การจัดสรรเส้นทางแสงและความยาวคลื่นในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมช ที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยวิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางเพื่อเลือก

ROUTING AND WAVELENGTH ASSIGNMENT FOR WDM MESH NETWORKS IN CASES WITH WAVELENGTH CONVERSION AND WITHOUT WAVELENGTH CONVERSION BY SEARCHING FOR FIRST (MAIN) ROUTE AND ALTERNATIVE ROUTE METHOD

กฤษณ์ ไชยวงศ์

KRIT CHAIWONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-EN-M-020-042

การจัดสรรเส้นทางแสงและความยาวคลื่นในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมช ที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยวิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางเผื่อเลือก

ROUTING AND WAVELENGTH ASSIGNMENT FOR WDM MESH NETWORKS IN CASES WITH WAVELENGTH CONVERSION AND WITHOUT WAVELENGTH CONVERSION BY SEARCHING FOR FIRST (MAIN) ROUTE AND ALTERNATIVE ROUTE METHOD

กฤษณ์ ไชยวงศ์

KRIT CHAIWONG

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 82853
วัน,เดือน,ปี 25 ต.ค. 2551

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL-2008-EN-M-020-042

ROUTING AND WAVELENGTH ASSIGNMENT FOR WDM MESH NETWORKS IN CASES WITH WAVELENGTH CONVERSION AND WITHOUT WAVELENGTH CONVERSION BY SEARCHING FOR FIRST (MAIN) ROUTE AND ALTERNATIVE ROUTE METHOD

KRIT CHAIWONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN TELECOMMUNICATIONS ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2008

KMITL-2008-EN-M-020-042

COPYRIGHT 2008
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจัดสรรเส้นทางแสงและความยาวคลื่นในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยวิธีการหาเส้นทางหลักและเส้นทางเผื่อเลือก

Routing and Wavelength Assignment for WDM Mesh Networks In cases With Wavelength Conversion and Without Wavelength Conversion by Searching for First (main) Route and Alternative Route

นักศึกษา นายกฤษณ์ ไชยวงศ์

รหัสประจำตัว 47061065

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สุทธิชัย	นพนาคีพงษ์	
รศ.ดร.ไกรสิน	ส่งวัฒนา	
รศ.ดร.สุวิพล	สิทธิชีวภาค	
ผศ.ดร.เชาวน์ดิศ	อัศวกุล	
รศ.ดร.ปราโมทย์	วาดเขียน	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 28 กุมภาพันธ์ 2551 เวลา 14.00-16.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้องประชุม 1 ชั้น 3 อาคาร A

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.รวีวรรณ ชินะตระกูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 8 **เดือน** มีนาคม **พ.ศ.** 2551

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดสรรเส้นทางแสงและความยาวคลื่นในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชที่มีการแปลงความยาวคลื่นและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยวิธีการหาเส้นทางหลักและเส้นทางเผื่อเลือก
นักศึกษา	นาย กฤษณ์ ไชยวงศ์
รหัสนักศึกษา	47061065
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอวิธีการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงของโครงข่ายแบบเมชในระบบเซอร์กิตสวิตช์ที่มีการแปลงความยาวคลื่นและไม่แปลงความยาวคลื่น โดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางเผื่อเลือก โดยใช้วิธีเลือกความยาวคลื่นแสงแบบสุ่ม เพื่อลดปัญหาการจัดสรรเส้นทางของโครงข่ายในส่วนของเปอร์เซ็นต์การสกัดกั้นของการส่งทราฟฟิกระหว่างต้นทางไปยังปลายทางโดยใช้วิธีการเลือกเส้นทางหลักให้เป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดและเส้นทางรองเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดในลำดับถัดไปรวมทั้งเปรียบเทียบผลของแบบจำลองเชิงเลียนแบบกับแบบจำลองเชิงทฤษฎี ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถแสดงให้เห็นได้ว่าวิธีการหาเส้นทางเดินแสงดังกล่าวข้างต้นที่ได้นำเสนอนั้นสามารถให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นได้ดีกว่าวิธีการเลือกเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว และค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎีนั้นใกล้เคียงกันกับค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงเลียนแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Routing and Wavelength Assignment for WDM Mesh Networks in cases With Wavelength Conversion and Without Wavelength Conversion by Searching for First (main) Route and Alternative Route Method
Student	Mr. Krit Chaiwong
Student ID.	47061065
Degree	Master Degree
Programme	Telecommunication Engineering
Year	2008
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Parmote Wardkein

ABSTRACT

This thesis has proposed an application of routing and wavelength assignment in WDM circuit switch mesh networks with wavelength conversion and no wavelength conversion. This network can be preceded by searching for main route and alternative route which have been chosen by randomly lambda in order to solve the problems of network routing. These can block traffic transferring from end to end. Moreover, it used the main route as the shortest and the sub route as the shortest respectively and compare analytic model with numerical results. The result revealed that the presented route can work better than choosing the main route as the single shortest and the results obtained from the analytic model are shown to match well with the numerical results obtained from simulations.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ ปรึกษา รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน ที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำสั่งสอนรวมทั้งสั่งสมประสบการณ์วิชาความรู้ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาต่างๆ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอบคุณ คุณ ไพฑรูย์ พรหมสุภร ที่เป็นรุ่นพี่ที่ให้คำแนะนำต่างๆ รวมถึงเพื่อนและรุ่นน้องที่เป็นกำลังใจที่ดีให้แก่ข้าพเจ้าตลอดมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ข้าพเจ้าขอมอบให้บิดา มารดา อันเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนวิชาความรู้และประสบการณ์ที่ดีให้กับข้าพเจ้า เรื่อยมาจนข้าพเจ้าได้ทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

กฤษณ์ ไชยวงศ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญรูป.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2

1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....2

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....3

1.5 ขอบเขตการวิจัย.....3

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา.....4

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....5

2.1 กล่าวนำ.....5

2.2 หลักการระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง.....5

2.3 การคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุด.....12

2.4 พื้นฐานระบบคิว.....15

2.4.1 ส่วนประกอบพื้นฐานระบบคิว.....16

2.4.2 ระบบคิว M/M/m/m.....17

2.5 สรุป.....21

บทที่ 3 วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง
และเส้นทางรองอีกหนึ่งและสองเส้นทาง.....22

3.1 กล่าวนำ.....22

3.2 วิธีการหาเส้นทางในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ได้ถูกนำเสนอก่อนหน้า.....22

3.2.1 บทความเรื่อง Survivable Alternate Routing for WDM Network. 23

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

3.2.2 บทความเรื่องAdaptive Routing and Wavelength Assignment Using Ant-Based Algorithm.....24
3.2.3 บทความเรื่อง Traffic Grooming in Mesh WDM Optical Network Performance Analysis.....25
3.2.4 บทความ เรื่อง Optical Wavelength Path and Optical Virtual Wavelength Path Comparison.....26
3.3 วิธีการหาเส้นทางหลักและเส้นทางรอง.....27
3.3.1 วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และ เส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง.....28
3.3.2 วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และ เส้นทางรองสองเส้นทาง.....29
3.4 สรุป.....30

บทที่ 4 แบบจำลองการวิเคราะห์ระบบ.....31
4.1 กล่าวนำ.....31
4.2 แบบจำลองเชิงทฤษฎีระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง.....31
4.2.1 แบบจำลองเชิงทฤษฎีระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง.....33
4.2.2 แบบจำลองเชิงทฤษฎีระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง 36
4.2.3 แบบจำลองเชิงทฤษฎีระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง.....38
4.2.4 แบบจำลองเชิงทฤษฎีระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

4.2.5 แบบจำลองเชิงทฤษฎีระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง.....45

4.2.6 แบบจำลองเชิงทฤษฎีระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง.....49

4.3 แบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง 53

4.3.1 แบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง.....54

4.3.2 แบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง.....57

4.3.3 แบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง 59

4.3.4 แบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง.....61

4.3.5 แบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองสองเส้นทาง.....63

4.3.6 แบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองสองเส้นทาง.....65

4.4 สรุป.....67

บทที่ 5 ผลการทดลอง

5.1 กล่าวนำ.....68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

5.2 การเปรียบเทียบผลการทดลองของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง 69

5.3 การเปรียบเทียบผลการทดลองของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง 71

5.4 การเปรียบเทียบผลการทดลองของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง.....73

5.5 การเปรียบเทียบผลการทดลองของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดย 3 วิธีการ ที่ได้นำเสนอข้างต้น.....75

5.6 การเปรียบเทียบผลการทดลองของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดย 3 วิธีการที่ได้นำเสนอ โดยใช้จำนวนทราฟฟิกที่แตกต่างกัน.....77

5.7 เปรียบเทียบผลการทดลองกับบทความวิจัยที่ได้นำเสนอก่อนหน้า.....80

5.8 สรุป.....81

บทที่ 6 บทสรุป.....83

เอกสารอ้างอิง.....85

ภาคผนวก บทความที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์และเกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....87

ประวัติผู้เขียน.....94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2 1.ตารางการทำงานของอัลกอริทึมแบบไดจค์สตรา.....15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 การพัฒนาของระบบ WDM.....6
2.2 หลักการทำงานของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง.....7
2.3 (ก) โครงสร้างของ โนดในโครงข่าย WDM แบบไม่มีอุปกรณ์แปลงความยาวคลื่น.....8
2.3 (ข) โครงสร้างของ โนดในโครงข่าย WDM แบบมีอุปกรณ์แปลงความยาวคลื่น.....8
2.4 ข้อแตกต่างระหว่าง ระบบ Wavelength path (WP) และVirtual Wavelength path (VWP).....9
2.5 การส่งผ่านเส้นทางเดินแสงจากต้นทางไปยังปลายทางของระบบ Wavelength Path และ ระบบ Virtual Wavelength Path 11
2.6 การส่งทราฟฟิกที่มีการวางเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว (Shortest Path Routing) ในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น.....12
2.7 การส่งทราฟฟิกที่มีการวางเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว (Shortest Path Routing) ในระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่น.....12
2.8 กราฟ G ซึ่งเปรียบเทียบได้กับระบบเครือข่ายจริง.....13
2.9 กราฟประกอบตัวอย่างการคำนวณการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด.....14
21 0 ส่วนประกอบของระบบคิว.....16
2.11 แผนภาพการเปลี่ยนสถานะของระบบคิว.....17
2.12 แผนภาพการเปลี่ยนสถานะของระบบคิว M/M/m/m.....18
3.1 การเปรียบเทียบ survivable routing บน โครงข่ายที่มี 32 โนด.....23
3.2 (a,b,c) การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นในวิธีการของ ant-based algorithm routing กับวิธีการ shortest path routing และ วิธีการ fixed-alternate path routing 24
3.3 การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นในวิธีการคำนวณของ MRLQ (multi-rate link queue) กับแบบจำลองเชิงเลียนแบบ.....25
3.4 การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่น(WP) และไม่มีการแปลงความยาวคลื่น(VWP) ในความยาวคลื่น 2,4,8,16 และ 32.....26
3.5 เส้นทางเดินแสงที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการส่งทราฟฟิกจากโนด 0ไปยังโนด 5.....27
3.6 วิธีการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลัก หนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง.....28

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.7 วิธีการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่น โดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด เป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองสองสั้นทาง.....29

4.1 ระบบคิวอิงค์M/M/m/m.....31

4.2 การเปรียบเทียบการส่งผ่านทราฟฟิกที่ใช้งานลิงค์เดียว กับ สองลิงค์.....32

4.3 การส่งทราฟฟิกที่มีการวางเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว ในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น.....32

4.4 แบบจำลองของ link จากต้นทางถึงปลายทางของระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่น ในวิธีการของการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว.....34

4.5 การส่งทราฟฟิกที่มีการวางเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว ในระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่น.....35

4.6 แบบจำลองของ link จากต้นทางถึงปลายทางของระบบที่แปลงความยาวคลื่นในวิธีการของการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว.....34

4.7 การส่งทราฟฟิกที่มีการวางเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลัก และเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง ในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น.....39

4.8 แบบจำลองของ link จากต้นทางถึงปลายทางของระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นในวิธีการของการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง.....40

4.9 การส่งทราฟฟิกที่มีการวางเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลัก และเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง ในระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่น.....42

4.10 แบบจำลองของ link จากต้นทางถึงปลายทางของระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่นในวิธีการของการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง.....43

4.11 การส่งทราฟฟิกที่มีการวางเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลัก และเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง ในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น.....46

4.12 แบบจำลองของ link จากต้นทางถึงปลายทางของระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นในวิธีการของการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง.....47

4.13 การส่งทราฟฟิกที่มีการวางเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลัก และเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง ในระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่น.....50

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.14 แบบจำลองของ link จากต้นทางถึงปลายทางของระบบที่แปลงความยาวคลื่นในวิธีการของการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง.....51
4.15 โครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมช ที่มี 6 โนด 8 ลิงค์.....54
4.16 flow chart ตามขั้นตอนการทำงานของวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง ในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น.....56
4.17 flow chart ตามขั้นตอนการทำงานของวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง ในระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่น.....58
4.18 flow chart ตามขั้นตอนการทำงานของวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทางในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น.....60
4.19 flow chart ตามขั้นตอนการทำงานของวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทางในระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่น.....62
4.20 flow chart ตามขั้นตอนการทำงานของวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกสองเส้นทางในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น.....64
4.21 flow chart ตามขั้นตอนการทำงานของวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกสองเส้นทางในระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่น.....66
5.1 โครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมช ที่มี 6 โนด 8 ลิงค์.....68
5.2 (ก, ข, ค, ง และ จ) การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎี และ แบบจำลองเชิงเลียนแบบของวิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง.....69
5.3 (ก, ข, ค, ง และ จ) การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎี และ แบบจำลองเชิงเลียนแบบของวิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง.....71
5.4 (ก, ข, ค, ง และ จ) การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎี และ แบบจำลองเชิงเลียนแบบของวิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง.....73
5.5 (ก, ข, ค, ง และ จ) การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงโดย3วิธีการที่ได้นำเสนอข้างต้น.....75

เอกสารนี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.6 (ก, ข, ค, ง และ จ) การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบโดย3วิธีการที่ได้นำเสนอข้างต้น ที่อ้างอิงตามจุดที่ความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นที่ 5% 77

5.7 (ก, ข) การเปรียบเทียบวิธีการของ Ant-based กับวิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางกับเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง 80

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงในโครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสง สามารถให้ค่าแบนวิดท์อย่างมหาศาล ซึ่งจะสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของระบบ IP (Internet Protocol) ที่มีการเพิ่มของทราฟฟิกแบบ เอ็กซโพแนนเชียล และมีความเหมาะสมที่จะเป็นโครงสร้างพื้นฐานในการส่งผ่านข้อมูลสำหรับโครงข่ายในการส่งผ่านข้อมูลแบบดั้งเดิม ไม่ว่าจะเป็นระบบ IP (Internet Protocol)หรือระบบ ATM (Asyhronus transfer mode)ซึ่งกลายมาเป็น โครงข่ายย่อย ที่ต่ออยู่กับโครงข่ายหลักที่เป็นเส้นใยแก้วนำแสง อย่างไรก็ตามระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงจำเป็นที่จะต้องใช้ เส้นทางเดินแสง (Light paths) และความยาวคลื่น (Lambda) เป็นตัวแปรสำคัญในการส่งผ่านทราฟฟิก ระหว่างต้นทางไปยังปลายทาง ดังนั้นวิธีการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นจึงได้ถูกนำเสนอเพื่อที่จะปรับปรุงสมรรถนะของระบบให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

ในงานวิจัยที่ได้ถูกนำเสนอก่อนหน้านี้ได้นำเสนอวิธีการที่หลากหลายเพื่อที่จะปรับปรุงสมรรถนะของโครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสง อย่างเช่น เอกสารอ้างอิงที่ [1] Al-Zahrani และคณะได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของโครงข่าย ในส่วนของการสกัดกั้นของเส้นทางเดินแสง โดยใช้วิธีการเพิ่มจำนวนของสาย Optic Fiber ด้วยเหตุผลนี้ทำให้เพิ่มจำนวนของ ความยาวคลื่นที่จะรองรับทราฟฟิก ได้มากขึ้น, เอกสารอ้างอิงที่ [2] Barry และ Humblet ได้นำเสนอแบบจำลองของความน่าจะเป็นในการสกัดกั้น ของโครงข่ายที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่น, เอกสารอ้างอิงที่ [3] Son-Hong Ngo และคณะได้นำเสนอวิธีการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นโดยใช้ Ant-Based Algorithm เพื่อที่จะลด ความน่าจะเป็นในการสกัดกั้น, เอกสารอ้างอิงที่ [4] Chunsheng Xin และคณะได้ทำการวิเคราะห์สมรรถนะของการจัดสรรทราฟฟิกของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชโดยใช้ Single-hop traffic grooming algorithm, เอกสารอ้างอิงที่ [5] Bin Zhou ได้ทำการวิเคราะห์ในส่วนของการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นโดยมีการสำรองเส้นทางเมื่อเกิดความล้มเหลวในการส่งข้อมูลอันเนื่องมาจากสาย Optic Fiber ที่ มีปัญหา, รวมถึงวิธีการลดจำนวนของอุปกรณ์ที่สำคัญในโครงข่าย เช่น เอกสารอ้างอิงที่ [6] Deying Li และคณะได้ทำการวิเคราะห์ในส่วนของการลดจำนวนของความยาวคลื่นโดยใช้วิธีการของ Integer Linear Programming และ เอกสารอ้างอิงที่ [7] Chiu และคณะได้ทำการศึกษาการลดจำนวนของ อุปกรณ์มัลติเพล็กซ์ ในโครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบวงแหวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวิทยานิพนธ์เรื่องนี้เราได้มุ่งเน้นไปยังการวิเคราะห์สมรรถนะในส่วนค่าของความน่าจะเป็นในการสกัดกั้น ของการจัดสรรทราฟฟิกในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงในโครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสงแบบเมชโดยนำเสนอวิธีการหาเส้นทางหลักและเส้นทางรองของเส้นทางเดินแสง โดยคิดจากจำนวน hop ที่ส่งผ่านเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด ซึ่งได้แนวคิดมาจากการวิเคราะห์เส้นทางเดินของโครงข่ายแบบเมช ระหว่างต้นทางไปยังปลายทางว่า ในความเป็นจริงแล้วมีหลายเส้นทางที่สามารถจะส่งไประหว่างต้นทางถึงปลายทางได้ เมื่อการส่งข้อมูลนั้นเกิดความแออัดของโครงข่ายอันเนื่องมาจาก ทราฟฟิกที่เข้ามาต้องการใช้เส้นทางซ้ำกัน (ในกรณีที่ความยาวคลื่นที่จะจัดสรรนั้นไม่สามารถให้บริการได้) จากแนวคิดนี้จึงได้นำมาประยุกต์ใช้กับระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่น เพื่อที่จะลดปัญหาของความน่าจะเป็นความล้มเหลวในการส่งผ่านข้อมูลเพื่อให้การส่งผ่านข้อมูลในโครงข่ายมัลติเพล็กเชิงแสงมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

การส่งข้อมูลของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชในโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์(Circuit-Switch Data Network) ซึ่งเป็นการส่งผ่านข้อมูลระหว่างต้นทางไปยังปลายทางจำเป็นต้องมีการวางเส้นทางเดินแสง จากนั้นจึงมีการจัดสรรความยาวคลื่นให้กับทราฟฟิก เมื่อทราฟฟิกมีค่าเพิ่มขึ้นจำนวนของความยาวคลื่นมีค่าน้อยๆ ความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิกก็จะมาก ในทางกลับกันเมื่อจำนวนของความยาวคลื่นมีค่ามากความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิกก็จะน้อย สำหรับวัตถุประสงค์ของการศึกษาเมื่อมีการวางแผนในการจัดสรรเส้นทางแสงและความยาวคลื่นที่ดีแล้วจะสามารถลดความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นได้ ทำให้ระบบมีสมรรถนะที่ดีสามารถที่จะรองรับทราฟฟิกได้มากขึ้น

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

สำหรับปัญหาในส่วนของความล้มเหลวในการส่งทราฟฟิก อันเนื่องมาจากมีจำนวนผู้ใช้บริการในโครงข่ายมีจำนวนเพิ่มขึ้น ทำให้มีความต้องการในการใช้ช่องสัญญาณมากขึ้น นับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่งในโครงข่ายสื่อสารโทรคมนาคม ในวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อที่จะปรับปรุงปัญหาของโครงข่ายในส่วนของความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของการส่งผ่านข้อมูล โดยมีสมมติฐานที่ว่าในการส่งผ่านทราฟฟิกของโครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเซอร์กิตสวิตช์ถ้ามีการวางแผนในส่วนของการวางเส้นทางเดินแสง โดยการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลัก และเมื่อเส้นทางหลักมีการใช้งานความยาวคลื่นเต็มแล้ว จะสามารถเปลี่ยนมาเลือกเส้นทางรองที่เป็นเส้นทางที่สั้นรองลงมาในการส่งทราฟฟิกให้ไปถึงยังปลายทางได้ ทำให้มีความน่าจะเป็นในการส่งผ่านทราฟฟิกจากต้นทางให้ไปถึงยังปลายทางมีความเป็นไปได้มากขึ้น ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวคิดนี้ Dabashis Saha ได้นำเสนอ ในเอกสารอ้างอิงที่ [13] ได้นำเสนอวิธีการ First Shortest Path (SP-1) Algorithm, Second Shortest Path (SP-2) Algorithm และ Third Shortest Path (SP-3) Algorithm,

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับในหัวข้อนี้ จะนำเสนอแนวคิดที่ว่าในการส่งทราฟฟิกในโครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ใช้งานนั้น ในความเป็นจริงแล้วมีหลายเส้นทางอื่นที่สั้นรองมาจากเส้นทางแรกที่สามารถส่งทราฟฟิกให้ไปถึงปลายทางได้หลักการหาเส้นทางของโครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่น โดยการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางเส้นทางรองอีกหนึ่งและสองเส้นทาง ในการการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นของทราฟฟิก จากแนวคิดนี้ สามารถปรับปรุงสมรรถนะของโครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงในเชิงของค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิกให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.5 ขอบเขตการวิจัย

วิทยานิพนธ์เรื่องนี้เป็นการศึกษาความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิกของโครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชในการส่งข้อมูลแบบเซอร์กิตสวิตช์โดยนำเสนอหลักการเลือกเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางเดินแสงเส้นรองที่เป็นเส้นทางที่สั้นรองลงมาจากเส้นทางแรกหนึ่งเส้นทาง และวิธีการเลือกเส้นเดินแสงที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางเดินแสงเส้นรองที่เป็นเส้นทางที่สั้นรองลงมาจากเส้นทางแรกสองเส้นทาง โดยเบื้องต้นได้ทำการทดลองในแบบจำลองเชิงเลียนแบบโดยจำลองการทำงานของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชในการส่งข้อมูลแบบเซอร์กิตสวิตช์ที่มีการแปลงความยาวคลื่นและไม่มีการแปลงความยาวคลื่นซึ่งจะใช้วิธีการในการเลือกความยาวคลื่นแบบสุ่มบนโปรแกรม MATLAB version 6.5 ด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลรุ่น Pentium 4, 2.8 GHz, 512 Mbyte DRAM ในวิธีการของการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง , วิธีการของการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง และ วิธีการของการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองสองเส้นทาง จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์โครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงในแบบจำลองเชิงทฤษฎี โดยการประยุกต์การใช้งานของทฤษฎีค่าความน่าจะเป็นในกาสกัดกั้นของโครงข่ายหรือ ทฤษฎี Erlang loss system มาประมาณค่าความน่าจะเป็นในกาสกัดกั้นของโครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงบนเงื่อนไขของสามวิธีการที่ได้ทำการทดลองในแบบจำลองเชิงเลียนแบบที่มีการแปลงความยาวคลื่นและไม่มีการแปลงความยาว

คลื่น และขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการเปรียบเทียบผลการทดลองของแบบจำลองเชิงเลียนแบบและแบบจำลองเชิงทฤษฎี

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

ในส่วนของการศึกษาของวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บท โดยบทที่ 1 จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย ขอบเขตการวิจัย และขั้นตอนของการศึกษา บทที่ 2 จะเป็นการกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ซึ่งประกอบด้วย ทฤษฎีระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงความยาวคลื่นและไม่มีการแปลงความยาวคลื่น ทฤษฎีระบบคิวอิงค์ และวิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest path routing) บทที่ 3 จะเป็นการกล่าวถึง วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรอง ซึ่งประกอบด้วย วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและ เส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง และวิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและ เส้นทางรองสองเส้นทาง บทที่ 4 จะเป็นการกล่าวถึงแบบจำลองการวิเคราะห์ระบบที่ใช้ในการศึกษาและวิจัย โดยอธิบายถึงแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบ ประกอบด้วยแบบจำลองเชิงทฤษฎีระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบแปลงความยาวคลื่นแสง แบบจำลองเชิงทฤษฎีระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบไม่แปลงความยาวคลื่นแสง แบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบแปลงความยาวคลื่นแสง และแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบไม่แปลงความยาวคลื่นแสง ส่วนบทที่ 5 จะแสดงผลการทดลอง ของแบบจำลองเชิงทฤษฎี และแบบจำลองเชิงเลียนแบบ ในวิธีการหาเส้นทางทั้งสามวิธีการที่ได้กล่าวข้างต้น และสุดท้ายคือบทที่ 6 ซึ่งจะเป็นการกล่าวถึงบทสรุปของวิทยานิพนธ์เรื่องนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

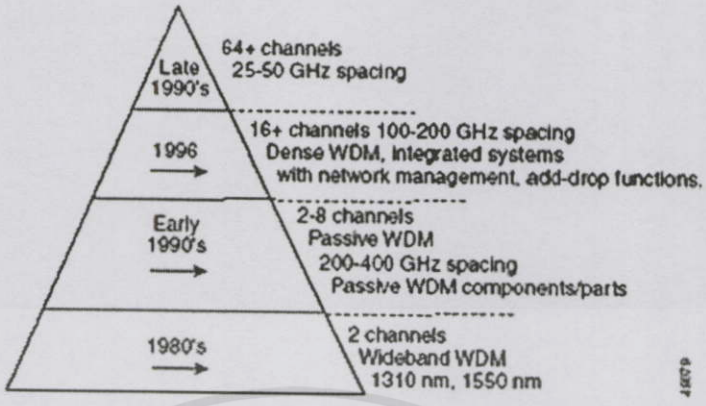
เนื่องจากในวิทยานิพนธ์เรื่องนี้เป็นการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการลดปัญหาของค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของการส่งผ่านทราฟฟิกในโครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชที่มีการแปลงความยาวคลื่นและไม่แปลงความยาวคลื่น โดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งและสองเส้นทาง ดังนั้นในบทนี้จะอธิบายถึงทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะประกอบด้วยเนื้อหาของ ทฤษฎีระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงความยาวคลื่นและไม่มีการแปลงความยาวคลื่น ทฤษฎีระบบคิวอิงค์ของความน่าจะเป็นในการสกัดกั้น(Erlang loss system) และวิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest path routing) เพื่อที่จะเป็นพื้นฐานเบื้องต้นพอสังเขปก่อนที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานซึ่งจะได้กล่าวถึงในบทถัดไป

2.2 หลักการระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง (Wavelength Division Multiplexing : WDM)

ระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง หรือ WDM (Wavelength Division Multiplexing) เป็นระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ใช้คลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกันเป็นคลื่นพาห์สำหรับนำข้อมูล เช่น แสงสีแดง สีเขียว สีม่วงเป็นต้น ซึ่งจะใช้แทนการส่งข้อมูลในแต่ละช่อง โดยคลื่นแสงทั้งหมดจะถูกรวมกันก่อนหลังจากนั้นจึงส่งออกไปในเส้นใยแก้วเส้นเดียวกัน ด้วยอุปกรณ์มัลติเพล็กซ์ทางแสงที่เรียกว่า ออปติคอลคัปเปลอร์ (optical couple) พัลส์แสงที่มีความยาวค่าหนึ่งจะสามารถบรรจุข้อมูลได้หนึ่งชุด ซึ่งข้อมูลแต่ละชุดนี้ อาจจะเป็นข้อมูลเดี่ยวของช่องสัญญาณ หรืออาจจะเป็นข้อมูลจำนวนมากมาจากหลายช่องสัญญาณที่มาจากระบวนการจัดระบบข้อมูลด้วยเทคนิคต่างๆเช่น เทคนิค TDM (Time Division Multiplexing) หรือเทคนิค FDM (Frequency Division Multiplexing) จุดเด่นของระบบ WDM คือเป็นเทคโนโลยีที่มีศักยภาพสูง เนื่องจากใช้ตัวกลางเป็นคลื่นแสง จึงสามารถส่งข้อมูลด้วยความเร็วของคลื่นแสงที่เป็นความเร็วสูง และมีการพัฒนาของระบบดังนี้

- ยุคแรก WDM ส่งแยกกันที่ 850 nm และ 1310 nm หรือ (1310 และ 1550 nm) เรียกว่า wide band WDM
- ยุคที่สอง เรียกว่า narrow band WDM ส่งที่ หน้าต่าง (transmission window) 1550 nm และส่งทีละ 2-8 ความยาวคลื่น
- ยุคที่สาม เกิด DWDM ขึ้น ที่การส่งที่ 1550 nm เป็นจำนวนถึง 160 ช่องสัญญาณที่ระยะระหว่างช่องสัญญาณ 25 GHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การพัฒนาของระบบ WDM

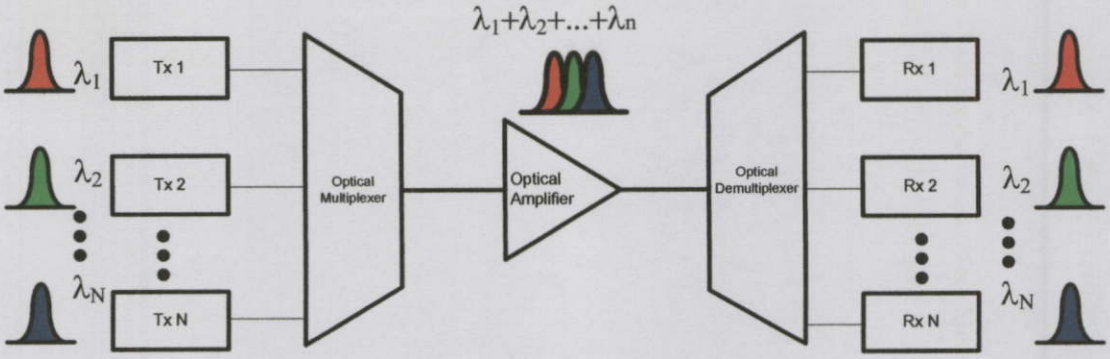
ระบบ WDM นั้นเป็นเทคนิคที่ใช้เฉพาะระบบการสื่อสารข้อมูลทางแสงเท่านั้น อย่างไรก็ตามการส่งแสงที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกันหลายค่าเข้าไปในเส้นใยแก้วจะมีผลเสียในทางปฏิบัติอยู่ สองประการคือ

1. ระยะห่างของสถานีทวนสัญญาณแสงไม่เท่ากันเนื่องจากค่าการลดทอนสัญญาณของเส้นใยแก้วมีค่าขึ้นอยู่กับค่าความยาวคลื่นแสง ซึ่งจะเกิดปัญหาความซับซ้อนในการกำหนดตำแหน่งของสถานีทวนสัญญาณ

2. การออกแบบระบบขยายสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์อาจมีความซับซ้อนเพราะจำนวนช่องสัญญาณมีจำนวนมาก

เพื่อเป็นการหลีกเหลี่ยงปัญหาดังกล่าว จึงมีการใช้คลื่นแสงที่มีค่าความยาวคลื่นใกล้เคียงกันมากๆ เช่นในย่าน 3 rd Window(C band) ความยาวคลื่น 1550 nm โดยแต่ละช่องสัญญาณอาจจะใช้คลื่นแสงที่มีความยาวคลื่น 1550,1530,1560,1570 nm สำหรับส่งข้อมูล 4 ช่องสัญญาณไปพร้อมกัน จึงทำให้ระบบนี้มีชื่อว่า DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) เนื่องจากสเปกตรัมของแสงมีค่าใกล้เคียงกันมากหรือดูหนาแน่นนั้นเอง เนื่องจากการเลือกใช้ค่าความยาวคลื่นของ 4 ช่องสัญญาณนั้นมีค่าใกล้เคียงกับค่าความยาวคลื่น 1550 nm จะทำให้ค่าการลดทอนสัญญาณแสงในเส้นใยแก้วของแต่ละช่องสัญญาณนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน จึงประมาณได้ว่ามีสถานีทวนสัญญาณอยู่ ณ ตำแหน่งเดียวกัน และสามารถใช้สถานีทวนสัญญาณแสงที่เป็นอุปกรณ์ EDFA (Erbium Dope Fiber Amplifier) เพียงตัวเดียวเพื่อขยายสัญญาณทุกสัญญาณไปพร้อมๆกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

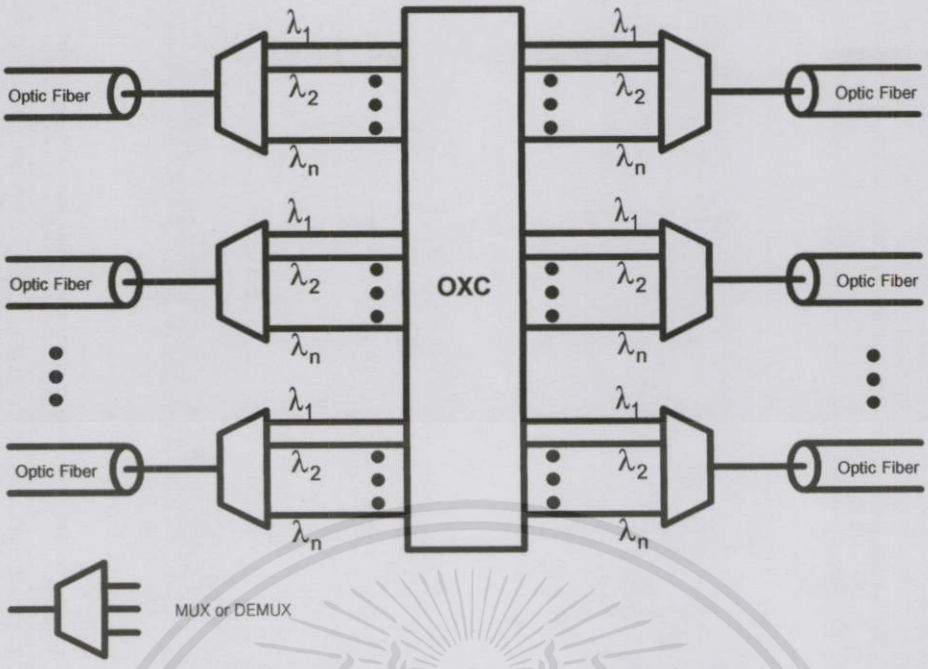


รูปที่ 2.2 หลักการทำงานของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง

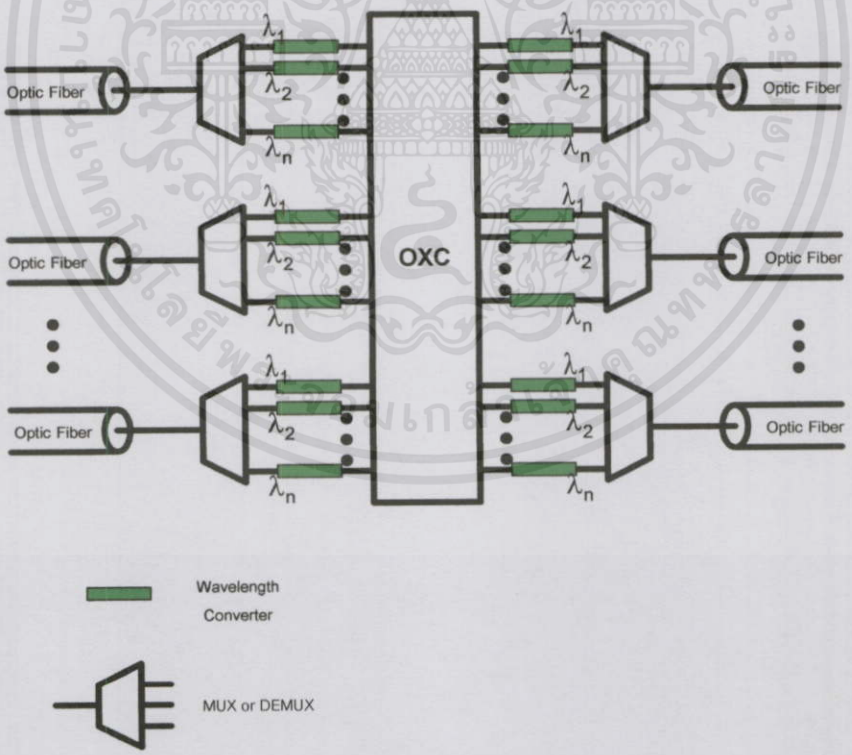
จากรูปที่ 2.2 จะเป็นหลักการส่งข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง เมื่อมีการส่งผ่านข้อมูล N ช่องในภาคส่งแต่ละช่องสัญญาณของระบบ มัลติเพล็กซ์เชิงแสง จะใช้ตัวกลางคือ ความยาวคลื่นแสงที่มีค่าความยาวคลื่นที่แตกต่างกันคือ $\lambda_1,\lambda_2,...,\lambda_N$ โดยจะรวมสัญญาณแสงในแต่ละช่องสัญญาณให้ส่งเข้าไปในเส้นใยแก้วเส้นเดียวกันด้วยอุปกรณ์มัลติเพล็กซ์ทางแสงที่เรียกว่า Optical Multiplexer หรือ ออปติคอลคัปเปลอร์ (optical couple) จะได้เป็น$\lambda_1+\lambda_2+....+\lambda_N$ ในระหว่างทางของการส่งข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางความยาวคลื่นแสงอาจจะมีการลดทอนของสัญญาณแสง จึงได้มีการขยายสัญญาณแสงด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Optical Amplifier หรือ EDFA (Erbium Dope Fiber Amplifier) เมื่อข้อมูลส่งไปถึงยังปลายทางก็จะมีการแยกสัญญาณแสงแต่ละช่องออกจากกันด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Optical Demultiplexer จะได้ $\lambda_1,\lambda_2,...,\lambda_N$ เพื่อนำข้อมูลไปใช้งานต่อไป

โครงสร้างพื้นฐานของโครงข่าย WDM ประกอบด้วย โนด (node) ต่อเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน ซึ่งช่วงการเชื่อมโยงระหว่าง โนด โดยทั่วไปจะเรียกว่า ลิงค์ (link) โดยโครงสร้างพื้นฐานของโนดจะประกอบด้วย วงจรมัลติเพล็กซ์ความยาวคลื่น (Wavelength Multiplexer) วงจรดีมัลติเพล็กซ์ความยาวคลื่น (Wavelength Demultiplexer) และสวิตซ์แบบแบ่งเส้นทางหรือ ออปติคอลครอสคอนแนกต์(Optical Cross Connect) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดเส้นทางที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างโนดต้นทางกับโนดปลายทางของโครงข่าย ซึ่งจะเรียกระบบดังกล่าวนี้ว่า Wavelength path (WP) ดังรูปที่ 2.3 (ก) นอกจากนั้นโครงข่ายอาจจะมีการติดตั้งอุปกรณ์แปลงความยาวคลื่น (Wavelength Converter) เพิ่มเข้าไปในโนด เพื่อทำหน้าที่ในการเปลี่ยนค่าความยาวคลื่นให้กับช่องสัญญาณที่วิ่งผ่านโครงข่าย ดังรูปที่ 2.3 (ข) ซึ่งอุปกรณ์แปลงความยาวคลื่นจะทำให้กระบวนการจัดสรรช่องสัญญาณทำได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 (ก) โครงสร้างของ โนดในโครงข่าย WDM แบบไม่มีอุปกรณ์แปลงความยาวคลื่น



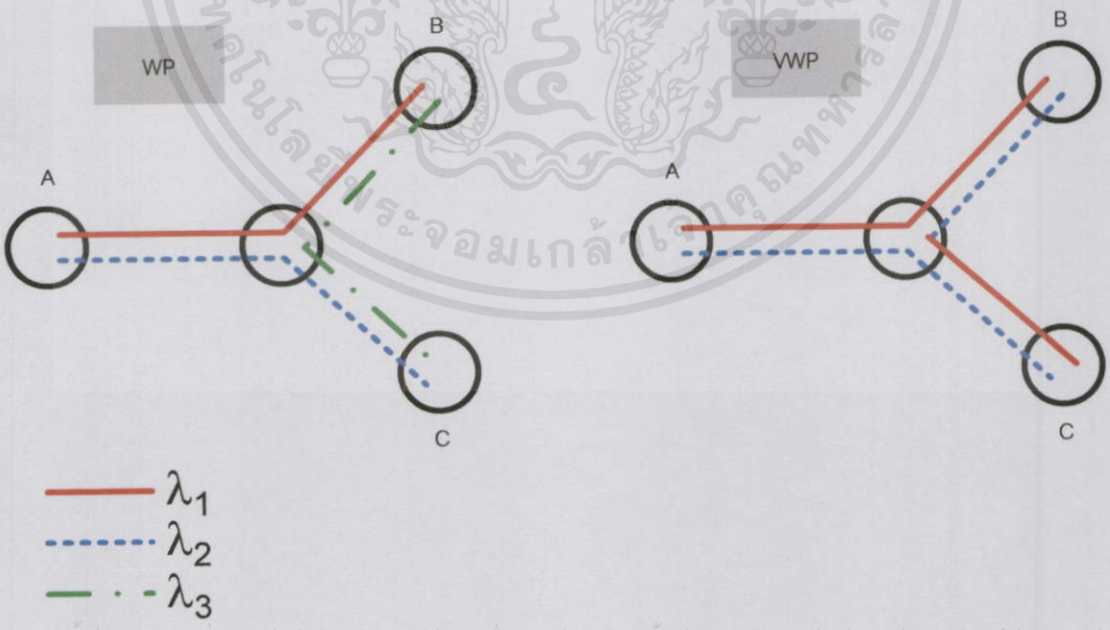
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 (ข) โครงสร้างของ โนดในโครงข่าย WDM แบบมีอุปกรณ์แปลงความยาวคลื่น

ในการติดต่อสื่อสารระหว่างคู่โนดใดๆ ภายในโครงข่าย WDM ระบบจะต้องมีการกำหนดเส้นทางเดินแสง (light path) ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างโนดต้นทางกับปลายทางของโครงข่ายที่ต้องการติดต่อสื่อสาร รวมทั้งจะต้องกำหนดค่าความยาวคลื่นให้กับเส้นทางที่ทำการเชื่อมต่อนั้นด้วย ช่องสัญญาณในโครงข่าย WDM มีคุณลักษณะพิเศษต่างไปจากโครงข่ายแบบเดิมๆ ตรงที่ใช้แสงเป็นสื่อสัญญาณทั้งหมด จะไม่มีการใช้สัญญาณไฟฟ้าระหว่างทางจากต้นทางถึงปลายทางเลย จะมีการแปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณแสง และแปลงสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเฉพาะจุดที่เป็นต้นทางและปลายทางเท่านั้น

โครงข่ายระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงสามารถแบ่งชนิดของโนดได้ตามลักษณะการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นให้กับโครงข่าย ดังนี้

1. เส้นทางเดินแสงที่มีการกำหนดค่าความยาวคลื่นเพียงความยาวคลื่นเดียวตลอดการเชื่อมโยงในแต่ละเส้นทาง โดยไม่มีการแปลงความยาวคลื่นเลยเมื่อสัญญาณผ่านโนดที่อยู่ระหว่างทาง ดังนั้นการสร้างช่องสัญญาณประเภทนี้ไม่ต้องใช้โนดที่ติดตั้งอุปกรณ์แปลงความยาวคลื่น คือ โนดที่มีโครงสร้างตามรูปที่ 2.3 (ก) ซึ่งจะเรียกระบบนี้ว่า Wavelength path (WP)
2. เส้นทางเดินแสงที่มีการกำหนดความยาวคลื่นที่แตกต่างกันในการเชื่อมโยงจากต้นทางไปยังปลายทางของแต่ละเส้นทาง ดังนั้นการสร้างช่องสัญญาณประเภทนี้จำเป็นต้องใช้โนดที่ติดตั้งอุปกรณ์แปลงความยาวคลื่น ในโครงสร้างตามรูปที่ 2.3 (ข) จะเรียกระบบนี้ว่า Virtual Wavelength path (VWP)



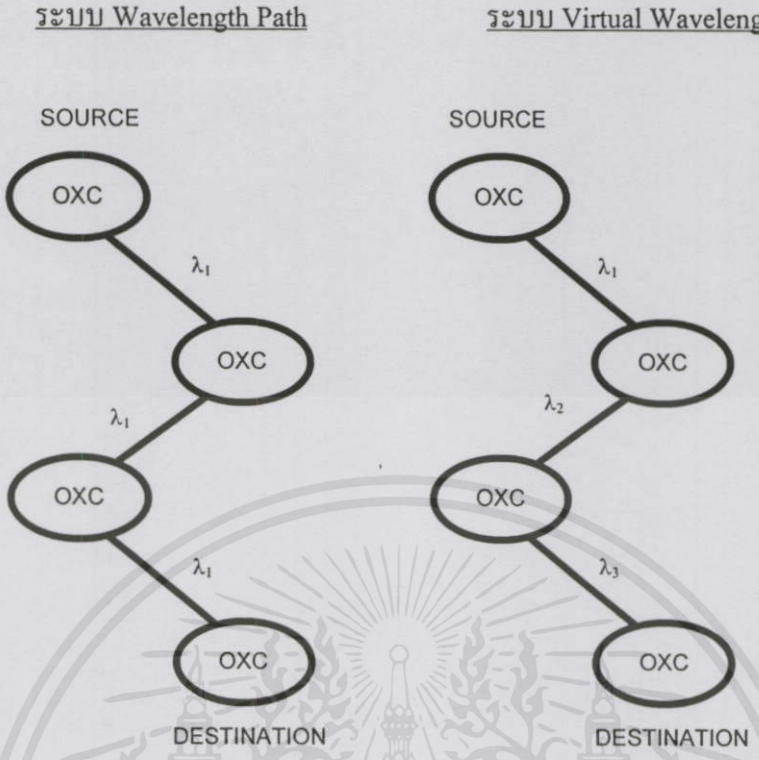
รูปที่ 2.4 ข้อแตกต่างระหว่าง ระบบ Wavelength path (WP) และVirtual Wavelength path (VWP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณารูปที่2.4 แสดงความแตกต่างระหว่างระบบ Wavelength path (WP) และ Virtual Wavelength path (VWP) ซึ่งเส้นทางเดินแสงที่เหมือนกันของระบบ WP และ VWP คือ เส้นทางเดินแสงระหว่างโนด A และ C ใช้เส้นทาง A-B-C บนความยาวคลื่น λ_1 และช่องสัญญาณระหว่างโนด A และ D ใช้เส้นทาง A-B-D บนความยาวคลื่น λ_2 ส่วนที่แตกต่างกันก็คือการสร้างเส้นทางเดินแสงระหว่าง โนด C และ D ในกรณีของระบบ WP เส้นทางเดินแสงที่เลือก C-B-D บนความยาวคลื่น λ_3 สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าโครงข่ายไม่สามารถใช้ λ_1 หรือ λ_2 ได้เลยเนื่องจากความยาวคลื่นที่วางอยู่บนลิงค์ C-B และ C-D มีค่าไม่ตรงกัน แต่ในกรณีของระบบ VWP ความยาวคลื่นที่วางอยู่บนลิงค์ C-B และ C-D สามารถใช้ความยาวคลื่นที่มีอยู่เดิมคือ λ_1 และ λ_2 ได้เลยโดยไม่ต้องใช้ความยาวคลื่นใหม่นั้นคือ ใช้ λ_1 บนลิงค์ B-D และอาศัยโนด B ในการแปลงความยาวคลื่นจาก λ_1 เป็น λ_2 สำหรับส่งผ่านบนลิงค์ C-B เมื่อพิจารณาจากตัวอย่างจะเห็นว่าการจัดสรรความยาวคลื่นให้กับเส้นทางเดินแสงในระบบ VWP มีความยืดหยุ่นกว่าโครงข่าย WP จึงสามารถช่วยให้กระบวนการจัดสรรความยาวคลื่นง่ายลงและมีประสิทธิภาพมากกว่าดังในรูปที่ 2.5 เป็นการส่งทราฟฟิกจากต้นทางไปยังปลายทางของระบบ Wavelength path และ Virtual Wavelength path จากรูประบบ Virtual Wavelength path จะมีความหลากหลายในการใช้ความยาวคลื่นมากกว่าระบบ Wavelength path

ระบบ Virtual Wavelength path (VWP) จะมีข้อดีคือสามารถใช้ความยาวคลื่นได้น้อยกว่าระบบ Wavelength path (WP) แต่มีข้อเสียคือ จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเพิ่มอุปกรณ์แปลงความยาวคลื่น (Wavelength Converter) เข้าไปในโนด ในทางกลับกันระบบ Wavelength path (WP) จะมีข้อดีคือ ไม่จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเพิ่มอุปกรณ์แปลงความยาวคลื่นเข้าไปในโนด แต่มีข้อเสียคือ จะใช้ความยาวคลื่นสิ้นเปลืองกว่าระบบ Virtual Wavelength path (VWP) ดังรูปที่ 2.5 เป็น การส่งผ่านเส้นทางเดินแสงจากต้นทางถึงปลายทางของ Wavelength Path และ ระบบ Virtual Wavelength Path จะเห็นได้ว่า ระบบ Wavelength Path จะใช้เพียงความยาวคลื่นเดียวในการเชื่อมต่อ จากต้นทางไปยังปลายทาง แต่ระบบ Virtual Wavelength Path อาจจะใช้ความยาวคลื่นที่แตกต่างกันในการเชื่อมต่อ จากต้นทางไปยังปลายทาง

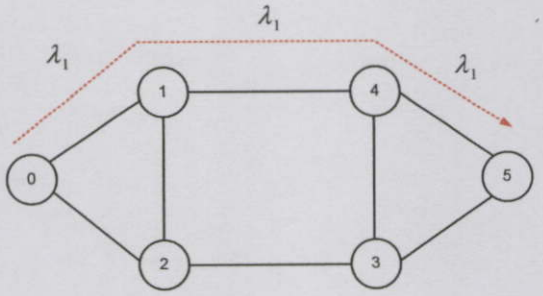
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



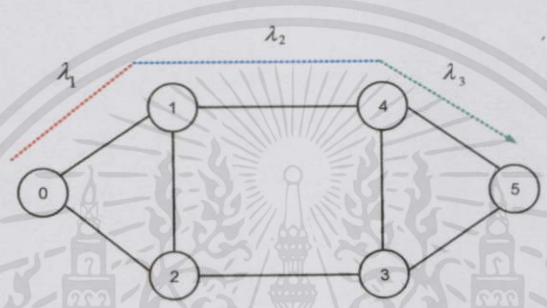
รูปที่ 2.5 การส่งผ่านเส้นทางเดินแสงจากต้นทางไปยังปลายทางของระบบ Wavelength Path และระบบ Virtual Wavelength Path

โดยทั่วๆไปการออกแบบการส่งข้อมูลของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชในโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์(Circuit-Switch Data Network) ซึ่งเป็นการส่งผ่านข้อมูลระหว่างต้นทางไปยังปลายทางจำเป็นต้องมีการวางเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเพียงหนึ่งเส้นทาง (Shortest Path Routing) เอกสารอ้างอิงที่[8] จากนั้นจึงมีการจัดสรรความยาวคลื่นให้กับทราฟฟิก ยกตัวอย่างในรูปที่ 2.6 จะแสดงการส่งทราฟฟิกในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นจากโนดที่ 0 ไปยังโนดที่ 5 โดยเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ถูกวางโดยคิดจากมีจำนวน hop ที่ส่งผ่านมีค่าน้อยที่สุด ประมาณให้เป็น 0- 1 - 4 - 5 และความยาวคลื่นที่ถูกจัดสรรในระหว่างลิงค์ 0-1 ,1-4 และ 4-5 คือ λ_1 และตัวอย่างในรูปที่ 2.7 จะแสดงการส่งทราฟฟิกในระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่นจากโนดที่ 0 ไปยังโนดที่ 5 โดยเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ถูกวางคือ 0- 1 - 4 - 5 และความยาวคลื่นที่ถูกจัดสรรในระหว่างลิงค์ 0-1 คือ λ_1 , ลิงค์ 1-4 คือ λ_2 และ ลิงค์ 4-5 คือ λ_3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การส่งทราฟฟิกที่มีการวางเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว (Shortest Path Routing) ในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น



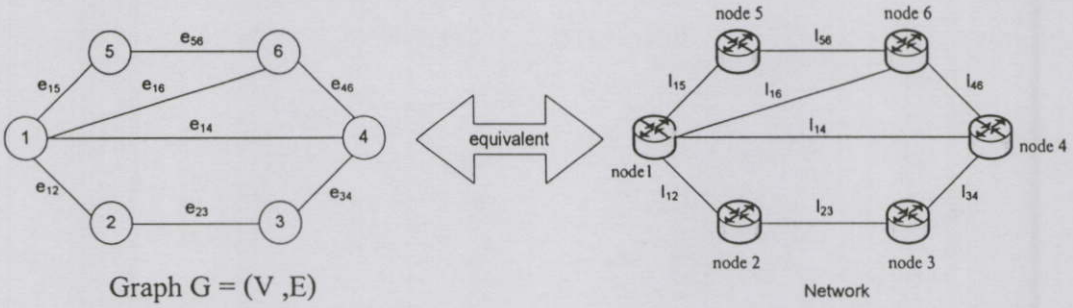
รูปที่ 2.7 การส่งทราฟฟิกที่มีการวางเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว (Shortest Path Routing) ในระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่น

2.3 การคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุด

เป็นอัลกอริทึมพื้นฐานที่พัฒนามาจากหลักการของเบลล์แมน (Bellman's Minimality Principle) ,[15] เพื่อใช้ในการคำนวณเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างโนดในระบบเครือข่ายและได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในโปรโตคอลการคำนวณเส้นทางทั้งแบบยูนิแคสท์และแบบมัลติแคสท์อัลกอริทึมของไดจค์สตรามีขั้นตอนการคำนวณเส้นทางดังนี้

กำหนดให้กราฟ G เป็นเซ็ตของ V และ E วิ่งเขียนแทนได้โดย G= (V,E) เมื่อ V เป็นเซ็ตของจุดใดๆ บนกราฟ G เซต E เป็นเซ็ตของการเชื่อมต่อระหว่างจุดใดๆ บนกราฟ G และสมาชิกของเซ็ต E เขียนแทนได้โดย e_{ij} โดยที่ i และ j เป็นสมาชิกของเซ็ต V วิ่งหา G แทนระบบเครือข่ายรวมถึงโนดและลิงค์ (link) ระหว่างโนดบนระบบเครือข่ายที่สมมูลย์กันดังแสดงในรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Graph G = (V ,E)

V={1, 2, 3, 4, 5, 6}

E={e_{12}, e_{14}, e_{15}, e_{16}, e_{23}, e_{34}, e_{46}, e_{56}}

รูปที่ 2.8 กราฟ G ซึ่งเปรียบเทียบได้กับระบบเครือข่ายจริง

หลังจากนิยามกราฟ G จุดต่างๆ ในเซ็ต V ซึ่งสมมูลกับโหนดในระบบเครือข่ายจะถูกกำหนดค่าฉลากซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ ค่าฉลากแบบถาวรและค่าฉลากแบบชั่วคราวและมีคำจำกัดความของค่าฉลากทั้ง 2 ประเภทคือ

- ค่าฉลากแบบถาวรกำหนดได้โดย ความยาว L_v ของเส้นทางที่สั้นที่สุดจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายใดๆ ในกราฟ G
- ค่าฉลากแบบชั่วคราวกำหนดได้โดยค่าขอบเขตบนของความยาว L_v ของเส้นทางที่สั้นที่สุดจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทางใดๆ ในกราฟ G

เมื่อเซท P และ T เป็นเซ็ตของจุดใดๆ บนกราฟ G ที่มีค่าฉลากแบบถาวรและชั่วคราวตามลำดับซึ่งการคำนวณเส้นทางจะเป็นไปตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดค่าเริ่มต้น

- จุดกำเนิดหรือจุด 1 จะมีค่าฉลากถาวรเท่ากับ $L_1 = 0$
- จุด j ซึ่งเป็นจุดปลายทางอื่นๆในกราฟ G (2,3,…,n) และกำหนดค่าฉลากชั่วคราว $L_j = l_{1j}$ ให้กับจุดเหล่านี้และให้มีค่าเป็นอนันต์หากไม่มีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุด 1 และ j และกำหนดให้เซ็ต P = {1} และเซ็ต T = {2,3,…,n}

ขั้นตอนที่ 2 ทำการเลือกค่าสมาชิกใหม่ของเซ็ต P

- โดยการเลือกจุด k ใดๆ ที่อยู่ในเซ็ต T ที่มีค่าฉลากชั่วคราว L_k ที่น้อยที่สุด แล้วทำการเปลี่ยนให้เป็นค่าฉลากถาวร L_k ทำการเลือกค่า k ที่น้อยที่สุดถ้ามีจุด k หลายจุดและทำการลบจุด k ออกจากเซ็ต T และเพิ่มจุด k เข้าไปในเซ็ต P และทำการตรวจสอบตามเงื่อนไขดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า T = ϕ แล้ว

คำตอบจะเท่ากับ $L_2, L_3, L_4, \ldots, L_n$

จบการทำงาน

ถ้า $T \neq \phi$ แล้ว

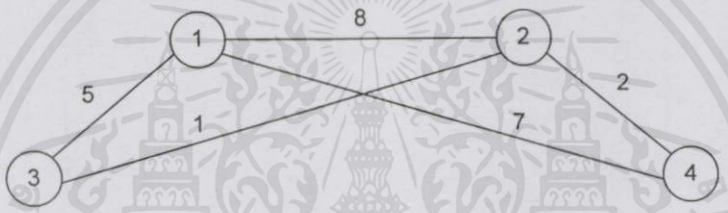
ให้กระทำต่อไปใน ขั้นตอนที่3

เมื่อ ϕ คือสถานะที่เลือก ค่า ในเซ็ต T ครบหมดแล้ว

ขั้นตอนที่ 3 ทำการปรับปรุงค่าฉลากชั่วคราว

- สำหรับค่า j ทุกๆ ค่าในเซ็ต T ค่า $L_j = min(L_j, L_k=l_{kj})$ และกลับไปขั้นตอนที่ 2

จากกราฟดังในรูปที่ 2.9 แสดงตัวอย่างการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดตามอัลกอริทึมของไดจค์สตราได้ดังนี้ เมื่อกำหนดให้จุดเริ่มต้นคือจุด 1 และทำการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดอื่นๆ ที่เหลือบนกราฟคือจุด 2,3 และ 4



รูปที่ 2.9 กราฟประกอบตัวอย่างการคำนวณการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด

จากขั้นตอนที่ 1ของอัลกอริทึมทำการกำหนดค่าเริ่มต้นก่อนการทำงานได้ดังนี้

- ค่าฉลากถาวร $L_1 = 0$
- ค่าฉลากชั่วคราว $L_2 = 8, L_3 = 5, L_4 = 7$
- เซ็ต $P = \{1\}$และเซ็ต $T = \{2,3,4\}$

ในตารางที่ 2.1 จะแสดงถึงการทำงานของอัลกอริทึมของไดจค์สตราตามขั้นตอนที่ 2 และ 3 โดยแต่ละรอบการทำงานจะเป็นการเพิ่มสมาชิกใหม่ของเซ็ต P พร้อมทั้งทำการปรับปรุงค่าฉลากชั่วคราวเพื่อใช้ในรอบการทำงานถัดไป

จากในแต่ละรอบการทำงานจะได้เส้นทางที่สั้นที่สุดจากจุด 1 ไปยังจุดที่เหลือดังนี้คือ

- รอบการทำงานที่ 1 จากจุด 1 ไปยังจุด 3 บนเส้นทางคือ (1,3) โดยมีระยะทางเท่ากับ 5 หน่วย
- รอบการทำงานที่ 2 จากจุด 1 ไปยังจุด 2 บนเส้นทางคือ (1,3,2) โดยมีระยะทางเท่ากับ 6 หน่วย
- รอบการทำงานที่ 3 จากจุด 1 ไปยังจุด 4 บนเส้นทางคือ (1,4) โดยมีระยะทางเท่ากับ 7 หน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตารางการทำงานของอัลกอริทึมแบบไดจค์สตรา

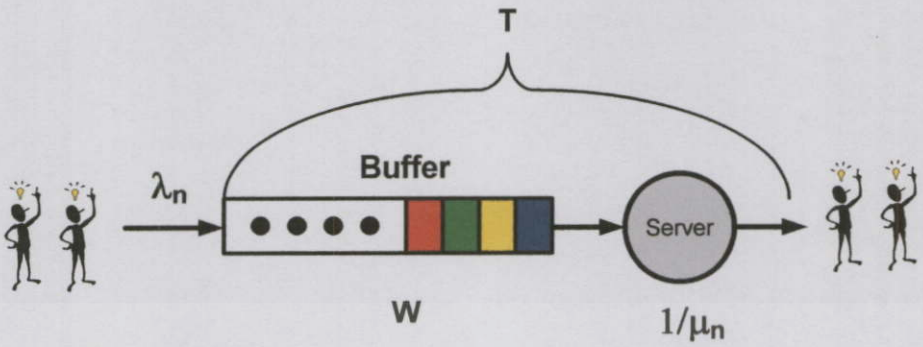
รอบที่	$L^{\bullet}_2$	$L^{\bullet}_3$	$L^{\bullet}_4$	k	สมาชิกของเซท P	สมาชิกของเซท P
1	8	5	7	3	{1,3}	{2,4}
2	$\min(8, L_3+l_{32})=6$	-	$\min(7, L_3+l_{34})=7$	2	{1,2,3}	{4}
3	-	-	$\min(7, L_3+l_{32})=7$	4	{1,2,3,4}	ϕ

2.4 พื้นฐานระบบคิว

ในปัจจุบันชีวิตประจำวันของมนุษย์มักจะต้องพบกับระบบการเข้าคิวในรูปแบบต่าง ๆ กัน นับตั้งแต่การซื้อตั๋วเข้าชมภาพยนต์ การเข้าคิวของรถยนต์ตามสี่แยกไฟแดง การบรรจุกล่องของผลิตภัฑณ์ในโรงงาน โดยทั่วไปในการเข้าคิว เหล่านี้เรามักจะมีคำถามขึ้นบ่อยว่า โดยเฉลี่ยแล้วเราจะเสร็จสิ้นการทำกิจกรรมภายในเวลาเท่าใด หรือเราจะต้องใช้เวลารออยู่ในคิวมากน้อยเพียงใด สำหรับการประยุกต์ใช้งานทฤษฎีคิวในระบบสื่อสารก็มีอยู่อย่างกว้างขวางเช่นกัน ยกตัวอย่าง เช่น การคำนวณหาปริมาณทราฟฟิกของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในพื้นที่การให้บริการแต่ละเซลล์ที่ระบบสามารถรองรับได้โดยที่ยังมีคุณภาพในระดับที่ยอมรับได้ การหาความน่าจะเป็นของการบล็อก ปัญหาต่าง ๆ ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้สามารถอาศัยทฤษฎีคิวเข้ามาช่วยในการศึกษาและวิเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์และศึกษาสมรรถนะของระบบคิวที่มีจำนวนบัฟเฟอร์กับจำนวนผู้ให้บริการเป็นตัวเดียวกันคือ ระบบคิว M/M/m/m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ส่วนประกอบพื้นฐานระบบคิว



รูปที่ 2.10 ส่วนประกอบของระบบคิว

เมื่อ λ_n =คือ อัตราการเข้ามาในระบบ

W คือ เวลาเฉลี่ยที่รอคอยในบัฟเฟอร์

$1/\mu_n$ คือเวลาที่ 1คนได้เข้ารับบริการ

T คือ เวลาทั้งหมดที่ลูกค้าต้องใช้ 1 คน $T = W + 1/\mu_n$

จากรูปที่ 2.10 ระบบคิวมีส่วนประกอบ มี 3 ส่วน คือ

1.) การเข้ามา

2.) การให้บริการ

3.) การออกไป

ระบบคิวสามารถเขียนเป็นสัญลักษณ์ ในตำแหน่งต่างๆ ได้ตามนี้ A/B/C/D/E

ตำแหน่งที่ A คือ การกระจายเข้ามา

ตำแหน่งที่ B คือ การกระจายของการให้บริการ

ตำแหน่งที่ C คือ จำนวนผู้ให้บริการ

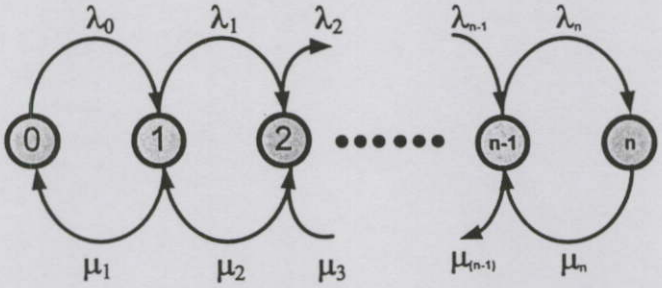
ตำแหน่งที่ D คือ จำนวน(ขนาด) ของ Buffer

ตำแหน่งที่ E คือ จำนวนลูกค้า

จากรูปที่ 2.10 ที่กล่าวมานี้เราสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภาพการเปลี่ยนสถานะของระบบคิวได้ตามรูปที่ 2.11 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.11 แผนภาพการเปลี่ยนสถานะของระบบคิว

จากรูปที่ 2.11 จากการเข้ามาและการออกไปจากระบบในแต่ละสถานะสามารถนำมาเขียนสมการสมดุลแบบสากล (global balance equations) สำหรับกระจายของระบบคิวได้ตามสมการที่ 2.1 ดังนี้

$$\frac{dP_n}{dt} = \mu_n P_n + \lambda_n P_n - \lambda_{n-1} P_{n-1} - \mu_{n+1} P_{n+1} \qquad (2.1)$$

โดยทั่วไปแล้วจะพิจารณาการกระจายของระบบคิวในสภาวะคงตัวจากสมการที่ 2.1 จึงเปลี่ยนไปเป็นสมการ 2.2 ดังนี้

$$0 = \mu_n P_n + \lambda_n P_n - \lambda_{n-1} P_{n-1} - \mu_{n+1} P_{n+1} \qquad (2.2)$$

โดยที่ λ คือ อัตราการเข้ามากำหนดให้เป็นการกระจายแบบฟัวส์ซอง (Poisson process)

μ คือ อัตราการให้บริการเป็นการกระจายแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential random variables)

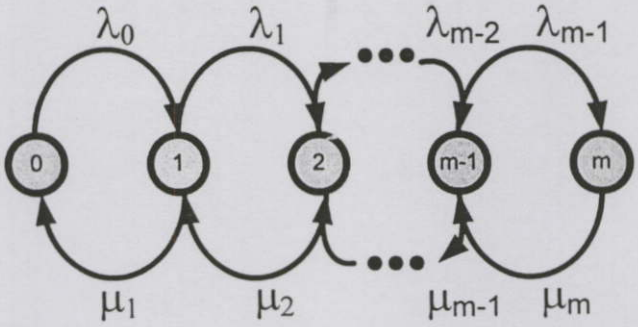
P_n คือ ค่าความน่าจะเป็นของระบบในแต่ละสถานะ

2.4.2 ระบบคิว M/M/m/m

ระบบคิว M/M/m/m เป็นระบบที่มีเซิร์ฟเวอร์จำนวน m ตัวและในกรณีที่ไม่มีเซิร์ฟเวอร์ว่างอยู่ระบบคิวนี้จะไม่มีพื้นที่คิวไว้สำหรับการรอรับการบริการเลย เพราะฉะนั้นเมื่อใดที่ผู้ใช้บริการเข้าสู่ระบบในช่วงเวลาที่เซิร์ฟเวอร์ทุกตัวกำลังถูกใช้งาน ผู้ใช้นั้นก็จะถูกบล็อกกลับไปทันทีระบบคิวในลักษณะนี้สามารถเขียนแผนภาพการเปลี่ยนสถานะได้ดังรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

82853



รูปที่ 2.12 แผนภาพการเปลี่ยนสถานะของระบบคิว M/M/m/m

กำหนดให้ $\lambda = \lambda_1=\lambda_2=\lambda_3=\ldots\ldots=\lambda_m$

$$\mu_k = k\mu$$

$$a = \frac{\lambda}{\mu}$$

จากสมการสมดุลแบบท้องถิ่น(local balance equations) ในการวิเคราะห์ ซึ่งมีรูปแบบของสมการที่สถานะ P_k ใดๆ เมื่อ $k \le m$ คือ

$$\lambda_{k-1}P_{k-1} = \mu_k P_k$$

$$P_k = \frac{\lambda P_{k-1}}{\mu_k} \qquad (2.3)$$

- ที่สถานะ k=0

$$\mu_1 P_1 = \lambda_0 P_0$$

$$P_1 = \frac{\lambda}{\mu} P_0$$

- ที่สถานะ k=1

$$\mu_2 P_2 = \lambda_1 P_1$$

$$P_2 = \frac{\lambda}{2\mu} P_1 = \frac{\lambda^2}{2\mu^2} P_0$$

- ที่สถานะ k=2

$$\mu_3 P_3 = \lambda_2 P_2$$

$$P_3 = \frac{\lambda}{3\mu} P_2 = \frac{\lambda^3}{6\mu^3} P_0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ที่สถานะ k=3

$$\mu_4 P_4 = \lambda_3 P_3$$

$$P_4 = \frac{\lambda}{4\mu} P_2 = \frac{\lambda^4}{24\mu^4} P_0$$

จากสถานะต่างๆข้างต้นจึงสามารถสรุปได้ว่าที่ สถานะ k ใดๆ เมื่อ $0 < k \le m$ จะได้

$$P_k = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{P_0}{k!} \tag{2.4}$$

เนื่องจากผลรวมของความน่าจะเป็นในแต่ละสถานะมีค่าเป็น 1 นั่นคือ

$$\sum_{k=0}^{m} p_k = 1$$

$$1 = \sum_{k=0}^{m} \frac{a^k}{k!} P_0$$

ดังนั้น

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{m} \frac{a^k}{k!}} \tag{2.5}$$

แทนสมการ (2.5) ใน (2.4) จะได้

$$P_k = \frac{a^k}{k!}\left(\frac{1}{\sum_{k=0}^{m} \frac{a^k}{k!}}\right) \tag{2.6}$$

จากนั้นหาจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ได้รับบริการคือ

$$N = E[k] = \sum_{k=0}^{m} k p_k$$

$$= \sum_{k=0}^{m} k\left(\frac{a^k}{k!}\right) p_0$$

$$= p_0 \sum_{k=0}^{m} \frac{a \times a^k \times a^{-1}}{(k-1)!}$$

$$= a p_0 \sum_{k=0}^{m} \frac{a^{k-1}}{(k-1)!}$$

$$= a p_0 \sum_{k=0}^{m-1} \frac{a^k}{k!}$$

$$= a p_0 \left(\sum_{k=0}^{m} \frac{a^k}{k!} - \frac{a^m}{m!}\right) \tag{2.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า P_0 ใน (2.7)

$$= a\left(\frac{1}{\sum_{k=0}^{m}\frac{a^k}{k!}}\right)\left(\sum_{k=0}^{m}\frac{a^k}{k!}-\frac{a^m}{m!}\right)$$

$$N = a\left(1-\frac{a^m/m!}{\sum_{k=0}^{m}\frac{a^k}{k!}}\right) \quad (2.8)$$

พิจารณาสมการ (2.8) เทอม $\frac{a^m/m!}{\sum_{k=0}^{m}\frac{a^k}{k!}}$ เท่ากับ ความน่าจะเป็นในการสกัดกั้น

สูตรที่ได้นี้มีชื่อเรียกว่าสูตร Erlang B สามารถเขียนได้ดังนี้

$$P_{b(a,m)} = \frac{a^m/m!}{\sum_{k=0}^{m}\frac{a^k}{k!}} \quad (2.9)$$

เมื่อ a เท่ากับ จำนวนความหนาแน่นทราฟฟิก

m เท่ากับ จำนวนคู่สาย

ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ผู้ใช้แต่ละคนต้องใช้ระบบคิวคือ

$$T = W + \frac{1}{\mu} \quad (2.10)$$

และจากคุณสมบัติของระบบคิวแบบนี้ คือไม่มีจำนวนผู้ใช้บริการรออยู่ในบัฟเฟอร์เลยทำให้ W=0 สมการที่ (2.10) เขียนใหม่ได้เป็น

$$T = \frac{1}{\mu} \quad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 สรุป

สำหรับในบทที่ 2 นี้ เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาคือ หัวข้อที่ 2.2 เป็นการกล่าวถึงหลักการทำงานพื้นฐานของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง ซึ่งจะกล่าวถึง การวิวัฒนาการการพัฒนาของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง โครงสร้างพื้นฐานของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง ส่วนประกอบต่างๆของระบบ คุณลักษณะของระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่นและไม่มีการแปลงความยาวคลื่น และการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นพื้นฐานในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง หัวข้อที่ 2.3 เป็นการกล่าวถึงการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในโครงข่าย ซึ่งได้อธิบายถึง การทำงานพื้นฐานของอัลกอริทึมของไดจค์สตรา หัวข้อที่ 2.4 เป็นการกล่าวถึงหลักการพื้นฐานของระบบคิว และการศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆของระบบคิว M/M/m/m ที่มีคุณสมบัติคือ จำนวนผู้ให้บริการมีค่าเท่ากันกับจำนวนของบัฟเฟอร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งและสองเส้นทาง

3.1 กล่าวนำ

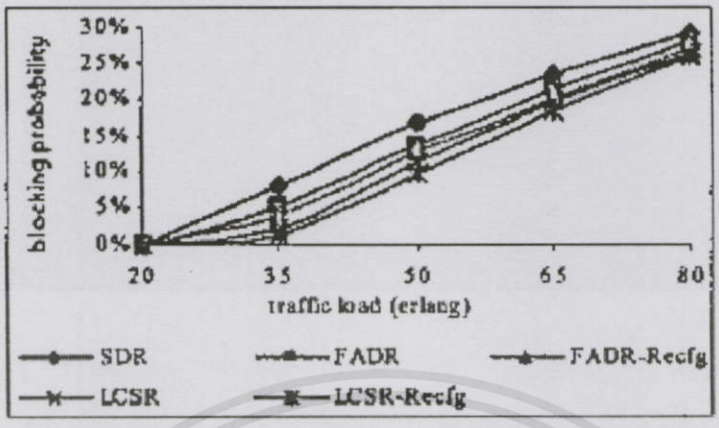
สำหรับในบทนี้จะนำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ในเบื้องต้นจะได้กล่าวถึงบทความที่ได้ทำการวิจัยก่อนหน้าซึ่งเป็นวิธีการหาเส้นทางเดินแสงในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง จากนั้นจึงเข้าสู่การอธิบายถึงวิธีการที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์เรื่องนี้

3.2 วิธีการหาเส้นทางในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ได้ถูกนำเสนอก่อนหน้า

สำหรับในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงวิธีการหาเส้นทางในโครงข่าย WDM ที่ได้ถูกนำเสนอขึ้นก่อนหน้า ซึ่งได้เลือกบทความวิจัย 4 เรื่องคือ หัวข้อ 3.2.1 บทความเรื่อง Survivable Alternate Routing for WDM Network. ที่ ได้ถูกนำเสนอขึ้นโดย Bin Zhou และคณะ หัวข้อ 3.2.2 บทความเรื่องAdaptive Routing and Wavelength Assignment Using Ant-Based Algorithm. ที่ถูกนำเสนอโดย Son-Hong Ngo หัวข้อ 3.2.3 บทความเรื่อง Traffic Grooming in Mesh WDM Optical Network – Performance Analysis. ที่ถูกนำเสนอโดย Chunsheng Xin และ คณะ หัวข้อ 3.2.4 Optical Wavelength Path and Optical Virtual Wavelength Path Comparison. ถูกนำเสนอโดย B. Batagelj และ คณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 บทความเรื่อง Survivable Alternate Routing for WDM Network.

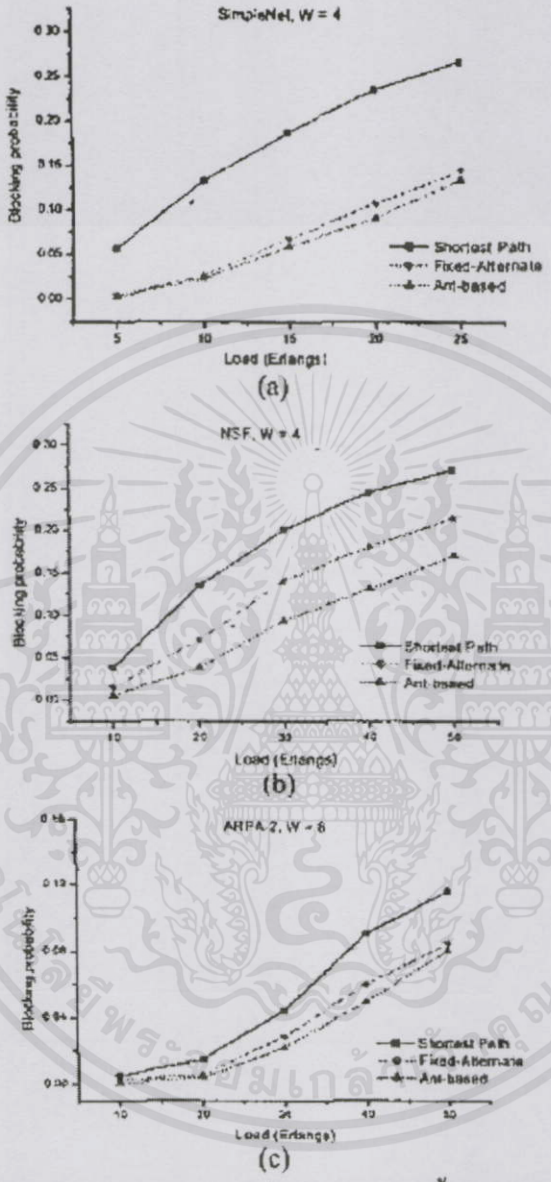


รูปที่ 3.1 การเปรียบเทียบ survivable routing บนโครงข่ายที่มี 32 โนด

ในบทความนี้ Bin Zhou และคณะได้นำเสนอวิธีการของ path protection algorithm ที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนในกรณีที่ เส้นทางหลักเกิดความล้มเหลวทางกายภาพอันเนื่องมาจากเส้นใยแก้วที่มีปัญหาเช่น เส้นใยแก้วขาด ดังนั้นถ้าเส้นทางหลักไม่สามารถส่งผ่านทราฟฟิกได้จึงปรับเปลี่ยนมาใช้เส้นทางแบกอัพ ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วเส้นทางแบกอัพจะว่างเสมอ และในหนึ่งลิงค์ที่เชื่อมต่อจะมีเส้นใยแก้วอยู่สองเส้น ซึ่งวิธีการที่ Bin Zhou จากรูปที่ 3.1 ที่ได้นำเสนอนั้นสามารถแสดงให้เห็นได้ว่า สามารถลดค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นได้เป็นอย่างดีเมื่อเทียบกับวิธีการของ SDR (Shortest disjoint-path routing) [15] , FADR (Fixed alternate disjoint-path routing) [9] และ LCSR (Least congested survivable routing) [19]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 บทความเรื่องAdaptive Routing and Wavelength Assignment Using Ant-Based Algorithm.



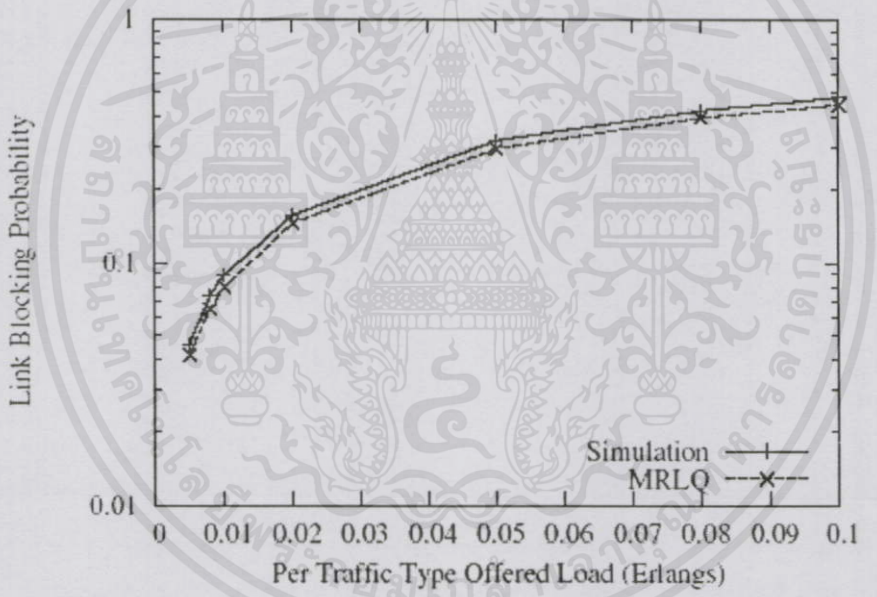
รูปที่ 3.2 (a,b,c) การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นในวิธีการของ ant-based algorithm routing กับวิธีการ shortest path routing และ วิธีการ fixed-alternate path routing

ในบทความนี้ Son-Hong Ngo และคณะ ได้นำเสนอ วิธีการของฮิวรีสติก อัลกอริทึม (heuristic algorithm) ในวิธีการของ ant-based algorithm ที่ใช้ในการหาเส้นทางในโครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสง ที่มีการส่งข้อมูลแบบเซอร์กิตสวิตช์ และจะมีการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นที่มีการปรับเปลี่ยนของตาราง routing table โดย อัลกอริทึม ของ ant-based algorithm จะมีการหาเส้นทางและความยาวคลื่นที่ มีค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นน้อยที่สุด จากรูปที่ 3.2 จะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นในวิธีการของ ant-based algorithm routing กับวิธีการ shortest path routing และ วิธีการ fixed-alternate path routing บนโครงข่ายที่แตกต่างกัน 3 โครงข่ายคือ รูปที่ 3.2(a) Simplenet ที่มี 6 โนด 8ลิงค์ ความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองเท่ากับ 4 ความยาวคลื่น รูปที่ 3.2(b) NSFnet ที่มี 14 โนด 21ลิงค์ ความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองเท่ากับ 4 ความยาวคลื่น และรูปที่ 3.2(c) ARPA-2 ที่มี 21 โนด 26ลิงค์ ความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองเท่ากับ 6 ความยาวคลื่น ซึ่งจากผลการทดลองสามารถแสดงให้เห็นได้ว่า วิธีการของ ant-based algoritum นั้นสามารถให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นได้ดีกว่า วิธีการของ shortest path routing และ fixed-alternate path routing

3.2.3 บทความเรื่อง Traffic Grooming in Mesh WDM Optical Network – Performance Analysis.



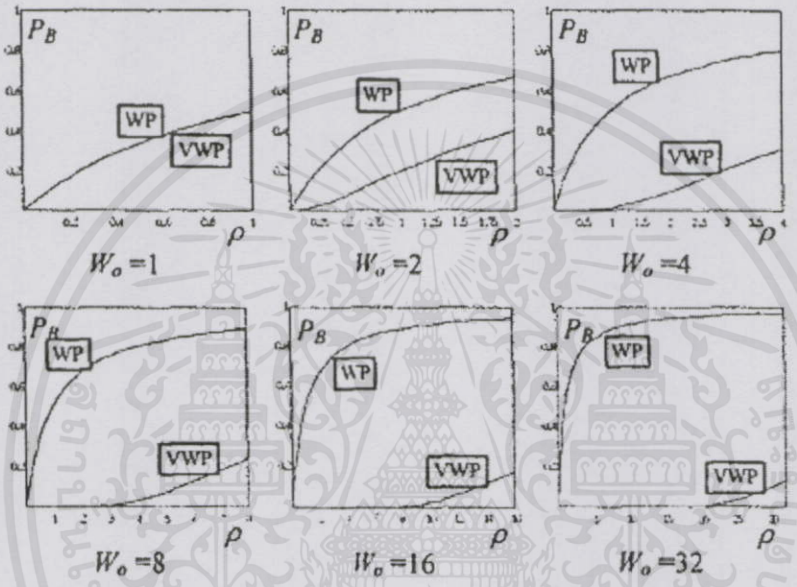
รูปที่ 3.3 การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นในวิธีการคำนวณของ MRLQ (multi-rate link queue) กับแบบจำลองเชิงเลียนแบบ

ในบทความนี้ Chunsheng Xin และ คณะ ได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์สมรรถนะของการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมช ซึ่งเส้นทางที่เขาได้ศึกษานั้นจะได้วิธีการหาเส้นทางแบบ shortest path routing และวิธีการจัดสรรความยาวคลื่นจะใช้วิธีการของ first-fit wavelength assignment และ เขาได้นำเสนอวิธีการของ MRLQ (multi-rate link queue) บนสมมุติฐานที่ว่า ทราฟิกต่างชนิดกันไม่สามารถส่งบนความยาวคลื่นเดียวกันได้ และจะวิเคราะห์บนแบบจำลองของ two dimension continuous time Markov chain เปรียบเทียบกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองเชิงเลียนแบบ ซึ่งจากรูปที่ 3.3 จากผลการทดลองที่เขาได้นำเสนอจะเห็นได้ว่า แบบจำลองของ MRLQ นั้นสามารถให้ค่าความน่าจะเป็นสอดคล้องใกล้เคียงกันกับแบบจำลองเชิงเลียนแบบ

3.2.4 บทความ เรื่อง Optical Wavelength Path and Optical Virtual Wavelength Path Comparison.



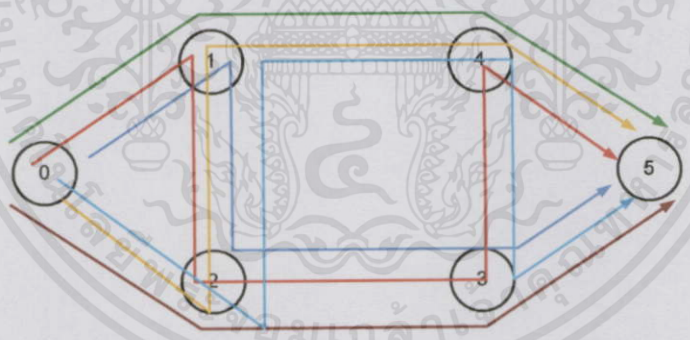
รูปที่ 3.4 การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่น (WP) และไม่มีการแปลงความยาวคลื่น(VWP) ในความยาวคลื่น 1,2,4,8,16 และ 32

ในบทความนี้ B. Batagelj และ คณะ ได้ทำการศึกษาคุณลักษณะของ ระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงความยาวคลื่น (WP) และไม่มีการแปลงความยาวคลื่น (VWP) ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง บนแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์โดยอ้างอิงจากทฤษฎีของระบบคิวอิงค์ ในการประมาณค่าจาก Euler gamma function ซึ่งจากรูปที่ 3.4 จากผลการทดลองสามารถแสดงให้เห็นได้ว่า เมื่อที่ความยาวคลื่นที่ใช้งานเท่ากับ 1 ความยาวคลื่น ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้น ของระบบที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นจะมีค่า เท่ากันดังนั้นจึงยังไม่เรียกได้ว่าเป็นระบบ WDM และเมื่อเพิ่มค่าความยาวคลื่นไปเรื่อยๆ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของระบบ ที่มีการแปลงความยาวคลื่น จะมีค่าน้อยกว่าระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น

ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการหาเส้นทางหลักและเส้นทางรอง

ในหัวข้อนี้จะนำเสนอแนวคิดที่แตกต่างจากบทความที่ได้นำเสนอก่อนหน้าในหัวข้อที่ 3.2 ว่าในการส่งทราฟฟิกในโครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ใช้งานนั้นในความเป็นจริงแล้วมีหลายเส้นทางอื่นที่สั้นรองมาจากเส้นทางแรกที่สามารถส่งทราฟฟิกให้ไปถึงปลายทางได้ซึ่งความแตกต่างระหว่างเส้นทางรองกับเส้นทางแบกอัพก็คือเมื่อเส้นทางหลักไม่ว่างแล้วจะมาทำการหาเส้นทางรองซึ่งเส้นทางรองอาจจะไม่ว่างก็ได้ถ้าเป็นเส้นทางแบกอัพจะต้องว่างเสมอและใช้ในกรณีที่ลิงค์ทางกายภาพล้มเหลว หลักการหาเส้นทางของโครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงความยาวคลื่นและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งและสองเส้นทางจึงได้ถูกนำเสนอขึ้น โดยการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางเส้นทางรองอีกหนึ่งและสองเส้นทาง ในการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นของทราฟฟิก ดังอธิบายได้ในรูปที่ 3.5 เมื่อต้องการส่งทราฟฟิกจากโนด 0ไปยังโนด 5จะมีเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมด 6 เส้นทาง สำหรับในงานวิจัยนี้จะเลือกเส้นทางรองไว้สูงสุดสองเส้นทาง โดยนับจากจำนวน hop ที่ใช้งานที่มีค่าน้อยที่สุด เป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดจากแนวคิดนี้ สามารถปรับปรุงสมรรถนะของโครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงในเชิงของค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิกให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น



1.) 0-1-4-5
2.) 0-2-3-5
3.) 0-1-2-3-5
4.) 0-2-1-4-5
5.) 0-1-2-3-4-5
6.) 0-2-1-4-3-5

รูปที่ 3.5 เส้นทางเดินแสงที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการส่งทราฟฟิกจากโนด 0ไปยังโนด 5

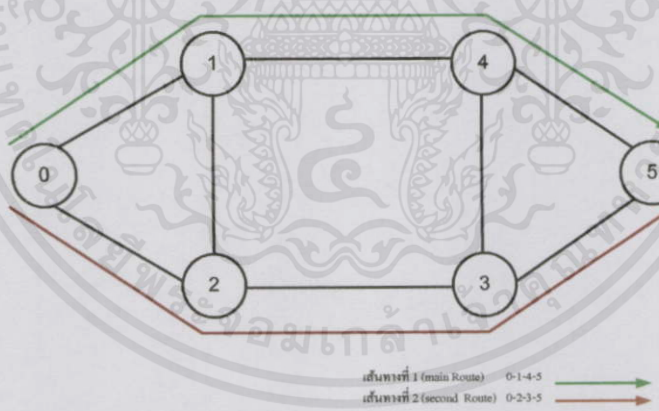
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง

จากรูปที่ 3.5 แนวคิดของวิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลัก และเส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง คือจากรูป จะมีเส้นทางที่ส่งผ่านทราฟฟิกจากโนด 0 ไปยัง โนด 5 คือ

- เส้นทางแรกคือ 0-1-4-5 จะใช้ลิงค์ 0-1 ,1-4 และ4-5
- เส้นทางที่สองคือ 0-2-3-5 จะใช้ลิงค์ 0-2 ,2-4 และ3-5
- เส้นทางที่สามคือ0-1-2-3-5 จะใช้ลิงค์ 0-1 ,1-2,2-3 และ3-5
- เส้นทางที่สี่คือ0-1-2-3-5 จะใช้ลิงค์ 0-1 ,1-2,2-3 และ3-5
- เส้นทางที่ห้าคือ0-2-1-4-5 จะใช้ลิงค์ 0-2 ,2-1,1-4 และ4-5
- เส้นทางที่หกคือ0-2-1-4-3-5 จะใช้ลิงค์ 0-2 ,2-1,1-4,4-3และ3-5

โดยประมาณจากจำนวน hop ที่ใช้งานที่มีค่าน้อยที่สุด ดังนั้นจึงเลือกเส้นทางหลักที่เป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดคือ 0-1-4-5 และเส้นทางรองที่สั้นรองลงมาจากเส้นทางแรกคือ 0-2-3-5 ตามรูปที่ 3.6 เมื่อเส้นทางแรก มีการใช้ความยาวคลื่น ในแต่ละลิงค์เต็มแล้ว จะยังไม่ถือว่าเกิดการบล็อกทราฟฟิก เพราะยังจะมีเส้นทางรองคือ 0-2-3-5 ที่ใช้ลิงค์ในการจัดสรรความยาวคลื่นคือ 0-2,2-3 และ 3-5 และถ้าเส้นทางรองที่หนึ่งมีการใช้ความยาวคลื่นในแต่ละลิงค์เต็มแล้ว ในวิธีการนี้จะถือว่ามีการบล็อกทราฟฟิกเกิดขึ้น เนื่องจากไม่มีความยาวคลื่นในแต่ละลิงค์ที่สามารถจัดสรรความยาวคลื่นได้



รูปที่ 3.6 วิธีการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง

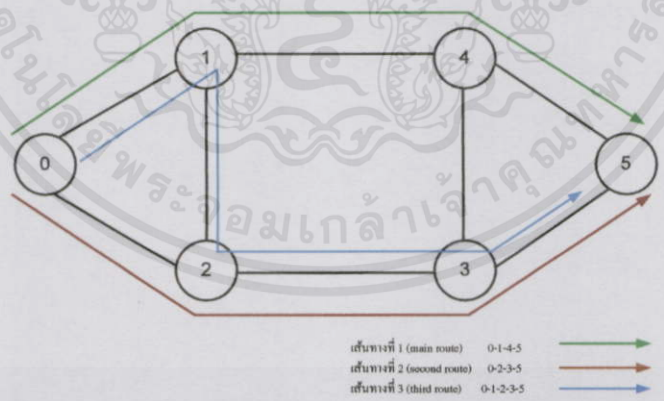
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองสองเส้นทาง

จากรูปที่ 3.5 แนวคิดของวิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลัก และเส้นทางรองสองเส้นทาง คือจากรูป จะมีเส้นทางที่ส่งผ่านทราฟฟิกจากโนด 0 ไปยัง โนด 5 คือ

- เส้นทางแรกคือ 0-1-4-5 จะใช้ลิงค์ 0-1 ,1-4 และ4-5
- เส้นทางที่สองคือ 0-2-3-5 จะใช้ลิงค์ 0-2 ,2-3 และ3-5
- เส้นทางที่สามคือ0-1-2-3-5 จะใช้ลิงค์ 0-1 ,1-2,2-3 และ3-5
- เส้นทางที่สี่คือ0-1-2-3-5 จะใช้ลิงค์ 0-1 ,1-2,2-3 และ3-5
- เส้นทางที่ห้าคือ0-2-1-4-5 จะใช้ลิงค์ 0-2 ,2-1,1-4 และ4-5
- เส้นทางที่หกคือ0-2-1-4-3-5 จะใช้ลิงค์ 0-2 ,2-1,1-4,4-3และ3-5

โดยประมาณจากจำนวน hop ที่ใช้งานที่มีค่าน้อยที่สุด ดังนั้นจึงเลือกเส้นทางหลักที่เป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดคือ 0-1-4-5 และเส้นทางรองที่สั้นรองลงมาจากเส้นทางแรกคือ 0-2-3-5 ตามรูปที่ 3.7 เมื่อเส้นทางแรก มีการใช้ความยาวคลื่น ในแต่ละลิงค์เต็มแล้ว จะยังไม่ถือว่าเกิดการบล็อกทราฟฟิก เพราะยังจะมีเส้นทางรองคือ 0-2-3-5 ที่ใช้ลิงค์ในการจัดสรรความยาวคลื่นคือ 0-2,2-3 และ 3-5 และถ้าเส้นทางรองที่หนึ่งมีการใช้ความยาวคลื่นในแต่ละลิงค์เต็มแล้ว ก็จะยังไม่ถือว่าเกิดการบล็อกทราฟฟิก เพราะยังจะมีเส้นทางสุดท้ายคือ 0-1-2-3-5 ที่ใช้ลิงค์ในการจัดสรรความยาวคลื่นคือ 0-1,1-2,2-3 และ 3-5 ในวิธีการนี้ถ้าถึงเส้นทางสุดท้ายแล้วยังไม่มีความยาวคลื่นในลิงค์ที่สามารถใช้งานได้จะถือว่ามีการบล็อกทราฟฟิกเกิดขึ้น



รูปที่ 3.7 วิธีการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองสองเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 สรุป

สำหรับในบทที่ 3 เป็นการกล่าวถึงแนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ที่มีเป้าหมายที่จะปรับปรุงสมรรถนะของโครงข่ายให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ซึ่งได้กล่าวถึงที่มาในการส่งผ่านทราฟฟิกของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่จะอ้างอิงถึงการส่งผ่านทราฟฟิกในวิธีการของ หัวข้อที่ 3.2 คือ วิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง หัวข้อที่ 3.3 คือ วิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
แบบจำลองการวิเคราะห์ระบบ

4.1 กล่าวนำ

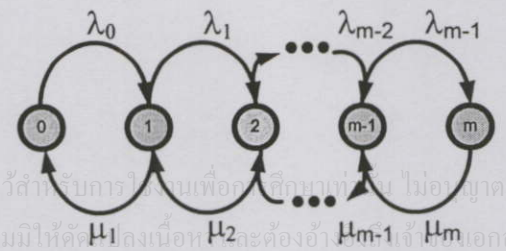
สำหรับในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการของแบบจำลองในการวิเคราะห์ระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงความยาวคลื่นและไม่แปลงความยาวคลื่น ในวิธีการของการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง, วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองที่สั้นรองลงมาอีกหนึ่งเส้นทาง และวิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองที่สั้นรองลงมาอีกสองเส้นทาง ซึ่งแบบจำลองที่ได้นำเสนอจะมีอยู่ 2 แบบคือ

4.1.1 แบบจำลองเชิงทฤษฎี ซึ่งในวิทยานิพนธ์เรื่องนี้จะได้อาศัยทฤษฎีของ Erlang Loss Systems มาใช้ในการวิเคราะห์ค่า ความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิกของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมช

4.1.2 แบบจำลองเชิงเลียนแบบ ในการศึกษาจะจำลองการทำงานของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงบนโปรแกรม Matlab มาใช้ในการวิเคราะห์ค่า ความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิกของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมช

4.2 แบบจำลองเชิงทฤษฎีระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง

ในเงื่อนไขการทำงานของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง ซึ่งได้อาศัยทฤษฎีของ Erlang Loss Systems คุณสมบัติของระบบคิวอิงค์คือ M/M/m/m ,[14] ที่มีจำนวนผู้ให้บริการเท่ากับจำนวนบัฟเฟอร์ในที่นี้จะให้เท่ากับค่าความยาวคลื่นในระบบ ตามสมการที่ 4.1 ในวิธีการหาเส้นทางในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง 3 วิธีการคือ วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง,วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองที่สั้นรองลงมาอีกหนึ่งเส้นทาง และวิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองที่สั้นรองลงมาอีกสองเส้นทาง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 ระบบคิวอิงค์ M/M/m/m

เมื่อ M = การกระจายการเข้ามาให้เป็นแบบฟัวซอง

M = การกระจายของการให้บริการให้เป็นแบบเอ็กซ์โพแนนเซียล

m = จำนวนผู้ให้บริการ

m = จำนวนบัฟเฟอร์

∞= จำนวนผู้ใช้บริการ

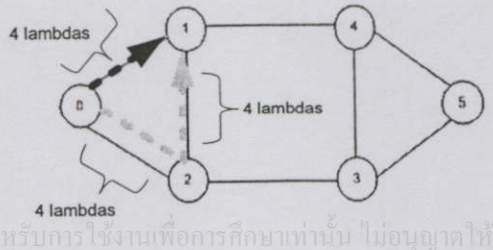
$P_{b(a,m)}$ = ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้น ทราฟฟิก

$$P_{b(a,m)} = \frac{a^m / m!}{\sum_{k=0}^{m} \frac{a^k}{k!}} \qquad (4.1)$$

เมื่อ a เท่ากับ จำนวนความหนาแน่นทราฟฟิก หน่วย erlang

m เท่ากับ จำนวนคู่สาย ในที่นี้จะให้เท่ากับจำนวนความยาวคลื่นที่มีอยู่ในแต่ละลิงค์

ในการประยุกต์ใช้งานสมการ Erlang B ให้อยู่ในระบบ WDM โดยจะประมาณว่าในการส่งผ่านทราฟฟิกในแต่ละลิงค์ หรือ hop ใดๆนั้นจะมีการจัดสรรความยาวคลื่นอยู่ และจะมีสมการ Erlang B ตามสมการที่(4.1) กำกับอยู่ในแต่ละลิงค์ โดยมีความยาวคลื่นตามสมการที่ (4.1) เป็นค่าตัวแปร m จะตั้งอยู่บนสมมุติ ฐานที่ว่า ในการเชื่อมต่อจากโนดต้นทางไปยังปลายทางใดๆนั้น ถ้ามีการใช้งานลิงค์เดียว หรือ hop เดียว นั้นจะมีความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นมากกว่า การเชื่อมต่อทราฟฟิกหลายๆ ลิงค์ หรือ หลายๆhop เนื่องจากการใช้งานแค่ลิงค์เดียวนั้นสามารถมีตัวเลือกความยาวคลื่นเป็น m ความยาวคลื่น และถ้าสมมุติใช้งาน 2 ลิงค์ สามารถมีตัวเลือกความยาวคลื่นเป็น $m \times 2$ ความยาวคลื่น เสมือนว่ามีตัวเลือกของความยาวคลื่นที่ใช้งานมากกว่า ในการส่งผ่านแค่ลิงค์เดียว ซึ่งถ้าใช้งานสองลิงค์เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นสองเหตุการณ์ที่เป็นอิสระต่อกันจึงประมาณว่านำสมการความน่าจะเป็นในการบล็อก(Erlang B) คูณกัน เอกสารอ้างอิงที่ [9],[17],[18] ถ้าใช้งาน 2 ลิงค์ ก็ประมาณว่ามีสมการ ความน่าจะเป็นในการบล็อก(Erlang B) คูณกันสองตัว และถ้ามีจำนวนลิงค์ต้นทางมากเท่าไร ก็นำมาคูณกันเป็นจำนวนเท่านั้น ยกตัวอย่างตามรูปที่ 4.2



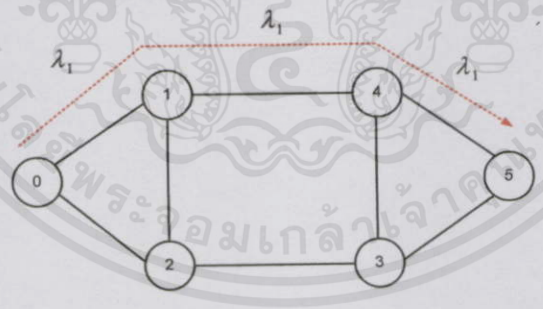
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบการส่งผ่านทราฟฟิกที่ใช้งานลิงค์เดียว กับ สองลิงค์

จากรูปที่ 4.2 จะสมมุติว่ามีการส่งผ่านทราฟฟิกจากโนด 0 ไปยัง โนด 1 โดยกำหนดให้โครงข่ายใช้จำนวนความยาวคลื่นเท่ากับ 4 ความยาวคลื่น ดังนั้นเส้นทางที่ใช้ลิงค์เดียวคือ 0-1 ซึ่งจะมีตัวเลือกความยาวคลื่น แค่ 4 ความยาวคลื่น แต่ถ้าใช้งาน สองลิงค์ คือ 0-1-2 โดยจะมีค่าตัวเลือกความยาวคลื่นได้ถึง 8 ความยาวคลื่น จึงมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถส่งผ่านทราฟฟิกได้หรือค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของการส่งผ่านทราฟฟิก มีค่าน้อยกว่า ใช้งานแค่ลิงค์เดียว ดังนั้นในวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ได้ทำการทดลองบนโครงข่าย 6 โนด 8 ลิงค์ ดังนั้นลิงค์ที่ใช้งานน้อยสุดคือ 1 ลิงค์ และลิงค์ใช้งานสูงสุดคือ 5 ลิงค์ จากนั้นจะทำการหาค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของจำนวนลิงค์ใช้งานคือ 1,2,3,4,และ 5 โดย สมมุติว่าแต่ละลิงค์ที่ใช้งานเป็นอิสระต่อกันจึงนำสมการความน่าจะเป็นในการบล็อก(Erlang B) มาคูณกันตามจำนวนลิงค์ที่ใช้งาน และ นำมาหาค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นเฉลี่ย

4.2.1 แบบจำลองเชิงทฤษฎีระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง

สำหรับในวิธีการของการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางการทำงานจะอ้างอิงตามรูปที่ 4.3 จะแสดงการส่งทราฟฟิกในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นจากโนดที่ 0 ไปยังโนดที่ 5 โดยประมาณจากจำนวน hop ที่ใช้งานที่มีค่าน้อยที่สุด เส้นทางที่สั้นที่สุดที่ถูกวางคือ 0-1-4-5 ดังนั้นลิงค์ที่ใช้งานในการส่งผ่านทราฟฟิกจากต้นทางไปยังปลายทางจะมีอยู่ทั้งหมด 3 ลิงค์ และความยาวคลื่นที่ถูกจัดสรรในระหว่างลิงค์ 0-1 คือ λ_1 , ลิงค์ 1-4 คือ λ_1 และ ลิงค์ 4-5 คือ λ_1

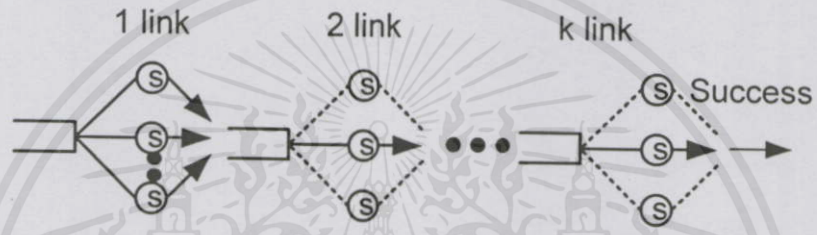


รูปที่ 4.3 การส่งทราฟฟิกที่มีการวางเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว ในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น

จากรูปที่ 4.3 ลิงค์ที่ใช้งานทั้งหมดจะมีอยู่ 3 ลิงค์ คือ 0-1, 1-4 และ 4-5 ซึ่งในลิงค์แรกจะสมมุติว่ามีความยาวคลื่นที่ใช้งานอยู่ m ความยาวคลื่น และลิงค์ต่อมาไปจนถึงปลายทางจะมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นเพียง 1 `ความยาวคลื่น ดังนั้นแบบจำลองในเชิงทฤษฎีที่ได้อาศัยทฤษฎีของ Erlang Loss Systems มาใช้ในการวิเคราะห์โดยกำหนดให้จำนวนผู้ให้บริการจะเป็นตัวเดียวกันกับจำนวนความยาวคลื่น และการส่งผ่านทราฟฟิกจะ สมมุติว่า มีแบบจำลองของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบคิวอิงค์ ต่อ อยู่เรียงกันอยู่ k ระบบ เนื่องจาก ทดลองบนโครงข่ายที่มี 6 โนดดังนั้น จึงมีจำนวนลิงค์หรือ hop สูงสุด 5 ลิงค์ และน้อยสุด 1 ลิงค์ ในการเลือกเส้นทางแต่ล่ะทราฟฟิกจะเป็นตัวกำหนดว่าทราฟฟิกนั้นจะใช้จำนวนลิงค์เท่าไรซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1ลิงค์ ถึง 5 ลิงค์ ตามรูปที่ 4.4 จะระบุว่าทราฟฟิกใดๆบนเส้นทางที่สั้นที่สุดมีลิงค์ใช้งานได้ระหว่าง 1 ลิงค์ ถึง k ลิงค์ โดยที่ k คือจำนวนลิงค์หรือ hop ที่ต่อนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกโนดต้นทางและปลายทาง ในแต่ละลิงค์ใช้งานนั้นจะมีสมการความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิกกำกับอยู่ ซึ่งเหตุการณ์ที่จะบล็อกทราฟฟิก (ไม่มีจำนวนความยาวคลื่นใช้งานในลิงค์) ที่ ลิงค์ 1 หรือ ลิงค์ k ใดๆแล้ว เป็นเหตุการณ์ที่อิสระต่อกันดังนั้นจึงประมาณว่ามีความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก คูณร่วมกันอยู่เป็นจำนวน k สมการ



รูปที่ 4.4 แบบจำลองของ link จากต้นทางถึงปลายทางของระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นในวิธีการของการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว

ในการคำนวณเชิงทฤษฎีจะหาค่าของความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นในแต่ล่ะลิงค์และมาหาค่าเฉลี่ยซึ่งในการทดลองจะวิเคราะห์บนโครงข่ายที่มีจำนวนโนดทั้งหมด 6 โนด ดังนั้นลิงค์ที่ใช้งานสูงสุดจะมีทั้งหมด 5 ลิงค์ และน้อยสุด 1 ลิงค์ อัตราการเข้ามาของทราฟฟิกให้เป็นแบบ พัวส์ซอง (Poisson distribution) และอัตราการให้บริการเป็นแบบ เอ็กซโพแนนเชียล (Exponential distribution) มีวิธีการหาดังนี้

โดยที่ m = จำนวนความยาวคลื่น

a = จำนวนทราฟฟิกหน่วย erlang

$P_{b(a,m)}$ = ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก

$$P_{b1} = P_{b(a,m)} \tag{4.2}$$

$$P_{b2} = P_{b(a,m)} \times (P_{b(a,1)}) \tag{4.3}$$

$$P_{b3} = P_{b(a,m)} \times (P_{b(a,1)})^2 \tag{4.4}$$

$$P_{b4} = P_{b(a,m)} \times (P_{b(a,1)})^3 \tag{4.5}$$

$$P_{b5} = P_{b(a,m)} \times (P_{b(a,1)})^4 \tag{4.6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$P_{b1} = P_{b(a,m)}$ จากสมการที่ (4.2) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 1 ลิงค์

$P_{b2} = P_{b(a,m)} \times (P_{b(a,1)})$ จากสมการที่ (4.3) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 2 ลิงค์ และ $P_{b(a,m)}$ คือ ความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ m ความยาวคลื่น และในลิงค์สองถัดมาคือ $(P_{b(a,1)})$ จากเงื่อนไขที่ไม่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ 1 ความยาวคลื่น โดยต้องเป็นความยาวคลื่นเดียวกันกับลิงค์แรก

$P_{b3} = P_{b(a,m)} \times (P_{b(a,1)})^2$ จากสมการที่ (4.4) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 3 ลิงค์ และ $P_{b(a,m)}$ คือ ความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ m ความยาวคลื่น และในลิงค์สองและสามถัดมาคือ $(P_{b(a,1)})^2$ จากเงื่อนไขที่ไม่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ 1 ความยาวคลื่น โดยต้องเป็นความยาวคลื่นเดียวกันกับลิงค์แรก

$P_{b4} = P_{b(a,m)} \times (P_{b(a,1)})^3$ จากสมการที่ (4.5) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 4 ลิงค์ และ $P_{b(a,m)}$ คือ ความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ m ความยาวคลื่น และในลิงค์สอง,สาม และ สี่ถัดมาคือ $(P_{b(a,1)})^3$ จากเงื่อนไขที่ไม่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ 1 ความยาวคลื่น โดยต้องเป็นความยาวคลื่นเดียวกันกับลิงค์แรก

$P_{b5} = P_{b(a,m)} \times (P_{b(a,1)})^4$ จากสมการที่ (4.6) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 5 ลิงค์ และ $P_{b(a,m)}$ คือ ความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ m ความยาวคลื่น และในลิงค์สอง,สาม,สี่ และห้า ถัดมาคือ $(P_{b(a,1)})^4$ จากเงื่อนไขที่ไม่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ 1 ความยาวคลื่น โดยต้องเป็นความยาวคลื่นเดียวกันกับลิงค์แรก

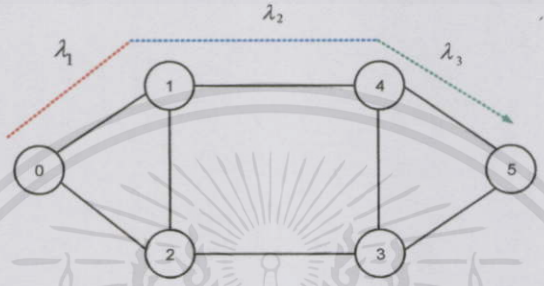
จากนั้นก็จะนำสมการที่ (4.2) ถึงสมการที่ (4.6) มาหาค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นเฉลี่ย ตามสมการที่ (4.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_{short_nocon(a,m)} = \frac{P_{b1} + P_{b2} + P_{b3} + P_{b4} + P_{b5}}{5} \quad (4.7)$$

4.2.2 แบบจำลองเชิงทฤษฎีระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่แปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง

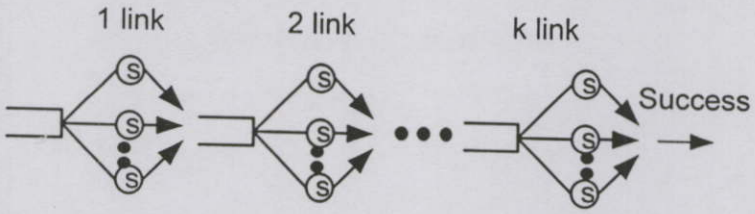
สำหรับในวิธีการของการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางการทำงานจะอ้างอิงตามรูปที่ 4.5 จะแสดงการส่งทราฟฟิกในระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่นจากโนดที่ 0 ไปยังโนดที่ 5 โดยประมาณจากจำนวน hop ที่ใช้งานที่มีค่าน้อยที่สุด เส้นทางที่สั้นที่สุดที่ถูกวางคือ 0-1-4-5 ดังนั้นลิงค์ที่ใช้งานในการส่งผ่านทราฟฟิกจากต้นทางไปยังปลายทางจะมีอยู่ทั้งหมด 3 ลิงค์ และความยาวคลื่นที่ถูกจัดสรรในระหว่างลิงค์ 0-1 คือ λ_1 , ลิงค์ 1-4 คือ λ_2 และ ลิงค์ 4-5 คือ λ_3



รูปที่ 4.5 การส่งทราฟฟิกที่มีการวางเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว ในระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่น

จากรูปที่ 4.5 ลิงค์ที่ใช้งานทั้งหมดจะมีอยู่ 3 ลิงค์ คือ 0-1, 1-4 และ 4-5 ซึ่งในแต่ละลิงค์จะสมมุติว่ามีความยาวคลื่นที่ใช้งานอยู่ m ความยาวคลื่น ดังนั้นแบบจำลองในเชิงทฤษฎีที่ได้อาศัยทฤษฎีของ Erlang Loss Systems มาใช้ในการวิเคราะห์โดยกำหนดให้จำนวนผู้ให้บริการจะเป็นตัวเดียวกันกับจำนวนความยาวคลื่น และการส่งผ่านทราฟฟิกจะ สมมุติว่า มีแบบจำลองของระบบคิวอิงค์ ต่อ อยู่เรียงกันอยู่ k ระบบ เนื่องจาก ทดลองบนโครงข่ายที่มี 6 โนดดังนั้น จึงมีจำนวนลิงค์หรือ hop สูงสุด 5 ลิงค์ และน้อยสุด 1 ลิงค์ ในการเลือกเส้นทางแต่ละทราฟฟิกจะเป็นตัวกำหนดว่าทราฟฟิกนั้นจะใช้จำนวนลิงค์เท่าไรซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1ลิงค์ ถึง 5 ลิงค์ ตามรูปที่ 4.6 จะระบุว่าทราฟฟิกใดๆบนเส้นทางที่สั้นที่สุดมีลิงค์ใช้งานได้ระหว่าง 1 ลิงค์ ถึง k ลิงค์ โดยที่ k คือ จำนวนลิงค์หรือ hop ที่ต่อนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกโนดต้นทางและปลายทาง ในแต่ละลิงค์ใช้งานนั้นจะมีสมการความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิกกำกับอยู่ ซึ่งเหตุการณ์ที่จะบล็อกทราฟฟิก(ไม่มีจำนวนความยาวคลื่นใช้งานในลิงค์) ที่ ลิงค์ 1 หรือ ลิงค์ k ใดๆแล้ว เป็นเหตุการณ์ที่อิสระต่อกัน ดังนั้นจึงประมาณว่ามีความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก คูณร่วมกันอยู่เป็นจำนวน k สมการ ตามรูปที่ 4.6 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แบบจำลองของ link จากต้นทางถึงปลายทางของระบบที่แปลงความยาวคลื่นในวิธีการของการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว

ในการคำนวณเชิงทฤษฎีจะหาค่าของความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นในแต่ละลิงค์และมาหาค่าเฉลี่ยซึ่งในการทดลองจะวิเคราะห์บนโครงข่ายที่มีจำนวนโนดทั้งหมด 6 โนด ดังนั้นลิงค์ที่ใช้งานสูงสุดจะมีทั้งหมด 5 ลิงค์ และน้อยสุด 1 ลิงค์ อัตราการเข้ามาของทราฟฟิกให้เป็นแบบ พัวส์ซอง (Poisson distribution) และอัตราการให้บริการเป็นแบบ เอ็กซโพแนนเชียล (Exponential distribution) มีวิธีการหาดังนี้

โดยที่ m = จำนวนความยาวคลื่น

a = จำนวนทราฟฟิกหน่วย erlang

$P_{b(a,m)}$ = ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก

$$P_{b6} = P_{b(a,m)} \tag{4.8}$$

$$P_{b7} = (P_{b(a,m)})^2 \tag{4.9}$$

$$P_{b8} = (P_{b(a,m)})^3 \tag{4.10}$$

$$P_{b9} = (P_{b(a,m)})^4 \tag{4.11}$$

$$P_{b10} = (P_{b(a,m)})^5 \tag{4.12}$$

$P_{b6} = P_{b(a,m)}$ จากสมการที่ (4.8) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 1 ลิงค์

$P_{b7} = (P_{b(a,m)})^2$ จากสมการที่ (4.9) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 2 ลิงค์ และ $P_{b(a,m)}$ คือ ความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ m ความยาวคลื่น และในลิงค์สองถัดมาคือ $(P_{b(a,m)})$ จากเงื่อนไขที่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ m ความยาวคลื่น โดยอาจเป็นความยาวคลื่นที่ไม่เหมือนกันกับลิงค์แรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$P_{b8} = (P_{b(a,m)})^3$ จากสมการที่ (4.10) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 3 ลิงค์ และ $P_{b(a,m)}$ คือ ความน่าจะเป็นใน

การบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ m ความยาวคลื่น และในลิงค์สองและสามถัดมาคือ $(P_{b(a,m)})^2$ จากเงื่อนไขที่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ m ความยาวคลื่น โดยอาจเป็นความยาวคลื่นที่ไม่เหมือนกันกับลิงค์แรก

$P_{b9} = (P_{b(a,m)})^4$ จากสมการที่ (4.11) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 4 ลิงค์ และ $P_{b(a,m)}$ คือ ความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ m ความยาวคลื่น และในลิงค์สอง,สาม และ สี่ถัดมาคือ $(P_{b(a,m)})^3$ จากเงื่อนไขที่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ m ความยาวคลื่น โดยอาจเป็นความยาวคลื่นที่ไม่เหมือนกันกับกันกับลิงค์แรก

$P_{b10} = (P_{b(a,m)})^5$ จากสมการที่ (4.12) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 5 ลิงค์ และ $P_{b(a,m)}$ คือ ความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ m ความยาวคลื่น และในลิงค์สอง,สาม,สี่ และห้า ถัดมาคือ $(P_{b(a,m)})^4$ จากเงื่อนไขที่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ m ความยาวคลื่น โดยอาจเป็นความยาวคลื่นที่ไม่เหมือนกันกับกันกับลิงค์แรก

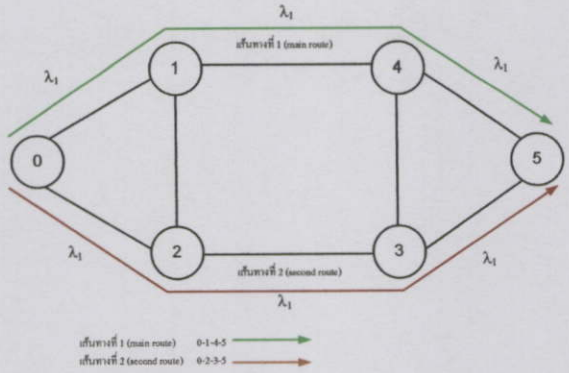
จากนั้นก็จะนำสมการที่ (4.8) ถึงสมการที่ (4.12) มาหาค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นเฉลี่ย ตามสมการที่ (4.13)

$$P_{short_con(a,m)} = \frac{P_{b6} + P_{b7} + P_{b8} + P_{b9} + P_{b10}}{5} \qquad (4.13)$$

4.2.3 แบบจำลองเชิงทฤษฎีระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง

สำหรับในวิธีการของการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทางการทำงานจะอ้างอิงตามรูปที่ 4.7 จะแสดงการส่งทราฟฟิกในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นจากโนดที่ 0 ไปยังโนดที่ 5 โดยประมาณจากจำนวน hop ที่ใช้งานที่มีค่าน้อยที่สุด เส้นทางหลักที่สั้นที่สุดที่ถูกวางคือ 0-1-4-5 ดังนั้นลิงค์ที่ใช้งานในการส่งผ่านทราฟฟิกจากต้นทางไปยังปลายทางจะมีอยู่ทั้งหมด 3 ลิงค์ และความยาวคลื่นที่ถูกจัดสรรในระหว่างลิงค์ 0-1 คือ λ_1 , ลิงค์ 1-4 คือ λ_1 และ ลิงค์ 4-5 คือ λ_1 และเส้นทางรองที่สั้นรองลงมาคือ 0-2-3-5 ดังนั้นลิงค์ที่ใช้งานในการส่งผ่านทราฟฟิกจากต้นทางไปยังปลายทางจะมีอยู่ทั้งหมด 3 ลิงค์ และความยาวคลื่นที่ถูกจัดสรรในระหว่างลิงค์ 0-2 คือ λ_1 , ลิงค์ 2-3 คือ λ_1 และ ลิงค์ 3-5 คือ λ_1

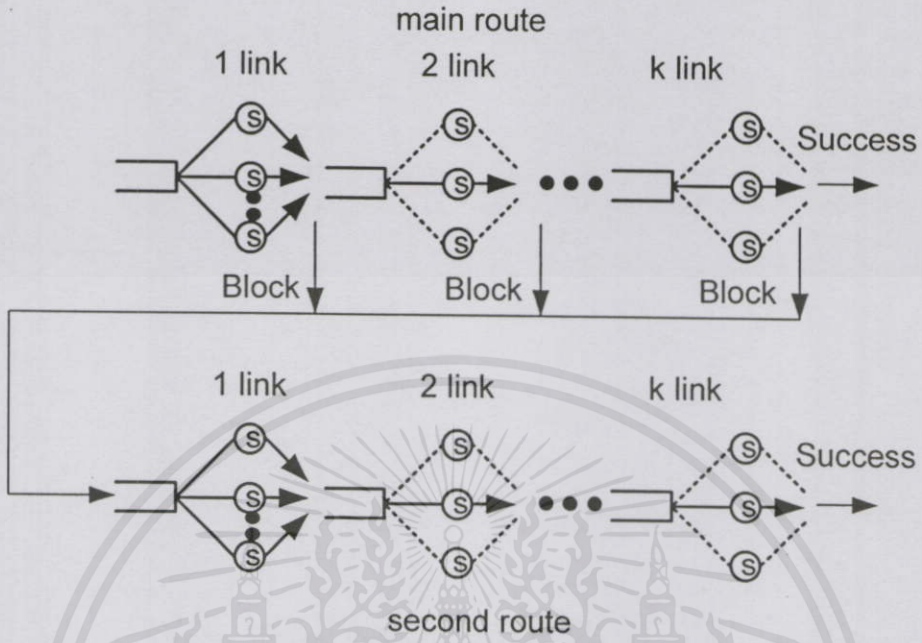
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา



รูปที่ 4.7 การส่งทราฟฟิกที่มีการวางเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลัก และเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง ในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น

จากรูปที่ 4.7 จากเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดจะมีลิงค์ที่ใช้งานทั้งหมดจะมีอยู่ 3 ลิงค์ คือ 0-1, 1-4 และ 4-5 ซึ่งในลิงค์แรกจะสมมุติว่ามีความยาวคลื่นที่ใช้งานอยู่ m ความยาวคลื่น และลิงค์ต่อมาไปจนถึงปลายทางจะมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นเพียง 1 `ความยาวคลื่น และในแต่ล่ะลิงค์จากต้นทางไปยังปลายทางมีการใช้ความยาวคลื่นเต็มแล้ว วิธีการนี้จะเปลี่ยนมาใช้เส้นทางรอง คือ 0-2-3-5 ดังนั้นแบบจำลองในเชิงทฤษฎีที่ได้อาศัยทฤษฎีของ Erlang Loss Systems มาใช้ในการวิเคราะห์โดยกำหนดให้จำนวนผู้ให้บริการจะเป็นตัวเดียวกันกับจำนวนความยาวคลื่น และการส่งผ่านทราฟฟิกจะสมมุติว่า มีแบบจำลองของระบบคิวอิงค์ที่เป็นเส้นทางหลักและเส้นทางรองต่อร่วมกันอยู่ ถ้าเส้นทางหลักในแต่ละลิงค์ไม่มีความยาวคลื่นใช้งานได้ ก็จะเปลี่ยนมาใช้เส้นทางรองที่หนึ่ง และเส้นทางรองที่หนึ่ง ไม่มีความยาวคลื่นใช้งานได้อีกจึงคิดว่ามีการบล็อกเกิดนั้นในระบบ เนื่องจากการทดลองจะทดลองบนโครงข่ายที่มี 6 โนดดังนั้น จึงมีจำนวนลิงค์หรือ hop สูงสุด 5 ลิงค์ และน้อยสุด 1 ลิงค์ ในการเลือกเส้นทางแต่ล่ะทราฟฟิกจะเป็นตัวกำหนดว่าทราฟฟิกนั้นจะใช้จำนวนลิงค์เท่าไรซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1ลิงค์ ถึง 5 ลิงค์ ตามรูปที่ 4.8 จะระบุว่าทราฟฟิกใดๆบนเส้นทางที่สั้นที่สุดหรือเส้นทางหลัก(main(first) route)มีลิงค์ใช้งานได้ระหว่าง 1 ลิงค์ ถึง k ลิงค์ โดยที่ k คือ จำนวนลิงค์หรือ hop ที่ต่อนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกโนดต้นทางและปลายทาง และเส้นทางหลักต่อขนานร่วมกับเส้นทางรองที่หนึ่ง (second route) มีลิงค์ใช้งานได้ระหว่าง 1 ลิงค์ ถึง k ลิงค์ โดยที่ k คือ จำนวนลิงค์หรือ hop ที่ต่อนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกโนดต้นทางและปลายทาง โดยเส้นทางรองที่หนึ่งอาจจะมีจำนวนลิงค์ใช้งานที่มากกว่าหรือเท่ากับเส้นทางหลัก และสมมุติว่ามีสองเส้นทางให้เลือกใช้จึงประมาณว่ามีจำนวนความยาวคลื่นเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าในแต่ละลิงค์ใช้งานนั้นจะมีสมการความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิกกำกับอยู่ ซึ่งเหตุการณ์ที่จะบล็อกทราฟฟิก(ไม่มีจำนวนความยาวคลื่นใช้งานในลิงค์) ที่ ลิงค์ 1 หรือ ลิงค์ k ใดๆแล้ว เป็นเหตุการณ์ที่อิสระต่อกัน

ดังนั้นจึงประมาณว่ามีความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก คูณร่วมกันอยู่เป็นจำนวน k สมการ ตามรูปที่ 4.8 ดังนี้



รูปที่ 4.8 แบบจำลองของ link จากต้นทางถึงปลายทางของระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นในวิธีการของการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง

ในการคำนวณเชิงทฤษฎีจะหาค่าของความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นในแต่ล่ะลิงค์ และมาหาค่าเฉลี่ยซึ่งในการทดลองจะวิเคราะห์บนโครงข่ายที่มีจำนวนโนดทั้งหมด 6 โนดดังนั้น ลิงค์ที่ใช้งานสูงสุดที่เป็นไปได้จะมีทั้งหมด 5 ลิงค์ และน้อยสุด 1 ลิงค์ อัตราการเข้ามาของทราฟฟิกให้เป็นแบบ ฟัวส์ซอง (Poisson distribution) และอัตราการให้บริการเป็นแบบ เอ็กซโพแนนเชียล (Exponential distribution) มีวิธีการหาดังนี้

โดยที่ m = จำนวนความยาวคลื่น

a = จำนวนทราฟฟิกหน่วย erlang

$P_{b(a,m)}$ = ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก

$$P_{b11} = P_{b(a,m\times 2)} \tag{4.14}$$

$$P_{b12} = P_{b(a,m\times 2)} \times (P_{b(a,2)}) \tag{4.15}$$

$$P_{b13} = P_{b(a,m\times 2)} \times (P_{b(a,2)})^2 \tag{4.16}$$

$$P_{b14} = P_{b(a,m\times 2)} \times (P_{b(a,2)})^3 \tag{4.17}$$

$$P_{b15} = P_{b(a,m\times 2)} \times (P_{b(a,2)})^4 \tag{4.18}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$P_{b11} = P_{b(a,m\times2)}$ จากสมการที่ (4.14) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 1 ลิงค์ และ $m\times2$ คือมีเส้นทางรองหนึ่งเส้นทางจึงสมมุติว่าค่าความยาวคลื่นจะเพิ่มขึ้นสองเท่า

$P_{b12} = P_{b(a,m\times2)} \times (P_{b(a,2)})$ จากสมการที่ (4.15) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 2 ลิงค์ และ $P_{b(a,m\times2)}$ คือความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times2$ ความยาวคลื่น และ $m\times2$ คือมีเส้นทางรองหนึ่งเส้นทางจึงสมมุติว่าค่าความยาวคลื่นจะเพิ่มขึ้นสองเท่า ในลิงค์สองถัดมาคือ $(P_{b(a,2)})$ จากเงื่อนไขที่ไม่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ 2 ความยาวคลื่น โดยต้องเป็นความยาวคลื่นเดียวกันกับลิงค์แรก

$P_{b13} = P_{b(a,m\times2)} \times (P_{b(a,2)})^2$ จากสมการที่ (4.16) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 3 ลิงค์ และ $P_{b(a,m\times2)}$ คือความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times2$ ความยาวคลื่น และ $m\times2$ คือมีเส้นทางรองหนึ่งเส้นทางจึงสมมุติว่าค่าความยาวคลื่นจะเพิ่มขึ้นสองเท่า ในลิงค์สองและสามถัดมาคือ $(P_{b(a,2)})^2$ จากเงื่อนไขที่ไม่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ 2 ความยาวคลื่น โดยต้องเป็นความยาวคลื่นเดียวกันกับลิงค์แรก

$P_{b14} = P_{b(a,m\times2)} \times (P_{b(a,2)})^3$ จากสมการที่ (4.17) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 4 ลิงค์ และ $P_{b(a,m\times2)}$ คือความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times2$ ความยาวคลื่น และ $m\times2$ คือมีเส้นทางรองหนึ่งเส้นทางจึงสมมุติว่าค่าความยาวคลื่นจะเพิ่มขึ้นสองเท่า ในลิงค์สอง,สาม และ สี่ถัดมาคือ $(P_{b(a,2)})^3$ จากเงื่อนไขที่ไม่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ 2 ความยาวคลื่น โดยต้องเป็นความยาวคลื่นเดียวกันกับลิงค์แรก

$P_{b15} = P_{b(a,m\times2)} \times (P_{b(a,2)})^4$ จากสมการที่ (4.18) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 5 ลิงค์ และ $P_{b(a,m\times2)}$ คือความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times2$ ความยาวคลื่น และ $m\times2$ คือมีเส้นทางรองหนึ่งเส้นทางจึงสมมุติว่าค่าความยาวคลื่นจะเพิ่มขึ้นสองเท่า และในลิงค์สอง,สาม,สี่ และห้า ถัดมาคือ $(P_{b(a,2)})^4$ จากเงื่อนไขที่ไม่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ 2 ความยาวคลื่น โดยต้องเป็นความยาวคลื่นเดียวกันกับลิงค์แรก

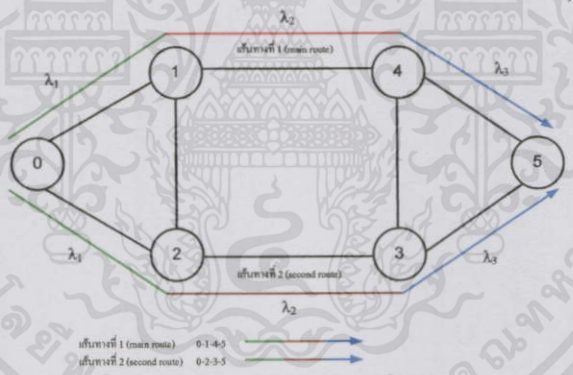
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นก็จะนำสมการที่ (4.14) ถึงสมการที่ (4.18) มาหาค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นเฉลี่ย ตามสมการที่ (4.19)

$$P_{second_nocon(a,m\times 2)} = \frac{P_{b11} + P_{b12} + P_{b13} + P_{b14} + P_{b15}}{5} \tag{4.19}$$

4.2.4 แบบจำลองเชิงทฤษฎีระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง

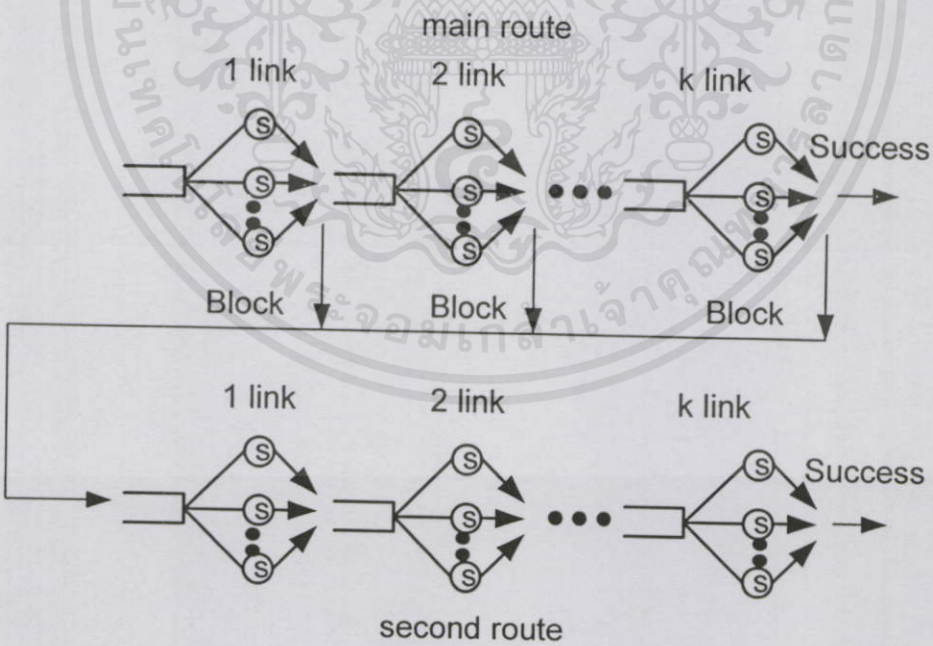
สำหรับในวิธีการของการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทางการทำงานจะอ้างอิงตามรูปที่ 4.9 จะแสดงการส่งทราฟฟิกในระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่นจากโนดที่ 0 ไปยังโนดที่ 5 โดยประมาณจากจำนวน hop ที่ใช้งานที่มีค่าน้อยที่สุด เส้นทางหลักที่สั้นที่สุดที่ถูกวางคือ 0-1-4-5 ดังนั้นลิงค์ที่ใช้งานในการส่งผ่านทราฟฟิกจากต้นทางไปยังปลายทางจะมีอยู่ทั้งหมด 3 ลิงค์ และความยาวคลื่นที่ถูกจัดสรรในระหว่างลิงค์ 0-1 คือ λ_1 , ลิงค์ 1-4 คือ λ_2 และ ลิงค์ 4-5 คือ λ_3 และเส้นทางรองที่สั้นรองลงมาคือ 0-2-3-5 ดังนั้นลิงค์ที่ใช้งานในการส่งผ่านทราฟฟิกจากต้นทางไปยังปลายทางจะมีอยู่ทั้งหมด 3 ลิงค์ และความยาวคลื่นที่ถูกจัดสรรในระหว่างลิงค์ 0-2 คือ λ_1 , ลิงค์ 2-3 คือ λ_2 และ ลิงค์ 3-5 คือ λ_3



รูปที่ 4.9 การส่งทราฟฟิกที่มีการวางเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลัก และเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง ในระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่น

จากรูปที่ 4.9 จากเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดจะมีลิงค์ที่ใช้งานทั้งหมดจะมีอยู่ 3 ลิงค์ คือ 0-1, 1-4 และ 4-5 ซึ่งในแต่ล่ะลิงค์จะสมมุติว่ามีความยาวคลื่นที่ใช้งานอยู่ m ความยาวคลื่น ในแต่ล่ะลิงค์จากต้นทางไปยังปลายทางมีการใช้ความยาวคลื่นเต็มแล้ว วิธีการนี้จะเปลี่ยนมาใช้เส้นทางรองคือ 0-2-3-5 ดังนั้นแบบจำลองในเชิงทฤษฎีที่ได้อาศัยทฤษฎีของ Erlang Loss Systems มาใช้ในการวิเคราะห์โดยกำหนดให้จำนวนผู้ให้บริการจะเป็นตัวเดียวกันกับจำนวนความยาวคลื่น และการส่งผ่านทราฟฟิกจะสมมุติว่า มีแบบจำลองของระบบคิวอิงค์ที่เป็นเส้นทางหลักและเส้นทางรองต่อ

ร่วมกันอยู่ ถ้าเส้นทางหลักในแต่ละลิงค์ไม่มีความยาวคลื่นใช้งานได้ ก็จะเปลี่ยนมาใช้เส้นทางรองที่หนึ่ง และเส้นทางรองที่หนึ่ง ไม่มีความยาวคลื่นใช้งานได้อีกจึงคิดว่ามีการบล็อกเกิดนั้นในระบบ เนื่องจากการทดลองจะทดลองบนโครงข่ายที่มี 6 โนดดังนั้น จึงมีจำนวนลิงค์หรือ hop สูงสุด 5 ลิงค์ และน้อยสุด 1 ลิงค์ ในการเลือกเส้นทางแต่ล่ะทราฟฟิกจะเป็นตัวกำหนดว่าทราฟฟิกนั้นจะใช้จำนวนลิงค์เท่าไรซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1ลิงค์ ถึง 5 ลิงค์ ตามรูปที่ 4.10 จะระบุว่าทราฟฟิกใดๆบนเส้นทางที่สั้นที่สุดหรือเส้นทางหลัก(main(first) route)มีลิงค์ใช้งานได้ระหว่าง 1 ลิงค์ ถึง k ลิงค์ โดยที่ k คือ จำนวนลิงค์หรือ hop ที่ต่อนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกโนดต้นทางและปลายทาง และเส้นทางหลักต่อขนานร่วมกับเส้นทางรองที่หนึ่ง (second route) มีลิงค์ใช้งานได้ระหว่าง 1 ลิงค์ ถึง k ลิงค์ โดยที่ k คือ จำนวนลิงค์หรือ hop ที่ต่อนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกโนดต้นทางและปลายทาง โดยเส้นทางรองที่หนึ่งอาจจะมีจำนวนลิงค์ใช้งานที่มากกว่าหรือเท่ากับเส้นทางหลัก และสมมุติว่ามีสองเส้นทางให้เลือกใช้จึงประมาณว่ามีจำนวนความยาวคลื่นเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าในแต่ละลิงค์ใช้งานนั้นจะมีสมการความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิกกำกับอยู่ ซึ่งเหตุการณ์ที่จะบล็อกทราฟฟิก(ไม่มีจำนวนความยาวคลื่นใช้งานในลิงค์) ที่ ลิงค์ 1 หรือ ลิงค์ k ใดๆแล้ว เป็นเหตุการณ์ที่อิสระต่อกัน ดังนั้นจึงประมาณว่ามีความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก คูณร่วมกันอยู่เป็นจำนวน k สมการ ตามรูปที่ 4.10 ดังนี้



รูปที่ 4.10 แบบจำลองของ link จากต้นทางถึงปลายทางของระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่นในวิธีการของการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการคำนวณเชิงทฤษฎีจะหาค่าของความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นในแต่ละลิงค์และมาหาค่าเฉลี่ยซึ่งในการทดลองจะวิเคราะห์บนโครงข่ายที่มีจำนวนโนดทั้งหมด 6 โนด ดังนั้นลิงค์ที่ใช้งานสูงสุดจะมีทั้งหมด 5 ลิงค์ อัตราการเข้ามาของทราฟฟิกให้เป็นแบบ พัวส์ซอง (Poisson distribution) และอัตราการให้บริการเป็นแบบ เอ็กซโพแนนเชียล (Exponential distribution) มีวิธีการหาดังนี้

โดยที่ m = จำนวนความยาวคลื่น

a = จำนวนทราฟฟิกหน่วย erlang

$P_{b(a,m)}$ = ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก

$$P_{b16} = P_{b(a,m\times 2)} \tag{4.20}$$

$$P_{b17} = (P_{b(a,m\times 2)})^2 \tag{4.21}$$

$$P_{b18} = (P_{b(a,m\times 2)})^3 \tag{4.22}$$

$$P_{b19} = (P_{b(a,m\times 2)})^4 \tag{4.23}$$

$$P_{b20} = (P_{b(a,m\times 2)})^5 \tag{4.24}$$

\

$P_{b16} = P_{b(a,m\times 2)}$ จากสมการที่ (4.20) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 1 ลิงค์

$P_{b17} = (P_{b(a,m\times 2)})^2$ จากสมการที่ (4.21) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 2 ลิงค์ และ $P_{b(a,m\times 2)}$ คือ ความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times 2$ ความยาวคลื่น และ $m\times 2$ คือมีเส้นทางรองหนึ่งเส้นทางจึงสมมุติว่าค่าความยาวคลื่นจะเพิ่มขึ้นสองเท่า และในลิงค์สองถัดมาคือ $(P_{b(a,m\times 2)})$ จากเงื่อนไขที่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times 2$ ความยาวคลื่น โดยอาจเป็นความยาวคลื่นที่ไม่เหมือนกันกับกันกับลิงค์แรก

$P_{b18} = (P_{b(a,m\times 2)})^3$ จากสมการที่ (4.22) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 3 ลิงค์ และ $P_{b(a,m)}$ คือ ความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times 2$ ความยาวคลื่น และ $m\times 2$ คือมีเส้นทางรองหนึ่งเส้นทางจึงสมมุติว่าค่าความยาวคลื่นจะเพิ่มขึ้นสองเท่า และในลิงค์สองและสามถัดมาคือ $(P_{b(a,m)})^2$ จากเงื่อนไขที่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times 2$ ความยาวคลื่น โดยอาจเป็นความยาวคลื่นที่ไม่เหมือนกันกับกันกับลิงค์แรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$P_{b19} = (P_{b(a,m\times2)})^4$ จากสมการที่ (4.23) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 4 ลิงค์ และ $P_{b(a,m)}$ คือ ความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times2$ ความยาวคลื่น และ $m\times2$ คือมีเส้นทางรองหนึ่งเส้นทางจึงสมมุติว่าค่าความยาวคลื่นจะเพิ่มขึ้นสองเท่า และในลิงค์สอง,สาม และ สี่ถัดมาคือ $(P_{b(a,m\times2)})^3$ จากเงื่อนไขที่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times2$ ความยาวคลื่นโดยอาจเป็นความยาวคลื่นที่ไม่เหมือนกันกับกันกับลิงค์แรก

$P_{b20} = (P_{b(a,m\times2)})^5$ จากสมการที่ (4.24) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 5 ลิงค์ และ $P_{b(a,m\times2)}$ คือ ความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times2$ คือมีเส้นทางรองหนึ่งเส้นทางจึงสมมุติว่าค่าความยาวคลื่นจะเพิ่มขึ้นสองเท่า และในลิงค์สอง,สาม,สี่ และห้า ถัดมาคือ $(P_{b(a,m\times2)})^4$ จากเงื่อนไขที่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times2$ ความยาวคลื่นโดยอาจเป็นความยาวคลื่นที่ไม่เหมือนกันกับกันกับลิงค์แรก

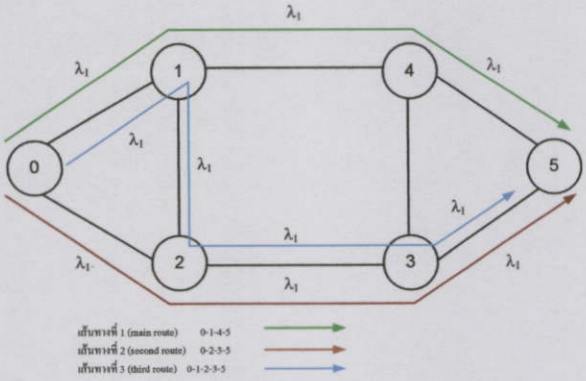
จากนั้นก็จะนำสมการที่ (4.20) ถึงสมการที่ (4.24) มาหาค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นเฉลี่ย ตามสมการที่ (4.25)

$$P_{second_con(a,m\times2)} = \frac{P_{b16} + P_{b17} + P_{b18} + P_{b19} + P_{b20}}{5} \qquad (4.25)$$

4.2.5 แบบจำลองเชิงทฤษฎีระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง

สำหรับในวิธีการของการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกสองเส้นทางการทำงานจะอ้างอิงตามรูปที่ 4.11 จะแสดงการส่งทราฟฟิกในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นจากโนดที่ 0 ไปยังโนดที่ 5 โดยประมาณจากจำนวน hop ที่ใช้งานที่มีค่าน้อยที่สุด เส้นทางหลักที่สั้นที่สุดที่ถูกวางคือ 0-1-4-5 ดังนั้นลิงค์ที่ใช้งานในการส่งผ่านทราฟฟิกจากต้นทางไปยังปลายทางจะมีอยู่ทั้งหมด 3 ลิงค์ และความยาวคลื่นที่ถูกจัดสรรในระหว่างลิงค์ 0-1 คือ λ_1 , ลิงค์ 1-4 คือ λ_1 และ ลิงค์ 4-5 คือ λ_1 และเส้นทางรองที่สั้นรองลงมาเส้นทางแรกคือ 0-2-3-5 ดังนั้นลิงค์ที่ใช้งานในการส่งผ่านทราฟฟิกจากต้นทางไปยังปลายทางจะมีอยู่ทั้งหมด 3 ลิงค์ และความยาวคลื่นที่ถูกจัดสรรในระหว่างลิงค์ 0-2 คือ λ_1 , ลิงค์ 2-3 คือ λ_1 และ ลิงค์ 3-5 คือ λ_1 และเส้นทางรองที่สั้นรองลงมาเส้นทางที่สองคือ 0-1-2-3-5 ดังนั้นลิงค์ที่ใช้งานในการส่งผ่านทราฟฟิกจากต้นทางไปยังปลายทางจะมีอยู่ทั้งหมด 4 ลิงค์ และความยาวคลื่นที่ถูกจัดสรรในระหว่างลิงค์ 0-1 คือ λ_1 , ลิงค์ 1-2 คือ λ_1 , ลิงค์ 2-3 คือ λ_1 และ ลิงค์ 3-5 คือ λ_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้ง

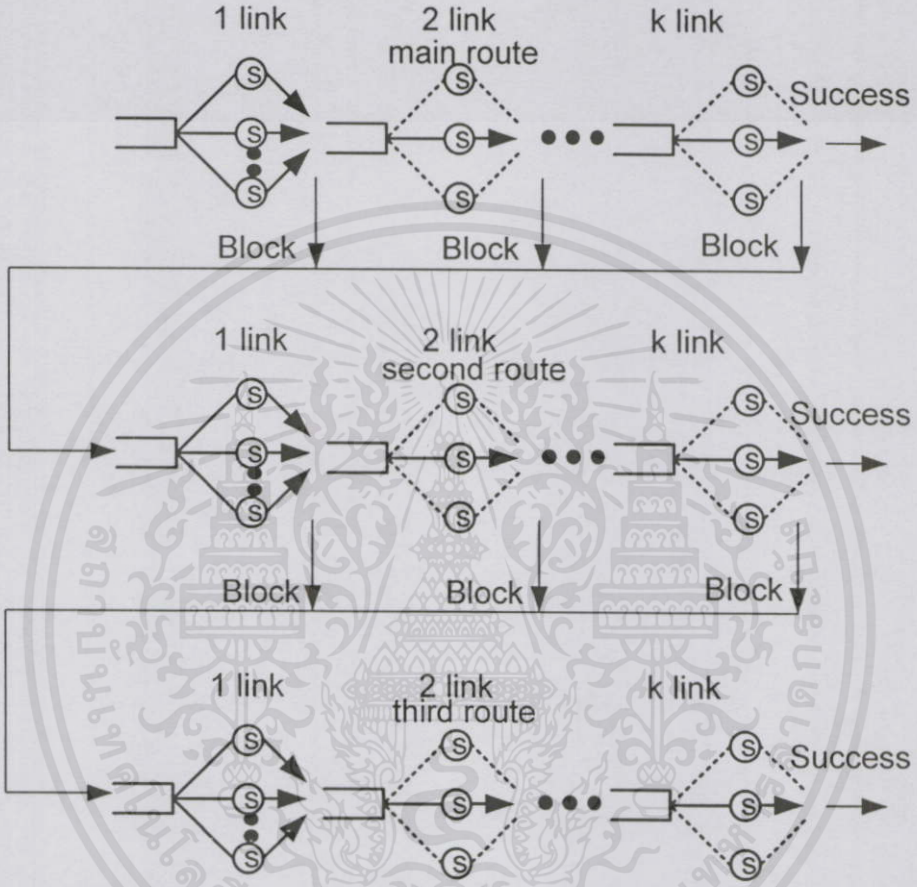


รูปที่ 4.11 การส่งทราฟฟิกที่มีการวางเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลัก และเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง ในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น

จากรูปที่ 4.11 จากเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดจะมีลิงค์ที่ใช้งานทั้งหมดจะมีอยู่ 3 ลิงค์ คือ 0-1, 1-4 และ 4-5 ซึ่งในลิงค์แรกจะสมมุติว่ามีความยาวคลื่นที่ใช้งานอยู่ m ความยาวคลื่น และลิงค์ต่อมาไปจนถึงปลายทางจะมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นเพียง 1 `ความยาวคลื่น และในแต่ละลิงค์จากต้นทางไปยังปลายทางมีการใช้ความยาวคลื่นเต็มแล้ว วิธีการนี้จะเปลี่ยนมาใช้เส้นทางรองที่หนึ่งคือ 0-2-3-5 และถ้าเส้นทางรองที่หนึ่งมีการใช้ความยาวคลื่นในแต่ละลิงค์เต็มแล้ว จะเปลี่ยนมาใช้เส้นทางรองที่สองคือ 0-1-2-3-5 ดังนั้นแบบจำลองในเชิงทฤษฎีที่ได้อาศัยทฤษฎีของ Erlang Loss Systems มาใช้ในการวิเคราะห์โดยกำหนดให้จำนวนผู้ให้บริการจะเป็นตัวเดียวกันกับจำนวนความยาวคลื่น และการส่งผ่านทราฟฟิกจะสมมุติว่า มีแบบจำลองของระบบคิวอิงค์ที่เป็นเส้นทางหลักและเส้นทางรองสองเส้นทางต่อร่วมกันอยู่ ถ้าเส้นทางหลักในแต่ละลิงค์ไม่มีความยาวคลื่นใช้งานได้ ก็จะเปลี่ยนมาใช้เส้นทางรองที่หนึ่ง และเส้นทางรองที่หนึ่ง ไม่มีความยาวคลื่นใช้งานได้อีกจึงเปลี่ยนมาใช้เส้นทางรองที่สอง และเส้นทางรองที่สอง ไม่มีความยาวคลื่นใช้งานได้อีกคิดว่ามีการบล็อกเกิดนั้นในระบบเนื่องจากการทดลองจะทดลองบนโครงข่ายที่มี 6 โนดดังนั้น จึงมีจำนวนลิงค์หรือ hop สูงสุด 5 ลิงค์ และน้อยสุด 1 ลิงค์ ในการเลือกเส้นทางแต่ล่ะทราฟฟิกจะเป็นตัวกำหนดว่าทราฟฟิกนั้นจะใช้จำนวนลิงค์เท่าไรซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1ลิงค์ ถึง 5 ลิงค์ ตามรูปที่ 4.12 จะระบุว่าทราฟฟิกใดๆบนเส้นทางที่สั้นที่สุดหรือเส้นทางหลัก(main(first) route)มีลิงค์ใช้งานได้ระหว่าง 1 ลิงค์ ถึง k ลิงค์ โดยที่ k คือ จำนวนลิงค์หรือ hop ที่ต่อนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกโนดต้นทางและปลายทาง และเส้นทางหลักต่อขนานร่วมกับเส้นทางรองที่หนึ่ง (second route) และเส้นทางรองที่สอง(third route) มีลิงค์ใช้งานได้ระหว่าง 1 ลิงค์ ถึง k ลิงค์ โดยที่ k คือ จำนวนลิงค์หรือ hop ที่ต่อนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกโนดต้นทางและปลายทาง โดยเส้นทางรองที่หนึ่งและสอง อาจจะมีจำนวนลิงค์ใช้งานที่มากกว่าเส้นทางหลัก และสมมุติว่ามีสามเส้นทางให้เลือกใช้จึงประมาณว่ามีจำนวนความยาวคลื่นเพิ่มขึ้นเป็นสามเท่า ในแต่ละลิงค์ใช้งานนั้นจะมีสมการความน่าจะเป็นในการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กั้นทราฟฟิกกำกับอยู่ ซึ่งเหตุการณ์ที่จะบล็อกทราฟฟิก(ไม่มีจำนวนความยาวคลื่นใช้งานในลิงค์) ที่ลิงค์ 1 หรือ ลิงค์ k ใดๆแล้ว เป็นเหตุการณ์ที่อิสระต่อกันดังนั้นจึงประมาณว่ามีความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก คูณร่วมกันอยู่เป็นจำนวน k สมการตามรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 แบบจำลองของ link จากต้นทางถึงปลายทางของระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นในวิธีการของการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง

ในการคำนวณเชิงทฤษฎีจะหาค่าของความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นในแต่ละลิงค์และมาหาค่าเฉลี่ยซึ่งในการทดลองจะวิเคราะห์บนโครงข่ายที่มีจำนวนโนดทั้งหมด 6 โนด ดังนั้นลิงค์ที่ใช้งานสูงสุดจะมีทั้งหมด 5 ลิงค์ อัตราการเข้ามาของทราฟฟิกให้เป็นแบบ ฟัวส์ซอง (Poisson distribution) และอัตราการให้บริการเป็นแบบ เอ็กซโพแนนเชียล (Exponential distribution) มีวิธีการหาดังนี้

โดยที่ m = จำนวนความยาวคลื่น

a = จำนวนทราฟฟิกหน่วย erlang

$P_{b(a,m)}$ = ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก

$$P_{b21} = P_{b(a,m\times 3)} \tag{4.26}$$

$$P_{b22} = P_{b(a,m\times 3)} \times (P_{b(a,3)}) \tag{4.27}$$

$$P_{b23} = P_{b(a,m\times 3)} \times (P_{b(a,3)})^2 \tag{4.28}$$

$$P_{b24} = P_{b(a,m\times 3)} \times (P_{b(a,3)})^3 \tag{4.29}$$

$$P_{b25} = P_{b(a,m\times 3)} \times (P_{b(a,3)})^4 \tag{4.30}$$

$P_{b21} = P_{b(a,m\times 3)}$ จากสมการที่ (4.26) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 1 ลิงค์ และ $m\times 3$ คือมีเส้นทางรองเพิ่มขึ้นสองเส้นทางจึงสมมุติว่าค่าความยาวคลื่นจะเพิ่มขึ้นสามเท่า

$P_{b22} = P_{b(a,m\times 3)} \times (P_{b(a,3)})$ จากสมการที่ (4.27) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 2 ลิงค์ แ ละ $P_{b(a,m\times 3)}$ คือความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times 3$ ความยาวคลื่น และ $m\times 3$ คือมีเส้นทางรองเพิ่มขึ้นสองเส้นทางจึงสมมุติว่าค่าความยาวคลื่นจะเพิ่มขึ้นสามเท่า ในลิงค์สองถัดมาคือ $(P_{b(a,3)})$ จากเงื่อนไขที่ไม่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ 3 ความยาวคลื่น โดยต้องเป็นความยาวคลื่นเดียวกันกับลิงค์แรก

$P_{b23} = P_{b(a,m\times 3)} \times (P_{b(a,3)})^2$ จากสมการที่ (4.28) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 3 ลิงค์ แ ละ $P_{b(a,m\times 3)}$ คือความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times 3$ ความยาวคลื่น และ $m\times 3$ คือมีเส้นทางรองเพิ่มขึ้นสองเส้นทางจึงสมมุติว่าค่าความยาวคลื่นจะเพิ่มขึ้นสามเท่า ในลิงค์สองและสามถัดมาคือ $(P_{b(a,3)})^2$ จากเงื่อนไขที่ไม่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ 3 ความยาวคลื่น โดยต้องเป็นความยาวคลื่นเดียวกันกับลิงค์แรก

$P_{b24} = P_{b(a,m\times 3)} \times (P_{b(a,3)})^3$ จากสมการที่ (4.29) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 4 ลิงค์ และ $P_{b(a,m\times 3)}$ คือความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times 3$ ความยาวคลื่น และ $m\times 3$ คือมีเส้นทางรองเพิ่มขึ้นสองเส้นทางจึงสมมุติว่าค่าความยาวคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเพิ่มขึ้นสามเท่า ในลิงค์สอง,สาม และ สี่ถัดมาคือ $(P_{b(a,3)})^3$ จากเงื่อนไขที่ไม่แปลงความยาวคลื่น จึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ 3 ความยาวคลื่น โดยต้องเป็นความยาวคลื่นเดียวกันกับลิงค์แรก

$P_{b25} = P_{b(a,m\times3)} \times (P_{b(a,3)})^4$ จากสมการที่ (4.30) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 5 ลิงค์ และ $P_{b(a,m\times2)}$ คือ ความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times3$ ความยาวคลื่น และ $m\times3$ คือมีเส้นทางรองเพิ่มขึ้นสองเส้นทางจึงสมมุติว่าค่าความยาวคลื่นจะเพิ่มขึ้นสามเท่า ในลิงค์สอง,สาม,สี่ และห้า ถัดมาคือ $(P_{b(a,3)})^4$ จากเงื่อนไขที่ไม่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ 3 ความยาวคลื่น โดยต้องเป็นความยาวคลื่นเดียวกันกับลิงค์แรก

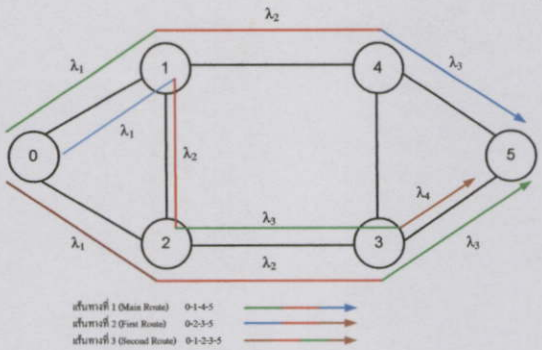
จากนั้นก็จะนำสมการที่ (4.26) ถึงสมการที่ (4.30) มาหาค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นเฉลี่ย ตามสมการที่ (4.31)

$$P_{third_nocon_{(a,m\times3)}} = \frac{P_{b21} + P_{b22} + P_{b23} + P_{b24} + P_{b25}}{5} \qquad (4.31)$$

4.2.6 แบบจำลองเชิงทฤษฎีระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง

สำหรับในวิธีการของการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกสองเส้นทางการทำงานจะอ้างอิงตามรูปที่ 4.13 จะแสดงการส่งทราฟฟิกในระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่นจากโนดที่ 0 ไปยังโนดที่ 5 โดยประมาณจากจำนวน hop ที่ใช้งานที่มีค่าน้อยที่สุด เส้นทางหลักที่สั้นที่สุดที่ถูกวางคือ 0-1-4-5 ดังนั้นลิงค์ที่ใช้งานในการส่งผ่านทราฟฟิกจากต้นทางไปยังปลายทางจะมีอยู่ทั้งหมด 3 ลิงค์ และความยาวคลื่นที่ถูกจัดสรรในระหว่างลิงค์ 0-1 คือ λ_1 , ลิงค์ 1-4 คือ λ_2 และ ลิงค์ 4-5 คือ λ_3 และเส้นทางรองที่สั้นรองลงมาเส้นทางแรกคือ 0-2-3-5 ดังนั้นลิงค์ที่ใช้งานในการส่งผ่านทราฟฟิกจากต้นทางไปยังปลายทางจะมีอยู่ทั้งหมด 3 ลิงค์ และความยาวคลื่นที่ถูกจัดสรรในระหว่างลิงค์ 0-2 คือ λ_1 , ลิงค์ 2-3 คือ λ_2 และ ลิงค์ 3-5 คือ λ_3 และเส้นทางรองที่สั้นรองลงมาเส้นทางที่สองคือ 0-1-2-3-5 ดังนั้นลิงค์ที่ใช้งานในการส่งผ่านทราฟฟิกจากต้นทางไปยังปลายทางจะมีอยู่ทั้งหมด 4 ลิงค์ และความยาวคลื่นที่ถูกจัดสรรในระหว่างลิงค์ 0-1 คือ λ_1 , ลิงค์ 1-2 คือ λ_2 , ลิงค์ 2-3 คือ λ_3 และ ลิงค์ 3-5 คือ λ_4

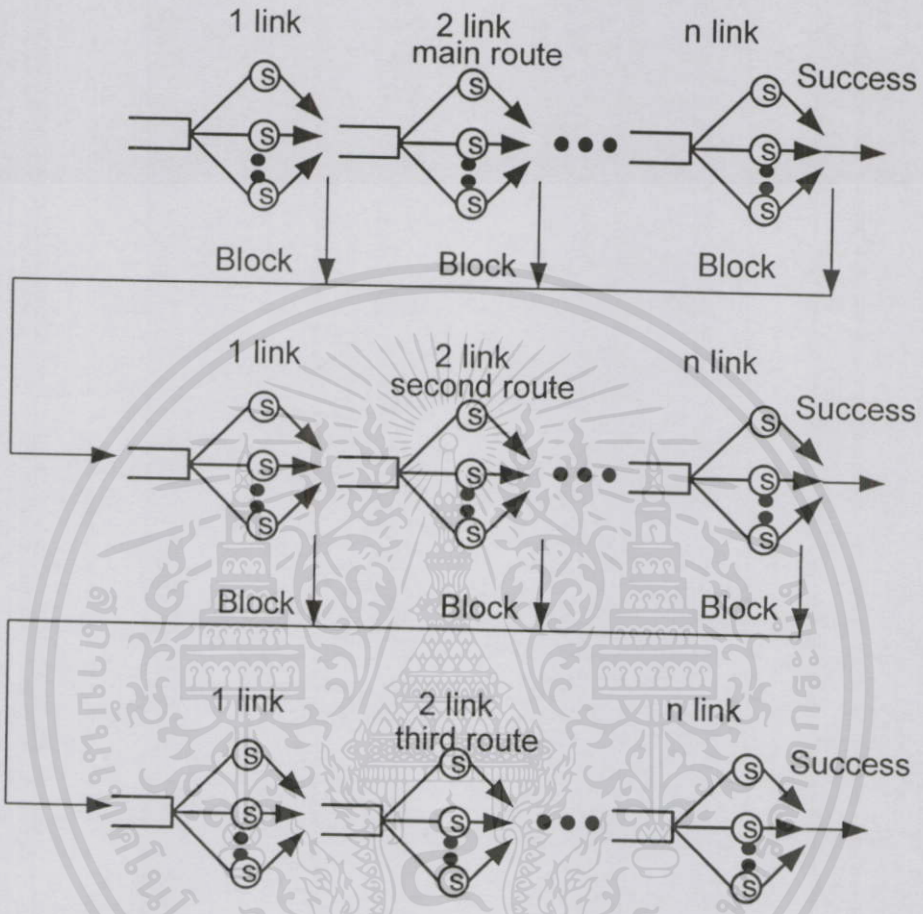
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 การส่งทราฟฟิกที่มีการวางเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลัก และเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง ในระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่น

จากรูปที่ 4.13 จากเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดจะมีลิงค์ที่ใช้งานทั้งหมดจะมีอยู่ 3 ลิงค์ คือ 0-1, 1-4 และ 4-5 ซึ่งในแต่ล่ะลิงค์จะสมมุติว่ามีความยาวคลื่นที่ใช้งานอยู่ m ความยาว และในแต่ล่ะลิงค์จากต้นทางไปยังปลายทางมีการใช้ความยาวคลื่นเต็มแล้ว วิธีการนี้จะเปลี่ยนมาใช้เส้นทางรองที่หนึ่งคือ 0-2-3-5 และถ้าเส้นทางรองที่หนึ่งมีการใช้ความยาวคลื่นในแต่ล่ะลิงค์เต็มแล้ว จะเปลี่ยนมาใช้เส้นทางรองที่สองคือ 0-1-2-3-5 ดังนั้นแบบจำลองในเชิงทฤษฎีที่ได้อาศัยทฤษฎีของ Erlang Loss Systems มาใช้ในการวิเคราะห์โดยกำหนดให้จำนวนผู้ให้บริการจะเป็นตัวเดียวกันกับจำนวนความยาวคลื่น และการส่งผ่านทราฟฟิกจะสมมุติว่า มีแบบจำลองของระบบคิวอิงค์ที่เป็นเส้นทางหลักและเส้นทางรองต่อร่วมกันอยู่ ถ้าเส้นทางหลักในแต่ละลิงค์ไม่มีความยาวคลื่นใช้งานได้ ก็จะเปลี่ยนมาใช้เส้นทางรองที่หนึ่ง และเส้นทางรองที่หนึ่ง ไม่มีความยาวคลื่นใช้งานได้อีกจึงเปลี่ยนมาใช้เส้นทางรองที่สอง และเส้นทางรองที่สอง ไม่มีความยาวคลื่นใช้งานได้อีกคิดว่ามีการบล็อกเกิดขึ้นในระบบเนื่องจากการทดลองจะทดลองบนโครงข่ายที่มี 6 โนดดังนั้น จึงมีจำนวนลิงค์หรือ hop สูงสุด 5 ลิงค์ และน้อยสุด 1 ลิงค์ ในการเลือกเส้นทางแต่ล่ะทราฟฟิกจะเป็นตัวกำหนดว่าทราฟฟิกนั้นจะใช้จำนวนลิงค์เท่าไรซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1ลิงค์ ถึง 5 ลิงค์ ตามรูปที่ 4.14 จะระบุว่าทราฟฟิกใดๆบนเส้นทางที่สั้นที่สุดหรือเส้นทางหลัก(main(first) route)มีลิงค์ใช้งานได้ระหว่าง 1 ลิงค์ ถึง k ลิงค์ โดยที่ k คือ จำนวนลิงค์หรือ hop ที่ต่อนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกโนดต้นทางและปลายทาง และเส้นทางหลักต่อขนานร่วมกับเส้นทางรองที่หนึ่ง (second route) และเส้นทางรองที่สอง(third route) มีลิงค์ใช้งานได้ระหว่าง 1 ลิงค์ ถึง k ลิงค์ โดยที่ k คือ จำนวนลิงค์หรือ hop ที่ต่อนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกโนดต้นทางและปลายทาง โดยเส้นทางรองที่หนึ่งและสอง อาจจะมีจำนวนลิงค์ใช้งานที่มากกว่าเส้นทางหลัก และสมมุติว่ามีสามเส้นทางให้เลือกใช้จึงประมาณว่ามีจำนวนความยาวคลื่นเพิ่มขึ้นเป็นสามเท่า ในแต่ละลิงค์ใช้งานนั้นจะมีสมการความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก

กำกับอยู่ ซึ่งเหตุการณ์ที่จะบล็อกทราฟฟิก(ไม่มีจำนวนความยาวคลื่นใช้งานในลิงค์) ที่ ลิงค์ 1 หรือ ลิงค์ k ใดๆแล้ว เป็นเหตุการณ์ที่อิสระต่อกันดังนั้นจึงประมาณว่ามีความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก คูณร่วมกันอยู่เป็นจำนวน k สมการ ตามรูปที่ 4.14 ดังนี้



รูปที่ 4.14 แบบจำลองของ link จากต้นทางถึงปลายทางของระบบที่แปลงความยาวคลื่นในวิธีการของการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง

ในการคำนวณเชิงทฤษฎีจะหาค่าของความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นในแต่ล่ะลิงค์ และมาหาค่าเฉลี่ยซึ่งในการทดลองจะวิเคราะห์บนโครงข่ายที่มีจำนวนโนดทั้งหมด 6 โนด ดังนั้นลิงค์ที่ใช้งานสูงสุดจะมีทั้งหมด 5 ลิงค์ อัตราการเข้ามาของทราฟฟิกให้เป็นแบบ พัวส์ซอง (Poisson distribution) และอัตราการให้บริการเป็นแบบ เอ็กซโพแนนเชียล (Exponential distribution) มีวิธีการหาดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ m = จำนวนความยาวคลื่น

a = จำนวนทราฟฟิกหน่วย erlang

$P_{b(a,m)}$ = ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก

มีวิธีการหาดังนี้

$$P_{b26} = P_{b(a,m\times3)} \tag{4.32}$$

$$P_{b27} = (P_{b(a,m\times3)})^2 \tag{4.33}$$

$$P_{b28} = (P_{b(a,m\times3)})^3 \tag{4.34}$$

$$P_{b29} = (P_{b(a,m\times3)})^4 \tag{4.35}$$

$$P_{b30} = (P_{b(a,m\times3)})^5 \tag{4.36}$$

$P_{b26} = P_{b(a,m\times3)}$ จากสมการที่ (4.32) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 1 ลิงค์

$P_{b27} = (P_{b(a,m\times3)})^2$ จากสมการที่ (4.33) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 2 ลิงค์ และ $P_{b(a,m\times3)}$ คือ ความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times3$ ความยาวคลื่น และ $m\times3$ คือมีเส้นทางรองเพิ่มขึ้นสองเส้นทางจึงสมมุติว่าค่าความยาวคลื่นจะเพิ่มขึ้นสามเท่าและในลิงค์สองถัดมาคือ $P_{b(a,m\times3)}$ จากเงื่อนไขที่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times3$ ความยาวคลื่น โดยอาจเป็นความยาวคลื่นที่ไม่เหมือนกันกับกันกับลิงค์แรก

$P_{b28} = (P_{b(a,m\times3)})^3$ จากสมการที่ (4.34) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 3 ลิงค์ และ $P_{b(a,m)}$ คือ ความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times3$ ความยาวคลื่น และ $m\times3$ คือมีเส้นทางรองเพิ่มขึ้นสองเส้นทางจึงสมมุติว่าค่าความยาวคลื่นจะเพิ่มขึ้นสามเท่าและในลิงค์สองและสามถัดมาคือ $(P_{b(a,m\times3)})^2$ จากเงื่อนไขที่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times3$ ความยาวคลื่น โดยอาจเป็นความยาวคลื่นที่ไม่เหมือนกันกับกันกับลิงค์แรก

$P_{b29} = (P_{b(a,m\times3)})^4$ จากสมการที่ (4.35) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 4 ลิงค์ และ $P_{b(a,m)}$ คือ ความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times3$ ความยาวคลื่น และ $m\times3$ คือมีเส้นทางรองเพิ่มขึ้นสองเส้นทางจึงสมมุติว่าค่าความยาวคลื่นจะเพิ่มขึ้นสามเท่าและ

ในลิงค์สอง,สาม และ สี่ถัดมาคือ $(P_{b(a,m\times3)})^3$ จากเงื่อนไขที่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times3$ความยาวคลื่น โดยอาจเป็นความยาวคลื่นที่ไม่เหมือนกันกับกันกับลิงค์แรก

$P_{b30}=(P_{b(a,m\times3)})^5$ จากสมการที่ (4.36) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิก เมื่อมีการใช้ลิงค์หรือ hop จากต้นทางไปถึงปลายทาง เท่ากับ 5 ลิงค์ และ $P_{b(a,m\times2)}$ คือ ความน่าจะเป็นในการบล็อก ในลิงค์แรก ที่มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times3$ความยาวคลื่น และ $m\times3$ คือมีเส้นทางรองเพิ่มขึ้นสองเส้นทางจึงสมมุติว่าค่าความยาวคลื่นจะเพิ่มขึ้นสามเท่า และในลิงค์สอง,สาม,สี่ และห้า ถัดมาคือ $(P_{b(a,m\times3)})^4$ จากเงื่อนไขที่แปลงความยาวคลื่นจึงมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้เท่ากับ $m\times3$ความยาวคลื่น โดยอาจเป็นความยาวคลื่นที่ไม่เหมือนกันกับกันกับลิงค์แรก

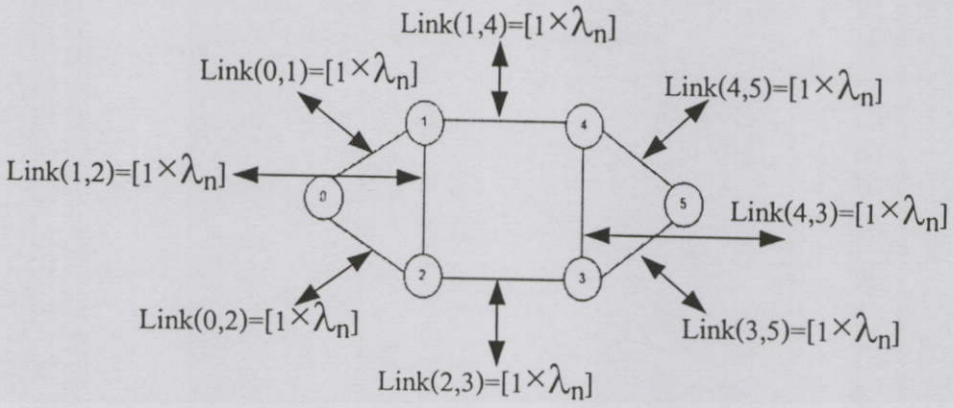
จากนั้นก็จะนำสมการที่ (4.32) ถึงสมการที่ (4.36) มาหาค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นเฉลี่ย ตามสมการที่ (4.37)

$$P_{third_con(a,m\times3)}=\frac{P_{b26}+P_{b27}+P_{b28}+P_{b29}+P_{b30}}{5} \qquad (4.37)$$

4.3 แบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง

สำหรับแบบจำลองเชิงเลียนแบบของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมช ในระบบที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยกำหนดให้ อัตราการเข้ามาของทราฟฟิกเป็นแบบพัวส์ซอง (Passion arrival) และอัตราการให้บริการของทราฟฟิกเป็นแบบเอ็กโพแนนเชียล (Exponential) ทดลองเฉลี่ย100รอบ ซึ่งจะนำค่าของจำนวนการบล็อกในแต่ล่ะรอบมาหารจำนวนทราฟฟิกสูงสุด และนำมาหาค่าเฉลี่ยโดยจำลองการทำงานบนโครงข่ายที่มี 6 โนด และ 8 ลิงค์สมมุติให้โนดมีการส่งข้อมูลแบบสองทิศทาง ดังแสดงในรูปที่ 4.15 โดยในแต่ละ ลิงค์ จะมีความยาวคลื่น(λ)จำลองในรูปแบบของเมตริกซ์ที่มีขนาด($1\times\lambda_n$) เมื่อ λ_n คือ จำนวนความยาวคลื่นสูงสุด โดยที่ตัวเลข “1” ในเมตริกซ์จะแสดงความยาวคลื่นที่ว่าง และตัวเลข “0” จะแสดงความยาวคลื่นที่ใช้งาน การทดสอบจะจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Matlab ในระบบที่มีการแปลงและไม่มีการแปลงความยาวคลื่นเปรียบเทียบผลการทดสอบใน3วิธีการ คือวิธีการของการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง (โดยจะประมาณจากจำนวน hop หรือ ลิงค์ที่ใช้งานน้อยสุด), วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองที่สั้นรองลงมาอีกหนึ่งเส้นทาง และวิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองที่สั้นรองลงมาอีกสองเส้นทาง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 โครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมช ที่มี 6 โนด 8 ลิงค์

4.3.1 แบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง

สำหรับแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง ได้จำลองการทำงานของระบบบนโปรแกรม Matlab บนเงื่อนไขของระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น ตามขั้นตอนการทำงานดังนี้

1.) รับจำนวนทราฟฟิกที่เพิ่มขึ้นจาก 1 ถึง จำนวนทราฟฟิกสูงสุด (num_traffic=500)

2.) เลือก โนด ต้นทางถึงปลายทางพร้อมกับวางเส้นทางเดินแสงอัตราการเข้ามาของทราฟฟิกจะประมาณโดยใช้คำสั่ง poissrnd ในโปรแกรม matlab เพื่อเลือกโนด ต้นทางและปลายทาง

3.) จัดสรรความยาวคลื่น โดยลิงค์แรกมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้จนถึงจำนวนความยาวคลื่นสูงสุด และลิงค์ถัดมาจนถึงลิงค์สุดท้าย จะต้องมีความยาวคลื่นเดียวเหมือนกันตลอดการเชื่อมโยง

- ถ้าความยาวคลื่นเต็ม: ไม่สามารถส่งทราฟฟิกได้ ไปยังขั้นตอนที่ 4
- ถ้าความยาวคลื่นว่าง: สามารถส่งทราฟฟิกได้ ไปยังขั้นตอนที่ 5

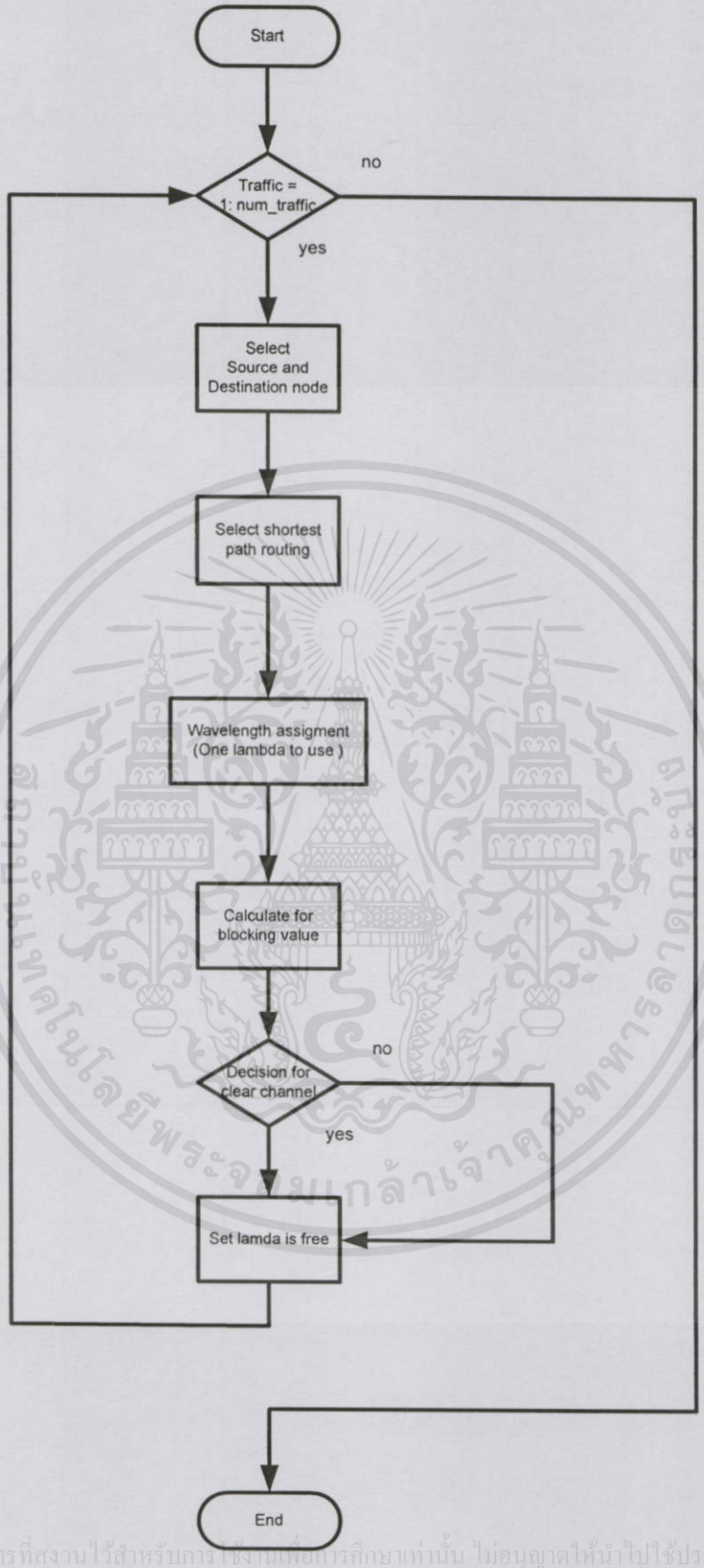
4.) คำนวณความน่าจะเป็นในการสกัดกั้น โดยนับจากจำนวน ทราฟฟิกที่ถูกบล็อกและนำมาหารกับ จำนวนทราฟฟิกสูงสุด

5.) ตัดสินใจในการ เลือก ความยาวคลื่นให้ว่าง โดยการสุ่มตัวเลขในโปรแกรม มา 1 ค่ามีค่าตั้งแต่ 0-1 โดยใช้คำสั่ง exprnd ในโปรแกรม matlab แล้วทำการเปรียบเทียบ กับค่าตัวเลขที่ใช้ตัดสินคือ 0.5 โดยที่ตั้งเงื่อนไขไว้ว่าถ้ามากกว่า 0.5 จะทำการออกจากระบบ ทำให้ความ

ยาวคลื่นว่าง หรือ ถ้าน้อยกว่า 0.5 จะไม่ออกจากระบบ ทำให้มีความยาวคลื่นใช้งานอยู่ และทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 1 จนครบจำนวนทราฟฟิกสูงสุด ซึ่งโปรแกรมจะเขียนเป็น Discrete Event Simulation ซึ่งเป็นการจำลองแบบที่กำหนดด้วยเหตุการณ์ ในการประมาณเวลาการใช้ช่องสัญญาณของแต่ละเส้นทาง

จากขั้นตอนการทำงานข้างต้นสามารถเขียน flow chart ได้ตามรูปที่ 4.16 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.16 flow chart ตามขั้นตอนการทำงานของวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง ในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น

4.3.2 แบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง

สำหรับแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง ได้จำลองการทำงานของระบบบนโปรแกรม Matlab บนเงื่อนไขของระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่น ตามขั้นตอนการทำงานดังนี้

1.) รับจำนวนทราฟฟิกที่เพิ่มขึ้นจาก 1 ถึง จำนวนทราฟฟิกสูงสุด (num_traffic=500)

2.) เลือก โนด ต้นทางถึงปลายทางพร้อมกับวางเส้นทางเดินแสงอัตราการเข้ามาของทราฟฟิกจะประมาณโดยใช้คำสั่ง poissrnd ในโปรแกรม matlab เพื่อเลือกโนด ต้นทางและปลายทาง

3.) จัดสรรความยาวคลื่น โดยลิงค์แรกและลิงค์ถัดมาจนถึงลิงค์สุดท้าย มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้จนถึงจำนวนความยาวคลื่นสูงสุด ตลอดการเชื่อมโยง

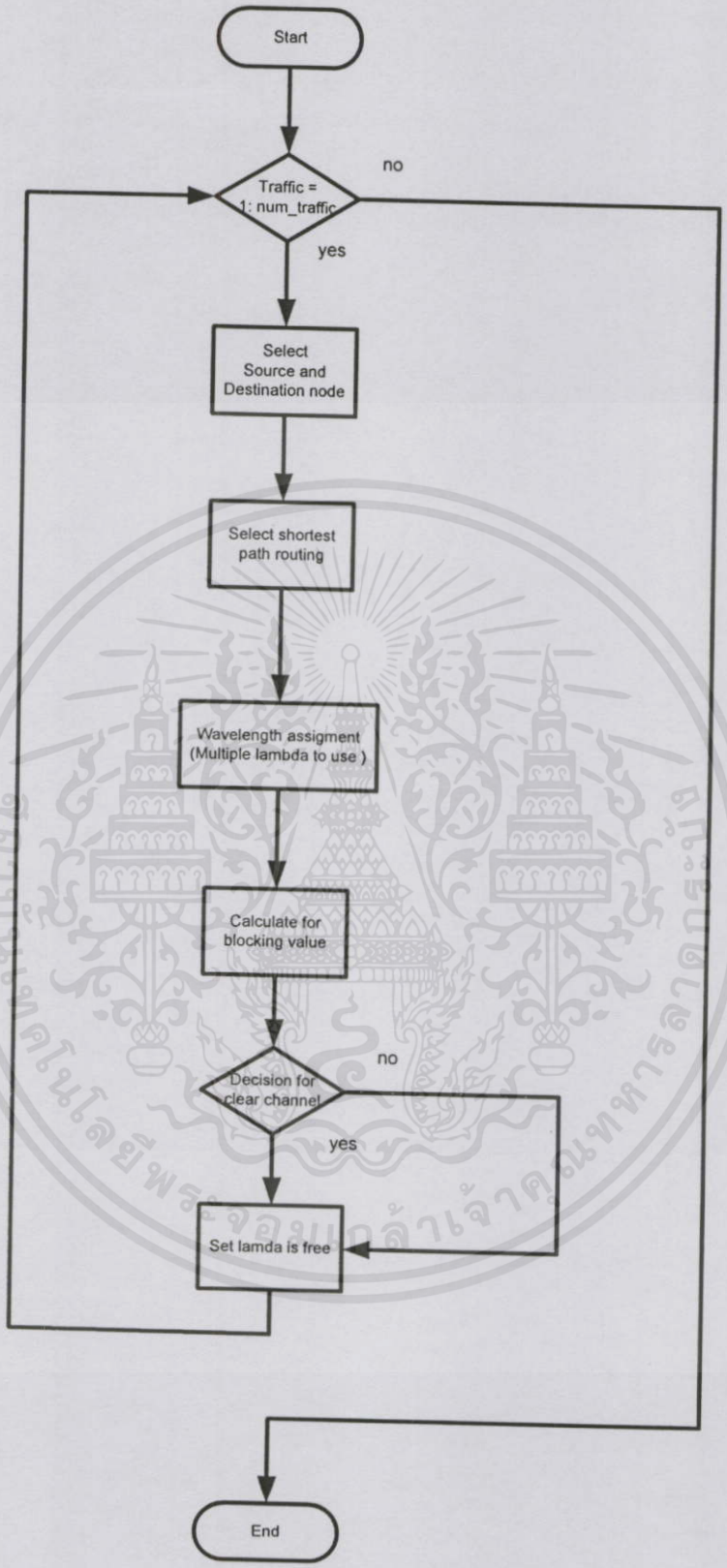
- ถ้าความยาวคลื่นเต็ม: ไม่สามารถส่งทราฟฟิกได้ ไปยังขั้นตอนที่ 4
- ถ้าความยาวคลื่นว่าง: สามารถส่งทราฟฟิกได้ ไปยังขั้นตอนที่ 5

4.) คำนวณความน่าจะเป็นในการสกัดกั้น โดยนับจากจำนวน ทราฟฟิกที่ถูกบล็อกและนำมาหารกับ จำนวนทราฟฟิกสูงสุด

5.) ตัดสินใจในการ เลือก ความยาวคลื่นให้ว่าง โดยการสุ่มตัวเลขในโปรแกรม มา 1 ค่ามีค่าตั้งแต่ 0-1 โดยใช้คำสั่ง exprnd ในโปรแกรม matlab แล้วทำการเปรียบเทียบ กับค่าตัวเลขที่ใช้ตัดสินคือ 0.5 โดยที่ตั้งเงื่อนไขไว้ว่าถ้ามากกว่า 0.5 จะทำการออกจากระบบ ทำให้ความยาวคลื่นว่าง หรือ ถ้าน้อยกว่า 0.5 จะไม่ออกจากระบบ ทำให้มีความยาวคลื่นใช้งานอยู่ และทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 1 จนครบจำนวนทราฟฟิกสูงสุด ซึ่งโปรแกรมจะเขียนเป็น Discrete Event Simulation ซึ่งเป็นการจำลองแบบที่กำหนดด้วยเหตุการณ์ ในการประมาณเวลาการใช้ช่องสัญญาณของแต่ละเส้นทาง

จากขั้นตอนการทำงานข้างต้นสามารถเขียน flow chart ได้ตามรูปที่ 4.17 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.17 flow chart ตามขั้นตอนการทำงานของวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง ในระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่น

4.3.3 แบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง

สำหรับแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง ได้จำลองการทำงานของระบบบนโปรแกรม Matlab บนเงื่อนไขของระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น ตามขั้นตอนการทำงานดังนี้

1.) รับจำนวนทราฟฟิกที่เพิ่มขึ้นจาก 1 ถึง จำนวนทราฟฟิกสูงสุด (num_traffic=500)

2.) เลือก โนด ต้นทางถึงปลายทางพร้อมกับวางเส้นทางเดินแสงอัตราการเข้ามาของทราฟฟิกจะประมาณโดยใช้คำสั่ง poissrnd ในโปรแกรม matlab เพื่อเลือกโนด ต้นทางและปลายทาง

3.) จัดสรรความยาวคลื่น โดยลิงค์แรกมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้จนถึงจำนวนความยาวคลื่นสูงสุด และลิงค์ถัดมาจนถึงลิงค์สุดท้าย จะต้องมีความยาวคลื่นเดียวเหมือนกันตลอดการเชื่อมโยง

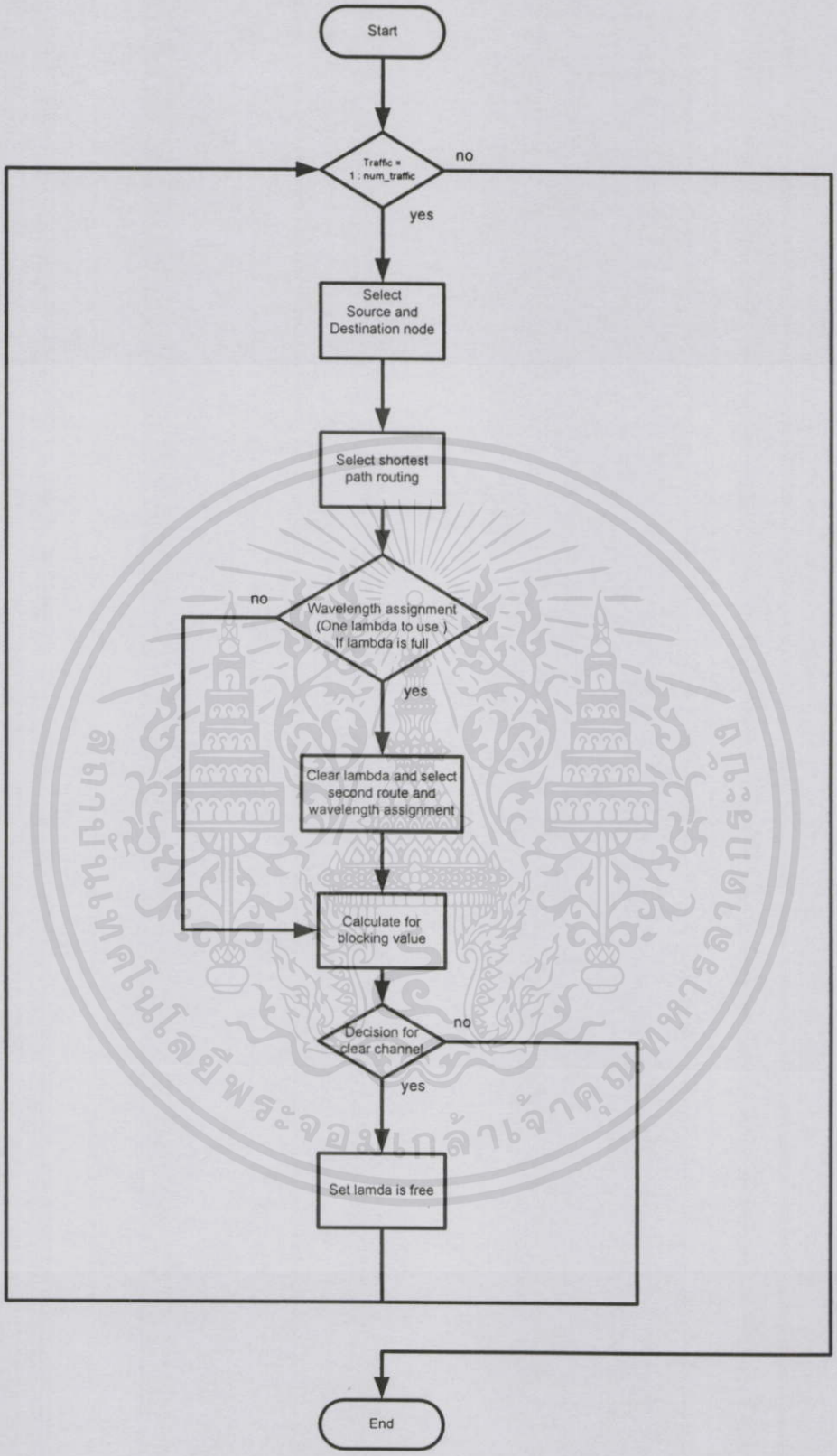
- ถ้าความยาวคลื่นเต็ม: ไม่สามารถส่งทราฟฟิกได้ เลือกเส้นทางรองไปยังขั้นตอนที่ 3 จนถึงเส้นทางรองที่ หนึ่ง ถ้าความยาวคลื่นว่างไปยังขั้นตอนที่ 5 ถ้าความยาวคลื่นเต็มไปยังขั้นตอนที่ 4
- ถ้าความยาวคลื่นว่าง: สามารถส่งทราฟฟิกได้ ไปยังขั้นตอนที่ 5

4.) คำนวณความน่าจะเป็นในการสกัดกั้น โดยนับจากจำนวน ทราฟฟิกที่ถูกบล็อกและนำมาหารกับ จำนวนทราฟฟิกสูงสุด

5.) ตัดสินใจในการ เลือก ความยาวคลื่นให้ว่าง โดยการสุ่มตัวเลขในโปรแกรม มา 1 ค่ามีค่าตั้งแต่ 0-1 โดยใช้คำสั่ง exprnd ในโปรแกรม matlab แล้วทำการเปรียบเทียบ กับค่าตัวเลขที่ใช้ตัดสินคือ 0.5 โดยที่ตั้งเงื่อนไขไว้ว่าถ้ามากกว่า 0.5 จะทำการออกจากระบบ ทำให้ความยาวคลื่นว่าง หรือ ถ้าน้อยกว่า 0.5 จะไม่ออกจากระบบ ทำให้มีความยาวคลื่นใช้งานอยู่ และทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 1 จนครบจำนวนทราฟฟิกสูงสุด ซึ่งโปรแกรมจะเขียนเป็น Discrete Event Simulation ซึ่งเป็นการจำลองแบบที่กำหนดด้วยเหตุการณ์ ในการประมาณเวลาการใช้ช่องสัญญาณของแต่ละเส้นทาง

จากขั้นตอนการทำงานข้างต้นสามารถเขียน flow chart ได้ตามรูปที่ 4.18 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้ง

รูปที่ 4.18 flow chart ตามขั้นตอนการทำงานของวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทางในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น

4.3.4 แบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง

สำหรับแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง ได้จำลองการทำงานของระบบบนโปรแกรม Matlab บนเงื่อนไขของระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น ตามขั้นตอนการทำงานดังนี้

1.) รับจำนวนทราฟฟิกที่เพิ่มขึ้นจาก 1 ถึง จำนวนทราฟฟิกสูงสุด (num_traffic=500)

2.) เลือก โนด ต้นทางถึงปลายทางพร้อมกับวางเส้นทางเดินแสงอัตราการเข้ามาของทราฟฟิกจะประมาณโดยใช้คำสั่ง poissrnd ในโปรแกรม matlab เพื่อเลือกโนด ต้นทางและปลายทาง

3.) จัดสรรความยาวคลื่น โดยลิงค์แรกและลิงค์ถัดมาจนถึงลิงค์สุดท้าย มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้จนถึงจำนวนความยาวคลื่นสูงสุด ตลอดการเชื่อมโยง

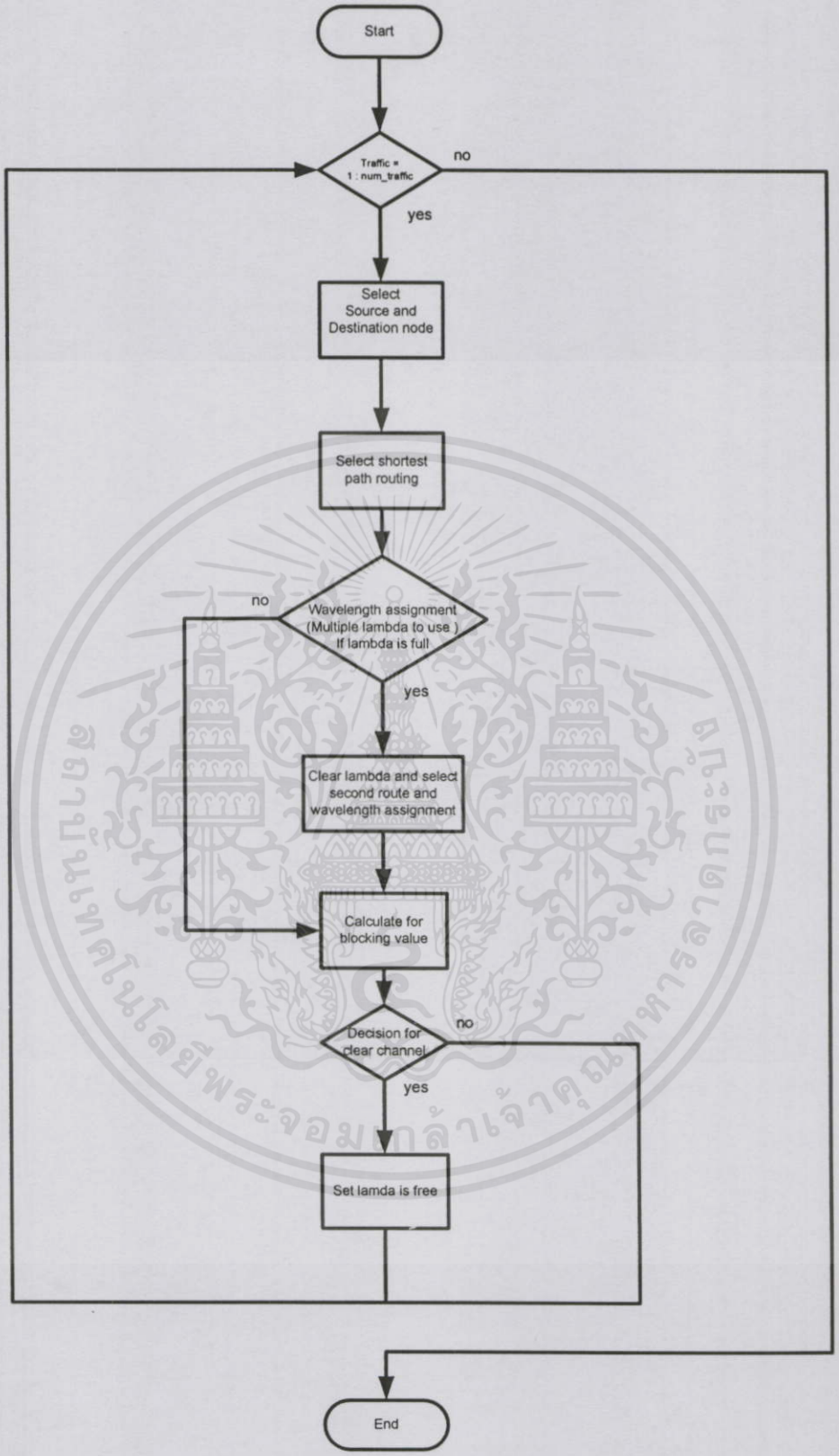
- ถ้าความยาวคลื่นเต็ม: ไม่สามารถส่งทราฟฟิกได้ เลือกเส้นทางรองไปยังขั้นตอนที่ 3 จนถึงเส้นทางรองที่ หนึ่ง ถ้าความยาวคลื่นว่างไปยังขั้นตอนที่ 5 ถ้าความยาวคลื่นเต็มไปยังขั้นตอนที่ 4
- ถ้าความยาวคลื่นว่าง: สามารถส่งทราฟฟิกได้ ไปยังขั้นตอนที่ 5

4.) คำนวณความน่าจะเป็นในการสกัดกั้น โดยนับจากจำนวน ทราฟฟิกที่ถูกบล็อกและนำมาหารกับ จำนวนทราฟฟิกสูงสุด

5.) ตัดสินใจในการ เลือก ความยาวคลื่นให้ว่าง โดยการสุ่มตัวเลขในโปรแกรม มา 1 ค่ามีค่าตั้งแต่ 0-1 โดยใช้คำสั่ง exprnd ในโปรแกรม matlab แล้วทำการเปรียบเทียบ กับค่าตัวเลขที่ใช้ตัดสินคือ 0.5 โดยที่ตั้งเงื่อนไขไว้ว่าถ้ามากกว่า 0.5 จะทำการออกจากระบบ ทำให้ความยาวคลื่นว่าง หรือ ถ้าน้อยกว่า 0.5 จะไม่ออกจากระบบ ทำให้มีความยาวคลื่นใช้งานอยู่ และทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 1 จนครบจำนวนทราฟฟิกสูงสุด ซึ่งโปรแกรมจะเขียนเป็น Discrete Event Simulation ซึ่งเป็นการจำลองแบบที่กำหนดด้วยเหตุการณ์ ในการประมาณเวลาการใช้ช่องสัญญาณของแต่ละเส้นทาง

จากขั้นตอนการทำงานข้างต้นสามารถเขียน flow chart ได้ตามรูปที่ 4.19 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.19 flow chart ตามขั้นตอนการทำงานของวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทางในระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่น

4.3.5 แบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองสองเส้นทาง

สำหรับแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองสองเส้นทาง ได้จำลองการทำงานของระบบบนโปรแกรม Matlab บนเงื่อนไขของระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น ตามขั้นตอนการทำงานดังนี้

1.) รับจำนวนทราฟฟิกที่เพิ่มขึ้นจาก 1 ถึง จำนวนทราฟฟิกสูงสุด (num_traffic=500)

2.) เลือก โนด ต้นทางถึงปลายทางพร้อมกับวางเส้นทางเดินแสงอัตราการเข้ามาของทราฟฟิกจะประมาณโดยใช้คำสั่ง poissrnd ในโปรแกรม matlab เพื่อเลือกโนด ต้นทางและปลายทาง

3.) จัดสรรความยาวคลื่น โดยลิงค์แรกมีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้จนถึงจำนวนความยาวคลื่นสูงสุด และลิงค์ถัดมาจนถึงลิงค์สุดท้าย จะต้องใช้ความยาวคลื่นเดียวเหมือนกันตลอดการเชื่อมโยง

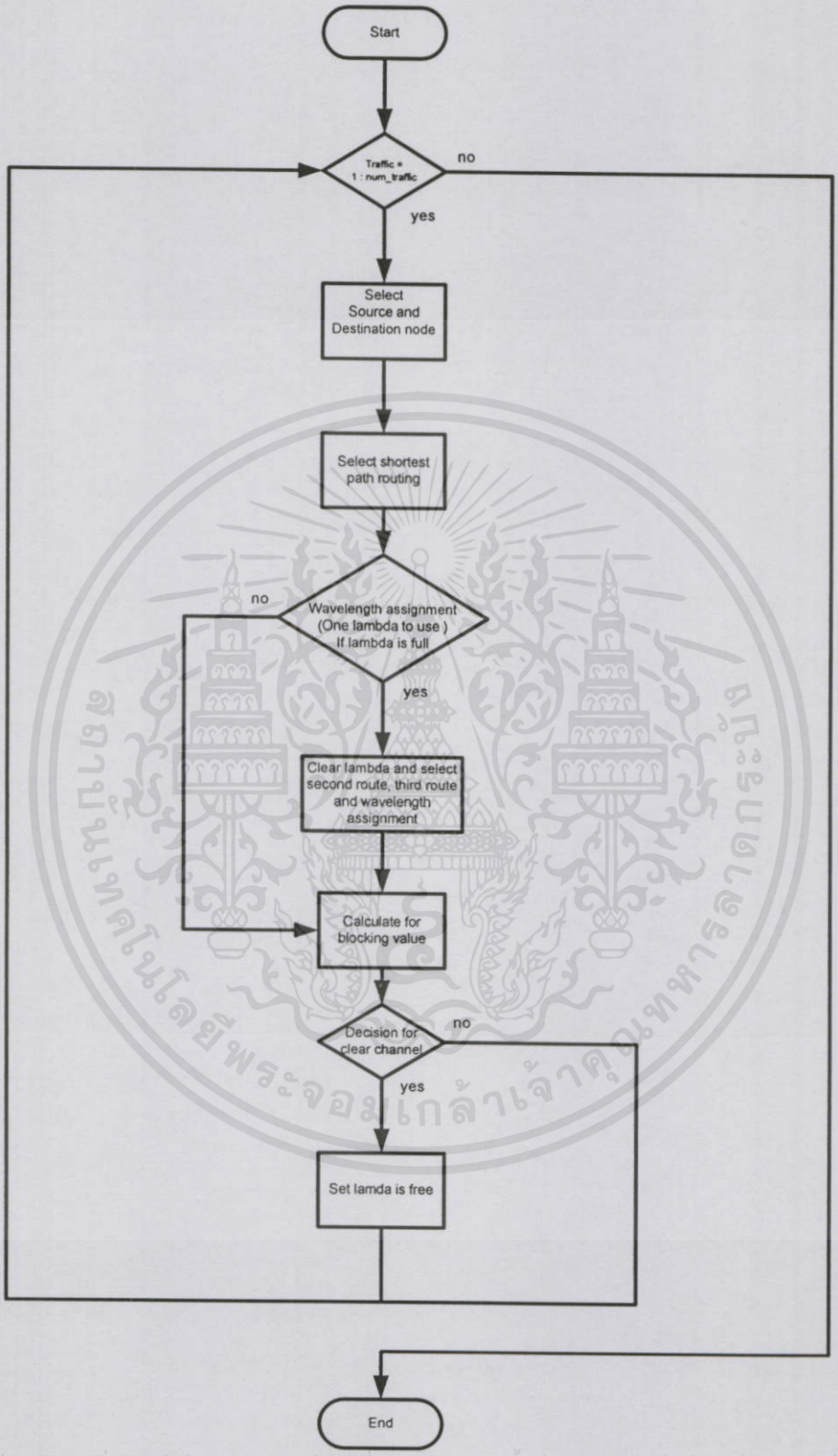
- ถ้าความยาวคลื่นเต็ม: ไม่สามารถส่งทราฟฟิกได้ เลือกเส้นทางรองไปยังขั้นตอนที่ 3 จนถึงเส้นทางรองที่ สอง ถ้าความยาวคลื่นว่างไปยังขั้นตอนที่ 5 ถ้าความยาวคลื่นเต็มไปยังขั้นตอนที่ 4
- ถ้าความยาวคลื่นว่าง: สามารถส่งทราฟฟิกได้ ไปยังขั้นตอนที่ 5

4.) คำนวณความน่าจะเป็นในการสกัดกั้น โดยนับจากจำนวน ทราฟฟิกที่ถูกบล็อกและนำมาหารกับ จำนวนทราฟฟิกสูงสุด

5.) ตัดสินใจในการ เลือก ความยาวคลื่นให้ว่าง โดยการสุ่มตัวเลขในโปรแกรม มา 1 ค่ามีค่าตั้งแต่ 0-1 โดยใช้คำสั่ง exprnd ในโปรแกรม matlab แล้วทำการเปรียบเทียบ กับค่าตัวเลขที่ใช้ตัดสินคือ 0.5 โดยที่ตั้งเงื่อนไขไว้ว่าถ้ามากกว่า 0.5 จะทำการออกจากระบบ ทำให้ความยาวคลื่นว่าง หรือ ถ้าน้อยกว่า 0.5 จะไม่ออกจากระบบ ทำให้มีความยาวคลื่นใช้งานอยู่ และทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 1 จนครบจำนวนทราฟฟิกสูงสุด ซึ่งโปรแกรมจะเขียนเป็น Discrete Event Simulation ซึ่งเป็นการจำลองแบบที่กำหนดด้วยเหตุการณ์ ในการประมาณเวลาการใช้ช่องสัญญาณของแต่ละเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากขั้นตอนการทำงานข้างต้นสามารถเขียน flow chart ได้ตามรูปที่ 4.20 ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.20 flow chart ตามขั้นตอนการทำงานของวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกสองเส้นทางในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น

4.3.6 แบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองสองเส้นทาง

สำหรับแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงความยาวคลื่นแสงโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองสองเส้นทาง ได้จำลองการทำงานของระบบบนโปรแกรม Matlab บนเงื่อนไขของระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่น ตามขั้นตอนการทำงานดังนี้

1.) รับจำนวนทราฟฟิกที่เพิ่มขึ้นจาก 1 ถึง จำนวนทราฟฟิกสูงสุด (num_traffic=500)

2.) เลือก โนด ต้นทางถึงปลายทางพร้อมกับวางเส้นทางเดินแสงอัตราการเข้ามาของทราฟฟิกจะประมาณโดยใช้คำสั่ง poissrnd ในโปรแกรม matlab เพื่อเลือกโนด ต้นทางและปลายทาง

3.) จัดสรรความยาวคลื่น โดยลิงค์แรกและลิงค์ถัดมาจนถึงลิงค์สุดท้าย มีความสามารถในการเลือกความยาวคลื่นได้จนถึงจำนวนความยาวคลื่นสูงสุด ตลอดการเชื่อมโยง

- ถ้าความยาวคลื่นเต็ม: ไม่สามารถส่งทราฟฟิกได้ เลือกเส้นทางรองไปยังขั้นตอนที่ 3 จนถึงเส้นทางรองที่ สอง ถ้าความยาวคลื่นว่างไปยังขั้นตอนที่ 5 ถ้าความยาวคลื่นเต็มไปยังขั้นตอนที่ 4

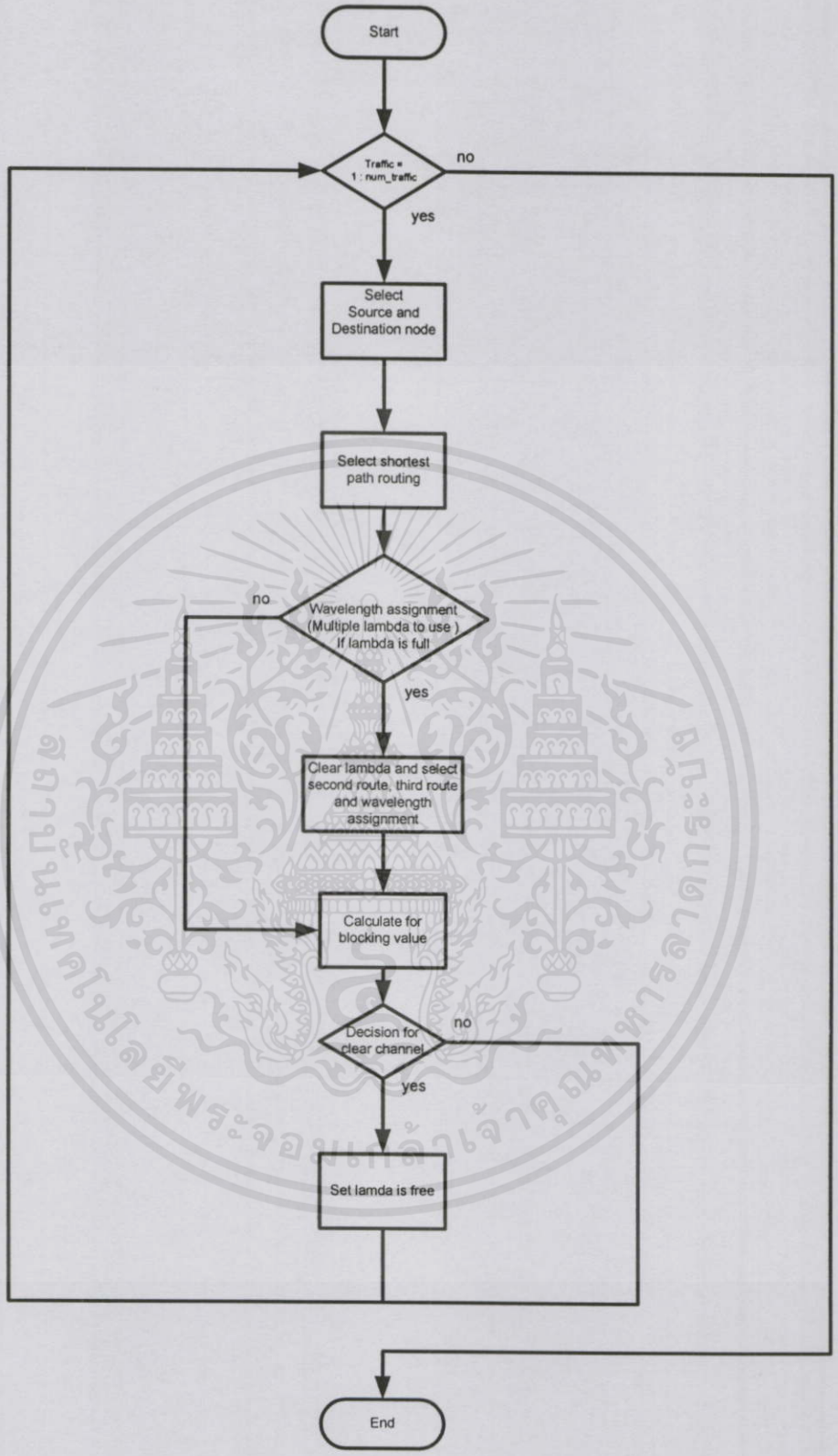
- ถ้าความยาวคลื่นว่าง: สามารถส่งทราฟฟิกได้ ไปยังขั้นตอนที่ 4

4.) คำนวณความน่าจะเป็นในการสกัดกั้น โดยนับจากจำนวน ทราฟฟิกที่ถูกบล็อกและนำมาหารกับ จำนวนทราฟฟิกสูงสุด

5.) ตัดสินใจในการ เลือก ความยาวคลื่นให้ว่าง โดยการสุ่มตัวเลขในโปรแกรม มา 1 ค่ามีค่าตั้งแต่ 0-1 โดยใช้คำสั่ง exprnd ในโปรแกรม matlab แล้วทำการเปรียบเทียบ กับค่าตัวเลขที่ใช้ตัดสินคือ 0.5 โดยที่ตั้งเงื่อนไขไว้ว่าถ้ามากกว่า 0.5 จะทำการออกจากระบบ ทำให้ความยาวคลื่นว่าง หรือ ถ้าน้อยกว่า 0.5 จะไม่ออกจากระบบ ทำให้มีความยาวคลื่นใช้งานอยู่ และทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 1 จนครบจำนวนทราฟฟิกสูงสุด ซึ่งโปรแกรมจะเขียนเป็น Discrete Event Simulation ซึ่งเป็นการจำลองแบบที่กำหนดด้วยเหตุการณ์ ในการประมาณเวลาการใช้ช่องสัญญาณของแต่ละเส้นทาง

จากขั้นตอนการทำงานข้างต้นสามารถเขียน flow chart ได้ตามรูปที่ 4.21 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา รวมถึงการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้

รูปที่ 4.21 flow chart ตามขั้นตอนการทำงานของวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกสองเส้นทางในระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่น

4.4 สรุป

สำหรับในบทที่ 4 จะเป็นการกล่าวถึงแบบจำลองในการวิเคราะห์ระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง ซึ่งในหัวข้อที่ 4.2 ซึ่งได้กล่าวถึงแบบจำลองเชิงทฤษฎีของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงซึ่งได้อาศัยทฤษฎีของ Erlang Loss System มาใช้ในการวิเคราะห์ระบบบนเงื่อนไขที่มีการแปลงความยาวคลื่นและไม่มีการแปลงความยาวคลื่นบนวิธีการที่ใช้ในการทดลองคือ วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง, วิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง และวิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง ในหัวข้อที่ 4.3 ซึ่งได้กล่าวถึงแบบจำลองเชิงเลียนแบบของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงซึ่งได้จำลองการทำงานของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงบนโปรแกรม Matlab ในเงื่อนไขที่มีการแปลงความยาวคลื่นและไม่มีการแปลงความยาวคลื่นบนวิธีการที่ใช้ในการทดลองคือ วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง, วิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง และวิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลอง

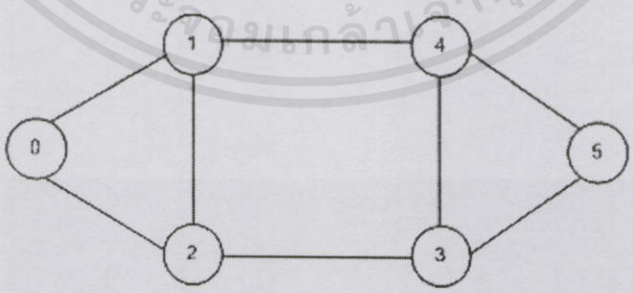
5.1 กล่าวนำ

ในบทที่ 5 จะกล่าวถึงผลการทดลองของแบบจำลองในการวิเคราะห์ระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงความยาวคลื่นและไม่แปลงความยาวคลื่น ในวิธีการของการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง, วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองที่สั้นรองลงมาอีกหนึ่งเส้นทาง และวิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองที่สั้นรองลงมาอีกสองเส้นทาง ซึ่งจะทดลองบนโครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มี 6โนด 8 ลิงค์ ตามรูปที่ 5.1 สมมุติจำนวนทราฟฟิกที่ใช้ทดลองเท่ากับ 500 ในแต่ละลิงค์จะมีความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองคือ 2,4,8,16 และ 32 ตามลำดับ ซึ่งแบบจำลองที่ได้นำเสนอจะมีอยู่ 2 แบบคือ

5.1.1 แบบจำลองเชิงทฤษฎี ซึ่งในวิทยานิพนธ์เรื่องนี้จะได้อาศัยทฤษฎีของ Erlang Loss Systems มาใช้ในการวิเคราะห์ค่า ความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิกของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมช

5.1.2 แบบจำลองเชิงเลียนแบบ ในการศึกษาจะจำลองการทำงานของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงของสามวิธีการข้างต้นบนโปรแกรม Matlab มาใช้ในการวิเคราะห์ค่า ความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นทราฟฟิกของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมช

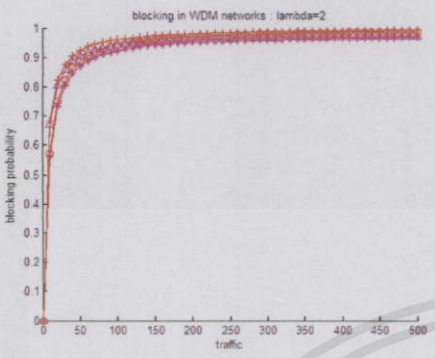
รวมทั้งเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของโครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงของระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่นและไม่มีการแปลงความยาวคลื่น ในวิธีการที่ได้นำเสนอข้างต้นทั้งสามวิธีการ



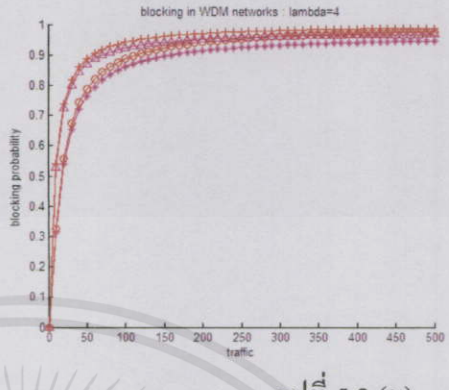
รูปที่ 5.1 โครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมช ที่มี 6 โนด 8 ลิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

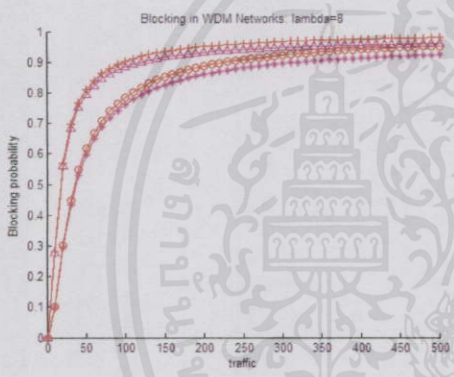
5.2 การเปรียบเทียบผลการทดลองของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง



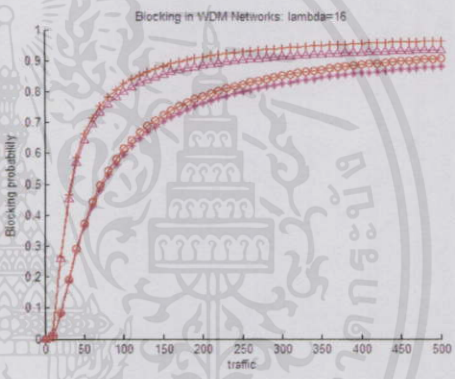
รูปที่ 5.2 (ก)



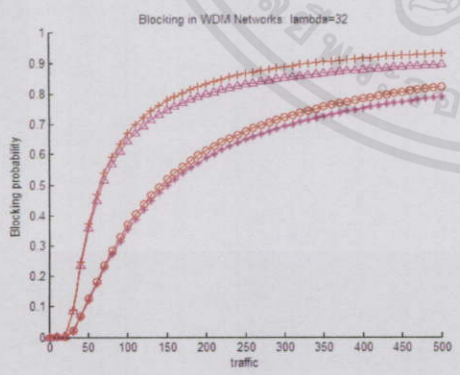
รูปที่ 5.2 (ข)



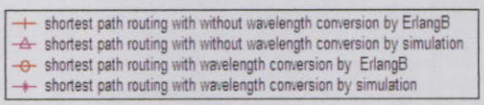
รูปที่ 5.2 (ค)



รูปที่ 5.2 (ง)



รูปที่ 5.2 (จ)



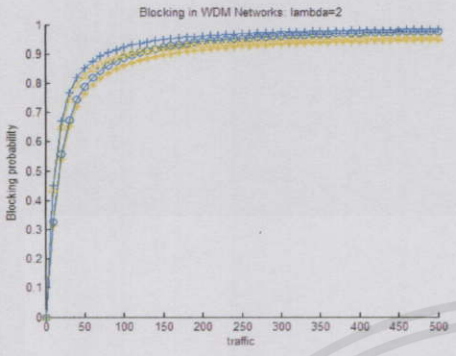
รูปที่ 5.2 (ก, ข, ค, ง และ จ) การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบของวิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ลอกเลียนไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของวิทยานิพนธ์นี้ นอกจากจะได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์

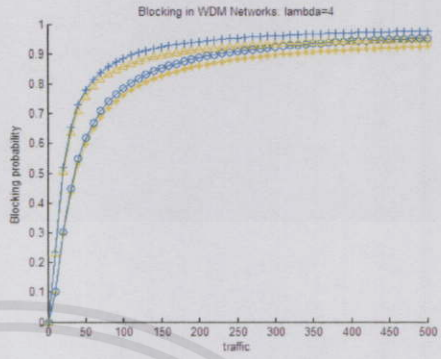
จากรูปที่ 5.2 (ก, ข, ค, ง และ จ) เป็นการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยวิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง ซึ่งจากรูปที่ 5.2(ก) จะใช้ความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองเท่ากับ 2 ความยาวคลื่น ซึ่งจากผลการทดลอง จะแสดงให้เห็นได้ว่า ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของระบบที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นนั้นจะมีความห่างแตกต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากตัวเลือกของความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองนั้นยังถือว่าน้อย และค่าของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นมีค่าสอดคล้องใกล้เคียงกันในรูปที่ 5.2(ข) จะใช้ความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองเท่ากับ 4 ความยาวคลื่น ซึ่งจากผลการทดลอง จะแสดงให้เห็นได้ว่า ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของระบบที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นนั้นจะเริ่มห่างกันมากขึ้นกว่าในรูปที่ 5.2(ก) เนื่องจากตัวเลือกของความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองนั้นเพิ่มขึ้น จาก 2 ความยาวคลื่นเป็น 4 ความยาวคลื่น และค่าของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นมีค่าสอดคล้องใกล้เคียงกัน ในรูปที่ 5.2(ค) จะใช้ความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองเท่ากับ 8 ความยาวคลื่น ซึ่งจากผลการทดลอง จะแสดงให้เห็นได้ว่า ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของระบบที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นนั้นจะเริ่มห่างกันมากขึ้นกว่าในรูปที่ 5.2(ข) เนื่องจากตัวเลือกของความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองนั้นเพิ่มขึ้น จาก 4 ความยาวคลื่นเป็น 8 ความยาวคลื่น และค่าของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นมีค่าสอดคล้องใกล้เคียงกัน ในรูปที่ 5.2(ง) จะใช้ความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองเท่ากับ 16 ความยาวคลื่น ซึ่งจากผลการทดลอง จะแสดงให้เห็นได้ว่า ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของระบบที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นนั้นจะเริ่มห่างกันมากขึ้นกว่าในรูปที่ 5.2(ค) เนื่องจากตัวเลือกของความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองนั้นเพิ่มขึ้น จาก 8 ความยาวคลื่นเป็น 16 ความยาวคลื่น และค่าของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นมีค่าสอดคล้องใกล้เคียงกัน ในรูปที่ 5.2(จ) จะใช้ความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองเท่ากับ 32 ความยาวคลื่น ซึ่งจากผลการทดลอง จะแสดงให้เห็นได้ว่า ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของระบบที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นนั้นจะเริ่มห่างกันมากขึ้นกว่าในรูปที่ 5.2(ง) เนื่องจากตัวเลือกของความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองนั้นเพิ่มขึ้น จาก 16 ความยาวคลื่นเป็น 32 ความยาวคลื่น และค่าของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นมีค่าสอดคล้องใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

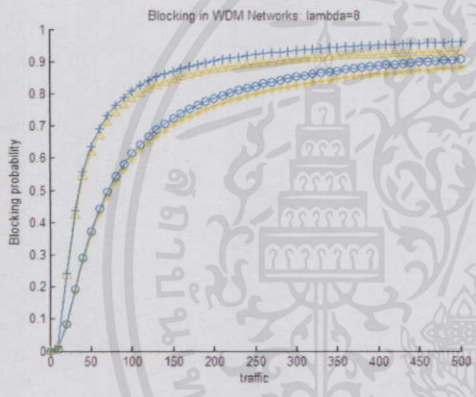
5.3 การเปรียบเทียบผลการทดลองของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง



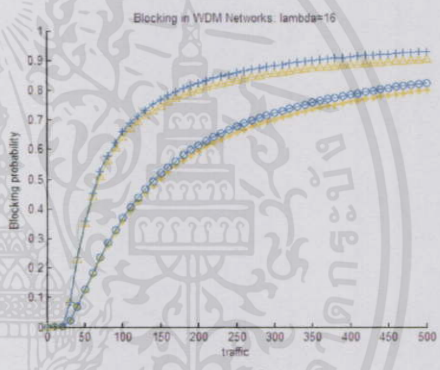
รูปที่ 5.3 (ก)



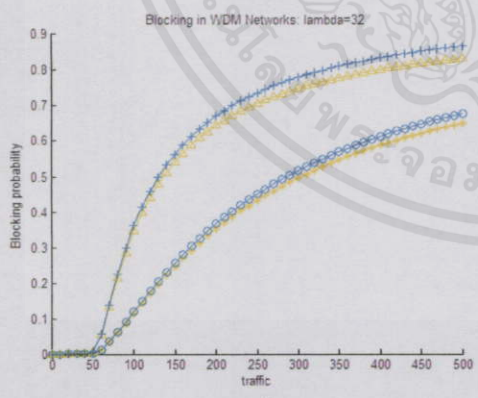
รูปที่ 5.3 (ข)

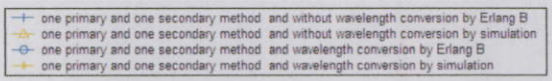


รูปที่ 5.3 (ค)



รูปที่ 5.3 (ง)





รูปที่ 5.3 (จ)

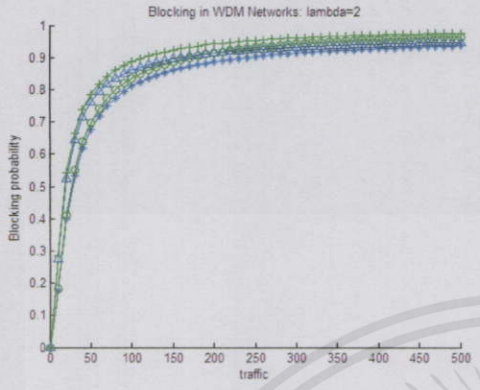
รูปที่ 5.3 (ก, ข, ค, ง และ จ) การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบของวิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

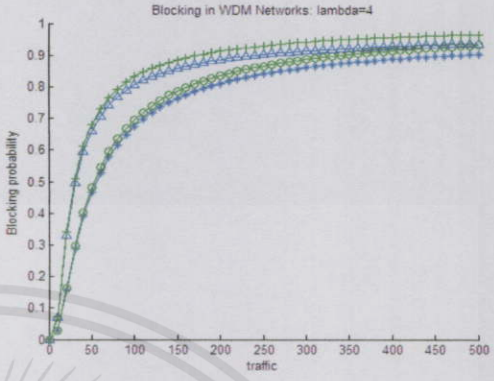
จากรูปที่ 5.3 (ก, ข, ค, ง และ จ) เป็นการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยวิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง ซึ่งจากรูปที่ 5.3(ก) จะใช้ความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองเท่ากับ 2 ความยาวคลื่น ซึ่งจากผลการทดลอง จะแสดงให้เห็นได้ว่า ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของระบบที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นนั้นจะมีความห่างแตกต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากตัวเลือกของความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองนั้นยังถือว่าน้อย และค่าของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นมีค่าสอดคล้องใกล้เคียงกันในรูปที่ 5.3(ข) จะใช้ความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองเท่ากับ 4 ความยาวคลื่น ซึ่งจากผลการทดลอง จะแสดงให้เห็นได้ว่า ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของระบบที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นนั้นจะเริ่มห่างกันมากขึ้นกว่าในรูปที่ 5.3(ก) เนื่องจากตัวเลือกของความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองนั้นเพิ่มขึ้น จาก 2 ความยาวคลื่นเป็น 4 ความยาวคลื่น และค่าของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นมีค่าสอดคล้องใกล้เคียงกัน ในรูปที่ 5.3(ค) จะใช้ความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองเท่ากับ 8 ความยาวคลื่น ซึ่งจากผลการทดลอง จะแสดงให้เห็นได้ว่า ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของระบบที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นนั้นจะเริ่มห่างกันมากขึ้นกว่าในรูปที่ 5.3(ข) เนื่องจากตัวเลือกของความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองนั้นเพิ่มขึ้น จาก 4 ความยาวคลื่นเป็น 8 ความยาวคลื่น และค่าของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นมีค่าสอดคล้องใกล้เคียงกัน ในรูปที่ 5.3(ง) จะใช้ความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองเท่ากับ 16 ความยาวคลื่น ซึ่งจากผลการทดลอง จะแสดงให้เห็นได้ว่า ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของระบบที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นนั้นจะเริ่มห่างกันมากขึ้นกว่าในรูปที่ 5.3(ค) เนื่องจากตัวเลือกของความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองนั้นเพิ่มขึ้น จาก 8 ความยาวคลื่นเป็น 16 ความยาวคลื่น และค่าของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นมีค่าสอดคล้องใกล้เคียงกัน ในรูปที่ 5.3(จ) จะใช้ความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองเท่ากับ 32 ค วามยาวคลื่น ซึ่งจากผลการทดลอง จะแสดงให้เห็นได้ว่า ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของระบบที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นนั้นจะเริ่มห่างกันมากขึ้นกว่าในรูปที่ 5.3(ง) เนื่องจากตัวเลือกของความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองนั้นเพิ่มขึ้น จาก 16 ความยาวคลื่นเป็น 32 ความยาวคลื่น และค่าของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นมีค่าสอดคล้องใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

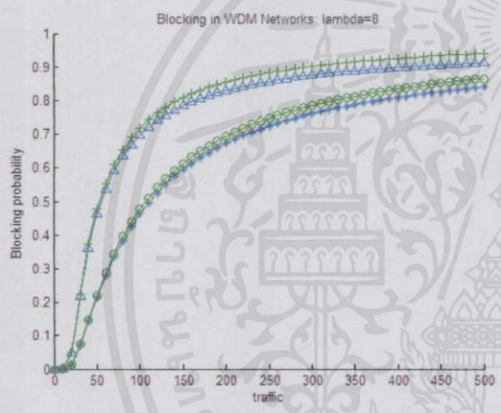
5.4 การเปรียบเทียบผลการทดลองของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง



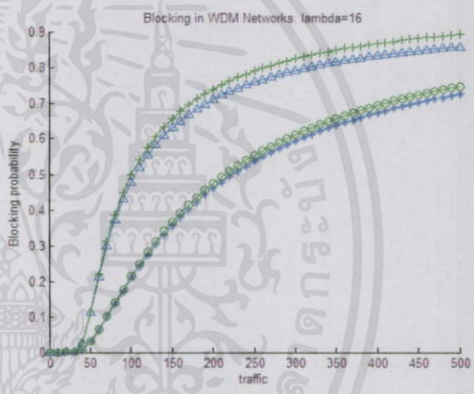
รูปที่ 5.4 (ก)



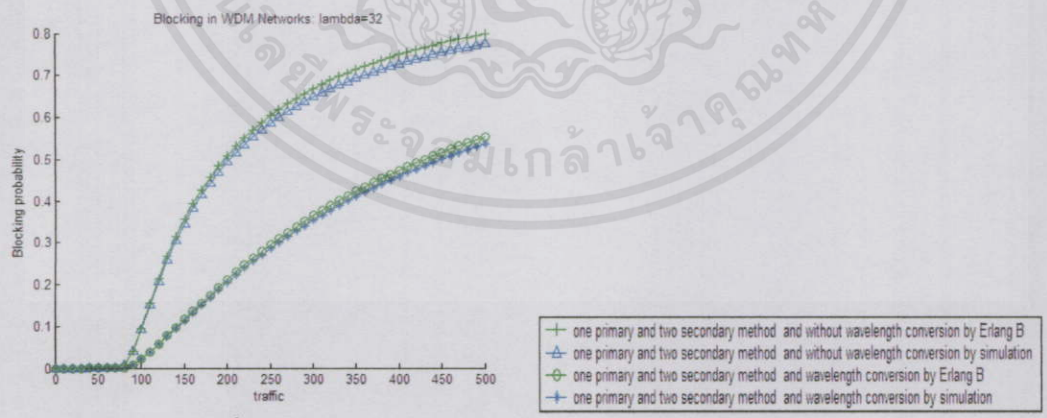
รูปที่ 5.4 (ข)



รูปที่ 5.4 (ค)



รูปที่ 5.4 (ง)



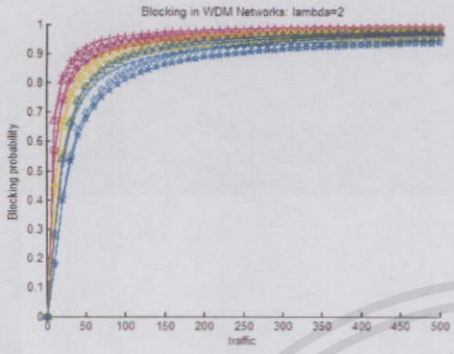
รูปที่ 5.4 (จ)

รูปที่ 5.4 (ก, ข, ค, ง และ จ) การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบของวิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง

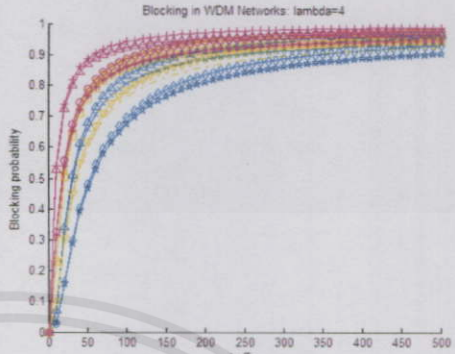
จากรูปที่ 5.4 (ก, ข, ค, ง และ จ) เป็นการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยวิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง ซึ่งจากรูปที่ 5.4(ก) จะใช้ความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองเท่ากับ 2 ความยาวคลื่น ซึ่งจากผลการทดลอง จะแสดงให้เห็นได้ว่า ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของระบบที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นนั้นจะมีความห่างแตกต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากตัวเลือกของความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองนั้นยังถือว่าน้อย และค่าของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นมีค่าสอดคล้องใกล้เคียงกันในรูปที่ 5.4(ข) จะใช้ความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองเท่ากับ 4 ความยาวคลื่น ซึ่งจากผลการทดลอง จะแสดงให้เห็นได้ว่า ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของระบบที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นนั้นจะเริ่มห่างกันมากขึ้นกว่าในรูปที่ 5.4(ก) เนื่องจากตัวเลือกของความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองนั้นเพิ่มขึ้น จาก 2 ความยาวคลื่นเป็น 4 ความยาวคลื่น และค่าของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นมีค่าสอดคล้องใกล้เคียงกัน ในรูปที่ 5.4(ค) จะใช้ความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองเท่ากับ 8 ความยาวคลื่น ซึ่งจากผลการทดลอง จะแสดงให้เห็นได้ว่า ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของระบบที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นนั้นจะเริ่มห่างกันมากขึ้นกว่าในรูปที่ 5.4(ข) เนื่องจากตัวเลือกของความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองนั้นเพิ่มขึ้น จาก 4 ความยาวคลื่นเป็น 8 ความยาวคลื่น และค่าของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นมีค่าสอดคล้องใกล้เคียงกัน ในรูปที่ 5.4(ง) จะใช้ความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองเท่ากับ 16 ความยาวคลื่น ซึ่งจากผลการทดลอง จะแสดงให้เห็นได้ว่า ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของระบบที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นนั้นจะเริ่มห่างกันมากขึ้นกว่าในรูปที่ 5.4(ค) เนื่องจากตัวเลือกของความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองนั้นเพิ่มขึ้น จาก 8 ความยาวคลื่นเป็น 16 ความยาวคลื่น และค่าของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นมีค่าสอดคล้องใกล้เคียงกัน ในรูปที่ 5.4(จ) จะใช้ความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองเท่ากับ 32 ค วามยาวคลื่น ซึ่งจากผลการทดลอง จะแสดงให้เห็นได้ว่า ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของระบบที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นนั้นจะเริ่มห่างกันมากขึ้นกว่าในรูปที่ 5.4(ง) เนื่องจากตัวเลือกของความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองนั้นเพิ่มขึ้น จาก 16 ความยาวคลื่นเป็น 32 ความยาวคลื่น และค่าของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นมีค่าสอดคล้องใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

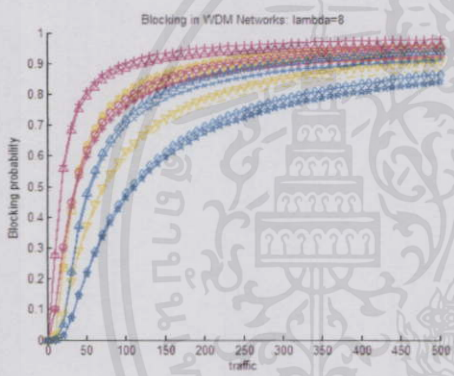
5.5 การเปรียบเทียบผลการทดลองของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดย 3 วิธีการที่ได้นำเสนอข้างต้น



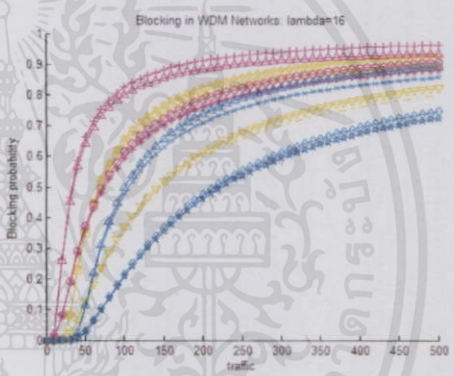
รูปที่ 5.5 (ก)



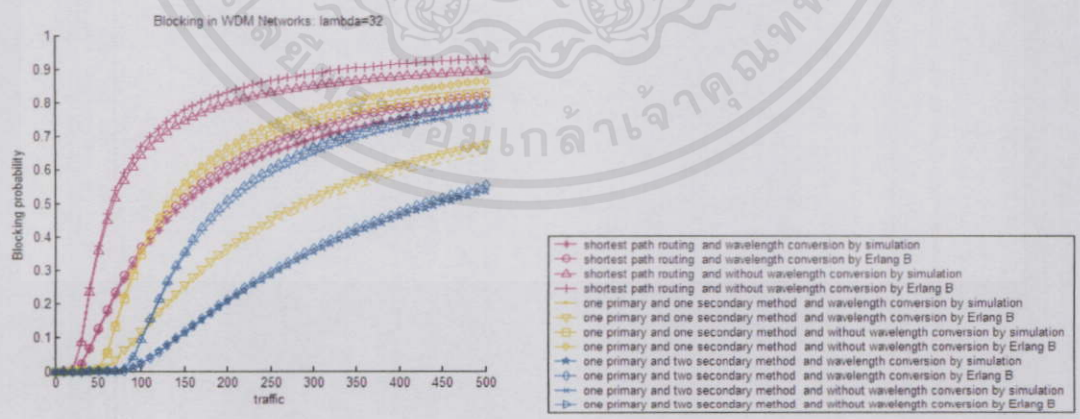
รูปที่ 5.5 (ข)



รูปที่ 5.5 (ค)



รูปที่ 5.5 (ง)



รูปที่ 5.5 (จ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

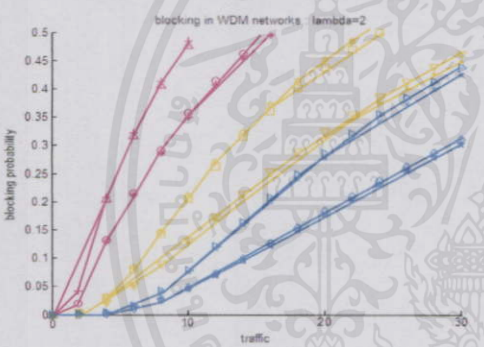
รูปที่ 5.5 (ก, ข, ค, ง และ จ) การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบ3วิธีการที่ได้นำเสนอข้างต้น

จากรูปที่5.5 (ก, ข, ค, ง และ จ)เป็น การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบของ ระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดย3วิธีการที่ได้นำเสนอข้างต้น ซึ่งในรูปที่ 5.5 (ก) เป็นการทดลองโดยใช้ความยาวคลื่นเท่ากับ 2 ความยาวคลื่น จากกราฟแสดงให้เห็นได้ว่าวิธีการที่เลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียวนั้นให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นมากที่สุด และวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง นั้นให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นต่ำกว่าเล็กน้อย และ วิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทางนั้นให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นน้อยที่สุด ในรูปที่ 5.5 (ข) เป็นการทดลองโดยใช้ความยาวคลื่นเท่ากับ 4 ความยาวคลื่น จากกราฟแสดงให้เห็นได้ว่าวิธีการที่เลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียวนั้นให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นมากที่สุด และวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง นั้นให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นต่ำกว่าเล็กน้อย และ วิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทางนั้นให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นน้อยที่สุด แต่เนื่องจากความยาวคลื่นมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความน่าจะเป็นโดยรวมแล้วมีค่าน้อยกว่ากราฟในรูปที่ 5.5 (ก) ในรูปที่ 5.5 (ค) เป็นการทดลองโดยใช้ความยาวคลื่นเท่ากับ 8 ความยาวคลื่น จากกราฟแสดงให้เห็นได้ว่าวิธีการที่เลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียวนั้นให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นมากที่สุด และวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง นั้นให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นต่ำกว่าเล็กน้อย และ วิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทางนั้นให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นน้อยที่สุด แต่เนื่องจากความยาวคลื่นมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความน่าจะเป็นโดยรวมแล้วมีค่าน้อยกว่ากราฟในรูปที่ 5.5 (ข) ในรูปที่ 5.5 (ง) เป็นการทดลองโดยใช้ความยาวคลื่นเท่ากับ 16 ความยาวคลื่น จากกราฟแสดงให้เห็นได้ว่าวิธีการที่เลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียวนั้นให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นมากที่สุด และวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง นั้นให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นต่ำว่าเล็กน้อย และ วิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทางนั้นให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นน้อยที่สุด แต่เนื่องจากความยาวคลื่นมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความน่าจะเป็นโดยรวมแล้วมีค่าน้อยกว่ากราฟในรูปที่ 5.5 (ค) ในรูปที่ 5.5 (จ) เป็นการทดลองโดยใช้ความยาวคลื่นเท่ากับ 32 ความยาวคลื่น จากกราฟแสดงให้เห็นได้ว่าวิธีการที่เลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียวนั้นให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นมากที่สุด และวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง นั้นให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นต่ำกว่าเล็กน้อย และ วิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทางนั้นให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นน้อยที่สุด แต่เนื่องจากความยาวคลื่นมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความน่าจะเป็นโดยรวมแล้วมีค่าน้อยกว่ากราฟในรูปที่ 5.5 (ง) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าเมื่อความยาวคลื่นเพิ่มมาก

ขึ้นวิธีการเลือกเส้นทางหลักและเส้นทางรองนั้นจะสามารถทำการปรับปรุงค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นได้เป็นอย่างดีเนื่องจากกระบวนการทำงานนั้นมีความสามารถในการเลือกเส้นทางและความยาวคลื่นได้หลากหลายมากขึ้น

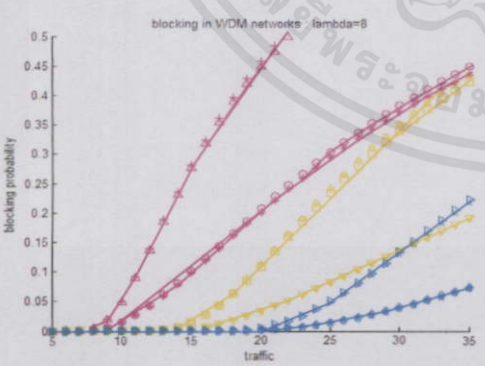
5.6 การเปรียบเทียบผลการทดลองของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดย 3 วิธีการที่ได้นำเสนอ โดยใช้จำนวนทราฟฟิกที่แตกต่างกัน

จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 5.2 ถึง 5.5 จะได้ใช้จำนวนทราฟฟิกเท่ากับ 500 เท่ากันทั้งหมด ส่วนในหัวข้อนี้เนื่องจากความน่าจะเป็นตามมาตรฐาน ITU-T X.131 [8] ซึ่งกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นไว้ ในโครงข่ายการส่งข้อมูลแบบเซอร์กิตสวิตช์ ที่ ต้องไม่เกิน 5% ดังนั้นในหัวข้อนี้จึงได้ทำการทดลองเลือกค่าทราฟฟิกโดยจะเน้นตรงที่จุดตามที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ดังแสดงในรูปที่ 5.6 ดังนี้

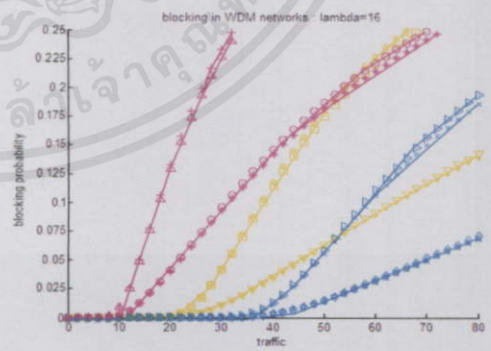


รูปที่ 5.6 (ก)

รูปที่ 5.6 (ข)

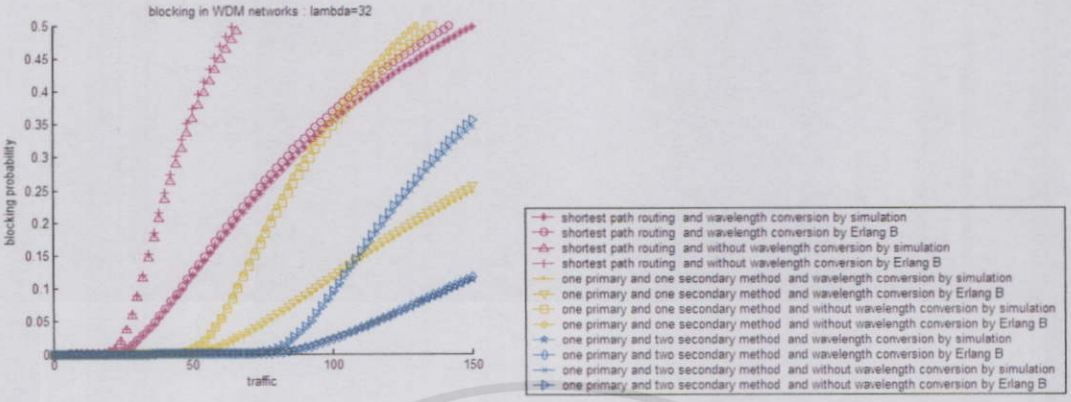


รูปที่ 5.6 (ค)



รูปที่ 5.6 (ง)

รูปที่ 5.6 (ก, ข, ค และ ง) การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบที่อ้างอิงตามจุดที่ความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นที่ 5%



รูปที่ 5.6 (จ)

รูปที่ 5.6 (จ) การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบที่อ้างอิงตามจุดที่ความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นที่ 5%

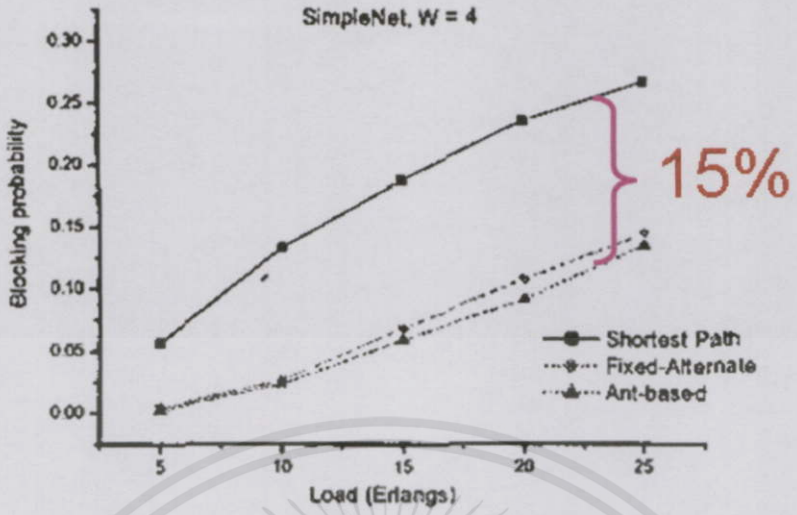
จากรูปที่ 5.6 (ก, ข, ค, ง และ จ) เป็นการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบที่อ้างอิงตามจุดที่ความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นที่ 5% ระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดย3วิธีการที่ได้นำเสนอข้างต้น ที่อ้างอิงตามจุดที่ความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นที่ 5% ซึ่งในรูปที่ 5.6 (ก) จะใช้ความยาวคลื่นเท่ากับ 2 ความยาวคลื่น ซึ่งจากกราฟในวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียวในระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 2 erlang ระบบที่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 3 erlang วิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทางในระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 5 erlang ระบบที่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 6 erlang วิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทางในระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 8 erlang ระบบที่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 10 erlang ในรูปที่ 5.6 (ข) จะใช้ความยาวคลื่นเท่ากับ 4 ความยาวคลื่น ซึ่งจากกราฟในวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียวในระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 4 erlang ระบบที่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 6 erlang วิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทางในระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 12 erlang ระบบที่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 15 erlang วิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

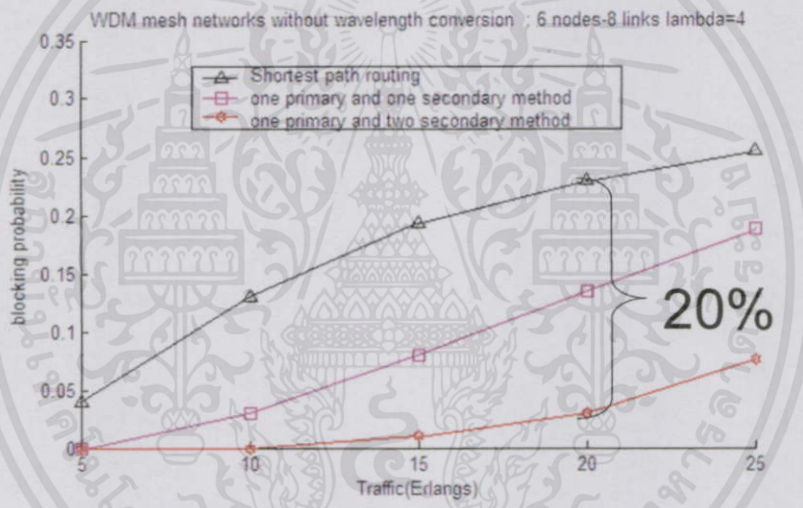
เส้นทางรองอีกสองเส้นทางในระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 19 erlang ระบบที่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 24 erlang ในรูปที่ 5.6 (ค) จะใช้ความยาวคลื่นเท่ากับ 8 ความยาวคลื่น ซึ่งจากกราฟในวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียวในระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 10 erlang ระบบที่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 12 erlang วิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทางในระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 17 erlang ระบบที่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 22 erlang วิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทางในระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 25 erlang ระบบที่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 32 erlang ในรูปที่ 5.6 (ง) จะใช้ความยาวคลื่นเท่ากับ 16 ความยาวคลื่น ซึ่งจากกราฟในวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียวในระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 14 erlang ระบบที่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 20 erlang วิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทางในระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 30 erlang ระบบที่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 42 erlang วิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทางในระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 50 erlang ระบบที่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 70 erlang ในรูปที่ 5.6 (จ) จะใช้ความยาวคลื่นเท่ากับ 32 ความยาวคลื่น ซึ่งจากกราฟในวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียวในระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 32 erlang ระบบที่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 43 erlang วิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทางในระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 60 erlang ระบบที่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 80 erlang วิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทางในระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 90 erlang ระบบที่แปลงความยาวคลื่นสามารถรองรับทราฟฟิกที่ 5 % ได้ประมาณ 120 erlang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 เปรียบเทียบผลการทดลองกับบทความวิจัยที่ได้นำเสนอก่อนหน้า



รูปที่ 5.7 (ก)



รูปที่ 5.7 (ข)

รูปที่ 5.7 (ก ,ข) การเปรียบเทียบวิธีการของ Ant-based กับวิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางกับเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง

จากรูปที่ 5.7 (ก) เป็นผลการทดลองในบทความเรื่อง Adaptive Routing and Wavelength Assignment Using Ant-Based Algorithm. ซึ่งนำเสนอโดย Son-Hong Ngo และคณะ ได้นำเสนอวิธีการของฮิวรีสติก อัลกอริทึม(heuristic algorithm) บนเงื่อนไข wavelength continuity constraint (ใช้ความยาวคลื่นเดียวในการเชื่อมต่อโนดต้นทางปลายทางหรือไม่แปลงความยาวคลื่น) ในวิธีการของ ant-based algorithm โดยทดลองบนโครงข่ายที่มี 6 โนด 8 ลิงค์ และใช้ความยาวคลื่นเท่ากับ 4 ความยาวคลื่น จากรูปแสดงให้เห็นได้ว่า วิธีการของ ant-based algorithm นั้น สามารถลดค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นได้ประมาณ 15 % เมื่อเทียบกับวิธีการของ shortest path routing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.7 (ข) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทางที่ทดลองบนเงื่อนไขเดียวกันกับรูปที่ 5.7 (ก) คือ ทดลองบนโครงข่ายที่มี 6 โนด 8 ลิงค์ และใช้ความยาวคลื่นเท่ากับ 4 ความยาวคลื่น ใช้ทราฟฟิกเท่ากันคือ 5,10,15,20 และ 25 erlang และไม่แปลงความยาวคลื่นแสง บนแบบจำลองเชิงเลียนแบบของสามวิธีการ คือ วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง (shortest path routing),วิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง (one primary and one secondary method) และ วิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองสองเส้นทาง (one primary and two secondary method) จากรูปที่ 5.7 (ข) นั้นแสดงให้เห็นได้ว่าวิธีการที่ได้นำเสนอนั้น สามารถลดค่าความน่าจะเป็น ในการสกัดกั้นได้ประมาณ 20% เมื่อเทียบกับวิธีการของ วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง (shortest path routing)

5.8 สรุป

สำหรับในบทที่ 5 จะเป็นการกล่าวถึงผลการทดลองของแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงในโครงข่ายที่มี 6 โนด 8 ลิงค์ โดยใช้ความยาวคลื่นเท่ากับ 2, 4, 8, 16 และ 32 จำนวนทราฟฟิกเท่ากับ 500 โดยอัตราการเข้ามาของทราฟฟิกให้เป็นแบบ พัวส์ซอง (Poisson distribution) และอัตราการให้บริการเป็นแบบ เอ็กซโพแนนเชียล (Exponential distribution) ในหัวข้อที่ 5.2 เป็นการเปรียบเทียบผลการทดลองของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยใช้วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหนึ่งเส้นทาง ในหัวข้อที่ 5.3 เป็นการเปรียบเทียบผลการทดลองของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกหนึ่งเส้นทาง หัวข้อที่ 5.4 เป็นการเปรียบเทียบผลการทดลองของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง และเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง หัวข้อที่ 5.5 การเปรียบเทียบผลการทดลองของแบบจำลองเชิงทฤษฎีและแบบจำลองเชิงเลียนแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดย 3 วิธีการที่ได้นำเสนอข้างต้น และในหัวข้อที่ 5.6 เนื่องจากความน่าจะเป็นตามมาตรฐาน ITU-T X.131 [8] ซึ่งกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นไว้ ในโครงข่ายการส่งข้อมูลแบบเซอร์กิตสวิตช์ ที่ ต้องไม่เกิน 5% ดังนั้นในหัวข้อนี้จึงได้ทำการทดลองเลือกค่าทราฟฟิกโดยจะเน้นตรงที่จุดตามที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ ซึ่งจากผลการทดลองในหัวข้อทั้งหมดข้างต้นสามารถแสดงให้เห็นได้ว่าวิธีการหาเส้นทางเดินแสงดังกล่าวข้างต้นที่ได้นำเสนอนั้นสามารถให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นได้ดีกว่าวิธีการเลือกเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว รวมทั้งค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นมีค่าสอดคล้องกันกับค่าความ

น่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎี เนื่องจากผลการทดลองในแต่ละรูปนั้นช่วงความห่างของระบบที่แปลงและไม่แปลงความยาวคลื่น นั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเมื่อค่าความยาวคลื่นที่ใช้ทดลองเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มเดียวกันกับเอกสารอ้างอิงที่[16] ดังนั้นในแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นจึงได้ทดลองเฉลี่ยหลายๆรอบเพื่อนำค่าที่ใกล้เคียงกันกับแบบจำลองเชิงทฤษฎีให้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุป

วิทยานิพนธ์เรื่องนี้ได้กล่าวถึงหลักการทำวิจัยเกี่ยวกับการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมช ที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่น โดยได้ทดลองเปรียบเทียบวิธีการในการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่น 3 วิธีการคือ วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองสองเส้นทาง โดยเนื้อหาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งออกเป็น 6 บทกล่าวคือ บทที่ 1 เป็นการกล่าวนำถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ที่ทำให้เกิดแนวคิดและแรงจูงใจให้เกิดการทำวิจัยขึ้น ในบทที่ 2 ได้กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะประกอบด้วยเนื้อหาของ ทฤษฎีระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงความยาวคลื่นและไม่มีการแปลงความยาวคลื่น หลักการทั่วไปของทฤษฎีระบบคิวอิงค์ และวิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ในบทที่ 3 จะกล่าวถึงวิธีการที่ได้นำเสนอนั้นคือ วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดให้เป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดให้เป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองสองเส้นทาง

สำหรับในบทที่ 4 จะเป็นการกล่าวถึงแบบจำลองและวิธีการดำเนินการที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นในวิธีการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่น 3 วิธีการคือ วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองสองเส้นทาง ซึ่งในวิทยานิพนธ์เรื่องนี้จะใช้แบบจำลอง 2 แบบในการวิเคราะห์คือ แบบจำลองเชิงทฤษฎีจะใช้ทฤษฎีของ Erlang Loss System มาเขียนให้เป็นแบบจำลองความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นในเชิงสมการคณิตศาสตร์ และ แบบจำลองเชิงเลียนแบบโดยการทดสอบจะจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Matlab ด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลรุ่น Pentium 4, 2.8 GHz, 512 Mbyte DRAM การทำงานของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงในวิธีการที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น บนโปรแกรม MATLAB

ในบทที่ 5 จะเป็นผลการทดลองซึ่ง ได้นำวิธีการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงของโครงข่ายแบบเมชในระบบที่มีการส่งข้อมูลแบบเซอร์กิตสวิตช์ที่มีการแปลงความยาวคลื่นและไม่แปลงความยาวคลื่นในการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่น 3 วิธีการคือ วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองหนึ่งเส้นทาง วิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองสองเส้นทาง ในโครงข่ายแบบเมชที่มี 6 โนด 8 ลิงค์ และใช้ความ

ยาวคลื่นในการทดลองคือ 2,4,8,16 และ 32 ความยาวคลื่น รวมทั้งเปรียบเทียบผลของแบบจำลองเชิงเลียนแบบกับแบบจำลองเชิงทฤษฎี ผลการทดสอบสามารถแสดงให้เห็นได้ว่าวิธีการหาเส้นทางเดินแสงดังกล่าวข้างต้นที่ได้นำเสนอนั้นสามารถให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นได้ดีกว่าวิธีการเลือกเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว รวมทั้งค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นมีค่าสอดคล้องกันกับค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] F.A. Al-Zahrani, A.A. Habiballa and A.P. Jayasumana, "**Path Blocking Performance in Muti-Fiber Wavelength Routing Networks with and without Wavelength Conversion** ," IEEE J. Select. Areas Commun., Oct. 2003, No.4, pp.580-583, Oct. 2003.

[2] R.A. Barry and P.A. Humblet, "**Models of Blocking Probability in All-Optical Networks with and without Wavelength Changers**," IEEE J. Select. Areas Commun., June 1996, vol.14, No.5, pp.858-867, June 1996.

[3] S.H. Ngo, X. Jiang and S. Horiguchi,"**Adaptive Routing and Wavelength Assignment Using Ant-Based Algorithm** ," IEEE Inter. Conf.,Nov. 2004 ,vol.2,pp.482 – 486, Nov. 2004.

[4] C. Xin, C.Qiao and S. Dixit, "**Traffic Grooming in Mesh WDM Optical Networks – Performance Analysis**," IEEE J. Select. Areas Commun., vol.22, pp.1658-1669, Nov. 2004.

[5] B. Zhou and H.T. Mouftah, "**Survivable Alternate Routing for WDM Networks**," OFC 2002, pp. 543-544, Mar 2002.

[6] D. Li and Z. Sun , "**Traffic Grooming for Minimizing Wavelength Usage in WDM Networks**," IEEE Inter. Conf.,pp.460 – 465, Oct. 2002.

[7] A. Cbiu and E. Modiano, "**Reducing Electronic Multiplexing Costs in Unidirectional SONET/WDM Ring Networks via Efficient Traffic Grooming**," IEEE Global Telecom., vol.1, pp.322 – 327, Nov. 1998.

[8] ITU-T Recommendation X.131

[9] Ramamurthy R. and Mukherjee B., "**Fixed-Alternate Routing and Wavelength Conversion in Wavelength-Routed Optical Networks**," IEEE/ACM , vol.10 , pp. 351-367, June 2002.

[10] Kit-man Chan and Yum,T.P., "**Analysis of Least Congested Path Routing in WDM Lightwave Networks**," IEEE INFOCOM,vol.2,pp.962-969, June 1994.

[11] Mewanou R. and Pierre S.,"**Dynamic Routing Algorithm in All-Optical Networks**," IEEE CCECE, vol. 2, pp. 733-776, May 2003.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้นำไปดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] Jason P. and Gaoxi Xiao, " **An Adaptive Algorithm for Wavelength-Routed Optical Networks with a Distributed Control Scheme** ," IEEE ICCCN pp.192-197, Oct.2000.

[13] Dabashis Saha," **Performance Analysis of The Effect of Shorter Lightpaths Networks on The Design of Wavelength-Routed WDM Optical,**"IEEE Proceedings of the IEEE Region 10 Conference,pp.793-796, Step 1999.

[14] Giovanni Giambene, **Queueing Theory and Telecomunications Network and Applications** , A C.L.P,2005.

[15] Michal Pioro and Deepankar Medhi , **Routing Flow, and Capacity Desing in Communication and Computer Network** , Elsevei\r Inc.,2005.

[16] Batatagelj B.,"**Optical Wavekength Path and Optical Wavelength Path Comparison,**"IEEE,pp. Trans. Optical Networks, 169 - 172, June 1999.

[17] Karasan E., **Effects of Wavelength Routing and Selection Algorithms on Wavelength Conversion Gain in WDM Optical Networks,** Trans. Networking, 186 - 196, April 1998.

[18] Yao W., Sahiny G., Mengke Li, and Ramamurthy B., **Analysis of Multi-Hop Traffic Grooming in WDM Mesh Networks** , Trans. Broadband Networks, vol.1, 165 - 174 , Oct. 2005 .

[19] Kit-Man Chan; Yum, T.P., Analysis of least congested path routing in WDM lightwave networks**, Trans. Broadband Networks**, vol.2, 963 - 969 ,Jun. 1994.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

บทความที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์และได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 30

30 th Electrical Engineering Conference (EECON-30)

25-26 ตุลาคม 2550 ณ Felix River Kwai Resort Hotel กาญจนบุรี

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า (Electrical Engineering Conference หรือ EECON) เป็นการประชุมทางวิชาการระดับประเทศในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มีวัตถุประสงค์เพื่อตอบสนองต่อยุทธศาสตร์การพัฒนาความเข้มแข็งทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาความสามารถด้านการออกแบบทางวิศวกรรมไฟฟ้า เพิ่มขีดความสามารถของสถาบันวิจัยต่างๆ ในการให้บริการและสนับสนุนทางด้านเทคโนโลยี อีกทั้งส่งเสริมให้เกิดความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษาของรัฐและเอกชนกับภาคอุตสาหกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุมและเครื่องมือวัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้รับเกียรติให้เป็นเจ้าภาพการจัดประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 30 (EECON-30) ประจำปี 2550 โดยการประชุมประกอบด้วยสาขาวิชาต่างๆคือ สาขาไฟฟ้ากำลัง สาขาอิเล็กทรอนิกส์ การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ระบบควบคุมและการวัดคุม และงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า

การส่งบทความ

บทความสามารถจัดทำเป็นภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกิน 4 หน้าขนาดกระดาษ A4 ผู้สนใจส่งบทความเข้าร่วมประชุม สามารถส่งผ่านเว็บไซต์ของสภาวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า (EECON) "http://www.eecon-thailand.org" พร้อมทั้งส่งธนาณัติ หรือ เช็คเงินสดค่าส่งบทความ โดยสั่งจ่ายในนาม "EECON-30" ตามรายละเอียดที่กำหนดในเว็บไซต์

การพิจารณาบทความ

การพิจารณาบทความใช้ระบบฐานข้อมูลของผู้พิจารณาบทความเพื่อให้บทความ ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญที่ตรงสาขามากที่สุด ซึ่งผลการพิจารณาจะแจ้งให้ทราบทาง E-mail และทางจดหมาย และรูปแบบการนำเสนอบทความ เป็นการนำเสนอแบบปากเปล่า (Oral Presentation) ซึ่งบทความที่ผ่านการพิจารณาได้ดีเด่นมีจะต้องมีการนำเสนอทุกบทความ โดยคณะกรรมการได้จัดให้มีรางวัลสำหรับบทความดีเด่น ของทุกสาขาอีกด้วย

กำหนดการสำคัญ

- Submission Deadline 13 กรกฎาคม 2550
- Notification of Acceptance 13 สิงหาคม 2550
- Camera-ready manuscript 14 กันยายน 2550
- Conference date 25-26 ตุลาคม 2550

ติดต่อขอรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่เลขานุการการประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 30
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 โทร. 0-2470-9042, 9074
โทรสาร 0-2470-9040, 9070 E-mail: eecon-30@kmutt.ac.th
แบบฟอร์มและเอกสารสามารถดาวน์โหลดได้ที่ http://www.kmutt.ac.th/eecon30

คณะกรรมการจัดการประชุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
มหาวิทยาลัยรังสิต
วิทยาลัยเทคโนโลยีธนบุรี
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
มหาวิทยาลัยสยาม
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

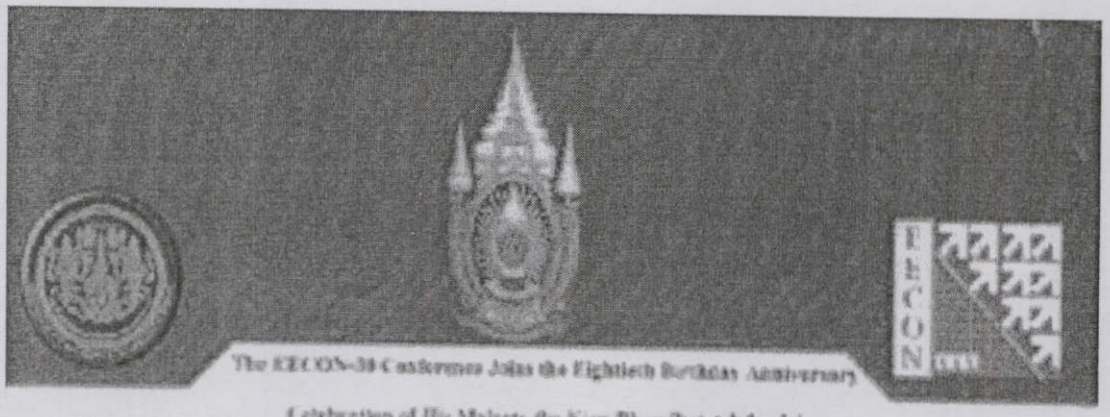
คณะกรรมการสมทบ

มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
มหาวิทยาลัยราชธานี
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
มหาวิทยาลัยแรงวอร
NECTEC

สาขาบทความที่นำเสนอ

- ไฟฟ้ากำลัง (PW)
- อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (PE)
- ไฟฟ้าสื่อสาร (CM)
- ระบบควบคุมและการวัดคุม (CT)
- อิเล็กทรอนิกส์ (EL)
- การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (DS)
- คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CP)
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



30th Electrical Engineering Conference

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 30

หน่วยสืบรวมบทความที่นำเสนอในการประชุม เล่ม 1

- ไฟฟ้ากำลัง (PW)
- อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (PE)
- โฟโตนิกส์ (PH)
- คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CT)

Volume I

โดย

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม
ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุมและเครื่องมือวัด ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ณ โรงแรมเซ็นทารา ริเวอร์แคว รีสอร์ท กาญจนบุรี
25 - 26 ตุลาคม 2550

การจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชที่มีการแปลงความยาวคลื่นและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยวิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง

Routing and Wavelength Assignment in WDM Mesh Networks on Wavelength Conversion and No Wavelength Conversion by Searching for Majority Routing and Minorities Routing Application

กฤษณ์ ไชยวงศ์ ไพฑูรย์ พรหมสุภร จีรสุดา โกษียาภรณ์ และ ปราโมทย์ วาดเขียน

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 E-mail s7061065@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงของโครงข่ายแบบเมชในระบบเซอร์กิตสวิตช์ที่มีการแปลงความยาวคลื่นและ ไม่แปลงความยาวคลื่น โดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง โดยใช้วิธีเลือกความยาวคลื่นแสงแบบสุ่ม เพื่อลดปัญหาการจัดสรรเส้นทางของโครงข่ายในส่วนของเบอร์เซ็นต์การสกัดกั้นของการส่ง ทราฟฟิกระหว่างต้นทางไปยังปลายทางโดยใช้วิธีการเลือกเส้นทางหลักให้เป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดและเส้นทางรองเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดในลำดับถัดไป รวมทั้งเปรียบเทียบผลของแบบจำลองเชิงเลียนแบบกับแบบจำลองเชิงทฤษฎี ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถแสดงให้เห็นได้ว่าวิธีการหาเส้นทางเดินแสงดังกล่าวข้างต้นที่ได้นำเสนอนั้นสามารถให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นได้ดีกว่าวิธีการเลือกเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว และค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎีนั้นใกล้เคียงกันกับค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงเลียนแบบ

คำสำคัญ : ระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสง, วิธีการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่น, วิธีการเลือกเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว, วิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง

Abstract

This paper proposed an application of routing and wavelength assignment in WDM circuit switch mesh networks with wavelength conversion and no wavelength conversion. This network can be preceded by searching for majority route and minorities route which were chosen by randomly lambda in order to solve the problems of network routing. These can block traffic transferring from end to end. Moreover, it used the majority route as the shortest and the sub route as the shortest respectively and compare analytic model with numerical results. The result revealed that the presented route can work better than choosing the majority route as the single shortest and the results obtained from the analytic model are shown to match well with the numerical results obtained from simulations.

Keywords: Wavelength Division Multiplexing, Routing and wavelength assignment, Shortest path routing, , Majority routing and Minorities routing

1. บทนำ

ในงานวิจัยที่ได้ถูกนำเสนอก่อนหน้านี้ได้นำเสนอวิธีการที่หลากหลายเพื่อที่จะปรับปรุงสมรรถนะของโครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสง อย่างเช่น เอกสารอ้างอิงที่ [1] Al-Zahrani และคณะได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของโครงข่าย ในส่วนของการสกัดกั้นของเส้นทางเดินแสง โดยใช้วิธีการเพิ่มจำนวนของสาย Optic Fiber ด้วยเหตุผลนี้ทำให้เพิ่มจำนวนของ ความยาวคลื่นที่จะรองรับทราฟฟิก ได้มากขึ้น, เอกสารอ้างอิงที่ [2] Barry และ Humblet ได้นำเสนอแบบจำลองของความน่าจะเป็นในการสกัดกั้น ของโครงข่ายที่มีการแปลงและ ไม่แปลงความยาวคลื่น, เอกสารอ้างอิงที่ [3] Son-Hong Ngo และคณะได้นำเสนอวิธีการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นโดยใช้ Ant-Based Algorithm เพื่อที่จะ ลด ความน่าจะเป็นในการสกัดกั้น, เอกสารอ้างอิงที่ [4] Chunsheng Xin และคณะได้ทำการวิเคราะห์สมรรถนะของการจัดสรรทราฟฟิกของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมช โดยใช้ Single-hop traffic grooming algorithm, เอกสารอ้างอิงที่ [5] Patrick Lannone ได้ทำการวิเคราะห์ ในส่วนของการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นโดยมีการสำรองเส้นทางเมื่อเกิดความล้มเหลวในการส่งข้อมูลอันเนื่องมาจากสาย Optic Fiber ที่ มีปัญหา

ในบทความนี้เราได้มุ่งเน้นไปยังการวิเคราะห์สมรรถนะในส่วนค่าของความน่าจะเป็นในการสกัดกั้น ของการจัดสรรทราฟฟิกในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงในโครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสงแบบเมชโดยนำเสนอวิธีการหาเส้นทางหลักและเส้นทางรองของเส้นทางเดินแสง ซึ่งได้แนวคิดมาจากการวิเคราะห์เส้นทางเดินของโครงข่ายแบบเมช ระหว่างต้นทางไปยังปลายทางว่า ในความเป็นจริงแล้วมีหลายเส้นทางที่สามารถจะส่งไประหว่างต้นทางถึงปลายทางได้ เมื่อการส่งข้อมูลนั้นเกิดความแออัดของโครงข่ายอันเนื่องมาจาก ทราฟฟิกที่เข้ามาต้องการใช้เส้นทางซ้ำกัน (ในกรณีที่ความยาวคลื่นที่จะจัดสรรนั้นไม่สามารถให้บริการได้) จากแนวคิดนี้จึงได้นำมาประยุกต์ใช้กับระบบ

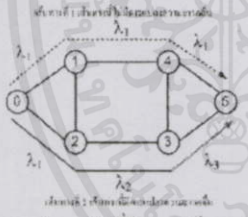
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่น เพื่อที่จะลดปัญหาของความน่าจะเป็นความล้มเหลวในการส่งผ่านข้อมูล

ส่วนที่เหลือของบทความจะมีขั้นตอนตามนี้ หัวข้อที่ 2 ได้อธิบายเกี่ยวกับการออกแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยมีเส้นทางหลักเพียงหนึ่งเส้นทาง หัวข้อที่ 3 จะกล่าวถึงแนวคิดในการปรับปรุงวิธีการหาเส้นทางเพื่อลดการสกัดกั้นของทราฟฟิกโดยกำหนดให้มีการเลือกเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทาง ซึ่งเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดและเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดในลำดับต่อๆไปเป็นเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง สำหรับการวิเคราะห์การจัดสรรทราฟฟิก หัวข้อที่ 4 จะนำเสนอรายละเอียดของกรณีศึกษาและผลการทดสอบ หัวข้อที่ 5 จะเป็นบทสรุปสำหรับบทความนี้

2. การออกแบบระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่น

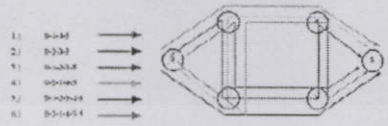
โดยทั่วๆไปการออกแบบการส่งข้อมูลของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชในโครงข่ายเซอร์กิตสวิตช์(Circuit-Switch Data Network) ซึ่งเป็นการส่งผ่านข้อมูลระหว่างต้นทางไปยังปลายทางจำเป็นต้องมีการวางเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเพียงหนึ่งเส้นทาง (Shortest Path Routing) เอกสารอ้างอิงที่ [6] จากนั้นจึงมีการจัดสรรความยาวคลื่นให้กับทราฟฟิก ยกตัวอย่างในรูปที่ 1 เส้นทางที่ 1 จะเป็นการส่งทราฟฟิกในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่นจากโนดที่ 0 ไปยังโนดที่ 5 โดยเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ถูกวางคือ 0- 1 - 4 - 5 และความยาวคลื่นที่ถูกจัดสรรในระหว่างลิงค์ 0-1 ,1-4 และ 4-5 คือ λ_1 และตัวอย่างในรูปที่ 1 เส้นทางที่ 2 จะเป็นการส่งทราฟฟิกในระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่นจากโนดที่ 0 ไปยังโนดที่ 5 โดยเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ถูกวางคือ 0- 2 - 3 - 5 และความยาวคลื่นที่ถูกจัดสรรในระหว่างลิงค์ 0-2 คือ λ_1 , ลิงค์ 2-3 คือ λ_2 และ ลิงค์ 3-5 คือ λ_3



รูปที่ 1 การส่งทราฟฟิกที่มีการวางเส้นทางเดินแสงที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว (Shortest Path Routing) ในระบบที่ไม่มีการแปลงความยาวคลื่น และระบบที่มีการแปลงความยาวคลื่น

3. หลักการและวิธีในการปรับปรุงการหาเส้นทางเดินแสงแบบหนึ่งเส้นทางหลักและสองเส้นทางรอง

ในหัวข้อที่ 2 ได้อธิบายถึงหลักการหาเส้นทางของโครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียวในการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นของทราฟฟิก สำหรับในหัวข้อนี้ จะนำเสนอแนวคิดที่ว่าในโครงข่ายที่ใช้งานนั้นในความเป็นจริงแล้วยังมีเส้นทางอื่นที่สั้นรองมาจากเส้นทางแรกที่สามารถส่งทราฟฟิกให้ไปถึงปลายทางได้ซึ่งความแตกต่างระหว่างเส้นทางรองกับเส้นทางแบกอัพก็คือเมื่อเส้นทางหลักไม่ว่างแล้วมาทำการหาเส้นทางรองซึ่งเส้นทางรองอาจจะไม่ว่างก็ได้แต่ถ้าเป็นแบกอัพจะต้องว่างเสมอและใช้ในกรณีที่ลิงค์ทางกายภาพล้มเหลว ตัวอย่างในรูปที่ 2 เมื่อต้องการส่งทราฟฟิกจากโนด 0 ไปยังโนด 5 จะมีเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมด 6 เส้นทางดังนี้



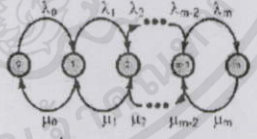
รูปที่ 2 เส้นทางเดินแสงที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการส่ง ทราฟฟิกจากโนด 0 ไปยังโนด 5

ดังนั้นเมื่อมีการใช้เส้นทางและความยาวคลื่นในเส้นทางที่ 1 เต็มแล้ว (เส้นทางหลัก) ถ้าเป็นระบบที่มีการจัดสรรเส้นทางแบบดั้งเดิมโดยทั่วไประบบจะมีการบล็อกเกิดขึ้น ซึ่งในความเป็นจริงแล้วถ้าเกิดเราพิจารณาให้ดีก็จะเห็นว่ายังคงมีเส้นทางอื่นๆอีกหลายเส้นทาง ที่อาจจะยังมีความยาวคลื่นที่ว่างพร้อมใช้งานซึ่งเราสามารถที่จะส่งผ่านทราฟฟิกไปในเส้นทางเหล่านี้ได้โดยเราเรียกเส้นทางเหล่านี้ว่าเป็นเส้นทางรองซึ่งก็คือเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นลำดับที่รองๆมาจากเส้นทางหลัก สำหรับในบทความนี้จะเลือกเส้นทางรองไว้สองเส้นทาง จากแนวคิดนี้สามารถปรับปรุงสมรรถนะของโครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงในเชิงของค่าเปอร์เซ็นต์ในการสกัดกั้นทราฟฟิกให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

4. กรณีศึกษาและผลการทดสอบ

4.1 แบบจำลองเชิงทฤษฎี

กรณีของแบบจำลองในทางทฤษฎีได้นำทฤษฎีของเออร์แลงค์บี ตามสมการที่ (1) ซึ่งหาได้จากทฤษฎีของระบบคิวอิงค์คือ A/B/m/m/∞ ที่มี จำนวนบัฟเฟอร์เท่ากับจำนวนผู้ให้บริการคือความยาวคลื่นตามรูปที่ 3 มาประยุกต์ใช้งานในการประมาณค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของโครงข่ายมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชตามในรูปที่ 1



รูปที่ 3 ระบบคิวอิงค์ A/B/m/m

เมื่อ A = การกระจายการเข้ามาให้เป็นแบบฟัวซอง

B = การกระจายของการให้บริการให้เป็นแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล

m = จำนวนผู้ให้บริการ

m = จำนวนบัฟเฟอร์

∞= จำนวนผู้ใช้บริการ

PH08

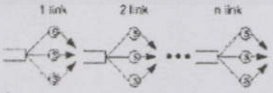
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_{b(a,m)} = \frac{a^m / m!}{\sum_{k=0}^{m} \frac{a^k}{k!}} \quad (1)$$

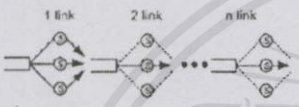
เมื่อ a เท่ากับ จำนวนความหนาแน่นทราฟฟิก

m เท่ากับ จำนวนคู่สาย ในที่นี้จะ ให้เท่ากับค่าความยาวคลื่น

จากแบบจำลองจากโครงข่ายที่มี 6 โนด และมีเส้นทางที่เริ่มจากโนดต้นทางไปยังปลายทางมีทั้งหมด 5 ลิงค์ จึงมีระบบคิวอิงค์อยู่ทั้งหมด 5 คิว อยู่ร่วมกัน และสมมุติให้จำนวนบับเฟอร์ และ ตัวให้บริการเป็นตัวเดียวกันคือความยาวคลื่นที่มีอยู่ในแต่ละลิงค์ของโครงข่ายจากนั้นหาค่าขอบเขตบนและขอบเขตล่างของแต่ละระบบแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 4 แบบจำลองของ link จากต้นทางถึงปลายทางของระบบที่แปลงความยาวคลื่น



รูปที่ 5 แบบจำลองของ link จากต้นทางถึงปลายทางของระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่น

จากระบบในรูปที่ 4-5 นำมาเขียนเป็นสมการในการวิเคราะห์ได้สองระบบคือระ บบที่แปลงความยาวคลื่น และ ระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่น ซึ่งในการทดลองมีจำนวนโนดทั้งหมด 6 โนด ดังนั้นลิงค์ที่ใช้งานสูงสุดจะมีทั้งหมด 5 ลิงค์ มีวิธีการหาดังนี้

ขอบเขตบน คือความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นที่มีจำนวนลิงค์เท่ากับ 1

ขอบเขตล่าง คือความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นที่มีจำนวนลิงค์เท่ากับ 5

<u>ระบบที่แปลงความยาวคลื่น</u> เริ่มต้นหาขอบเขตบนจากสมการที่ (2) ขอบเขตล่างจากสมการที่ (3)

$$P_{b1} = P_{b(a,m)} \quad (2)$$

$$P_{b5} = (P_{b(a,m)})^5 \quad (3)$$

จากนั้นนำขอบเขตบนและ ขอบเขตล่างมาหาค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นเฉลี่ยตามสมการที่ (4)

$$P_{bave(a,m)} = \frac{P_{b1} + P_{b5}}{2} \quad (4)$$

<u>ระบบที่ไม่แปลงความยาวคลื่น</u> เริ่มต้นหาขอบเขตบนจากสมการที่ (5) ขอบเขตล่างจากสมการที่ (6)

$$P_{bn1} = P_{b(a,m)} \quad (5)$$

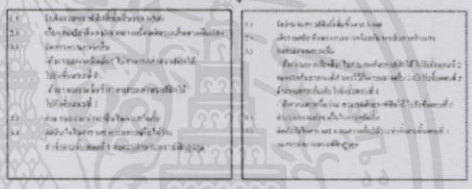
$$P_{bn5} = P_{b(a,m)} \times (P_{b(a,1)})^4 \quad (6)$$

จากนั้นนำขอบเขตบนและ ขอบเขตล่างมาหาค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นเฉลี่ยตามสมการที่ (7)

$$P_{bnave(a,m)} = \frac{P_{bn1} + P_{bn5}}{2} \quad (7)$$

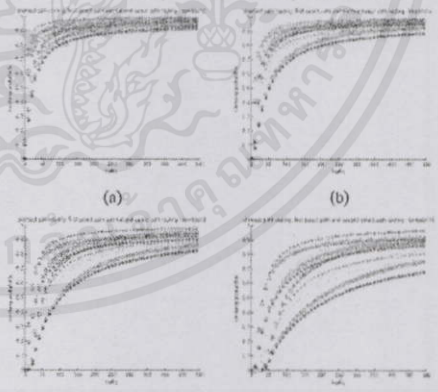
4.2 แบบจำลองเชิงเลียนแบบ

สำหรับการทดลองได้ทำบนโครงข่ายมัลติเหล็กซ์เชิงแสงแบบเมช ในระบบที่มีการแปลงและ ไม่แปลงความยาวคลื่นโดยกำหนดให้จำนวนของทราฟฟิกที่ใช้ในโครงข่ายเท่ากับ 1 ถึง 500 ตามลำดับ อัตราการเข้ามาของทราฟฟิกเป็นแบบปัวส์ซอง (Passion arrival) และอัตราการให้บริการของทราฟฟิกเป็นแบบเอ็กโพแนนเชียล (Exponential) ทดลองเฉลี่ย100รอบโดยจำลองการทำงานบนโครงข่ายที่มี 6 โนด และ 8 ลิงค์สมมุติให้โนดมีการส่งข้อมูลแบบสองทิศทาง ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยในแต่ละ ลิงค์ จะมีความยาวคลื่น(λ)ที่ใช้ทดลอง คือ 2,4,8,16 และ 32 ความยาวคลื่น จะจำลองในรูปแบบของเมตริกซ์ที่มีขนาด($1\times\lambda$)โดยที่ตัวเลข " 1" ในเมตริกซ์จะแสดงความยาวคลื่นที่ว่าง และตัวเลข " 0" จะแสดงความยาวคลื่นที่ใช้งาน การทดสอบจะจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Matlab ในระบบที่มีการแปลงและไม่มีการแปลงความยาวคลื่นเปรียบเทียบผลการทดสอบในวิธีการของการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลัก ตามขั้นตอนการทำงานในรูปที่ 6 (a) เปรียบเทียบกับวิธีการเลือกเส้นทางรองที่สั้นที่สุดหนึ่งและสองเส้นทาง ตามขั้นตอนการทำงาน ในรูปที่ 6 (b)



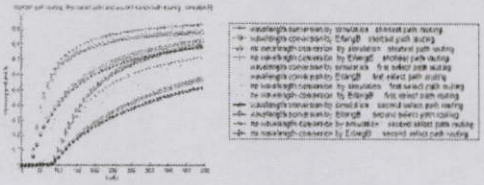
(a) (b)

รูปที่ 6 (a) ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเชิงเลียนแบบในวิธีการเลือกเส้นทางหลักที่สั้นที่สุด และ รูปที่ 6 (b)วิธีการเลือกเส้นทางหลัก และเส้นทางรองที่สั้นที่สุดหนึ่งและสองเส้นทาง



(a) (b) (c) (d)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(e)

รูปที่ 7 (a, b, c, d, e) การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงเลียนแบบและแบบจำลองในเชิงทฤษฎีของระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงที่มีการแปลงและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยใช้ความยาวคลื่นเท่ากับ 2, 4,8,16 และ32 ความยาวคลื่น

จากผลการทดลองในรูปที่ 7 ใช้วิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดแบบดั้งเดิมที่มีเส้นทางที่ใช้เพียงแค่หนึ่งเส้นทางเปรียบเทียบกับวิธีการของ การเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางที่สั้นรองๆลงไปเป็นเส้นทางรองที่หนึ่งและที่สองตามลำดับ รวมเปรียบเทียบผลของแบบจำลองเชิงเลียนแบบกับแบบจำลองเชิงทฤษฎี ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าวิธีการของ การเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางที่สั้นรองๆลงไปเป็นเส้นทางรองที่หนึ่งและที่สองตามลำดับ จะปรับปรุงค่าสมรรถนะในเชิงของค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นได้ดีกว่าวิธีการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดแบบดั้งเดิมที่มีเส้นทางที่ใช้เพียงแค่หนึ่งเส้นทาง และค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นใกล้เคียงกันกับค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎี

5. สรุปและวิจารณ์

บทความนี้ได้นำวิธีการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงของโครงข่ายแบบเมชในระบบเซอร์กิตสวิตช์ที่มีการแปลงความยาวคลื่นและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยใช้วิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง รวมทั้งเปรียบเทียบผลของแบบจำลองเชิงเลียนแบบกับแบบจำลองเชิงทฤษฎีผลการทดสอบแสดงให้เห็นแล้วว่าวิธีการหาเส้นทางเดินแสงดังกล่าวข้างต้นที่ได้นำเสนอนั้นสามารถให้ค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นได้ดีกว่าวิธีการเลือกเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว รวมทั้งค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงเลียนแบบนั้นมีค่าสอดคล้องกันกับค่าความน่าจะเป็นในการสกัดกั้นของแบบจำลองเชิงทฤษฎี

เอกสารอ้างอิง

[1] F.A. Al-Zahrani, A.A. Habiballa and A.P. Jayasumana, "Path Blocking Performance in Muti-Fiber Wavelength Routing Networks with and without Wavelength Conversion ," IEEE J. Select. Areas Commun., Oct. 2003, No.4, pp.580-583.

[2] R.A. Barry and P.A. Humblet, "Models of Blocking Probability in All-Optical Networks with and without Wavelength Changers," IEEE J. Select. Areas Commun., June 1996, vol.14, No.5, pp.858-867.

[3] S.H. Ngo, X. Jiang and S. Horiguchi,"Adaptive Routing and Wavelength Assignment Using Ant-Based Algorithm ," IEEE Inter. Conf., Nov. 2004 ,vol.2,pp.482 – 486.

[4] C. Xin, C.Qiao and S. Dixit, "Traffic Grooming in Mesh WDM Optical Networks – Performance Analysis," IEEE J. Select. Areas Commun., Nov. 2004, vol.22, pp.1658-1669.

[5] B. Zhou and H.T. Mouftah, "Survivable Alternate Routing for WDM Networks," OFC 2002, Mar 2002,pp. 543-544.

[6] A. Birman, "Computing Approximate Blocking Probabilities for a Class of All-Optical Networks," IEEE J. Select. Areas Commun., June 1996, vol.14, No.5, pp.852-857.

ประวัติผู้เขียน

กฤษณ์ ไชยวงศ์ จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วศ.บ. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปัจจุบัน กำลังศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไพฑูรย์ พรหมสุภร จบการศึกษาระดับปริญญาโท วศ.ม. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครนคร ปัจจุบัน ทำงานอยู่ที่ บริษัท ทีโอที จำกัด มหาชน และกำลังศึกษาต่อระดับปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จีรศุดา โกมียาภรณ์ จบการศึกษาระดับปริญญาเอก Ph. D. Vandelbnt, USA ปัจจุบันรับราชการ ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ที่ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปราโมทย์ วาดเขียน จบการศึกษาระดับปริญญาเอก วศ.ด. วิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาโทรคมนาคม จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปัจจุบันรับราชการ ตำแหน่งรองศาสตราจารย์ ที่ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาย กฤษณ์ ไชยวงศ์ เกิดเมื่อ วันที่ 21 กรกฎาคม 2521 ที่ จังหวัด ลำปาง สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปีการศึกษา 2546

บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

กฤษณ์ ไชยวงศ์ ไพฑูรย์ พรหมสุภร จีรสุดา โกษียาภรณ์ และ ปราโมทย์ วาดเขียน "การจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบเมชที่มีการแปลงความยาวคลื่นและไม่แปลงความยาวคลื่นโดยวิธีการหาเส้นทางหลักหนึ่งเส้นทางและเส้นทางรองอีกสองเส้นทาง" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 30 25-26 ตุลาคม 2550 หน้า 576-579

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้