สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การจำลองการทำงานของโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ที่มีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร

SIMULATION OF CIRCUIT-SWITCHED NETWORKS WITH SELECTIVE CIRCUIT RESERVATION CONTROL MANAGEMENT

T047900

ชัชวาลย์ บุบผาชาติ
CHATCHAWAN BOOBPACHAT

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 47900
วัน, เดือน, ปี 2 ส ส.ค. 2546

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ISBN 974-648-915-1

SIMULATION OF CIRCUIT-SWITCHED NETWORKS WITH SELECTIVE CIRCUIT RESERVATION CONTROL MANAGEMENT

CHATCHAWAN BOOBPACHAT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSITITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2002

ISBN 974-648-915-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2002

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจำลองการทำงานของโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์
ที่มีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร
นักศึกษา นายชัชวาลย์ บุบผาชาติ
รหัสประจำตัว 39061021
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ. 2545
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร. ถวิล พึ่งมา
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ศ. มนูญ สุขเกษม

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เสนอวิธีในการจำลองแบบโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ที่มีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร โดยได้ทดสอบจำลองโครงข่ายทั้งแบบ 3 โหนด แบบ 4 โหนด แบบ 6 โหนด และแบบ 8 โหนด ให้มีทราฟฟิกขอบริการระหว่างแต่ละโหนดจากน้อยไปหามาก และมีการจัดเส้นทางให้ทราฟฟิกล้น ผลการจำลองที่มีการควบคุมการเลือกสำรองวงจร ปรากฏว่าระดับของทราฟฟิกได้บริการ ดีกว่าการไม่มีการควบคุมการเลือกสำรองวงจรอย่างชัดเจน ทำให้สามารถใช้โครงข่ายที่มีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Simulation of Circuit-Switched Networks with Selective Circuit Reservation Control Management
Student	Mr.Chatchawan Boobpachat
Student ID.	39061021
Degree	Master of Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	2002
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Tawil Pungma
Thesis Co-Advisor	Prof. Manoon Sukkasem

ABSTRACT

This thesis presents a method of circuit-switched network simulation with selective circuit reservation control; network management. The simulation has simulated in case of 3 nodes, 4 nodes, 6 nodes and 8 nodes network by increasing traffic between nodes and routes traffic in directly routes. The overflow traffics are routed in alternately routes. The results of simulation with selective circuit reservation control are better than network without reservation clearly. The performance of this network management is being able to make use of existing network efficiently.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ มนูญ สุขเกษม และรองศาสตราจารย์ ดร. ถวิล พึ่งมา อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้ความรู้ ให้โอกาส คำแนะนำ คำสั่งสอน และคำปรึกษา ตลอดการเรียน และการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่แผนกวิศวกรรมโทรศัพท์ กองวิศวกรรม และเจ้าหน้าที่กองโทรศัพท์ระหว่างประเทศ การสื่อสารแห่งประเทศไทย ที่ได้ให้แนวทางข้อมูลอันเป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์นี้

ชัชวาลย์ บุบผาชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญรูป.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการวิจัย.....4

1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....4

1.4 ทฤษฎี และแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....5

1.5 ขอบเขตการวิจัย และขั้นตอนของการวิจัย.....5

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....6

1.7 ภาพรวมของวิทยานิพนธ์.....6

บทที่ 2 ทฤษฎีเบื้องต้น และแนวทางการวิจัย.....7

2.1 ประเภทของทราฟฟิกในระบบชุมสาย.....7

2.2 ระบบการควบคุมอัตโนมัติเมื่อชุมสายเกิดการคับคั่ง.....9

2.3 การจัดการควบคุมสำรองวงจร.....9

2.4 การคำนวณ และการหาคำตอบของโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์.....13

2.5 แนวทางการวิจัยของวิทยานิพนธ์.....14

บทที่ 3 การจำลองการทำงานโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์.....15

3.1 เงื่อนไขการจำลองแบบ.....15

3.2 การสร้างแบบจำลอง.....15

3.3 สมมติฐานลักษณะของทราฟฟิกโทรศัพท์.....17

3.4 การจัดเส้นทางของการเรียกในระบบชุมสาย..... 20

3.5 ข้อมูลที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรม และผลที่จะได้จากโปรแกรม..... 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผล..... 23

4.1 การทดสอบสมรรถนะของแบบจำลอง.....23

4.2 การทดลองโครงข่ายมีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรทั้งหมด ทุกโหนด ทุกสาย.....25

4.2.1 ทดลองโครงข่าย 3 โหนด.....26

4.2.2 ทดลองโครงข่าย 4 โหนด.....27

4.2.3 ทดลองโครงข่าย 6 โหนด.....29

4.2.4 ทดลองโครงข่าย 8 โหนด.....31

4.3 การทดลองโครงข่ายมีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร ในบางโหนด.....33

4.3.1 กรณีทรั้งก์แบบสองทิศทาง.....33

4.3.2 กรณีแบ่งกลุ่มวงจรในการรับ และการส่งทราฟฟิกแบบ วงจรทิศทางเดียว.....34

4.4 การทดลองการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรโดยมีการเปลี่ยนแปลง ผลตอบสนอง.....36

4.4.1 โครงข่าย 3 โหนดที่มีการเปลี่ยนแปลงผลตอบสนองของ การควบคุมสำรองวงจร.....36

4.4.2 โครงข่าย 4 โหนดที่มีการเปลี่ยนแปลงผลตอบสนองของ การควบคุมสำรองวงจร.....38

4.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....40

บทที่ 5 บทสรุป และวิจารณ์เสนอแนะ.....43

เอกสารอ้างอิง.....44

ภาคผนวก 46

ภาคผนวก ก. ตัวอย่างข้อมูลและผลการทำงานของโปรแกรม.....47

ภาคผนวก ข. โปรแกรม Simulate.cpp.....52

ประวัติผู้เขียน.....60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ตัวอย่างการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร.....12

4.1 ผลจากการจำลองการทำงานเปรียบเทียบกับ ITU ตาม [8] และตาม [9].....24

4.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ของทราฟฟิกที่ไม่สามารถให้บริการได้ของโครงข่าย 3 โหนด.....26

4.3 แสดงเปอร์เซ็นต์ของทราฟฟิกที่ไม่สามารถให้บริการได้ของโครงข่าย 4 โหนด.....28

4.4 แสดงเปอร์เซ็นต์ของทราฟฟิกที่ไม่สามารถให้บริการได้ของโครงข่าย 6 โหนด.....30

4.5 แสดงเปอร์เซ็นต์ของทราฟฟิกที่ไม่สามารถให้บริการได้ของโครงข่าย 8 โหนด.....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 การจัดลำดับชั้นและการจัดเส้นทางปริมาณสื่อสารในโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์.....2
1.2 การเชื่อมต่อของวิธีการจัดเส้นทางที่ไม่เป็นลำดับชั้น.....3
2.1 การแบ่งประเภททราฟฟิกในระบบซุมสาย.....8
2.2 แผนผังการทำงานของการควบคุมการเลือกสำรองวงจร.....11
2.3 โครงข่ายตัวอย่างแสดงการควบคุมการเลือกสำรองวงจร.....12
3.1 แผนผังวิธีการ Discrete Event Simulation.....16
3.2 การจำลองแบบกรณี 1 กลุ่มทราฟฟิก 1 วงจร.....17
3.3 แผนผังการทำงานของแบบจำลองการทำงานของโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์.....19
3.4 ตัวอย่างแผนผังการทำงานของระบบซุมสาย.....20
3.5 แผนผังการทำงานของการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมที่สร้างขึ้น.....22
4.1 โมเดลที่ทำการทดสอบสมรรถนะ.....24
4.2 การเชื่อมต่อของโครงข่าย 3 โหนด.....26
4.3 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของโครงข่าย 3 โหนด.....27
4.4 การเชื่อมต่อของโครงข่าย 4 โหนด.....27
4.5 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของโครงข่าย 4 โหนด.....28
4.6 การเชื่อมต่อของโครงข่าย 6 โหนด.....29
4.7 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของโครงข่าย 6 โหนด.....30
4.8 การเชื่อมต่อของโครงข่าย 8 โหนด.....31
4.9 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของโครงข่าย 8 โหนด.....32
4.10 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการของแต่ละโหนดจากกรณีทรั้งก์แบบสองทิศทาง.....33
4.11 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของแต่ละโหนดจากกรณีแบ่งกลุ่มวงจรในการรับและการส่งทราฟฟิกแบบวงจรทิศทางเดียว.....34
4.12 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการของทราฟฟิกที่ให้ความสำคัญของแต่ละโหนด กรณีแบ่งกลุ่มวงจรในการรับ และการส่งทราฟฟิกแบบวงจรทิศทางเดียว.....35
4.13 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของโครงข่ายในการทดลองกรณีโครงข่าย 3 โหนด ที่มีการเปลี่ยนแปลงผลตอบสนองของการควบคุมสำรองวงจรและทราฟฟิกขอบริการของแต่ละกลุ่มทราฟฟิกเท่ากับ 12 Erlangs.....36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.14 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของโครงข่ายในการทดลองกรณี
โครงข่าย 3 โหนดที่มีการเปลี่ยนแปลงผลตอบสนองของการควบคุมสำรองวงจร
และทราฟฟิกขอบริการของแต่ละกลุ่มทราฟฟิกเท่ากับ 15 Erlangs.....37
4.15 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของโครงข่ายในการทดลองกรณี
โครงข่าย 4 โหนดที่มีการเปลี่ยนแปลงผลตอบสนองของการควบคุมสำรองวงจร
และทราฟฟิกขอบริการของแต่ละกลุ่มทราฟฟิกเท่ากับ 12 Erlangs.....38
4.16 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของโครงข่ายในการทดลองกรณี
โครงข่าย 4 โหนดที่มีการเปลี่ยนแปลงผลตอบสนองของการควบคุมสำรองวงจร
และทราฟฟิกขอบริการของแต่ละกลุ่มทราฟฟิกเท่ากับ 15 Erlangs.....39
4.17 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของโครงข่ายเมื่อไม่มีการควบคุมสำรองวงจร.....41
5.1 ลักษณะโครงข่ายที่ใช้งานเซอร์กิตสวิตช์ร่วมกับการทำงานที่ไม่เป็นเซอร์กิตสวิตช์.....44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

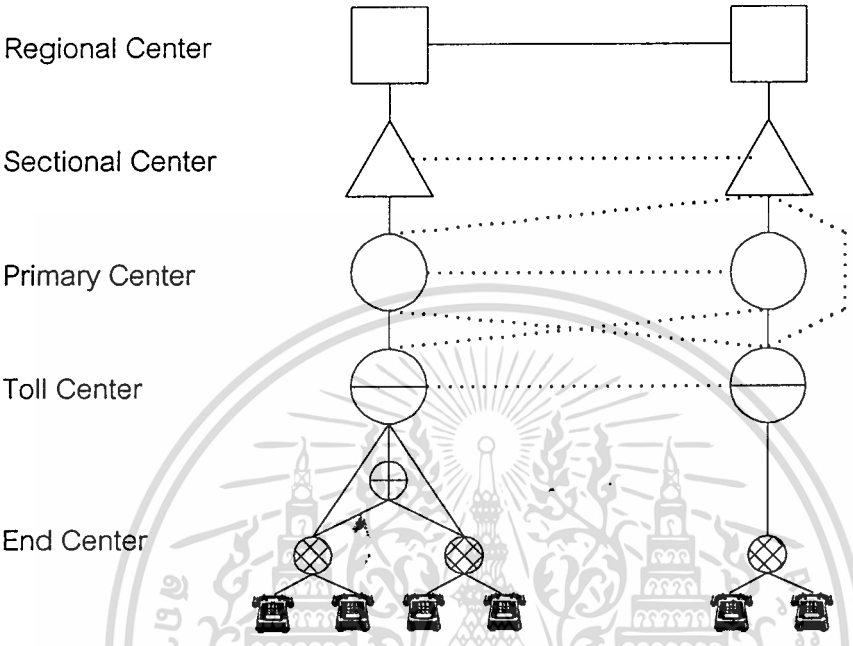
เทคโนโลยีหลักของการพัฒนาโครงข่ายโทรคมนาคมสาธารณะ [1] ในการสวิตช์ คือ เทคโนโลยีเซอร์กิตสวิตช์ ที่สวิตช์วงจร และเทคโนโลยีแพ็คเกตสวิตช์ ที่สวิตช์กลุ่มข้อมูล ข้อแตกต่างที่ชัดเจนประการหนึ่งของเทคโนโลยีเซอร์กิตสวิตช์กับเทคโนโลยีแพ็คเกตสวิตช์คือ ในการติดต่อแต่ละครั้งชุมสายเซอร์กิตสวิตช์จะทำการเชื่อมโยงวงจรจากผู้เรียกไปยังผู้ถูกเรียก และครอบครองวงจรนั้นตลอดเวลาของการใช้งาน ทำให้ค่าดีเลย์ระหว่างต้นทางกับปลายทางคงที่ จึงเหมาะสมที่จะใช้ในการให้บริการสื่อสารโทรคมนาคมทางเสียง โดยเฉพาะการสื่อสารด้วยโทรศัพท์ซึ่งเป็นการสื่อสารขั้นพื้นฐานในชีวิตประจำวัน เทคโนโลยีเซอร์กิตสวิตช์ สามารถให้บริการในการสนทนาได้อย่างเป็นธรรมชาติมากที่สุด ส่วนเทคโนโลยีแพ็คเกตสวิตช์นั้น ค่าดีเลย์ระหว่างต้นทางกับปลายทางอาจไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับจำนวนการใช้งานหรือจำนวนข้อมูลในช่วงเวลานั้นคือ เมื่อโหลดของโครงข่ายเพิ่มขึ้น ค่าดีเลย์ก็จะเพิ่มตามขึ้นด้วย อาจทำให้การนำมาใช้ในการสนทนาในช่วงเวลาดังกล่าวด้อยคุณภาพลง แต่ก็ไม่มีการบล็อกกิ้ง ทำให้ทั้งสวิตช์และทรังก์ถูกใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าที่จะนำไปใช้กับการเรียกใดการเรียกหนึ่งโดยเฉพาะ อย่างไรก็ดีในด้านพัฒนาการของโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ ก็ได้มีการพัฒนาจากระบบจักรกลไปสู่ระบบอิเลคทรอนิคส์ที่มีการควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ มีการจัดการแบบอัตโนมัติจากชุมสายโทรศัพท์รุ่นใหม่ที่เป็นระบบ SPC (Stored Program Control) ที่มีประสิทธิภาพ และความสามารถในการทำงานมากขึ้น

ในโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ เมื่อมีการเรียกใช้งานโทรศัพท์ไปยังผู้ใช้นอกเหนือจากสมาชิกในชุมสายท้องถิ่นเดียวกันในการติดต่อโทรศัพท์ทางไกลระหว่างเมืองหรือระหว่างประเทศ จะมีการเชื่อมโยงระหว่างชุมสายหรือระหว่างโครงข่าย ในบางกรณีอาจจำเป็นจะต้องมีชุมสายต่อผ่าน (Tandem Office หรือ Transit Switching Center) โดยผู้ให้บริการมักจะต้องมีการจัดเส้นทางให้กับทราฟฟิกระหว่างชุมสายหรือระหว่างโครงข่ายมากกว่าหนึ่งเส้นทางที่ประกอบด้วยเส้นทางหลักและเส้นทางเผื่อเลือกลำดับต่อๆไป

รูปแบบของการจัดเส้นทางทราฟฟิก [2] ของโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ มีทั้งที่เป็นแบบที่มีวิธีการจัดเส้นทางเป็นลำดับชั้น (hierarchical Routing methods) ที่มีเส้นทางหลัก และเส้นทางเลือกลำดับต่อไปที่คงที่ และแบบที่มีวิธีการจัดเส้นทางที่ไม่เป็นลำดับชั้น (non-hierarchical

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

routing methods) ที่ขั้นตอนการจัดเส้นทางทราฟฟิกล้น (Overflow Traffic) ไม่จำเป็นต้องไปตามลำดับชั้นของโครงข่าย



รูปที่ 1.1 การจัดลำดับชั้นและการจัดเส้นทางทราฟฟิกในโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์

จากรูปที่ 1.1 เป็นการแบ่งลำดับชั้นในการสับเปลี่ยนเส้นทางแบบที่มีวิธีการจัดเส้นทางเป็นลำดับชั้น ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ลำดับชั้นคือ

ลำดับชั้นที่ 1 : รีจินอล เซ็นเตอร์ (Regional Center)

ลำดับชั้นที่ 2 : เซ็คชั่นนอล เซ็นเตอร์ (Sectional Center)

ลำดับชั้นที่ 3 : ไพมารี่ เซ็นเตอร์ (Primary Center)

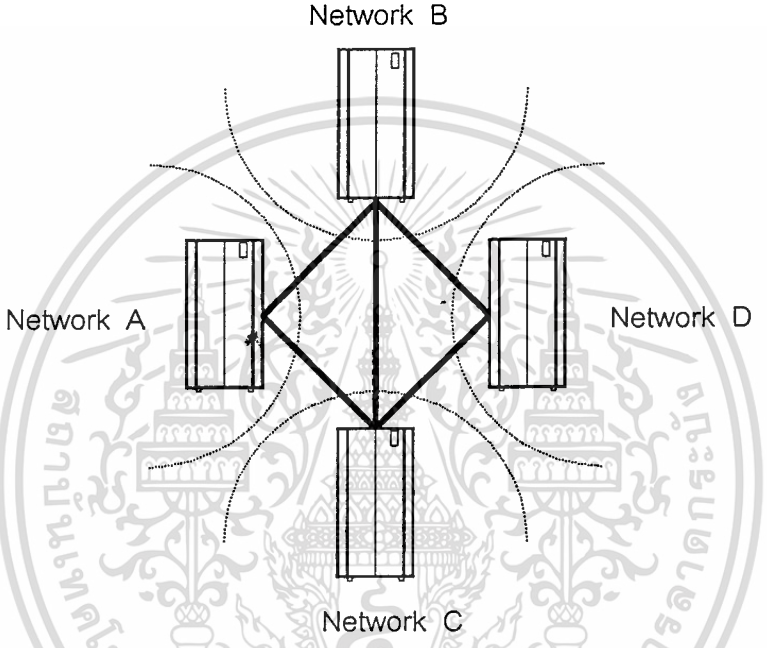
ลำดับชั้นที่ 4 : ชุมสายทางไกล (Toll Center)

ลำดับชั้นที่ 5 : ชุมสายท้องถิ่น (End Center)

และในลำดับชั้นที่ 5 อาจมี Local Tandem Office ทำหน้าที่เป็นชุมสายต่อผ่านให้กับชุมสายท้องถิ่นเพื่อให้เชื่อมโยงกับชุมสายท้องถิ่นข้างเคียงได้ด้วย โดยพื้นฐานการเชื่อมต่อของระบบนี้คือ จะพยายามเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้ที่ชุมสายในระดับชั้นต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งระบบหลักของโครงข่ายจะแสดงด้วยเส้นทึบ และทรั้งก์ที่มีอัตราการใช้งานสูง ถูกแสดงด้วยเส้นปะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีการเชื่อมต่อระหว่างโครงข่ายกับโครงข่าย หรือในการให้บริการโทรศัพท์ระหว่างประเทศของ International Carrier ที่รูปแบบการเชื่อมต่อระหว่างโครงข่าย และการจัดเส้นทางทราฟฟิก มักเป็นแบบที่มีวิธีการจัดเส้นทางที่ไม่เป็นลำดับชั้น การจัดให้มีการเชื่อมโยงโดยทางสายตรงระหว่างโครงข่ายจำเป็นจะต้องพิจารณาถึงความคุ้มค่าของการลงทุน จึงมีวิธีการจัดเส้นทางทั้งแบบการใช้ทางสายตรงที่มีต่อกัน การใช้ทางสายผ่านในกรณีที่ไม่มีสายตรงต่อกัน และการใช้ทางสายตรงร่วมกับการใช้ทางสายผ่าน ทำให้มีเป็นจำนวนมากที่จำเป็นจะต้องมีการส่งผ่านทราฟฟิกไปยังโครงข่ายในประเทศที่สามก่อนที่จะถึงจุดหมายปลายทาง



รูปที่ 1.2 การเชื่อมต่อของวิธีการจัดเส้นทางที่ไม่เป็นลำดับชั้น

จากรูปที่ 1.2 โหนด A ไม่มีทางสายตรงกับ โหนด D การเชื่อมโยงจำเป็นต้องใช้ทางสายผ่านไปยังโหนด B หรือโหนด C โดยส่วนใหญ่จะเป็นการเชื่อมระหว่างโครงข่ายกับโครงข่าย หรือเป็นการเชื่อมต่อระหว่างประเทศที่การจัดเส้นทางทราฟฟิก มักเป็นแบบที่มีวิธีการจัดเส้นทางที่ไม่เป็นลำดับชั้น ซึ่งจุดประสงค์ประการสำคัญคือต้องการให้สามารถเปลี่ยนแปลงทิศทางทราฟฟิกตามเวลา ตามฤดูกาล หรือตามสถานะการใช้งานของโครงข่ายได้ เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่น และมีประสิทธิภาพ โดยจะต้องให้มีการต่อผ่านสวิตช์น้อยที่สุด

จะเห็นได้ว่าการเรียกใช้งานในกลุ่มวงจรเชื่อมโยงระหว่างชุมสาย อาจประกอบไปด้วยทั้งทราฟฟิกตรง และทราฟฟิกผ่าน รวมถึงทราฟฟิกที่ล้นมาจากกลุ่มวงจรอื่นในกรณีกลุ่มวงจรดังกล่าวถูกจัดให้เป็นเส้นทางเลือกลำดับหลัง ซึ่งในการจัดเส้นทางหลักและเส้นทางเลือกให้กับทราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิกนั้น นอกจากจะพิจารณาถึงระดับของการให้บริการ (Grade of Service) แล้ว ยังต้องคำนึงถึงภาระต้นทุนและผลตอบแทนที่แต่ละเส้นทางหรือแต่ละผู้ให้บริการต่อผ่าน (Transit Carrier) อาจกำหนดไว้ไม่เท่ากัน และแม้แต่การเชื่อมโยงระดับภายในประเทศ เมื่อมีผู้ให้บริการหลายโครงข่ายมากขึ้น ข้อตกลงในส่วนแบ่งผลประโยชน์ของทราฟฟิกอาจไม่เท่ากัน รวมถึงการจัดเส้นทางทราฟฟิกภายในโครงข่ายเองก็ย่อมต้องคำนึงถึงผลตอบแทนตามหลักประหยัด [3]

ปัญหาสำคัญประการหนึ่งคือ ทราฟฟิกล้นจากทางสายหนึ่งไปยังอีกทางสายหนึ่ง อาจทำให้เกิดความเสี่ยงที่จะทำให้ระดับของการให้บริการ ประสิทธิภาพในการใช้งาน หรือผลตอบแทนของทางสายที่รองรับทราฟฟิกล้นนั้นลดลง แต่การแก้ปัญหาโดยการเพิ่มจำนวนวงจรหรือระบบสื่อสัญญาณ (Transmission System) เพื่อรองรับปริมาณทราฟฟิกล้นจากทางสายอื่นๆ ก็จะทำให้ต้นทุนของระบบเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้น การใช้ความสามารถที่มีอยู่แล้วของระบบชุมสายเพื่อแก้ปัญหาอันเกิดจากกรณีดังกล่าว จึงเป็นที่มาของการศึกษาวิจัย

1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ปัญหาวงจรระหว่างชุมสายอาจถูกใช้งานจนเต็มแต่ได้จำนวนการเรียกรวมหรือผลตอบแทนของโครงข่ายน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการใช้งานที่เต็มจำนวนวงจร จากการเรียกโทรศัพท์ทางไกลข้ามเมืองหรือข้ามประเทศในหนึ่งครั้ง ในกรณีอาจต้องมีการใช้วงจรระหว่างชุมสายต่อผ่านมากกว่าหนึ่งชุมสาย ผลดังกล่าวอาจเกิดจากการที่ไม่มีการจัดลำดับความสำคัญของการเรียกที่จะเข้าใช้วงจรต่อผ่าน การแก้ปัญหาจึงได้ทำการศึกษาวิจัยตามความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ดังนี้

1.2.1 เพื่อศึกษาการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรของระบบชุมสายในโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ สำหรับการเรียกใช้วงจรต่อผ่านทางไกลที่มีประสิทธิภาพ

1.2.2 เพื่อจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถจำลองการทำงานของโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ที่มีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของการทำงานของโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ ที่มีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร สำหรับนำไปเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้งาน

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1.3.1 การให้ลำดับความสำคัญกับทราฟฟิกทางตรงที่มีโอกาสต่อสำเร็จมากกว่าทราฟฟิกที่ต้องผ่านกระบวนการหาวงจรต่อผ่านอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งอาจจะต่อสำเร็จหรือไม่ก็ได้นั้น เป็นการจัดการและบริหารโครงข่ายในการใช้งานวงจรเชื่อมโยงระหว่างชุมสายอย่างมีประสิทธิภาพ มากกว่าการไม่มีการจัดการดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 การจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร โดยการจัดลำดับความสำคัญของการเรียก สามารถช่วยให้เวลารวมของการเรียกสำเร็จหรือผลตอบแทนกับโครงข่ายเพิ่มขึ้นได้

1.4 ทฤษฎี และแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

1.4.1 การควบคุมจัดการแบบอัตโนมัติของโครงข่ายดิจิตอล ตามคำแนะนำของ ITU-T (Telecommunication Standardization sector of International Telecommunication Union) อนุกรม E.412 [4] และ Q.543 [5]

1.4.2 เงื่อนไขและความจำเป็นของการวางเส้นทาง [3]

1.4.2.1 ไม่ทำให้เกิดวงย้อนกลับระหว่างชุมสาย

1.4.2.2 การเลือกขั้นตอนและวิธีการควบคุมควรจะง่าย

1.4.2.3 ใช้วงจรอย่างประสิทธิภาพ

1.4.2.4 ไม่ควรมีอุปกรณ์ใดใช้อย่างขาดประสิทธิภาพ

1.4.2.5 การออกแบบโครงข่ายและการจัดการควรจะง่าย

1.4.3 ทฤษฎีทราฟฟิกโทรศัพท์

1.4.4 การทำงานของระบบชุมสายเซอร์กิตสวิตช์

1.4.5 การจำลองการทำงานของโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในลักษณะ Discrete Event Simulation

1.5 ขอบเขต และขั้นตอนของการวิจัย

1.5.1 ศึกษาถึงความสามารถที่รองรับการจัดการกับโครงข่ายของชุมสายต่อผ่าน โดยสอดคล้อง คำแนะนำของ ITU-T ซึ่งชุมสายโดยทั่วไปสามารถใช้งานคุณลักษณะดังกล่าวได้

1.5.2 โดยที่กระบวนการควบคุมจัดการดังกล่าวนี้ เป็นไปโดยอัตโนมัติด้วยชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC ที่มีการควบคุมการทำงานตามลักษณะคำสั่งระบบคอมพิวเตอร์ บทความนี้จึงได้ศึกษาถึงวิธีการทำงานของระบบชุมสายแล้วนำมาทำการจำลองแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทดสอบการจัดการควบคุมสำรองวงจร

1.5.3 ทดลองการทำงานของโครงข่ายที่มีการจัดการเลือกควบคุมการสำรองวงจร ด้วยการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้น โดยทดลองเพื่อหาผลที่เกิดขึ้นจากการมีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรในลักษณะต่างๆกับโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ที่มีชุมสายต่อผ่าน ทั้ง 3 โหนด 4 โหนด 6 โหนด และ 8 โหนด เพื่อที่จะเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทำงานของโครงข่าย ที่สามารถกำหนดข้อมูลของทราฟฟิกของโครงข่าย และการจัดเส้นทางของโหนด ได้ใกล้เคียงและสอดคล้องกับระบบจริง

1.6.2 ได้ทราบถึงผลของการมีการเลือกควบคุมการสำรองวงจรระบบอัตโนมัติ

1.6.3 ได้วิธีการ และแนวทางที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานการจัดการกับโครงข่ายต่อไป

1.7 ภาพรวมของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้ ประกอบด้วย 5 บทดังนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึง ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการวิจัย สมมติฐานของการศึกษา ทฤษฎี และแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย ขอบเขตและขั้นตอนของการวิจัย และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

บทที่ 2 ทฤษฎีเบื้องต้น และแนวทางการวิจัย กล่าวถึง ประเภทของทราฟฟิกในระบบชุมสาย ระบบการควบคุมอัตโนมัติเมื่อชุมสายเกิดการคับคั่ง การควบคุมการเลือกสำรองวงจร การคำนวณ และการหาคำตอบของโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ และแนวทางการวิจัยของวิทยานิพนธ์

บทที่ 3 การจำลองการทำงานโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ กล่าวถึง เงื่อนไขการจำลองแบบ การสร้างแบบจำลอง สมมติฐานลักษณะของทราฟฟิกโทรศัพท์ การจัดเส้นทางของการเรียกในระบบชุมสาย ข้อมูลที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรม และผลที่จะได้จากโปรแกรม

บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผล กล่าวถึง การทดสอบสมรรถนะของแบบจำลอง การทดลองโครงข่ายมีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรทั้งหมด ทุกโหนดทุกสาย การทดลองโครงข่ายมีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรในบางโหนด การทดลองการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรโดยมีการเปลี่ยนแปลง และวิเคราะห์ผลการทดลอง

และบทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์เสนอแนะ กล่าวถึงข้อสรุปในการวิจัย ข้อวิจารณ์ ข้อเสนอแนะทั้งในการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเรื่องการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร แนวทางการพัฒนา และข้อเสนอแนะในการนำไปประยุกต์ในการใช้งานกับโครงข่ายต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีเบื้องต้น และแนวทางการวิจัย

ในการศึกษาการทำงานของโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ที่มีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร มีหลักการพื้นฐานที่สำคัญ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องคือ การแยกประเภทของทราฟฟิกที่จะทำการควบคุม วิธีการในการจัดการกับโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ และวิธีการหาคำตอบของผลการทำงานของโครงข่ายที่มีการจัดเส้นทางให้ทราฟฟิกล้นพร้อมกับการมีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร

2.1 ประเภทของทราฟฟิกในระบบชุมสาย

ได้มีการจำแนกประเภทของทราฟฟิกในระบบชุมสายโทรศัพท์ และชุมสายบริการสื่อสารร่วมระบบดิจิตอล (Integrated Service Digital Network) เพื่อใช้ในการอำนวยการต่างๆ การบริการจัดการ และใช้ในการจำแนกเพื่อการควบคุม โดยคำแนะนำของ ITU-T อนุกรม E.502 [6] และได้มีการเสนอให้พิจารณาทิศทางการไหลของทราฟฟิกไว้ใน [7] เมื่อนำมาจำแนกเป็นกลุ่มตามการแยกประเภทของทราฟฟิกสามารถแสดงดังนี้

2.1.1 การจำแนกตามแหล่งกำเนิดของทราฟฟิก

2.1.1.1 ทราฟฟิกต้นทาง (origination traffic) คือทราฟฟิกที่เกิดจากโครงข่ายหรือโหนดนั้นๆ ซึ่งอาจเป็น จากการหมุนของผู้ใช้โทรศัพท์ภายในโครงข่าย หรือจากพนักงานต่อสาย (operator) เป็นผู้ต่อให้

2.1.1.2 ทราฟฟิกผ่าน (transit traffic) คือทราฟฟิกที่ส่งมาจากนอกโหนดหรือนอกโครงข่ายนั้นๆ เพื่อที่จะใช้โครงข่ายหรือโหนดนั้นเป็นทางสายผ่านไปยังปลายทาง

2.1.2 การจำแนกตามเส้นทางส่งออกของทราฟฟิก

2.1.2.1 ทราฟฟิกเส้นทางตรง (direct-routed traffic)

2.1.2.2 ทราฟฟิกเส้นทางเผื่อเลือก (alternate-routed traffic)

2.1.3 การจำแนกตามลักษณะบริการของทราฟฟิก อาทิเช่น

2.1.3.1 โทรศัพท์พื้นฐานทั่วไป

2.1.3.2 ISDN-Voice

2.1.3.3 ISDN-Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

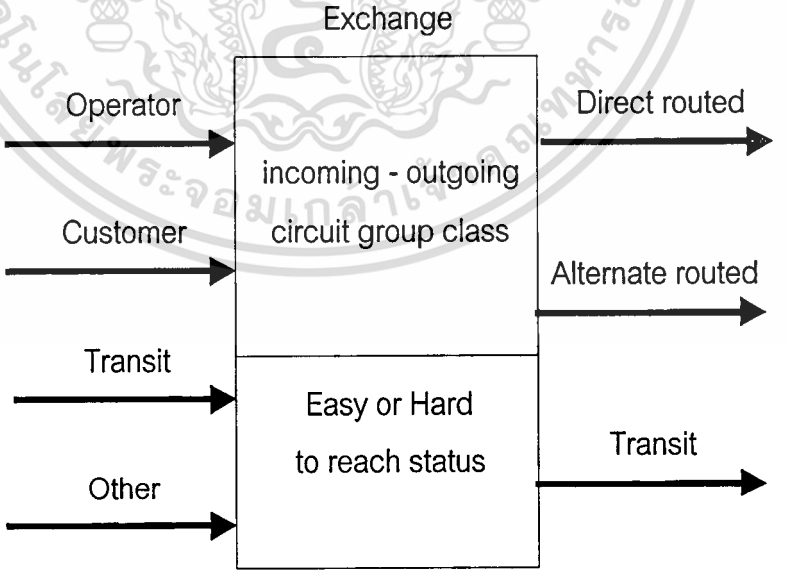
2.1.4 การจำแนกตามสถานะของทราฟฟิก

เป็นที่วิธีการที่ใช้คุณสมบัติการวัดทราฟฟิกของระบบชุมสายมาทำการจำแนกสถานะ โดยแบ่งสถานะออกเป็น

2.1.4.1 ทราฟฟิกจุดหมายเรียกง่าย (Easy-To-Reach traffic)

2.1.4.2 ทราฟฟิกจุดหมายเรียกยาก (Hard-To-Reach traffic)

กระบวนการกำหนดทราฟฟิกจุดหมายเรียกออกยาก (HTR) ระบบชุมสายสามารถที่จะใช้คุณสมบัติในการวัดและคำนวณเพื่อกำหนดประเภทของทราฟฟิกเพิ่มเติมโดยให้เป็นทราฟิกจุดหมายที่เรียกยาก และ ทราฟฟิกจุดหมายที่เรียกง่าย ซึ่งกำหนดจากการตั้งวัดค่าอัตราการสำเร็จของการตอบรับต่อการเรียก (Answer Bid Ratio : ABR) กระบวนการทั้งหมดนั้นเป็นไปโดยอัตโนมัติ โดยปกติเมื่อไม่มีการกำหนด สถานะของทราฟฟิกจะเป็นทราฟฟิกจุดหมายที่เรียกง่ายทั้งหมด คือไม่มีทราฟฟิกเรียกยาก ต่อเมื่อมีการกำหนดกลุ่มทราฟฟิกเพื่อให้มีการจัดการวัด และวินิจฉัยให้เป็น ทราฟฟิกที่ต้องการให้สถานะเปลี่ยนได้ โดยเมื่อ ABR ของกลุ่มทราฟฟิกที่กำหนดให้วัดในช่วงระยะเวลาใดๆ ต่ำลงกว่าที่กำหนดไว้ ในขณะนั้น ทราฟฟิกดังกล่าวก็จะเป็นทราฟฟิกจุดหมายเรียกยาก จนกว่าเมื่อผลจากการจัดการวัด ABR ของกลุ่มทราฟฟิกดังกล่าว เพิ่มขึ้นมากกว่าระดับที่กำหนดไว้ ทราฟฟิกกลุ่มนั้นก็จะกลับสถานะมาเป็นทราฟฟิกเรียกง่าย



รูปที่ 2.1 การแบ่งประเภททราฟฟิกในระบบชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ระบบการควบคุมอัตโนมัติเมื่อชุมสายเกิดการคับคั่ง

การบริหารจัดการ และการควบคุมอัตโนมัติในระบบชุมสายของโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ ได้มีการแนะนำถึงหลักการ จุดมุ่งหมาย และแนวทางไว้ใน ITU-T Rec.E.412 [4] และ Rec.Q.542 [5] ซึ่งมีกระบวนการวิธีการควบคุมอัตโนมัติเมื่อชุมสายเกิดการคับคั่ง ที่สามารถอธิบายพอสังเขปได้ดังนี้

2.2.1 หลักการของระบบการควบคุมอัตโนมัติเมื่อชุมสายเกิดการคับคั่ง

การที่ชุมสายที่เกิดการคับคั่ง ส่งสัญญาณบ่งชี้ถึงความคับคั่งกลับไปยังชุมสายที่ส่งทราฟฟิกมาให้ โดยชุมสายที่ได้รับสัญญาณดังกล่าวก็จะตอบสนองโดยการลดทราฟฟิกที่จะส่งไปยังชุมสายที่ส่งสัญญาณบ่งชี้คับคั่งมาให้

วิธีการในการรับส่งสัญญาณบ่งชี้ถึงความคับคั่ง ได้มีการแนะนำให้ใช้ผ่าน และสัมพันธ์กับระบบสัญญาณร่วมช่อง (Common Channel Signalling)

2.2.2 การตรวจสอบ และการส่งสัญญาณการเกิดการคับคั่ง

ระบบชุมสายอาจตั้งระดับของการคับคั่ง (Congestion Level : CL) ที่ต้องการตรวจสอบไว้ 2 ระดับ ที่ CL1 และ CL2 เมื่อเกิดการคับคั่งที่ชุมสาย ระบบก็ส่งสัญญาณบ่งชี้ถึงความคับคั่งกลับไปยังชุมสายที่ส่ง ทราฟฟิกมาให้

2.2.3 การตอบสนองต่อส่งสัญญาณบ่งชี้ความคับคั่ง

เมื่อชุมสายได้รับสัญญาณ CL1 หรือ CL2 ชุมสายก็จะตอบสนองโดยการลดทราฟฟิกที่จะส่งไปยังชุมสายที่คับคั่งอยู่ดังกล่าว ตามการตอบสนองที่ตั้งไว้ของ CL1 หรือ CL2 อย่างไรก็ตาม การรับส่งสัญญาณบ่งชี้ความคับคั่งต้องมีการตกลงล่วงหน้าระหว่างชุมสายก่อน

2.2.4 การกำหนดการใช้งานระบบควบคุมอัตโนมัติเมื่อเกิดการคับคั่ง

การจัดการควบคุมการคับคั่งอัตโนมัติเมื่อใช้กับชุมสายต่อผ่านดิจิตอล หรือชุมสายท้องถิ่นที่ทำหน้าที่เป็นชุมสายต่อผ่านด้วยที่มีขนาดใหญ่แนะนำให้ใช้แบบที่มีทั้งการตรวจสอบสภาวะภายในของชุมสายแล้วส่งสัญญาณบ่งชี้กลับไปยังชุมสายที่ส่งทราฟฟิกมาให้และการเตรียมการตอบสนองเมื่อได้รับสัญญาณบ่งชี้การคับคั่งจากชุมสายอื่น สำหรับชุมสายท้องถิ่น หรือชุมสายท้องถิ่นที่ทำหน้าที่เป็นชุมสายต่อผ่านด้วยที่มีขนาดเล็กอาจจะใช้เพียงเตรียมการตอบสนองเมื่อได้รับสัญญาณบ่งชี้การคับคั่งจากชุมสายอื่นก็ได้

2.3 การควบคุมการเลือกสำรองวงจร

ในการจัดการกับโครงข่าย ได้มีการแนะนำไว้ใน ITU-T [4] และ [5] ถึงหลักการ จุดมุ่งหมาย และแนวทางในการจัดการ และการควบคุมการเลือกสำรองวงจร (Selective Circuit Reservation control : SCR) ก็เป็นอีกหนึ่งในกระบวนวิธีที่ได้มีการแนะนำเอาไว้ โดยแนวทางดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 หลักการสำคัญ

คือเมื่อจำนวนวงจรเชื่อมโยงระหว่างชุมสายลดน้อยลงกว่าจำนวนที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจเป็นในกรณีที่เกิดหรือใกล้จะเกิดการคับคั่ง จำนวนบางส่วนหรือทั้งหมดของวงจรที่เหลือ จะต้องถูกสำรองไว้สำหรับการเรียกที่จัดลำดับความสำคัญที่สูงกว่า

2.3.2 ระดับของการควบคุม (Threshold Level)

ระดับที่จะมีผลให้เกิดการทำงานของการควบคุม อาจตั้งไว้ที่ระดับเดียว หรือสองระดับตามแต่ลักษณะของชุมสายนั้น เช่น ชุมสายต่อผ่านขนาดใหญ่ หรือชุมสายระหว่างประเทศที่มีประเภทของทราฟฟิกจำนวนมาก อาจใช้การกำหนดเป็นสองระดับ

2.3.3 ประเภทของทราฟฟิกที่ต้องการควบคุมแบ่งได้เป็น

- ทราฟฟิกผ่าน
- ทราฟฟิกทางเลือก
- ทราฟฟิกจุดหมายเรียกยาก

ส่วน ทราฟฟิกตรง และทราฟฟิกต้นทาง จะควบคุมเฉพาะในกรณีพิเศษ อาทิ ช่วงเวลาดังกล่าวทราฟฟิกอื่นๆที่นอกเหนือจากทราฟฟิกตรง และทราฟฟิกต้นทาง จำเป็นต้องต่อให้ได้ก่อน อีกทั้งการจัดการควบคุม ยังสามารถนำเอาประเภทของทราฟฟิกข้างต้นมาจัดรวมเป็นประเภทย่อยได้ด้วย

2.3.4 การตอบสนอง (Response)

เป็นการกำหนดว่าจะให้มีการควบคุมอย่างไร และขนาดเท่าใดกับทราฟฟิกที่จัดประเภทในการควบคุมไว้ ซึ่งมีวิธีคือ

- SKIP response เป็นการให้การเรียกดังกล่าวส่งต่อไปยังกลุ่มวงจรถัดไปที่จัดไว้ในตารางการจัดเส้นทาง
- CANCEL response คือการยกเลิกการเรียกนั้นเสีย

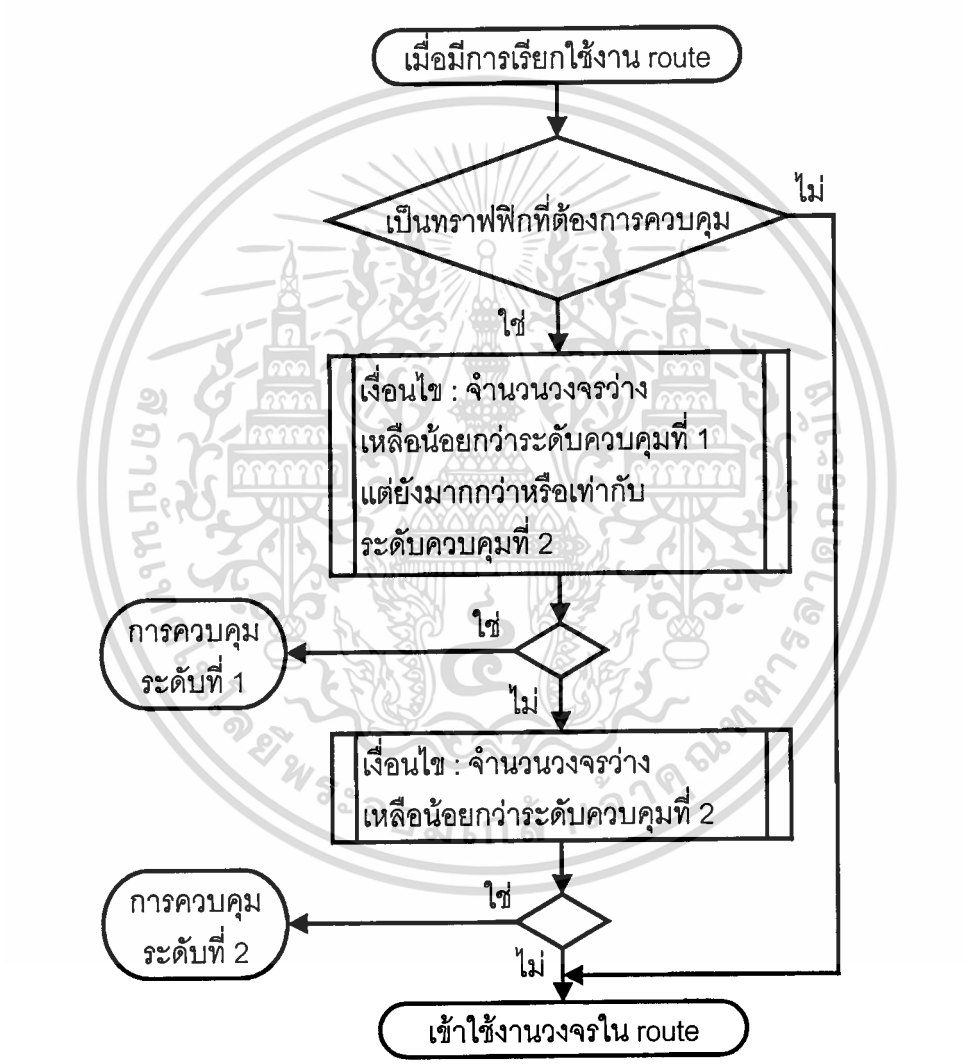
โดยขนาดของการควบคุมกำหนดได้เป็น

- Percentage การควบคุมนี้ จะเป็นการกำหนดการให้ทราฟฟิกผ่านไปยังปลายทางด้วยการจัดสัดส่วนเป็นอัตราร้อยละจากจำนวนการเรียกไปยังไปทางทั้งหมดที่เข้ากระบวนการควบคุม
- Call gapping การควบคุมนี้ จะกำหนดอัตราสูงสุดของทราฟฟิกที่จะสามารถส่งผ่านไปยังปลายทางได้ โดยไม่คำนึงถึงการมาถึงของการเรียก โดยในทางปฏิบัติคือการกำหนดระยะห่างระหว่างการเรียกที่เข้ากระบวนการควบคุมที่ให้ส่งผ่านไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 การนำไปใช้งาน

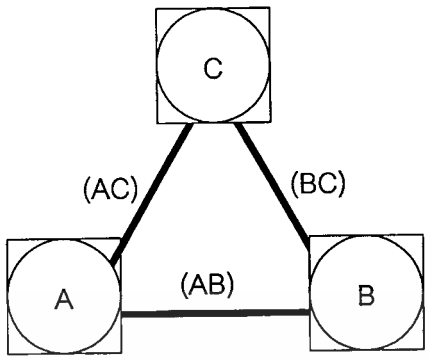
ชุมสายดิจิตอลอาจจะตั้งระดับของการสำรองวงจรเป็นระดับเดียวหรือหลายระดับตามแต่ความสำคัญของการเลือกสำรองวงจร ชุมสายต่อผ่านขนาดใหญ่เหมาะสมที่จะใช้งานการสำรองวงจรอัตโนมัติแบบ 2 threshold ชุมสายต่อผ่านทั่วไปหรือชุมสายท้องถิ่นที่ทำหน้าในการต่อผ่านด้วยเหมาะที่จะใช้งานการสำรองวงจรอัตโนมัติแบบ 1 threshold



รูปที่ 2.2 แผนผังการทำงานของการควบคุมการเลือกสำรองวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 ตัวอย่างการจัดการควบคุมสำรองวงจร



รูปที่ 2.3 โครงข่ายตัวอย่างแสดงการควบคุมการเลือกสำรองวงจร

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร

ระดับวงจรที่ต้องการสำรอง Reservation Threshold	ทราฟฟิกที่ต้องการควบคุม Traffic Attribute	ผลตอบสนองต่อทราฟฟิก Reservation Response
RT1 = 50%	ทราฟฟิกผ่าน (transit)	25% SKIP
	ทราฟฟิกทางเลือก (alternate)	50% SKIP
RT2 = 25%	ทราฟฟิกผ่าน (transit)	50% SKIP
	ทราฟฟิกทางเลือก (alternate)	100% SKIP

ในกรณีที่ชุมสาย A มีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรในทางสาย AB ผลที่เกิดคือ

เมื่อระดับวงจรในทางสาย AB ลดลงเหลือน้อยกว่า 50% แต่ยังมากกว่า 25% ระบบชุมสายจะควบคุมการใช้งาน โดย 25% ของทราฟฟิกผ่านจะถูกควบคุมให้ SKIP ไปยัง route ถัดไปในตารางการจัดเส้นทาง และ 50% ของทราฟฟิกทางเลือกจะถูกควบคุมให้ SKIP ไปยัง route ถัดไปในตารางการจัดเส้นทาง

เมื่อระดับวงจรในทางสาย AB ลดลงเหลือน้อยกว่า 25%ระบบชุมสายจะควบคุมการใช้งาน โดย 50% ของทราฟฟิกผ่านจะถูกควบคุมให้ SKIP ไปยัง route ถัดไปในตารางการจัดเส้นทางและทั้งหมดของทราฟฟิกทางเลือกจะถูกควบคุมให้ SKIP ไปยัง route ถัดไปในตารางการจัดเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การคำนวณ และการหาคำตอบของโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์

การคำนวณจำนวนวงจร สำหรับทราฟฟิกล้นในโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์นั้น ซับซ้อนมาก จึงมีการเสนอการใช้ตารางทราฟฟิก แต่ทำได้สะดวกเฉพาะการวิเคราะห์เพื่อทำการคำนวณวงจรหลัก และเป็นการยากที่จะแก้ปัญหา เพราะสูตรคำนวณซับซ้อนมาก แม้จะใช้สูตรในโครงสร้างโครงข่ายอย่างง่าย ยิ่งกว่านั้นโครงข่ายที่ใช้งานจริงเป็นโครงข่ายที่ซับซ้อนมากกว่าด้วยเงื่อนไขและองค์ประกอบที่แตกต่างกันไปหลายๆอย่าง เพราะฉะนั้น การวิเคราะห์อย่างละเอียดโดยใช้สมการจะยากมากและมักไม่ใช้ในทางปฏิบัติ ในทางปฏิบัติจะใช้ตารางเป็นการเฉพาะในแต่ละกรณีไป ในกรณีที่เป็นโครงข่ายแบบมีลำดับขั้นของการจัดเส้นทางเลือก การอธิบายกับพัวซองทราฟฟิก อาจทำได้โดยวิธี recursion หรือใช้วิธี equivalent random traffic ในกรณีมีทราฟฟิกล้น วิธี Interrupted Poisson Process อาจนำมาใช้เพื่อในการศึกษาคุณสมบัติของโครงข่ายและการประมาณที่ให้ค่าแม่นยำเพิ่มขึ้น ส่วนกรณีที่เป็นโครงข่ายแบบไม่เป็นลำดับขั้นของการจัดเส้นทางเลือก วิธีการ 1-moment evaluation ก็เคยถูกนำมาอธิบาย

เมื่อรวบรวมวิธีการแล้ว การศึกษาคุณสมบัติของทราฟฟิกที่มีการจัดเส้นทางทั้งเผื่อเลือก และทราฟฟิกล้น ได้มีการศึกษาและแนะนำไว้ใน ITU-T Rec.E.524 [8] โดยมีวิธีการประมาณค่าดังนี้คือ

- Approximate Wilkinson Wallstrom(AWW),
- Equivalent Capacity (EC),
- Equivalent Poisson Stream (EPS),
- Equivalent Random Traffic (ERT),
- Interrupted Poisson Process (IPP)

โดยในคำแนะนำดังกล่าว ยังได้ทำการทดสอบคำนวณเพื่อหาคุณลักษณะ และประสิทธิภาพของแต่ละแบบ

นอกจากนี้ งานของ Raamesh Bhandari [9] ยังได้เสนอวิธีการประมาณค่าที่สามารถนำไปประยุกต์ในการหาคำตอบผลของทราฟฟิกล้นเอาไว้

แต่อย่างไรก็ตามเมื่อจำนวนเส้นทางเลือก และจำนวนกลุ่มทราฟฟิกมีมากขึ้น ทราฟฟิกล้นมากขึ้น มีการผ่านไปยังทางเลือกที่สาม ทางเลือกที่สี่ หรือทางเลือกลำดับต่อๆไป การใช้สมการและวิธีการประมาณค่าต่างๆ ย่อมเปลี่ยนไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 แนวทางการวิจัยของวิทยานิพนธ์

ได้มีการศึกษาถึงโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ การวิเคราะห์ทราฟฟิกล้นกับการจัดเส้นทางเลือก และการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรไว้ในบางกรณีแต่มักเป็นกรณีของการศึกษาถึงแนวทางการคำนวณ มักไม่เป็นการเน้นไปที่การเปรียบเทียบผลการการสำรองวงจร โดยงานวิจัยส่วนใหญ่จะนำเสนอในวิธีการประมาณค่าในแบบต่างๆ หรือการใช้การเลือกสำรองวงจรอัตโนมัติเป็นส่วนประกอบโดยไม่ได้เป็นส่วนหลักของการทำการทำงานของโครงข่าย

เมื่อเปรียบเทียบระบบการจัดการอัตโนมัติของชุมสายระหว่างระบบการควบคุมอัตโนมัติเมื่อชุมสายเกิดการคับคั่งกับการควบคุมการเลือกสำรองวงจรแล้วจะเห็นว่า การควบคุมการเลือกสำรองวงจรสามารถที่จะกำหนดการตรวจสอบ และตอบสนองต่อทราฟฟิกได้โดยอิสระที่ชุมสายนั้นๆ แต่ระบบการควบคุมอัตโนมัติเมื่อชุมสายเกิดการคับคั่ง จำเป็นต้องมีข้อตกลงกับชุมสายที่ต่ออยู่ ซึ่งการนำไปใช้งานจะความคล่องตัวมากว่า

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการศึกษาเรื่องผลของการควบคุมเลือกสำรองวงจรเป็นแนวคิดหลักสำหรับการจัดการกับโครงข่าย โดยที่กระบวนการจัดการดังกล่าวนี้เป็นไปโดยอัตโนมัติด้วยชุมสายโทรศัพท์ที่มีการควบคุมการทำงานตามลักษณะคำสั่งระบบคอมพิวเตอร์ และลักษณะของโครงข่ายจะมีทราฟฟิกล้นเกิดขึ้นหลายครั้งหลายระดับ บทความนี้จึงได้ศึกษาถึงวิธีการทำงานของระบบชุมสายแล้วนำมาทำการจำลองแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทดสอบการจัดการควบคุมสำรองวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การจำลองการทำงานโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์

ปัญหาจำนวนมากในทางปฏิบัติของการจัดการกับโครงข่ายที่สลับซับซ้อน ไม่สามารถหาคำตอบได้ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์แต่เพียงอย่างเดียว แม้จะมีการใช้วิธีการประมาณค่ามาช่วยในการหาคำตอบแต่ก็ยังไม่สะดวกในการหาคำตอบที่มีการเปรียบเทียบหลายๆเหตุการณ์หรือจำนวนตัวแปรในปัญหาที่มีจำนวนมาก โครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์บางโครงข่ายก็จัดให้มีเส้นทางเผื่อเลือกมากกว่าหนึ่งเส้นทาง และในปัจจุบันระบบการจัดกาควบคุมการรตอบสนองต่อทราฟฟิกของระบบชุมสายใช้ระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุมมากขึ้น ดังนั้นการหาคำตอบที่ได้ผลและแนวโน้มที่ใกล้เคียงกับในทางการปฏิบัติคือ การจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จึงใช้วิธีการแทนเหตุการณ์ต่างและจำลองการเกิดเหตุการณ์ต่างๆนั้นด้วยโปรแกรม การใช้วิธีการจำลองการทำงานของโครงข่ายด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จึงทำให้สามารถหาคำตอบได้สะดวกมากขึ้น อีกทั้งการใช้วิธีการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถทำให้ได้คำตอบโดยไม่มีการสูญเสียของทราฟฟิกจริงเมื่อทำการทดสอบการทำงานในสภาวะต่างๆของโครงข่าย

3.1 เงื่อนไขการจำลองแบบ

ในการสร้างแบบจำลองเพื่อที่จะทำให้สะดวกต่อการประเมินผล ในการศึกษา และเปรียบเทียบผลของการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร การจำลองการทำงานนี้จึงตัดองค์ประกอบที่ไม่ต้องการ และไม่ใช้ในการเปรียบเทียบออก โดยมีสมมติฐาน และเงื่อนไขดังนี้

3.1.1 คุณภาพของระบบสื่อสัญญาณ (Transmission System) จะไม่นำมาคิดด้วย

3.1.2 ความแตกต่างของระบบ signalling และอุปกรณ์ชุมสาย จะไม่นำมาคิดด้วย

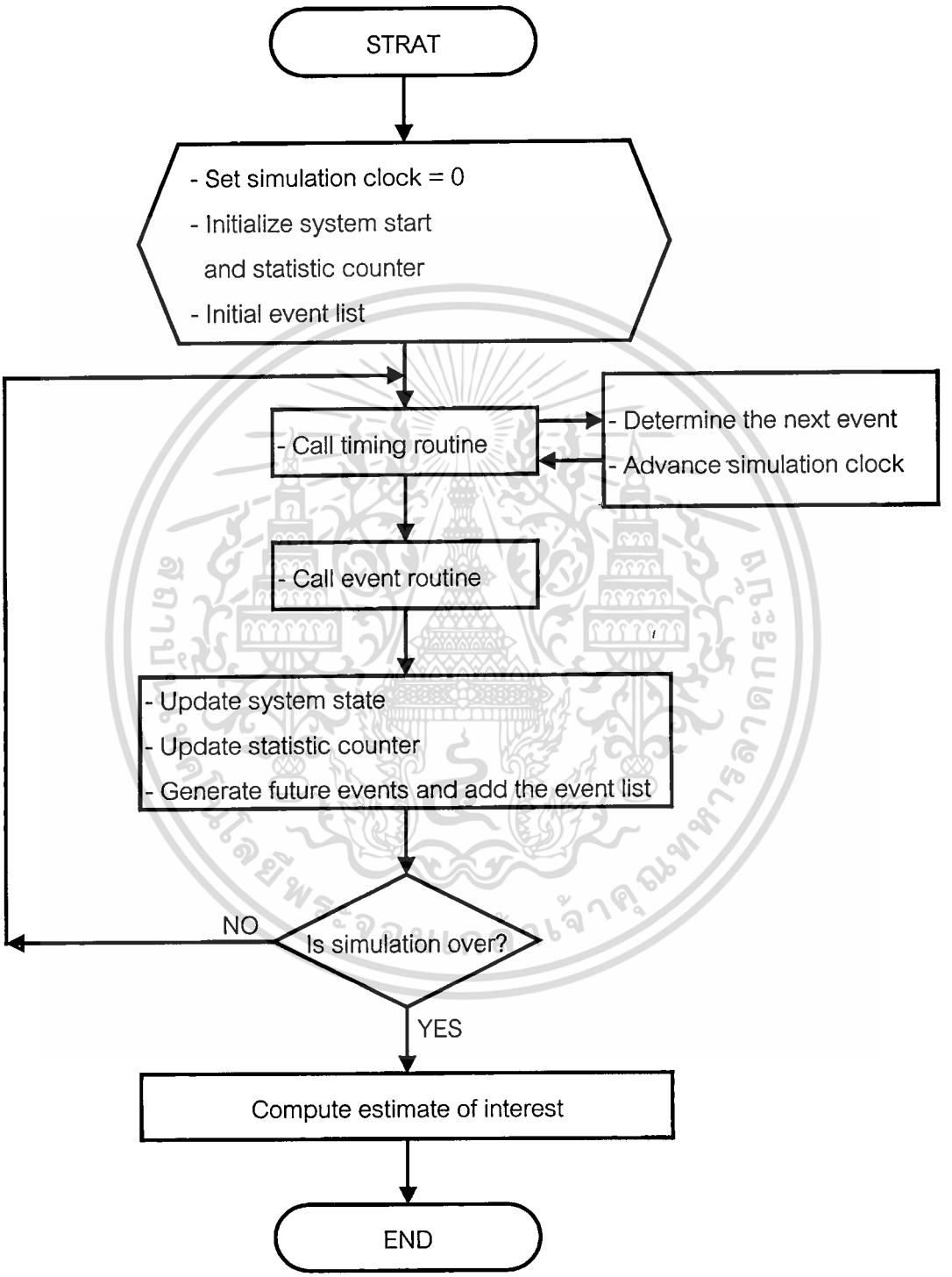
3.1.3 ทราฟฟิกขอบริการที่ใช้ในการทดลอง และคิดคำนวณจะอยู่ในรูปของ Erlang โดยไม่แยกออกเป็นค่าเฉลี่ยระยะเวลาการครอบครองวงจร และอัตราจำนวนการเรียก

3.2 การสร้างแบบจำลอง

โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองแบบนี้สร้างขึ้นจากภาษา C++ โดยใช้หลักการของ Discrete Event Simulation [10] ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งมีหลักการพอสังเขปคล้ายกับการหยุดเวลาในแต่ละช่วงที่เกิดเหตุการณ์พร้อมดำเนินการประมวลผลเก็บข้อมูลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

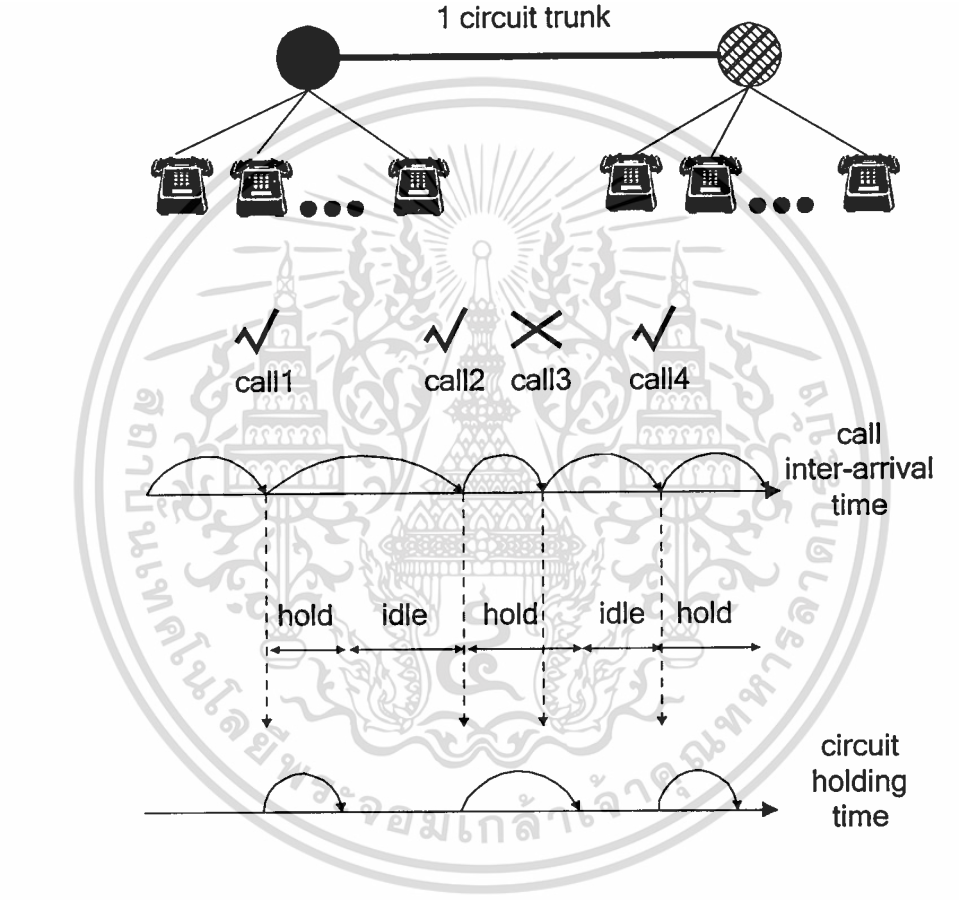
เวลานั้น และหาจุดของเวลาที่จะเกิดเหตุการณ์ต่อไป และดำเนินการประมวลผลเก็บข้อมูลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในเวลานั้นอีก จนกว่าจะครบตามเวลาที่กำหนด



รูปที่ 3.1 แผนผังวิธีการ Discrete Event Simulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนผังวิธีการของ Discrete Event Simulation เมื่อนำมาประยุกต์สำหรับการสร้างแบบจำลองของโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ จะเห็นได้ว่ามีข้อมูลพื้นฐานที่ต้องทำการสุ่มจำลองคือ เวลาที่จะมีการเกิดทราฟฟิก และระยะเวลาการครอบครองวงจร โดยโครงข่ายเบื้องต้น สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.2 ที่แสดงตัวอย่างในกรณี 1 กลุ่มทราฟฟิก 1 วงจร และจากรูป call1 call2 และ call4 สามารถเข้าใช้งานวงจรได้ ส่วน call3 นั้น ไม่สามารถเข้าใช้งานวงจรได้ เนื่องจากวงจรยังถูกครอบครองอยู่



รูปที่ 3.2 การจำลองแบบกรณี 1 กลุ่มทราฟฟิก 1 วงจร

จะเห็นได้มีตัวแปรที่ต้องมีการสุ่มในการจำลองแบบของทราฟฟิกในโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์คือ เวลาที่จะการเกิดการเรียก และระยะเวลาที่ครอบครองวงจร

3.3 สมมติฐานลักษณะของทราฟฟิกโทรศัพท์

ในการวางแผนกำหนดจำนวนอุปกรณ์บริการจะต้องสามารถรองรับทราฟฟิกในชั่วโมงธุรกิจให้ได้มากที่สุด โดยชั่วโมงธุรกิจ (Busy Hour) เป็นช่วงเวลาหนึ่งชั่วโมงของวันที่มีภาระทราฟฟิกสูงสุด มีข้อมูลพื้นฐานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนาแน่นของทราฟฟิก A ในหน่วยของเออแลงค์ (Erlang)

$$A = C.H/T \tag{3.1}$$

โดยที่ C เท่ากับจำนวนการเรียกในช่วงเวลา T

หรือเป็นอัตราจำนวนการเกิดการเรียก (Arrival rate) ต่อเวลาที่สังเกต

และ H เท่ากับค่าเฉลี่ยของเวลาในการครอบครองวงจร (Average Holding time)

เมื่อ M = อัตราระยะเวลาระหว่างแต่ละการเรียก (Inter - Arrival rate)

$$M = 1/C \tag{3.2}$$

จากสมมติฐานในวิศวกรรมทราฟฟิกที่ความน่าจะเป็นของระยะเวลาระหว่างแต่ละการเรียก m (Inter-Arrival Time) และความน่าจะเป็นของเวลาในการครอบครองวงจร h (Holding Time) มีการแจกแจงแบบ Negative Exponential

ดังนั้น จึงสามารถผลิตทราฟฟิกจำลองได้จากข้อมูลพื้นฐานนี้ ซึ่งเวลาในการครอบครองวงจรแต่ละครั้งทำการสุ่ม (sample) ตัวแปรสุ่ม u ที่สุ่มอย่างไร้รูปแบบ (Random Variable) แล้วนำมาแทนค่าเพื่อหาเวลาในการครอบครองวงจร (h) ในแต่ละครั้งของการสุ่มนั้นโดยสุ่มเทียบจากเวลาในการครอบครองวงจรเฉลี่ย (H) ของทราฟฟิกดังกล่าว ดังแสดงในสมการในกรณีสุ่มหาเวลาในการครอบครองวงจร (h)

$$u = 1 - \exp(-h/H) \tag{3.3}$$

$$1 - u = \exp(-h/H) \tag{3.4}$$

$$\log(1 - u) = (-h/H) \tag{3.5}$$

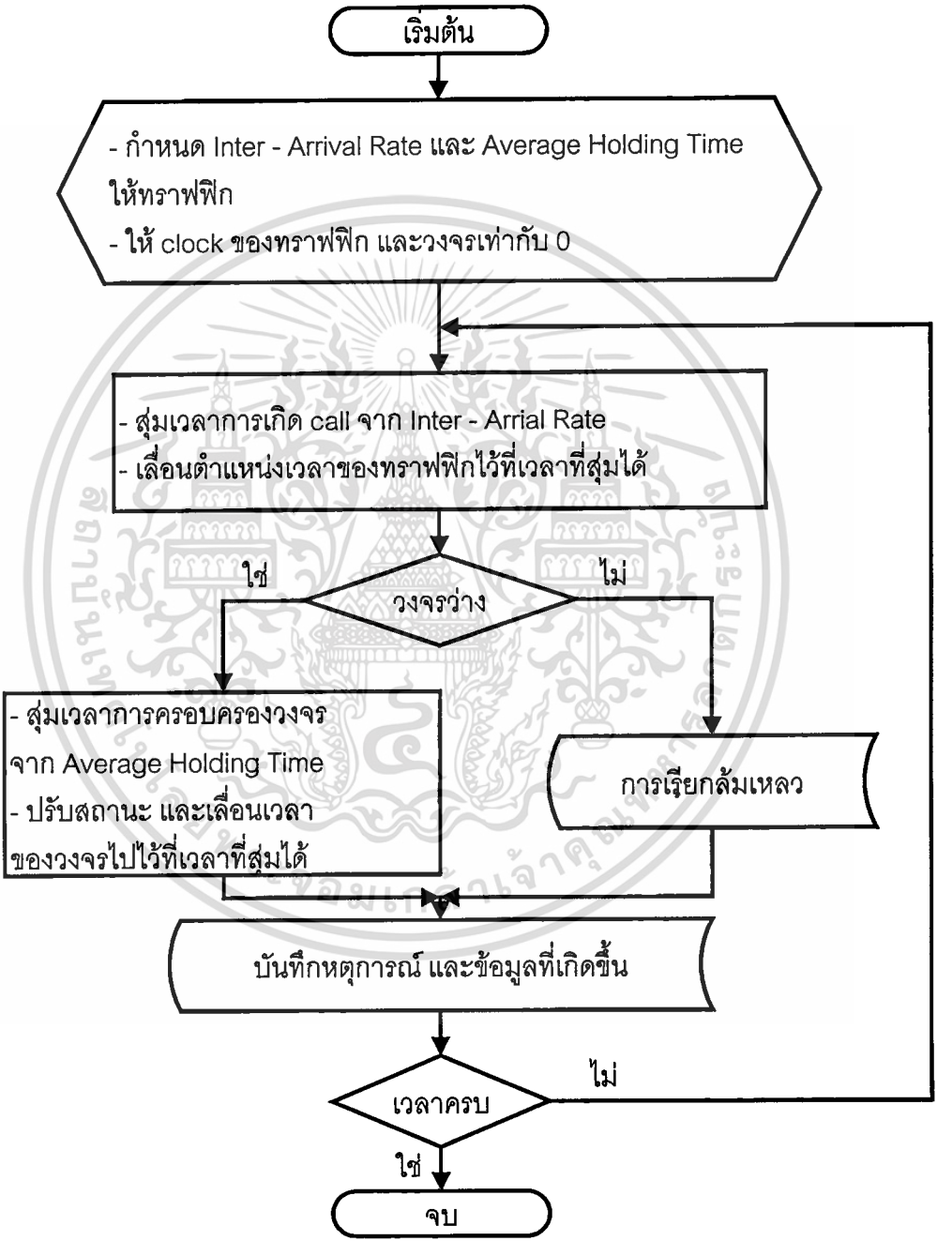
$$h = -H.\log(1 - u) \tag{3.6}$$

ในกรณีเดียวกัน การสุ่มหาระยะเวลาระหว่างแต่ละการเรียก (m) ก็ใช้วิธีเดียวกันโดยสุ่มเทียบจากค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างแต่ละการเรียก (M)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$m = - M.\log(1 - u) \quad (3.7)$$

จะเห็นว่า สามารถนำเอาการสุ่ม m ช่วงระหว่างเวลาที่จะการเกิดแต่ละการเรียก และการสุ่ม h ระยะเวลาที่ครอบครองวงจรแต่ละครั้ง มาประกอบเป็นกระบวนการของทราฟฟิกในโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ได้

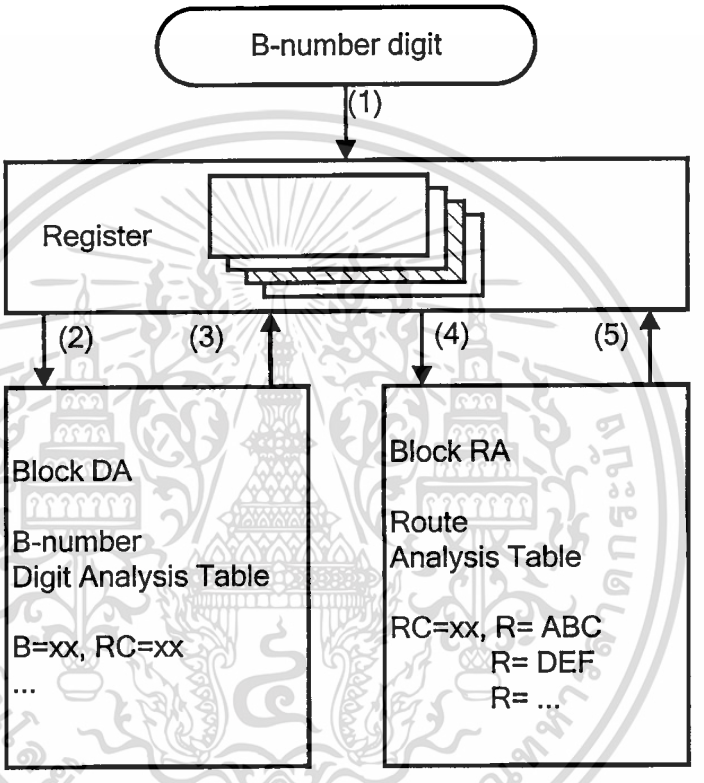


รูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานของแบบจำลองการทำงานของโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การจัดเส้นทางของการเรียกในระบบชุมสาย

เพื่อให้ได้การทำงานของแบบจำลองที่ใกล้เคียงกับการทำงานระบบจริง จึงได้ศึกษาการทำงานของระบบชุมสาย ซึ่งโดยทั่วไปแล้วระบบชุมสายเซอร์กิตสวิตช์มักจะมีวิธีการทำงานที่ใกล้เคียงกัน และวิทยานิพนธ์นี้ ส่วนหนึ่งได้ทำการศึกษาจากการทำงานของระบบชุมสาย ERICSSON AXE-10 [11] เป็นตัวอย่าง โดยแสดงแผนผังการทำงานในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างแผนผังการทำงานของระบบชุมสาย

ขั้นตอนการจัดเส้นทางให้กับการเรียก

1. Register รับ B-number ที่มีการเรียกแล้วส่งต่อไปยัง Digit Analysis Block และเก็บ digits ดังกล่าวไว้ใช้งานต่อไปด้วย

2. Digit Analysis Block วิเคราะห์ B-number ที่ได้รับ ให้ผลออกมาเป็นหมายเลขของ Routing Case

3. ผลจากการวิเคราะห์โดย B-number Analysis Table ที่เป็น หมายเลข Routing Case ถูกส่งกลับไปยัง Register

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Register ส่งหมายเลข Routing Case ไปยัง Route Analysis Block

5. Route Analysis Block วิเคราะห์หมายเลข Routing Case ได้ผลออกมาเป็น Route ที่จะใช้ โดยในหนึ่ง Routing Case สามารถกำหนดเลือกได้หลาย Route ตามลำดับก่อนหลังหรือตามลักษณะของการจัดการโครงข่าย (Network Management) ต่างๆที่มีการกำหนดไว้

เมื่อจัดให้มีการควบคุมการเลือกสำรองวงจร การจัดการนี้จะอยู่ในระดับวงจรเชื่อมโยงที่กำหนดในตารางการจัดเส้นทาง

3.5 ข้อมูลที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรม และผลที่จะได้จากโปรแกรม

โปรแกรมที่ถูกสร้างขึ้นนี้ถูกเขียนด้วยภาษา C++ ทำงานบน MS DOS ในการกำหนดข้อมูลเพื่อกำหนดการจำลองการทำงานทำได้โดยใช้ผ่านทาง Text File ที่มีลักษณะคล้ายคำสั่งของชุมสาย โดยมีข้อมูลประกอบด้วย

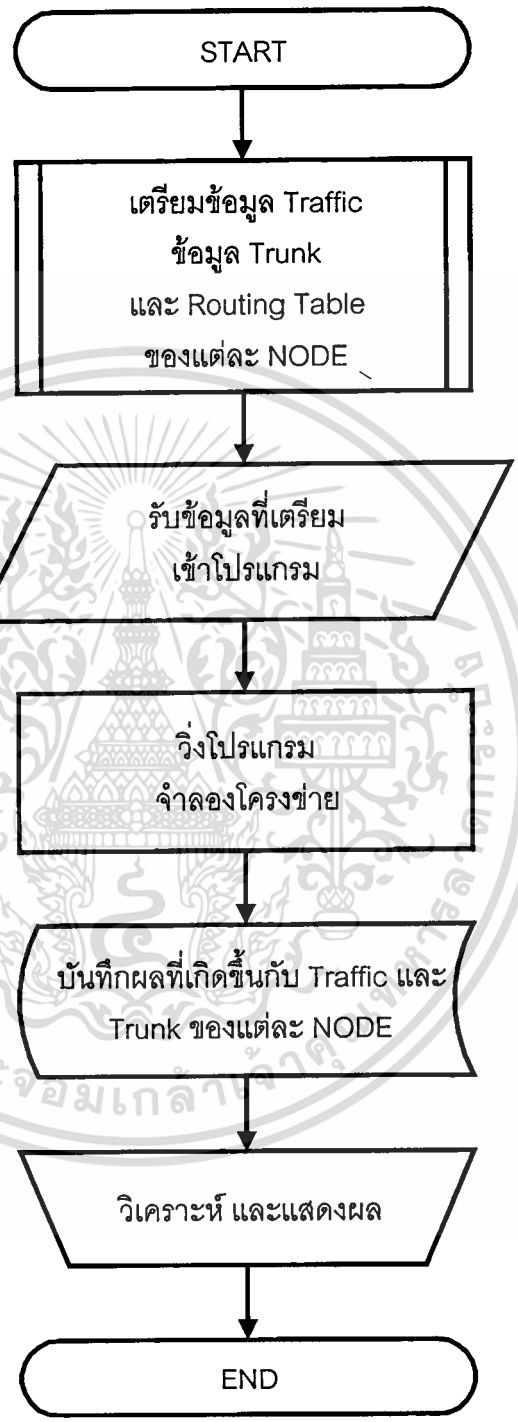
- จำนวนทราฟฟิก และต้นทาง-ปลายทางของทราฟฟิก
- โหนด และการเชื่อมต่อระหว่างโหนด จำนวนวงจรที่เชื่อมต่อ
- ตารางการจัดเส้นทาง และการควบคุมการเลือกสำรองวงจรของกลุ่มวงจรในแต่ละโหนด ในโครงข่าย
- เวลารวมที่ใช้ในการวิ่งโปรแกรม

ผลจากการจำลองแบบจัดให้มีการวัดสะสมของผลที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับระบบชุมสายซึ่งมีการวัดและบันทึกสะสมทราฟฟิก (Traffic Dispersion Measurement) มีการจัดการวัดทั้งแบบต่อทางสาย (per Route) และต่อจุดปลายทาง (per Destination) โดยมีรายละเอียดข้อมูลที่สามารถกำหนดไว้คือ

- จำนวนครั้งของการเรียก number of calls
- จำนวนครั้งของการจับวงจร number of seizures ทั้งแบบวงจรทางสายตรง และแบบวงจรทางสายผ่าน
- จำนวนครั้งของการเรียกไม่ได้ number of rejected calls ทั้งแบบที่เกิดจากวงจรเต็ม และแบบที่เกิดจากการจัดการควบคุมอัตโนมัติ
- จำนวนครั้งของการตอบรับการเรียก number of B-answers
- ผลรวมเวลาที่ได้บริการของแต่กลุ่มทราฟฟิก แยกเป็นแบบทราฟิกต้นทาง และแบบทราฟฟิกผ่าน

แสดงผลออกทางแฟ้มข้อมูล (text file) แล้วจึงนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แผนผังการทำงานของการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมที่สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผล

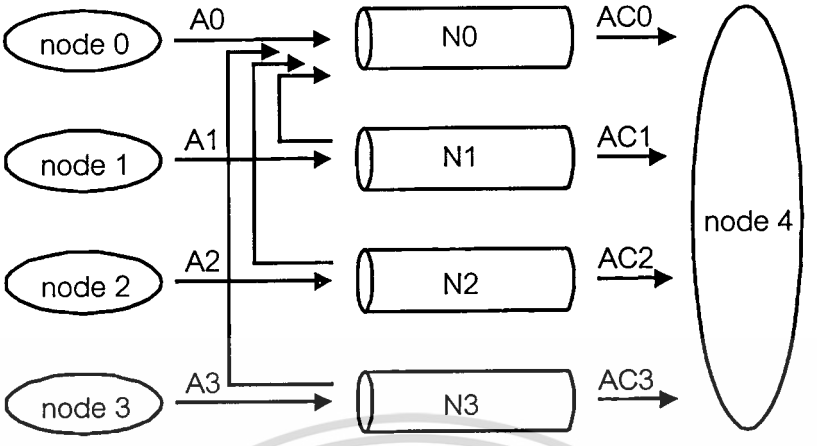
ในการศึกษาผลของการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นนี้ ได้ทำการทดลอง โดยขั้นต้นทำการทดสอบสมรรถนะของโปรแกรมด้วยการจำลองโครงข่ายที่มีการจัดเส้นทางให้กับทราฟฟิกล้นที่ได้มีการทดสอบและมีผลการคำนวณไว้แล้วจาก ITU-T Rec.E.524 [8] และ Raamesh [9] แล้วนำผลที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นมาร่วมเปรียบเทียบ ในขั้นต่อไปจึงได้ทำการทดลองกับโครงข่ายที่มีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร โดยให้มีการทดลองในสามลักษณะคือ ทดลองโครงข่ายที่มีจำนวนโหนด และจำนวนทางสายที่แตกต่างกัน โดยทุกโหนดในโครงข่ายมีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรทั้งหมด ทดลองโครงข่ายที่มีเพียงบางโหนดที่ทำการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร โดยทั้งสองแบบมีการปรับเปลี่ยนระดับจำนวนวงจรที่สำรอง และทดลองการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร โดยมีการปรับเปลี่ยนทั้งระดับจำนวนวงจรที่สำรอง และปรับเปลี่ยนผลตอบสนองของการควบคุมทราฟฟิก แล้วนำผลที่ได้มาแสดงเป็นตารางและกราฟ

4.1 การทดสอบสมรรถนะของแบบจำลอง

กรณีทดสอบ ใช้ตัวอย่างโครงข่ายที่มีการเสนอวิธีการวิเคราะห์คำนวณ และแสดงคำตอบเอาไว้ ใน ITU-T Rec. E.524 โดยเมื่อนำมาปรับให้เข้ากับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จัดทำขึ้นสามารถแสดงลักษณะของโครงข่ายได้ดังรูปที่ 4.1 แล้วทำการวิ่งโปรแกรมทดสอบ ได้ผลเป็นข้อมูลที่ได้จากการจำลองแบบซึ่งทำการเก็บสะสมเหตุการณ์ ที่เกิดขึ้นในทุกกลุ่มทราฟฟิก และทุกทางสายของทุกโหนด แล้วนำผลที่ได้นั้นไปคำนวณหาการสูญเสียรวมของโครงข่าย เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับผลจากการคำนวณที่มีการแนะนำไว้ใน [8] และเปรียบเทียบร่วมกับผลจาก [9]

การทดสอบ เลือกจากทุกกรณีที่มีการเสนอผลเปรียบเทียบของ [9] เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบกับผลของโปรแกรมที่สร้างขึ้น นอกเหนือจากผลของ [8] และผลที่ได้ จะเห็นได้ว่าผลจากการวิ่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองแบบที่จัดทำขึ้นนี้ มีความใกล้เคียงกับผลทั้งจากของ ITU-T และของ Raamesh โดยในบางกรณีเมื่อเปรียบเทียบกับผลของ ITU เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของคำตอบ หรือผลต่างของคำตอบที่ได้เท่ากับศูนย์ ซึ่งทำให้เชื่อมั่นได้ว่า จะได้คำตอบที่ถูกต้อง และแม่นยำ หรือใกล้เคียงมากที่สุด ในการนำไปใช้ในการจำลองการทำงานของโครงข่ายที่มีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 โมเดลที่ทำการทดสอบสมรรถนะ

ตารางที่ 4.1 ผลจากการจำลองการทำงานเปรียบเทียบกับ ITU ตาม [8] และตาม [9]

Case	Result of Total Overflow Traffic (Erlangs)			% Differed with ITU [8]	
	ITU [8]	Raamesh [9]	Simulated	Raamesh [9]	Simulated
4	3.792	3.872	3.791	2.110	0.026
5	1.458	1.488	1.455	2.058	0.206
6	0.177	0.170	0.177	3.955	0.000
26	0.140	0.136	0.139	2.857	0.714
27	1.129	1.141	1.129	1.063	0.000
28	2.820	2.858	2.818	1.348	0.071
29	6.098	6.145	6.092	0.771	0.098
46	0.083	0.077	0.083	7:229	0.000
47	0.835	0.836	0.835	0.120	0.000
48	2.070	2.093	2.073	1.111	0.145
49	3.944	3.971	3.942	0.685	0.051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองโครงข่ายมีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรทั้งหมดทุกโหนดทุกสาย

การทดลอง กำหนดให้โครงข่ายมีลักษณะการเชื่อมต่อ จำนวนวงจรระหว่างโหนด การจัดเส้นทางการเรียก และการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรดังนี้

- มีทรั้งก์เชื่อมต่อครบถ้วนระหว่างทุกโหนดในโครงข่าย

- ในกรณีโครงข่าย n โหนด จำนวนทรั้งก์ทั้งหมดในโครงข่ายจะมีเท่ากับ n(n-1)/2 ทรั้งก์ ยกตัวอย่าง โครงข่าย 6 โหนด จะมีจำนวนทรั้งก์ทั้งหมดในโครงข่ายเท่ากับ 15 ทรั้งก์

- แต่ละทรั้งก์มีจำนวนวงจรเท่ากับ 30 วงจร และเป็นวงจรแบบสองทิศทางคือโหนดทั้งสองด้านของทรั้งก์สามารถเข้าใช้ทรั้งก์ดังกล่าวในการส่งทราฟฟิกได้

- ในกรณีโครงข่าย n โหนด จำนวนกลุ่มทราฟฟิกขอบริการทั้งหมดในโครงข่ายจะมีเท่ากับ n(n-1) กลุ่มทราฟฟิก ยกตัวอย่าง โครงข่าย 6 โหนด จะมีจำนวนกลุ่มทราฟฟิกขอบริการทั้งหมดในโครงข่ายเท่ากับ 30 กลุ่มทราฟฟิก

- ในกรณีโครงข่าย n โหนด จำนวนเส้นทางในตารางการจัดเส้นทางที่สามารถส่งทราฟฟิกได้ของแต่ละกลุ่มทราฟฟิกขอบริการในแต่ละโหนดเท่ากับ n-1 เส้นทาง ยกตัวอย่าง โครงข่าย 6 โหนด จำนวนเส้นทางที่สามารถส่งทราฟฟิกได้ของแต่ละกลุ่มทราฟฟิกขอบริการในแต่ละโหนดเท่ากับ 5 เส้นทาง

- เส้นทางแรกในตารางการจัดเส้นทางให้ใช้ทางสายตรงก่อน และเส้นทางเลือกลำดับต่อไปจึงใช้ทางสายผ่าน

- ในแต่ละครั้งของการจำลองการทำงาน จะปรับเปลี่ยนทราฟฟิกขอบริการทุกกลุ่มเริ่มจาก 5 Erlangs เพิ่มขึ้นครั้งละ 1 Erlangs จนถึงทราฟฟิกขอบริการทุกกลุ่มเป็น 15 Erlangs

- ปรับเปลี่ยนระดับจำนวนวงจรที่ต้องการสำรองโดยเริ่มจาก 0 เปอร์เซ็นต์คือไม่มีการควบคุมสำรองวงจร แล้วเพิ่มระดับการสำรองวงจรขึ้นครั้งละ 10 เปอร์เซ็นต์ จนถึงระดับจำนวนวงจรที่ต้องการสำรองเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

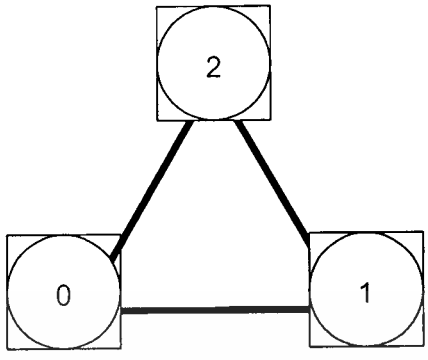
- การควบคุมสำรองวงจรนี้ให้ความสำคัญกับทราฟฟิกของสายตรงโดยไม่ต้องมีการควบคุม ส่วนทราฟฟิกของทางสายผ่านให้มีผลในการควบคุม

- ผลตอบสนองของทราฟฟิกที่ถูกควบคุมเป็นแบบ SKIP ไปยังทางสายถัดไปในตารางการจัดเส้นทาง

แล้วนำผลของทราฟฟิกได้บริการของแต่ละครั้งที่ปรับเปลี่ยนทราฟฟิกขอบริการ และปรับเปลี่ยนระดับจำนวนวงจรที่ต้องการสำรอง แสดงเป็นตารางและกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ทดลองโครงข่าย 3 โหนด



รูปที่ 4.2 การเชื่อมต่อของโครงข่าย 3 โหนด

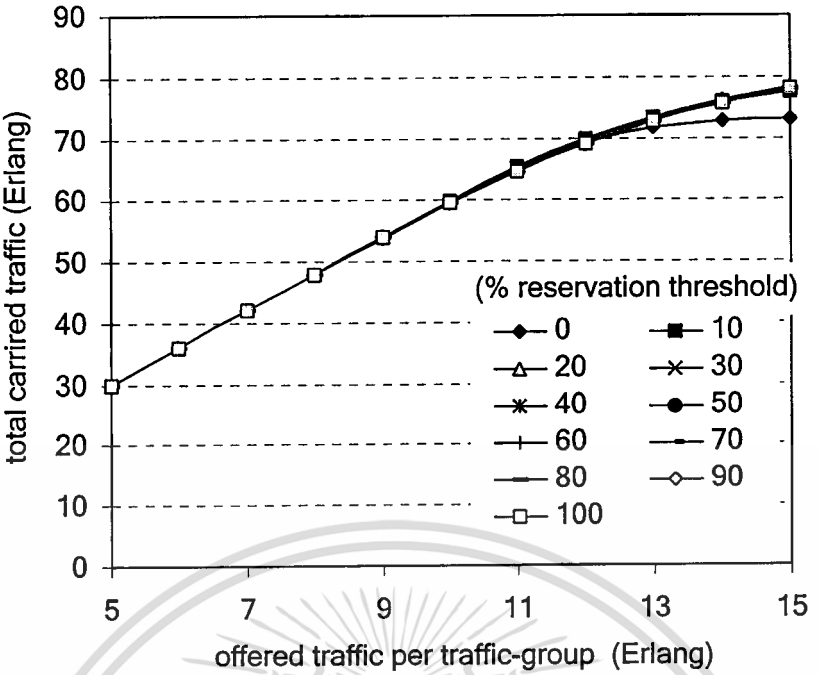
จากรูปที่ 4.2 เป็นโครงข่ายพื้นฐานที่สุด ที่สามารถจัดให้มีการจัดเส้นทางเผื่อเลือกให้ กับทราฟฟิกล้นได้

ตารางที่ 4.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ของทราฟฟิกที่ไม่สามารถให้บริการได้ของโครงข่าย 3 โหนด

%	Offered traffic per Traffic Group (Erlangs)										
res	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	1.0	3.5	8.0	13.4	18.7
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	2.8	5.8	9.7	13.8
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.2	3.0	5.9	9.4	13.1
30	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.4	1.6	3.5	6.3	9.5	13.1
40	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.6	1.9	3.9	6.5	9.7	13.2
50	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	2.0	4.0	6.6	9.8	13.3
60	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.8	2.0	4.0	6.6	9.8	13.2
70	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.8	2.1	4.0	6.6	9.8	13.2
80	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.9	2.0	4.0	6.6	9.8	13.2
90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	2.0	4.0	6.7	9.8	13.3
100	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.8	2.0	4.0	6.7	9.8	13.2

% res คือ เปอร์เซ็นต์ของระดับจำนวนวงจรที่ต้องการสำรอง

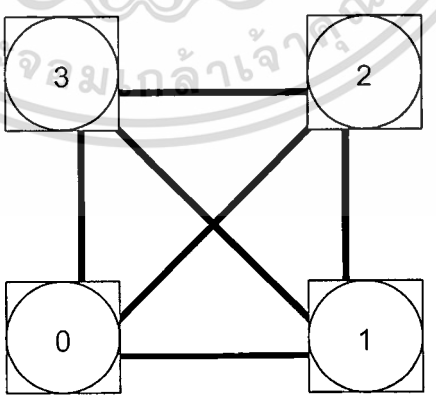
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของโครงข่าย 3 โหนด

ตารางที่ 4.2 และจากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า การจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรสามารถลดการสูญเสียเมื่อทราฟฟิกขอบริการในหน่วย Erlang เพิ่มขึ้นเข้าใกล้จำนวนวงจรบริการ

4.2.2 ทดลองโครงข่าย 4 โหนด

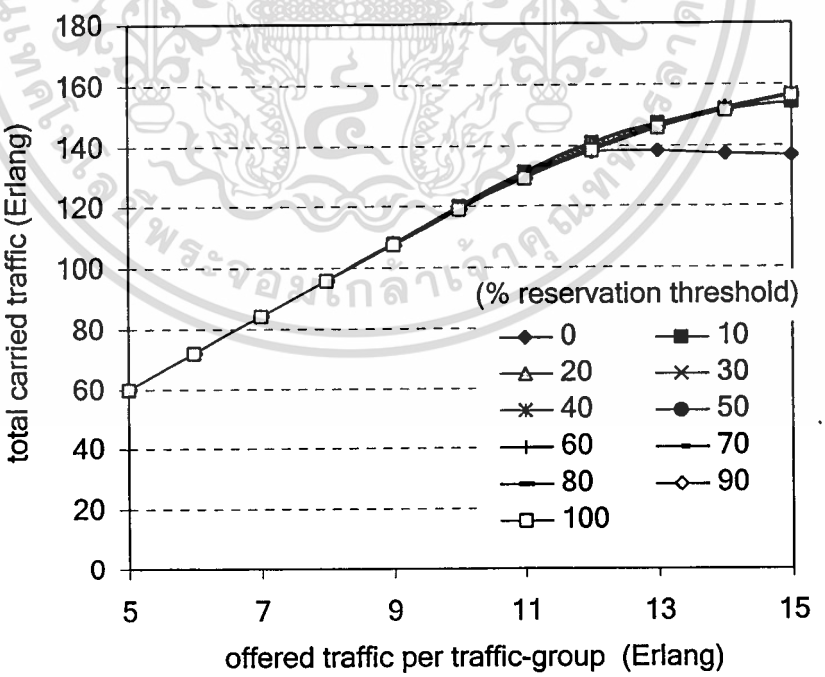


รูปที่ 4.4 การเชื่อมต่อของโครงข่าย 4 โหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงเปอร์เซ็นต์ของทราฟฟิกที่ไม่สามารถให้บริการได้ของโครงข่าย 4 โหนด

%	Offered traffic per Traffic Group (Erlangs)										
res	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.6	4.3	11.3	18.2	24.1
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.1	5.5	9.9	14.4
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	2.4	5.5	9.2	13.0
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	1.2	3.2	6.0	9.4	13.0
40	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.5	1.7	3.7	6.4	9.7	13.2
50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.7	1.9	3.9	6.6	9.8	13.3
60	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.8	2.1	4.0	6.6	9.8	13.2
70	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	2.1	4.0	6.7	9.8	13.2
80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9	2.1	4.0	6.7	9.8	13.2
90	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.9	2.0	4.0	6.7	9.8	13.2
100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	2.1	4.0	6.7	9.8	13.2

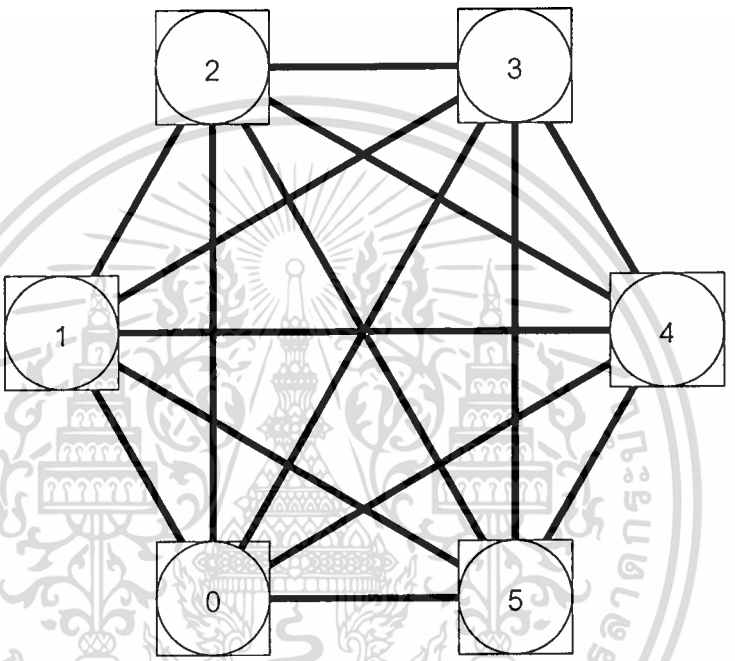


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของโครงข่าย 4 โหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.4 ทราฟฟิกสามารถมีเส้นทางเผื่อเลือกเพิ่มขึ้นเป็น 3 เส้นทาง เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.5 จะเห็นว่า เมื่อทราฟฟิกขอบริการในหน่วย Erlang เพิ่มขึ้นเข้าใกล้จำนวนวงจรบริการ การสูญเสียของทราฟฟิกจะสูญเสียมากกว่าโครงข่ายแบบ 3 โหนด แต่เมื่อมีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร โครงข่ายสามารถลดการสูญเสีย และเพิ่มทราฟฟิกได้บริการได้

4.2.3 ทดลองโครงข่าย 6 โหนด



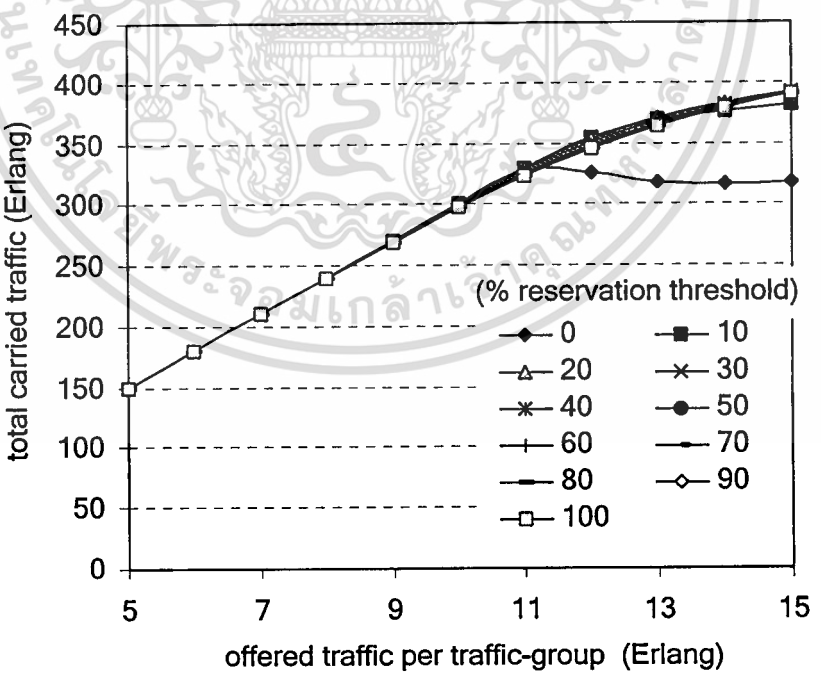
รูปที่ 4.6 การเชื่อมต่อของโครงข่าย 6 โหนด

จากรูปที่ 4.6 ภายในโครงข่าย มีจำนวนทรั้งก์ระหว่างโหนดทั้งสิ้น 15 ทรั้งก์ ทรั้งก์ขนาด 30 วงจรแบบวงจรสองทิศทาง มีจำนวนกลุ่มทราฟฟิกระหว่างโหนดทั้งสิ้น 30 กลุ่มทราฟฟิก ในแต่ละกลุ่มทราฟฟิกจากแต่ละโหนดสามารถมีเส้นทางเผื่อเลือกเพิ่มขึ้นเป็น 5 เส้นทาง แล้วทำการจำลองการทำงานเช่นเดียวกับกรณีโครงข่ายแบบ 3 โหนด และ 4 โหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงเปอร์เซ็นต์ของทราฟฟิกที่ไม่สามารถให้บริการได้ของโครงข่าย 6 โหนด

%	Offered traffic per Traffic Group (Erlangs)										
res	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	9.5	18.6	24.7	29.5
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.3	5.4	10.4	15.2
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.7	5.0	9.0	13.0
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	2.6	5.7	9.3	13.0
40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.4	3.4	6.3	9.6	13.1
50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	1.8	3.8	6.5	9.8	13.2
60	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.8	2.0	4.0	6.6	9.8	13.2
70	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.8	2.1	4.0	6.7	9.8	13.2
80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.9	2.0	4.0	6.7	9.8	13.3
90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.9	2.1	4.0	6.7	9.8	13.2
100	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.9	2.1	4.0	6.7	9.8	13.2

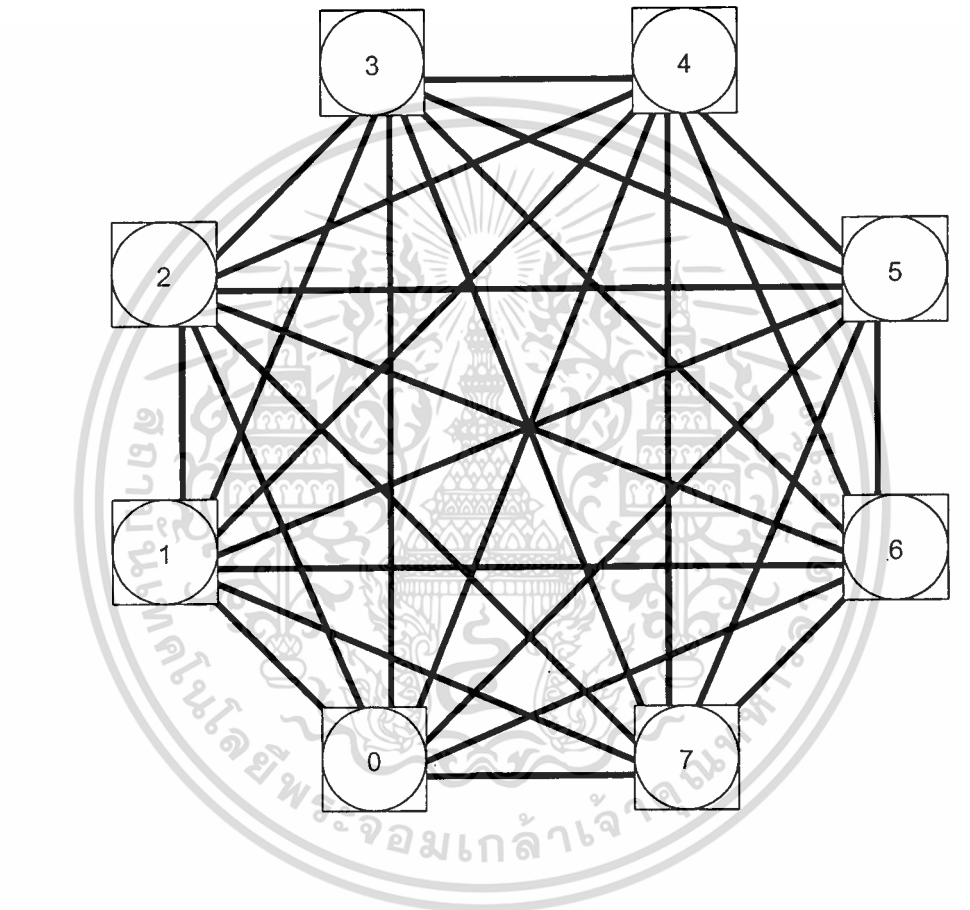


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของโครงข่าย 6 โหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของโครงข่าย 6 โหนด จากตารางที่ 4.4 เมื่อพิจารณาในเทอมของผลรวมของทราฟฟิกที่ได้บริการ การมีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรจะสามารถเพิ่มทราฟฟิกที่ได้บริการหรือลดการสูญเสียได้มากกว่าการไม่มีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร และการลดผลกระทบในกรณีภาระโหลดสูงมากที่ได้นั้นสูงกว่าแบบ 3 โหนด และแบบ 4 โหนด

4.2.4 ทดลองโครงข่าย 8 โหนด



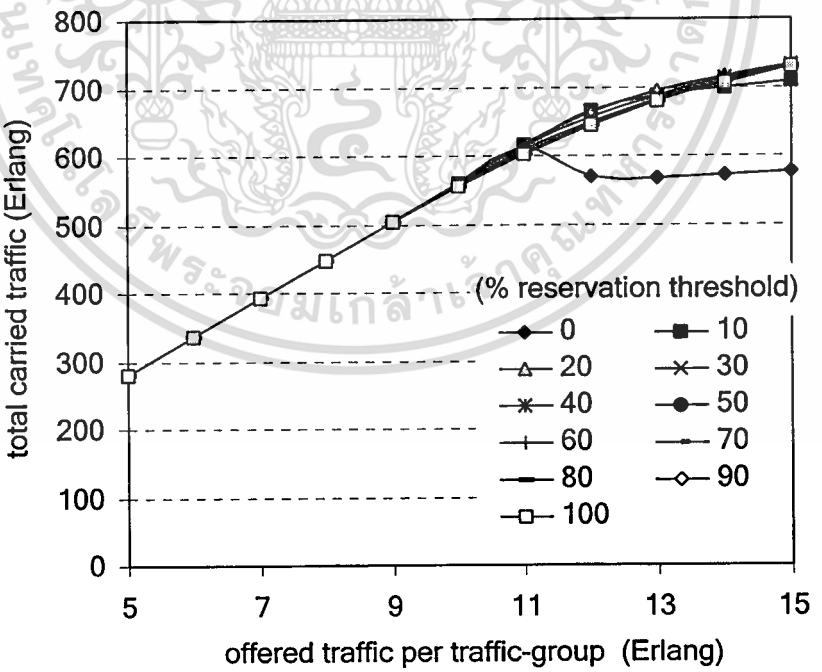
รูปที่ 4.8 การเชื่อมต่อของโครงข่าย 8 โหนด

จากรูปที่ 4.8 ภายในโครงข่าย มีจำนวนทรั้งก์ระหว่างโหนดทั้งสิ้น 28 ทรั้งก์ ทรั้งก์ขนาด 30 วงจรแบบวงจรสองทิศทาง มีจำนวนกลุ่มทราฟฟิกระหว่างโหนดทั้งสิ้น 56 กลุ่มทราฟฟิก ในแต่ละกลุ่มทราฟฟิกจากแต่ละโหนดสามารถมีเส้นทางเผื่อเลือกเพิ่มขึ้นเป็น 7 เส้นทาง แล้วทำการจำลองการทำงานเช่นเดียวกับกรณีโครงข่ายแบบ 3 โหนด แบบ 4 โหนด และแบบ 6 โหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงเปอร์เซ็นต์ของทราฟฟิกที่ไม่สามารถให้บริการได้ของโครงข่าย 8 โหนด

%	Offered traffic per Traffic Group (Erlangs)										
res	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	15.2	22.0	27.2	31.5
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	5.5	10.8	15.6
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.3	4.7	8.9	13.0
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.4	5.5	9.2	13.0
40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.2	3.3	6.2	9.6	13.2
50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	1.8	3.8	6.5	9.8	13.2
60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	2.0	4.0	6.6	9.8	13.2
70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.9	2.0	4.0	6.7	9.8	13.2
80	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.9	2.1	4.0	6.7	9.8	13.2
90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	2.1	4.0	6.7	9.8	13.2
100	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.9	2.0	4.0	6.7	9.8	13.2



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของโครงข่าย 8 โหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

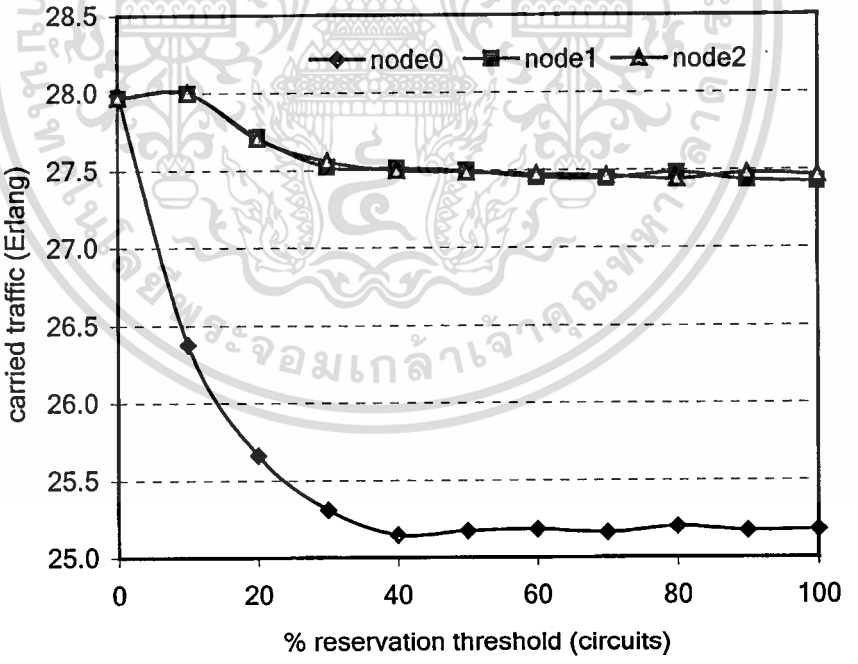
ผลของโครงข่าย 8 โหนด จากตารางที่ 4.5 เมื่อพิจารณาในเทอมของผลรวมของทราฟฟิกที่ได้บริการ การมีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรจะสามารถเพิ่มทราฟฟิกที่ได้บริการหรือลดการสูญเสียได้มากกว่าการไม่มีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร และการลดผลกระทบในกรณีภาระโหลดสูงมากที่ได้นั้นสูงกว่าแบบ 3 โหนด แบบ 4 โหนด และแบบ 6 โหนด

4.3 การทดลองโครงข่ายมีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรในบางโหนด

การทดลองนี้เพื่อเป็นการเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นระหว่างผลของโหนดที่ทำการควบคุมการเลือกสำรองวงจร กับผลของโหนดที่ไม่มีการควบคุมการเลือกสำรองวงจร โดยทดลองกับโครงข่ายแบบ 3 โหนด

4.3.1 กรณีทรั้งก์แบบสองทิศทาง

โครงข่ายมีจำนวนวงจร การเชื่อมต่อ และการจัดเส้นทางทราฟฟิก เช่นเดียวกับกรณี 4.2.1 เลือกทดลองที่ทราฟฟิกขอบริการแต่ละกลุ่มเท่ากับ 15 Erlangs โดยทำการเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นกับทราฟฟิกขอบริการของแต่ละโหนด ทำการควบคุมการเลือกสำรองวงจรเฉพาะที่โหนดหมายเลขศูนย์ 0 โหนดเดียว

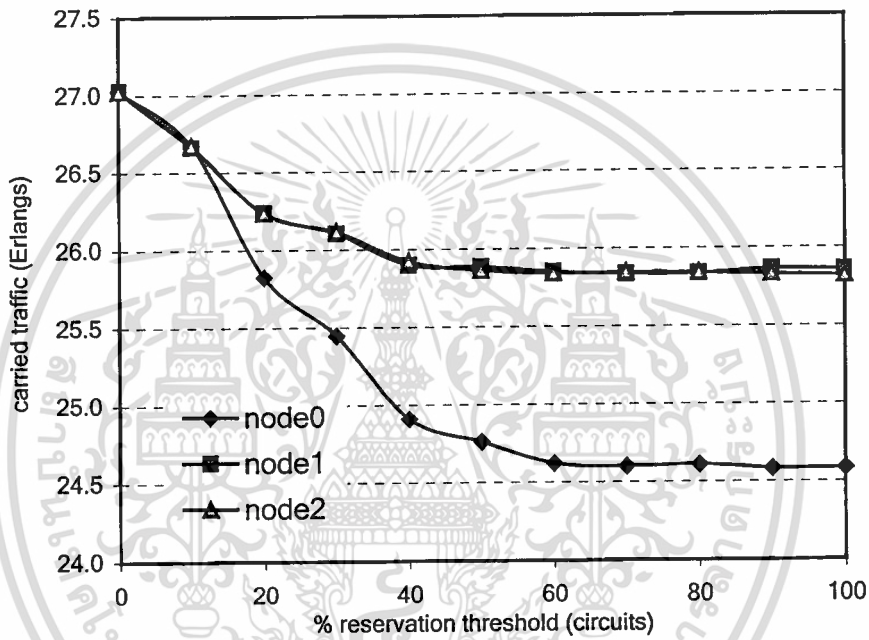


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการของแต่ละโหนดจากกรณีทรั้งก์แบบสองทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 กรณีแบ่งกลุ่มวงจรในการรับ และการส่งทราฟฟิกแบบวงจรทิศทางเดียว

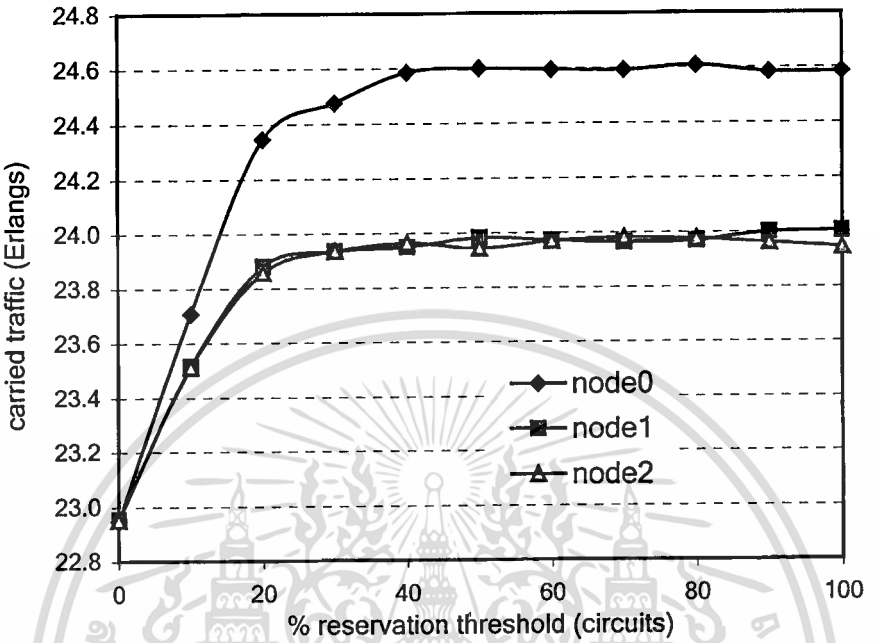
โครงข่ายมีจำนวนวงจร การเชื่อมต่อ และการจัดเส้นทางทราฟฟิกเช่นเดียวกับกรณี 4.2.1 และ 4.3.1 แต่แบ่งวงจรในแต่และทรั้งก์ออกเป็นสองกลุ่มเท่าๆกันคือกลุ่มส่งออก (outgoing) และกลุ่มรับเข้า (incoming) โดยโหนดทั้งสองด้านของทรั้งก์ สามารถเข้าใช้งานทรั้งก์ดังกล่าวในการส่งทราฟฟิกได้ไม่เกินกึ่งหนึ่งของจำนวนวงจรรวมในทรั้งก์คือด้านละ 15 วงจร ส่วนอีก 15 วงจร ทำหน้าที่คอยรับทราฟฟิกขาเข้าเท่านั้น ทดลองที่ทราฟฟิกขอบริการแต่ละกลุ่มเท่ากับ 15 Erlangs ทำการควบคุมการเลือกสำรองวงจรเฉพาะที่โหนดหมายเลข 0 โหนดเดียว



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของแต่ละโหนดจากกรณีแบ่งกลุ่มวงจรในการรับและการส่งทราฟฟิกแบบวงจรทิศทางเดียว

จากรูปที่ 4.11 แสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของแต่ละโหนดจากกรณีแบ่งกลุ่มวงจรในการรับ และการส่งทราฟฟิกแบบวงจรทิศทางเดียวโดยมีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรเฉพาะที่โหนด 0 จะเห็นว่าความแตกต่างของทราฟฟิกได้บริการของโหนดที่มีการจัดการและไม่มีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรจะแตกต่างน้อยกว่าในกรณีของทรั้งก์แบบสองทิศทางตามรูปที่ 4.10 ซึ่งในกรณีของทรั้งก์แบบสองทิศทางโหนดที่ไม่มีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรจะมีทราฟฟิกได้บริการเพิ่มขึ้นจากที่โหนดที่มีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรทำการควบคุมไม่ปล่อยผ่านทราฟฟิกในช่างที่มีภาระโหลดมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการของทราฟฟิกที่ให้ความสำคัญของแต่ละโหนดกรณีแบ่งกลุ่มวงจรในการรับ และการส่งทราฟฟิกแบบวงจรทิศทางเดียว

จากรูปที่ 4.12 ทราฟฟิกได้บริการของทราฟฟิกที่ให้ความสำคัญของแต่ละโหนดจากกรณีแบ่งกลุ่มวงจรในการรับ และการส่งทราฟฟิกแบบวงจรทิศทางเดียวโดยมีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรเฉพาะที่โหนด 0 จะเห็นว่า ที่โหนด 0 นั้น สามารถที่จะเพิ่มทราฟฟิกได้บริการของทราฟฟิกที่ให้ความสำคัญได้อย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับโหนด 1 และโหนด 2 ที่ไม่มีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร

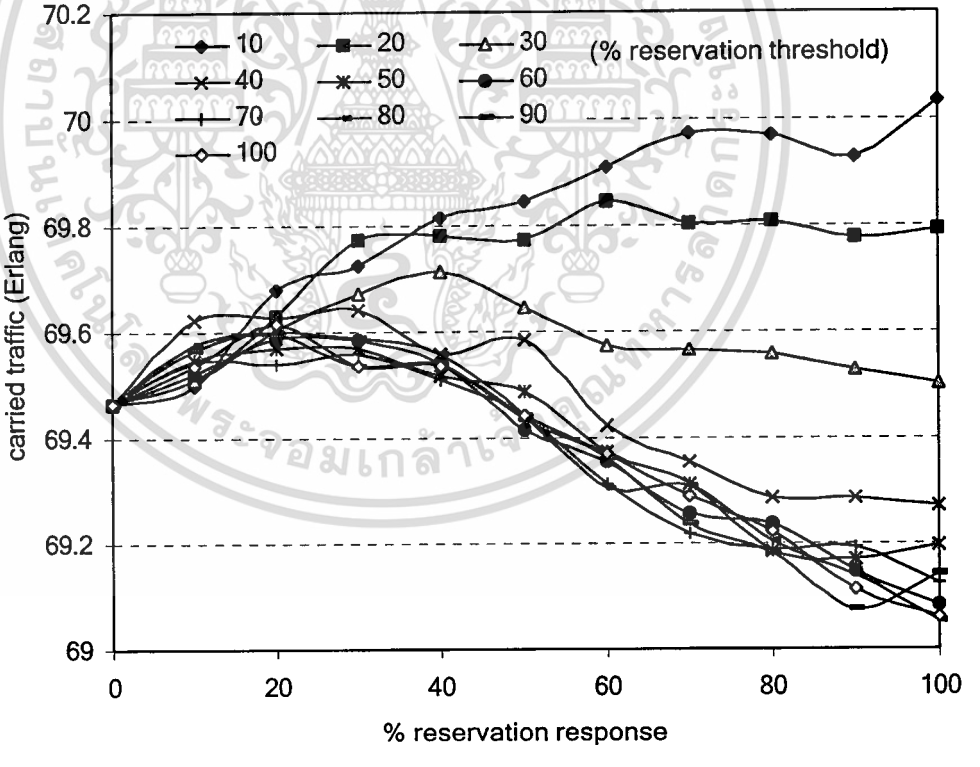
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรโดยมีการเปลี่ยนแปลงผลตอบสนอง

การทดลองนี้เพื่อเป็นการเปรียบเทียบผลของการปรับเปลี่ยนการตอบสนองต่อทราฟฟิกขอบริการเมื่อจำนวนวงจรลดลงจนถึงระดับที่ต้องการจัดการสำรอง โครงข่ายที่ทำการทดลองมีจำนวนวงจร การเชื่อมต่อ และการจัดเส้นทางทราฟฟิกเช่นเดียวกับกรณี 4.2 ทั้งใน 3 โหนด และแบบ 4 โหนด โดยในแต่ละครั้งของการจำลองการทำงาน จะปรับเปลี่ยนผลตอบสนองของทราฟฟิกที่ถูกควบคุมเป็นแบบ SKIP ไปยังทางสายถัดไปในตารางการจัดเส้นทาง เริ่มจาก 10 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นครั้งละ 10 เปอร์เซ็นต์ จนถึง 100 เปอร์เซ็นต์คือให้เฉพาะทราฟฟิกที่ให้ความสำคัญเท่านั้นเข้าใช้วงจรในทรั้งก์

4.4.1 โครงข่าย 3 โหนดที่มีการเปลี่ยนแปลงผลตอบสนองของการควบคุมสำรองวงจร

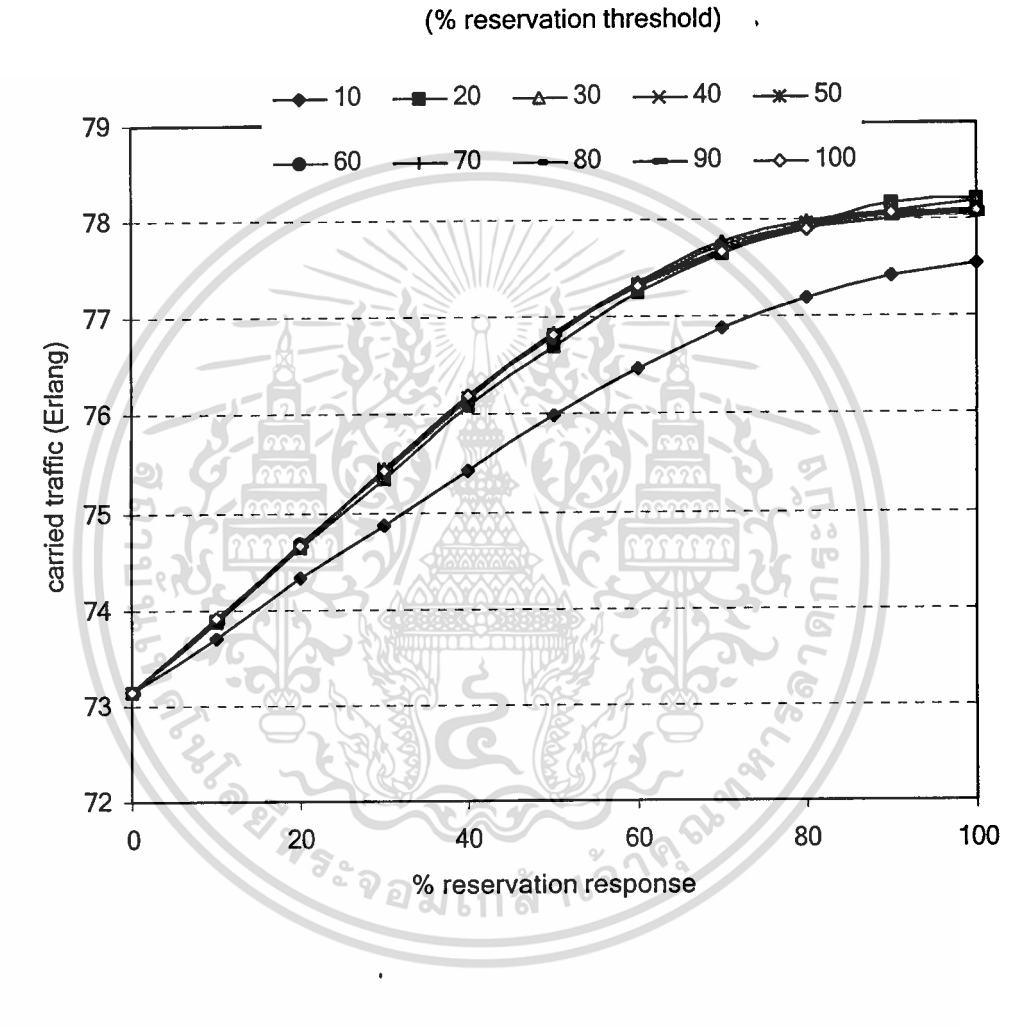
4.4.1.1 ทราฟฟิกขอบริการของแต่ละกลุ่มทราฟฟิกเท่ากับ 12 Erlangs



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของโครงข่ายในการทดลองกรณีโครงข่าย 3 โหนดที่มีการเปลี่ยนแปลงผลตอบสนองของการควบคุมสำรองวงจรและทราฟฟิกขอบริการของแต่ละกลุ่มทราฟฟิกเท่ากับ 12 Erlangs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1.2 ทราฟฟิกขอบริการของแต่ละกลุ่มทราฟฟิกเท่ากับ 15 Erlangs

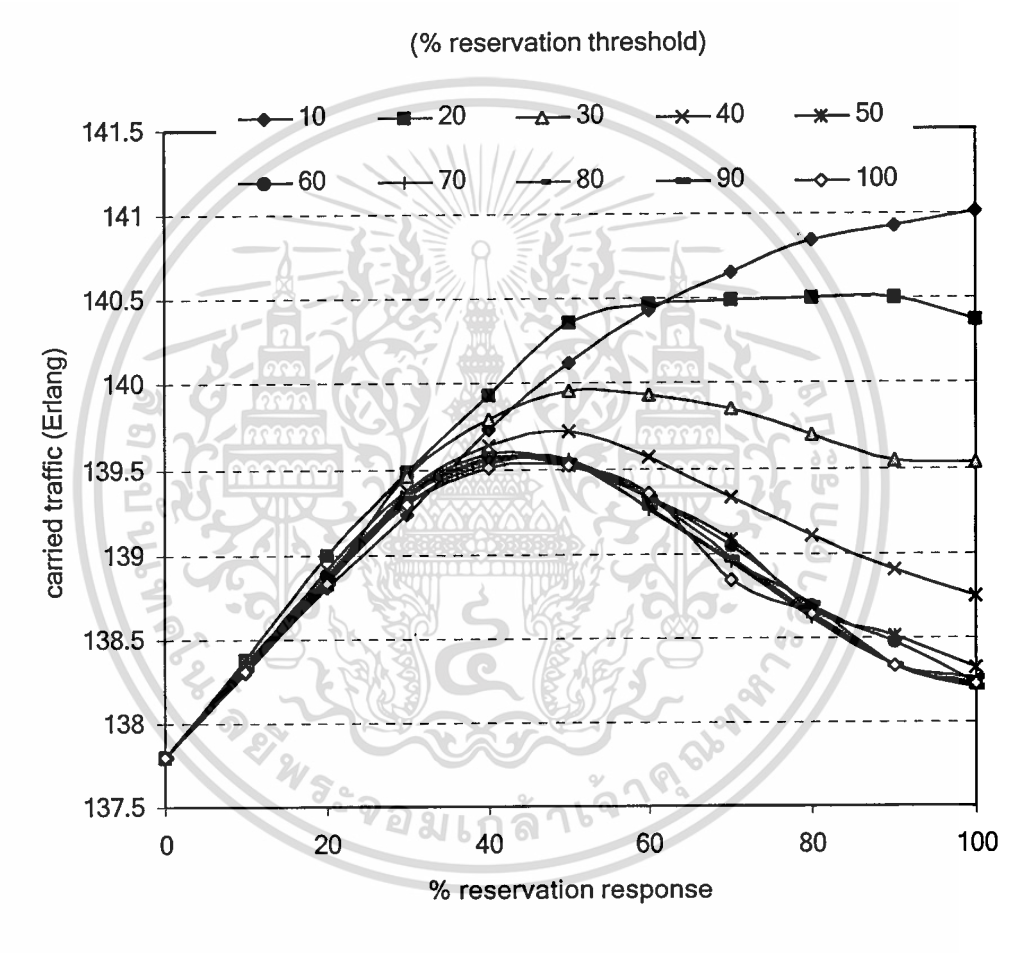


รูปที่ 4.14 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของโครงข่ายในการทดลองกรณี โครงข่าย 3 โหนด ที่มีการเปลี่ยนแปลงผลตอบสนองของการควบคุมสำรองวงจร และทราฟฟิกขอบริการของแต่ละกลุ่มทราฟฟิกเท่ากับ 15 Erlangs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 โครงข่าย 4 โหนดที่มีการเปลี่ยนแปลงผลตอบสนองของการควบคุมสำรองวงจร

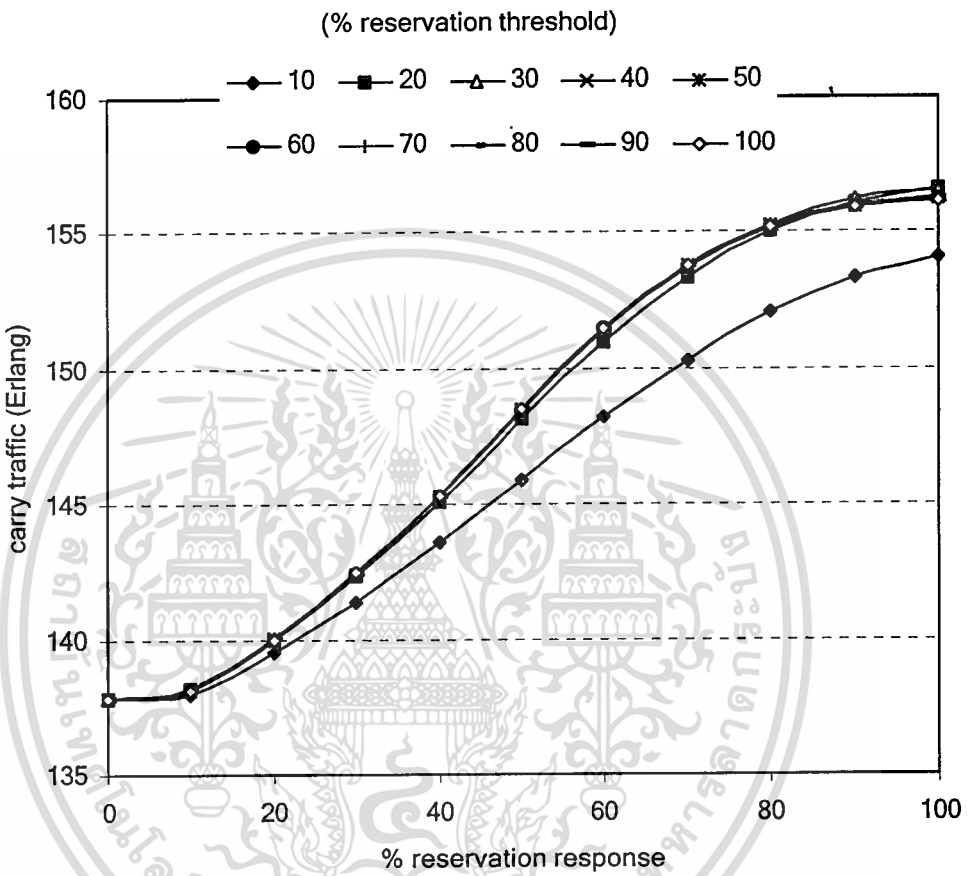
4.4.2.1 ทราฟฟิกขอบริการของแต่ละกลุ่มทราฟฟิกเท่ากับ 12 Erlangs



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของโครงข่ายในการทดลองกรณี โครงข่าย 4 โหนดที่มีการเปลี่ยนแปลงผลตอบสนองของการควบคุมสำรองวงจร และทราฟฟิกขอบริการของแต่ละกลุ่มทราฟฟิกเท่ากับ 12 Erlangs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.2 ทราฟฟิกขอบริการของแต่ละกลุ่มทราฟฟิกเท่ากับ 15 Erlangs



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของโครงข่ายในการทดลองกรณีโครงข่าย 4 โหนดที่มีการเปลี่ยนแปลงผลตอบสนองของการควบคุมสำรองวงจร และทราฟฟิกขอบริการของแต่ละกลุ่มทราฟฟิกเท่ากับ 15 Erlangs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.5.1 ผลจากในกรณีทดสอบสมรรถนะ 4.1 ทำให้เชื่อมั่นได้ว่า จะได้คำตอบที่ถูกต้องและแม่นยำ หรือใกล้เคียงมากที่สุด ในการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นไปใช้ในการจำลองการทำงานของโครงข่ายที่มีการจัดการเส้นทางให้กับทราฟฟิกล้น ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการทดลองการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร

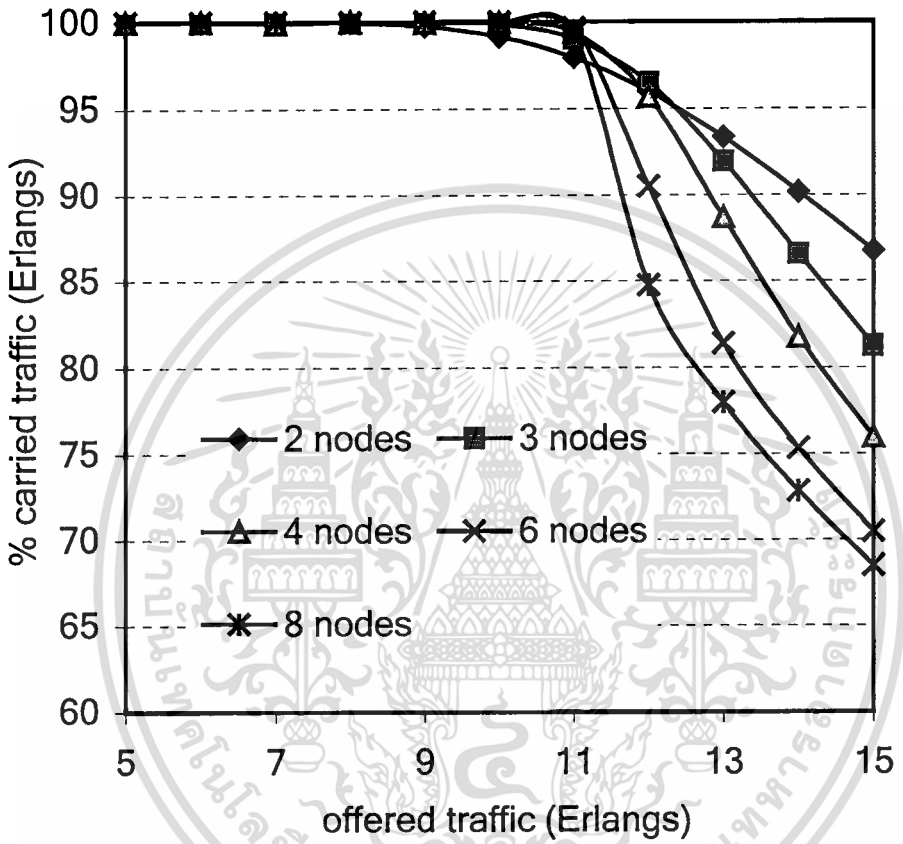
4.5.2 ผลจากการทดลอง 4.2 ทั้งแบบ 3 โหนด 4 โหนด 6 โหนด และแบบ 8 โหนด เมื่อนำเอาผลทราฟฟิกได้บริการของการมีการควบคุมการเลือกสำรองวงจร 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งก็คือการควบคุมให้เฉพาะทราฟฟิกที่ให้ความสำคัญโดยในการทดลองนี้คือ ทราฟฟิกสายตรง ผ่านได้เท่านั้น โดยไม่ให้ทราฟฟิกเส้นทางเผื่อเลือกผ่านได้ มาเปรียบเทียบกัน โดยเฉพาะที่ทราฟฟิกขอบริการของแต่ละกลุ่มทราฟฟิกเท่ากับ 15 Erlangs หรือต่อหนึ่งทรั้งก์เท่ากับ 30 Erlangs จากผลรวมของทราฟฟิกขอบริการของโหนดทั้งสองด้านของทรั้งก์ ผลของทราฟฟิกที่ไม่สามารถให้บริการได้เท่ากับ 13.2 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับค่าที่ได้จาก B-Table เมื่อ n จำนวนวงจรเท่ากับ 30 และ a ทราฟฟิกขอบริการเท่ากับ 30 Erlangs ค่าที่ได้จะเท่ากับ 0.132460 ซึ่งเป็นการสนับสนุนความน่าเชื่อถือในผลที่ได้จากการจำลองการทำงานของโครงข่ายว่าถูกต้อง สอดคล้องกับผลที่ได้จากวิธีการคำนวณ

4.5.3 จากผลของการทดลอง 4.2 ในกรณีที่ระดับของการจัดให้มีการควบคุมสำรองวงจรเท่ากับศูนย์คือไม่มีการควบคุมเลย และเมื่อทราฟฟิกขอบริการทั้งหมดเพิ่มขึ้นในระดับที่จะทำให้เกิดการคับคั่ง จะเห็นได้ว่า เมื่อจำนวนเส้นทางเลือกในตารางการจัดเส้นทางให้กับทราฟฟิกขอบริการมีมากขึ้น หรืออีกนัยหนึ่งคือการอนุญาตให้ทราฟฟิกล้นสามารถเข้าใช้ทางสายต่อๆไปได้โดยไม่มีการควบคุมใดๆ ทราฟฟิกล้นจึงมีผลกระทบต่อการเข้าใช้งานกลุ่มทรั้งก์ของทราฟฟิกทางสายตรง ทำให้อัตราทราฟฟิกได้บริการรวมต่อทราฟฟิกขอบริการรวมลดลง

จากรูปที่ 4.17 เส้น 2 โหนดคือผลของทราฟฟิกระหว่างโหนด 2 โหนดที่ไม่มีการจัดเส้นทางเผื่อเลือกให้กับทราฟฟิกขอบริการ เนื่องจากมีเฉพาะทางสายตรงต่อกันเท่านั้น เส้น 3 โหนดคือผลของทราฟฟิกระหว่างโหนด 3 โหนดที่นอกจากการมีเส้นทางสายตรงให้กับทราฟฟิกแล้ว ยังมีการจัดเส้นทางเผื่อเลือกให้กับทราฟฟิกขอบริการ 1 เส้นทาง จนถึงเส้น 8 โหนดคือผลของทราฟฟิกระหว่างโหนด 8 โหนดที่มีการจัดเส้นทางเผื่อเลือกให้กับทราฟฟิกขอบริการอีก 7 เส้นทาง จะเห็นได้ว่า เมื่อทราฟฟิกขอบริการต่อ 1 ทรั้งก์มากกว่าด้านละประมาณ 7.5 Erlangs หรือเท่ากับ 15 Erlangs ต่อ 1 ทรั้งก์ แต่รวมแล้วไม่เกิน 24 Erlangs ต่อทรั้งก์ โครงข่ายที่มีการจัดเส้นทางเผื่อเลือกให้กับทราฟฟิกล้นด้วยจำนวนเส้นทางเลือกที่มากกว่า จะได้อัตราของทราฟฟิกได้บริการที่ดีกว่าจนกระทั่งเมื่อทราฟฟิกขอบริการรวมต่อทรั้งก์มากกว่า 24 Erlangs หรือ 12 Erlangs ต่อหนึ่งกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทราฟฟิก โครงข่ายที่มีการจัดเส้นทางให้ทราฟฟิกล้นเข้าใช้งานร่วมกับทราฟฟิกทางสายตรงในจำนวนเส้นทางเผื่อเลือกที่มากกว่าโดยไม่มีการควบคุม อัตราของทราฟฟิกได้บริการจะลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเทียบกับโครงข่ายที่ไม่มีการจัดเส้นทางเผื่อเลือกในโครงข่ายแบบ 2 โหนด และเมื่อเทียบกับโครงข่ายที่มีการจัดเส้นทางเผื่อเลือกให้กับ ทราฟฟิกทางสายผ่านในจำนวนที่น้อยกว่า



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงทราฟฟิกได้บริการรวมของโครงข่ายเมื่อไม่มีการควบคุมสำรองวงจร

4.5.4 ภาพรวมของผลจากการทดลอง 4.2 คือในขณะที่ระดับของทราฟฟิกในทางสายยังไม่เกิดการคับคั่ง โครงข่ายไม่มีผลกระทบแต่อย่างได ต่อเมื่อเกิดการคับคั่ง การมีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร สามารถลดผลกระทบจากการคับคั่งนั้นได้

4.5.5 จากผลการทดลอง 4.3.1 ในกรณีทรั้งก์แบบสองทิศทาง โหนดที่ทำการควบคุมสำรองวงจร ผลของทราฟฟิกได้บริการจะลดลง โดยโหนดที่ไม่มีการทำการควบคุมสำรองวงจร ผลของทราฟฟิกได้บริการจะเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.6 จากผลการทดลอง 4.3.2 ในกรณีทรั้งก์แบบทิศทางเดียว โหนดที่ทำการควบคุมสำรองวงจร ผลของทราฟฟิกได้บริการรวมจะลดลง ตามรูปที่ 4.10 แต่ทราฟฟิกทางสายตรงของโหนดที่ทำการควบคุมสำรองจะเพิ่มขึ้น ตามรูปที่ 4.11

4.5.7 ผลการทดลองที่ 4.4 ในกรณีโครงข่ายแบบ 3 โหนด เมื่อทราฟฟิกขอบริการเท่ากับ 12 Erlangs เมื่อระดับจำนวนวงจรที่ต้องการสำรองมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ และระดับผลตอบสนองในการควบคุมมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ มีโอกาสที่จะทำให้ระดับทราฟฟิกได้บริการน้อยกว่าการที่ไม่ต้องมีการควบคุมการเลือกสำรองวงจร ต่อเมื่อทราฟฟิกขอบริการเท่ากับ 15 Erlangs ผลของทราฟฟิกที่ได้บริการที่มีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร สามารถลดการสูญเสียลงได้ในทุกระดับผลตอบสนอง โดยอัตราทราฟฟิกได้บริการสูงสุดมีความแตกต่างกันในหลายลักษณะ เช่น เมื่อทราฟฟิกขอบริการเท่ากับ 12 Erlangs โครงข่ายแบบ 4 โหนด ผลของกราฟความสัมพันธ์ในการควบคุมจะเป็นเส้นโค้งรูประฆังคว่ำ แต่เมื่อทราฟฟิกขอบริการเท่ากับ 15 Erlangs ผลของกราฟความสัมพันธ์ในการควาบคุมเกือบจะเป็นเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป และวิจารณ์เสนอแนะ

วิทยานิพนธ์นี้ มุ่งนำเสนอการจัดการและบริหารโครงข่ายอย่างมีประสิทธิภาพและให้บังเกิดประสิทธิผลจากทรัพยากร และความสามารถของระบบซุมสายที่มีอยู่ให้มากที่สุด โดยการให้ระบบซุมสายจัดลำดับความสำคัญกับการเรียกโทรศัพท์ที่มีโอกาสต่อสำเร็จมากกว่าการเรียกที่ต้องผ่านกระบวนการเพื่อหาวงจรต่อผ่านอีกชั้นหนึ่งซึ่งอาจจะต่อสำเร็จหรือไม่ก็ได้ ให้มีโอกาสใช้กลุ่มวงจรที่มากกว่า ซึ่งผลจากการทดลอง สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ นับเป็นการแก้ปัญหาความไม่พอของวงจรระหว่างซุมสายหรือระหว่างโครงข่ายในส่วนหนึ่ง โดยไม่ต้องมีการลงทุนเพิ่มแต่งอย่างใด ซึ่งหากแก้ปัญหาด้วยวิธีการเพิ่มจำนวนวงจรก็จะเป็นการเพิ่มต้นทุนของระบบทั้งที่เป็นต้นทุนคงที่จากการจัดซื้อ และการติดตั้ง และต้นทุนผันแปรเช่น ค่าการเชื่อมโยง หรือค่าบำรุงรักษาเป็นต้น ด้วยเช่นกัน

สรุปผลจากการจำลองการทำงานของโครงข่าย

การทดลองได้กระทำในหลายกรณีบนการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร 1 ระดับการควบคุม กับ 1 ระดับการตอบสนอง โดยแยกเป็นกรณีต่างๆคือ

ในกรณีที่ทุกโหนดมีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรเหมือนกัน จะไม่มีผลกระทบใดๆในสภาวะที่ยังไม่เกิดการคับคั่ง และสามารถลดการสูญเสียที่จะเกิดขึ้น หรือเพิ่มทราฟฟิกได้บริการในสภาวะที่มีการคับคั่งได้

ในกรณีที่มีบางโหนดที่การจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร และเป็นวงจรแบบสองทาง โหนดที่มีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรทราฟฟิกส่งออกจะลดลง โดยส่งออกได้เฉพาะทราฟฟิกที่ให้ความสำคัญ แต่มีโอกาสที่ได้รับ ทราฟฟิกขาเข้ามากขึ้น

ในกรณีที่มีบางโหนดที่มีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร แต่เป็นวงจรแบบทิศทางเดียว โหนดที่มีการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจร สามารถที่จะควบคุม ทราฟฟิกได้อย่างตามความต้องการ

ในกรณีจัดผลตอบสนองของการควบคุมสำรองวงจรแบบหลายระดับ ถ้าจัดให้เหมาะสมจะสามารถเพิ่มทราฟฟิกได้บริการได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

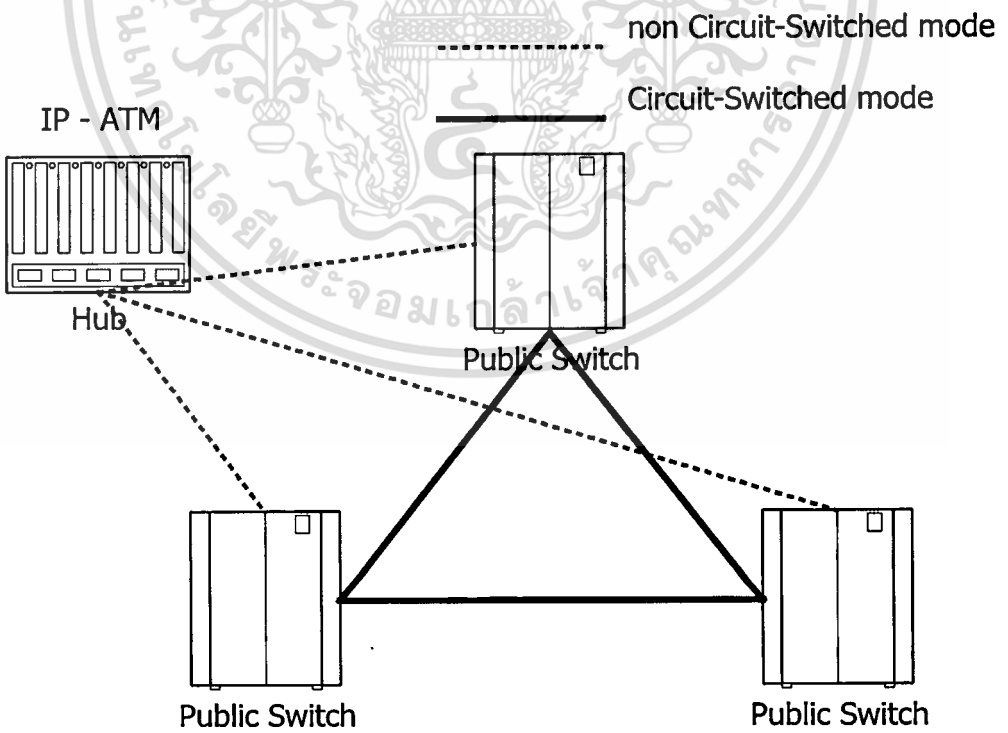
วิจารณ์การวิจัย

ผลที่ได้จากการจำลองแบบจะได้ข้อมูลที่มีลักษณะเดียวกันกับระบบชุมสายสายจริง ที่ให้ทั้งผลต่อทางสาย และต่อจุดปลายทางทำให้สามารถนำผลที่ได้นี้ไปวางแผนการจัดการได้อย่างครอบคลุมมากขึ้น ถ้าหากมีการจัดการควบคุมการสำรองวงจรที่เหมาะสม จะทำให้ได้จำนวนเวลาการเรียกรวมเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์โดยการจำลองแบบที่ทำงานโดยการสุ่มเหตุการณ์ต่างๆ แล้วนำมาประมวลผล เป็นการหาคำตอบโดยอาศัยการเก็บสถิติหาความน่าจะเป็นที่มีโอกาศเกิดได้มากที่สุด ถ้าหากต้องการความน่าเชื่อถือสูงขึ้น จำเป็นต้องให้จำนวนครั้งในการสุ่มมากขึ้นซึ่งจะต้องใช้เวลาในการจำลองการทำงานมากขึ้นด้วย แต่ในปัจจุบันอุปกรณ์ประมวลผลของเครื่องคอมพิวเตอร์ก็ได้รับการพัฒนาเพิ่มความเร็วในการประมวลผลให้มากขึ้น และประการสำคัญราคาอุปกรณ์คอมพิวเตอร์มีแนวโน้มปรับลดลง ทำให้เป็นข้อเด่นอีกประการหนึ่งของวิธีการจำลองแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการประยุกต์ใช้งานกับโครงข่ายในปัจจุบัน



รูปที่ 5.1 ลักษณะโครงข่ายที่ใช้งานเซอร์กิตสวิตช์ร่วมกับการทำงานที่ไม่เป็นเซอร์กิตสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาและการใช้งานโครงข่ายโทรศัพท์ในยุคปัจจุบัน ได้มีการผสมผสานระหว่างโครงข่ายที่ใช้งานเซอร์กิตสวิตช์ร่วมกับการทำงานที่ไม่เป็นเซอร์กิตสวิตช์ อาทิ โครงข่ายอินเทอร์เนตโปรโตคอล (Internet Protocal) หรือ โครงข่ายเอทีเอ็ม (Asynchronous Transfer Mode) ที่ปัจจุบันโครงข่ายทั้งสองแบบได้มีการพัฒนา และเข้ามาให้บริการการสื่อสารทางเสียงด้วยโทรศัพท์มากขึ้น อย่างไรก็ดี จากคุณสมบัติของเซอร์กิตสวิตช์ที่ให้คุณภาพที่ดีในการสนทนา และทรัพยากรโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ที่มีอยู่ การนำการจัดการควบคุมการเลือกสำรองวงจรในโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์เพื่อเพิ่มทราฟฟิกได้บริการ จะเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และเมื่อมีทราฟฟิกล้นจากโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์ จึงส่งไปยังโครงข่ายที่ไม่เป็นเซอร์กิตสวิตช์ต่อไปเพื่อลดภาระโหลดของโครงข่ายดังกล่าว และจะได้คุณภาพบริการที่ดีขึ้น เนื่องจากคุณภาพของโครงข่ายที่ไม่เป็นเซอร์กิตสวิตช์จะขึ้นอยู่กับภาระโหลด หรือจำนวนข้อมูล โดยที่ไม่มีการบล็อกกิ้ง แต่อาจมีผลต่อค่าดีเลย์

ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยต่อไปของการควบคุมการเลือกสำรองวงจร การกำหนดให้มีระดับของการควบคุมจำนวนวงจรสำรองเป็นสองระดับ และการให้มีผลตอบสนองที่ขึ้นอยู่กับแต่ละระดับของการควบคุมเพื่อพิสูจน์ผลของการจัดการดังกล่าวก็นับว่าน่าสนใจ

ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโปรแกรม คุณสมบัติประการหนึ่งของการจำลองแบบครั้งนี้ คือ ความสะดวกในการปรับเปลี่ยนข้อมูลในการทดลอง และโครงสร้างโปรแกรมที่สร้างขึ้นนี้ มีลักษณะเป็นโมดูลที่สามารถเพิ่มเติมลักษณะการทำงานต่างๆได้ จึงเหมาะที่จะนำไปประยุกต์กับการเพิ่มการจัดการโครงข่าย และในการทดสอบการควบคุมสำรองวงจรก็สามารถทำการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงการทำงานได้สะดวกด้วย แต่ในการพัฒนาต่อไป อาจจะให้เป็นแบบ GUI (Graphic User Interface) ที่สามารถป้อนข้อมูลผ่าน และมีการแสดงผล รวมถึงการวิเคราะห์ผลของโครงข่ายทางจอภาพ ซึ่งจะทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้งาน และการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] มนูญ สุขเกษม, ถวิล พึ่งมา. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงข่ายให้บริการร่วมแบบดิจิตอล**. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว. พ.ศ.2536.

[2] ITU-T Rec. E.170. "Traffic Routing." [Compact Disc]. Geneva. 1992.

[3] มนูญ สุขเกษม. **การวางแผนโครงข่ายโทรคมนาคมดิจิตอล**. ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[4] ITU-T Rec. E.412. "Network Management Controls." [Compact Disc]. Geneva. 1998.

[5] ITU-T Rec. Q.542. "Digital Exchange Design Objectives Operations and Maintenance." [Compact Disc]. Geneva. 1993.

[6] ITU-T Rec.E.502 (rev.1), "Traffic Measurement Requirements for Digital Telecommunications Exchanges." [Compact Disc]. Geneva. 1992.

[7] T. Paungma et.al. 1988. "Propose to correct some Traffic flow errors in Rec,ITU-T Fig.4/E.502." 224-227 in Paper of The Twenty-first AIC Conference. Tokyo.

[8] ITU-T Rec. E.524, "Overflow approximations for non-random inputs." [Compact Disc]. Geneva. 1997.

[9] R. Bhandari. "A Model for Stream Overflows in Circuit-Switched Communication Networks," IEICE Trans.Commun.. Vol. E80-B. 2 Feb 1997.

[10] A. Hossein, "Systems Simulation:The Shortest Path from Learning to Applications [Online]," Available : http://ubmail.ubalt.edu/~harsham/simulation/sim.htm, 1996.

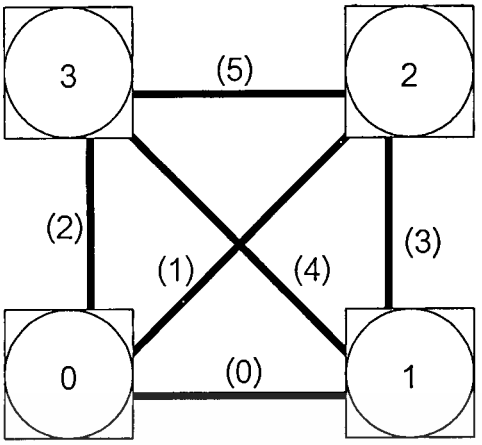
[11] Ericsson Training Course, "Operation of AXE Networks." 1996.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างข้อมูลและผลการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงการต่อเชื่อมภายในโครงข่าย 4 โหนด

ตารางแสดงการต่อเชื่อมภายในโครงข่าย

Trunk Group	Terminal X	Terminal Y	Number of Circuit
0	0	1	30
1	0	2	30
2	0	3	30
3	1	2	30
4	1	3	30
5	2	3	30

ตารางแสดงกลุ่มทราฟฟิกในโครงข่าย

Traffic Group	Origination	Destination	Offer (Erlangs)
0	0	1	10
1	1	0	11
2	0	2	12
3	2	0	13
4	0	3	14
5	3	0	15
6	1	2	10
7	2	1	11
8	1	3	12
9	3	1	13
10	2	3	14
11	3	2	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ใช้ป้อนเข้าโปรแกรม (4.txt)

```
12
0       1       10
1       0       11
0       2       12
2       0       13
0       3       14
3       0       15
1       2       10
2       1       11
1       3       12
3       1       13
2       3       14
3       2       15

6
0       1       30
0       2       30
0       3       30
1       2       30
1       3       30
2       3       30

4

3
1       3       0       1       2
2       3       1       2       0
3       3       2       0       1
3
0       10      0       100     0       0
1       10      0       100     0       0
2       10      0       100     0       0
3
0       3       0       3       4
2       3       3       4       0
3       3       4       0       3
3
0       10      0       100     0       0
3       10      0       100     0       0
4       10      0       100     0       0
3
0       3       1       3       5
1       3       3       5       1
3       3       5       1       3
3
1       10      0       100     0       0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
3       10      0       100     0       0
5       10      0       100     0       0
3
0       3       2       4       5
1       3       4       5       2
2       3       5       2       4
3
2       10      0       100     0       0
4       10      0       100     0       0
5       10      0       100     0       0


1000
```

ผลที่ได้จากการทำงานของโปรแกรม (4out.txt)

```
trg     orig    dest    offer
0       0       1       10
1       1       0       11
2       0       2       12
3       2       0       13
4       0       3       14
5       3       0       15
6       1       2       10
7       2       1       11
8       1       3       12
9       3       1       13
10      2       3       14
11      3       2       15
trunk   termx   termy   circuits
0       0       1       30
1       0       2       30
2       0       3       30
3       1       2       30
4       1       3       30
5       2       3       30

node0 dest = 1      P0 = 0 P1 = 1 P2 = 2
node0 dest = 2      P0 = 1 P1 = 2 P2 = 0
node0 dest = 3      P0 = 2 P1 = 0 P2 = 1
node0 r0    br = 10     rt1 = 0 rp1 = 100    rt2 = 0 rp2 = 0
node0 r1    br = 10     rt1 = 0 rp1 = 100    rt2 = 0 rp2 = 0
node0 r2    br = 10     rt1 = 0 rp1 = 100    rt2 = 0 rp2 = 0

node1 dest = 0      P0 = 0 P1 = 3 P2 = 4
node1 dest = 2      P0 = 3 P1 = 4 P2 = 0
node1 dest = 3      P0 = 4 P1 = 0 P2 = 3
node1 r0    br = 10     rt1 = 0 rp1 = 100    rt2 = 0 rp2 = 0
node1 r3    br = 10     rt1 = 0 rp1 = 100    rt2 = 0 rp2 = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

node1 r4 br = 10 rt1 = 0 rp1 = 100 rt2 = 0 rp2 = 0

node2 dest = 0 P0 = 1 P1 = 3 P2 = 5
node2 dest = 1 P0 = 3 P1 = 5 P2 = 1
node2 dest = 3 P0 = 5 P1 = 1 P2 = 3
node2 r1 br = 10 rt1 = 0 rp1 = 100 rt2 = 0 rp2 = 0
node2 r3 br = 10 rt1 = 0 rp1 = 100 rt2 = 0 rp2 = 0
node2 r5 br = 10 rt1 = 0 rp1 = 100 rt2 = 0 rp2 = 0

node3 dest = 0 P0 = 2 P1 = 4 P2 = 5
node3 dest = 1 P0 = 4 P1 = 5 P2 = 2
node3 dest = 2 P0 = 5 P1 = 2 P2 = 4
node3 r2 br = 10 rt1 = 0 rp1 = 100 rt2 = 0 rp2 = 0
node3 r4 br = 10 rt1 = 0 rp1 = 100 rt2 = 0 rp2 = 0
node3 r5 br = 10 rt1 = 0 rp1 = 100 rt2 = 0 rp2 = 0
end sample = 1000
end clock = 100

trg0	10	969	681	664.804875	190	191.339404		
trg1	11	1114	806	842.318267	221	208.97588		
trg2	12	1298	906	831.422327	252	257.421597		
trg3	13	1306	936	923.674886	257	249.955304		
trg4	14	1377	919	892.707347	324	337.954059		
trg5	15	1480	949	956.156255	368	368.154456		
trg6	10	1012	729	722.265278	181	180.468895		
trg7	11	1128	832	828.948053	188	221.878043		
trg8	12	1230	871	951.168475	238	261.889777		
trg9	13	1337	897	872.665384	301	324.326022		
trg10	14	1409	896	903.296232	372	354.293318		
trg11	15	1468	944	989.900642	341	343.26278		
node0 r0		2001	1007	1010.196323	198	213.853614	741	0
node0 r1		2208	1118	1055.982182	230	234.104477	811	0
node0 r2		2495	1147	1109.471104	302	303.826996	989	0
node1 r0		2289	1045	1096.9479	387	395.661387	800	0
node1 r3		1880	966	955.199044	206	217.024094	639	0
node1 r4		2106	1035	1114.939627	245	264.749688	783	0
node2 r1		2364	1268	1257.308956	190	183.340311	856	0
node2 r3		2242	1136	1123.150192	296	337.532847	766	0
node2 r5		2169	1077	1101.586689	121	119.006163	910	0
node3 r2		2458	1269	1263.950925	114	109.752036	1024	0
node3 r4		2394	1274	1260.289083	130	138.444914	960	0
node3 r5		2540	1257	1330.225532	213	226.150571	1035	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

โปรแกรม SIMULATE.CPP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include        <iostream.h>
#include        <string.h>
#include        <stdlib.h>
#include        <stdio.h>
#include        <math.h>
#include        <dos.h>
#include        <float.h>
#include        <fstream.h>
#define         RANDOM_MAX32767.0
#define         CIRCUIT         30
#define         SEIZURE_OK      1
#define         SEIZURE_NOT     0
#define         NORMALIZE       1.0
#define         NODE            8
#define         B_NUMBER        56
#define         R_NUMBER        56

class Traffic{      public :
        void Initial(void),Bid(void);
        int         orig,dest;
        double clk,b,sdir,salt,acdir,acalt,ao,tm,Arrive(double),Hold(double);
};

void Traffic::Initial(void){
                b=0; sdir=0; acdir=0;     salt=0;  acalt=0;tm=NORMALIZE/ao;
                clk=Arrive(1.0/ao);
}

void Traffic::Bid(void){
        b++;
        clk+=Arrive(tm);
}

double Traffic::Arrive(double t){
        int sample;
        while((sample=rand())==RANDOM_MAX);
        return (-1.0*t*log(1.0-sample/RANDOM_MAX));
}

double Traffic::Hold(double average){
        int sample;
        do      {
                sample=rand();
        } while(sample==RANDOM_MAX);
        return (-1.0*average*log(1.0-sample/RANDOM_MAX));
}

class Trunk{      public :
        double  cct[CIRCUIT];
        int         termx,termy,ccts,Idle(double);
        void        Initial(void);
};

void Trunk::Initial(){
        for(int i=0;i<ccts;i++)      cct[i]=0;
}

int Trunk::Idle(double clk){
        int number_of_Idle=0;
        for(int i=0;i<ccts;i++) { if(cct[i]<=clk) number_of_Idle++; }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        return (number_of_Idle);
}

class Link{     public :
        int     act,br,rt1,rt2;
        double  b,sor,acor,str,actr,rejcong,rejnm,rp1,rp2;
        void    Initial(void);
};

void Link::Initial(){
        b=0;
        sor=0;
        acor=0;
        str=0;
        actr=0;
        rejcong=0;
        rejnm=0;
}

class Destination{      public :
        int     act,num_alt,p[5];
};

class Exchange{         public :
        int     num_b,num_ls;
        Destination     b[B_NUMBER];
        Link    ls[R_NUMBER];
};

Trunk   r[R_NUMBER];
Traffic trg[B_NUMBER];
Exchange        node[NODE];

void            Initial(void);
int             num_r,num_trg,num_node,Signalling(int,int,int);
double  clk,end_sample,count,Event(void);
void    Routing(Traffic &);

int Signalling(int orig,int ls,int idle){
        int rt1,rt2,rp1,rp2,sample;
        sample=rand();
        rt1=node[orig].ls[ls].rt1*r[ls].ccts*0.01;
        rt2=node[orig].ls[ls].rt2*r[ls].ccts*0.01;
        rp1=node[orig].ls[ls].rp1*RANDOM_MAX*0.01;
        rp2=node[orig].ls[ls].rp2*RANDOM_MAX*0.01;
        if(idle<=rt2){  if(sample<rp2)  return SEIZURE_NOT;  }
        if(idle<=rt1){  if(sample<rp1)  return SEIZURE_NOT;  }
        return SEIZURE_OK;
}

double Event(void){
        double less;
        less=trg[0].clk;
        for(int i=1;i<num_trg;i++){
                if(less>trg[i].clk)
                                less=trg[i].clk;
        }
        return less;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void Initial(void){
	for(int i=0;i<num_trg;i++)
		trg[i].Initial();
	for(i=0;i<num_r;i++)
		r[i].Initial();
	for(i=0;i<num_node;i++){
		for(int j=0;j<node[i].num_ls;j++){
			node[i].ls[j].Initial();
		}
	}
}

void Routing(Traffic &b){
	#define DR	1
	#define AR	2
	#define OR	4
	#define TR	8
	#define ND	16
	int orig,dest,seizure,num_alt,r1,r2,i,x,y;
	int traffic_type,idle;
	double temp;
	idle=0;  traffic_type=0;   orig=b.orig;	dest=b.dest;
	b.Bid();
	num_alt=node[orig].b[dest].num_alt;
	for(seizure=0;seizure<num_alt;seizure++){
		traffic_type=OR;
		if(seizure)
			traffic_type+=ND;
		r1=node[orig].b[dest].p[seizure];
		x=r[r1].termx;
		y=r[r1].termy;
		if(orig==x){
			if(dest==y){
				traffic_type+=DR;
			}
			else if(dest!=x){
				traffic_type+=AR;
			}
			else traffic_type=0;
		}
		else if(orig==y){
			if(dest==x){
				traffic_type+=DR;
			}
			else if(dest!=y){
				traffic_type+=AR;
				y=x;
			}
			else traffic_type=0;
		}
		else traffic_type=0;
		if(traffic_type){
			idle=r[r1].Idle(clk);
			node[orig].ls[r1].b++;
			if(idle){
				if((traffic_type)&(node[orig].ls[r1].br)){
					if(Signalling(orig,r1,idle)==0){
						node[orig].ls[r1].rejnm+=1.0;
						idle=0;
					}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                                else    break;
                        }
                        else    break;
                }
                else    node[orig].ls[r1].rejcong+=1.0;
        }
}
if(idle){
        if(traffic_type&DR){
                temp=b.Hold(NORMALIZE);
                b.acdir+=temp;  b.sdir++;
                for(i=0;i<r[r1].ccts;i++){
                        if(clk>=r[r1].cct[i]){
                                node[orig].ls[r1].acor+=temp;
                                node[orig].ls[r1].sor++;
                                r[r1].cct[i]=clk+temp;
                                break;
                        }
                }
        }
        else{
                int     orig1=orig;
                orig=y;
                num_alt=node[orig].b[dest].num_alt;
                for(seizure=0;seizure<num_alt;seizure++){
                        traffic_type=TR;
                        if(seizure)
                                traffic_type+=ND;
                        r2=node[orig].b[dest].p[seizure];
                        x=r[r2].termx;
                        y=r[r2].termy;
                        if(orig==x){
                                if(dest==y){
                                        traffic_type+=DR;
                                }
                                else if(dest!=x){
                                        traffic_type+=AR;
                                }
                                else traffic_type=0;
                        }
                        else if(orig==y){
                                if(dest==x){
                                        traffic_type+=DR;
                                }
                                else if(dest!=){
                                        traffic_type+=AR;
                                        y=x;
                                }
                                else traffic_type=0;
                        }
                        else traffic_type=0;
                        if(traffic_type){
                                idle=r[r2].Idle(clk);
                                node[orig].ls[r2].b++;
                                if(idle){
                                        if((traffic_type)&(node[orig].ls[r2].br)){
                                                if(Signalling(orig,r2,idle)==0){
                                                        node[orig].ls[r2].rejnm+=1.0;
                                                        idle=0;
                                                }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                                        }
                                }
                                else    node[orig].ls[r2].rejcong+=1.0;
                        }
                        if(idle){
                                temp=b.Hold(NORMALIZE);
                                for(i=0;i<r[r1].ccts;i++){
                                        if(clk>=r[r1].cct[i]){
                                                node[orig1].ls[r1].acor+=temp;
                                                node[orig1].ls[r1].sor++;
                                                r[r1].cct[i]=clk+temp;
                                                break;
                                        }
                                }
                                for(i=0;i<r[r2].ccts;i++){
                                        if(clk>=r[r2].cct[i]){
                                                node[orig].ls[r2].actr+=temp;
                                                node[orig].ls[r2].str++;
                                                r[r2].cct[i]=clk+temp;
                                                break;
                                        }
                                }
                                b.acalt+=temp;  b.salt++;
                                break;
                        }
                }
        }
}

int main(void){
        char choice,fkey[10],fin[10],fout[10];
        int i,j,k;
        randomize();
        cout<<"\n"<<"input file name ..... ";
        cin>>fkey;
        strcpy(fin,fkey);
        strcat(fin,".txt");
        ifstreamin(fin);
        if(!in){
                cout<<"cannot open";
                return 1;
        }
        int route_num,node_dest;
        in>>num_trg;
        for(i=0;i<num_trg;i++){
                in>>trg[i].orig;
                in>>trg[i].dest;
                in>>trg[i].ao;
        }
        in>>num_r;
        for(i=0;i<num_r;i++){
                in>>r[i].termx;
                in>>r[i].termy;
                in>>r[i].ccts;
        }
        in>>num_node;
        for(i=0;i<num_node;i++){
                in>>node[i].num_b;
                for(j=0;j<node[i].num_b;j++){
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                in>>node_dest;
                node[i].b[node_dest].act=1;
                in>>node[i].b[node_dest].num_alt;
                for(k=0;k<node[i].b[node_dest].num_alt;k++){
                        in>>node[i].b[node_dest].p[k];
                }
        }
        in>>node[i].num_ls;
        for(j=0;j<node[i].num_ls;j++){
                in>>route_num;
                node[i].ls[route_num].act=1;
                in>>node[i].ls[route_num].br;
                in>>node[i].ls[route_num].rt1;
                in>>node[i].ls[route_num].rp1;
                in>>node[i].ls[route_num].rt2;
                in>>node[i].ls[route_num].rp2;
        }
}
in>>end_sample;
in.close();
strcpy(fout,fkey);
strcat(fout,"out.txt");
ofstream        out(fout);
if(!out){
        cout<<"cannot create ..."<<fout;
        exit(0);
}
out<<"trg\torig\tdest\toffer";
for(i=0;i<num_trg;i++){
        out<<"\n"<<i;
        out<<"\t"<<trg[i].orig;
        out<<"\t"<<trg[i].dest;
        out<<"\t"<<trg[i].ao;
}
out<< "\ntrunk"<<"\ttermx"<<"\ttermy"<<"\tcircuits";
for(i=0;i<num_r;i++){
        out<<"\n"<<i;
        out<<"\t"<<r[i].termx;
        out<<"\t"<<r[i].termy;
        out<<"\t"<<r[i].ccts;
}
for(i=0;i<num_node;i++){
        out<<"\n";
        for(j=0;j<NODE;j++){
                if(node[i].b[j].act){
                        out<<"\nnode"<<i;
                        out<<"\tdest = "<<j;
                        for(k=0;k<node[i].b[j].num_alt;k++){
                                out<<"\tP"<<k<<" = "<< node[i].b[j].p[k];
                        }
                }
        }
        for(j=0;j<NODE;j++){
                if(node[i].ls[j].act){
                        out<<"\nnode"<<i<<"\tr"<<j;
                        out<<"\tbr = "<<node[i].ls[j].br;
                        out<<"\trt1 = "<<node[i].ls[j].rt1;
                        out<<"\trp1 = "<<node[j].ls[j].rp1;
                        out<<"\trt2 = "<<node[i].ls[j].rt2;
                        out<<"\trp2 = "<<node[i].ls[j].rp2;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                }
        }
}
out<< "\nend sample = "<<end_sample;
float min_offer;
min_offer=trg[0].ao;
for(i=1;i<num_trg;i++){
        if(min_offer>trg[i].ao)
                min_offer=trg[i].ao;
}
float end_clock;
end_clock=end_sample/min_offer;
out<<"\nend clock = "<<end_clock;
cout<<"nend clock = "<<end_clock;
cout<<"\n"<<"Press Y to Run Program or any key to Quit .... ";
cin>>choice;
if(choice!='y'){
        cout<<"QUIT PROGRAM";
        out.close();
        exit(0);
}
Initial();
clk=0;
clk=Event();
int show=0;
while(clk<end_clock){
        for(int i=0;i<num_trg;i++){
                if(clk==trg[i].clk)
                        Routing(trg[i]);
        }
        clk=Event();
        if((clk*100.0/end_clock)>show){
                cout<<"\n"<<show;
                show+=5;
        }
}
out<<"\n";
for(i=0;i<num_trg;i++){
        out<<"\ntrg"<<i<<"\t"<<trg[i].ao<<"\t"<<trg[i].b;
        out<<"\t"<<trg[i].sdir<<"\t"<<trg[i].acdir<<"\t"<<trg[i].salt;
        out<<"\t"<<trg[i].acalt;
}
for(i=0;i<num_node;i++){
        for(j=0;j<NODE;j++){
                if(node[i].ls[j].act){
                        out<<"\nnode"<<i<<"\tr"<<j;
                        out<<"\t"<<node[i].ls[j].b;
                        out<<"\t"<<node[i].ls[j].sor;
                        out<<"\t"<<node[i].ls[j].acor;
                        out<<"\t"<<node[i].ls[j].str;
                        out<<"\t"<<node[i].ls[j].actr;
                        out<<"\t"<<node[i].ls[j].rejcong;
                        out<<"\t"<<node[i].ls[j].rejnm;
                }
        }
}
out.close();
cout<<"\n"<<"END OF PROGRAM";
return 0;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายชัชวาลย์ บุบผาชาติ เกิดวันที่ 9 มิถุนายน 2509 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 2) สาขาวิชาไฟฟ้าสื่อสาร จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์ ปีการศึกษา 2539

ปี พ.ศ.2531 เข้าทำงานในตำแหน่งช่างโทรคมนาคม 2 สังกัดสำนักงานการสื่อสารโทรคมนาคมเขตตะวันออกเฉียงเหนือ การสื่อสารแห่งประเทศไทย ปัจจุบันปฏิบัติงานในตำแหน่งวิศวกร 7 แผนกวิศวกรรมโทรศัพท์ กองวิศวกรรม การสื่อสารแห่งประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้