การเพิ่มประสิทธิภาพการบริการสำหรับ Hypertext Transfer Protocol
กรณีศึกษา ระบบเครือข่ายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายเฉลิมพล เกษา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม

ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรรมระบบการผลิต

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-333-169-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2 3 มี.ค. 2545

T13633092

Increasing of Service Performance for Hypertext Transfer Protocol
A CASE STUDY ON CAMPUS COMPUTER NETWORK OF CHULALONGKORN UNIVERSITY

Mr. Chalermpon Kesa

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Engineering Management
Regional Centre for Manufacturing Systems Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1999

ISBN 974-333-169-7

Thesis Title	Increasing of Service Performance for Hypertext Transfer Protocol A CASE STUDY ON CAMPUS COMPUTER NETWORK OF CHULALONGKORN UNIVERSITY
By	Mr.Chalermpon Kesa
Programme	Engineering Management
Thesis Advisor	Mr.Wiwat Vatanawood
Thesis Co-Advisor	Mr.Siriwat Wangjarukorn

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

..... Dean of Graduate School
(Associate Professor Suchada Kiranandana, Ph.D.)

Thesis Committee

..... Chairman
(Associate Professor Tatchai Sumitra, Dr.Ing.)

..... Thesis Advisor
(Mr.Wiwat Vatanawood)

..... Thesis Co-Advisor
(Mr.Siriwat Wangjarukorn)

..... Member
(Professor Sirichan Thongprasert, Ph.D.)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

เฉลิมพล เกษา : การเพิ่มประสิทธิภาพการบริการสำหรับ Hypertext Transfer Protocol (Increasing of Service Performance for Hypertext Transfer Protocol) อ. ที่ปรึกษา วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ. 101 หน้า ISBN 974-333-169-7

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอการทำวิจัยเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการบริการสำหรับ Hypertext Transfer Protocol โดยเลือกระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นกรณีศึกษา Hypertext Transfer protocol ถูกใช้โดยบริการ World Wide Web ที่เป็นที่นิยมกันในเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ในการศึกษาจะเน้นปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัยคือ Cache size, Hit rate และ Response time ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบจำลองเครือข่ายและทดลองเพื่อหาแบบจำลองที่ติดตั้ง Proxy Server ที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพเวลาในการตอบสนองของการให้บริการ World Wide Web ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลการใช้งานบนระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัย และได้ทำการทดสอบและวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือทางสถิติ

ผลการทำวิจัยพบว่า รูปแบบ Hierarchy Level Model เป็นรูปแบบที่ดีที่สุดจากการทดลองทั้งสามรูปแบบคือ Direct Access Model, Single Level Model และ Hierarchy Level Model โดยที่ Hierarchy Level Model สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในแง่ของเวลาในการตอบสนองของการใช้งาน World Wide Web นอกจากนี้ ได้ทำการทดลองเพื่อหาค่า Cache size ที่เหมาะกับการใช้งานของระบบเครือข่ายหน่วยงานหนึ่งที่เลือกไว้ ในการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่า Cache size สามารถทำนายได้ และค่า Hit rate จะเพิ่มขึ้นกับระดับ Cache size ที่เหมาะสม

ภาควิชา ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต **ลายมือชื่อนิสิต** .....

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา** .....

ปีการศึกษา 2542 **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม** .....

3972966821 : MAJOR ENGINEERING MANAGEMENT
KEY WORD: SERVICE PERFORMANCE HYPERTEXT TRANSFER PROTOCOL

CHALERMPON KESA: INCREASING OF SERVICE PERFORMANCE FOR HYPERTEXT TRANSFER PROTOCOL

THESIS ADVISOR: WIWAT VATANAWOOD. 101 pp. ISBN 974-333-169-7

This study focuses on increasing of service performance for Hypertext Transfer Protocol. The Chulalongkorn University campus network is selected as a case study. The Hypertext Transfer Protocol packet is used by World Wide Web service that is the most popular on Internet network. Three factors were studied namely, Cache size, Hit rate, and Response time. Three alternative network models and experiments were designed for these networks to find the appropriate Proxy server deployment for the best increasing service performance of World Wide Web usage. Network utilization data on campus network were collected, tested and analyzed with statistical tools.

As the result of this study, Hierarchy Level model is the best network model among three experimental network models - Direct Access Model, Single Level Model and Hierarchy Level Model. Hierarchy Level Model increases the service performance of World Wide Web usage, and performs the fastest in response time. In additional, the appropriate cache size is investigated at selected candidate departmental Network node. The study shows that cache size can be predicted and the Hit rate seems to increase with the appropriate cache size number.

ภาควิชา ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2542 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

ACKNOWLEDGEMENTS

I have studied this program since November 1996. I also have been supported from persons who contribute their values to me. I would like to intend my great thankfulness to:

Mr. Wiwat Vatanawood is my advisor who has not only advise and help to make a success of this thesis, but also has a lot thinking and technique to be a benefit for me in the education. He has given well suggestions to write the thesis.

Dr. Kitti Limsakul from Economic department is a person who gives special advice about the statistic technique to test and analyze these experimental data

Mr. Siriwat Wangiarukorn is my co-advisor who gives a time and opportunity to success this studies and good coordination in everything.

The officer in an office of Information Technology—an organization of Chulalongkorn university and Computer Center of Engineering department, help me the giving information and resource to test for this study and others.

To my mother, father and full brothers who give strengthens, moral support to me. All of them are still in my mind that the same way, I have to give more returns to others.

To authors that give me a well philosophy thinking and make me to increase effective and improve my life.

CONTENTS

ABSTRACT (THAI) ..... **iv**

ABSTRACT (ENGLISH) ..... **v**

ACKNOWLEDGEMENTS ..... **vi**

CONTENTS ..... **vii**

LIST OF TABLES ..... **xi**

LIST OF FIGURES ..... **xii**

ABBREVIATION ..... **xiv**

CHAPTER I: INTRODUCTION **1**

1.1 Background 1

1.2 Current Situation 2

1.3 Statement of the Problems 3

1.4 Objective of Thesis 4

1.5 Scopes of Thesis 4

1.6 Procedure of Thesis 4

1.7 Expected Benefit 4

1.8 The Organization of Thesis 5

CHAPTER II: LITERATURE REVIEW & PROXY SERVER 7

2.1 Introduction 7

2.2 HTTP: Hypertext Transfer Protocol 7

2.3 Introduction to HTTP and HTML 9

2.3.1 HTTP Protocol 9

2.3.2 Header fields 10

CONTENTS

2.3.3 Response codes 10

2.3.4 TCP Client-Server 11

2.3.5 Create TCP socket and connect to server 11

2.3.6 Send request and half-close the connection 11

2.3.7 Ready reply 12

2.3.8 Create listening TCP socket 13

2.3.9 Accept a connection and process request 14

2.4 TCP's TIME_WAIT State 16

2.4.1 Reducing the Number of Segments with TCP 16

2.5 INTERNET Gateway- Proxy 18

2.6 Design Goals 18

2.7 Scalable and Flexible Caching 19

2.7.1 Flexibility 19

2.7.2 Scalability 21

2.7.3 Distributed Caching 22

2.7.4 Dynamic Proxy Routing 22

2.8 Proxy Server Deployment 23

2.8.1 Deciding which services IT want to provide 24

2.8.2 Determining where to deploy the server 25

2.8.3 Deciding which architecture to use 28

2.8.4 Determining how many servers it will need 33

2.8.5 Deciding what type of hardware to use 35

2.8.6 Configuring the servers 39

2.8.7 Tuning the servers 42

CONTENTS

2.9 Proxy Advantages 45
2.10 Web cache Performance 48

CHPATER III: STATISTIC AND ECONOMICAL THEORY 51

3.1 Mann-Whitney Test 51

3.2 Tests Concerning Means 51

3.3 Multiple Regression 55

3.3.1 Curvilinear regression 55

CHAPTER IV: THE EXPERIMENTS OF THREE NETWORK MODELS 57

4.1 Introduction 57

4.2 Experimental Information 58

4.2.1 Direct Access Model 58

4.2.2 Single Level Model 58

4.2.3 Hierarchy Level Model 59

4.3 The Objective of this experiment 60

4.4 Experimental Variables 61

4.5 Data Collection 61

4.5.1 Experiment for Direct Access Model 62

4.5.2 Experiment for Single Level Model 62

4.5.3 Experiment for Hierarchy Level Model 65

4.6 Normality Testing 67

4.6.1 The distribution population Testing 67

4.6.2 The result of Normality Test 69

CONTENTS

4.7 Analysis 70

4.7.1 HypothesisTesting 70

4.7.2 Testing 72

4.8 The Result of Testing 73

4.9 Conclusion 77

CHAPTER V: THE EXPERIMENTS OF CACHE SIZE 78

5.1 Introduction 78

5.2 Experimental Cache size 78

5.3 Analysis for appropriate Cache size 79

5.4 Results 82

5.5 Conclusion 82

CHAPTER VI: CONCLUSION AND RECOMMENDATION 84

6.1 Conclusion 84

6.2 Recommendation 85

REFFERENCES 87

APPENDICES

APPENDIX A: Cache Information 88

VITA

LIST OF TABLES

Pages

Table 1.1 Packets status of Chulalongkorn university; http://161.200.255.161:8001 2

Table 2.1 Packet count percentage for various protocols on NSFnet backbone 7

Table 2.2 The HTTP 3-digit numberic response code 11

Table 2.3 The Hardware sizing 38

Table 2.4 A minimum amount of RAM for the Proxy Server 39

Table 2.5 The number of Process Determining 44

Table 3.1 Number of hours per work spent studing for introductory finance and accounting courses 53

Table 4.1 List of sixteen Web sites for this experiment 61

Table 4.2 Testing data of the response time for Direct Access Model 62

Table 4.3 Testing data of the response time for Single Level Model 64

Table 4.4 Testing data of the response time for Single Level Model 66

Table 4.5 The result between Direct Access model and Single Level model 69

Table 4.6 The result between Direct Access model and Hierarchy Level model 69

Table 4.7 The result between Hierarchy Level model and Single Level model 70

Table 4.8 The different of population of Direct Access model and Single Level model 73

Table 4.9 The different of population of Single Level model and Hierarchy Level model 74

Table 4.10 The different of population of Direct Access model and Hierarchy Level model 76

Table 5.1 Cache size simulation in the network department level 78

Table 5.2 Analysis of R Square and Significant F of various Functional Form 79

LIST OF FIGURES

Figure 1.1 State of Internet Host numbers with Growth rate. 1

Figure 1.2 Internet Connectivities in Thailand (August 1999) 3

Figure 2.1 Organization of Web client –server 8

Figure 2.2 TCP transaction client 12

Figure 2.3 TCP transaction client 13

Figure 2.4 shows the TCP server 14

Figure 2.5 The transaction time of RTT + SPT 15

Figure 2.6 The transaction time of Client 17

Figure 2.7 Intranet Proxy Network 22

Figure 2.8 Forward Proxy Server Deployed at the Internet Gateway, Inside the Firewall 26

Figure 2.9 Forward Proxy Servers Deployed at the Internet Gateway and at a Remote Location 27

Figure 2.10 Reverse Proxy Server Deployed at the Internet Gateway, Outside the Firewall 27

Figure 2.11 Proxy Server Implemented With a Dual-Homed Host Firewall 29

Figure 2.12 Proxy Server Implemented Behind a Screening Router 29

Figure 2.13 Proxy Server Implemented Behind a Screening Firewall 30

Figure 2.14 Proxy Server Implemented in a DMZ Between Two Screening Routers 31

Figure 2.15 Proxy Server Implemented in Reverse Mode as a Stand-in for a Web Server 32

LIST OF FIGURES

Figure 2.16 Multiple Proxy Servers Implemented in Reverse Mode to Balance the Load on a Web Server 33

Figure 2.17 Proxy Servers Implemented at Common Network Bottlenecks 34

Figure 2.18 Chained Proxy Servers Providing Load Balancing and Fail-Over Capabilities 35

Figure 4.1 Network design of Direct Access Model 59

Figure 4.2 Network design of Single Level Model 59

Figure 4.3 Network design for Hierarchy Level Model 60

Figure 5.1 Graph demonstration of Functional Form 80

Figure 5.2 The comparison of Quadratic Function and Observation 81

Figure 5.3 The result of Function formula at the maximum is 0.31 82

ABBREVIATION

Mbps	=	Mega bit per second (x 10^6)
MB	=	Mega byte (x 10^6)
RTT	=	round-trip time
SYN	=	synchronize sequence number flag: TCP header
URL	=	uniform resource locator
TCP	=	Transmission Control Protocol
WWW	=	World Wide Web
FIN	=	finish flag: TCP header
FTP	=	File Transfer Protocol
HTTP	=	Hypertext Transfer Protocol
ACK	=	acknowledgment flag: TCP header
SPT	=	server processing time
ASCII	=	American Standard Code for Information Interchange
IP	=	Internet Protocol