การประยุกต์ใช้ทฤษฎีเกมแบบไม่ร่วมมือในการประเมินความเชื่อถือได้ของโครงข่ายแบบหลายระดับ

นายวิทวัส ว่องอภิวัฒน์กุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN: 974-17-4495-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPLICATION OF NON-COOPERATIVE GAME THEORY IN RELIABILITY EVALUATION FOR MULTI-LEVEL NETWORKS

Mr. Wittawat Wongapiwatkul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering
Department of Electrical Engineering
Faculty of Engineering
Academic Year 2005

ISBN: 974-17-4495-1

481944

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้ทฤษฎีเกมแบบไม่ร่วมมือในการประเมินความเชื่อถือได้ของโครงข่ายแบบหลายระดับ
โดย	นายวิทวัส ว่องอภิวัฒน์กุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชาวน์ดิศ อัศวกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชาวน์ดิศ อัศวกุล)

..... กรรมการ

(อาจารย์ สุวิทย์ นาคพีระยุทธ)

วิทวัส ว่องอภิวัฒน์กุล : การประยุกต์ใช้ทฤษฎีเกมแบบไม่ร่วมมือในการประเมินความเชื่อถือได้ของโครงข่ายแบบหลายระดับ (APPLICATION OF NON-COOPERATIVE GAME THEORY IN RELIABILITY EVALUATION FOR MULTI-LEVEL NETWORKS) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร.เชาวน์ดิศ อัศวกุล, 53 หน้า. ISBN: 974-17-4495-1.

วิทยานิพนธ์นี้เสนอวิธีการประเมินความเชื่อถือได้ในโครงข่ายประเภทที่มีลักษณะแบบหลายระดับเช่นที่เกิดขึ้นในโครงข่าย MPLS (Multi Protocol Label Switching) โดยในวิทยานิพนธ์นี้มีการพิจารณาโครงข่ายเป็น 2 ระดับคือ ระดับกายภาพ (Physical level) และระดับทางตรรก (Logical level) การวิเคราะห์ที่เสนอใช้ทฤษฎีเกมแบบไม่ร่วมมือที่มีแผนการผสมและผลรวมเป็นศูนย์โดยมีผู้แข่งขัน 2 ฝ่ายได้แก่ เราเตอร์ (router) ซึ่งทำงานในระดับตรรกมีหน้าที่ในการจัดหาเส้นทางที่ดีที่สุดในการส่งข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางและตัวทดสอบโครงข่าย (network tester) ซึ่งทำหน้าที่ในการตรวจสอบหาข่ายเชื่อมโยงซึ่งเมื่อเกิดความเสียหายแล้วจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบมากที่สุด ในการหาผลเฉลย ณ จุดสมดุลย์ของเกมวิทยานิพนธ์นี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีมาตรฐานการหาค่าเฉลี่ยวนซ้ำ (MMSA , Modified Method of Successive Average) จากผลเฉลยที่ได้จะสามารถบ่งชี้ออกมาได้ว่าข่ายเชื่อมโยงใดมีความสำคัญต่อความเชื่อถือได้ของโครงข่ายโดยรวมมากที่สุด ซึ่งจำเป็นต้องมีการจัดการเพื่อจะทำให้มีโอกาสน้อยมากมากที่จะเกิดความเสียหาย นอกจากนี้ผลเฉลยของเกมยังสามารถบ่งชี้ถึงการจัดเส้นทางสำรองหรือข่ายเชื่อมโยงสำรองที่เหมาะสมที่สุด ระเบียบวิธีที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำมาทดสอบกับโครงข่ายตัวอย่างที่มีการใช้งานอยู่จริง ผลการทดสอบกับโครงข่ายดังกล่าวสามารถทำให้ทราบถึงความเชื่อถือได้ของโครงข่ายและข่ายเชื่อมโยงที่มีผลกระทบกับโครงข่ายนั้นๆมากที่สุด ทั้งนี้โดยพิจารณาถึงสถานการณ์ที่สนใจการส่งทราฟฟิกจากหนึ่งคู่โนด และสถานการณ์ที่มีทราฟฟิกมากกว่าหนึ่งคู่โนด

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า **ลายมือชื่อนิสิต** วิทวัส ว่องอภิวัฒน์กุล

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา**

ปีการศึกษา 2548

447 07173 21 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD: NETWORK RELIABILITY / NON-COOPERATIVE GAME THEORY / METHOD OF SUCCESSIVE AVERAGE / MULTI-LEVEL NETWORKS.

WITTAWAT WONGAPIWATKUL : APPLICATION OF NON-COOPERATIVE GAME THEORY IN RELIABILITY EVALUATION FOR MULTI-LEVEL NETWORKS. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. CHAODIT ASWAKUL, Ph.D., 53 pp.

ISBN: 974-17-4495-1.

This thesis has proposed a theoretical method to evaluate the reliability of multi-level network ,e.g., MPLS (Multi-protocol Label Switching). In particular , the considered network is assumed to have two levels consisting of physical level and logical level. The proposed analysis has been formulated in the non-cooperative game theoretical framework as a two-player, zero-sum game with mixed strategy. The first player, network routers, operate within the logical level and are aimed at finding the best path for sending data from source to destination. The second player, network testers, operate within the physical level and try to detect the link whose failure can adversely affect the network performance the most. In order to find the game's equilibrium solution, this thesis has applied the standard Modified Method of Successive Average (MMSA). From the game's solution, one can determine the link that is most important to the reliability of the whole network. Hence, the management of this link can be raised for minimizing the link's probability of failure. Furthermore, the solution of game indicate how to manage the backup paths as well as to determine the most appropriate backup links. The algorithm porposed in this thesis has been tested with the real networks. The test results show the overall reliability of such networks and allow the links with significant contributions to the reliability be identified. The testing results herein take into account both traffic scenarios of single pair and multiple pairs of origin and destination in the network.

Department Electrical Engineering **Student's signature** . . . . . .

Field of study Electrical Engineering **Advisor's signature** . . . . . .

Academic year 2005 . . . . . .

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือของ ผศ. ดร.เชาวน์ดิศ อัศวกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนให้คำปรึกษาที่ดีเยี่ยมในทุกๆ ด้านไม่ว่าเรื่องของการทำงานหรือในเรื่องของการเรียนตลอดช่วงเวลาในการทำวิจัย ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณเพื่อนพี่น้องนิสิตทุกคนโดยเฉพาะ ขวัญตา ทศพร กลิกา อัครเดช ที่มีส่วนช่วยเหลือให้ข้อคิดเห็น คำแนะนำและกำลังใจตลอดระยะเวลาการทำวิจัยอย่างดียิ่ง

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดา มารดา รวมทั้งพี่น้อง ซึ่งได้ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย . . . . . ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ . . . . . จ

กิตติกรรมประกาศ . . . . . ฉ

สารบัญ . . . . . ช

สารบัญตาราง . . . . . ฌ

สารบัญภาพ . . . . . ญ

1 บทนำ 1

1.1 บทนำ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ 5

1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน 5

1.4 ขอบเขตวิทยานิพนธ์ 6

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

2 ทฤษฎีทั่วไป 7

2.1 ทฤษฎีเกม 7

2.2 แผนการแข่งขัน 7

2.3 เกมการแข่งขัน 2 คน ผลรวมเป็นศูนย์และผลลัพธ์ของเกมที่ดีที่สุดเมื่อผู้แข่งขันใช้แผนการบริสุทธิ์ 8

2.4 หลักเกณฑ์ แมกซิมิน และ มินนิแมกซ์ (maximin and minimax criteria) . . . 8

2.5 ผลลัพธ์ของเกมที่ดีที่สุดเมื่อคู่แข่งขันใช้แผนการผสม 11

2.6 MPLS (Multi Protocol Label Switching) 11

2.7 โครงสร้างของ MPLS 12

2.8 เลเบล 12

2.9 การทำงานของ MPLS 13

2.10 สรุป 15

3 วิธีการประเมินความเชื่อถือได้ที่เสนอ 17

3.1 กรณีโครงข่ายแบบหลายระดับที่มีการเสียหายของข่ายเชื่อมโยงแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน เมื่อมีทราฟฟิกจาก 1 คู่โนด 17
3.2 กรณีโครงข่ายแบบหลายระดับที่มีการเสียหายของข่ายเชื่อมโยงแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน เมื่อมีทราฟฟิกมากกว่า 1 คู่โนด 21
4 ผลการทดสอบ 25
4.1 ผลการทดสอบจากโครงข่าย internet2 25
4.1.1 กรณีที่พิจารณาทราฟฟิกจาก1 คู่โนด 26
4.1.2 กรณีที่พิจารณาทราฟฟิกมากกว่า 1 คู่โนด 29
4.2 ผลการทดสอบจากโครงข่าย APAN (Asia Pacific Advance Network) 37
4.2.1 กรณีที่พิจารณาทราฟฟิกจาก1 คู่โนด 37
4.2.2 กรณีที่พิจารณาทราฟฟิกมากกว่า 1 คู่โนด 40
5 สรุปและข้อเสนอแนะ 49
5.1 สรุปผลการทดสอบ 49
5.2 ข้อเสนอแนะ 50
รายการอ้างอิง 51
ภาคผนวก 52
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 53

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ผลตอบแทนของบริษัท A และบริษัท B 16
ตารางที่ 2.2 ผลตอบแทนของบริษัท A และบริษัท B กับแผนซึ่งแต่ละฝ่ายพิจารณาค่าความ
ได้เปรียบและเสียเปรียบ 16

สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1 ค่ามินนิแมกซ์ และ แมกซิมิน 9
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของ MPLS 13
รูปที่ 2.3 รูปแบบในการแทรกเลเบล 13
รูปที่ 2.4 แสดงกระบวนการส่งแพ็กเกตของ MPLS จากต้นทางไปถึงปลายทาง 14
รูปที่ 4.1 โครงข่าย internet2 26
รูปที่ 4.2 ค่าต้นทุนเฉลี่ยในการเดินทาง 27
รูปที่ 4.3 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางจะถูกเลือก 27
รูปที่ 4.4 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละข่ายเชื่อมโยงจะถูกเลือก 28
รูปที่ 4.5 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหายของแต่ละเหตุการณ์ 28
รูปที่ 4.6 ค่าต้นทุนเฉลี่ยในการเดินทาง 29
รูปที่ 4.7 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางจะถูกเลือก 30
รูปที่ 4.8 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละข่ายเชื่อมโยงจะถูกเลือก 30
รูปที่ 4.9 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหายของแต่ละเหตุการณ์ 31
รูปที่ 4.10 ค่าต้นทุนเฉลี่ยในการเดินทาง 32
รูปที่ 4.11 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางใน OD1 จะถูกเลือก 32
รูปที่ 4.12 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางใน OD2 จะถูกเลือก 33
รูปที่ 4.13 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละข่ายเชื่อมโยงจะถูกเลือก 33
รูปที่ 4.14 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหายของแต่ละเหตุการณ์ 34
รูปที่ 4.15 ค่าต้นทุนเฉลี่ยในการเดินทาง 34
รูปที่ 4.16 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางใน OD1 จะถูกเลือก 35
รูปที่ 4.17 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางใน OD2 จะถูกเลือก 35
รูปที่ 4.18 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละข่ายเชื่อมโยงจะถูกเลือก 36
รูปที่ 4.19 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหายของแต่ละเหตุการณ์ 36
รูปที่ 4.20 โครงข่าย APAN 38
รูปที่ 4.21 ค่าต้นทุนเฉลี่ยในการเดินทาง 38
รูปที่ 4.22 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางจะถูกเลือก 39
รูปที่ 4.23 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละข่ายเชื่อมโยงจะถูกเลือก 39

รูปที่ 4.24 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหายของแต่ละเหตุการณ์ 40
รูปที่ 4.25 ค่าราคาต้นทุนเฉลี่ยในการเดินทาง 41
รูปที่ 4.26 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางจะถูกเลือก 41
รูปที่ 4.27 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละช่ายเชื่อมโยงจะถูกเลือก 42
รูปที่ 4.28 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหายของแต่ละเหตุการณ์ 42
รูปที่ 4.29 ค่าต้นทุนเฉลี่ยในการเดินทาง 43
รูปที่ 4.30 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางใน OD1 จะถูกเลือก 44
รูปที่ 4.31 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางใน OD 2 จะถูกเลือก 44
รูปที่ 4.32 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละช่ายเชื่อมโยงจะถูกเลือก 45
รูปที่ 4.33 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหายของแต่ละเหตุการณ์ 45
รูปที่ 4.34 ค่าราคาต้นทุนเฉลี่ยในการเดินทาง 46
รูปที่ 4.35 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางใน OD1 จะถูกเลือก 46
รูปที่ 4.36 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางใน OD2 จะถูกเลือก 47
รูปที่ 4.37 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละช่ายเชื่อมโยงจะถูกเลือก 47
รูปที่ 4.38 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหายของแต่ละเหตุการณ์ 48