เอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวิร์กเมื่อโหนดที่ 1 คือโหนดต้นทาง และโหนดที่ 4 คือโหนดปลายทาง เมื่อกำหนดให้ ข่ายสื่อสารเชื่อมโยง ระหว่างโหนดที่ 2 และโหนดที่ 3 ไม่สามารถให้บริการได้..48
รูปที่ 4.12	เอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวิร์กเมื่อใช้ค่าคงที่ β เป็น 1.5. 50
รูปที่ 4.13	พลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่ค่า μ ต่างๆ เมื่อกำหนดให้ θ มีค่าเป็น 0.85. 52
รูปที่ 4.14	การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กสำหรับค่าคงที่ซิกมอยด์(ใน)ต่างๆกัน54
รูปที่ 4.15	การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่ค่าคงที่โมเมนตัม(M)ต่างๆกัน56

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์

C	เมตริกซ์ความจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยง (capacity matrix)
ρ	ความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสาร (traffic intensity)
$T_{i,j}$	ความล่าช้าทางเวลาที่เกิดขึ้นในเส้นทางระหว่างโหนดที่ i ไปยังโหนดที่ j (delay time between node i and node j)
P	เมตริกซ์แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนแพคเกจที่อยู่ในข่ายสื่อสารเชื่อมโยง
s	เมตริกซ์สภาวะความคับคั่งของโหนด (congestion state matrix)
S	เมตริกซ์สภาวะความคับคั่งของโหนดหลังการนอร์มัลไลซ์ (normalized congestion state matrix)
u	อินพุทของนิวรอลเน็ตเวิร์ก (neural network input)
V	เอาต์พุทของนิวรอลเน็ตเวิร์ก (neural network output)
K	จำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่น้อยที่สุด (minimum number of links)
$T_{ij,mn}$	น้ำหนักของการเชื่อมต่อระหว่างแต่ละนิวรอลในแบบอาร์เรย์ 2 มิติ (connection weight of each neuron in two dimensional array)
I_{ij}	กระแสกระตุ้นจากภายนอกของแต่ละนิวรอล (external bias current of each neuron)
δ	โคโรเนกเกอร์เดลต้าฟังก์ชัน (Kronecker's delta function)
E	สมการพลังงาน (energy function)
α	ค่าพารามิเตอร์กำหนดน้ำหนักในการคำนวณแต่ละรอบ (stepsize parameter)
β	ค่าพารามิเตอร์กำหนดน้ำหนักแก้อัจฉริยะในการคำนวณ
γ	ค่าพารามิเตอร์กำหนดน้ำหนักแก้อื่นไซค่าตอบของนิวรอลเน็ตเวิร์ก
λ	ค่าคงที่ซิกมอยด์ (sigmoid constant)
θ	ผลรวมของเอาต์พุทนิวรอลในแต่ละคอลัมน์ (summation of neuron output in each column)
μ	ขอบเขตบนของผลคูณระหว่าง α, γ
M	ค่าพารามิเตอร์กำหนดน้ำหนักค่าโมเมนตัม (momentum constant)
\mathcal{G}	อินพุทอิมพีแดนซ์ของแต่ละนิวรอล
$R_{i,j}$	ความต้านทานไฟฟ้าระหว่างนิวรอลตัวที่ i กับตัวที่ j
τ	ค่าคงที่เวลา (time constant)
g	ทรานสเฟอร์ฟังก์ชันของแต่ละนิวรอล (transfer function of each neuron)
F	เมตริกซ์แสดงผลต่างของอัตราความสามารถในการให้บริการของข่ายสื่อสารเชื่อมโยงกับอัตราการเข้ามาของแพคเกจในข่ายสื่อสารเชื่อมโยง
D	เมตริกซ์แสดงผลรวมในแต่ละแถวของเมตริกซ์ F
$Link_i$	จำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อมายังโหนดที่ i
Int_i	ผลหารระหว่างเมตริกซ์ D กับจำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อมายังโหนดในเทอมที่ i

คำอธิบายสัญลักษณ์(ต่อ)

- N จำนวนโหนดในโครงข่ายสื่อสารโทรคมนาคม
 e_n เมตริกซ์ขนาด $1 \times N$ ที่ทุกๆเทอมมีค่าเป็น 1
 ξ ความเร็วในการให้บริการของระบบสื่อสาร
 σ ความเร็วของแพคเกจที่เข้าสู่ระบบสื่อสาร
 ψ เวลาที่แพคเกจต้องรอคอยในการได้รับบริการ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ



ความนำ

การกำหนดเส้นทางในระบบสื่อสารโทรคมนาคมนับได้ว่าเป็นมีความสำคัญมาก สาเหตุเพราะในการสื่อสารระหว่างคูโหนดใดๆในโครงข่ายสื่อสารจะมีการใช้ช่องสัญญาณสื่อสารในโครงข่ายตามสภาวะของปริมาณการสื่อสารที่เป็นอยู่ ณ ขณะเวลานั้น เพื่อให้ แพคเกจ ที่เป็นข่าวสารมีความล่าช้าอันเกิดจากความคับคั่งของปริมาณการสื่อสารในโครงข่ายน้อยที่สุด

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณการสื่อสารในโครงข่ายสื่อสารจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาที่มีการติดต่อสื่อสารเกิดขึ้นภายในโครงข่าย ดังนั้นการกำหนดเส้นทางในการสื่อสารจะต้องมีการคำนวณหาเส้นทางที่ดีที่สุดตลอดเวลาที่ปริมาณการสื่อสารในโครงข่ายเปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้ได้เส้นทางที่สอดคล้องตามสภาวะปริมาณการสื่อสาร ณ ขณะเวลานั้น และการคำนวณเส้นทางนี้จะต้องให้ผลลัพธ์ที่รวดเร็วและถูกต้องทันต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการสื่อสารในโครงข่าย

การกำหนดเส้นทางในระบบสื่อสารโทรคมนาคมมีอยู่ 2 ลักษณะกล่าวคือ

1. การกำหนดเส้นทางแบบ STATIC การกำหนดเส้นทางแบบนี้จะมีการคำนวณหาเส้นทางที่มีค่าใช้จ่ายที่เป็นปัจจัยที่ค่านิ่งถึงน้อยที่สุดระหว่างคูโหนดใดๆ ในโครงข่ายในขั้นตอนแรกของการเริ่มติดตั้งโครงข่ายสื่อสาร เส้นทางที่ดีที่สุดนี้จะถูกเก็บไว้ในรูปแบบของตารางที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารของแต่ละโหนด ตารางเหล่านี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนกว่า จะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสถาปัตยกรรมของโครงข่ายใหม่ หรือมีการเปลี่ยนแปลงขีดความสามารถของข่ายสื่อสารเชื่อมโยงในโครงข่ายสื่อสารใหม่ ในการกำหนดเส้นทางแบบ static นี้ยังมีอีกวิธีหนึ่งคือ การใช้การกระจายแพคเกจเข้าไปในโครงข่ายสื่อสาร(flooding method)โดยแต่ละแพคเกจจะถูกกำหนดให้แพร่กระจายไปยังโหนดข้างเคียงเสมอ ดังนั้นจึงมีแพคเกจจำนวนมากภายในโครงข่ายสื่อสารอันเป็นสาเหตุในการเกิดปัญหาในเรื่องความคับคั่งของปริมาณการสื่อสาร(over flow)ภายในโครงข่ายสื่อสาร
2. การกำหนดเส้นทางแบบ DYNAMIC การกำหนดเส้นทางแบบนี้จะมีการคำนวณหาเส้นทางที่มีค่าใช้จ่ายที่เป็นปัจจัยที่ค่านิ่งถึงน้อยที่สุดตลอดเวลาและมีการกำหนดค่าในตารางที่ใช้กำหนดเส้นทางระหว่างคูโหนดใดๆตลอดเวลา การกำหนดเส้นทางแบบนี้จึงให้เส้นทางที่ถูกต้องสอดคล้องตามสภาวะปัจจัยที่ค่านิ่งถึงมากกว่าการกำหนดเส้นทางแบบ STATIC

การกำหนดเส้นทางแบบ DYNAMIC ตามที่กล่าวมามีความต้องการการตอบสนองทางเวลาที่ใช้ในการคำนวณหาเส้นทางที่รวดเร็วทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะปัจจัยที่ค่านิ่งถึงภายในโครงข่ายสื่อสาร

การใช้นิรอลเน็ตเวอร์กในการกำหนดเส้นทางในระบบสื่อสารโทรคมนาคมได้ถูกวิจัยและพัฒนาขึ้นด้วยความสามารถของนิรอลเน็ตเวอร์กที่มีการคำนวณแบบขนานทำให้มีผลการตอบสนองทางเวลาที่รวดเร็วโดยนิรอลเน็ตเวอร์กที่นำมาประยุกต์ใช้ในการกำหนดเส้นทางในระบบสื่อสารโทรคมนาคมนั้นได้นำเอาแนว

ความคิดของ Hopfield และ Tank (1985) ที่ได้เสนอโครงข่ายประสาทเทียมชนิดใหม่ขึ้นมาและได้กำหนดชื่อให้ว่า Hopfield net มาเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสาร

Hopfield net เป็นโครงข่ายประสาทเทียมชนิดหนึ่งซึ่งนอกจากสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับสัญญาณแล้ว ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการหาคำตอบที่ดีที่สุด (optimization) ได้อีกด้วย Hopfield และ Tank (1985, 1986) ได้เสนอการประยุกต์ใช้ Hopfield net ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด Hopfield และ Tank (1985) กล่าวถึงลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไปของวงจรการคำนวณของ Hopfield net ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด และได้แสดงการกำหนดสมการเงื่อนไข และการหาคำตอบของตัวอย่างปัญหา Travelling Saleman Problem (TSP) Hopfield และ Tank (1986) กล่าวถึงตัวอย่างของการนำเอา Hopfield net มาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยได้แสดงตัวอย่างการประยุกต์กับปัญหาต่างๆ เช่น ตัวแปลงสัญญาณดิจิทัลกับสัญญาณอนาล็อก, วงจรตัดสินใจลักษณะสัญญาณ และวงจรโปรแกรมเชิงเส้น เป็นต้น ในการนำมาประยุกต์ในการคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดนั้นต้องสร้างสมการพลังงานของ Hopfield net ที่สอดคล้องตามสมการเงื่อนไขสำหรับปัญหาที่กำลังพิจารณาถึง

การกำหนดเส้นทางในระบบสื่อสารโทรคมนาคมโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมได้ถูกนำเสนอขึ้นเป็นครั้งแรกโดย Rauch และ Winarske (1988) โดยได้เสนอการสร้างสมการเงื่อนไขของการกำหนดเส้นทางในโครงข่าย คำตอบที่ได้รับจากอัลกอริทึมนี้จะแสดงถึงเส้นทางที่ดีที่สุดในการสื่อสารระหว่าง คูโหนดใดๆ ในโครงข่าย ซึ่งจะมีผลทำให้ค่าพลังงานของ Hopfield net ที่สร้างขึ้นมาจากสมการเงื่อนไขการกำหนดเส้นทาง มีค่าน้อยที่สุดด้วย อัลกอริทึมที่ได้นำเสนอนี้ ได้พิจารณาหาเส้นทางที่ดีที่สุดโดยนำเอาค่าเฉลี่ยของความล่าช้าทางเวลาที่เกิดขึ้นในโครงข่ายสื่อสารมาเป็นปัจจัยหลักในการกำหนดเส้นทาง ค่าเฉลี่ยของความล่าช้าทางเวลานี้ใช้การจำลองปัญหาตามทฤษฎี คิวอิง ระบบ M/M/1 โดยสมมติให้แต่ละข่ายสื่อสารเชื่อมโยงในโครงข่ายที่กำหนดขึ้นมีลักษณะปริมาณการสื่อสารที่แตกต่างกันไป การหาเส้นทางระหว่างคูโหนดใดๆ ที่ต้องการติดต่อสื่อสารซึ่งกันและกันจะถูกกำหนดด้วยเงื่อนไขที่ต้องใช้จำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างคูโหนดใดๆ ที่ต้องการติดต่อสื่อสารน้อยที่สุด คำตอบที่ได้จะมีค่าเฉลี่ยของความล่าช้าทางเวลารวมสำหรับทุกข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่ถูกเลือกใช้น้อยที่สุด โดยในอัลกอริทึมนี้ได้กำหนดให้แต่ละโครงข่ายเป็นอาร์เรย์แบบ 2 มิติ

Lee และ Chang (1993) ได้นำเอาอัลกอริทึมที่ได้เสนอโดย Rauch และ Winarske (1988) มาพัฒนาเพิ่มเติม โดยนำเอาองค์ประกอบที่แสดงถึงความล้มเหลวของแต่ละโหนดในโครงข่าย มาเป็นสมการเงื่อนไขในการกำหนดเส้นทางด้วย องค์ประกอบที่แสดงถึงความล้มเหลวของแต่ละโหนดนี้ประกอบขึ้นจากความน่าจะเป็นที่แต่ละโหนดจะตกอยู่ในสภาวะล้มเหลวไม่สามารถให้บริการได้ และความสัมพันธ์ของแต่ละโหนดในโครงข่ายย่อยๆ ของโครงข่ายสื่อสาร ความน่าจะเป็นที่แต่ละโหนดจะตกอยู่ในสภาวะล้มเหลวไม่สามารถให้บริการได้ ถูกแทนด้วยเมตริกซ์ขนาด $1 \times N$ เมื่อ N คือจำนวนโหนดทั้งหมดในโครงข่ายสื่อสาร ความสัมพันธ์ของแต่ละโหนดในโครงข่ายย่อยๆ ของโครงข่ายสื่อสารถูกแทนด้วยเมตริกซ์จัตุรัสที่ค่าในแต่ละเทอมของเมตริกซ์แสดงถึงความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของโหนดในโครงข่ายย่อยๆ ผลคูณของเมตริกซ์ที่แทนความสัมพันธ์ของแต่ละโหนดในโครงข่ายย่อยๆ กับ ทราנסโพสของเมตริกซ์ที่แทนความน่าจะเป็นที่แต่ละโหนดจะตกอยู่ในสภาวะล้มเหลวไม่สามารถให้บริการได้ คือ องค์ประกอบที่แสดงถึงความล้มเหลวของแต่ละโหนดในโครงข่าย

นอกจากนี้ Lee และ Chang (1993) ได้เสนอขอบเขตการกำหนดค่าของค่าคงที่ต่างๆในสมการเงื่อนไข และขอบเขตการเลือกค่าคงที่ในการคำนวณซ้ำรอบในการกำหนดเส้นทางตามสมการเงื่อนไขที่สร้างขึ้น นอกจากนี้แล้วยังได้แสดงให้เห็นว่าวิธีการที่ได้เสนอนี้ทำให้ค่าพลังงานของ Hopfield net ลดลงสู่ค่าน้อยที่สุด Lee และ Chang ได้กำหนดชื่อของนิรพลเน็ตเวอร์กที่ใช้กำหนดเส้นทางตามอัลกอริธึมนี้ว่า Rourton

Collectt และ Pedrycz (1993) เสนอการนำเอานิรพลเน็ตเวอร์กชนิด Back propagation มาประยุกต์ใช้ในการกำหนดเส้นทางของโครงข่ายสื่อสารโทรคมนาคมในแบบ static โดยทำการวิเคราะห์ถึงความถูกต้องแม่นยำในการกำหนดเส้นทางที่จำนวน Hidden Layer และจำนวนโหนดใน Hidden Layer มีจำนวนที่แตกต่างกัน และจากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างการกำหนดเส้นทางที่ถูกต้องกับจำนวน Hidden Layer และจำนวนโหนดใน Hidden Layer ที่เหมาะสมสำหรับตัวอย่างของโครงข่ายสื่อสารที่กำหนดขึ้นมาเพื่อทดสอบ อย่างไรก็ตามในอัลกอริธึมที่ได้เสนอนี้ไม่ได้คำนึงถึงสภาวะปริมาณการสื่อสารที่เป็นอยู่ ณ.ขณะเวลานั้น ดังนั้นเส้นทางที่ได้จะไม่ใช่เส้นทางที่มีค่าปริมาณการสื่อสารที่น้อยที่สุด

Jensen และ Eshara (1990) ได้นำนิรพลเน็ตเวอร์กแบบ ป้อนด้านหน้า (Feed Forward) มาประยุกต์ใช้ในการกำหนดเส้นทางในสภาวะที่มีการเกิดความผิดปกติในโครงข่ายสื่อสารเกิดขึ้น โดยได้มีการใช้วิธีการคำนวณการกำหนดเส้นทางแบบอิสระ(isolate) สำหรับแต่ละโหนด นิรพลเน็ตเวอร์กที่ใช้จะมีประจำอยู่ในทุกๆโหนดในโครงข่ายสื่อสาร โดยทำหน้าที่ในการหาเส้นทางที่ดีที่สุดที่เชื่อมต่อมายังโหนดนั้นๆ วิธีการของ Jensen และ Eshara นั้นใช้วิธีการสอนจำ(training) แบบ Hebbian ซึ่งสามารถให้ผลการคำนวณที่รวดเร็ว และได้เส้นทางที่สอดคล้องตามสภาวะปริมาณการสื่อสารในโครงข่าย ณ.ขณะเวลานั้น

Wieselthier และ Ephremides(1994) ได้นำเอานิรพลเน็ตเวอร์กชนิดHopfield net มาประยุกต์ใช้ในการกำหนดเส้นทางในระบบ CDMA โดยได้กำหนดเงื่อนไขไว้ว่าสมมุติให้ไม่เกิดการรบกวนกันระหว่างสัญญาณแต่ละตัวที่อยู่ในระบบสื่อสาร

Fritsch และ Mandel (1991) ได้เสนอการใช้นิรพลเน็ตเวอร์กแบบ Self organize feature map ชนิด Kohonen มาประยุกต์ใช้ในการกำหนดเส้นทางในระบบสื่อสาร โดยการพยายามกำจัดข้อจำกัดของการใช้นิรพลเน็ตเวอร์กแบบ Hopfield net ในเรื่อง suboptimum

Zhang และ Thomolous (1989) ได้นำเอานิรพลเน็ตเวอร์กชนิด Hopfield net มาประยุกต์ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสาร แต่ได้กำจัดข้อจำกัดของอัลกอริธึมที่เสนอโดย Rauch และ Winnarske(1988) ที่ต้องการจำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่น้อยที่สุดระหว่างคู่โหนดใดๆ ที่ต้องการติดต่อสื่อสารก่อน Zhang และ Thomolous(1989) ได้แก้ไขข้อจำกัดในส่วนนี้โดยการกำหนดค่าในเทอมทะเลี่ยงมุมหลักของเมตริกซ์ที่แทนค่าเฉลี่ยของความล่าช้าทางเวลาด้วยค่าที่เป็น 0 แทนที่ค่าที่มากตามอัลกอริธึมที่เสนอโดย Rauch และ Winnarske (1988) และได้มีการสร้างสมการเงื่อนไขในการกำหนดเส้นทางขึ้นใหม่ แต่ในอัลกอริธึมนี้ได้ทดลองกับตัวอย่างโครงข่ายสื่อสารที่มีขนาดเล็ก ดังนั้นจึงใช้การคำนวณซ้ำรอบที่ไม่มาก แต่หากขยายจำนวนโหนดในโครงข่ายมากขึ้นเป็นโครงข่ายสื่อสารขนาดใหญ่ จะต้องใช้การคำนวณซ้ำรอบที่มากใช้เวลานานกว่าที่จะได้รับคำตอบที่ถูกต้อง

Kamoun และ Ali (1991,1993) นำเอานิรพลเน็ตเวอร์กชนิด Hopfield net มาประยุกต์ใช้ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายของแพคเกจ สวิตช์ โดยนำเอาแนวความคิดทางด้านการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ

การสื่อสารภายในโครงข่ายที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาใช้ในการสร้างสมการเงื่อนไขในการกำหนดเส้นทางที่แตกต่างไป โดย Kamoun และ Ali(1991,1993) ได้แสดงให้เห็นว่าการแทนสถานะของปริมาณการสื่อสารด้วยการเชื่อมต่อกันระหว่างแต่ละ นีวรอล นั้นจะไม่เหมาะสมกับการกำหนดเส้นทางที่ปริมาณการสื่อสารมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเพราะหากนำมาประดิษฐ์ขึ้นเป็นฮาร์ดแวร์แล้วจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของการเชื่อมต่อกันระหว่างแต่ละนีวรอลอยู่ตลอดเวลาตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการสื่อสารในโครงข่าย โดยในอัลกอริทึมนี้ได้แทนปริมาณการสื่อสารในโครงข่ายด้วยเมตริกซ์จัตุรัสที่มีขนาด $N \times N$ เมื่อ N คือจำนวนโหนดในโครงข่ายสื่อสารที่ยกมาเป็นตัวอย่าง เมตริกซ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของกระแสกระตุ้นจากภายนอกสำหรับแต่ละ นีวรอลซึ่งทำให้การกำหนดเส้นทางที่สอดคล้องกับสภาวะการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการสื่อสารไม่ต้องเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานที่เชื่อมต่อกันระหว่างแต่ละนีวรอล

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมานี้สามารถสรุปถึงข้อดีของการนำเอานีวรอลเน็ตเวิร์กมาประยุกต์ใช้ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารได้ดังนี้

1. การตอบสนองทางเวลาที่รวดเร็ว ซึ่งมีความสำคัญมากในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารโทรคมนาคมเพราะการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการสื่อสารภายในโครงข่ายที่มีอยู่ตลอดเวลา
2. สามารถกำหนดปัจจัยเงื่อนไขในโครงข่ายสื่อสารอื่นๆ ที่สนใจลงไปได้ ดังเช่น การนำเอาองค์ประกอบที่แสดงถึงความล้มเหลวของแต่ละโหนดในโครงข่ายมาเป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการกำหนดเส้นทางตาม

อัลกอริทึมที่เสนอโดย Lee และ Chang (1993)

3. นอกจากเส้นทางที่ดีที่สุดที่ได้รับแล้ว เส้นทางที่ตีรองลงไปก็จะได้รับด้วย เมื่อเส้นทางที่ดีที่สุดไม่สามารถให้บริการได้ เส้นทางที่ตีรองลงไปจะถูกเลือกมาใช้ได้โดยไม่ต้องมีการคำนวณเส้นทางใหม่เช่นอัลกอริทึมที่เสนอโดย Rauch และ Winnarske(1988) และ Lee และ Chang(1993)

การนำเอานีวรอลเน็ตเวิร์กมาประยุกต์ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารตามบทความข้างต้นยังคงมีข้อจำกัดที่พบคือ การไม่ได้รับคำตอบที่ดีที่สุด และไม่ได้เสนอการพัฒนาไปสู่การกำหนดเส้นทางในแบบ พลวัต (Dynamic routing)

รายงานการวิจัยฉบับนี้กล่าวถึงการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารที่นำเอา อัลกอริทึม ที่ได้ถูกเสนอมาดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นมาทำการปรับปรุงโดยเพิ่มปัจจัยในเรื่องสภาวะความคับคั่งของแต่ละโหนดภายในโครงข่ายมาเป็นสมการเงื่อนไขที่ใช้กำหนดเส้นทาง การกำหนดค่าเริ่มต้นของแต่ละนีวรอลในวิธีการใหม่ที่แตกต่างไปจากอัลกอริทึมเดิมที่เสนอโดย Rauch และ Winnarske(1988) นอกจากนี้ยังได้พัฒนาไปสู่การกำหนดเส้นทางในแบบพลวัต (Dynamic routing) ด้วย โดยมีวัตถุประสงค์ ขอบเขตของการวิจัยและประโยชน์ที่ได้รับจากการทำการวิจัยดังนี้คือ

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษา ค้นคว้า ออกแบบ และเขียนโปรแกรม การคำนวณในการกำหนดเส้นทางที่ใช้จำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยง(Link)น้อยที่สุดและมีสภาวะความคับคั่งของปริมาณการสื่อสารที่น้อยที่สุดโดยการใช้อัลกอริทึมของนีวรอลเน็ตเวิร์กในการคำนวณ โดยคาดหวังไว้ว่าจะได้เส้นทางที่ดีที่สุดตามสมการเงื่อนไขของการคำนวณ

ขอบเขตของการวิจัย

1. หาข้อจำกัดในการใช้งานโปรแกรมที่ได้เขียนขึ้น พร้อมเสนอแนวทาง และสาเหตุในการแก้ไขข้อจำกัดของ อัลกอริธึมที่เขียนขึ้น
2. ทดลองเขียนโปรแกรมเพื่อเพิ่มสมการเงื่อนไข อื่นๆ ลงไป เพื่อทดสอบ อัลกอริธึม ว่าสามารถให้คำตอบที่ถูกต้องได้หรือไม่ พร้อมเสนอแนวทางเพื่อปรับปรุง อัลกอริธึม ต่อไป

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เรียนรู้ถึงลักษณะ และผลลัพธ์ของ การคำนวณแบบ Hopfield net
2. สามารถขยายผลที่ได้รับไปยังงานทางด้าน วิศวกรรมระบบโทรคมนาคมได้
3. เป็นแนวทางในการวิจัย และพัฒนาทางด้านฮาร์ดแวร์ของ Hopfield netต่อไป

รายงานการวิจัยฉบับนี้ แบ่งเป็น 5 บทกล่าวคือ

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความเป็นมาของการประยุกต์ใช้นิวรอลเน็ตเวอร์กในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสาร พัฒนาการของอัลกอริธึมที่ใช้ และมูลเหตุจูงใจในการทำการศึกษาเรื่องนี้

บทที่ 2 ทฤษฎี กล่าวถึงทฤษฎีต่างๆทั้งหมด ที่ใช้โดยเริ่มจากทฤษฎี คิวอิง ระบบ M/M/1 จากนั้น กล่าวถึงทฤษฎีนิวรอลเน็ตเวอร์กชนิด Hopfield net ที่ใช้ในทางด้าน optimization โดยได้แสดงแบบจำลองของนิวรอลเน็ตเวอร์กชนิด Hopfield net พร้อมนี้ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้ Hopfield net ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารที่ผ่านมาในอดีต ซึ่งได้ถูกนำมาเป็นแบบอย่างในการพัฒนาปรับปรุงในการวิจัยนี้

บทที่ 3 การจำลองปัญหา กล่าวถึงการจำลองปัญหาในโครงข่ายสื่อสารที่นำมาเป็นปัจจัยในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสาร การสร้างสมการพลังงาน การกำหนดค่าเริ่มต้นของนิวรอลตามวิธีการใหม่ที่ได้อคิดขึ้น การหาขอบเขตของค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กและการพิสูจน์ถึงการเข้าสู่ค่าต่ำสุดของสมการพลังงาน

บทที่ 4 ผลการทดสอบที่ได้จากการคำนวณ กล่าวถึงผลการทดสอบการกำหนดเส้นทางโดยใช้สมการเงื่อนไขที่ได้สร้างขึ้น และการวิเคราะห์ผลการทดสอบที่ได้รับโดยได้แบ่งกล่าวออกเป็นส่วนย่อยๆ ดังนี้คือ ผลการทดสอบการกำหนดเส้นทางโดยใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีใหม่เปรียบเทียบกับวิธีที่ได้ถูกเสนอขึ้นโดย Rauch และ Winnarske (1988) ผลการทดสอบผลกระทบของปัจจัยในเรื่องสภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่าย

สื่อสารที่มีผลต่อการคำนวณ ผลการทดสอบผลของค่าคงที่ sigmoid ที่มีผลต่อการคำนวณ ผลกระทบของค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลในการคำนวณ และ ผลกระทบของโมเมนต์ต่อการคำนวณ

บทที่ 5 สรุปและขอเสนอแนะ กล่าวถึงข้อสรุปของการใช้นิวรอลเน็ตเวอร์กชนิด Hopfield net มาประยุกต์กับการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารตามสมการเงื่อนไขที่ได้สร้างขึ้น นอกจากนี้ได้กล่าวถึงข้อเสนอแนะในการพัฒนาเพื่อปรับปรุงข้อจำกัดในวิธีการที่ได้เสนอขึ้น

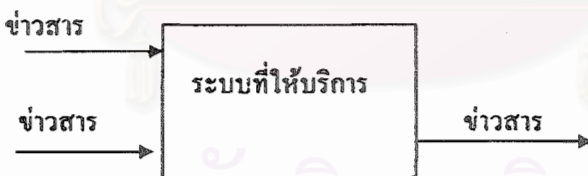
ทฤษฎีในการกำหนดเส้นทางโดยใช้นิวรอลเน็ตเวอร์ก

ความนำ

ในบทนี้ได้กล่าวถึง ทฤษฎีต่างๆที่นำมาใช้ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารโทรคมนาคม โดยได้แบ่งกล่าวออกเป็นหัวข้อย่อยๆ ดังนี้ ส่วนแรกกล่าวถึงทฤษฎี คิวอิง ที่นำมาใช้ในการจำลองปัญหาในเรื่องความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของข้อมูลข่าวสารภายในโครงข่ายและปริมาณข้อมูลข่าวสารเฉลี่ยที่รอรับบริการจากระบบ โดยได้กล่าวถึงแบบจำลองระบบ M/M/1 ที่นำมาเป็นแบบในการจำลองปัญหา ส่วนที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีของนิวรอลเน็ตเวอร์กชนิด Hopfield net ที่ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารและงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาซึ่งได้ถูกนำมาพัฒนาปรับปรุงเพิ่มเติมในงานวิจัยนี้

ทฤษฎี คิวอิง

การนำเอาทฤษฎี คิวอิง มาประยุกต์ใช้ในระบบสื่อสารโทรคมนาคม โดยจะมุ่งไปยังความสามารถในการให้บริการต่อการเข้ามาสู่ระบบที่กำลังพิจารณาอยู่ของข้อมูลข่าวสารซึ่งสามารถที่จะนำมาบ่งบอกถึงสถานะของปริมาณการสื่อสารที่มีอยู่ในโครงข่าย ณ.ขณะเวลานั้นได้



รูปที่ 2.1 แบบจำลองการให้บริการแก่ข่าวสารในระบบโทรคมนาคม

ในโครงข่ายสื่อสารโทรคมนาคมใดๆ ประกอบไปด้วยโหนดต่างๆ ที่ให้บริการในการจัดการส่งข่าวสารที่เข้ามายังโหนดนั้นๆไปยังจุดหมายปลายทางตามที่กำหนดไว้ในส่วนที่เป็นที่อยู่ของจุดหมายปลายทาง ซึ่งความสามารถในการจัดส่งข่าวสารได้ถูกต้องรวดเร็วขึ้นอยู่กับลักษณะประเภทและชนิดของระบบสวิตซ์ที่อยู่ภายในโครงข่าย

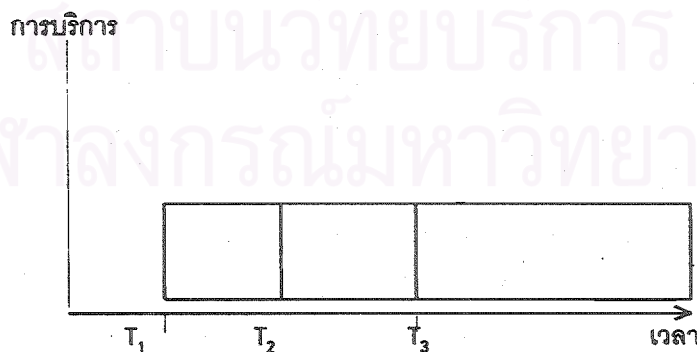
ความสามารถในการให้บริการแก่ข้อมูลข่าวสารโดยข้อมูลข่าวสารที่ถูกส่งผ่านมายังโหนดนั้นๆจะมีความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยมากน้อยเพียงใดนั้นเป็นปัจจัยสำคัญในการออกแบบระบบสวิตซ์ที่ทำหน้าที่ให้

บริการแก่ข้อมูลข่าวสารภายในโหนดสาเหตุเพราะ แต่ละ แพคเกจ ที่แทนข้อมูลข่าวสารนั้นจะถูกกำหนดไว้ว่าจะ ทั้ง แพคเกจ นั้นไปหากว่าในช่วงระยะเวลาที่กำหนดไว้ แพคเกจ นั้นยังไม่สามารถถูกส่งไปถึงจุดหมายปลายทางเพื่อประกอบขึ้นเป็นข่าวสารดั้งเดิมได้

ค่าความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในระบบสื่อสารสามารถอธิบายได้ตามที่แสดงในรูปที่ 2.1 ดังนี้คือ หากพิจารณาว่าสวิตช์ที่ทำหน้าที่ให้บริการแก่ข้อมูลข่าวสารที่เข้ามาเป็นระบบๆ หนึ่งที่มีอัตราความสามารถในการให้บริการด้วยความเร็วค่าหนึ่งสมมุติว่ากำหนดเป็น ξ และสมมุติให้มีข้อมูลข่าวสารหรือจำนวน แพคเกจ ที่เข้ามาสู่สวิตช์นั้นด้วยอัตราความเร็วค่าหนึ่งสมมุติว่ากำหนดเป็น σ ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ของเวลาที่ แพคเกจ ตัวถัดมาจะต้องรอรับบริการได้ดังต่อไปนี้

$$\Psi_{n+1} = \sigma_n - \xi \quad (2.1)$$

โดยที่ Ψ_{n+1} คืออัตราความล่าช้าทางเวลาที่ แพคเกจ ในลำดับที่ $n+1$ จะต้องรอคอยจนกว่า แพคเกจ ในลำดับที่ n จะได้รับบริการจนสิ้นสุด ซึ่งจากสมการที่ 2.1 นี้สามารถอธิบายลักษณะพฤติกรรมของอัตราความล่าช้าทางเวลาของ แพคเกจ ใดๆ ว่าจะขึ้นอยู่กับผลต่างของอัตราการเข้ามาสู่ระบบของ แพคเกจ กับอัตราความสามารถในการให้บริการของระบบซึ่งหากอัตราการเข้ามาสู่ระบบของ แพคเกจ มีค่าสูงกว่าอัตราความสามารถในการให้บริการของระบบมาก อัตราความล่าช้าทางเวลาของ แพคเกจ ในลำดับถัดมาก็จะมีค่าที่สูงมาก ส่งผลทำให้หน่วยความจำที่มีอยู่ในระบบจะต้องทำหน้าที่จัดเก็บ แพคเกจ ที่ยังไม่ได้รับบริการนี้ไว้เป็นจำนวนมาก ทำให้ความล่าช้าทางเวลาของ แพคเกจ โดยรวมมีค่าเพิ่มมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามหากอัตราการเข้ามาสู่ระบบของ แพคเกจ มีค่าน้อยกว่าอัตราความสามารถในการให้บริการของระบบ แล้วจะไม่มี แพคเกจ ใดที่ตกค้างอยู่ในหน่วยความจำของระบบเลย ทำให้แพคเกจไม่มีความล่าช้าทางเวลาเกิดขึ้น จากที่กล่าวมานี้เป็นการยกตัวอย่างในกรณีเฉพาะที่สมมุติว่าให้แต่ละ แพคเกจ ใช้เวลาในการรับบริการจากระบบน้อยมาก แต่หากว่าแต่ละ แพคเกจ จะต้องมีเวลาที่ใช้ในการรับบริการจากระบบแล้วสามารถอธิบายได้ด้วยแผนภูมิทางเวลาดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แผนภูมิเวลาตามทฤษฎี คิวอิง

สมมุติว่าในระบบเมื่อขณะเริ่มต้นพิจารณานั้นไม่มี แพคเกจ ใดๆ ตกค้างรอรับบริการอยู่ที่ ณ เวลา T_1 แพคเกจ ตัวแรกเข้ามาสู่ระบบ และระบบต้องใช้เวลาทั้งสิ้น

$$T_s(1) = |T_3 - T_1| \quad (2.2)$$

โดยที่ $T_s(1)$ คือเวลาที่ระบบจะต้องใช้ในการบริการแก่ แพคเกจ ในตัวแรก เมื่อเวลา T_2 แพคเกจ ตัวที่ 2 ได้เข้ามาสู่ระบบแต่ในขณะนั้น แพคเกจ ตัวแรกยังคงรับบริการจากระบบอยู่ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ทำให้ แพคเกจ ในตัวที่ 2 ต้องรอกจนกว่า แพคเกจ ตัวแรกจะได้รับบริการจนสิ้นสุด ซึ่งใช้เวลาทั้งสิ้น W_2 โดยที่ W_2 คือเวลาที่

แพคเกจ ตัวที่ 2 จะต้องรอการได้รับบริการ มีค่าดังต่อไปนี้

$$W_2 = |T_3 - T_2| \quad (2.3)$$

จากแผนภูมิเวลาสามารถอธิบายลักษณะพฤติกรรมตามทฤษฎี คิวอิง ได้ดังนี้ กล่าวคือหากระบบสามารถให้บริการกับ แพคเกจ ใดๆ ได้สิ้นสุดก่อนเวลาที่ แพคเกจ ในลำดับถัดไปจะเข้ามาสู่ระบบแล้ว จะมีผลทำให้ไม่มี แพคเกจ ที่ตกค้างในหน่วยความจำของระบบเลย และหากระบบไม่สามารถให้บริการแก่ แพคเกจ ใดๆ ให้เสร็จสิ้นก่อนเวลาที่ แพคเกจ ในลำดับถัดมาจะเข้าสู่ระบบแล้ว จะมีผลทำให้มี แพคเกจ ที่ตกค้างในหน่วยความจำของระบบ ซึ่งจำนวน แพคเกจ ที่ตกค้างนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วในการบริการของระบบกับผลต่างของเวลาที่เข้าสู่ระบบระหว่าง แพคเกจ ตัวที่อยู่ติดกัน สามารถนำมาเขียนได้ดังสมการที่ 2.4

$$W_{n+1} = T_s(n) - [T_{n+1} - T_n] \quad (2.4)$$

เมื่อ T_n คือเวลาที่เข้าสู่ระบบของ แพคเกจ ในลำดับที่ n และ $T_s(n)$ คือเวลาในการรับบริการของ แพคเกจ ในลำดับที่ n

ผลต่างของเวลาที่เข้าสู่ระบบระหว่าง แพคเกจ ตัวที่อยู่ติดกัน $[T_{n+1} - T_n]$ ถูกเรียกว่า Interarrival Time และ $T_s(n)$ คือเวลาที่ใช้ในการรับบริการของ แพคเกจ ในลำดับที่ n หรือคือเวลาที่ระบบสามารถให้บริการต่อ แพคเกจ ที่เข้ามาสู่ระบบ $T_s(n)$ ถูกเรียกว่า Service Time ทั้งเวลาที่ใช้ในการรับบริการของ แพคเกจ (Service Time) และ ผลต่างของเวลาที่เข้าสู่ระบบระหว่าง แพคเกจ ตัวที่อยู่ติดกัน (Interarrival Time) มีความสำคัญในการกำหนดลักษณะพฤติกรรมของปริมาณการสื่อสารภายในโครงข่ายสื่อสาร ในรายงานการวิจัยฉบับนี้ได้นำเอาแบบจำลองระบบ M/M/1 มาใช้ในการกำหนดสภาวะปริมาณการสื่อสารของโครงข่าย จึงจะขอก้าวถึงแบบจำลองระบบ M/M/1 ในส่วนถัดไป

1. แบบจำลองระบบ M/M/1

แบบจำลองระบบ M/M/1 นี้เป็นแบบจำลองที่ง่ายที่สุดในทฤษฎี คิวอิง แต่ก็มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นแบบจำลองในการกำหนดค่าของปริมาณการสื่อสารในโครงข่ายสื่อสาร โดยในแบบจำลองระบบ M/M/1 ตามที่ Daigle (1992) และ Kleinrock (1976) ได้ให้ความหมายดังนี้กล่าวคือ มีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของผลต่างของเวลาที่เข้าสู่ระบบระหว่างแพคเกจที่อยู่ติดกัน (Interarrival Time Probability

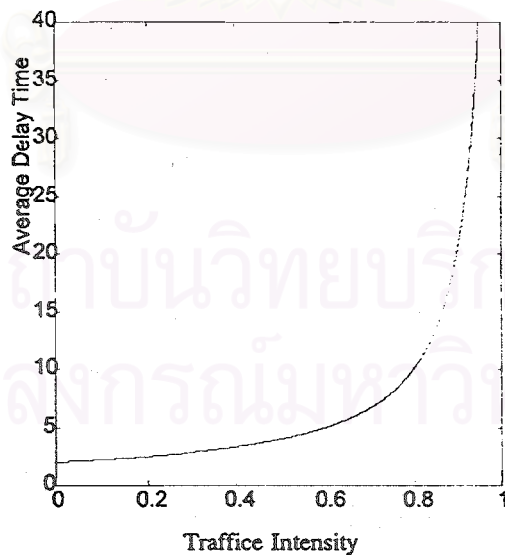
Density Function)เป็นการกระจายแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential distribution) และมีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของเวลาที่ให้บริการ (Service_Time Probability Density Function) มีการกระจายแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential distribution) และมีระบบที่ทำหน้าที่ให้บริการเพียงระบบเดียว(single server)

สมมุติว่าระบบมีอัตราการให้บริการแก่ แพคเกจ เป็น μ และสมมุติว่ามีอัตราการเข้ามาสู่ระบบของ แพคเกจ เป็น λ โดยทั้ง μ และ λ มีหน่วยเป็น จำนวนข่าวสารในหนึ่งหน่วยเวลาเช่น บิตต่อวินาที เป็นต้น อัตราส่วนระหว่าง อัตราการเข้ามาสู่ระบบของ แพคเกจ (λ) ต่อ อัตราการให้บริการแก่ แพคเกจ แสดงถึงค่าความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารในระบบที่กำลังพิจารณา (Traffic Intensity) ที่ได้เสนอโดย Daigle (1992) ดังสมการที่ 2.5

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (2.5)$$

ณ เวลาที่ระบบเข้าสู่สมดุลย์ (Equilibrium state) ในแบบจำลอง M/M/1 ค่าเฉลี่ยของจำนวน แพคเกจที่อยู่ในระบบ ค่าเฉลี่ยทางเวลาที่แพคเกจต้องรอรับบริการ และ ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของแพคเกจ ดังที่ได้เสนอโดย Kleinrock (1976) มีค่าดังสมการที่ 2.6 สมการที่ 2.7 และ สมการที่ 2.8 ตามลำดับคือ

$$N = \frac{\rho}{1 - \rho} \quad (2.6)$$



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยกับค่าความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสาร

$$W = \frac{\rho / \mu}{1 - \rho} \quad (2.7)$$

$$T = \frac{1/\mu}{1-\rho} \quad (2.8)$$

โดยกำหนดให้ N แทนค่าเฉลี่ยของจำนวนแพคเกจที่อยู่ในระบบ W แทนค่าเฉลี่ยทางเวลาที่แพคเกจ จะต้องรอคอยเพื่อที่จะได้รับบริการจากระบบ และ T คือค่าความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของแพคเกจ แต่ละตัว

รูปที่ 2.3 แสดงถึงค่าความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของ แพคเกจ แต่ละตัว เทียบกับค่าความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสาร (ρ) จากรูปที่ 2.3 นี้สามารถอธิบายลักษณะพฤติกรรมของค่าความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของแพคเกจได้ดังนี้กล่าวคือ แพคเกจ จะมีความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อค่าความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารเพิ่มมากขึ้น และจะมีค่าเป็นอนันต์เมื่อค่าความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารมีค่าเข้าใกล้ 1 และเมื่อค่าความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารมีค่าเป็น 0 ค่าความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของแพคเกจ จะมีค่าเท่ากับเวลาที่ระบบใช้ในการให้บริการกับแพคเกจซึ่งจากรูปที่ 2.3 นี้ก็คือจุดตัดแกนตั้งของกราฟนั่นเอง

ทฤษฎีนิวโรลเน็ตเวอร์ก

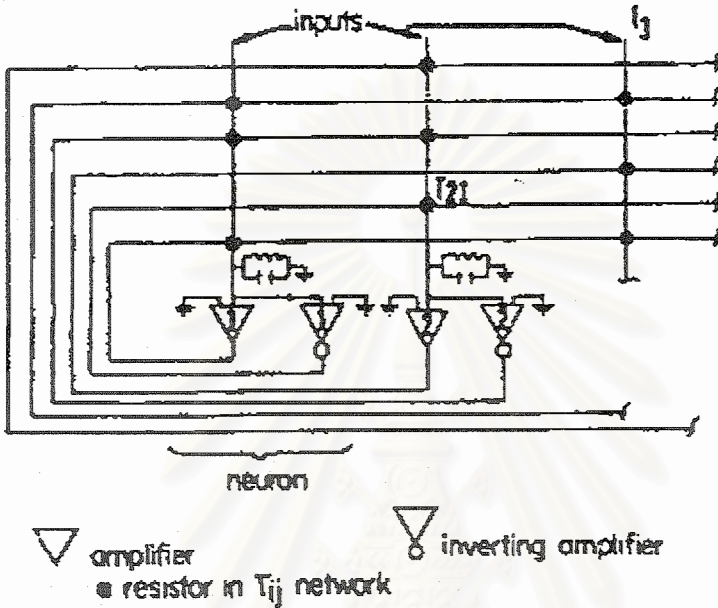
ในส่วนนี้กล่าวถึง ทฤษฎีของนิวโรลเน็ตเวอร์กชนิด Hopfield net ซึ่งใช้ในการคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization) และกล่าวถึงการนำเอา Hopfield net มาประยุกต์ใช้ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารตามอัลกอริทึมที่เสนอโดย Rauch และ Winnarske(1988)

1. นิวโรลเน็ตเวอร์กชนิด Hopfield Net

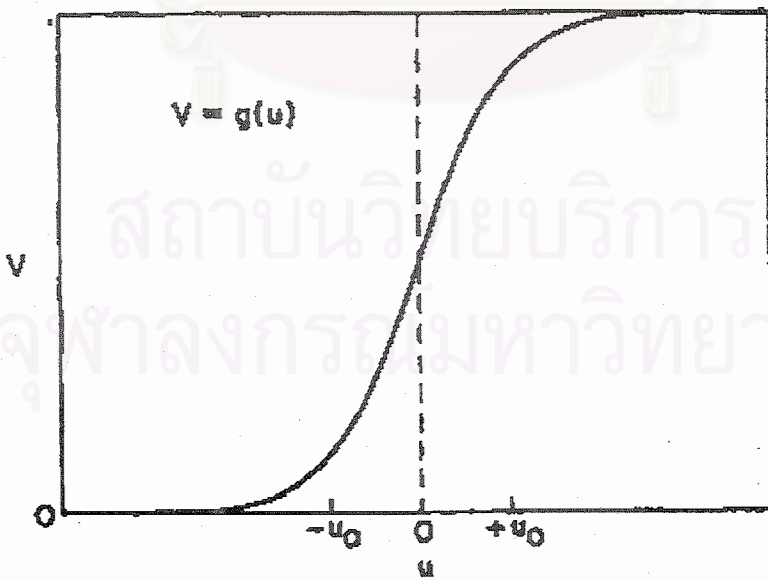
Hopfield และ Tank(1985,1986) ได้นำเสนอนิวโรลเน็ตเวอร์กชนิดใหม่ขึ้นโดยกำหนดชื่อว่า Hopfield Net และได้แนะนำเสนอการนำนิวโรลเน็ตเวอร์กชนิดนี้มาใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด Abe(1989) ได้แสดงการวิเคราะห์ถึงเสถียรภาพของ Hopfields Net. โดยการใช้ การวิเคราะห์ในแบบ eigenvalue และกล่าวถึงเงื่อนไขในการเข้าสู่คำตอบที่ดีที่สุด พร้อมแสดงผลที่ได้จากการทดสอบการคำนวณในปัญหาเรื่อง Travelling salesman problem (TSP) โดยเปรียบเทียบถึงความถูกต้องของคำตอบที่ได้รับเมื่อใช้เงื่อนไขในการกำหนดค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ (Equation of motion) ของนิวโรลเน็ตเวอร์กที่ได้เสนอนี้ขึ้น

ดังแสดงในรูปที่ 2.4 เป็นแบบจำลองของ Hopfield net ที่ได้ถูกเสนอโดย Hopfield และ Tank(1985) โดยแสดงถึงลักษณะโดยทั่วไปของ Hopfield net โดยวงจรแบบอนาล็อกที่สามารถใช้ในการคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ ในวงจรนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน เช่น ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ เป็นต้น โครงสร้างหลักของวงจรประกอบไปด้วยส่วนต่างๆที่ทำงานในลักษณะขนานกันดังนี้คือ ช่องสัญญาณอินพุตที่เข้ามาแบบขนาน ช่องสัญญาณเอาต์พุตที่ออกแบบขนาน และน้ำหนักของการเชื่อมต่อ(connection weight) ระหว่างแค้น

หน่วยที่แทนด้วยนิวรอลโปรเซสซิง โดยแต่ละหน่วยของนิวรอลถูกจำลองด้วยแอมพลิฟายเออร์ ที่มีวงจรรีออน กลับต่ออยู่ซึ่งประกอบด้วย สายตัวนำ ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุ ซึ่งเปรียบเสมือนกับระบบประสาทใน ชีววิทยาคือ แอกซอน (Axons) เดนไดรต์ (Dendrite) และ ซินแนปส์ (Synapse)
โดยลักษณะการทำงานของแบบจำลองนี้เป็นดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.4 แบบจำลอง Hopfield net ที่ใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง อินพุตกับเอาต์พุต ของแต่ละนิวรอล

แอมพลีฟายเออร์แต่ละตัว □

ของแอมพลีฟายเออร์เป็นแบบ ซิกมอยด์เดียว (Uni_polar sigmoid function) ดังแสดงในรูปที่ 2.5

$$V_i = g(u_i) \quad (2.9)$$

เมื่อ V_i กำหนดให้เป็นเอาต์พุตของแอมพลีฟายเออร์แต่ละตัว

u_i กำหนดให้เป็นอินพุตของแอมพลีฟายเออร์แต่ละตัว

g กำหนดให้เป็นทรานสเฟอร์ฟังก์ชันของนิวรอลแต่ละตัว

สมมติว่าไม่คำนึงถึงค่าคงที่เวลา (Time Constant) ของแอมพลีฟายเออร์แต่ละตัว แต่อย่างไรก็ตาม

ในระบบประสาททางชีววิทยาจะมีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ที่เกิดขึ้นจากเซลล์เมมเบรน ดังนั้นแอมพลีฟายเออร์ j

จะมีอินพุตอิมพีแดนซ์ \mathcal{S}_j ต่อดินโดยขนานกับตัวเก็บประจุด้านอินพุต C_j ซึ่งทั้ง 2 ส่วนนี้จะเป็นตัวกำหนดค่า

คงที่เวลา (Time constant) ของนิวรอลและเป็นตัวรวมกระแสของนิวรอลแต่ละตัว เพื่อที่จะสามารถเป็นได้ทั้ง

ระบบประสาทที่เป็นตัวกระตุ้นและเป็นตัวทำให้เกิดความเฉื่อย ไซเนปส์ที่เชื่อมต่อนิวรอลใดๆ ถูก

กำหนดให้แทนด้วยค่าความนำไฟฟ้า T_{ij} ซึ่งจะต่อเชื่อมระหว่างเอาต์พุตของ แอมพลีฟายเออร์ j แบบใดแบบ

หนึ่งไปยังอินพุตของแอมพลีฟายเออร์ตัวที่ i ค่าการเชื่อมต่อนี้ทำมาจากค่าความต้านทานที่มีค่าเป็น

$R_{ij} = 1/|T_{ij}|$ ซึ่งหากเป็นการกระตุ้น $T_{ij} \geq 0$ ตัวต้านทานนี้จะต่อมายังเอาต์พุตแบบปกติของแอมพลีฟาย

เออร์ j ในทางตรงกันข้ามหากเป็นสัญญาณเฉื่อย $T_{ij} \leq 0$ ตัวต้านทานนี้จะต่อมายังเอาต์พุตแบบกลับขั้วของ

แอมพลีฟายเออร์ j แต่ในระบบประสาททางชีววิทยาไม่มีความต้องการเอาต์พุตที่มี 2 ขั้วตามที่กล่าวมา ตามรูป

ที่ 2.4 จะมีกระแสกระตุ้นจากภายนอก j ของแต่ละนิวรอลซึ่งกระแสในส่วนนี้จะทำหน้าที่ปรับระดับของการ

กระตุ้นโดยจะไปเลื่อนกราฟความสัมพันธ์ของ อินพุตและเอาต์พุต ของทรานสเฟอร์ฟังก์ชันไปตามแนวนอนดังรูป

ที่ 2.5 หรือมีไว้สำหรับป้อนอินพุตแบบขนานให้แก่แต่ละนิวรอลสำหรับกรณีพิเศษ

สมการการเคลื่อนที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงทางเวลาของวงจรนี้คือ

$$C_i \left(\frac{du_i}{dt} \right) = \sum_{j=1}^N T_{ij} V_j - \frac{u_i}{R_i} + I_i \quad (2.10)$$

โดยกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตของนิวรอลแต่ละตัวดังสมการที่ 2.9 และค่า R_i คือผลรวม

แบบขนานระหว่าง \mathcal{S}_i กับ R_{ij} ดังสมการที่ 2.11

$$\frac{1}{R_i} = \frac{1}{\mathcal{S}_i} + \sum_{j=1}^N \frac{1}{R_{ij}} \quad (2.11)$$

ซึ่งโดยปกติจะเลือกให้ทรานสเฟอร์ฟังก์ชันของทุกๆ นิวรอลมีลักษณะที่เหมือนกันสำหรับทุกๆ นิวรอลและกำหนด

ให้ $R_i = R$, $C_i = C$ คือมีค่าที่เท่ากันสำหรับทุกๆ นิวรอลนำค่า C ไปหารสมการที่ 2.10 จะได้สมการการ

เคลื่อนที่เป็นดังสมการที่ 2.12 คือ

$$\frac{du_i}{dt} = \sum_{j=1}^N T_{ij} V_j - \frac{u_i}{\tau} + I_i \quad (2.12)$$

$$\tau = RC \quad (2.13)$$

โดยสมการที่ 2.13 เป็นค่าคงที่เวลา(Time constant) ของนิวรอลจากสมการที่ 2.12 เป็นสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์ก โดยจะมีเทอมที่เป็นค่าอินพุทของนิวรอล ณ เวลาเป็น 0 เทอมนี้เป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นของนิวรอลในลำดับต่างๆกัน

เมื่อทำการอินทิเกรตสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กเทียบกับเอาท์พุทในลำดับที่ i ของนิวรอลจะได้สมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่ได้ถูกเสนอโดย Hopfield และ Tank (1985) ดังสมการที่ 2.14

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N T_{ij} V_i V_j - \sum_{i=1}^N V_i I_i \quad (2.14)$$

การนำนิวรอลเน็ตเวอร์กชนิด Hopfield net มาประยุกต์ใช้งานในการหาคำตอบที่ดีที่สุดนั้น จำเป็นต้องสร้างสมการเงื่อนไขขึ้นซึ่งผลรวมของสมการเงื่อนไขจะประกอบกันขึ้นเป็นสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์ก Hopfield และ Tank (1985) ได้เสนอแนวความคิดเกี่ยวกับการหาคำตอบที่ดีที่สุดไว้อีกว่าหากทรานสเฟอร์ฟังก์ชันมีความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทกับเอาท์พุทที่เข้าใกล้ความสัมพันธ์แบบขั้นบันไดและค่าการนำไฟฟ้าที่แทนด้วยการเชื่อมต่อระหว่างแต่ละนิวรอลเป็นแบบสมมาตร $T_{ij} = T_{ji}$ แล้วจะทำให้คำตอบที่ได้รับจากสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กมีค่าอยู่ในกลุ่มของคำตอบ 2^N เมื่อ N คือจำนวนนิวรอลทั้งหมด

Abe (1989) ได้แสดงให้เห็นว่าคำตอบที่ได้จากการคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยการใช้ Hopfield net นี้มีโอกาที่จะได้รับคำตอบที่นอกเหนือจากกลุ่มคำตอบ 2^N ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของ T_{ij} ว่ามีความซับซ้อนเพียงใดและไม่ได้ขึ้นอยู่กับประเภทของทรานสเฟอร์ฟังก์ชันว่าเป็นแบบขั้นเดียวหรือแบบสองขั้น

2. การกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารโดยใช้นิวรอลเน็ตเวอร์ก

Rauch และ Winnarske (1988) ได้เสนอการนำนิวรอลเน็ตเวอร์กชนิด Hopfield net มาประยุกต์ใช้ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสาร โดยคำนึงถึงสถานะของปริมาณการสื่อสารที่เป็นอยู่ ณ ขณะเวลานั้น วิธีการที่ได้ถูกเสนอขึ้นมานี้ได้ทำการคำนวณหาเส้นทางระหว่างคูโหนดใดๆที่ต้องการติดต่อสื่อสารซึ่งกันและกัน โดยกำหนดว่าต้องมีการใช้จำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่ให้บริการเชื่อมต่อระหว่างคูโหนดนั้นๆ น้อยที่สุด และเส้นทางนี้ต้องมีปริมาณการสื่อสารที่น้อยที่สุด ซึ่งวิธีการนี้สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

จากลักษณะทางสถาปัตยกรรมของโครงข่ายสื่อสารที่ประกอบไปด้วยโหนดต่างๆและข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อระหว่างแต่ละโหนดภายในโครงข่ายได้กำหนดให้อัตราในการให้บริการต่อข้อมูลข่าวสารที่เข้ามาสู่ระบบ (service rate) แทนได้ด้วยค่าความจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อระหว่างโหนด ดังนั้นในโครงข่ายสื่อสารที่มีประเภทข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารหลายๆชนิด เช่น สายคู่ตีเกลียว สายโคแอกเชียล สายไฟเบอร์ออฟติก เป็นต้น ที่มีความสามารถในการให้บริการต่อข่าวสารที่มีความเร็วที่แตกต่างกัน จึงมีอัตรา

ในการให้บริการ(Service rate) ที่แตกต่างกันไปด้วย กำหนดให้เมตริกซ์ C แทนความจุของแต่ละข่ายสื่อสารเชื่อมโยงในโครงข่าย โดยในแต่ละเทอมของเมตริกซ์ คือ C_{ij} แสดงถึงความจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างคูโหนด i กับโหนด j และในโครงข่ายสื่อสารนี้กำหนดให้เป็นการสื่อสารแบบ 2 ทางดังนั้น $C_{ij} = C_{ji}$ สำหรับคูโหนด i, j ใดๆที่ไม่มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อกำหนดให้ C_{ij} มีค่าเป็น 0

ในอัลกอริทึมนี้ใช้การจำลองปริมาณการสื่อสารระบบ M/M/1 สมมติให้ในแต่ละระบบสื่อสารที่เชื่อมต่อนี้มีค่าอัตราการเข้าสู่อุปกรณ์ของข้อมูลข่าวสาร ที่แตกต่างกัน จึงทำให้ค่าของความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารในระบบแตกต่างกันตามสมการที่ 2.5 และทำให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนแพคเกจในระบบมีค่าแตกต่างกันไปด้วยตามสมการที่ 2.6 กำหนดให้ผลลัพธ์ของสมการที่ 2.6 สำหรับแต่ละระบบสื่อสารแทนด้วยเมตริกซ์ W สำหรับ C_{ij} ใดๆที่มีค่าเป็น 0 กำหนดให้ W_{ij} มีค่าเป็น 10 ดังสมการที่ 2.15

$$W_{ij} = \begin{cases} \frac{\rho_{ij}}{1 - \rho_{ij}} & \text{if } C_{ij} \neq 0 \\ 10 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.15)$$

การหาจำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่ต้องใช้น้อยที่สุดระหว่างคูโหนด i, j ใดๆที่ต้องการติดต่อสื่อสารซึ่งกันและกันสามารถหาได้จากเมตริกซ์ C กล่าวคือ หาก $C_{ij} \neq 0$ แล้วจำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่ต้องใช้น้อยที่สุดระหว่างคูโหนด i, j จะเป็น 1 เพราะมีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อโดยตรงระหว่างคูโหนดนี้ หาก $C_{ij} = 0$ แล้วแสดงว่าไม่มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อโดยตรงระหว่างคูโหนด i, j จำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงน้อยที่สุดที่ต้องใช้ในการติดต่อระหว่างคูโหนด i, j นี้ได้จากการยกกำลังเมตริกซ์ C ไปจำนวน K ครั้ง ค่า K ที่น้อยที่สุดที่ทำให้ ค่าในเทอม C_{ij}^k ไม่เป็นศูนย์คือ จำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่น้อยที่สุดที่ต้องใช้ระหว่างคูโหนด i, j ที่ต้องการติดต่อสื่อสารดังสมการที่ 2.16

$$[C]^k \rightarrow C_{ij} \neq 0 \quad (2.16)$$

วิธีการนี้ได้กำหนดให้นิรอรลแต่ละตัวเป็นอาร์เรย์ 2 มิติ โดยมีขนาดเป็น $N \times (K+1)$ เมื่อ N คือจำนวนโหนดทั้งหมดในโครงข่ายสื่อสาร ดังนั้นสมมติว่าในการติดต่อสื่อสารระหว่างคูโหนด i, j ต้องการใช้จำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่น้อยที่สุด (K) มีค่าเป็น K ข่ายสื่อสาร ดังนั้น จะมีจำนวนนิรอรลทั้งสิ้น $N \times (K+1)$ ตัวที่ต้องใช้ในการคำนวณ นิรอรลในตัวที่ source, 1 แทนด้วยโหนดต้นทางนิรอรลตัวที่ destination, $K+1$ แทนด้วยโหนดปลายทาง ส่วนนิรอรลตัวอื่นๆที่อยู่ในคอลัมน์ที่ 2 ไปจนถึง K แทนด้วยโหนดต่างๆที่เป็นโหนดระหว่างโหนดต้นทางและโหนดปลายทาง

สมการเงื่อนไขของวิธีการนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ สมการเงื่อนไขในการหาเส้นทางระหว่างคูโหนด i, j ที่มีปริมาณการสื่อสารน้อยที่สุด และสมการที่เป็นสมการเงื่อนไขกำหนดขอบเขตค่าตอบของนิรอรล โดยที่ผลรวมของสมการทั้ง 2 นี้เป็นสมการพลังงานของนิรอรลเน็ตเวิร์ก

$$J_1 = \frac{1}{2} \left(\sum_{j=1}^K V_j^T W V_{j+1} \right) \quad (2.17)$$

สมการที่ 2.17 เป็นสมการเงื่อนไขที่ใช้ในการคำนวณหาเส้นทางที่มีปริมาณการสื่อสารน้อยที่สุด โดย V_j คือ เวกเตอร์ของนิวรอล ในคอลัมน์ลำดับที่ j

$$J_2 = \frac{\gamma}{2} \sum_{j=2}^K \left(\sum_{i=1}^N V_j - 1 \right)^2 \quad (2.18)$$

สมการที่ 2.18 เป็นสมการเงื่อนไขที่กำหนดขอบเขตของคำตอบของนิวรอลแต่ละตัวโดยผลรวมของเวกเตอร์ของนิวรอลในแต่ละคอลัมน์มีค่าเป็น 1

ผลรวมของสมการเงื่อนไขดังกล่าวข้างต้น (2.17) และ (2.18) เป็นสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กกับการประยุกต์ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารดังสมการที่ 2.19

$$E = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^K (V_j^T W V_{j+1}) + \frac{\gamma}{2} \sum_{j=2}^K \left(\sum_{i=1}^N V_j - 1 \right)^2 \quad (2.19)$$

สมการที่ 2.19 นี้เป็นสมการพลังงานที่ได้นำเอานิวรอลเน็ตเวอร์กชนิด Hopfield net มาประยุกต์ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารเป็นครั้งแรก

Zhang และ Thomopoulos(1989) ได้เสนอการใช้นิวรอลเน็ตเวอร์กแบบ Hopfield net มาประยุกต์ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารเช่นกันแต่มีการสร้างสมการพลังงานที่แตกต่างกันและได้แก้ไขข้อจำกัดในวิธีการของ Rauch และ Winnarske (1988) ในการหาจำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อระหว่างคู่โหนดที่น้อยที่สุดก่อนเพื่อเป็นตัวกำหนดขนาดอาร์เรย์ของนิวรอลในวิธีการที่ได้เสนอขึ้นมาใหม่นี้ได้ขยายขนาดของอาร์เรย์เป็น $N \times N$ เมื่อ N คือจำนวนโหนดที่มีอยู่ทั้งหมดในโครงข่ายสื่อสาร สมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กตามวิธีการของ Zhang และ Thomopoulos(1989) คือ

$$E = (A/2) \sum_{k=1}^{N-1} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N V_{ik} W_{ij} V_{j,k+1} + (B/2) \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N V_{ik} V_{jk} + (C/2) \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N V_{ij} - N \right)^2 \quad (2.20)$$

สมการพลังงานที่ได้ถูกเสนอนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกคือส่วนที่กำหนดว่าระหว่างคู่โหนดที่ต้องการสื่อสารกันนั้นต้องมีปริมาณการสื่อสารน้อยที่สุด ส่วนที่ 2 เป็นสมการเงื่อนไขที่กำหนดคำตอบของนิวรอลว่าในแต่ละคอลัมน์ต้องมีเพียงเทอมเดียวเท่านั้นที่มีค่าไม่เท่ากับ 0 และผลรวมของคำตอบทุกๆนิวรอลต้องมีค่าเท่ากับจำนวนของโหนดในโครงข่าย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ จะต้องมิีนิวรอลที่มีค่าตอบเป็น 1 ในคอลัมน์แต่ละคอลัมน์ได้เพียง 1 ตัวและในแต่ละแถวได้เพียง 1 แถวเท่านั้น

สมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่เสนอโดย Zhang และ Thomopoulos(1989) นี้มีสมการเงื่อนไขเช่นเดียวกับสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่เสนอโดย Rauch และ Winnarske(1988) เพียงแต่วิธีการสร้างสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่เสนอโดย Zhang และ Thomopoulos(1989) พิจารณานิวรอลครั้งละตัวในอาร์เรย์ แต่วิธีการสร้างสมการพลังงานของ Rauch และ Winnarske(1988) พิจารณานิวรอลครั้งละคอลัมน์ สำหรับเมตริกซ์ W ในสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่เสนอโดย Zhang และ Thomopoulos (1989) นี้ได้กำหนดให้ในเทอมทแยงมุมหลักของเมตริกซ์ W มีค่าเป็น 0 แทนที่จะมีค่าที่สูงมากตามวิธีการของ Rauch และ Winnarske(1988) ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการได้รับคำตอบซ้ำเติมในคอลัมน์ที่อยู่ติดกัน

น้ำหนักของการเชื่อมต่อระหว่างนิวรอล (connection weight) ตามทฤษฎีของ Hopfield net สำหรับวิธีการของ Zhang และ Thomopoulos(1989) นี้คือ

$$T_{ij, mn} = -AW_{im}(\delta_{n, j+1} + \delta_{n, j-1}) - B\delta_{jn}(1 - \delta_{im}) - C \quad (2.21)$$

โดยที่ δ_{xy} เป็น Kronecker's delta function จะมีค่าเป็น 1 เมื่อ $x=y$ และเป็น 0 เมื่อ $x \neq y$ สมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กเป็นดังนี้

$$\frac{dy_{ij}}{dt} = -\frac{y_{ij}}{\tau} + \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N T_{ij, mn} V_{nm} + I_{ij} \quad (2.22)$$

Kamoun และ Ali (1991, 1993) ได้เสนอการใช้นิวรอลเน็ตเวอร์กแบบ Hopfield net มาประยุกต์ใช้ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารแบบแพคเกจ สวิตช์ โดยการสร้างสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กขึ้นมาใหม่ เพื่อให้เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการสื่อสารในโครงข่ายสื่อสาร สมการพลังงานของ นิวรอลเน็ตเวอร์กที่สร้างขึ้นมาใหม่นี้กำหนดให้การเชื่อมต่อของนิวรอลไม่เปลี่ยนแปลงตามสภาวะของปริมาณการสื่อสาร แต่กำหนดให้มีค่าที่แน่นอน ปริมาณการสื่อสารที่เปลี่ยนแปลงไปนี้จะถูกป้อนเข้ามาทางกระแสกระตุ้นจากภายนอกแทนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าการเชื่อมต่อของนิวรอล

สมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กตามวิธีการของ Kamoun และ Ali (1991, 1993) เป็นดังสมการที่ 2.23 ดังนี้คือ

$$E = \frac{\mu_1}{2} \sum_{x=1}^N \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq x \\ (x,i) \neq (d,s)}}^N C_{xi} V_{xi} + \frac{\mu_2}{2} \sum_{x=1}^N \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq x \\ (x,i) \neq (d,s)}}^N \rho_{xi} V_{xi} + \frac{\mu_3}{2} \sum_{x=1}^N \left[\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq x}}^N V_{xi} - \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq x}}^N V_{ix} \right]^2 + \frac{\mu_4}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{x=1 \\ x \neq i}}^N V_{xi} (1 - V_{xi}) + \frac{\mu_5}{2} (1 - V_{ds}) \quad (2.23)$$

$$\rho_{xi} = \begin{cases} 1 & \text{if } C_{xi} = 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.24)$$

เมื่อ μ_1, \dots, μ_5 เป็นค่าคงที่

โดยในสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่ได้เสนอขึ้นมาแล้วยังคงใช้การจำลองให้แต่ละนิวรอลเป็นอาร์เรย์แบบ 2 มิติ โดยใช้ตัวห้อย(subscript) x, i แทนตำแหน่งของนิวรอล สมการเงื่อนไขที่ประกอบกันขึ้นมาเป็นสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กมีความหมายดังต่อไปนี้

เทอมที่ 1 และ เทอมที่ 2 เป็นสมการเงื่อนไขในการกำหนดเส้นทางที่มีปริมาณการสื่อสารน้อยที่สุด ซึ่งปริมาณการสื่อสารได้ถูกแทนด้วยเมตริกซ์ C เทอมที่ 3 เป็นสมการเงื่อนไขที่กำหนดให้นิวรอลในแต่ละแถว และแต่ละคอลัมน์มีเพียงตัวเดียวเท่านั้นที่มีค่าเป็น 1 เทอมที่ 4 เป็นเทอมที่กำหนดค่าเอาต์พุตของนิวรอลแต่ละตัวว่าต้องมีค่าเป็น 0 หรือ 1 เท่านั้นซึ่งเทอมนี้มีผลทำให้ค่าเอาต์พุตของนิวรอลอยู่ในกลุ่มของ 2^N ตามที่ได้เสนอไว้โดย Hopfield และ Tank (1985) ในเทอมสุดท้ายเป็นเทอมที่กำหนดให้นิวรอลที่แทนการเชื่อมต่อระหว่างโหนดต้นทางและโหนดปลายทางต้องมีค่าเป็น 1 เสมอ

สมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวิร์กตามวิธีการ Kamoun และ Ali (1991, 1993) เป็นดังสมการที่ 2.25 คือ

$$\begin{aligned} \frac{du_{xi}}{dt} = & -\frac{u_{xi}}{\tau} - \frac{\mu_1}{2} C_{xi}(1 - \delta_{xd}\delta_{is}) - \frac{\mu_2}{2} \rho_{xi}(1 - \delta_{xd}\delta_{is}) - \mu_3 \sum_{\substack{y=1 \\ y \neq x}}^N (V_{xy} - V_{yx}) \\ & + \mu_3 \sum_{\substack{y=1 \\ y \neq i}}^N (V_{iy} - V_{yi}) - \frac{\mu_4}{2} (1 - 2V_{xi}) + \frac{\mu_5}{2} \delta_{sd}\delta_{is} \end{aligned} \quad (2.25)$$

น้ำหนักของการเชื่อมต่อระหว่างนิวรอล เป็นดังสมการที่ 2.26 คือ

$$T_{xi,yj} = \mu_4 \delta_{xy} \delta_{ij} - \mu_3 \delta_{xy} - \mu_3 \delta_{ij} + \mu_3 \delta_{jx} + \mu_3 \delta_{iy} \quad (2.26)$$

กระแสกระตุ้นจากภายนอกสำหรับแต่ละนิวรอลมีค่าดังสมการที่ 2.27 คือ

$$I_{xi} = \begin{cases} \frac{\mu_5 - \mu_4}{2} & \text{if } (x, i) = (d, s) \\ -\frac{\mu_1}{2} C_{xi} - \frac{\mu_2}{2} \rho_{xi} - \frac{\mu_4}{2} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.27)$$

ซึ่งกระแสกระตุ้นจากภายนอกในสมการที่ 2.27 นี้เป็นฟังก์ชันของ ปริมาณการสื่อสารและลักษณะทางสถาปัตยกรรมของโครงข่าย ซึ่งเหมาะสมกับการกำหนดเส้นทางเมื่อปริมาณการสื่อสารมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไปโดยในวิธีการนี้ไม่ต้องปรับเปลี่ยนค่าการเชื่อมต่อระหว่างแต่ละนิวรอล

อย่างไรก็ตามวิธีการของ Kamoun และ Ali (1991, 1993) นี้มีข้อจำกัดในการกำหนดค่าให้กับค่าคงที่ ในสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กซึ่งไม่ได้เสนอวิธีการกำหนดค่าเอาไว้ ยังคงใช้วิธีการลองสุ่มเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด นอกจากนี้วิธีการนี้ไม่เหมาะกับการกำหนดเส้นทางที่มีจำนวนโหนดในโครงข่ายมาก ๆ เพราะ

สมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กมีหลายเทอม และปัจจัยหลักคือค่าปริมาณการสื่อสารถูกป้อนเข้ามาทางด้านกระแสดำเนินการจากภายนอกดังนั้นจึงมีโอกาสที่จะได้รับคำตอบที่ไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดได้

Lee และ Chang (1993) ได้เสนอการเพิ่มปัจจัยในด้านองค์ประกอบของความน่าเชื่อถือในโครงข่ายสื่อสาร มาเป็นอีกหนึ่งปัจจัยในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสาร โดยนำเอาวิธีการที่ได้ถูกเสนอโดย Rauch และ Winnarske (1988) และวิธีการที่ได้ถูกเสนอโดย Kamoun และ Ali (1991) มาปรับปรุง

Lee และ Chang (1993) ใช้สมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กเช่นเดียวกับสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่เสนอโดย Rauch และ Winnarske (1988) และได้เพิ่มเติมสมการเงื่อนไขในการกำหนดเส้นทางเข้ามาตามวิธีการของ Kamoun และ Ali (1991) โดยนำปัจจัยในเรื่ององค์ประกอบของความน่าเชื่อถือในโครงข่ายสื่อสารมาประกอบ พร้อมกันนี้ Lee และ Chang (1993) ได้เสนอวิธีการกำหนดช่วงของค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลตามที่ได้ถูกเสนอโดย Abe (1989) มาประยุกต์

สมการเงื่อนไขที่ได้ถูกนำมาเพิ่มเติมในสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่เสนอโดย Rauch และ Winnarske (1988) คือ

$$J = \beta \sum_{j=1}^{K+1} V_j^T D Q^T \quad (2.28)$$

โดยได้กำหนดเมตริกซ์ D คือเมตริกซ์ขนาดจัตุรัส $N \times N$ ที่แทนการขึ้นต่อกันของโหนดในโครงข่ายสื่อสารเมื่อมีโหนดใดโหนดหนึ่งเกิดตกอยู่ในสภาวะล้มเหลวไม่สามารถให้บริการได้ และเมตริกซ์ Q คือเมตริกซ์ขนาด $1 \times N$ ที่แทนความน่าจะเป็นที่แต่ละโหนดจะอยู่ในสภาวะล้มเหลว ด้วย (superscript) T คือการทำทรานสโพสเมตริกซ์ และ β คือค่าคงที่

สมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่ได้เสนอโดย Lee และ Chang (1993) เป็นดังนี้คือ

$$E = \beta \sum_{j=1}^{K+1} V_j^T D Q^T + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^K V_j^T W V_{j+1} + \frac{\gamma}{2} \sum_{j=2}^K \left(\sum_{i=1}^N V_j - 1 \right)^2 \quad (2.29)$$

อย่างไรก็ตามวิธีการที่ได้เสนอโดย Lee และ Chang (1993) นี้ไม่เหมาะสมกับการกำหนดเส้นทางแบบ Dynamic ที่มีปริมาณการสื่อสารที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยคำตอบที่ได้รับจากการคำนวณนั้นจะไม่ได้รับเส้นทางที่มีปริมาณการสื่อสารที่น้อยที่สุด สาเหตุเพราะในวิธีการนี้ยังคงใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นของนิวรอลตามวิธีที่ได้ถูกเสนอโดย Rauch และ Winnarske (1988) ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ได้คำนึงถึงลักษณะทางสถาปัตยกรรมของโครงข่ายสื่อสาร และ ปริมาณการสื่อสารที่เป็นอยู่ ณ ขณะเวลานั้นของโครงข่ายสื่อสาร

การกำหนดค่าเริ่มต้นของนิรอรลที่ได้ถูกเสนอโดย Rauch และ Winnarske (1988) ดังกล่าวคือ $V_{source,1}$ และ $V_{dest,K+1} = 1$ คือนิรอรลที่แทนด้วยโหนดต้นทางในคอลัมน์ที่ 1 และนิรอรลที่แทนด้วยโหนดปลายทางในคอลัมน์ที่ $K+1$ ถูกกำหนดค่าให้มีค่าเป็น 1 เมื่อ K คือจำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่น้อยที่สุดระหว่างโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง ซึ่งจำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่น้อยที่สุดแบ่งกล่าวได้ดังนี้

กรณีที่ 1. $K=2$ คือต้องใช้ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง 2 ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงนิรอรลในคอลัมน์ที่ 2 คือนิรอรลที่แทนโหนดกึ่งกลางระหว่างโหนดต้นทางและโหนดปลายทาง ถูกกำหนดให้มีค่าดังนี้

$$V_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{num} & \text{for } j=2 \text{ if } C(i, source) \text{ and } C(i, destination) \neq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.30)$$

เมื่อ num คือจำนวนโหนดที่มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงไปยังโหนดต้นทางและโหนดปลายทาง

กรณีที่ 2. $K=3$ คือต้องใช้ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง 3 ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงนิรอรลในคอลัมน์ที่ 2 และนิรอรลในคอลัมน์ที่ 3 คือนิรอรลที่แทนโหนดที่มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงไปยังโหนดต้นทางและนิรอรลที่แทนโหนดที่มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงไปยังโหนดปลายทางตามลำดับ ค่าของนิรอรลถูกกำหนดให้มีค่าดังนี้

(2.31)

เมื่อ . . . คือจำนวนโหนดที่มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงไปยังโหนดต้นทางและจำนวนโหนดที่มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงไปยังโหนดปลายทางตามลำดับ

กรณีที่ 3. $K=4$ คือต้องใช้ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง 4 ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงนิรอรลในคอลัมน์ที่ 2 และนิรอรลในคอลัมน์ที่ 3 ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นของนิรอรลเช่นเดียวกับกรณีที่ 2 นิรอรลในคอลัมน์ที่ 3 กำหนดให้มีค่าดังนี้คือ

(2.32)

เมื่อ คือจำนวนโหนดทั้งหมดในโครงข่ายสื่อสาร

กรณีที่ 4. $K \geq 5$ คือต้องใช้ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง 5 ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงขึ้นไป ค่าเริ่มต้นของนิรอรลในคอลัมน์ที่ 3 จนถึงคอลัมน์ที่ $K-1$ เช่นเดียวกับในกรณีที่ 3 ดัง

สมการที่ 2.32 สำหรับนิวรอลในคอลัมน์อื่นๆ ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นเช่นเดียวกับในกรณีที่ 2 ดังสมการที่ 2.31

ในการวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารโดยใช้นิวรอลเน็ตเวอร์กชนิด Hopfield net โดยได้นำเอาวิธีการที่ได้กล่าวถึงมาข้างต้นเป็นแนวทางในการสร้างสมการพลังงานของ นิวรอลเน็ตเวอร์ก การกำหนดปริมาณการสื่อสารในวิธีการใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิมซึ่งได้คำนึงถึงความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยตามทฤษฎี คิวอิง ระบบ M/M/1 ดังสมการที่ 2.8 ได้ถูกนำมาเป็นปัจจัยหลักในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสาร การนำเอาค่าเฉลี่ยของแพคเกจที่อยู่ในระบบดังสมการที่ 2.6 มาเป็นปัจจัยรองในการกำหนดเส้นทาง วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีการใหม่ซึ่งนำเอาสภาวะของปริมาณการสื่อสารมาเป็นตัวกำหนดค่าเริ่มต้นของนิวรอล ซึ่งให้ผลการคำนวณที่ถูกต้อง มากกว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการเดิม การนำวิธีการกำหนดขอบเขตของค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กมาประยุกต์ใช้กับสมการพลังงานของ นิวรอลเน็ตเวอร์กที่ได้สร้างขึ้น โดยขั้นตอนในการจำลองปัญหาและขั้นตอนในการคำนวณได้กล่าวถึงในบทถัดไป



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การจำลองปัญหา

ความนำ

ในบทนี้กล่าวถึงการจำลองปัญหาในโครงข่ายสื่อสาร เพื่อนำไปสู่การกำหนดเส้นทางที่มีความล่าช้าทางเวลาโดยเจ็ลยน้อยที่สุด การหาสภาวะความคับคั่งของแต่ละโหนดในโครงข่ายเพื่อนำมาใช้เป็นอีกหนึ่งปัจจัยในการกำหนดเส้นทาง การสร้างสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กตามสมการเงื่อนไขที่กำหนดขึ้น

การจำลองปัญหาในบทนี้แบ่งกล่าวออกเป็น 7 ส่วนคือ ส่วนแรก กล่าวถึงการจำลองปัญหาในโครงข่ายสื่อสาร เพื่อนำไปหาสภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายสื่อสาร ส่วนที่ 2 กล่าวถึงการจำลองปัญหาในโครงข่ายสื่อสาร เพื่อหาค่าความล่าช้าทางเวลาโดยเจ็ลยในโครงข่ายสื่อสาร ตามทฤษฎี คิวอิง ส่วนที่ 3 กล่าวถึงการสร้างสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์ก ส่วนที่ 4 กล่าวถึงวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นของ นิวรอล ตามวิธีการใหม่ที่ ได้เสนอขึ้นมาเพื่อแก้ไขข้อจำกัดของวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิมที่ได้ถูกเสนอโดย Rauch และ Winnarske(1988) ส่วนที่ 5 กล่าวถึงการเลือกค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์ก ส่วนที่ 6 กล่าวถึง การพิสูจน์การลู่เข้าสู่ค่าต่ำสุดของสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์ก ที่ได้สร้างขึ้น และในส่วสุดท้ายกล่าวถึงขั้นตอนในการคำนวณ

สภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายสื่อสาร

การจำลองปัญหาในการหา สภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายโดยใช้แบบจำลองระบบ M/M/1 กำหนดให้ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงแต่ละข่ายที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดต่างๆในโครงข่ายสื่อสาร เสมือนเป็นระบบที่ทำหน้าที่ให้บริการกับแพคเกจที่เข้ามาสู่ข่ายสื่อสารในรูปแบบของแพคเกจข่าวสาร ตามทฤษฎี คิวอิง ระบบ M/M/1 ที่ได้กล่าวถึงไปแล้วในบทที่ 2. การจำลองปัญหาได้สมมติให้เมตริกซ์ C ที่มีขนาด $N \times N$ คือเมตริกซ์ที่แทนด้วยควมจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยงโดยแต่ละเทอมของเมตริกซ์ C คือ C_{ij} แทนควมจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดที่ i กับโหนดที่ j เมื่อมีข่ายสื่อสารที่เชื่อมต่อตามสถาปัตยกรรมของโครงข่ายสื่อสารที่นำมาพิจารณา และกำหนดให้ C_{ij} มีค่าเป็น 0 หากระหว่างโหนดที่ i กับโหนดที่ j ไม่มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อซึ่งกันและกัน โครงข่ายที่นำมาพิจารณานี้สมมติให้เป็นโครงข่ายสื่อสารแบบ 2 ทาง (full duplex) ดังนั้นเมตริกซ์ C จึงเป็นเมตริกซ์สมมาตร ($C_{ij} = C_{ji}$) ในแนวทแยงมุมหลักของเมตริกซ์ C กำหนดให้มีค่าเป็น 0 ($C_{ii} = 0$ เมื่อ $i = j$)

ควมจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยงนี้บอกถึงความสามารถในการให้บริการต่อแพคเกจ ที่เข้ามาสู่ข่ายสื่อสารเชื่อมโยง ความสามารถในการให้บริการแก่แพคเกจ ของข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่แตกต่างกันจะมีค่าที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับประเภทและชนิดของข่ายสื่อสาร สมมติว่าแพคเกจที่เข้ามาในข่ายสื่อสารแต่ละข่ายสื่อสารมี

อัตราที่เข้ามาของแพคเกจ ที่แตกต่างกัน จากสมการที่ 2.6 ค่าเฉลี่ยของจำนวนแพคเกจ ที่อยู่ในข่ายสื่อสารเชื่อมโยง แต่ละข่ายสื่อสารจะมีค่าที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสาร (Traffic intensity) ρ ในข่ายสื่อสารเชื่อมโยงนั้นๆ

กำหนดให้เมตริกซ์ P คือเมตริกซ์ที่แทนค่าเฉลี่ยของจำนวนแพคเกจที่อยู่ในข่ายสื่อสารที่กำลังพิจารณาถึงเมตริกซ์ P มีขนาด $N \times N$ โดยค่าในแต่ละเทอมของ P ได้จากการประยุกต์สมการที่ 2.6 โดยการแทนค่า μ_{ij} ด้วย C_{ij} โดยสมมติให้ในแต่ละข่ายสื่อสารมีค่า λ_{ij} ที่แตกต่างกันไป ค่าเฉลี่ยของจำนวนแพคเกจ ที่อยู่ในข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดที่ i และ j หาได้จากสมการที่ 3.1 สำหรับในเทอมที่ $C_{ij} = 0$ ($\mu_{ij} = 0$) นั้น กำหนดให้ค่า P ในเทอมนั้นมีค่าเป็น 0

$$P_{ij} = \begin{cases} \frac{(\lambda_{ij} / \mu_{ij})}{1 - (\lambda_{ij} / \mu_{ij})} & \text{if } C_{ij} \neq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.1)$$

จากเมตริกซ์ P ที่มีขนาด $N \times N$ สามารถหาสถานะความคับคั่งของแต่ละโหนดในโครงข่ายสื่อสารที่นำมาพิจารณาได้โดยการหาผลบวกในแนวนอนของเมตริกซ์ P สมมติให้แทนด้วยเมตริกซ์ s ดังสมการที่ 3.2

$$s_i = \sum_{j=1}^N P_{ij} \quad (3.2)$$

เมื่อ ตัวน้อยย(subscript) i แสดงถึงลำดับของโหนดในโครงข่ายสื่อสาร

เมตริกซ์ s เป็นเมตริกซ์ที่มีขนาดเป็น $N \times 1$ แต่เนื่องจากค่าในแต่ละเทอมของ s มีค่าที่มากไม่สะดวกต่อการพิจารณาเปรียบเทียบ จึงทำการหารทุกๆ เทอมของเมตริกซ์ s ด้วยค่าสูงสุดของเมตริกซ์ s ดังสมการที่ 3.3

$$S = \frac{1}{\max(s)} s \quad (3.3)$$

เมตริกซ์ S ที่แทนสถานะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายสื่อสารนี้จะได้นำไปเป็นปัจจัยหนึ่งในการกำหนดเส้นทางต่อไป

การหาค่าความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ย

การจำลองปัญหาในส่วนนี้ใช้การกำหนดปัญหาเช่นเดียวกันกับการหาสถานะความคับคั่งของโหนดในโครงข่าย โดยการนำสมการในทฤษฎีคิวของระบบ M/M/1 สมการที่ 2.8 มาใช้กำหนดความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยดังสมการที่ 3.4 คือ

$$T_{ij} = \begin{cases} \frac{1/\mu_{ij}}{1-\rho_{ij}} & \text{if } C_{ij} \neq 0 \\ 10 & \text{if } C_{ij} = 0 \text{ or } \rho_{ij} = 1 \end{cases} \quad (3.4)$$

เมตริกซ์ T มีขนาด $N \times N$ ที่เป็นเมตริกซ์แบบสมมาตร กำหนดให้ค่าของ T_{ij} มีค่าที่สูงมากเมื่อความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสาร ซึ่งในการจำลองปัญหานี้คืออัตราส่วนระหว่างอัตราการเข้ามาสู่สายสื่อสารของแพคเกจต่ออัตราความสามารถในการให้บริการของสายสื่อสารเชื่อมโยงที่กำลังพิจารณาอยู่ (λ_{ij}/μ_{ij}) มีค่าเป็น 1 และเมื่อมี μ_{ij} เป็น 0 ซึ่งแสดงว่าไม่มีสายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดที่ i กับโหนดที่ j ($C_{ij} = 0$) สาเหตุเพราะเสมือนว่ามีความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยที่สูงมาก และเมื่อ ρ มีค่าเข้าใกล้ 1 นั้นค่าของ T_{ij} จะมีค่าเข้าสู่อนันต์ ในระบบ M/M/1 นี้เป็นแบบจำลองที่กำหนดให้หน่วยความจำของระบบมีค่าไม่จำกัด จะมีแพคเกจที่รอรับบริการได้โดยไม่จำกัด แต่ในความเป็นจริงแล้วไม่สามารถออกแบบระบบที่มีหน่วยความจำไม่จำกัดได้ การกำหนดให้มีขนาดของหน่วยความจำที่จำกัดค่าหนึ่งหมายถึงระบบจะสามารถจัดเก็บแพคเกจ ที่รอรับบริการไว้ในหน่วยความจำที่จำกัดค่าหนึ่ง ส่วนแพคเกจ ที่ไม่สามารถจัดเก็บไว้ในหน่วยความจำได้ก็จะถูกทิ้งไป ซึ่งเป็นการสะดวกต่อการออกแบบตามสภาพความเป็นจริง และอีกเหตุผลหนึ่งที่น่าหนักใจจากนั้นคือ ในการกำหนดให้ค่าของ T_{ij} ในเทอมที่ $C_{ij} = 0$ หรือ ρ มีค่าเข้าใกล้ 1 ให้มีค่าสูง Rauch และ Winnarske(1988) ได้เสนอไว้ว่าจะสามารถช่วยลดการได้เส้นทางที่ไม่มีสายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดได้หรือช่วยลดปัญหาการเกิด suboptimum จากวิธีที่จะเสนอต่อไปได้

สมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์ก

สมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์ก ชนิด Hopfield net สำหรับการประยุกต์กับปัญหาในเรื่องการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารที่มีความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดนี้ ประกอบไปด้วยสมการเงื่อนไข 3 สมการดังนี้คือ

1. สมการเงื่อนไขการกำหนดเส้นทางที่มีความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด

สมการเงื่อนไขการกำหนดเส้นทางที่มีความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดนี้ ได้นำเอาสมการการกำหนดเส้นทางที่เสนอโดย Rauch และ Winnarske(1988) มาประยุกต์ดัดแปลงเพื่อให้ได้เส้นทางที่มีความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดดังนี้คือ

ตามอัลกอริทึมของ Rauch และ Winnarske (1988) ได้จำลองปัญหาปริมาณการสื่อสารในโครงข่ายสื่อสารโดยกำหนดให้สายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดเป็นเสมือนระบบที่ให้บริการแก่แพคเกจ ที่เข้ามาสู่สายสื่อสารโดยใช้แบบจำลองระบบ M/M/1 ปริมาณการสื่อสารที่นำมาเป็นปัจจัยในการกำหนดเส้นทางคือ ค่าเฉลี่ยของจำนวนแพคเกจ ที่อยู่ในระบบอันเป็นผลเนื่องมาจากความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารเท่านั้นดัง

สมการที่ 2.6 ซึ่งค่าที่ได้จากสมการนี้ไม่ได้บอกถึงความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารและอัตราในการให้บริการของข่ายสื่อสารเชื่อมโยงต่อแพคเกจที่เข้ามาสู่ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงนั้นๆ

การจำลองปัญหาเรื่องความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในวิทยานิพนธ์นี้จึงได้นำเอาความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในระบบ M/M/1 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะที่สมดุลดังสมการที่ 2.8 มาใช้กำหนดค่าของความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในโครงข่ายสื่อสาร สาเหตุเพราะความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในข่ายสื่อสารจะเป็นฟังก์ชันของเวลาที่ให้บริการต่อ แพคเกจ 1 แพคเกจ ด้วย ซึ่งสามารถจะใช้บ่งชี้ถึงสภาวะปริมาณการสื่อสารที่แท้จริงในโครงข่ายสื่อสารได้ดีกว่าการใช้เพียงค่าเฉลี่ยของจำนวนแพคเกจ ที่อยู่ในข่ายเชื่อมโยงเป็นตัวบ่งชี้

สมการเงื่อนไขในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารที่มีความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ

$$J_1 = 0.5 \sum_{j=1}^K V_j^T T V_{j+1} \quad (3.5)$$

เมื่อเมตริกซ์ T คือเมตริกซ์ที่ได้จากสมการที่ 3.4 มีขนาดเป็น $N \times N$ โดยที่ N คือ จำนวนโหนดในโครงข่ายสื่อสารที่นำมาพิจารณา

V_j คือเวกเตอร์ของนิเวศน์เวกเตอร์ โดยที่ตัวห้อย(subscript) j แสดงถึงคอลัมน์ของ นิเวศน์ K คือจำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่น้อยที่สุดที่ต้องใช้ระหว่างคู่โหนดที่ต้องการติดต่อสื่อสารกัน ตัวยก(superscript) T คือการทำทรานสโพสเมตริกซ์

2. สมการเงื่อนไขสภาวะความคับคั่งของโหนด

ปัจจัยเรื่องสภาวะความคับคั่งของโหนด ได้ถูกนำมาพิจารณาเป็นอีกหนึ่งปัจจัยในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารที่มีความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด

สภาวะความคับคั่งของโหนดที่นำมาเป็นปัจจัยนี้ได้จากสมการที่ 3.2 และสมการที่ 3.3 โดยค่าของสภาวะความคับคั่งของโหนดแทนด้วยเมตริกซ์ S ที่มีขนาดเป็น $N \times 1$ สมการเงื่อนไขสภาวะความคับคั่งของโหนดที่นำมาพิจารณาในการกำหนดเส้นทางดังกล่าวคือ

$$J_2 = \beta \sum_{j=1}^{K+1} V_j^T S \quad (3.6)$$

เมื่อ β คือค่าคงที่

3. สมการเงื่อนไขกำหนดขอบเขตค่าตอบของนิเวศน์เวกเตอร์

การกำหนดขอบเขตค่าตอบของนิเวศน์เวกเตอร์นี้ต้องกำหนดให้สอดคล้องตามทรานสเฟอร์ฟังก์ชันที่บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตของแต่ละ นิเวศน์ ซึ่งได้กำหนดให้มีทรานสเฟอร์ฟังก์ชันเป็นแบบซิกมอยด์เดียว (uni_polar sigmoid) ดังรูปที่ 2.5 และสมการที่ 3.7 ซึ่งเอาต์พุตของนิเวศน์จะมีค่าอยู่ในช่วง $[0,1]$

$$V_{ij} = \frac{1}{1 + \exp(-\lambda u_{ij})} \quad (3.7)$$

สมการเงื่อนไขกำหนดขอบเขตคำตอบของนิรอลเน็ตเวอร์ก สำหรับการประยุกต์กับปัญหาเรื่องการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารนี้ใช้วิธีที่ได้เสนอโดย Rauch และ Winnarske (1988) กล่าวคือ พิจารณาให้นิรอล เป็นอาร์เรย์แบบ 2 มิติ โดยเอาท์พุทของนิรอลจะมีผลรวมในแต่ละคอลัมน์เป็น 1 ซึ่งหากมีผลรวมเป็น 1 แล้วจะมีผลทำให้สมการเงื่อนไขนี้มีค่าน้อยที่สุด โดยมีค่าที่เป็น 0 สมการเงื่อนไขกำหนดขอบเขตคำตอบของนิรอลเน็ตเวอร์กคือ

$$J_3 = \frac{\gamma}{2} \sum_{j=2}^K [\sum_{i=1}^N V_j - 1]^2 \quad (3.8)$$

เมื่อ γ คือค่าคงที่

ผลรวมของสมการที่ 3.5 สมการที่ 3.6 และสมการที่ 3.8 เป็นสมการพลังงานของนิรอลเน็ตเวอร์กกับการประยุกต์ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารที่มีความล่าช้าทางเวลาโดยเจ็ลี่ยน้อยที่สุด โดยคำนึงถึงสภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่าย ดังสมการที่ 3.9

$$E = 0.5 \sum_{j=1}^K V_j^T T V_{j+1} + \beta \sum_{j=1}^{K+1} V_j^T S + \frac{\gamma}{2} \sum_{j=2}^K [\sum_{i=1}^N V_j - 1]^2 \quad (3.9)$$

เมื่อ E คือ สมการพลังงานของนิรอลเน็ตเวอร์ก

สมการที่ 3.9 นี้เป็นสมการพลังงานที่จะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเอาท์พุท ของนิรอล มีค่าทำให้สมการเงื่อนไขทั้ง 3 สมการมีค่าที่ต่ำที่สุด

จากที่ได้เสนอมานี้กำหนดให้นิรอลแต่ละตัวเป็นอาร์เรย์แบบ 2 มิติ ดังนั้นน้ำหนักของการเชื่อมต่อระหว่างแต่ละนิรอลจึงมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับปัญหา Travelling salesman problem ที่ได้ถูกนำเสนอวิธีการนำเอา Hopfield net มาประยุกต์ใช้โดย Hopfield และ Tank (1985) การเชื่อมต่อระหว่างนิรอลสามารถหาได้ดังนี้

จากสมการพลังงานที่ได้เสนอในสมการที่ 3.9 ซึ่งเป็นการพิจารณานิรอลในแบบคอลัมน์ ทำการจัดสมการพลังงานใหม่ให้อยู่ในลักษณะการบวกกันในแต่ละเทอมของนิรอล ได้ดังสมการที่ 3.10

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^K V_{ij} T_{ij} V_{j,k+1} + \beta \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{K+1} S_{ij} V_{ij} + \frac{\gamma}{2} [\sum_{j=2}^K \sum_{i=1}^N V_{ij} - (K-1)]^2 \quad (3.10)$$

และจากสมการพลังงานของนิรอลเน็ตเวอร์ก ดังที่ได้เสนอในสมการที่ 2.14 เมื่อกำหนดให้แต่ละนิรอลเป็นอาร์เรย์แบบ 2 มิติ สมการนี้สามารถเขียนได้ใหม่เป็นดังสมการที่ 3.11 คือ

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N T_{ij, mn} V_{ij} V_{mn} - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N V_{ij} I_{ij} \quad (3.11)$$

และจากสมการที่ 3.10 ดังนั้นสามารถหาค่าน้ำหนักของการเชื่อมต่อระหว่างนิวรอลและกระแสกระตุ้นจากภายนอก ของสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กได้ดังสมการที่ 3.12 และสมการที่ 3.13 ตามลำดับ

$$T_{ij, mn} = -T_{im} (\delta_{n, j+1} + \delta_{n, j-1}) - \gamma \quad (3.12)$$

$$I_{ij} = -\beta S_i \quad (3.13)$$

ดังนั้นสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กตามที่ได้เสนอโดย Hopfield และ Tank (1985) สำหรับการประยุกต์กับปัญหาในการกำหนดเส้นทางจึงเป็นดังสมการที่ 3.14

$$E = -\frac{1}{2} \sum_i^N \sum_j^{K+1} \sum_m^N \sum_n^{K+1} T_{ij, mn} V_{ij} V_{mn} - \sum_i^N \sum_j^{K+1} V_{ij} I_{ij} \quad (3.14)$$

เมื่อ $T_{ij, mn}$ คือค่าน้ำหนักของการเชื่อมต่อระหว่างแต่ละนิวรอลมีค่าดังสมการที่ 3.12 และ I_{ij} คือกระแสกระตุ้นจากภายนอกของแต่ละนิวรอลมีค่าดังสมการที่ 3.13

สมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวิร์กสามารถหาได้ดังที่ Hopfield และ Tank (1985) ได้เสนอมา คือการทำดิฟเฟอเรนเชียลพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กตามการประยุกต์กับปัญหาที่สนใจ เทียบกับเอาต์พุตของนิวรอลซึ่งเป็นวิธีการแบบ steepest descent สำหรับการประยุกต์ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารนี้ สมการการเคลื่อนที่ของ นิวรอลเน็ตเวิร์กคือ

$$\frac{du_j}{dt} = -\alpha [0.5(TV_{j+1} + TV_{j-1}) + \beta S + \gamma e_n (\sum_{i=1}^N V_i - 1)] \quad (3.15)$$

α คือค่าคงที่

e_n คือ เมตริกซ์ขนาด $N \times 1$ ที่มีค่าในทุกๆ เทอมเป็น 1

ผลลัพธ์ของสมการที่ 3.15 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของอินพุตของนิวรอลแต่ละตัวเทียบกับเวลา สำหรับการคำนวณสมการที่ 3.15 นี้ อัตราการเปลี่ยนแปลงของ อินพุต นี้จะเป็นการเปลี่ยนแปลงต่อการคำนวณ 1 รอบ อินพุตรอบใหม่ของนิวรอลจะเป็น ผลบวกของ อินพุตในรอบนั้นกับผลลัพธ์ของสมการที่ 3.15 คือ

$$u_j(t+1) = u_j(t) + \frac{du_j(t)}{dt} \quad (3.16)$$

เอาที่พหุ ของนิพจน์แต่ละตัวได้จากการป้อนค่าของ อินพุท ที่ได้จากการคำนวณในแต่ละรอบไปสู่ ทรานสเฟอร์ฟังก์ชันของนิพจน์แต่ละตัวดังสมการที่ 3.7

การกำหนดค่าเริ่มต้นของนิพจน์

การกำหนดค่าเริ่มต้นของนิพจน์ ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารที่นำเสนอนี้ ได้นำเอาการ กำหนดค่าเริ่มต้นที่เสนอโดย Rauch และ Winnarske(1988) มาปรับปรุงใหม่ ด้วยสาเหตุดังต่อไปนี้

1. การกำหนดค่าเริ่มต้นตามวิธีการเดิมที่เสนอโดย Rauch และ Winnarske (1988) นั้น พิจารณา โหนดทุกๆโหนดที่ต่อเชื่อมกัน โดยคำนึงถึงเฉพาะลักษณะทางสถาปัตยกรรม ของโครงข่ายสำหรับนิพจน์ที่แทน โหนดที่มีข่ายสื่อสารเชื่อมต่อกับโหนดต้นทาง และนิพจน์ที่แทนโหนดที่มีข่ายสื่อสารเชื่อมต่อกับโหนดปลายทาง เท่านั้น แต่สำหรับนิพจน์ที่แทนโหนดระหว่างโหนดต้นทางและโหนดปลายทางเมื่อต้องใช้ข่ายสื่อสารเชื่อมโยง มากกว่า 3 ข่ายสื่อสาร ถูกกำหนดค่าโดยไม่ได้คำนึงถึง ลักษณะทางสถาปัตยกรรมของโครงข่ายสื่อสาร นอกจากนี้ วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิมไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยทางด้านปริมาณการสื่อสารที่ เป็นอยู่ ณ ขณะเวลานั้น

2. การกำหนดค่าเริ่มต้นตามวิธีการเดิมไม่สามารถช่วยลดการได้รับคำตอบที่ไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด (suboptimum) ตามสมการพลังงานที่สร้างขึ้นมาได้

3. การกำหนดค่าเริ่มต้นตามวิธีการเดิม จะมีพลังงานเริ่มต้นของนิพจน์เน็ตเวิร์กที่สูงกว่าวิธีการ กำหนดค่าเริ่มต้นตามวิธีที่จะนำเสนอเพราะมีการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับ นิพจน์ ตัวที่ไม่มีผลต่อการคำนวณ

วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นตามแบบเดิมนั้นได้กล่าวถึงมาแล้วในบทที่ 2 จากการทดสอบผลการคำนวณ พบว่าเมื่อการติดต่อสื่อสารระหว่างคู่โหนดที่ต้องใช้จำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงหลายๆ ดังเช่นต้องใช้ข่ายสื่อสาร เชื่อมโยง 4 ข่ายเชื่อมโยงขึ้นไป และในกรณีที่มีปริมาณการสื่อสารในโครงข่ายมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก จะมีโอกาสที่ จะได้รับคำตอบที่ไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดมาก สาเหตุเพราะการกำหนดค่าเริ่มต้นนั้นกำหนดให้ทุกๆโหนดใน โครงข่ายมีค่าความน่าจะเป็นที่จะถูกใช้เป็นเส้นทางผ่านเท่าๆกันหมด ดังนั้นวิธีการแก้ไขปัญหานี้คือการกำหนด ค่าเริ่มต้นในวิธีการใหม่ ดังที่จะนำเสนอต่อไป

จากลักษณะทางสถาปัตยกรรมของโครงข่ายสื่อสาร หากต้องการติดต่อสื่อสารระหว่างคู่โหนดใดๆ ที่ ต้องใช้จำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงน้อยที่สุด สามารถจัดทำโปรแกรมได้ว่า มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงใดบ้างที่อยู่ ระหว่างคู่โหนดที่ต้องการติดต่อสื่อสารกันจะมีโอกาสที่จะถูกเลือกเป็นเส้นทางผ่าน โอกาสที่ข่ายสื่อสารเชื่อมโยง แต่ละข่ายสื่อสารที่จะถูกเลือกนั้นได้ถูกกำหนดโดยใช้ค่าผลต่างของค่าอัตราในการให้บริการของข่ายสื่อสาร (μ) ซึ่งในการจำลองปัญหานี้คือค่าความจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยงแต่ละข่ายสื่อสารกับค่าอัตราการเข้าสู่ข่ายสื่อ สารเชื่อมโยงของแพคเกจ (λ_j) ซึ่งมีค่าเท่ากับส่วนกลับของ T_{ij} สมมติให้ F_{ij} แทนด้วยส่วนกลับของ T_{ij} ที่เชื่อม ต่อระหว่างโหนดที่ i กับโหนดที่ j เมื่อ $C_{ij} \neq 0$ ดังสมการที่ 3.17 คือ

$$F_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{T_{ij}} & \text{if } C_{ij} \neq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.17)$$

ค่านี้แสดงถึงผลต่างของอัตราการให้บริการของข่ายสื่อสารเชื่อมโยงกับอัตราการเข้ามาของแพคเกจ โดยที่หากผลต่างดังกล่าวมีค่ามากแสดงถึงระบบสามารถให้บริการแก่แพคเกจที่เข้ามาได้ดี ทำให้ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในข่ายสื่อสารเชื่อมโยงนั้นมีค่าน้อย ในทางตรงกันข้ามหากผลต่างนี้มีค่าน้อยแสดงถึงข่ายสื่อสารเชื่อมโยงสามารถให้บริการแก่แพคเกจที่เข้ามาได้ไม่ดี ทำให้ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยที่เกิดในระบบมีค่ามาก

จากการกำหนดค่าเริ่มต้นตามวิธีเดิมที่ได้กล่าวถึงมาแล้วในบทที่ 2 นั้น ได้ทำการคำนวณหาจำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่น้อยที่สุดที่จำเป็นต้องใช้เป็นเส้นทางผ่านระหว่างคูโหนดที่ต้องการติดต่อสื่อสารกันก่อน และใช้นิวรอลที่เป็นอาร์เรย์ 2 มิติ ในการแทนโหนดที่มีโอกาสถูกเลือกเป็นโหนดทางผ่าน โดยนิวรอล 2 มิติดังกล่าวมีจำนวนคอลัมน์เป็น $K+1$ เมื่อ K คือจำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่น้อยที่สุดระหว่างคูโหนดที่ต้องการติดต่อสื่อสารกัน และมีจำนวนแถวเป็น N เมื่อ N คือจำนวนโหนดที่มีทั้งหมดในโครงข่ายสื่อสาร

เช่นเดียวกันกับการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีเดิม นิวรอลในคอลัมน์แรก (1) และคอลัมน์สุดท้าย ($K+1$) คือ นิวรอลที่แทนด้วยโหนดต้นทางและโหนดปลายทางตามลำดับ ในแต่ละคอลัมน์นิวรอลแถวที่แทนด้วยโหนดต้นทาง หรือ โหนดปลายทางเท่านั้นที่มีค่าเป็น 1 ส่วนค่าในแถวอื่นๆกำหนดให้เป็น 0 ทั้งหมด

การกำหนดค่าเริ่มต้นของนิวรอลสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้คือ

1. การหาโหนดที่แท้จริงที่มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงไปยังโหนดใกล้เคียงที่เป็นเส้นทางที่เป็นไปได้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทางเมื่อใช้จำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงน้อยที่สุดคือ K ข่าย

2. การกำหนดค่าให้โหนดที่ได้จากข้อ 1 ตามวิธีการที่จะได้กล่าวถึงต่อไป

สำหรับการหาโหนดที่แท้จริงที่มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงไปยังโหนดในลำดับของข่ายสื่อสารถัดไปนั้น สามารถทำได้โดยการเขียนโปรแกรมการคำนวณตามเงื่อนไขในเมตริกซ์ C ที่แสดงการเชื่อมต่อของโหนดต่างๆ ในโครงข่ายสื่อสาร สำหรับทุกๆค่าของ K ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่น้อยที่สุดระหว่างโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง

การกำหนดค่าให้กับโหนดที่แท้จริงนั้น กำหนดโดยนำค่าในเมตริกซ์ D มาเป็นตัวกำหนดดังวิธีการดังต่อไปนี้

$$D_i = \sum_j^N F_{ij} \quad (3.18)$$

$$Int_i = \frac{D_i}{Link_i} \quad (3.19)$$

จากเมตริกซ์ F ที่เป็นเมตริกซ์แบบจัตุรัส ทำการหาผลรวมในแต่ละแถวตามสมการที่ 3.18 ซึ่งค่าที่ได้จากสมการที่ 3.18 เป็นเมตริกซ์ขนาด $N \times 1$ นำค่าที่ได้จากสมการที่ 3.18 ไปหารด้วยจำนวนสายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต้อมายังโหนดนั้นๆ ดังสมการที่ 3.19 เมตริกซ์ Int ที่ได้มีขนาด $N \times 1$ ซึ่งแสดงถึงผลต่างของความสามารถในการให้บริการของสายสื่อสารกับอัตราการเข้าสู่สายสื่อสารเชื่อมโยงของแพคเกจในโหนดนั้นเฉลี่ยต่อสายสื่อสารเชื่อมโยง 1 สายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต้อมายังโหนดนั้นๆ

เพื่อให้ค่าของแต่ละนิรวลสอดคล้องตามสมการเงื่อนไขที่ว่าผลรวมในแต่ละคอลัมน์ต้องมีค่าเป็น 1 ดังสมการที่ 3.8 ดังนั้นการกำหนดค่าเริ่มต้นของ นิรวล เป็นดังสมการที่ 3.20

$$V_{ij} = \begin{cases} \frac{Int_i}{\sum_i Int_i} & \text{if } i = \text{actual node}, \text{ for } j = 2, \dots, K \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.20)$$

เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นตามแบบวิธีดั้งเดิมที่ได้เสนอโดย Rauch และ Winnarske (1988) แล้วจะพบได้ว่าการกำหนดค่าเริ่มต้นตามแบบวิธีใหม่นี้จะมีจำนวน นิรวลที่ต้องนำมาคำนวณน้อยกว่า และ ค่าเริ่มต้นของนิรวลที่ถูกนำมาคำนวณนั้นจะแปรผันกับปัจจัยหลักที่นำมาเป็นข้อกำหนดในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงนำการกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีใหม่นี้มาเป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นของการกำหนดเส้นทางในการคำนวณหาเส้นทางได้ทั้งแบบ Static และแบบ Dynamic ต่อไป

การเลือกค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิรวลเน็ตเวิร์ก

สมการการเคลื่อนที่ของนิรวลเน็ตเวิร์กดังสมการที่ 3.15 มีค่าคงที่ ที่ต้องกำหนดให้อยู่ 3 ตัวคือ α, β และ γ โดยค่าคงที่แต่ละตัวมีความหมายดังต่อไปนี้

α หมายถึง ค่าน้ำหนักในการคำนวณแต่ละรอบของสมการการเคลื่อนที่ของนิรวลเน็ตเวิร์ก

β หมายถึง ค่าน้ำหนักที่กำหนดให้แก่ปัจจัยเรื่องสภาวะความคับคั่งของโหนด ที่นำมาเป็นปัจจัยรองในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสาร

γ หมายถึง ค่าน้ำหนักที่กำหนดให้แก่สมการเงื่อนไขที่กำหนดขอบเขตเอาท์พุทของนิรวล

ค่าคงที่เหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดการเข้าสู่ของคำตอบของนิรวลเน็ตเวิร์กโดยวิธีการในการเลือกค่าคงที่เหล่านี้ได้ถูกนำเสนอโดย Lee และ Chang (1993) โดยนำเสนอขอบเขตการเลือกค่าคงที่สำหรับนิรวลเน็ตเวิร์ก ชื่อว่า Routron ซึ่งการเลือกค่าคงที่สำหรับสมการการเคลื่อนที่ของนิรวลเน็ตเวิร์ก ในวิทยานิพนธ์ได้นำวิธีการเลือกค่าคงที่ดังกล่าวมาประยุกต์

จากสมการการเคลื่อนที่ของนิรวลเน็ตเวิร์ก สมการที่ 3.15 ประกอบไปด้วยผลบวกของเทอมต่างๆ 4 เทอม โดยเทอมสุดท้ายเป็นเทอมที่กำหนดขอบเขตเอาท์พุทของนิรวลในแต่ละคอลัมน์

กำหนดให้ $\theta = \theta_j$ คือค่าต่ำสุดของผลรวมในแต่ละแถวของแต่ละคอลัมน์ของเอาท์พุทของนิรวล

$$\theta = \sum_{i=1}^N V_{ij} \quad \text{for } j = 2 \text{ to } K \quad (3.21)$$

พิจารณาในเทอมสุดท้ายของสมการการเคลื่อนที่ เมื่อกระจายค่าคงที่เข้ามา และพิจารณาค่านอร์ม (Norm) ของเทอมนี้ได้ดังสมการที่ 3.22

$$\left\| \alpha \gamma e_n \left(\sum_{i=1}^N V_j - 1 \right) \right\| = \alpha \gamma N \left| \sum_{i=1}^N V_j - 1 \right| \quad (3.22)$$

ค่าของ θ ที่ได้จากสมการที่ 3.21 จะมีค่าอยู่ในช่วง $[0,1]$ สมมติให้คำตอบของสมการที่ 3.22 มีค่าสูงสุดแทนด้วย μ ดังนั้นสมการที่ 3.22 จึงสามารถเขียนใหม่ได้ดังสมการที่ 3.23 คือ

$$\alpha \gamma N (1 - \theta) \leq \mu \quad (3.23)$$

จัดรูปสมการที่ 3.23 โดยนำ $N(1 - \theta)$ หารทั้ง 2 ข้าง จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง α และ γ ดังสมการที่ 3.24 ดังนี้คือ

$$\alpha \gamma \leq \frac{\mu}{N(1 - \theta)} \quad (3.24)$$

μ จะเป็นตัวแปรที่กำหนดความเร็วในการรู้เข้าของคำตอบของนิพจน์ซึ่งหากกำหนดให้ค่านี้มีค่ามากแล้วนิพจน์ จะเข้าสู่คำตอบที่ทำให้สมการพลังงานของนิพจน์เน็ตเวิร์กมีค่าต่ำที่สุดอย่างรวดเร็ว ใช้จำนวนรอบในการคำนวณน้อย แต่หากกำหนดให้ μ มีค่าน้อยจะใช้เวลาในการคำนวณที่นานและใช้จำนวนรอบในการคำนวณมาก

ค่า μ นี้จะเลือกให้อยู่ในช่วง $[0,2,1]$ สำหรับค่า θ จะกำหนดให้อยู่ในช่วง $[0,8,1]$ ตามที่ Lee และ Chang (1993) ได้เสนอไว้ และหากเลือกค่า θ ให้เป็น 1 ค่าคงที่ γ ในสมการเงื่อนไขกำหนดขอบเขตผลรวมคำตอบของนิพจน์ในแต่ละคอลัมน์ (สมการที่ 3.8) ก็จะไม่มีความหมาย

กำหนดให้ T_{\min} และ T_{\max} คือค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของเมตริกซ์ T ที่แทนความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของข่ายสื่อสารเชื่อมโยง ดังสมการที่ 3.4 ตามลำดับ

ค่าในเทอมที่ 1 และ 2 ของสมการการเคลื่อนที่ของนิพจน์เน็ตเวิร์ก (สมการที่ 3.15) จะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่างค่าน้อยที่สุดและค่ามากที่สุดดังนี้คือ

$$\frac{1}{2} \alpha \theta T_{\min} \leq \frac{1}{2} \alpha T_i \leq \frac{1}{2} \alpha \theta T_{\max} \quad (3.25)$$

เมื่อ T_i คือผลบวกของผลคูณระหว่าง $TV_{i,j-1}$ และ $TV_{i,j+1}$ ซึ่งค่านี้จะอยู่ระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ T

S_{\min} และ S_{\max} คือค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของเมตริกซ์ S ที่แทนสภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายสื่อสารดังสมการที่ 3.3

เช่นเดียวกันจากสมการการเคลื่อนที่ของนิวโรลเน็ตเวิร์ก (สมการที่ 3.15) ในทอมที่ 3 ค่า S_i จะมีค่าอยู่ระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดดังสมการที่ 3.26 คือ

$$\alpha\beta S_{\min} \leq \alpha\beta S_i \leq \alpha\beta S_{\max} \quad (3.26)$$

ช่วงคำตอบของ นิวโรล จะอยู่ในช่วงระหว่างผลบวกของขอบเขตต่ำสุดและขอบเขตสูงสุดของสมการที่ 3.25 และสมการที่ 3.26 คือ

$$\alpha\theta T_{\min} + \alpha\beta S_{\min} \leq \alpha\gamma(1-\theta) \leq \alpha\theta T_{\max} + \alpha\beta S_{\max} \quad (3.27)$$

จัดรูปสมการใหม่เพื่อหาขอบเขตสำหรับการกำหนดค่าของ γ ได้ดังสมการที่ 3.28 คือ

$$\frac{\theta T_{\min} + \beta S_{\min}}{1-\theta} \leq \gamma \leq \frac{\theta T_{\max} + \beta S_{\max}}{1-\theta} \quad (3.28)$$

สมการที่ 3.24 และสมการที่ 3.28 ใช้ในการกำหนดค่าของค่าคงที่ α และ γ โดยต้องกำหนดค่าให้แก่อค่าคงที่ β ที่เป็นน้ำหนักของปัจจัยในเรื่องสภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายก่อนเสมอ การแตกต่างกันของการเลือกค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ $\alpha\beta$ และ γ จะส่งผลในการคำนวณเส้นทางที่ถูกต้องและความเร็วในการคำนวณอย่างไรนั้น ได้แสดงไว้ในบทที่ 4 ผลการทดสอบการคำนวณ และการวิเคราะห์ผลการคำนวณ

ค่าคงที่ทั้ง 3 ตัวคือ α , β และ γ ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวโรลจะมีค่ามากกว่า 0 เสมอ ในหัวข้อต่อไปจะเป็นการพิสูจน์ว่าสมการพลังงานที่ได้เสนอมานี้จะมีคำตอบที่ใส่เข้าโดยคำตอบนี้จะทำให้สมการพลังงานมีค่าที่น้อยลงเสมอ

พิสูจน์การใส่เข้าของสมการพลังงาน

1. ขอบเขตล่างของสมการพลังงาน

จากสมการพลังงานของนิวโรลเน็ตเวิร์กที่เสนอมาช่างต้นแล้วนี้ ประกอบไปด้วยสมการเงื่อนไข 3 สมการ ซึ่งแต่ละสมการจะประกอบไปด้วยเมตริกซ์ที่แทนปัจจัยที่คำนึงถึงในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสาร และเอาท์พุทของแต่ละนิวโรลเมตริกซ์ที่แทนปัจจัยในการกำหนดเส้นทางทุกๆเมตริกซ์ คือ เมตริกซ์ T และ

เมตริกซ์ S จะมีทุกๆ เทอมในเมตริกซ์ที่มากกว่า หรือเท่ากับ 0 เสมอ และได้กำหนดให้แต่ละนิวรอลมีทรานสเฟอร์ฟังก์ชันเป็น ซิกมอยด์ แบบซั้วเดียว เอ๊าท์พุทของแต่ละนิวรอลมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 เสมอ ดังนั้นสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กตามการประยุกต์กับปัญหาที่เสนอมานี้จึงมีค่าที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0 ไปด้วย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือสมการพลังงานนี้มีขอบเขตล่าง (lower bound) ที่เท่ากับ 0

2. การเปลี่ยนแปลงของพลังงานเทียบกับเวลา

พิจารณาสมการพลังงาน ณ เวลาหนึ่งๆ สมมติว่าที่เวลา t และ $t+1$ ตามลำดับ

$$E(V_j(t)) = 0.5 \sum_{j=1}^K V_j^T(t) T V_{j+1}(t) + \beta \sum_{j=1}^{K+1} V_j^T(t) S + \gamma \sum_{j=2}^K \left(\sum_{i=1}^N V_j(t) - 1 \right)^2 \quad (3.29)$$

$$E(V_j(t+1)) = 0.5 \sum_{j=1}^K V_j^T(t+1) T V_{j+1}(t+1) + \beta \sum_{j=1}^{K+1} V_j^T(t+1) S + \gamma \sum_{j=2}^K \left(\sum_{i=1}^N V_j(t+1) - 1 \right)^2 \quad (3.30)$$

ผลต่างของสมการที่ 3.30 กับสมการที่ 3.29 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์ก เมื่อเวลาที่พิจารณามีค่าที่เปลี่ยนแปลงไป การพิสูจน์สมมติฐานการลู่เข้าของพลังงานมีดังต่อไปนี้

จากสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวิร์ก (สมการที่ 3.15) จะได้ความสัมพันธ์ที่เป็นสมการดิฟเฟอเรนเชียลระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางเวลาของ อินพุท ของนิวรอลกับ การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กเทียบกับเอ๊าท์พุท ของนิวรอลดังสมการที่ 3.31

$$\frac{du_j}{dt} = -\alpha \frac{dE}{dV_j} \quad (3.31)$$

และจากความสัมพันธ์ระหว่างอินพุท กับเอ๊าท์พุทของนิวรอลเป็นแบบ ซิกมอยด์ซั้วเดียว การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กสามารถใช้ความสัมพันธ์กฎลูกโซ่ดังนี้คือ

$$\frac{dE}{dt} = -\alpha \sum_{j=1}^{K+1} \left(\frac{dE}{dV_j} \right)^T \frac{dE}{dV_j} \frac{dV_j}{du_j} \quad (3.32)$$

$$\frac{dV_j}{du_j} = \frac{\lambda \exp(-\lambda u_j)}{(1 + \exp(-\lambda u_j))^2} \quad (3.33)$$

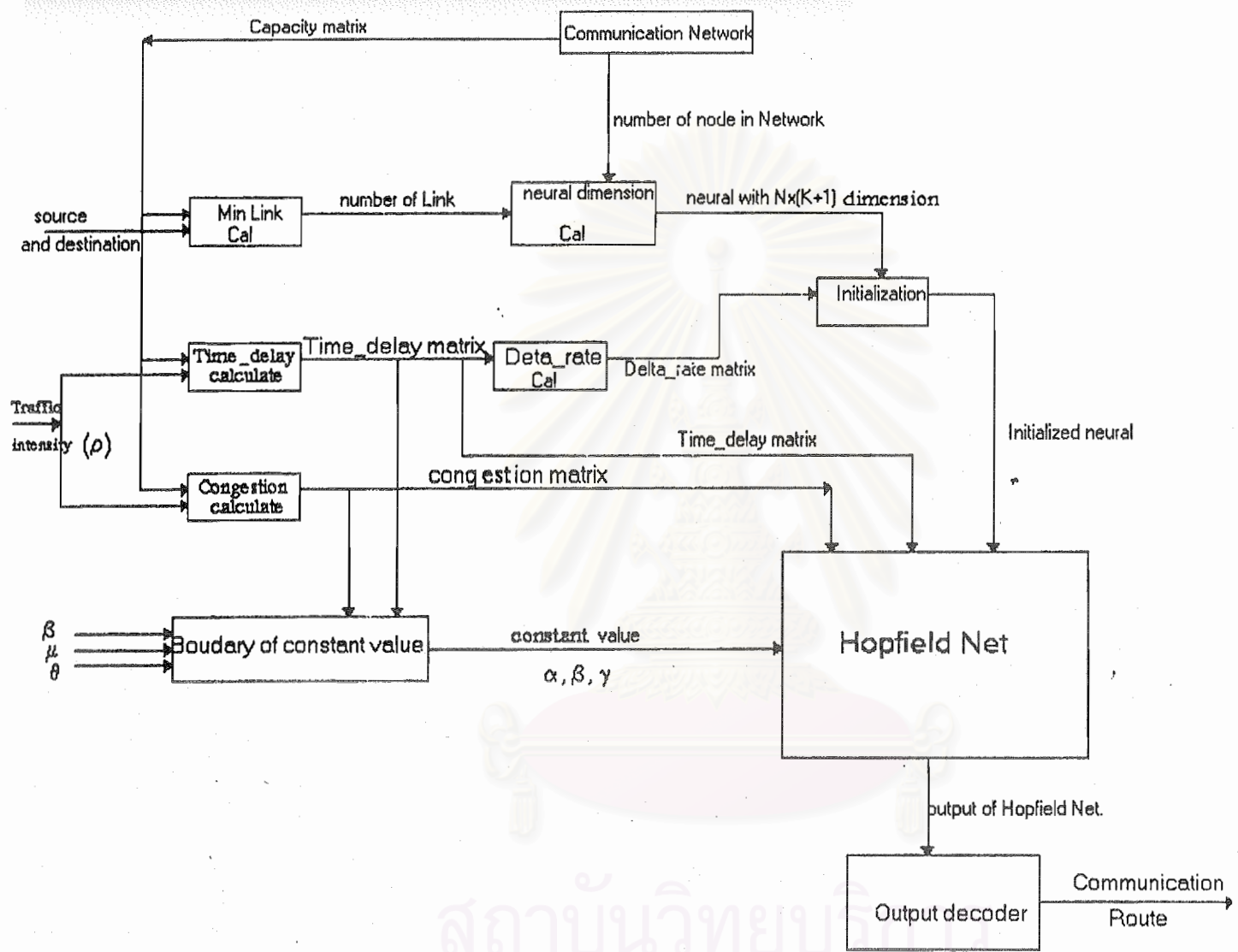
สมการที่ 3.33 เป็นค่าความชันของทรานสเฟอร์ฟังก์ชันซึ่งมีค่ามากกว่า 0 เสมอดังนั้นการเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กมีค่าที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0 เสมอ

จากคุณลักษณะของสมการพลังงาน (สมการที่ 3.9) ที่แสดงมาข้างต้นพบว่า มีขอบเขตล่างเป็น 0 และมีการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้ค่าของพลังงานมีค่าที่ลดลงเสมอ ดังนั้นแล้วสามารถสรุปได้ว่า สมการพลังงาน (สมการที่ 3.9) ตามการประยุกต์กับการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารที่ได้เสนอมานี้จะมีคำตอบที่ลู่อู่เข้าเสมอ

ขั้นตอนในการคำนวณ

จากการจำลองปัญหาข้างต้นได้ทำการเขียนโปรแกรมคำนวณการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสาร โดยสมมติโครงข่ายสื่อสารที่มีจำนวนโหนดในโครงข่ายและความจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยงในโครงข่ายที่แตกต่างกันไป เริ่มจากโครงข่ายที่มีขนาดเล็กมีจำนวนโหนดในโครงข่ายน้อย ไปจนถึงโครงข่ายที่มีจำนวนโหนดมากขึ้น และมีความซับซ้อนของปริมาณการสื่อสารมากขึ้น โดอะแกรมของโปรแกรมการคำนวณดังกล่าวได้แสดงดังรูปที่ 3.1 และจากโดอะแกรมการคำนวณข้างต้นสามารถสรุปเป็นขั้นตอนในการคำนวณได้ดังนี้คือ

1. กำหนดโครงข่ายสื่อสารที่ต้องการนำมาทดสอบผลการคำนวณ
2. กำหนดความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสาร (ρ)
3. กำหนดโหนดต้นทางและโหนดปลายทางที่ต้องการติดต่อสื่อสารซึ่งกันและกัน
4. หากมีปริมาณการสื่อสารในข่ายสื่อสารเชื่อมโยงใดที่มีค่าที่เปลี่ยนแปลงไปจากสภาวะเริ่มต้น ให้ป้อนข้อมูลเกี่ยวกับความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารที่เปลี่ยนไปในข่ายสื่อสารเชื่อมโยงนั้น
5. จากความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสาร จะถูกนำไปคำนวณเมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ย และสภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายสื่อสาร
6. จำนวนโหนดในโครงข่ายสื่อสารและโหนดต้นทางและโหนดปลายทางที่ต้องการติดต่อสื่อสารกัน จะถูกนำไปกำหนดขนาดอาร์เรย์ของนิวรอล
7. เมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาและขนาดอาร์เรย์ของนิวรอล ลักษณะทางสถาปัตยกรรมของโครงข่ายสื่อสาร จะถูกนำไปเป็นข้อมูลในการกำหนดค่าเริ่มต้นของนิวรอล ในวิธีการใหม่ที่ได้เสนอนี้
8. เมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในโครงข่ายสื่อสาร และสภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายจะถูกนำไปเป็นข้อมูลในการกำหนดขอบเขตของค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์ก
9. ค่าเริ่มต้นของนิวรอลเมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในโครงข่ายสื่อสาร เมตริกซ์สภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายสื่อสาร และ ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กจะถูกนำไปคำนวณโดยใช้การจำลองแบบ Hopfield net
10. เอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวอร์กจะถูกนำไปแปลความหมายเป็นเส้นทางที่ได้จากการคำนวณ
11. เส้นทางที่ได้นี้จะใช้เป็นเส้นทางที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างโหนดต้นทางและโหนดปลายทางตามต้องการ



รูปที่ 3.1 ไคอะแกรมการคำนวณการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดสอบการคำนวณ
และการวิเคราะห์ผลการทดสอบการคำนวณ

ความนำ

ในบทนี้ได้กล่าวถึงผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลการคำนวณในการกำหนดเส้นทางตามวิธีการที่ได้เสนอมาแล้วในบทที่ 3 โดยได้สมมุติตัวอย่างโครงข่ายสื่อสารขึ้นมาเพื่อใช้ในการทดสอบ ในการทดสอบได้แบ่งออกเป็น 5 ส่วนดังนี้คือ

1. การทดสอบและการวิเคราะห์ถึงความถูกต้องและความรวดเร็วในการคำนวณโดยนำผลลัพธ์คือเส้นทางที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับระหว่างการใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิมที่เสนอโดย Rauch และ Winnarske (1988) กับการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการใหม่ที่ได้เสนอขึ้นดังรายละเอียดในบทที่ 3
2. การทดสอบและการวิเคราะห์ผลของสมการเงื่อนไขที่เป็นปัจจัยรอง ในการกำหนดเส้นทางที่ได้เสนอขึ้น อันได้แก่ปัจจัยในเรื่องสภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่าย
3. การทดสอบและการวิเคราะห์ถึงผลของค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่ได้เสนอขึ้นมาดังรายละเอียดในบทที่ 3 ต่อเอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวอร์ก
4. การทดสอบและการวิเคราะห์ผลของค่าคงที่ซึ่งมีผลต่อการลดลงของพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์ก
5. การทดสอบและการวิเคราะห์ผลของค่าคงที่โมเมนตัมที่มีผลกระทบต่อความถูกต้องรวดเร็วในการคำนวณ

การทดสอบความถูกต้องและความรวดเร็วในการคำนวณ

ในส่วนนี้ได้ทำการทดสอบถึงความถูกต้องในการคำนวณเส้นทางตามวิธีการที่ได้เสนอขึ้นมาดังรายละเอียดในบทที่ 3 โดยนำเอาตัวอย่างโครงข่ายสื่อสารที่ถูกนำเสนอโดย Lee และ Chang (1993) ซึ่งมีจำนวนโหนดในโครงข่ายทั้งสิ้น 17 โหนดดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.1 ในแต่ละข่ายสื่อสารเชื่อมโยงกำหนดให้มีความจุที่แตกต่างกันไป ดังแสดงในรูปที่ 4.2 กำหนดให้ในข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่มีความจุแตกต่างกันมีอัตราการเข้ามาสู่ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่แตกต่างกันดังนี้คือ

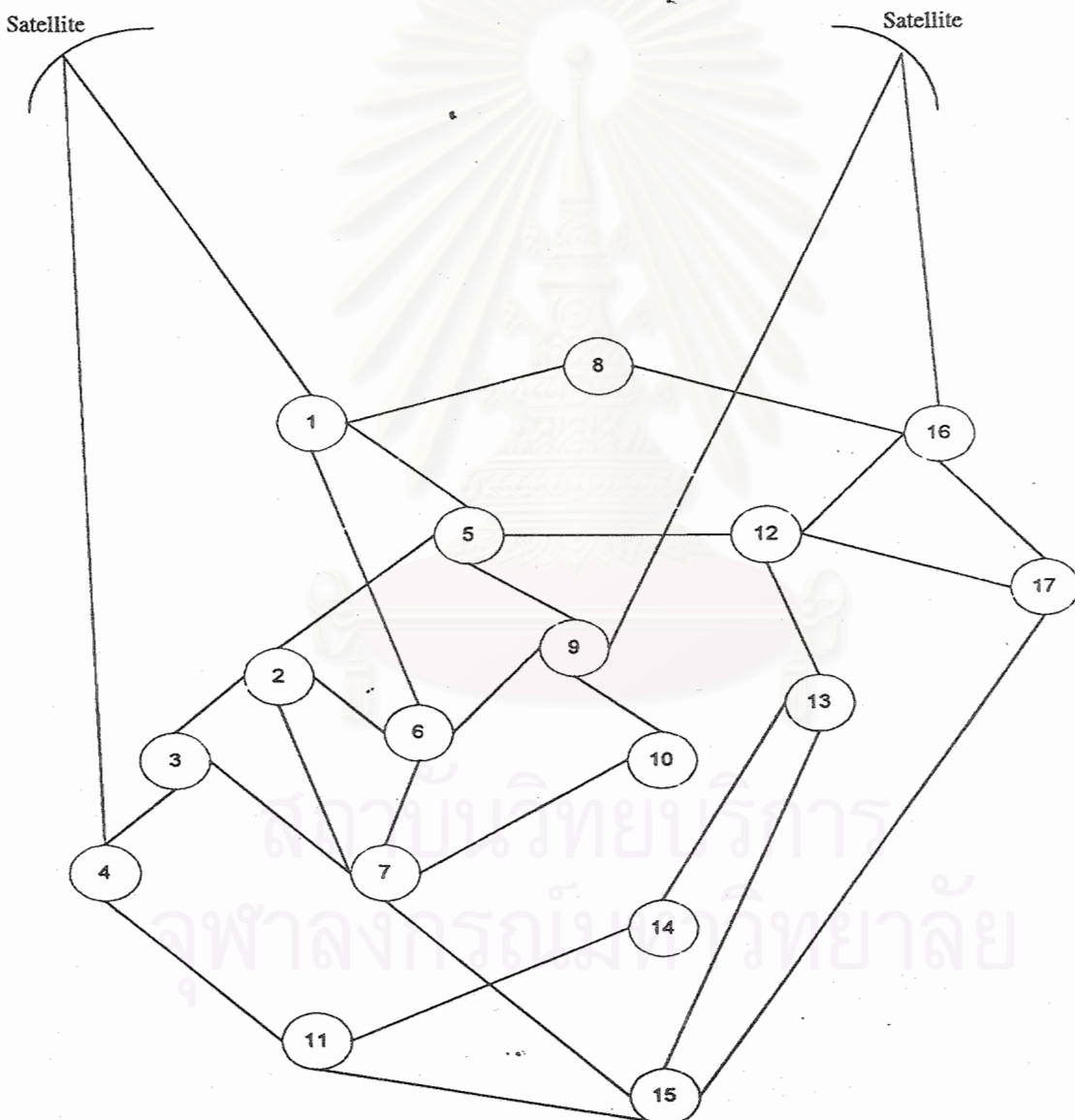
1. ข่ายสื่อสารภาคพื้นดิน ที่ประกอบด้วยข่ายสื่อสารที่มีความจุที่แตกต่างกัน 3 ข่ายสื่อสาร กำหนดให้แต่ละข่ายสื่อสาร มีอัตราการเข้าสู่ข่ายสื่อสารของแพคเกจดังนี้
 - 1.1 ข่ายสื่อสารที่มีความจุ 16 Mb/s กำหนดให้มีอัตราการเข้าสู่ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงของแพคเกจเป็น 67 % ของความจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยง
 - 1.2 ข่ายสื่อสารที่มีความจุ 32 Mb/s กำหนดให้มีอัตราการเข้าสู่ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงของแพคเกจเป็น 41 % ของความจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยง

1.3 ข่ายสื่อสารที่มีความจุ 64 Mb/s กำหนดให้มีอัตราการเข้าสู่ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงของแพคเกจ เป็น 45 % ของความจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยง

2. ข่ายสื่อสารดาวเทียม ที่ประกอบด้วยข่ายสื่อสารดาวเทียมที่มีความจุแตกต่างกัน 2 ข่ายสื่อสาร กำหนดให้แต่ละข่ายสื่อสาร มีอัตราการเข้าสู่ข่ายสื่อสารของแพคเกจดังนี้

2.1 ข่ายสื่อสารดาวเทียมที่มีความจุ 120 Mb/s กำหนดให้มีอัตราการเข้าสู่ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงของแพคเกจเป็น 50 % ของความจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยง

2.2 ข่ายสื่อสารดาวเทียมที่มีความจุ 540 Mb/s กำหนดให้มีอัตราการเข้าสู่ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงของแพคเกจเป็น 70 % ของความจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยง



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างโครงข่ายสื่อสารที่นำมาทดสอบการคำนวณการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสาร

NODE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0	0	0	128	16	32	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	32	0	16	16	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	32	0	16	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	28	0	16	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0
5	16	16	0	0	0	0	0	0	64	0	0	16	0	0	0	0	0
6	32	16	0	0	0	0	32	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	64	16	0	0	32	0	0	0	16	0	0	0	0	16	0	0
8	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0
9	0	0	0	0	64	16	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	16	0	16	0	0	0	0	0	0	540	0
11	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	32	0	0
12	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	64	0	0	16	16
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	0	16	16	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	16	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	32	0	16	0	0	0	16
16	0	0	0	0	0	0	0	32	0	540	0	16	0	0	0	0	16
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	16	16	0

รูปที่ 4.2 เมตริกซ์ความจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยงในโครงข่ายสื่อสารดังรูปที่ 4.1

NODE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	100000	100000	100000	00156	01894	00530	100000	01894	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	10000
2	100000	100000	00530	100000	01894	01894	00284	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000
3	100000	00530	100000	01894	100000	100000	01894	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	10000
4	00156	100000	01894	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	00530	100000	100000	100000	100000	100000	10000
5	01894	01894	100000	100000	100000	100000	100000	100000	00284	100000	100000	01894	100000	100000	100000	100000	10000
6	00530	01894	100000	100000	100000	100000	00530	100000	01894	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	10000
7	100000	00284	01894	100000	100000	00530	100000	100000	100000	01894	100000	100000	100000	100000	01894	100000	10000
8	01894	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	00530	10000
9	100000	100000	100000	100000	00284	01894	100000	100000	100000	01894	100000	100000	100000	100000	100000	100000	10000
10	100000	100000	100000	100000	100000	100000	01894	100000	01894	100000	100000	100000	100000	100000	100000	00062	10000
11	100000	100000	100000	00530	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	01894	00530	100000	10000
12	100000	100000	100000	100000	01894	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	00284	100000	100000	01894	01894
13	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	00284	100000	01894	01894	100000	10000
14	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	01894	100000	01894	100000	100000	100000	10000
15	100000	100000	100000	100000	100000	100000	01894	100000	100000	100000	00530	100000	01894	100000	100000	100000	01894
16	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	00530	100000	00062	100000	01894	100000	100000	100000	100000	01894
17	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	01894	100000	100000	01894	01894	10000

รูปที่ 4.3 เมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในโครงข่ายสื่อสาร

จากความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารในแต่ละข่ายสื่อสารที่ได้ถูกสมมุติขึ้น นำไปคำนวณหาเมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของแต่ละข่ายสื่อสารได้จากสมการที่ 3.4 โดยสมมุติให้ในเทอมที่ไม่มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างโหนด ($C_{ij}=0$) มีค่าเป็น 10 เช่นเดียวกับวิธีของ Rauch และ Winnarske (1988) และ วิธีการของ Lee และ Chang (1993) เมตริกซ์สภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายสื่อสารได้จากสมการที่ 3.3 โดยได้แสดงค่าของเมตริกซ์ดังกล่าวด้วยรูปที่ 4.3 และ รูปที่ 4.4 ตามลำดับ

หมายเลขโหนด	สภาวะความคับคั่ง
1	0.7569
2	0.7330
3	0.6254
4	0.4899
5	0.908
6	0.7168
7	1.0000
8	0.6416
9	0.3584
10	0.8409
11	0.4498
12	0.9086
13	0.5340
14	0.6416
15	0.8924
16	0.9323
17	0.8010

รูปที่ 4.4 เมตริกซ์สภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายสื่อสารรูปที่ 4.1

จากเมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของข่ายสื่อสารและเมตริกซ์สภาวะความคับคั่งของโหนดข้างต้น นำไปคำนวณเพื่อหาขอบเขตของการกำหนดค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวโรลเน็ตเวิร์กตามที่ได้เสนอในสมการที่ 3.24 และ สมการที่ 3.28 โดยสมมุติให้ค่าคงที่ μ และ θ มีค่าเป็น 0.75 และ 0.85 ตามลำดับด้วยเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 จากสมการที่ 3.24 และสมการที่ 3.28 เลือกใช้ค่าคงที่ β เป็น 0.025 และเลือกค่าคงที่ α ให้มีค่ามากที่สุดเพื่อความรวดเร็วในการคำนวณ และค่าคงที่ γ เป็นค่าเฉลี่ยระหว่างค่ามากที่สุดกับค่าน้อยที่สุด ตาราง 4.1 แสดงค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวโรลเน็ตเวิร์กเมื่อใช้เมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของข่ายสื่อสารดังรูปที่ 4.3 และเมตริกซ์สภาวะความคับคั่งของโหนดดังรูปที่

สมมติให้โหนดที่ 2 คือโหนดต้นทางและโหนดที่ 14 คือโหนดปลายทาง ซึ่งจากสมการที่ 2.16 ต้องใช้จำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างโหนดต้นทางกับโหนดปลายทางอย่างน้อย 4 ข่ายสื่อสาร ดังนั้นใช้นิรอลที่เป็นอาร์เรย์แบบ 2 มิติที่มีขนาดเป็น 17x5

ตาราง 4.1 ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิรอลเน็ตเวอร์กเมื่อ ค่าคงที่ μ และ θ มีค่าเป็น 0.75 และ 0.85

ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่	
α	0.00876
β	0.025
γ	33.46

จากเมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของข่ายสื่อสารดังรูปที่ 4.3 นำไปคำนวณหาค่าเริ่มต้นของนิรอลตามสมการที่ 3.20 ซึ่งมีค่าคงที่แสดงในรูปที่ 4.5 ก และในรูปที่ 4.5 ข แสดงการกำหนดค่าเริ่มต้นของนิรอลตามวิธีการเดิมที่เสนอโดย Rauch และ Winnarske (1988)

0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000
1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.2684	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.5782	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.3490	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.3925	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.4847	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.5000	0.0000
0.0000	0.0000	0.2510	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.5153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.5000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	1.0000
0.0000	0.0000	0.1708	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000

ก

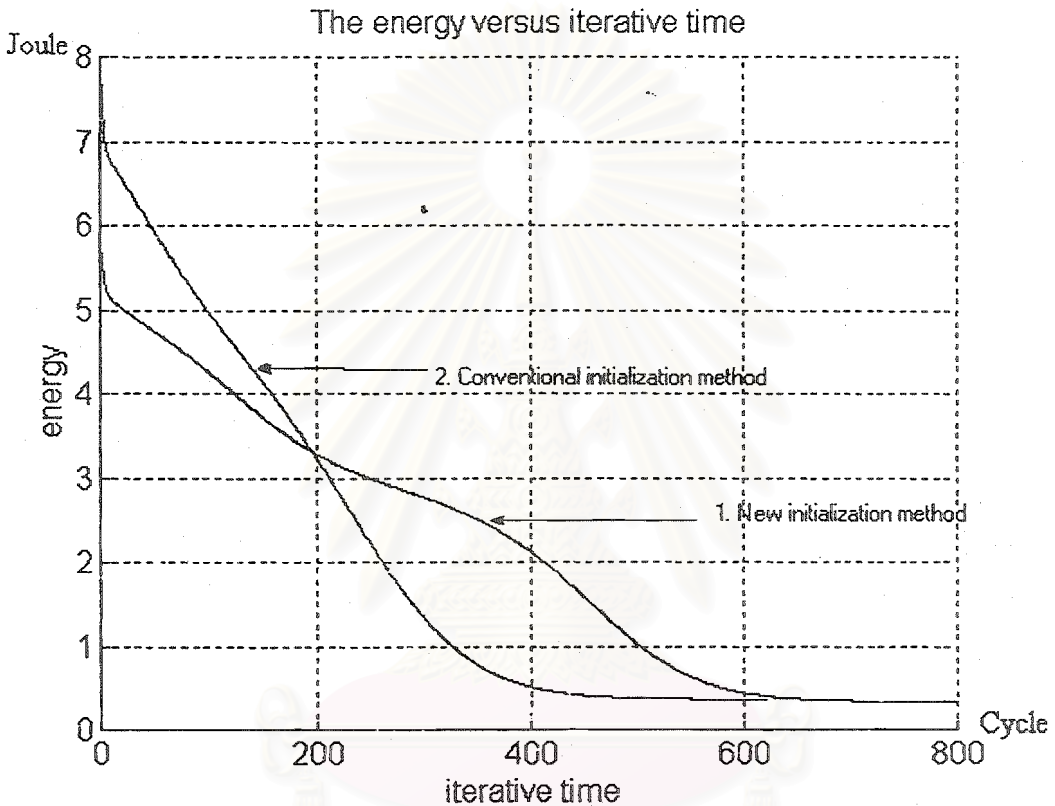
ข

รูปที่ 4.5 ค่าเริ่มต้นของนิรอล ก. ตามวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการใหม่ ข. ตามวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการเดิม

ต้องการทดสอบถึงความถูกต้องและความรวดเร็วในการคำนวณดังนั้นจึงได้ตั้งสมมุติฐานในการทดสอบเอาไว้ว่าพลังงานของนิรอลเน็ตเวอร์กจะต้องเข้าสู่ค่าที่ต่ำที่สุดตามที่ได้แสดงการพิสูจน์ไว้ในบทที่ 3

และหากว่าความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารในข่ายสื่อสารเชื่อมโยงมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไป การคำนวณหาเส้นทางจะต้องได้เส้นทางที่มีความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของแพคเกจน้อยที่สุด

จากค่าเริ่มต้นของนิรอลที่ได้นำไปคำนวณหาเส้นทางโดยได้กำหนดเงื่อนไขในการหยุดการคำนวณไว้ว่าผลต่างของพลังงานในรอบการคำนวณที่ติดกันมีค่าน้อยกว่า 5×10^{-5} จูลให้หยุดการคำนวณและแสดงผลการคำนวณ รูปที่ 4.6 แสดงพลังงานของนิรอลเน็ตเวอร์กเมื่อจำนวนรอบในการคำนวณเพิ่มมากขึ้นโดยได้แสดงการเปรียบเทียบระหว่างการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันดังกล่าวข้างต้น



รูปที่ 4.6 พลังงานของนิรอลเน็ตเวอร์กเมื่อจำนวนรอบในการคำนวณเพิ่มมากขึ้น เส้นกราฟ 1. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่ เส้นกราฟ 2. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการเดิม

ตาราง 4.2 แสดงจำนวนรอบในการคำนวณและค่าพลังงานของนิรอลเน็ตเวอร์กที่สภาวะสมดุล(ผลต่างของพลังงานในรอบการคำนวณติดกันมีค่าน้อยกว่า 5×10^{-5} จูล)

ตาราง 4.2 การเปรียบเทียบระหว่างการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันต่อจำนวนรอบในการคำนวณและค่าพลังงานของนิรอลเน็ตเวอร์กที่สภาวะสมดุล

	วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม	วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่
ค่าพลังงานเริ่มต้น	8.20 จูล	5.83 จูล
ค่าพลังงานที่สภาวะสมดุล	0.3586 จูล	0.3289 จูล
จำนวนรอบในการคำนวณ	640	800



0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.9830	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9833	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.9402	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5268	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0548	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4681	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
0.0000	0.0000	0.9835	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9833	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

ก

ข

รูปที่ 4.7 เาท์พุทของนิรอรลเน็ดเวอร์ก ภายหลังกการคำนวณ ก. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่ ข. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม

ที่สภาวะสมดุลย์เอาท์พุทของนิรอรลเน็ดเวอร์กมีค่าดังที่แสดงในรูปที่ 4.7 ซึ่งได้แสดงค่าเอาท์พุทของนิรอรลเน็ดเวอร์กทั้งใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นในแบบเดิมและการกำหนดค่าเริ่มต้นในแบบใหม่ จากค่าเอาท์พุทที่ได้แสดงถึงเส้นทางที่ได้ในการคำนวณโดยพิจารณาค่าที่มากที่สุดในแต่ละคอลัมน์ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ในบทที่ 2 ซึ่งเส้นทางที่ได้คือ

โหนดที่ 2 → โหนดที่ 7 → โหนดที่ 15 → โหนดที่ 11 → โหนดที่ 14

สำหรับการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นทั้ง 2 วิธีให้คำตอบที่เหมือนกัน ดังค่าที่ได้แสดงในตาราง 4.2 การใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นในแบบใหม่มีค่าพลังงานที่จุดเริ่มต้นการคำนวณน้อยกว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม และมีค่าพลังงานที่สภาวะสมดุลย์น้อยกว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม แต่มีการใช้จำนวนรอบในการคำนวณที่มากกว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นในแบบเดิม

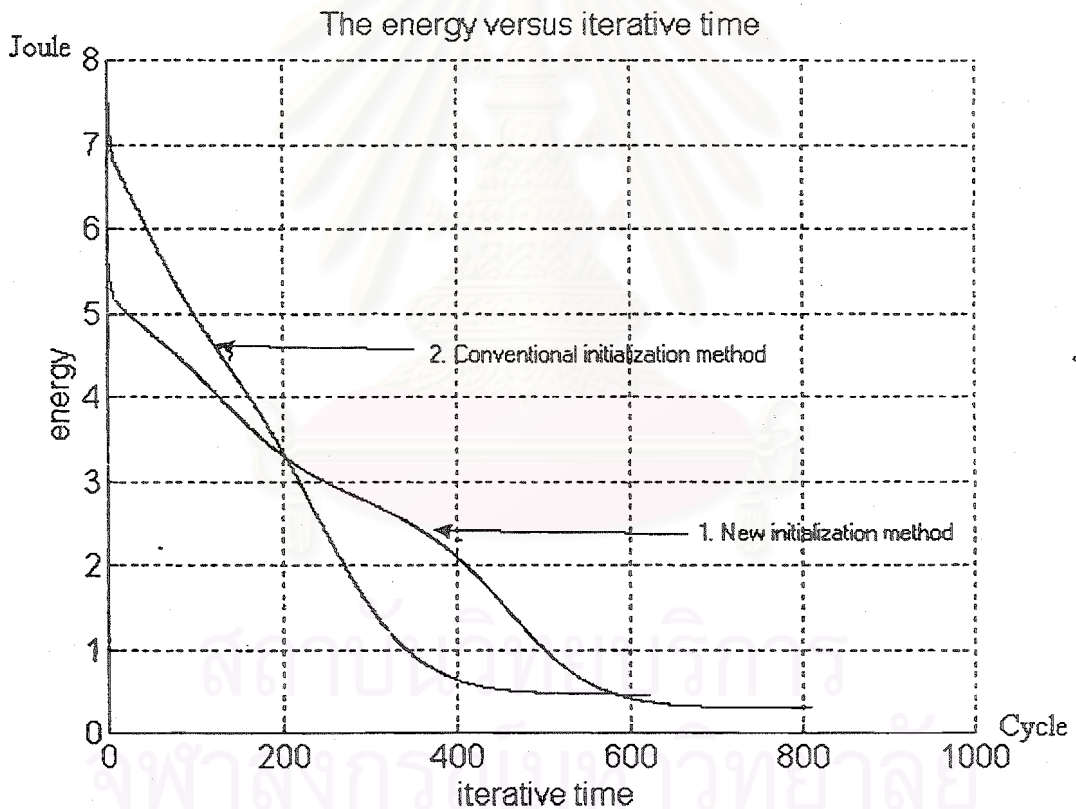
สมมุติให้ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต้อระหว่างโหนดที่ 7 และโหนดที่ 15 มีความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อทดสอบการกำหนดเส้นทางแบบไดนามิกส์ โดยได้ตั้งสมมุติฐานไว้ว่าเส้นทางที่คำนวณได้จากวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่ที่มีการกำหนดค่าโดยนำเอาผลต่างของอัตราความสามารถในการให้บริการของข่ายสื่อสารกับอัตราการเข้าสู่ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงของแพคเกจเฉลี่ยต่อ 1 ข่ายสื่อสารที่เชื่อมต้อกับโหนดนั้นดังสมการที่ 3.20 มาใช้เป็นค่ากำหนดค่าเริ่มต้นของนิรอรลจะให้เส้นทางที่ถูกต้องมากกว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นตามแบบเดิม

เมื่อความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารในข่ายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างโหนดที่ 7 กับโหนดที่ 15 มีค่าที่เปลี่ยนไปเป็น 0.85 ดังนั้นค่าในเมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในเทอมที่ $T_{7,15}$ และ $T_{15,7}$ มีค่าที่เปลี่ยนไปเป็น 0.4167 ไมโครวินาที ดังสมการที่ 3.4

เนื่องจากค่าในเมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของข่ายสื่อสารเชื่อมโยงและค่าในเมตริกซ์สถานะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไป กำหนดให้ ค่าคงที่ μ และ θ ค่าเป็น 0.75 และ 0.85 เช่นเดิม ตาราง 4.3 แสดงค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่ใช้

ตาราง 4.3 ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์ก

ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่	
α	0.008792
β	0.025
γ	33.12



รูปที่ 4.8 พลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กเมื่อจำนวนรอบในการคำนวณเพิ่มมากขึ้น เส้นกราฟ 1. ใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่ เส้นกราฟที่ 2. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม

จากค่าเริ่มต้นของนิวรอลในวิธีการใหม่และค่าเริ่มต้นของนิวรอลในวิธีการแบบเดิม นำไปคำนวณหาเส้นทางโดยใช้ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กได้ผลลัพธ์ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.8 โดยในเส้นกราฟที่ 1 เป็นเส้นกราฟที่แสดงถึงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กเมื่อจำนวนรอบในการคำนวณเพิ่มมากขึ้นจนเข้าสู่สถานะสมดุลย์ เมื่อใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่ เส้นกราฟเส้นที่ 2 เป็นเส้นกราฟที่แสดงถึงพลังงานของ

นิรวลเน็ตเวอร์กเมื่อจำนวนรอบในการคำนวณเพิ่มมากขึ้นจนเข้าสู่สภาวะสมดุลเช่นกัน แต่ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นตามวิธีการเดิม ตาราง 4.4 เป็นการแสดงการเปรียบเทียบผลการคำนวณระหว่างการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกัน

ตาราง 4.4 การเปรียบเทียบระหว่างการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันต่อจำนวนรอบในการคำนวณและค่าพลังงานของนิรวลเน็ตเวอร์กที่สภาวะสมดุล

	วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม	วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่
ค่าพลังงานเริ่มต้น	8.18 จูล	5.838 จูล
ค่าพลังงานที่สภาวะสมดุล	0.4564 จูล	0.2956 จูล
จำนวนรอบในการคำนวณ	635	800

0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.9839	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.9837	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9809	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.9891	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5255	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4696	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9810	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

ก

ข

รูปที่ 4.9 เาท์พุทของนิรวลเน็ตเวอร์กภายหลังการคำนวณ ก. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่ ข. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม

ที่สภาวะสมดุลทางพลังงานของนิรวลเน็ตเวอร์กได้ค่าเอาต์พุทของนิรวลเน็ตเวอร์กดังรูปที่ 4.9 ซึ่งเส้นทางที่คำนวณได้เป็นดังต่อไปนี้

โหนดที่ 2 → โหนดที่ 7 → โหนดที่ 15 → โหนดที่ 11 → โหนดที่ 14 เมื่อใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม โดยในเส้นทางนี้มีความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยรวมในทุกข่ายสื่อสารเชื่อมโยงเป็น 0.6874 ไมโครวินาที

โหนดที่ 2 → โหนดที่ 3 → โหนดที่ 4 → โหนดที่ 11 → โหนดที่ 14 เมื่อใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีใหม่ โดยในเส้นทางนี้มีความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยรวมในทุกข่ายสื่อสารเชื่อมโยงเป็น 0.4847 ไมโครวินาที

เส้นทางที่คำนวณได้จากการใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันมีเส้นทางที่แตกต่างกันจากตัวอย่างข้างต้นนี้ ซึ่งจากตาราง 4.4 พลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่สภาวะสมดุลของวิธีการใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการใหม่มีค่าที่ต่ำกว่า และในเส้นทางที่คำนวณได้นี้มีผลรวมของความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่น้อยกว่าเส้นทางที่ได้จากการคำนวณโดยใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นในแบบเดิม ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีใหม่นี้จึงสอดคล้องกับสภาวะการ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณการสื่อสารในโครงข่ายสื่อสาร มากกว่า ซึ่งได้กล่าวถึงในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณต่อไป

การวิเคราะห์ความถูกต้องและความรวดเร็วในการคำนวณ

จากตัวอย่างผลการทดสอบการคำนวณที่ยกมาแสดงข้างต้นนี้ พบว่าในการกำหนดค่าเริ่มต้นของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าพลังงาน ณ จุดเริ่มต้นการคำนวณ ความเร็วในการคำนวณ และค่าพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่สภาวะสมดุลมีค่าที่แตกต่างกัน โดยการใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีการใหม่นี้มีค่าพลังงาน ณ จุดเริ่มต้นการคำนวณที่ต่ำกว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นตามแบบวิธีเดิม และค่าพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่สภาวะสมดุล เมื่อใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีใหม่นี้มีค่าที่ต่ำกว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม แต่ในวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่นี้จะใช้จำนวนรอบในการคำนวณที่มากกว่าการใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นตามวิธีการเดิม

จากรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.8 เห็นได้ว่าการลดลงของพลังงานเมื่อใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีการใหม่จะลดลงช้ากว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นตามแบบวิธีการเดิม แต่มีค่าพลังงานที่สภาวะสมดุลน้อยกว่า ซึ่งจากสมการการลดลงของพลังงานในบทที่ 3 สมการที่ 3.32 และ 3.33 ดังกล่าวมาข้างต้นเป็นดังนี้คือ

$$\frac{dE}{dt} = -\alpha \sum_{j=1}^{K+1} \left(\frac{dE}{dV_j} \right)^T \frac{dE}{dV_j} \frac{dV_j}{du_j} \quad (3.32)$$

$$\frac{dV_j}{du_j} = \frac{\lambda \exp(-\lambda u_j)}{(1 + \exp(-\lambda u_j))^2} \quad (3.33)$$

การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กเป็นฟังก์ชันของค่าคงที่ ซิกมอยด์และการเปลี่ยนแปลงของพลังงานต่อเอาต์พุตของนิวรอลในแต่ละเซลล์นี้ดังสมการที่ 3.32 และ สมการที่ 3.33ข้างต้น จากการทดสอบนี้กำหนดให้ค่าคงที่ ซิกมอยด์มีค่าที่เท่ากันสำหรับทุกๆ นิวรอล ดังนั้น การลดลงของพลังงานที่มีค่าที่แตกต่างกันจึงมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของพลังงานต่อเอาต์พุตของนิวรอลในแต่ละเซลล์นี้

การใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีการใหม่นี้มีจำนวนแอกติฟนิวรอล ที่น้อยกว่า วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิมดังนั้นค่าพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์ก ณ จุดเริ่มต้นการคำนวณจึงมีค่าน้อยกว่าดังผลการทดสอบข้างต้น และจากสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่แสดงดังสมการที่ 3.15ข้างต้น

ได้การเปลี่ยนแปลงของพลังงานต่อเอาท์พุทในแต่ละคอลัมน์เป็นดังสมการที่ 4.1

$$\frac{dE}{dV_j} = 0.5(TV_{j+1} + TV_{j-1}) + \beta S + \gamma e_n \left(\sum_{i=1}^N V_j - 1 \right) \quad (4.1)$$

การเปลี่ยนแปลงของพลังงานต่อเอาท์พุทในแต่ละคอลัมน์นี้ขึ้นอยู่กับค่าของนิวรอลในคอลัมน์ที่อยู่ติดกันดังที่แสดงใน 2 เทอมแรกของสมการที่ 4.1 การใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีใหม่ที่มีจำนวนแอกติฟ นิวรอลที่น้อยกว่าการใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีเดิม จึงทำให้ผลรวมของผลคูณใน 2 เทอมแรกของสมการที่ 4.1 ที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของพลังงานต่อเอาท์พุทในแต่ละคอลัมน์มีค่าน้อยกว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นตามวิธีการเดิม ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของพลังงานดังสมการที่ 3.32 จึงมีค่าน้อยกว่าการใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นแบบวิธีการเดิม

การเปลี่ยนแปลงของพลังงานดังสมการที่ 3.32 สำหรับการใช่วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีใหม่ที่มีค่าน้อยนี้ มีข้อดีคือสามารถช่วยลดปัญหาในเรื่อง suboptimum ได้ เพราะในการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการใหม่ได้กำหนดค่าให้เฉพาะนิวรอลที่แทนโหนดที่มีโอกาสถูกเลือกเป็นเส้นทางผ่านเท่านั้น ต่างกับวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิมที่กำหนดค่าให้กับนิวรอลในตัวที่ไม่มีโอกาสถูกเลือกเป็นเส้นทางด้วย

การกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการใหม่นอกจากใช้จำนวนแอกติฟ นิวรอลที่น้อยกว่าวิธีการเดิมแล้ว การกำหนดค่าให้แต่ละแอกติฟนิวรอลยังได้กำหนดให้มีค่าที่แปรเปลี่ยนไปตามสภาวะความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารได้อีกด้วย ดังวิธีการที่ได้กล่าวถึงมาแล้วในบทที่ 3 ซึ่งแตกต่างไปจากวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นตามวิธีการเดิมที่ใช้การกำหนดค่าให้เป็นค่าคงที่ไม่แปรเปลี่ยนไปตามสภาวะความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสาร

เมื่อรวมเอาการกำหนดค่าเริ่มต้นที่ใช้จำนวน แอกติฟนิวรอลที่น้อยกว่า และค่าในแต่ละแอกติฟนิวรอลที่แปรเปลี่ยนไปตามสภาวะความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารภายในโครงข่าย จึงทำให้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการใหม่ให้ค่าพลังงานที่สภาวะสมดุลน้อยกว่าวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม และเส้นทางที่คำนวณได้เป็นเส้นทางที่มีผลรวมของความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางน้อยกว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการเดิม สำหรับจำนวนรอบในการคำนวณที่การกำหนดค่าในแบบเดิมใช้มีค่าน้อยกว่านั้น เป็นเพราะการกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีการเดิมพลังงานของ นิวรอลเน็ตเวิร์ก จะเข้าสู่ suboptimum ก่อนและเอาท์พุทของนิวรอลไม่สามารถ ที่จะเคลื่อนที่ผ่าน suboptimum นี้ไปได้ทำให้ค่าพลังงานของ นิวรอลเน็ตเวิร์ก ไม่สามารถลดต่ำลงกว่านี้ไปได้ดังแสดงในรูปที่ 4.6

ปัญหาในเรื่อง suboptimum ในการคำนวณโดยใช้สมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวิร์กดังสมการที่ 3.15 มีสาเหตุจากในการคำนวณตามสมการดังกล่าวใช้การคำนวณในลักษณะของการคูณกันของเมตริกซ์ ที่มีมิติที่สอดคล้องกัน เมตริกซ์ T ที่แทนปัจจัยในเรื่องความล่าช้าทางเวลาที่มีขนาด $N \times N$ จะมีจำนวนคอลัมน์ในแต่ละแถวที่แทนความล่าช้าโดยเฉลี่ยในข่ายสื่อสารที่ไม่เท่ากัน ตัวอย่างเช่นในโหนดที่ 7 มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อมายังโหนดนี้ 5 ข่ายสื่อสารทำให้ในเมตริกซ์ T ในแถวที่ 7 มีจำนวนคอลัมน์ที่มีค่าไม่เท่ากับ 10 จำนวน 5 คอลัมน์ ซึ่งเมื่อคูณกับเอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่มีขนาด $N \times 1$ จึงทำให้ผลลัพธ์ที่ได้เป็น

เมตริกซ์ขนาด $N \times 1$ ด้วยโดยในเทอมที่ 7 ในเมตริกซ์นี้มีค่าที่มากที่สุด เมื่อนำผลที่ได้นี้ป้อนผ่านทรานสเฟอร์ ฟังก์ชันของนิวรอลทำให้ในเทอมดังกล่าวที่มีค่ามากที่สุด มีค่าที่ใกล้ 1 มากที่สุด ดังนั้นจึงเป็นผลทำให้เอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวอร์กเข้าสู่โหนดที่จำนวนขายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อมายังโหนดนั้นมาก อันเป็นสาเหตุของการเกิด suboptimum ดังกล่าว

การทดสอบผลของสมการเงื่อนไขที่เป็นปัจจัยรองในการกำหนดเส้นทาง

ในส่วนนี้ได้ทำการทดสอบผลการคำนวณในเรื่องผลของปัจจัยรองในการกำหนดเส้นทางที่ได้สร้างขึ้น โดยปัจจัยรองดังกล่าวคือ ปัจจัยในเรื่องสภาวะความคับคั่งของโหนด โดยได้ตั้งสมมุติฐานในการทดสอบไว้ว่าหากเส้นทางที่ดีที่สุดมีผลรวมของความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในแต่ละขายสื่อสารเชื่อมโยงที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางผ่านมีค่าเท่ากันมากกว่า 1 เส้นทางแล้ว เส้นทางที่มีผลรวมของสภาวะความคับคั่งของโหนดที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางที่มีค่าน้อยที่สุด จะถูกเลือกเป็นเส้นทางที่ใช้ในการติดต่อระหว่างโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง

ในการทดสอบนี้ สมมุติให้โหนดที่ 1 คือโหนดต้นทางและโหนดที่ 4 คือโหนดปลายทาง จากลักษณะทางสถาปัตยกรรมของโครงข่ายดังรูปที่ 4.1 มีขายสื่อสารดาวเทียมที่ให้บริการระหว่างโหนดที่ 1 กับ โหนดที่ 4 อยู่ ดังนั้นในการติดต่อสื่อสารกันระหว่างโหนดที่ 1 กับโหนดที่ 4 จึงสามารถใช้ขายสื่อสารดาวเทียมดังกล่าวได้โดยตรง

สมมุติให้ขายสื่อสารดาวเทียมที่ให้บริการระหว่างโหนดที่ 1 กับ โหนดที่ 4 ชัดข้องไม่สามารถให้บริการได้ ดังนั้น ในการติดต่อสื่อสารระหว่างโหนดที่ 1 ไปยังโหนดที่ 4 จึงต้องใช้ขายสื่อสารเชื่อมโยงอื่นที่ต้องใช้ขายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างโหนดที่ 1 ไปยังโหนดที่ 4 จำนวนน้อยที่สุดตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้

จากสมการที่ 2.16 ต้องใช้ขายสื่อสารเชื่อมโยงที่น้อยที่สุดในการเชื่อมต่อระหว่างโหนดต้นทางกับโหนดปลายทาง 4 ขายสื่อสารเชื่อมโยง ดังนั้นเอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวอร์กจึงเป็นอาร์เรย์ ขนาด 17×5 สมมุติให้ค่า μ และ θ ในสมการที่ 3.24 และ อสมการที่ 3.28 มีค่าเป็น 0.75 และ 0.85 ตามลำดับ ตาราง 4.5 แสดงค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่ใช้ในการทดสอบการคำนวณ

ตาราง 4.5 ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์ก

ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่	
α	0.008789
β	0.025
γ	33.46

เมื่อกำหนดให้ในรายสื่อสารดาวเทียมที่เชื่อมต่อนระหว่างโหนดที่ 1 กับโหนดที่ 4 อยู่ในสภาวะที่ไม่สามารถให้บริการได้ ดังนั้นทำให้เมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในรายสื่อสาร (T) มีค่าที่เปลี่ยนแปลงไป และเช่นกันเมตริกซ์สภาวะความคับคั่งของโหนด) ในโครงข่ายสื่อสาร(S) ก็มีค่าที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย การใช้อธิบายกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่ที่มีการแปรเปลี่ยนไปตามสภาวะความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสาร ที่เป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นของนิวรอลในแบบไดนามิกส์ จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทดสอบผลการคำนวณ

โหนดที่ 1 → โหนดที่ 6 → โหนดที่ 2 → โหนดที่ 3 → โหนดที่ 4 ซึ่งเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดใ
สภาวะปกติ โดยมีผลรวมของความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของข่ายสื่อสารที่ใช้เป็นเส้นทางเป็น 0.4847
ไมโครวินาที และมีผลรวมของสภาวะความคับคั่งของโหนดที่ใช้เป็นเส้นทางเป็น 2.075

สมมุติให้ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดที่ 2 และโหนดที่ 3 ไม่สามารถให้บริการได้
รูปที่ 4.11 แสดงเอาท์พุทของนิรอลเน็ตเวิร์ก ที่สภาวะสมดุลซึ่งเมื่อทำการแปลความหมายเอาท์พุทที่ได้รับนี้
ได้เส้นทางคือ

โหนดที่ 1 → โหนดที่ 6 → โหนดที่ 7 → โหนดที่ 3 → โหนดที่ 4 ซึ่งเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดใ
สภาวะที่มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่ถูกใช้เส้นทางอยู่ในสภาวะที่ไม่สามารถให้บริการได้ โดยในเส้นทางที่ได้ใหม่นี้
ผลรวมของความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของข่ายสื่อสารที่ใช้เป็นเส้นทางเป็น 0.4847 ไมโครวินาที และมีผลรวม
ของสภาวะความคับคั่งของโหนดที่ใช้เป็นเส้นทางเป็น 2.551

ซึ่งจากตัวอย่างข้างต้นนี้สามารถสนับสนุนสมมุติฐานในการทดสอบผลของปัจจัยรองในเรื่องสภาวะ
ความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายได้ สาเหตุเพราะในสภาวะปกติเส้นทางที่ได้รับจากการคำนวณจะเป็นเส้นทางที่
มีความล่าช้าโดยเฉลี่ยรวมของข่ายสื่อสารที่ถูกลำมาเป็นเส้นทางน้อยที่สุด แต่หากเกิดความผิดปกติขึ้นในข่ายสื่อ
สารเชื่อมโยงที่ถูกใช้เส้นทางผ่านจนไม่สามารถให้บริการได้ เส้นทางใหม่จะถูกคำนวณขึ้นมาใช้เป็น
เส้นทางใหม่แทน ดังในตัวอย่างข้างต้นเส้นทางที่คำนวณขึ้นมาใหม่นี้มีความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยรวมระหว่าง
ข่ายสื่อสารที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางเท่ากับเส้นทางเดิมในสภาวะปกติ แต่จะมีผลรวมของสภาวะความคับคั่งของ
โหนดที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางผ่านสูงกว่าสภาวะปกติ ตาราง 4.6 แสดงถึงเส้นทางที่คำนวณได้ ผลรวมของความล่า
ช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของข่ายสื่อสาร และ ผลรวมของสภาวะความคับคั่งของโหนดที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางผ่าน
สำหรับตัวอย่างสถานการณ์ที่ยกมาข้างต้น

ตาราง 4.6 การเปรียบเทียบระหว่างสภาวะปกติของข่ายสื่อสารกับสภาวะที่มีข่ายสื่อสารอยู่ในสภาวะที่ไม่สามารถ
ให้บริการได้ สำหรับตัวอย่างที่ยกมาข้างต้น

	สภาวะปกติ	ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่าง โหนด 2 กับโหนด 3 ล้มเหลว
เส้นทางที่คำนวณได้	1→6→2→3→4	1→6→7→3→4
ความล่าช้าทางเวลา (ไมโครวินาที)	0.4847	0.4847
ความคับคั่งของโหนด	2.075	2.551

การวิเคราะห์ผลการทดสอบผลของสมการเงื่อนไขที่เป็นปัจจัยรองในการกำหนดเส้นทาง

ผลของปัจจัยรองในการกำหนดเส้นทางนี้คือผลของสภาวะความคับคั่งของโหนดที่ถูกเลือกเป็นเส้น
ทางผ่าน โดยผลของปัจจัยในเรื่องดังกล่าวนี้จะส่งผลต่อการคำนวณเส้นทางเมื่อเส้นทางที่ดีที่สุดคือมีผลรวมของ
ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในข่ายสื่อสารที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางมีค่าที่เท่ากันมากกว่า 1 เส้นทาง ปัจจัยในเรื่อง

สภาวะความคับคั่งของโหนดจะเป็นปัจจัยในการเลือกเส้นทางที่มีผลรวมของสภาวะความคับคั่งของโหนดที่เป็นเส้นทางผ่านน้อยที่สุดมาเป็นเส้นทางในการติดต่อสื่อสารดังตัวอย่างที่ยกมาแสดงข้างต้น

อย่างไรก็ตามผลของปัจจัยในเรื่องสภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายนี้จะมีผลต่อการคำนวณมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับค่าคงที่ β ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กโดยในตัวอย่างที่แสดงมานี้กำหนดให้ค่า β มีค่าเป็น 0.025 ตลอดการทดสอบซึ่งให้ผลที่ถูกต้อง การกำหนดค่า β ให้มีค่าที่มากเกินไปนั้นจะมีผลกระทบต่อผลการคำนวณอย่างมาก กล่าวคือค่าคงที่ β นี้จะเป็นตัวกำหนดน้ำหนักให้กับเมตริกซ์ S ที่มีขนาดเป็น $N \times 1$ ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กสมการที่ 3.10 ซึ่งเป็นฟังก์ชันของกระแสกระตุ้นในแบบจำลองของ Hopfield Net ดังสมการที่ 3.13 หากกำหนดค่าให้กับ β มีค่ามากเกินไปทำให้เทอมที่ 3 ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กคือ βS มีค่าที่มากกว่าผลบวกของผลคูณใน 2 เทอมแรกของสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่มีค่าคงที่ 0.5 คุณอยู่ ทำให้คำตอบของนิวรอลเน็ตเวอร์ก ที่ได้ไม่เข้าสู่สู่นิวรอลที่แทนโหนดที่มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อกัน แต่กลับมีผลทำให้ได้เส้นทางที่ไม่มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างโหนดที่คำนวณได้ หรืออาจให้คำตอบที่ไม่ใช่คำตอบที่มีผลรวมของความล่าช้าทางเวลาน้อยที่สุดแต่กลับเป็นเส้นทางที่มีผลรวมของสภาวะความคับคั่งของโหนดที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางน้อยที่สุดแทน ดังแสดงในรูปที่ 4.12 เป็นเอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่ได้รับจากการคำนวณเมื่อกำหนดให้โหนดต้นทางคือโหนดที่ 2 และโหนดปลายทางคือโหนดที่ 14 สำหรับสภาวะปกติไม่มีข่ายสื่อสารใดให้บริการไม่ได้

0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.9278	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.9407	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.9447	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

รูปที่ 4.12 เอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวอร์กเมื่อใช้ค่าคงที่ β เป็น 1.5

ทำการแปลความหมายเอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่คำนวณได้นี้ได้เส้นทางคือ
โหนดที่ 2 \rightarrow โหนดที่ 3 \rightarrow โหนดที่ 4 \rightarrow โหนดที่ 11 \rightarrow โหนดที่ 14

ตาราง 4.7 แสดงการเปรียบเทียบผลการคำนวณเมื่อใช้ค่า β ที่แตกต่างกันสำหรับโหนดที่ 2 คือ โหนดต้นทางและโหนดที่ 14 คือโหนดปลายทาง

ตาราง 4.7 การเปรียบเทียบผลการคำนวณเมื่อใช้ค่าคงที่ β ที่ต่างกัน

	$\beta = 0.025$	$\beta = 1.5$
เส้นทางที่คำนวณได้	2→7→15→11→14	2→3→4→11→14
ความล่าช้าทางเวลา (ไมโครวินาที)	0.4602	0.4847
ความคับคั่งของโหนด	2.342	1.565

จากค่าที่ได้ในตาราง 4.7 พบว่าเส้นทางที่ได้รับจากการคำนวณมีค่าที่แตกต่างกันไป เมื่อกำหนดให้ค่าคงที่ β มีค่ามากทำให้ปัจจัยหลักในการคำนวณเปลี่ยนไปเป็นปัจจัยในเรื่องสภาวะความคับคั่งของโหนดแทน หากกำหนดให้ค่าคงที่ β มีค่าน้อยปัจจัยหลักในการคำนวณจะเป็นปัจจัยในเรื่องความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยแทน แต่จากที่ได้กล่าวมาแล้วการกำหนดค่าให้กับ β ที่มีค่าสูงมากเกินไปนั้น ทำให้ได้รับเส้นทางที่ไม่มีสายสื่อสารเชื่อมโยงตามที่คำนวณได้ จึงเป็นสิ่งที่พึงระวังในการกำหนดค่าให้กับค่าคงที่ β

การทดสอบผลของค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอนเน็ตเวิร์ก

ในส่วนนี้ได้ทำการทดสอบผลของค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอนเน็ตเวิร์กที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพลังงานของนิวรอนเน็ตเวิร์กโดยได้สมมติให้โหนดที่ 1 คือโหนดต้นทางและโหนดที่ 4 คือโหนดปลายทาง เมื่อสายสื่อสารดาวเทียมที่ให้บริการเชื่อมระหว่างโหนดทั้ง 2 อยู่ในสภาวะล้มเหลวไม่สามารถให้บริการได้

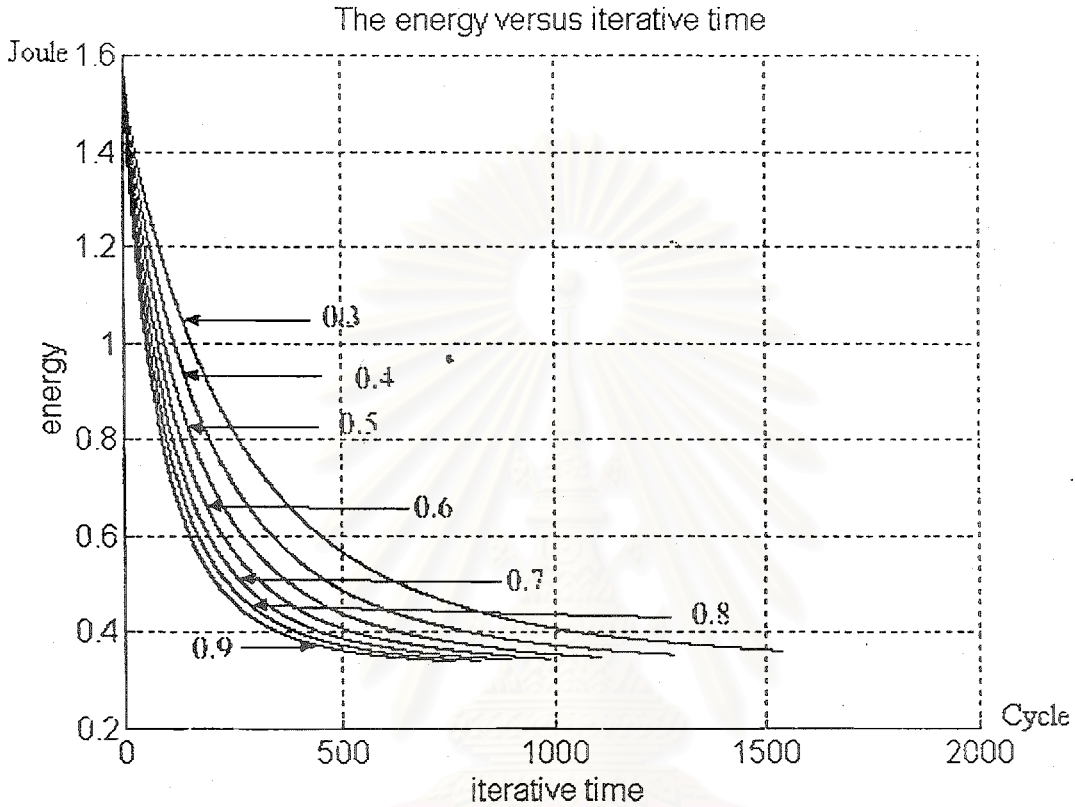
จากสมการที่กำหนดขอบเขตของค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอนเน็ตเวิร์กที่ได้เสนอไปแล้ว ในบทที่ 3 อสมการที่ 3.24 และอสมการที่ 3.28 คือ

$$\alpha\gamma \leq \frac{\mu}{N(1-\theta)} \quad (3.24)$$

$$\frac{\theta T_{\min} + \beta S_{\min}}{1-\theta} \leq \gamma \leq \frac{\theta T_{\max} + \beta S_{\max}}{1-\theta} \quad (3.28)$$

มีค่าคงที่ ที่เป็นตัวกำหนดค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอนเน็ตเวิร์กคือ μ และ θ ที่มีผลต่อค่าคงที่ α และ γ ส่วนค่าคงที่ β ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ซึ่งได้กล่าวถึงผลกระทบของค่าคงที่ β ไปแล้วในหัวข้อก่อนหน้า ในขั้นแรกได้ทำการทดสอบผลของค่าคงที่ μ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน

เมื่อจำนวนรอบในการคำนวณเปลี่ยนไป โดยใช้ค่าคงที่ α มากที่สุดดังสมการที่ 3.24 และค่าคงที่ γ เป็นค่าเฉลี่ยระหว่างค่ามากที่สุดกับค่าน้อยที่สุดดังสมการที่ 3.28 สำหรับค่าคงที่ μ ค่าต่างๆ เมื่อกำหนดให้ค่า θ มีค่าเป็น 0.85 รูปที่ 4.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงของพลังงานสำหรับค่าคง μ ที่ค่าต่างๆกัน



รูปที่ 4.13 พลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่ค่า μ ต่างๆ เมื่อกำหนดให้ θ มีค่าเป็น 0.85 จากรูปที่ 4.13 พลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กจะมีค่าที่ลดต่ำลงเสมอโดยการใช้ค่าคงที่ μ ที่แตกต่างกันมีผลทำให้การลดลงของพลังงานลดลงด้วยความเร็วที่แตกต่างกันโดยที่เมื่อใช้ค่าคงที่ μ มีค่ามากขึ้นทำให้การลดลงของพลังงานเป็นไปอย่างรวดเร็วขึ้น

ได้ทำการทดสอบผลของค่าคงที่ θ ต่อการลดลงของพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กโดยได้กำหนดให้ค่าคงที่ μ มีค่าที่กำหนดไว้ค่าหนึ่ง พบว่าไม่มีผลต่อการลดลงของพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กและไม่มีผลต่อความเร็วในการคำนวณแต่อย่างใด แต่จะมีผลต่อค่าของแต่ละนิวรอลว่าจะมีค่าที่เข้าใกล้ 1 มากน้อยเพียงใด แต่ผลกระทบในส่วนนี้พบว่าไม่มีผลต่อการคำนวณที่น้อยมากจึงไม่ขอกล่าวถึง

การวิเคราะห์ผลกระทบของค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ต่อการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน

จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อใช้ค่าคงที่ μ ที่แตกต่างกันดังรูปที่ 4.13 การลดลงของพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์ก จะลดลงด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ซึ่งมีสาเหตุดังนี้คือ

จากสมการที่ 3.28 ค่าคงที่ γ จะมีค่าอยู่ระหว่างขอบเขตบนและขอบเขตล่างซึ่งขอบเขตดังกล่าวนี้เป็นฟังก์ชันของ เมตริกซ์ที่นำมาเป็นปัจจัยในการคำนวณ ค่าคงที่ของปัจจัยรอง β และค่าที่ θ ซึ่งได้กำหนดให้

ว่าให้มีค่าที่คงที่ ดังนั้นสำหรับสถานะความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารหนึ่งๆขอบเขตของค่าคงที่ γ จะมีค่าที่เฉพาะค่าหนึ่ง ในการทดสอบนี้กำหนดให้ใช้ค่าคงที่ γ เป็นค่าเฉลี่ยระหว่างขอบเขตบนและขอบเขตล่าง

อสมการที่ 3.24 เป็นอสมการที่กำหนดค่าขอบเขตบนของค่าคงที่ α โดยค่าคงที่ α นี้เป็นฟังก์ชันของค่าคงที่ μ จำนวนโหนดในโครงข่ายสื่อสาร N และ ค่าคงที่ θ ซึ่งทั้งจำนวนโหนดในโครงข่ายสื่อสาร N และ ค่าคงที่ θ มีค่าที่คงที่ ดังนั้น α จึงเป็นฟังก์ชันของ μ อย่างเดียว สำหรับโครงข่ายสื่อสารหนึ่งๆ การทดสอบการคำนวณสำหรับค่าคงที่ μ ต่างๆกันจึงเสมือนว่าเป็นการทดสอบการคำนวณที่ค่าคงที่ α ต่างๆกันตามเหตุผลดังกล่าวข้างต้น

จากสมการที่ 3.32 การเปลี่ยนแปลงของพลังงานจะเป็นฟังก์ชันของค่าคงที่ α ดังนั้นเมื่อทำการทดสอบการคำนวณที่ค่าคงที่ α ต่างกันทำให้ผลต่อการลดลงของพลังงานด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน โดยที่ค่าคงที่ α ที่มีค่ามาก พลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กจะเข้าสู่ภาวะสมดุลได้เร็วกว่าการใช้ค่าคงที่ α ที่มีค่าน้อย

การทดสอบผลของค่าคงที่ ซิกมอย ต่อการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน

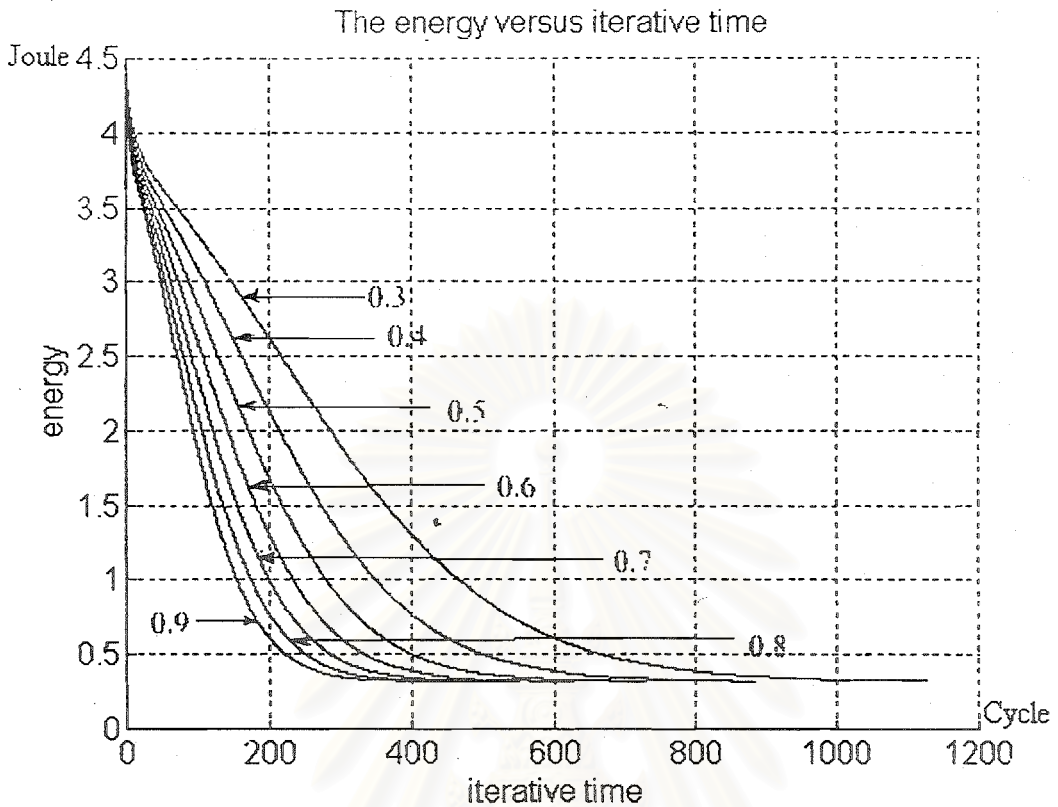
ในการทดสอบผลของค่าคงที่ ซิกมอย ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของพลังงานนี้ ได้สมมติให้ข่ายสื่อสารดาวเทียมที่ให้บริการระหว่างโหนดที่ 1 กับโหนดที่ 4 อยู่ในสถานะที่ล้มเหลวไม่สามารถให้บริการได้ และมีความต้องการติดต่อสื่อสารระหว่างโหนดที่ 3 กับโหนดที่ 8 ดังนั้นการติดต่อระหว่างโหนดที่ 3 ไปยังโหนดที่ 8 ต้องใช้ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่น้อยที่สุดจำนวน 4 ข่ายสื่อสาร ซึ่งเส้นทางที่คำนวณได้เป็นเส้นทางที่มีผลรวมของความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในข่ายสื่อสารที่ใช้เป็นเส้นทางน้อยที่สุด เส้นทางนั้นคือ

โหนดที่ 3 \rightarrow โหนดที่ 7 \rightarrow โหนดที่ 10 \rightarrow โหนดที่ 16 \rightarrow โหนดที่ 8

ซึ่งมีความถูกต้องตามสมการเงื่อนไขที่สร้างขึ้น โดยจะไม่ขอกกล่าวถึงขั้นตอนในการตรวจสอบคำตอบอีก เพราะการตรวจสอบคำตอบสามารถกระทำได้ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อแรกของบทนี้

ได้ทำการทดสอบการคำนวณปัญหานี้กับการใช้ค่าคงที่ ซิกมอย ต่างๆกันไปพบว่า ความเร็วในการลดลงของพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กจะมีค่าที่แตกต่างกันโดยเมื่อใช้ค่าคงที่ของ ซิกมอย ที่มีค่ามากจะทำให้การลดลงของพลังงานเป็นไปอย่างรวดเร็ว ดังที่แสดงในรูปที่ 4.14 ซึ่งผลการทดสอบนี้สอดคล้องตามสมการที่ 3.32 การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กจะเป็นฟังก์ชันของค่าคงที่ ซิกมอย สำหรับโหนดต้นทางและโหนดปลายทางอื่นๆการลดลงของพลังงานก็เป็นเช่นเดียวกัน

อย่างไรก็ตามในสมการที่ 3.32 การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กจะเป็นผลรวมทุกๆ คอลัมน์ของผลคูณแบบเมตริกซ์ระหว่างการทำทรานสโพสของ การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กต่อเอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวิร์กในคอลัมน์นั้นกับการเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กต่อเอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวิร์กในคอลัมน์นั้นกับการเปลี่ยนแปลงเอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวิร์กต่ออินพุทของนิวรอลเน็ตเวิร์กในคอลัมน์นั้น ซึ่งในการทดสอบนี้ได้กำหนดให้ในทุกๆนิวรอลมีทรานสเฟอร์ฟังก์ชันที่เป็นแบบ ซิกมอย เหมือนกันและมีค่าคงที่ ซิกมอย ที่เท่ากันทั้งหมด ดังนั้นการลดลงของพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กจึงเป็นไปอย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนชนิดของทรานสเฟอร์ฟังก์ชันให้เป็นแบบอื่นจะไม่มีผลต่อสถานะสมดุลย์ของพลังงานแต่อย่างใด ตามการพิสูจน์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ถึง eigenvalue ของปัจจัยในการคำนวณโดย Abe (1989)



รูปที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์ก สำหรับค่าคงที่ซิกมอยด์ (λ) ต่างๆกัน

การทดสอบผลของค่าคงที่โมเมนตัมต่อผลการเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์ก

ในการคำนวณแต่ละรอบของนิวรอลเน็ตเวอร์กแต่ละคอลลัมน์ดังสมการที่ 3.16 นี้แสดงถึงค่าอินพุทของนิวรอลในแต่ละคอลลัมน์ในรอบการคำนวณรอบที่ $t+1$ ซึ่งได้จากการนำเอาผลที่ได้จากสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กในรอบการคำนวณนั้น บวกกับค่าเดิมของอินพุทของนิวรอลเน็ตเวอร์กในรอบการคำนวณนั้น สมมติให้เป็นรอบการคำนวณที่ t

$$u_j(t+1) = u_j(t) + \frac{du_j(t)}{dt} \quad (3.16)$$

ได้นำแนวความคิดในการใช้วิธีการโมเมนตัมมาเพื่อจุดประสงค์ในการลดปัญหาในเรื่อง suboptimum ที่เกิดขึ้นในการคำนวณของนิวรอลเน็ตเวอร์กโดยใช้ค่าที่ได้จากสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กในรอบที่ $t-1$ มาบวกเข้าในสมการที่ 3.16 โดยมีค่าคงที่ M เป็นค่าที่กำหนดน้ำหนักของโมเมนตัมนี้ ดังในสมการที่ 4.2

$$u_j(t+1) = u_j(t) + \frac{du_j(t)}{dt} + M \frac{du_j(t-1)}{dt} \quad (4.2)$$

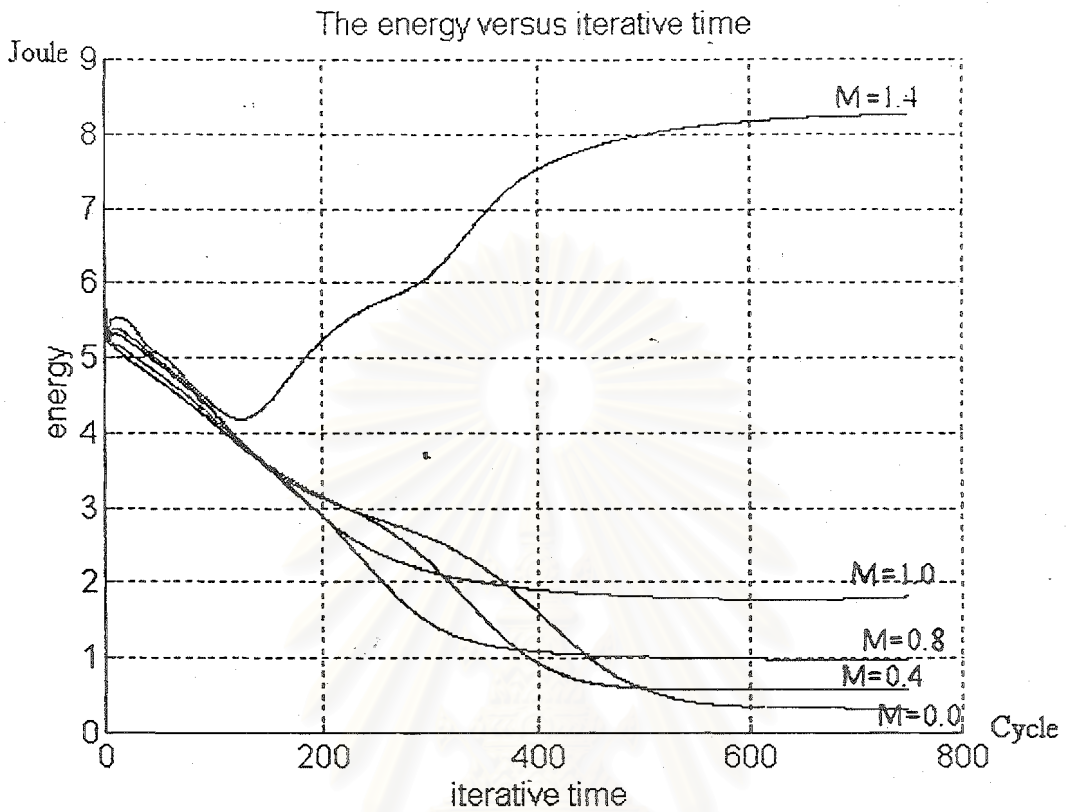
นำผลที่ได้นี้ไปป้อนผ่านทรานสเฟอร์ฟังก์ชันของแต่ละนิวรอล ค่าคงที่ M เรียกว่าเป็นค่าคงที่โมเมนตัม ซึ่งเป็นตัวกำหนดน้ำหนักของการเปลี่ยนแปลงของอินพุตนิวรอลในรอบการคำนวณก่อนหน้านี้

ในการทดสอบผลของค่าคงที่โมเมนตัมต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กได้สมมุติให้ โหนดที่ 2 คือโหนดต้นทาง และโหนดที่ 14 คือโหนดปลายทางสำหรับสภาวะปกติที่ขายสื่อสารเชื่อมโยงทุกๆ ข่ายอยู่ในสภาวะที่สามารถให้บริการได้อย่างสมบูรณ์ รูปที่ 4.15 แสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของ นิวรอลเน็ตเวิร์กที่ใช้ค่าคงที่โมเมนตัมต่างๆกัน โดยใช้ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวิร์กและ ค่าคงที่ μ และค่าคงที่ θ ดังที่ได้แสดงในตาราง 4.8 โดยในการทดสอบนี้กำหนดให้เงื่อนไขในการหยุดการ คำนวณไม่ใช่ผลต่างของพลังงานในรอบการคำนวณที่ติดกัน แต่เพื่อต้องการให้แสดงผลการคำนวณในกรณีที่ คำตอบไม่ลู่เข้าด้วย จึงเปลี่ยนเงื่อนไขในการหยุดการคำนวณเป็นจำนวนรอบที่ใช้ในการคำนวณโดยกำหนดไว้ว่า เมื่อจำนวนรอบในการคำนวณเป็น 750 รอบให้หยุดการคำนวณและแสดงผลพลังงานที่ได้พร้อมทั้งเส้นทางที่ได้ จากการคำนวณ

จากผลการทดสอบพบว่า การใช้ค่าคงที่โมเมนตัมที่มีค่าที่แตกต่างกันมีผลทำให้การเปลี่ยนแปลง พลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน จากรูปที่ 4.15 เห็นได้ว่าเมื่อใช้ค่าคงที่โมเมนตัมที่มีค่าเป็น 0 นั้นคือเมื่อไม่คิดผลของโมเมนตัมเลย พลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กจะมีค่าที่สภาวะสมดุลที่น้อยที่สุด แต่ใช้จำนวนรอบในการคำนวณที่มากโดยสังเกตจากเส้นกราฟแสดงพลังงานที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อ จำนวนรอบในการคำนวณเพิ่มมากขึ้น และเมื่อใช้ค่าคงที่โมเมนตัมเป็น 0.2 จำนวนรอบที่ใช้ในการคำนวณจะมี ค่าที่น้อยลง แต่พลังงานที่สภาวะสมดุลจะมีค่าที่สูงกว่าเมื่อใช้ค่าคงที่โมเมนตัมเป็น 0 จำนวนรอบในการ คำนวณจะลดน้อยลงเมื่อ ใช้ค่าคงที่โมเมนตัมที่มากขึ้น และจากเส้นกราฟเมื่อใช้ค่าคงที่โมเมนตัมเป็น 1.4 พลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กกลับมีค่าที่เพิ่มมากขึ้น และไม่สามารถให้เอาท์พุทที่สอดคล้องตามสมการเงื่อนไข ได้ ค่าพลังงานที่เพิ่มขึ้นนี้มีค่าที่มากกว่าพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่สภาวะเริ่มต้นการคำนวณ เอาท์พุทของ นิวรอลเน็ตเวิร์กจะไม่สามารถนำไปแปลความหมายเป็นเส้นทางในการติดต่อสื่อสารได้ ตาราง 4.9 แสดงพลัง งานของนิวรอลเน็ตเวิร์ก ภายหลังจากการคำนวณ และเส้นทางที่ได้จากการแปลความหมายเอาท์พุทของ นิวรอลเน็ตเวิร์กพร้อมทั้งผลการประเมินเส้นทางที่ได้ว่าเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดหรือไม่อย่างไร

ตาราง 4.8 ค่าคงที่ที่ใช้ในการทดสอบผลของค่าคงที่โมเมนตัม

	Value
μ	0.75
θ	0.85
α	0.008789
β	0.025
γ	33.46



รูปที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอนเน็ตเวิร์กที่ค่าคงที่โมเมนตัม(M) ต่างๆกัน

ตาราง 4.9 ผลการทดสอบผลกระทบของค่าคงที่โมเมนตัม(M)

ค่าคงที่โมเมนตัม (M)	พลังงาน (จูล)	เส้นทาง (Route)	Convergence situation		Not Converge
			optimum	sub_optimum	
0.0	0.3740	2_7_15_11_14	/		
0.2	0.4082	2_7_15_11_14	/		
0.4	0.5796	2_3_4_11_14		/	
0.6	0.7789	2_3_4_11_14		/	
0.8	0.9784	2_3_4_11_14		/	
1.0	1.8160	2_3_4_11_14		/	
1.4	8.262	2_3_7_4_14			/

การวิเคราะห์ผลกระทบของค่าคงที่โมเมนตัมต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงาน

จากตัวอย่างการทดสอบผลของค่าคงที่โมเมนตัมที่แสดงข้างต้นสามารถนำมาวิเคราะห์ถึงลักษณะพฤติกรรมของ การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวตรอนเดิวเทอเรียมได้ดังนี้คือ

สมการที่ 4.2 ที่แสดงการใช้ค่าที่ได้จากสมการการเคลื่อนที่ของนิวตรอนเดิวเทอเรียมในรอบการคำนวณ ก่อนหน้านี้มารวมเข้ากับผลบวกของสมการการเคลื่อนที่ในการคำนวณในรอบนั้น กับค่าอินพุทของนิวตรอนในรอบการคำนวณนั้นเพื่อเป็นอินพุทของ นิวตรอนเดิวเทอเรียมในรอบถัดไป

จากสมการที่ 3.32 ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวตรอนเดิวเทอเรียมซึ่งเป็นฟังก์ชันของการเปลี่ยนแปลงของพลังงานเทียบกับเอาท์พุทของนิวตรอนเดิวเทอเรียมในแต่ละคอลัมน์ของเอาท์พุทของนิวตรอนเดิวเทอเรียมและเป็นฟังก์ชันของการเปลี่ยนแปลงของเอาท์พุทของแต่ละนิวตรอนเทียบกับอินพุทของแต่ละนิวตรอนดังในสมการที่ 3.33

ผลของการนำค่าโมเมนตัมมาบวกไว้ในอินพุทของนิวตรอนเดิวเทอเรียมในแต่ละรอบของการคำนวณนั้นมีผลทำให้สมการที่ 3.32 ใน 2 เทอมแรกมีค่าที่เพิ่มมากขึ้น สาเหตุเพราะการนำโมเมนตัมมาคิดรวมด้วยทำให้ค่าของอินพุทของ นิวตรอนเดิวเทอเรียมในแต่ละตัวมีค่าที่มากขึ้นกว่าในสภาวะที่ไม่นำโมเมนตัมมาคิด ดังนั้นเมื่อนำค่าของอินพุทนี้ไปป้อนผ่านทรานสเฟอร์ฟังก์ชันที่เป็นแบบ ซิกมอยด์ ซั้วเดียว ทำให้ค่าเอาท์พุทที่ได้มีค่าที่มากกว่าในสภาวะที่ไม่นำเอาโมเมนตัมมาคิด ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของพลังงานของ นิวตรอนเดิวเทอเรียมต่อเอาท์พุทของนิวตรอนเดิวเทอเรียม ดังสมการที่ 4.1 มีค่าที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้การเปลี่ยนแปลงของพลังงานของนิวตรอนเดิวเทอเรียมต่อเวลาในการคำนวณดังในสมการที่ 3.32 มีค่าที่ลดลงอย่างรวดเร็วขึ้น ซึ่งสนับสนุนผลการทดสอบดังที่แสดงในรูปที่ 4.15 นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวตรอนเดิวเทอเรียมต่อเวลาในการคำนวณยังมีผลมาจากสมการที่ 3.33 คือ การเปลี่ยนแปลงเอาท์พุทของนิวตรอนเดิวเทอเรียมต่ออินพุทของนิวตรอนเดิวเทอเรียม จะเป็นฟังก์ชันของอินพุทของนิวตรอนเดิวเทอเรียมด้วย ซึ่งผลของสมการที่ 3.33 นี้แสดงถึงความชันของทรานสเฟอร์ฟังก์ชันแบบซิกมอยด์ ซั้วเดียว ที่นำมาใช้ ค่าอินพุทของนิวตรอนที่มากขึ้นนี้ทำให้ ความชันของทรานสเฟอร์ฟังก์ชันมีค่าเข้าใกล้ 0 มาก ทำให้การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวตรอนเดิวเทอเรียมมีค่าที่น้อยลง

ผลจากทั้ง 2 ส่วนที่กล่าวมาทำให้การนำโมเมนตัมมาใช้ในการคำนวณ ทำให้พลังงานของนิวตรอนเดิวเทอเรียมมีการลดลงอย่างรวดเร็ว และเข้าสู่สภาวะสมดุลที่รวดเร็วขึ้น แต่สภาวะสมดุลของพลังงานดังกล่าวนี้อาจไม่ใช่ค่าที่ต่ำที่สุดที่เป็นไปได้ ทั้งนี้ขึ้นกับค่าคงที่ที่ใช้ในการกำหนดน้ำหนักให้กับโมเมนตัม และสภาวะของความซับซ้อนในเมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาที่นำมาเป็นปัจจัยหลักในการคำนวณ อย่างไรก็ตามผลการทดสอบที่ยกมาแสดงนี้เป็นเพียง 1 ตัวอย่างที่สามารถเห็นผลกระทบต่อการลดลงของพลังงานได้อย่างชัดเจน การเลือกค่าคงที่โมเมนตัมที่เหมาะสมสำหรับปัญหาหนึ่งๆ นั้นยังต้องใช้วิธีการลองสุ่มแล้วจึงเลือกค่าที่ดีที่สุด

การเลือกค่าคงที่โมเมนตัมที่ไม่เหมาะสมดังตัวอย่างที่แสดงให้เห็นข้างต้นนี้ เมื่อใช้ค่าคงที่โมเมนตัมเป็น 1.4 พลังงานของนิวตรอนเดิวเทอเรียมที่สภาวะสมดุลมีค่าที่มากกว่าพลังงานที่จุดเริ่มต้นการคำนวณ และเอาท์พุทของนิวตรอนหลังจากการแปลความหมายแล้วได้เส้นทางที่ไม่มีขายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดที่ได้จากการแปลความหมายดังตาราง 4.9 ซึ่งเป็นสิ่งที่พึงระวังในการกำหนดค่าคงที่โมเมนตัมในการคำนวณ

ในการทดสอบผลการคำนวณและการวิเคราะห์ผลการคำนวณที่ได้กล่าวถึงมาแล้วนี้ได้แสดงผลกระทบในส่วนต่างๆที่เป็นอินพุตเข้ามาสู่นิวรอลเน็ตเวิร์กดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.1 อย่างไรก็ตามก็ได้ทำการเปลี่ยนแปลงเพื่อปรับปรุงข้อจำกัดบางประการเช่น ในเรื่องการคำนวณหาเส้นทางภายใต้ข้อจำกัดในเรื่องจำนวนข้ายสื่อสารที่น้อยที่สุดที่ต้องใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง โดยได้แสดงรายละเอียดในการคำนวณพร้อมผลการทดสอบไว้ในภาคผนวก



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ในการวิจัยฉบับนี้เสนอวิธีการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสาร โดยได้นำเอานิวรอลเน็ตเวอร์กชนิด Hopfield Net มาประยุกต์ใช้ในการคำนวณ โดยมีปัจจัยในเรื่องความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในโครงข่ายสื่อสารมาเป็นปัจจัยหลัก และสภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายสื่อสารเป็นปัจจัยรอง ในการคำนวณหาเส้นทางที่ดีที่สุด

การนำเอา Hopfield net มาประยุกต์ในการกำหนดเส้นทางนี้ได้นำเอาการประยุกต์ใช้ Hopfield net ในปัญหาเรื่อง Travelling Saleman Problem มาประยุกต์ใช้อีกทีหนึ่ง โดยการสร้างสมการเงื่อนไขที่เหมาะสมขึ้นเพื่อนำมาประกอบกันขึ้นเป็นสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่ต้องการทำให้มีค่าที่น้อยที่สุด สมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์ก ที่สร้างขึ้นนี้เป็นฟังก์ชันของเอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวอร์ก ซึ่งหากค่าเอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวอร์กมีค่าที่ทำให้พลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กมีค่าที่น้อยที่สุดแล้ว เอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวอร์กนั้นจะถูกนำไปแปลความหมายเป็นเส้นทางที่ได้รับจากการคำนวณ โดยคาดหวังไว้ว่าเส้นทางที่ได้นี้จะทำให้ผลรวมความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยภายในข่ายสื่อสารเชื่อมโยงในเส้นทางนั้นต้องมีค่าที่น้อยที่สุด และหากมีเส้นทางที่มีผลรวมของความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยภายในข่ายสื่อสารเชื่อมโยงในเส้นทางที่คำนวณได้มีค่าที่น้อยที่สุดมากกว่า 1 เส้นทางแล้ว เส้นทางที่มีผลรวมของสภาวะความคับคั่งของโหนดที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางผ่านที่น้อยที่สุด จะเป็นเส้นทางที่ได้รับจากการคำนวณ

ผลการทดสอบการคำนวณที่ได้ดังที่ได้แสดงในบทที่ 4 สามารถบ่งบอกได้ว่าวิธีการที่ได้เสนอขึ้นมาจะสามารถให้ผลการคำนวณที่ถูกต้องได้ระดับหนึ่ง และสามารถควบคุมความเร็วในการคำนวณได้ อย่างไรก็ตาม ปัญหาในเรื่อง suboptimum ยังคงเป็นปัญหาที่พบมากในการคำนวณโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อกำหนดให้ในแต่ละข่ายสื่อสารเชื่อมโยงมีความล่าช้าทางเวลาที่ใกล้เคียงกันมากๆ ในการวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการในการกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีการใหม่ขึ้นมา ซึ่งสามารถช่วยลดปัญหาในเรื่อง suboptimum ลงไปได้ระดับหนึ่ง การกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีใหม่ที่ได้เสนอขึ้นมา ค่าของแอกติฟนิวรอลจะมีค่าที่แปรเปลี่ยนไปตามค่าผลต่างของอัตราความสามารถในการให้บริการของข่ายสื่อสารกับ อัตราการเข้าสู่ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงของแพคเกจ ซึ่งทำให้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีการใหม่ขึ้นเป็นการกำหนดค่าในแบบไดนามิกส์ (Dynamic) และสามารถคำนวณหาเส้นทางในแบบไดนามิกส์ ได้ นอกจากนี้ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กในการคำนวณสำหรับสภาวะปริมาณการสื่อสารหนึ่งๆ จะมีค่าที่แปรเปลี่ยนไปตามสภาวะปริมาณการสื่อสารนั้นด้วยทำให้ผลการทดสอบการคำนวณที่ได้มีค่าที่ถูกต้อง และลดปัญหาในเรื่อง suboptimum ลงไปได้

อย่างไรก็ตามในการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการใหม่นี้มีผลทำให้พลังงานของ นิวรอลเน็ตเวอร์กเข้าสู่สภาวะสมดุลได้ช้ากว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม อันเป็นสาเหตุให้ใช้เวลาในการคำนวณที่

นานมากขึ้น แต่ข้อจำกัดในส่วนนี้ได้ถูกแสดงให้เห็นว่าสามารถลดการใช้เวลาในการคำนวณลงได้โดยการใช้การเพิ่มค่าคงที่ซิกมอย และ การเพิ่มค่าคงที่ μ ดังที่ได้แสดงผลในบทที่ 4 ข้างต้น

ข้อเสนอแนะ

ในการใช้ Hopfield net มาประยุกต์ใช้ในปัญหาเรื่อง optimization นี้จำเป็นต้องสร้างสมการพลังงานที่ประกอบขึ้นจากสมการเงื่อนไขต่างๆในการคำนวณ ค่าคงที่ที่กำหนดน้ำหนักให้กับสมการเงื่อนไขเป็นเรื่องที่สำคัญมาก สาเหตุเพราะหากไม่สามารถกำหนดค่าให้เหมาะสมกับปัญหาได้แล้วพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กจะไม่ลู่เข้าสู่ค่าที่ต่ำที่สุด และการที่สมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กประกอบขึ้นจากสมการเงื่อนไขหลายๆเทอมแล้ว จะทำให้ปัญหาในการคำนวณเป็นปัญหาที่ซับซ้อน ยากแก่การกำหนดค่าน้ำหนักให้แก่แต่ละเทอมเงื่อนไข และคำตอบที่ได้จากการคำนวณมีโอกาสที่จะได้รับคำตอบที่ผิดพลาดได้มาก และปัญหาในเรื่อง suboptimum จะมีเกิดขึ้นมากตามสมการเงื่อนไขที่เพิ่มขึ้น

มีวิธีการที่จะเข้าสู่คำตอบได้หลายวิธี อย่างเช่น Steepest descent , Simulated annealing เป็นต้น โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการแบบ Steepest descent สาเหตุเพราะในการประยุกต์ใช้ในปัญหาเรื่องการกำหนดเส้นทางจำเป็นต้องได้รับการตอบสนองทางเวลาที่รวดเร็วดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีการดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตามวิธีการแบบ Simulated annealing ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ได้ โดยมีข้อดีในความสามารถลดปัญหาในเรื่อง suboptimum ได้แต่จะให้ผลการคำนวณที่ช้ากว่า ดังนั้นสำหรับการประยุกต์ใช้กับปัญหา optimization อื่นๆ ที่ไม่ต้องการการตอบสนองที่รวดเร็ววิธีการแบบ Simulated annealing จึงเป็นวิธีการที่ควรนำมาพิจารณาอีกวิธีหนึ่ง นอกจากวิธีในการแก้ปัญหาในเรื่อง suboptimum โดยการนำวิธีการคำนวณแบบ Simulated annealing แล้วยังมีงานวิจัยที่ได้เสนอวิธีการ Tunnelling ที่เสนอโดย Cheung และ Lee (1992) โดยวิธีการนี้ได้นำมาทดสอบใช้กับปัญหาในเรื่อง suboptimum ที่เกิดในการประยุกต์กับ Travelling Saleman Problem ซึ่งผลการทดสอบให้ผลที่ระดับหนึ่ง แต่เมื่อเพิ่มจำนวนเมืองในปัญหาขึ้นวิธีการ Tunnelling ยังคงไม่สามารถแก้ปัญหา sub optimum ได้ดีเท่าที่ควร

นอกจากนี้ Wang และ Tsai (1991) ได้นำเสนอการสร้างสมการพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่มีค่าที่แปรเปลี่ยนไปตามเวลา(time varying) โดยได้นำมาประยุกต์กับปัญหา Travelling Saleman Problem ซึ่งได้ผลการทดสอบที่ลดปัญหาเรื่อง suboptimum ได้

Fritsch และ Mandel (1991) ได้เสนอการใช้นิวรอลเน็ตเวอร์กแบบ Kohonen ซึ่งเป็น Self Organize นิวรอลเน็ตเวอร์กมาใช้ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารโดย ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของ Hopfield Net ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องมาจากการกำหนดค่าให้แก่ น้ำหนักในการคำนวณแต่ละรอบไม่เหมาะสมกับสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่มีค่าที่เปลี่ยนแปลงไป อันเป็นอีกสาเหตุหนึ่งในการเกิดปัญหาเรื่อง suboptimum

Sherai (1995) ได้เสนอการแก้ปัญหาในการนำ ยีนส์นิติก อัลกอริทึม (Genectic Algorithm) มาประยุกต์กับ Hopfield net โดยมีจุดประสงค์ที่จะกำจัดข้อจำกัดในเรื่อง suboptimum ลง Sherai ได้กำหนดปัญหาในเรื่อง Travelling Saleman Problem มาใช้ในการทดสอบ ซึ่งให้ผลการทดสอบที่ถูกต้องมากขึ้น

นอกจากนี้ มีงานวิจัยในการใช้วิธีการคำนวณโดยใช้ ยีนส์นิติก อัลกอริธึม ในการกำหนดเส้นทางการบิน ของเครื่องบินโดยสารที่ได้เสนอโดย Gerdes (1994) และ การกำหนดเส้นทางของระบบรถไฟ ที่ได้ถูกเสนอโดย Brown และ คณะ (1992) ซึ่งเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจ เพราะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสารได้ และอาจสามารถแก้ไขข้อจำกัดในเรื่อง suboptimum ได้เพราะในวิธีการใช้ ยีนส์นิติก อัลกอริธึม นี้ไม่ต้องยุ่งเกี่ยวกับวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นเช่นเดียวกับการใช้ นิวรอลเน็ตเวิร์ก

ดังนั้นในการแก้ปัญหาเรื่อง suboptimum ในงานวิจัยนั้นนอกจากใช้วิธีการการกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีการใหม่ที่ได้เสนอมานี้แล้วยังอาจใช้วิธีดังกล่าวข้างต้นมาทดลองประยุกต์เพื่อแก้ปัญหา suboptimum ได้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาอังกฤษ

- Abe, S. 1989. Theories of hopfield neural network. International Joint Conference on Neural Network 1: 557-564.
- Brown, D.E., et al. 1992. Rail network routing and scheduling using simulated annealing. International Joint Conference on Man and Cybernetic 1:588-592.
- Cheung, K.W., and Lee, T. 1992. Neural networks for global optimum. International Joint Conference on Neural Network 1: 53-63.
- Collectt, M., and Pedrycz, W. 1991. Application of neural networks for routing in telecommunication networks. Global Telecommunications Conference 2: 1001-1006.
- Daigle, J.N. 1992. Queueing theory for telecommunication. New York: Addison-Wesley Co.
- Fritsch, T., and Mandel, W. 1991. Communication network routing using neural network numerical aspect and alternative approaches. International Joint Conference on Neural Network 1: 752-757.
- Gerds, I.S. 1994. Application of genetic algorithm to the problem for free_routing aircraft. Proceeding of The first IEEE Conference on Evaluating Computation 1: 536-541.
- Hopfield, J.J., and Tank, D.W. 1985. Neural computation in optimization problem. Biology Cybernetic 52: 141-152.
- _____. 1986. Simple 'neural' optimization network and a/d converter signal decision circuit and a linear programming circuit. IEEE Transaction on Circuit and System 33: 533-541.
- Jensen, J.E., and Eshara, M.E. 1990. Neural network control for adaptive routing in servivable communication network. International Joint Conference on Neural Network 2: 29-36.
- Kamoun, F., and Ali, M.K.M. 1991. A neural network shortest path algorithm for optimum routing in packet switched communication networks. Global Telecommunications Conference. 1: 120-124.
- _____. 1993. Neural network for shortest path communication and routing in computer network. IEEE Transaction on Neural Network 4: 941-953.
- Kleinrock, J. 1976 Queueing system vol 2 computer. New York: John Winley.
- Lee, S.L., and Chang, S. 1993. Neural network for communication routing with unreliable component. IEEE Transaction on Neural Network 4: 584-564.
- Rauch, H.E., and Winnarske, T. 1988. Neural network for routing communication traffic. IEEE Control System Magazine 1: 26-30.
- Sherai, H., et al. 1995. A solution of combinatorial optimization problem by uniting genetic algorithm with hopfield model. International Joint Conference on Neural Network 7: 7404-7409.

- Wang, S.D., and Tsai, C.M. 1992. Hopfield net with time varying energy function for solving the travelling salesman problem. International Joint Conference on Neural Network 4: 304-309.
- Wieselthier, J.F., and Ephremides, A. 1994. A Neural network approach to routing without interference in multihop radio network. IEEE Transaction on Communication 42:166-177.
- Zhang, L., and Thomopolous, S.C.A. 1989. Neural network implementation of the shortest path algorithm for traffic routing in communication network International Joint Conference on Neural Network:2: 486-591.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

