

การปรับปรุงวิธีรวบรวมข่าวสารความคับคั่งสำหรับการให้บริการแบบเอบีอาร์จากหนึ่งจุดไปสู่
หลายจุดในโครงข่ายเอทีเอ็ม

นายสุภเกียรติ เล่าหะเมทน



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-332-978-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


AN IMPROVEMENT OF CONSOLIDATION ALGORITHMS FOR POINT-TO-MULTIPOINT
ABR SERVICES IN ATM NETWORKS

Mr. Supakiat Laohamatanee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
For the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1999
ISBN 974-332-978-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงวิธีรวบรวมข่าวสารความคืบคั่งสำหรับการให้บริการแบบเอบี
อาร์จากหนึ่งจุดไปสู่หลายจุดในโครงข่ายเอทีเอ็ม
โดย นายสุภเกียรติ เลาหะเมธานี
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.ลัญจนกร วุฒิสัทติกุลกิจ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ประพัฒน์มงคลการ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
ศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

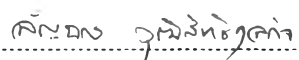
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กิระนันท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



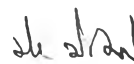
ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย จิตะพันธ์กุล)



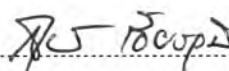
อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.ลัญจนกร วุฒิสัทติกุลกิจ)



อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ประพัฒน์มงคลการ)



กรรมการ

(ดร.สุพจน์ เขียววุฒิ)

ศุภเกียรติ เลหาะเมทธิ : การปรับปรุงวิธีการรวบรวมข่าวสารความคับคั่งสำหรับการให้บริการแบบเอ-
บีอาร์จากหนึ่งจุดไปสู่หลายจุดในโครงข่ายเอทีเอ็ม (AN IMPROVEMENT OF
CONSOLIDATION ALGORITHMS FOR POINT-TO-MULTIPOINT ABR SERVICES IN
ATM NETWORKS) อ.ที่ปรึกษา : อ.ดร.ลัญจกร วุฒิสัทติกุลกิจ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ศาสตราจารย์
ดร. ประสิทธิ์ ประพัฒน์มงคลการ, หน้า 105. ISBN 974-332-978-1

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการปรับปรุงวิธีการรวบรวมข่าวสารความคับคั่งสำหรับการส่งข้อมูล
ประเภทเอบีอาร์จากหนึ่งจุดไปสู่หลายจุดในโครงข่ายเอทีเอ็ม โดยได้คิดค้นและพัฒนาวิธีการรวบรวมข่าวสาร
ความคับคั่งขึ้นมาใหม่ 2 วิธี เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการรวบรวมข่าวสารความคับคั่งที่สวิตช์ให้ดีขึ้น และ
ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ กับวิธีการรวบรวมข่าวสารความคับคั่งแบบดั้งเดิม 5 วิธี ได้แก่ Robert
algorithm, TS algorithm, RSS algorithm, Wait-for-all algorithm และ Immediate Rate Calculation algorithm
นอกจากนี้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ยังได้นำเสนอการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโครงข่ายที่ใช้วิธีควบคุม
ความคับคั่งแบบอีริกาและเอฟเอ็มเอ็มอาร์เอ เมื่อนำมาใช้ร่วมกับวิธีรวบรวมข่าวสารความคับคั่งแบบทั้ง 7 วิธี
เพื่อศึกษาผลกระทบของวิธีรวบรวมข่าวสารความคับคั่งที่มีต่อการทำงานของวิธีควบคุมความคับคั่ง

จากผลการจำลองการทำงานพบว่าวิธีรวบรวมข่าวสารความคับคั่งที่เสนอทั้งสองวิธีนั้นสามารถ
ปรับปรุงผลตอบสนองชั่วคราวให้มีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการเดิม ในขณะที่ยังคงรักษาประสิทธิภาพด้านอื่น ๆ
ไว้ได้ โดยวิธีการที่เสนอวิธีการแรกนั้นมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีการที่สอง แต่มีความซับซ้อนสูงกว่า สำหรับ
วิธีการควบคุมความคับคั่งแบบอีริกาและเอฟเอ็มเอ็มอาร์เอ นั้นให้ประสิทธิภาพที่ต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับวิธีรว
บรวมข่าวสารความคับคั่งที่ใช้งาน

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....ลายมือชื่อนิสิต.....ศุภเกียรติ เลหาะเมทธิ
สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....ลัญจกร วุฒิสัทติกุลกิจ
ปีการศึกษา.....2542.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....ประสิทธิ์ ประพัฒน์มงคลการ

4070442321 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEYWORD : ABR (AVAILABLE BIT RATE) / ERICA (EXPLICIT RATE INDICATE FOR CONGESTION AVOIDANCE) / FMMRA (FAST MAX-MIN RATE ALLOCATION) / CONSOLIDATION ALGORITHM/

SUPAKIAT LAOHAMATANEE : AN IMPROVEMENT OF CONSOLIDATION ALGORITHMS FOR POINT-TO-MULTIPOINT ABR SERVICES IN ATM NETWORKS. THESIS ADVISOR : DR. LUNCHAKORN WUTTISITTIKULKIJ. THESIS CO-ADVISOR : PROF. DR. PRASIT PRAPINMONGKOLKARN. 105 pp. ISBN 974-332-978-1

This thesis proposes an improvement of consolidation algorithms for point-to-multipoint ABR services in ATM networks. Two new consolidation algorithms have been developed for enhancing the consolidation performance at each switch. The performance of five known consolidation algorithms, namely, Robert algorithm, TS algorithm, RSS algorithm, Wait-for-all algorithm and Immediate Rate Calculation algorithm were compared with the two proposed algorithms. This thesis also presents a performance comparison between the ERICA and the FMMRA congestion control algorithms when operating with various consolidation algorithms in point-to-multipoint ABR service and studies the effect of the congestion controls to the performance of the consolidation algorithms.

The simulation results show that the two new proposed consolidation algorithms have better performance than the previous algorithms. The first proposed algorithm provides best performance, however, it gives highest implementation complexity in the switches. The ERICA algorithm and the FMMRA algorithm give different results depending on the consolidation algorithm used at each switch.

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....ลายมือชื่อนิสิต.....ศิวเกียรติ วิชาเอก.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....ศิวเกียรติ วิชาเอก.....
ปีการศึกษา.....2542.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....ศิวเกียรติ



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี กระผมใคร่ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ดร.ถัญฉกร วุฒิสัทติกุลกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ประพิมพ์มงคลการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ เกี่ยวกับการวิจัยด้วยดีตลอดมา และ ขอขอบคุณอย่างสูงสำหรับ คุณธนัญญ์ จารุวิทย์ โกวิท และ คุณนริศ รังษีนพมาศ ที่ช่วยให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็น และขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยสำหรับวิจัยผ่านทาง โครงการ Telecommunications Consortium

สุดท้ายนี้ กระผมใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ซึ่งให้การสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ กระผมตลอดเวลา จนกระผมได้สำเร็จการศึกษา

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฅ
สารบัญตาราง.....	ด
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 เป้าหมายและขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	3
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน.....	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	3
บทที่ 2 การควบคุมทราฟฟิกในโครงข่ายเอทีเอ็ม.....	5
2.1 การควบคุมทราฟฟิกในโครงข่าย ATM.....	5
2.2 การควบคุมการส่งข้อมูลบนการให้บริการแบบ ABR ในโครงข่าย ATM.....	6
2.3 คุณลักษณะของแหล่งกำเนิดข้อมูล.....	8
2.4 วิธีควบคุมความคับคั่ง.....	11
2.4.1 วิธีการป้อนกลับบิตเดียว (Binary Feedback Schemes).....	12
2.4.2 วิธีการป้อนกลับค่าอัตราส่งแน่นอน (Explicit Rate Feedback Schemes).....	12
2.5 วิธี ERICA (Explicit Rate Indicate for Congestion Avoidance).....	13
2.6 วิธี FMMRA (Fast Max-Min Rate Allocation).....	17
บทที่ 3 การส่งข้อมูลประเภท ABR จากหนึ่งจุดไปสู่หลายจุดในโครงข่ายเอทีเอ็ม.....	20
3.1 กล่าวนำ.....	20
3.2 การควบคุมการส่งแบบหนึ่งจุดไปสู่หลายจุดสำหรับการให้บริการแบบ ABR.....	21
3.3 วิธีรวบรวมข่าวสารความคับคั่ง.....	23
3.3.1 Robert algorithm.....	24
3.3.2 TS algorithm.....	25
3.3.3 RSS algorithm.....	28

สารบัญ (ต่อ)

3.3.4	Wait-for-all algorithm	30
3.3.5	Immediate Rate Calculation algorithm	32
3.4	ปัญหาการทำงานของวิธีควบคุมความคับคั่งร่วมกับวิธีรวบรวมข่าวสารความคับคั่ง	
	วิธีรวบรวมข่าวสารความคับคั่ง	35
3.5	วิธีรวบรวมความคับคั่งที่เสนอแบบที่ 1	36
3.6	วิธีรวบรวมความคับคั่งที่เสนอแบบที่ 2	37
บทที่ 4	แบบจำลองและวิธีการจำลองแบบ	40
4.1	ข้อกำหนดของแบบจำลอง	40
4.2	วิธีจำลองแบบ	40
4.3	การนำเสนอผลการจำลอง	41
4.4	การทดสอบความถูกต้องของการจำลองระบบ	42
4.4.1	การทดสอบความถูกต้องของวิธี ERICA และ วิธีรวบรวมความคับคั่ง	42
4.4.2	การทดสอบความถูกต้องของวิธี FMMRA	43
บทที่ 5	ผลการจำลองแบบ	44
5.1	ผลการจำลองสำหรับ One hop configuration	44
5.1.1	รูปแบบโครงข่ายและค่ากำหนดต่าง ๆ	44
5.1.2	สมรรถนะของ วิธี ERICA	44
5.1.3	สมรรถนะของวิธี FMMRA	47
5.1.4	เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง ERICA และ FMMRA	50
5.1.5	เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีรวบรวมข่าวสารความคับคั่งต่าง ๆ	50
5.2	ผลการจำลองสำหรับ Chain configuration	51
5.2.1	รูปแบบโครงข่ายและค่ากำหนดต่าง ๆ	51
5.2.2	สมรรถนะของ วิธี ERICA	51
5.2.3	สมรรถนะของวิธี FMMRA	57
5.2.4	เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง ERICA และ FMMRA	60
5.2.5	เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีรวบรวมข่าวสารความคับคั่งต่าง ๆ	60
5.3	ผลการจำลองสำหรับ Chain configuration with low ICR	61

สารบัญ (ต่อ)

5.3.1	รูปแบบโครงข่ายและค่ากำหนดต่าง ๆ.....	61
5.3.2	สมรรถนะของ วิธี ERICA.....	61
5.3.3	สมรรถนะของวิธี FMMRA.....	64
5.3.4	เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง ERICA และ FMMRA.....	66
5.3.5	เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง วิธีรวบรวมข่าวสารความคับคั่งต่าง ๆ.....	67
5.4	ผลการจำลองสำหรับ Jiang configuration.....	68
5.4.1	รูปแบบโครงข่ายและค่ากำหนดต่าง ๆ.....	68
5.4.2	สมรรถนะของ วิธี ERICA.....	68
5.4.3	สมรรถนะของวิธี FMMRA.....	72
5.4.4	เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง ERICA และ FMMRA.....	73
5.4.5	เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง วิธีรวบรวมข่าวสารความคับคั่งต่าง ๆ.....	73
5.5	ผลการจำลองสำหรับ VBR Chain configuration.....	75
5.5.1	รูปแบบโครงข่ายและค่ากำหนดต่าง ๆ.....	75
5.5.2	สมรรถนะของ วิธี ERICA.....	76
5.5.3	สมรรถนะของวิธี FMMRA.....	79
5.5.4	เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง ERICA และ FMMRA.....	83
5.5.5	เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง วิธีรวบรวมข่าวสารความคับคั่งต่าง ๆ.....	83
บทที่ 6	บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	84
6.1	เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง ERICA และ FMMRA.....	84
6.1.1	Max-Min fairness.....	84
6.1.2	ผลตอบสนองชั่วคราว.....	84
6.1.3	Consolidation noise.....	84
6.1.4	ความซับซ้อนในการพัฒนา.....	85
6.1.5	ความเหมาะสมในการใช้งานกับ วิธีรวบรวมข่าวสารความคับคั่งต่าง ๆ.....	85
6.2	เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีรวบรวมข่าวสารความคับคั่ง.....	85

สารบัญ (ต่อ)

6.2.1	Consolidation noise	86
6.2.2	ผลตอบสนองชั่วคราวในสภาวะโหลดเกิน	86
6.2.3	ผลตอบสนองชั่วคราวในสภาวะโหลดต่ำ	87
6.2.4	ความซับซ้อนในการพัฒนา	88
6.2.5	RM cell Overhead	88
6.2.6	Change to non responsive branch	89
6.2.7	Change to newly joined branch	90
6.3	ข้อเสนอแนะ	92
	รายการอ้างอิง	93
	ภาคผนวก	95
	ประวัติผู้เขียน	105

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของการให้บริการแบบต่าง ๆ ในโครงข่าย ATM.....	6
ตารางที่ 2.2 ABR parameter descriptions.....	10
ตารางที่ 2.3 Fields and their position in RM-cells.....	11
ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างของการใช้ Max-Min fairness กำหนวธาแบนวิดท์ที่เท่าเทียมกัน	13
ตารางที่ 6.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธี ERICA และ วิธี FMMRA.....	85
ตารางที่ 6.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีการรวบรวมข่าวสารความคับคั่งต่าง ๆ.....	91

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 แบบจำลองโครงข่าย ATM บนการเชื่อมต่อประเภท ABR อย่างง่าย.....	8
รูปที่ 2.2 วิธีการควบคุมความคับคั่งแบบ ERICA.....	15
รูปที่ 2.3 วิธีการควบคุมหน่วยความจำใน ERICA+.....	17
รูปที่ 2.4 วิธีการควบคุมความคับคั่งแบบ FMMRA.....	19
รูปที่ 3.1 การส่งแบบหนึ่งจุดไปสู่หลายจุดที่ไม่มีประสิทธิภาพ.....	20
รูปที่ 3.2 การส่งแบบหนึ่งจุดไปสู่หลายจุดที่มีประสิทธิภาพ.....	21
รูปที่ 3.3 ความผิดพลาดจากการไม่รวบรวมข่าวสารการป้อนกลับ.....	22
รูปที่ 3.4 การทำงานของวิธีรวบรวมข่าวสารความคับคั่ง.....	23
รูปที่ 3.5 ลำดับการทำงานของ Robert algorithm.....	24
รูปที่ 3.6 แผนผังการทำงานของ Robert algorithm.....	25
รูปที่ 3.7 ลำดับการทำงานของ TS algorithm.....	26
รูปที่ 3.8 แผนผังการทำงานของ TS algorithm.....	27
รูปที่ 3.9 ลำดับการทำงานของ RSS algorithm.....	28
รูปที่ 3.10 แผนผังการทำงานของ RSS algorithm.....	29
รูปที่ 3.11 ลำดับการทำงานของ Wait-for-all algorithm.....	30
รูปที่ 3.12 แผนผังการทำงานของ Wait-for-all algorithm.....	31
รูปที่ 3.13 ลำดับการทำงานของ Immediate Rate Calculation algorithm.....	33
รูปที่ 3.14 แผนผังการทำงานของ Immediate Rate Calculation algorithm.....	34
รูปที่ 3.15 ลำดับการทำงานของวิธีการที่เสนอแบบที่ 1.....	37
รูปที่ 3.16 แผนผังการทำงานของวิธีการที่เสนอแบบที่ 1.....	37
รูปที่ 3.15 ลำดับการทำงานของวิธีการที่เสนอแบบที่ 2.....	38
รูปที่ 3.16 แผนผังการทำงานของวิธีการที่เสนอแบบที่ 2.....	39
รูปที่ 4.1 Multicast Output buffer switch.....	40
รูปที่ 4.2 Chain configuration.....	42
รูปที่ 4.3 Results for Robert algorithm.....	42
รูปที่ 4.4 Results for TS algorithm.....	42
รูปที่ 4.5 Results for RSS algorithm.....	42
รูปที่ 4.6 Results for Wait-for-all algorithm.....	42
รูปที่ 4.7 Results for Immediate Rate Calculation algorithm.....	42

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 4.8 GFC1 configuration.....	43
รูปที่ 4.9 result of FMMRA algorithm.....	43
รูปที่ 5.1 One hop configuration.....	44
รูปที่ 5.2 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ Robert Algorithm สำหรับ One hop configuration.....	45
รูปที่ 5.3 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ TS Algorithm สำหรับ One hop configuration.....	45
รูปที่ 5.4 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ RSS Algorithm สำหรับ One hop configuration.....	45
รูปที่ 5.5 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ Wait-for-all Algorithm สำหรับ One hop configuration.....	45
รูปที่ 5.6 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ Immediate Rate Calculation Algorithm สำหรับ One hop configuration.....	46
รูปที่ 5.7 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 1 สำหรับ One hop configuration.....	46
รูปที่ 5.8 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 2 สำหรับ One hop configuration.....	46
รูปที่ 5.9 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ Robert Algorithm สำหรับ One hop configuration.....	48
รูปที่ 5.10 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ TS Algorithm สำหรับ One hop configuration.....	48
รูปที่ 5.11 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ RSS Algorithm สำหรับ One hop configuration.....	48
รูปที่ 5.12 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ Wait-for-all Algorithm สำหรับ One hop configuration.....	48
รูปที่ 5.13 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ Immediate Rate Calculation Algorithm สำหรับ One hop configuration.....	49
รูปที่ 5.14 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 1 สำหรับ One hop configuration.....	49

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 5.15 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 2	
สำหรับ One hop configuration	49
รูปที่ 5.16 Chain configuration	51
รูปที่ 5.17 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ Robert Algorithm	
สำหรับ Chain configuration	52
รูปที่ 5.18 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ TS Algorithm	
สำหรับ Chain configuration	52
รูปที่ 5.19 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ RSS Algorithm	
สำหรับ Chain configuration	52
รูปที่ 5.20 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ Wait-for-all Algorithm	
สำหรับ Chain configuration	52
รูปที่ 5.21 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ Immediate Rate Calculation Algorithm	
สำหรับ Chain configuration	53
รูปที่ 5.22 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 1	
สำหรับ Chain configuration	53
รูปที่ 5.23 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 2	
สำหรับ Chain configuration	53
รูปที่ 5.24 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ Robert Algorithm	
สำหรับ Chain configuration	57
รูปที่ 5.25 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ TS Algorithm	
สำหรับ Chain configuration	57
รูปที่ 5.26 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ RSS Algorithm	
สำหรับ Chain configuration	58
รูปที่ 5.27 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ Wait-for-all Algorithm	
สำหรับ Chain configuration	58
รูปที่ 5.28 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ Immediate Rate Calculation Algorithm	
สำหรับ Chain configuration	58
รูปที่ 5.29 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 1	
สำหรับ Chain configuration	58

สารบัญรูปลูกภาพ (ต่อ)

รูปที่ 5.30 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 2 สำหรับ Chain configuration	59
รูปที่ 5.31 Chain configuration with low ICR	61
รูปที่ 5.32 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ Robert Algorithm สำหรับ Chain configuration with low ICR	62
รูปที่ 5.33 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ TS Algorithm สำหรับ Chain configuration with low ICR	62
รูปที่ 5.34 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ RSS Algorithm สำหรับ Chain configuration with low ICR	62
รูปที่ 5.35 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ Wait-for-all Algorithm สำหรับ Chain configuration with low ICR	62
รูปที่ 5.36 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ Immediate Rate Calculation Algorithm สำหรับ Chain configuration with low ICR	63
รูปที่ 5.37 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 1 สำหรับ Chain configuration with low ICR	63
รูปที่ 5.38 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 2 สำหรับ Chain configuration with low ICR	63
รูปที่ 5.39 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ Robert Algorithm สำหรับ Chain configuration with low ICR	64
รูปที่ 5.40 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ TS Algorithm สำหรับ Chain configuration with low ICR	65
รูปที่ 5.41 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ RSS Algorithm สำหรับ Chain configuration with low ICR	65
รูปที่ 5.42 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ Wait-for-all Algorithm สำหรับ Chain configuration with low ICR	65
รูปที่ 5.43 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ Immediate Rate Calculation Algorithm สำหรับ Chain configuration with low ICR	65
รูปที่ 5.44 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 1 สำหรับ Chain configuration with low ICR	66

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 5.45 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 2	
สำหรับ Chain configuration with low ICR	66
รูปที่ 5.46 Jiang configuration	68
รูปที่ 5.47 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ Robert Algorithm	
สำหรับ Jiang configuration	69
รูปที่ 5.48 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ TS Algorithm	
สำหรับ Jiang configuration	69
รูปที่ 5.49 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ RSS Algorithm	
สำหรับ Jiang configuration	69
รูปที่ 5.50 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ Wait-for-all Algorithm	
สำหรับ Jiang configuration	69
รูปที่ 5.51 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ Immediate Rate Calculation Algorithm	
สำหรับ Jiang configuration	70
รูปที่ 5.52 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 1	
สำหรับ Jiang configuration	70
รูปที่ 5.53 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 2	
สำหรับ Jiang configuration	70
รูปที่ 5.54 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ Robert Algorithm	
สำหรับ Jiang configuration	72
รูปที่ 5.55 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ TS Algorithm	
สำหรับ Jiang configuration	72
รูปที่ 5.56 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ RSS Algorithm	
สำหรับ Jiang configuration	72
รูปที่ 5.57 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ Wait-for-all Algorithm	
สำหรับ Jiang configuration	72
รูปที่ 5.58 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ Immediate Rate Calculation Algorithm	
สำหรับ Jiang configuration	73
รูปที่ 5.59 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 1	
สำหรับ Jiang configuration	73

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 5.60 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 2 สำหรับ Jiang configuration	73
รูปที่ 5.61 VBR chain configuration	75
รูปที่ 5.62 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ Robert Algorithm สำหรับ VBR chain configuration	76
รูปที่ 5.63 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ TS Algorithm สำหรับ VBR chain configuration	76
รูปที่ 5.64 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ RSS Algorithm สำหรับ VBR chain configuration	76
รูปที่ 5.65 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ Wait-for-all Algorithm สำหรับ VBR chain configuration	76
รูปที่ 5.66 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับ Immediate Rate Calculation Algorithm สำหรับ VBR chain configuration	77
รูปที่ 5.67 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 1 สำหรับ VBR chain configuration	77
รูปที่ 5.68 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี ERICA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 2 สำหรับ VBR chain configuration	77
รูปที่ 5.69 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ Robert Algorithm สำหรับ VBR chain configuration	79
รูปที่ 5.70 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ TS Algorithm สำหรับ VBR chain configuration	79
รูปที่ 5.71 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ RSS Algorithm สำหรับ VBR chain configuration	80
รูปที่ 5.72 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ Wait-for-all Algorithm สำหรับ VBR chain configuration	80
รูปที่ 5.73 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับ Immediate Rate Calculation Algorithm สำหรับ VBR chain configuration	80
รูปที่ 5.74 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 1 สำหรับ VBR chain configuration	80

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 5.75 ผลการจำลองเมื่อใช้วิธี FMMRA ร่วมกับวิธีการที่เสนอแบบที่ 2 สำหรับ VBR chain configuration.....	81
---	----