

การวิเคราะห์ผลของไฟร์วอลล์ที่มีต่อระบบรักษาความปลอดภัยบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

นาย วีรวิทย์ วิวัฒน์อารีกุล



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-331-896-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๕๑๘๘๘๘๓๖

ANALYSIS OF THE EFFECT OF THE FIREWALL SYSTEM ON THE INTERNET

Mr. Weerawit Wiwattanaarekul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Computer Science

Department of Computer Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1998

ISBN 974-331-896-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์ผลของไฟร์วอลล์ที่มีต่อระบบรักษาความปลอดภัย
บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
โดย นาย วีรวิทย์ วิวัฒน์อารีกุล
ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ จารุมาตร ปิ่นทอง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ เดชานุชิต กัตตัญญูทวีทิพย์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



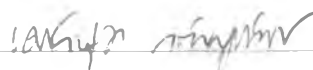
ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ยรรยง เต็งอำนวย)



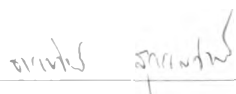
อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ จารุมาตร ปิ่นทอง)



อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(อาจารย์ เดชานุชิต กัตตัญญูทวีทิพย์)



กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ธราทิพย์ สุวรรณศาสตร์)

พิมพ์ฉบับจำกัดต่อวิชาเอกบริหารภายในนครราชสีมาซึ่งพิมพ์แยกเล่ม

วีรวิทย์ วิวัฒน์อารีกุล : การวิเคราะห์ผลของไฟร์วอลล์ที่มีผลต่อระบบรักษาความปลอดภัย บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (ANALYSIS OF THE EFFECT OF THE FIREWALL SYSTEM ON THE INTERNET)

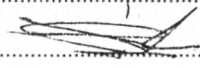
อ. ที่ปรึกษา : อ. จารุมาตร ปิ่นทอง , อ. ที่ปรึกษาร่วม : อ. เดชานุชิต กตัญญูทวีทิพย์,

69 หน้า ISBN 974-331-896-8.

ไฟร์วอลล์เป็นอุปกรณ์มาตรฐานของระบบรักษาความปลอดภัยบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตการวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการรักษาความปลอดภัยบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยแบ่งการวิจัยเป็นสามวิธีการคือ วิธีทดสอบประสิทธิภาพของระบบที่ไม่มีอุปกรณ์ไฟร์วอลล์ วิธีทดสอบประสิทธิภาพของระบบผ่านพีไอเอชไฟร์วอลล์ และวิธีสุดท้ายคือ วิธีทดสอบประสิทธิภาพของระบบผ่านเราเตอร์ วิธีการทดสอบประสิทธิภาพของแต่ละวิธีจะแบ่งการทดสอบโปรแกรมประยุกต์ย่อยออกเป็นสามประเภทคือ โปรแกรมประยุกต์เทลเน็ต โปรแกรมประยุกต์เอฟทีพี และ โปรแกรมประยุกต์เอชทีทีพี ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของระบบที่มีการใช้พีไอเอชไฟร์วอลล์ในระบบจะมีประสิทธิภาพดีกว่าระบบที่ใช้เราเตอร์

อย่างไรก็ตาม เราสามารถทำการวิจัยเพิ่มต่อไปในแง่ของ มาตรฐานของความปลอดภัยบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต นอกเหนือจากการทดสอบวัดประสิทธิภาพของอุปกรณ์ทั้งสามเพียงอย่างเดียว และจากการทดสอบทั้งสามวิธีการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบการรักษาความปลอดภัยของระบบเครือข่ายได้เป็นอย่างดี

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อนิสิต วิทย์ วิวัฒน์อารีกุล
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม เดชานุชิต กตัญญูทวีทิพย์

CR18763 MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEY WORD: Firewall / Security / Concurrent Connection / Throughput and Response Time
WEERAWIT WIWATTANAAREEKUL : ANALYSIS OF THE EFFECT OF THE FIREWALL SYSTEM
ON THE INTERNET. THESIS ADVISOR : CHARUMATR PINTHONG, THESIS
CO-ADVISOR : DECHANUCHIT KATANYUTAVEETIP. 69 pp. ISBN 974-331-896-8.

Firewall becomes the Internet Security Equipment. Firewall is widely used in most Internet Systems The purposes of this research are three folds: Firstly, host to host throughput applications are captured as a baseline data. Secondly, application throughput through PIX firewall is evaluated, and thirdly Host to Host throughput application through a router is captured and evaluated. Three Internet applications used in this experiment are TELNET, FTP and HTTP respectively. Result of the experiment has shown that PIX firewall has outperformed router in all three applications

This thesis explores the performance analysis of the secured network, measuring the possible throughput and response time degradation. However, the security levels of the network, equipped with firewall and routers can be further researched. This will help the network designer to optimally design the secured network, yet sustaining the acceptable performance level of the system.

ภาควิชา.....วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....

สาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์.....

ปีการศึกษา.....2541.....

ลายมือชื่อนิติ.....*นิติ วิชาเอก*.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*[Signature]*.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....*เดชาวุฒิ กตัญญู*.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ จารุมาตร์ ปิ่นทอง อาจารย์ เดชานุชิต กัตถัญญุทวีทิพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งทั้งสองท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ต่อการทำวิจัยครั้งนี้มาด้วยดีตลอด และผู้เขียนต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ยรรยง เต็งอำนาจ และ อาจารย์ ดร.ธราทิพย์ สุวรรณศาสตร์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์ชุดนี้ และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ทำยนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา-มารดา ที่ได้ให้กำลังใจและสนับสนุนทุนทรัพย์ในการศึกษาแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา



วีรวิทย์ วิวัฒน์อารีกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ฉ
สารบัญแผนภาพ.....	ฐ
บทที่	หน้า
บทที่ 1	
บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	3
บทที่ 2	
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง4	
2.1 โอเอสไอโมเดล (OSI Model).....	4
2.2 โพรโทคอลที่ซีพี/ไอพี (TCP/IP Protocol).....	6
2.3 โพรโทคอลที่ซีพี/ไอพี (TCP/IP Protocol) กับโอเอสไอโมเดล (OSI Model).....	7
2.4 หมายเลข ไอพี (IP Address).....	7
2.5 เราเตอร์ (Router).....	9
2.6 ระบบไฟร์วอลล์ (Firewall System).....	9
2.7 พีไอเอ็กซ์ไฟร์วอลล์ (PIX Firewall).....	9
2.8 การทำงานของระบบไฟร์วอลล์ (Firewall System).....	10
2.8.1 แพ็กเก็ตฟิวเตอร์ (Packet Filtering).....	10
2.8.2 พร็อกซีเซอร์วิส (Proxy Services).....	11

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
บทที่ 3	
การออกแบบระบบงาน.....	12
3.1 การออกแบบในขั้นตอนของฮาร์ดแวร์.....	12
3.1.1 วิธีการที่ 1 (ระบบที่ไม่มีอุปกรณ์ไฟร์วอลล์).....	12
3.1.2 วิธีการที่ 2 (ระบบที่มีไฟร์วอลล์).....	13
3.1.3 วิธีการที่ 3 (ระบบที่มีเราเตอร์).....	13
3.2 ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมประยุกต์.....	14
3.2.1 การทำคอนเคอร์เร้นคอนเนกชัน.....	15
3.2.1.1 การทำคอนเคอร์เร้นคอนเนกชันของโปรแกรมประยุกต์เทลเน็ต.....	16
3.2.1.2 การทำคอนเคอร์เร้นคอนเนกชันของโปรแกรมประยุกต์เอฟทีพี.....	16
3.2.1.3 การทำคอนเคอร์เร้นคอนเนกชันของโปรแกรมประยุกต์เอชทีทีพี.....	17
3.3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแบบเซิร์ฟและแบบพีเอช.....	17
3.3.1 ขั้นตอนการทำงานด้วยคำสั่งแบบเซิร์ฟของโปรแกรมประยุกต์เทลเน็ต.....	17
3.3.2 ขั้นตอนการทำงานด้วยโปรแกรมคำสั่งแบบพีเอชของโปรแกรมประยุกต์เทลเน็ต.....	18
3.3.3 ขั้นตอนการทำงานด้วยคำสั่งแบบเซิร์ฟของโปรแกรมประยุกต์เอฟทีพี.....	20
3.3.4 ขั้นตอนการทำงานด้วยโปรแกรมคำสั่งแบบพีเอชของโปรแกรมประยุกต์เอฟทีพี.....	21
3.3.5 ขั้นตอนการทำงานด้วยโปรแกรมประยุกต์เอชทีทีพี.....	22
3.3.6 ขั้นตอนการทำงานโปรแกรมคำสั่งแบบพีเอชของโปรแกรมประยุกต์เอชทีทีพี.....	23
3.4 วิธีทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมประยุกต์.....	27
3.4.1 โปรแกรมประยุกต์เทลเน็ต.....	27
3.4.2 โปรแกรมประยุกต์เอฟทีพี.....	25
3.4.3 โปรแกรมประยุกต์เอชทีทีพี.....	26
3.5 สรุปวิธีการทดสอบ.....	27

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บทที่ 4	
ผลการทดสอบ.....	28
4.1 สมมติฐาน.....	28
4.2 ผลการทดสอบของโปรแกรมประยุกต์ทั้ง 3 ประเภท.....	29
4.2.1 โปรแกรมประยุกต์เทลเน็ต.....	29
4.2.1.1 โปรแกรมประยุกต์เทลเน็ตจำนวน 10 คอนเคอร์เร้นคอนเนกชั่น ทดสอบระหว่างวิธีการ.....	29
4.2.1.2 โปรแกรมประยุกต์เทลเน็ตจำนวน 30 คอนเคอร์เร้นคอนเนกชั่น ทดสอบระหว่างวิธีการ.....	31
4.2.1.3 โปรแกรมประยุกต์เทลเน็ตจำนวน 60 คอนเคอร์เร้นคอนเนกชั่น ทดสอบระหว่างวิธีการ.....	31
4.2.2 โปรแกรมประยุกต์แบบเอฟทีพี.....	32
4.2.2.1 โปรแกรมประยุกต์เอฟทีพีจำนวน 10 คอนเคอร์เร้นคอนเนกชั่น.....	32
4.2.2.2 โปรแกรมประยุกต์เอฟทีพีจำนวน 30 คอนเคอร์เร้นคอนเนกชั่น	35
4.2.3 โปรแกรมประยุกต์แบบเอชทีทีพี.....	38
4.2.3.1 โปรแกรมประยุกต์เอชทีทีพีจำนวน 10 คอนเคอร์เร้นคอนเนกชั่น.....	39
4.2.3.2 โปรแกรมประยุกต์เอชทีทีพีจำนวน 30 คอนเคอร์เร้นคอนเนกชั่น.....	42
4.2.3.3 โปรแกรมประยุกต์เอชทีทีพีจำนวน 60 คอนเคอร์เร้นคอนเนกชั่น.....	43
บทที่ 5	
สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	45
5.1 ข้อจำกัดของการวิจัย.....	45
5.2 ข้อสรุป.....	45
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	46

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

รายการอ้างอิง.....	47
ภาคผนวก.....	48
ภาคผนวก ก.ตารางค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของโปรแกรมประยุกต์.....	49
ภาคผนวก ข.PIX Firewall Configuration.....	61
ภาคผนวก ค.Test Script.....	62

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงหน้าที่และการทำงานของโอเอสไอ 7 เลเยอร์.....	4
ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของระบบไฟร์วอลล์	14
ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียดของเพิ่มข้อมูลต่างๆ ที่ใช้สำหรับโปรแกรมประยุกต์เอฟทีพี.....	25
ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดของเพิ่มข้อมูล ต่างๆ ที่ใช้สำหรับโปรแกรมประยุกต์ของเอชทีทีพี	26
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเวลาเฉลี่ยของโปรแกรมประยุกต์เทลเน็ต.....	29
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าอาโนวาของโปรแกรมประยุกต์เทลเน็ตจำนวน 10 คอนเคอร์เร้นคอนเน็กชั่น.....	30
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าอาโนวาของโปรแกรมประยุกต์เทลเน็ตจำนวน 30 คอนเคอร์เร้นคอนเน็กชั่น.....	31
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าอาโนวาของโปรแกรมประยุกต์เทลเน็ตจำนวน 60 คอนเคอร์เร้นคอนเน็กชั่น.....	31
ตารางที่ 4.5 สรุปผลการวิเคราะห์โปรแกรมประยุกต์เทลเน็ต.....	32
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของโปรแกรมประยุกต์เอฟทีพีจำนวน 10 คอนเคอร์เร้นคอนเน็กชั่น ของทั้งสามวิธีการจำแนกตามขนาดของเพิ่มข้อมูลและประเภทของเพิ่มข้อมูล.....	33
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าอาโนวาของโปรแกรมประยุกต์เอฟทีพีจำนวน 10 คอนเคอร์เร้นคอนเน็กชั่น.....	34
ตารางที่ 4.8 สรุปผลการวิเคราะห์โปรแกรมประยุกต์เทลเน็ต.....	35
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าประสิทธิภาพของโปรแกรมประยุกต์เอฟทีพีจำนวน 30 คอนเคอร์เร้นคอนเน็กชั่น ของทั้งสามวิธีการจำแนกตามขนาดของเพิ่มข้อมูลและประเภทของเพิ่มข้อมูล.....	36
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าอาโนวาของโปรแกรมประยุกต์เอฟทีพีจำนวน 30 คอนเคอร์เร้นคอนเน็กชั่น.....	37
ตารางที่ 4.11 สรุปผลการวิเคราะห์โปรแกรมประยุกต์เอฟทีพี.....	38
ตารางที่ 4.12 แสดงค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของโปรแกรมประยุกต์เอชทีทีพีจำแนกตามขนาดของเพิ่มข้อมูล และวิธีการ.....	39
ตารางที่ 4.13 แสดงค่าอาโนวาของโปรแกรมประยุกต์เอชทีทีพีจำนวน 10 คอนเคอร์เร้นคอนเน็กชั่น.....	41
ตารางที่ 4.14 สรุปผลการวิเคราะห์โปรแกรมประยุกต์เอชทีทีพีจำนวน 10 คอนเคอร์เร้นคอนเน็กชั่น.....	41
ตารางที่ 4.15 แสดงค่าอาโนวาของโปรแกรมประยุกต์เอชทีทีพีจำนวน 30 คอนเคอร์เร้นคอนเน็กชั่น.....	42
ตารางที่ 4.16 สรุปผลการวิเคราะห์โปรแกรมประยุกต์เอชทีทีพีจำนวน 30 คอนเคอร์เร้นคอนเน็กชั่น.....	42
ตารางที่ 4.17 แสดงค่าอาโนวาของโปรแกรมประยุกต์เอชทีทีพีจำนวน 60 คอนเคอร์เร้นคอนเน็กชั่น.....	43
ตารางที่ 4.18 สรุปผลการวิเคราะห์โปรแกรมประยุกต์เอชทีทีพีจำนวน 60 คอนเคอร์เร้นคอนเน็กชั่น.....	43

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงการรับ-ส่งข้อมูลบนไอเอสไอ 7 เลเยอร์.....	6
รูปที่ 2.2 แสดงการรับการเปรียบเทียบการทำงานของโปรโทคอลทีซีพี/ไอพีกับไอเอสไอเจ็ดเลเยอร์.....	7
รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของแอดเดรสในคลาสต่างๆ	8
รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานของแพ็กเก็ตฟิวเตอร์.....	10
รูปที่ 2.5 แสดงการทำงานของพรอกซีเซิร์ฟเวอร์.....	11
รูปที่ 3.1 แสดงการรับ-ส่งข้อมูลของระบบที่ไม่มีอุปกรณ์ไฟร์วอลล์.....	12
รูปที่ 3.2 แสดงการรับ-ส่งข้อมูลของระบบที่ใช้ไฟ้อะกซ์ไฟร์วอลล์.....	13
รูปที่ 3.3 แสดงการรับ-ส่งข้อมูลของระบบที่ใช้เราเตอร์.....	14
รูปที่ 3.4 แสดงการทำงานของโปรแกรมประยุกต์เทเลเน็ตในส่วนของคนเคอร์เรนคอนเนกชัน	16
รูปที่ 3.5 แสดงการทำงานของโปรแกรมประยุกต์เอฟทีพีในส่วนของคนเคอร์เรนคอนเนกชัน	16
รูปที่ 3.6 แสดงการทำงานของโปรแกรมประยุกต์เอชทีทีพีในส่วนของคนเคอร์เรนคอนเนกชัน	17
รูปที่ 3.7 แสดงการทำงานของคำสั่งแบบเซลล์ของโปรแกรมประยุกต์เทเลเน็ต.....	18
รูปที่ 3.8 แสดงเพิ่มข้อมูลที่ได้จากการทำงานด้วยคำสั่งแบบเซลล์ของโปรแกรมประยุกต์เทเลเน็ต.....	18
รูปที่ 3.9 แสดงการทำงานของคำสั่งแบบเฟิร์ลของโปรแกรมประยุกต์เทเลเน็ต.....	19
รูปที่ 3.10 แสดงเพิ่มข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการทำงานด้วยโปรแกรมคำสั่งเฟิร์ล ของโปรแกรมประยุกต์เทเลเน็ต.....	19
รูปที่ 3.11 แสดงการทำงานของคำสั่งแบบเซลล์ของโปรแกรมประยุกต์เอฟทีพี.....	20
รูปที่ 3.12 แสดงเพิ่มข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการทำงานด้วยโปรแกรมคำสั่งแบบเซลล์ ของโปรแกรมประยุกต์เทเลเน็ต.....	20
รูปที่ 3.13 แสดงการทำงานของคำสั่งแบบเฟิร์ลของโปรแกรมประยุกต์เอฟทีพี.....	21
รูปที่ 3.14 แสดงเพิ่มข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการทำงานด้วยโปรแกรมคำสั่งแบบเฟิร์ล ของโปรแกรมประยุกต์เอฟทีพี.....	22
รูปที่ 3.15 แสดงการทำงานของคำสั่งแบบเซลล์ของโปรแกรมประยุกต์เอชทีทีพี.....	22
รูปที่ 3.16 แสดงเพิ่มข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการทำงานด้วยโปรแกรมคำสั่งแบบเซลล์ ของโปรแกรมประยุกต์เอชทีทีพี.....	23
รูปที่ 3.17 แสดงการทำงานของคำสั่งแบบเฟิร์ลของโปรแกรมประยุกต์เทเลเน็ต.....	23
รูปที่ 3.18 แสดงเพิ่มข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการทำงานด้วยโปรแกรมคำสั่งแบบเฟิร์ล ของโปรแกรมประยุกต์เอชทีทีพี.....	24
รูปที่ 3.19 แสดงวิธีการทั้งหมดที่ใช้ทดสอบโปรแกรมประยุกต์.....	27

สารบัญแผนภูมิ

	หน้า
แผนภูมิที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยของโปรแกรมประยุกต์เทลเน็ตจำนวน 10 คอนเคอร์รันคอนเนกชัน.....	30
แผนภูมิที่ 4.2 แสดงค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของโปรแกรมประยุกต์เอฟทีพี	
จำนวน 10 คอนเคอร์รันคอนเนกชันจำแนกตามขนาดของแฟ้มข้อมูล.....	34
แผนภูมิที่ 4.3 แสดงค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของโปรแกรมประยุกต์เอฟทีพี	
จำนวน 30 คอนเคอร์รันคอนเนกชันจำแนกตามวิธีการ.....	37
แผนภูมิที่ 4.4 แสดงค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของโปรแกรมประยุกต์เอชทีพี	
จำนวน 10 คอนเคอร์รันคอนเนกชันของทั้ง 3 วิธีการ.....	40