

การปรับปรุงสมรรถนะของโครงข่ายอินเทอร์เน็ตเคลื่อนที่แบบเพจจิงบนพื้นฐานของการ
ลงทะเบียนท้องถิ่น และการส่งข้อมูลแบบมัลติคาสต์



นาย แอนเดียนนัส โยฟี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PERFORMANCE IMPROVEMENT OF PAGING MOBILE
INTERNET PROTOCOL BASED ON MULTICASTING
AND REGIONAL REGISTRATION

Mr. Andrianus Yofy

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
Chulalongkorn University
Academic Year 2006
Copyright of Chulalongkorn University

490745

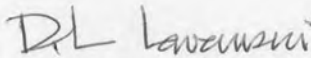
Thesis Title PERFORMANCE IMPROVEMENT OF PAGING MOBILE
INTERNET PROTOCOL BASED ON MULTICASTING
AND REGIONAL REGISTRATION

By Mr. Andrianus Yofy

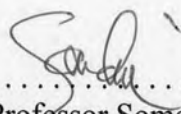
Field of Study Electrical Engineering

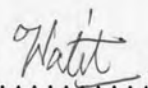
Thesis Advisor Associate Professor Watit Benjapolakul, D. Eng.

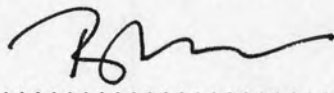
Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial
Fulfillment of Requirements for Master's Degree

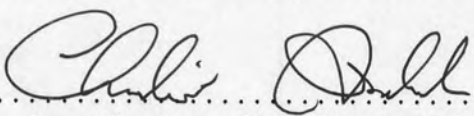

..... Dean of the Faculty of Engineering
(Professor Direk Lavansiri, Ph. D.)

THESIS COMMITTEE


..... Chairman
(Associate Professor Somchai Jittapunkul, Dr. Ing.)


..... Thesis Advisor
(Associate Professor Watit Benjapolakul, D. Eng.)

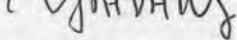
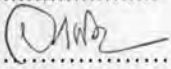

..... Member
(Associate Professor Bongkarn Homnan, Ph. D.)


..... Member
(Assistant Professor Chaodit Aswakul, Ph. D.)

แอนเดียนนัส โยพี: การปรับปรุงสมรรถนะของโพรโทคอลอินเทอร์เน็ตเคลื่อนที่แบบเพจิงบนพื้นฐานของการลงทะเบียนท้องถิ่น และการส่งข้อมูลแบบมัลติคาสต์ (PERFORMANCE IMPROVEMENT OF PAGING MOBILE INTERNET PROTOCOL BASED ON MULTICASTING AND REGIONAL REGISTRATION), อ.ที่ปรึกษา: รศ. ดร.วาทิต เบญจพลกุล, 99 หน้า

โพรโทคอลอินเทอร์เน็ตเคลื่อนที่แบบเพจิง (Paging Mobile Internet Protocol) สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายการสัญญาณและการสิ้นเปลืองพลังงานของโพรโทคอลอินเทอร์เน็ตเคลื่อนที่ได้เป็นอย่างมากโดยการใช้ประโยชน์จากโหนดเคลื่อนที่ที่อยู่ในสถานะไม่ทำงาน อย่างไรก็ตาม โพรโทคอลอินเทอร์เน็ตเคลื่อนที่แบบเพจิงยังคงใช้วิธีการลงทะเบียนแบบเดียวกับโพรโทคอลอินเทอร์เน็ตเคลื่อนที่ การลงทะเบียนดังกล่าวจึงก่อให้เกิดการประวิงเวลาขึ้นหากโหนดเคลื่อนที่อยู่ห่างจากตัวแทนบ้าน (Home Agent) เป็นระยะทางมาก ๆ ดังนั้น โพรโทคอลอินเทอร์เน็ตเคลื่อนที่แบบเพจิงยังมีประสิทธิภาพที่ด้อยทั้งในด้านเวลาแฝงในการแฮนด์ออฟ และจำนวนแพ็กเก็ตที่สูญหาย วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอการประยุกต์ใช้โพรโทคอลอินเทอร์เน็ตเคลื่อนที่แบบเพจิงร่วมกับการลงทะเบียนท้องถิ่น (Regional Registration) และการส่งข้อมูลแบบมัลติคาสต์ (Multicasting) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ Gateway Foreign Agent (GFA) ได้ถูกนำเสนอในโดเมนต่างพื้นที่เพื่อรองรับการลงทะเบียนท้องถิ่นและกระบวนการการสัญญาณ การส่งข้อมูลแบบมัลติคาสต์ถูกนำมาใช้ในการส่งแพ็กเก็ตจาก GFA ไปยังโหนดเคลื่อนที่เพื่อให้โหนดเคลื่อนที่สามารถรับแพ็กเก็ตได้ทันทีที่ย้ายไปสู่เซลล์ใหม่ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการใช้ข้อมูลทั้งชั้นโครงข่าย (Network Layer) และชั้นเชื่อมโยง (Link Layer) ในการตรวจวัดการเคลื่อนที่และการสร้างกลุ่มมัลติคาสต์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้โปรแกรม Borland Delphi 7 จำลองระบบ โพรโทคอลอินเทอร์เน็ตเคลื่อนที่, โพรโทคอลอินเทอร์เน็ตเคลื่อนที่แบบเพจิง, การลงทะเบียนภายหลังของโพรโทคอลอินเทอร์เน็ตเคลื่อนที่แบบเพจิง, และการลงทะเบียนท้องถิ่นของโพรโทคอลอินเทอร์เน็ตเคลื่อนที่แบบเพจิง โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพในแง่ของ เวลาแฝงในการแฮนด์ออฟ, จำนวนแพ็กเก็ตที่สูญหาย, ค่าใช้จ่ายการสัญญาณ, และ จำนวนฮอปของข้อมูล ผลการจำลองระบบแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าโพรโทคอลอินเทอร์เน็ตเคลื่อนที่แบบเพจิงแบบเดิม โดยวิธีที่นำเสนอวิธีแรกให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแง่ของเวลาแฝงในการแฮนด์ออฟ และจำนวนแพ็กเก็ตที่สูญหาย เมื่อเทียบกับโพรโทคอลแบบอื่น ๆ ที่ใช้ข้อมูลชั้นโครงข่ายในการตรวจวัดการเคลื่อนที่ ส่วนวิธีที่นำเสนอวิธีที่สองให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีการลงทะเบียนภายหลังของโพรโทคอลอินเทอร์เน็ตเคลื่อนที่แบบเพจิง

ภาควิชา..... วิศวกรรมไฟฟ้า..... ลายมือชื่อนิสิต..... 
 สาขาวิชา..... วิศวกรรมไฟฟ้า..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 
 ปีการศึกษา.....2549.....

##4870642221: MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD: MOBILE INTERNET PROTOCOL / PAGING / REGIONAL
REGISTRATION / MULTICASTING / HANDOFF

ANDRIANUS YOFY: PERFORMANCE IMPROVEMENT OF PAGING
MOBILE INTERNET PROTOCOL BASED ON MULTICASTING AND
REGIONAL REGISTRATION. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF.
WATIT BENJAPOLAKUL, D. ENG., 99 pp.

Paging Mobile Internet Protocol can reduce signaling cost and power consumption in Mobile Internet Protocol (Mobile IP) significantly by utilizing the idle state of the Mobile Node. Paging Mobile IP, however, still use the same registration method as Mobile IP. Registration takes long delay if Mobile Node roams far way from its Home Agent. Therefore, Paging Mobile IP still has poor performance in terms of handoff latency and number of lost packets. In this research, we propose to combine Paging Mobile IP with regional registration and multicasting to improve its performance. Gateway Foreign Agent is introduced in the visited domain to handle regional registration and paging process. We apply multicasting to send packets from Gateway Foreign Agent to Mobile Node so that the Mobile Node can receive packets as soon as it moves to new cell. Two methods are proposed. The first method uses Network Layer information for movement detection and construction of multicast group while the second method utilizes Link Layer information for the same purposes.

We simulate our proposed methods by using Borland Delphi 7 and compare their performance to Mobile IP, Paging Mobile IP, Paging Mobile IP Post Registration, and Paging Mobile IP Regional Registration in terms of handoff latency, number of lost packets, signaling cost, and data hop. Simulation results in all scenarios show that our proposed methods perform much better than original Paging Mobile IP Protocol. Proposed Method 1 has the best performance in terms of handoff latency and number of lost packets among all protocols that use Network Layer information for movement detection. Furthermore, Proposed Method 2 also performs better than Paging Mobile IP Post Registration in most scenarios.

Department Electrical Engineering
Field of Study Electrical Engineering
Academic year 2006

Student's signature
Advisor's signature

YOFY

Watit

ACKNOWLEDGEMENTS

Firstly, I would like to thank my advisor, Associate Professor Dr. Watit Benjapolakul while working on this thesis. He always made his time available for me to discuss my research. Working with him has been an exhilarating experience. I also thank him for his constant guidance, help, and support in my academic life during my study here. I consider it my great fortune and privilege to have the opportunity to work with him and to have excellent research environment to work.

I also express thanks to Associate Professor Dr. Somchai Jittapunkul, Associate Professor Dr. Bongkarn Homnan, and Assistant Professor Dr. Chaodit Aswakul for being my orals and reading committee. Their inputs, helpful suggestions, and comments on the proposal exam as well as on the thesis exam are invaluable for the next step of my research.

My thanks go to all lecturers in Department of Electrical Engineering Chulalongkorn University, all my classmates, all Indonesian students in Thailand, my friends in Suksitnives International House especially Budi my roommate, my friends under AUN Seed-Net Scholarship, Indonesian people in Thailand especially Warkatintha community, and all of my friends in Indonesia for their support, care, discussion and friendship. I also thank to all officers working in Chulalongkorn University especially in International School of Engineering for their kindness and help during my study. Many lecturers in the Department of Electrical Engineering at Gadjah Mada University kindly helped me to come to Chulalongkorn University. In this, I am thankful to Professor Tumiran and Ir. Budi Setianto, MT. My entire study at Chulalongkorn was financially supported by AUN/SEED-NET scholarship, which is gratefully acknowledged.

I am indebted and deeply thanks to my parents, Martinus Yusuf and Agnes Funcin, and my beloved sisters, Maria Ervina and Anastasia Desyanti for their years of unfailing love, caring and support. It is to them that I dedicate this thesis. Finally, I am foremost grateful to Father, Jesus Christ, and Holy Spirit for this wonderful, magnificent, and amazing life. Ad Maiorem Dei Gloriam.

TABLE OF CONTENTS

	page
ABSTRACT (THAI)	iv
ABSTRACT (ENGLISH)	v
ACKNOWLEDGEMENTS	vi
TABLE OF CONTENTS	vii
LIST OF TABLES	ix
LIST OF FIGURES	x
LIST OF ABBREVIATION	xii
CHAPTER I INTRODUCTION	1
1.1 Overview and Motivation.....	1
1.2 Scopes and Goals.....	4
1.3 Expected Benefits.....	5
1.4 Thesis Organization.....	5
CHAPTER II LITERATURE REVIEW	6
2.1 Mobile Internet Protocol (Mobile IP)	6
2.2 Paging Extensions for Mobile IP (Paging Mobile IP).....	10
2.2.1 Messages in Paging Extensions for Mobile IP.....	13
2.3 Mobile IPv4 Regional Registration	15
2.4 Internet Protocol Multicast	17
2.4.1 Protocol Independent Multicast - Sparse Mode	19
2.5 Low Latency Handoff in Mobile IP version 4 using Post-Registration Handoff Method.....	21
2.6 Related Works.....	22
CHAPTER III PROPOSED METHOD	28
3.1 Topology	28
3.2 Registration and Mobility Management	28
3.3 Paging and Data Handling	32
3.4 Proposed Method with Link Layer Movement Detection	33
CHAPTER IV SIMULATION MODEL	38
4.1 Overview of the Simulation Model	38
4.2 Simulation Model of Mobile IP.....	40
4.3 Simulation Model of Paging Mobile IP	42
4.4 Simulation Model of Paging Mobile IP Post Registration	43
4.5 Simulation Model of Paging Mobile IP Regional Registration	46

	page
4.6 Simulation Model of the First Proposed Method	48
4.7 Simulation Model of Proposed Method with Link Layer Movement Detection	53
CHAPTER V PERFORMANCE EVALUATION	55
5.1 Simulation Environment	55
5.1.1 Performance Metrics	56
5.2 Simulation Results	57
5.2.1 Simulation Results of Mobile IP.....	57
5.2.2 Simulation Results of Paging Mobile.....	58
5.2.3 Simulation Results of Paging Mobile IP Post Registration	60
5.2.4 Simulation Results of Paging Mobile IP Regional Registration	61
5.2.5 Simulation Results of First Proposed Method	63
5.2.6 Simulation Results of Second Proposed Method	65
5.3 Performance Comparison among All Protocols as the Function of Various Parameters in Terms of Handoff Latency, Lost Packet, Signaling Cost, and Data Hop	66
5.3.1 Performance Comparison as the Function of the Number of Cells in a Paging Area.....	66
5.3.2 Performance Comparison as the Function of Mobile Node's Speed	70
5.3.3 Performance Comparison as the Number of Hops between Gateway Foreign Agent/Router and Home Agent	74
5.4 Performance Comparison between Proposed Method 2 and Paging Mobile IP Post Registration for Non-Overlapping Cell Scenario.....	78
CHAPTER VI CONCLUSION AND RECOMMENDATION.....	81
6.1 Conclusion	81
6.2 Recommendation for Future Work	83
REFERENCES	84
LIST OF PUBLICATION	86
BIOGRAPHY	87

LIST OF TABLES

Table 5.1	Data hops as the function of the number of cells in a paging area.....	70
Table 5.2	Data hops as the function of the number of hops between Gateway Foreign Agent/router and Home Agent	77

LIST OF FIGURES

		page
Figure 2.1	Mobile IP entities and relationship	7
Figure 2.2	Mobile Node registers through the Foreign Agent in Mobile IP.....	9
Figure 2.3	Routing operation in Mobile IP v4 [3]	10
Figure 2.4	An example of paging scenario in Paging Mobile IP [4]	12
Figure 2.5	Paging Area Identification extensions	13
Figure 2.6	Paging Request message format	14
Figure 2.7	Paging Reply message format	14
Figure 2.8	Registration Request message in Paging Mobile IP.....	14
Figure 2.9	Mobility Agent Advertisement extensions in Paging Mobile IP	15
Figure 2.10	Mobile IP Regional Registration network model	16
Figure 2.11	Home registration signaling flow in Mobile IP Regional Registration	17
Figure 2.12	Signaling flow in Mobile IP Regional Registration	17
Figure 2.13	Typical Rendezvous Point Tree	20
Figure 2.14	Post-Registration concept in low latency Mobile IP v4 handoff	22
Figure 2.15	Signaling time diagram in Post-Registration environment	22
Figure 2.16	Signaling time diagram when there are packets sent to idle Mobile Node in [7]	23
Figure 2.17	Signaling time diagram while the Mobile Node is entering active state in [5]	24
Figure 2.18	Network configuration of Micro-Mobile IP [9].....	25
Figure 2.19	Flowchart of Mobicast protocol	27
Figure 3.1	Hierarchical topology of the proposed method	29
Figure 3.2	Signaling time diagram of initial registration in the proposed method.....	30
Figure 3.3	Signaling time diagram of regional registration process of an active Mobile Node in the proposed method.....	31
Figure 3.4	Signaling time diagram when the Home Agent sends packets to an idle Mobile Node through the Gateway Foreign Agent in the proposed method	33
Figure 3.5	Signaling time diagram in the second proposed method when an active Mobile Node moves to new Foreign Agent.....	36
Figure 3.6	Signaling time diagram when the Home Agent sends packets to an idle Mobile Node in the second proposed method.....	37
Figure 4.1	Hierarchical topology of the simulation model.....	39
Figure 4.2	Visual interface of the first proposed method.....	40
Figure 4.3	Flowchart of Mobile IP when the Mobile Node moves to new cell while receiving packets from Home Agent	41
Figure 4.4	Flowchart of Paging Mobile IP when Home Agent sends packets to Mobile Node	44
Figure 4.5	Flowchart of Paging Mobile IP Post Registration when an active Mobile Node moves from one cell to another	45
Figure 4.6	Flowchart of Paging Mobile IP Post Registration when the Home Agent sends packets to the Mobile Node	47

	page
Figure 4.7	Flowchart of Paging Mobile IP Regional Registration when there are packets destined for the Mobile Node 49
Figure 4.8	Flowchart of first proposed method when Home Agent sends packets to Mobile Node which has moved to new cell 51
Figure 4.9	Flowchart of first proposed method when an active Mobile Node moves to new cell.....52
Figure 4.10	Flowchart of second proposed method when an active Mobile Node moves to new cell 54
Figure 5.1	Network topology of simulation environment56
Figure 5.2	Mobile IP packets received timing for the Mobile Node with 20 m/s speed 58
Figure 5.3	Paging Mobile IP packets received timing for the Mobile Node with 20 m/s speed 59
Figure 5.4	Paging Mobile IP Post Registration packets received timing for the Mobile Node with 20 m/s speed 60
Figure 5.5	Paging Mobile IP Regional Registration packets received timing for the Mobile Node with 20 m/s speed 62
Figure 5.6	Proposed Method 1 packets received timing for the Mobile Node with 20 m/s speed 64
Figure 5.7	Proposed Method 2 packets received timing for the Mobile Node with 20 m/s speed 65
Figure 5.8	Handoff latency as the function of the number of cells in a paging area..... 67
Figure 5.9	Lost packets as the function of the number of cells in a paging area. 68
Figure 5.10	Signaling cost as the function of the number of cells in a paging area.....69
Figure 5.11	Handoff latency as the function of Mobile Node's speed.....71
Figure 5.12	Lost packets as the function of Mobile Node's speed 73
Figure 5.13	Signaling cost as the function of Mobile Node's speed73
Figure 5.14	Handoff latency as the function of the number of hops between Gateway Foreign Agent/router and Home Agent 74
Figure 5.15	Lost packets as the function of the number of hops between Gateway Foreign Agent/router and Home Agent75
Figure 5.16	Signaling cost as the function of the number of hops between Gateway Foreign Agent/router and Home Agent 76
Figure 5.17	Handoff latency in Proposed Method 2 and Paging Mobile IP Post Registration as the function of MN's speed for non-overlapping cell scenario 79
Figure 5.18	Lost packets in Proposed Method 2 and Paging Mobile IP Post Registration as the function of MN's speed for non-overlapping cell scenario 80

LIST OF ABBREVIATION

BET	Bi-directional Edge Tunnel
BS	Base Station
CN	Correspondent Node
CoA	Care-of Address
DFA	Domain Foreign Agent
FA	Foreign Agent
FHR	First Hop Router
GFA	Gateway Foreign Agent
GMA	Gateway Mobility Agent
HA	Home Agent
HMAC-MD5	Hash-based Message Authentication Code Message Digest 5
ICMP	Internet Control Message Protocol
IGMP	Internet Group Management Protocol
MN	Mobile Node
Mobile IP	Mobile Internet Protocol
MSC	Mobile Switching Center
PIM	Protocol Independent Multicast
PIM-SM	Protocol Independent Multicast-Sparse Mode
RP	Rendezvous Point
RPT	Rendezvous Point Tree
RFC	Request for Comments
SA	Subnet Agent