ขั้นตอนวิธีในการดัดแปลงการเลือกจุดใกล้ที่สุดบนกราฟที่มีดัชนีถ่วงน้ำหนักแบบลำดับขั้น

สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายอดิศักดิ์ สุกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4873867723

ADAPTIVE NEAREST NEIGHBOR ALGORITHM ON HIERARCHICAL WEIGHTED-INDEX GRAPH

Mister Adisak Sukul

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Computer Science
Department of Mathematics
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2009
Copyright of Chulalongkorn University

522204

Thesis Title	ADAPTIVE NEAREST NEIGHBOR ALGORITHM ON HIERARCHICAL WEIGHTED-INDEX GRAPH
By	Mister Adisak Sukul
Field of Study	Computer Science
Thesis Advisor	Assistant Professor Pattarasinee Bhattarakosol, Ph.D.

Accepted by the Faculty of Science, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Doctoral Degree

.... Dean of the Faculty of Science

(Professor Supot Hannongbua, Dr. rer. nat.)

THESIS COMMITTEE

.... Chairman

(Professor Chidchanok Lursinsap, Ph.D.)

.... Thesis Advisor

(Assistant Professor Pattarasinee Bhattarakosol, Ph.D.)

.... Examiner

(Assistant Professor Rajalida Lipikorn, Ph.D.)

.... External Examiner

(Assistant Professor Athasit Surarerks, Ph.D.)

.... External Examiner

(Associate Professor Yaowadee Temtanapat, Ph.D.)

อดิศักดิ์ สุกุล : ขั้นตอนวิธีในการดัดแปลงการเลือกจุดใกล้ที่สุดบนกราฟที่มีดัชนีถ่วงน้ำหนักแบบลำดับขั้น. (ADAPTIVE NEAREST NEIGHBOR ALGORITHM ON HIERARCHICAL WEIGHTED-INDEX GRAPH) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ. ดร. ภัทรสินี ภัทรโกศล 97 หน้า.

หลักสำคัญที่จะทำให้ระบบงาน Shortest-Path Problem (SPP) ที่ต้องการการตอบสนองรวดเร็วนั้น ประกอบไปด้วยสองส่วน ได้แก่ ส่วนของการรับส่งข้อมูล และส่วนการค้นหาเส้นทาง สำหรับส่วนแรกนั้น เครือข่าย IEEE 802.16j ได้เปิดการทำงานของ Relay Stations (RS) แบบกระโดดหลายขั้น ซึ่งมีเป้าหมายที่จะขยายระยะครอบคลุม และปริมาณการส่งข้อมูลของผู้ใช้แต่ละคน อย่างไรก็ตาม Mobile Stations (MSs) ที่เชื่อมต่อกับ RS นั้นจะได้ปริมาณการส่งข้อมูลลดลงและข้อมูลล่าช้าเพิ่มขึ้นอย่างมากในกรณีที่เครือข่ายคับคั่ง เมื่อจำนวนขั้นกระโดดของ RS ยิ่งมากขึ้น ปริมาณการส่งข้อมูลก็จะยิ่งลดลง และข้อมูลก็จะยิ่งล่าช้ามากขึ้น ในงานวิจัยนี้ได้เสนอระบบการจัดการ RS ด้วย Network coding และออกแบบโครงสร้างของ Frame ใหม่ที่ดีขึ้นกว่าเดิม รวมเรียกว่า NC-based Relay โดยระบบการจัดการนี้อนุญาตให้ RS รวมการส่งข้อมูลในเส้นทางหลักแบบไร้สายสองเส้นทางแล้วส่งในครั้งเดียวโดยใช้เทคนิค Network coding ผลการวิเคราะและจำลองด้วยโปรแกรม Qualnet ยืนยันว่าวิธีที่เสนอนี้สามารถขยายปริมาณการส่งข้อมูลขึ้นได้ถึง 140% และลดการล่าช้าของการส่งข้อมูลลงได้ถึง 83% ส่วนที่สองได้แก่ส่วนการหาเส้นทาง ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เสนอรูปแบบสำหรับดัชนีแบบลำดับขั้นบนแผนที่ดิจิทัลที่มีการถ่วงน้ำหนัก เรียกว่า hierarchical index weighted-graph (HIGLA) และยังเสนอขั้นตอนวิธีในการดัดแปลงเลือกเส้นทางสั้นที่สุดด้วยเวลาเดินทาง เรียกว่า adaptive travel-time path selection algorithm (ATTPS) ซึ่งสามารถทำงานได้เร็วกว่าขั้นตอนวิธีอื่นๆที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ภาควิชา: คณิตศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต ....
สาขาวิชา: วิทยาการคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ....
ปีการศึกษา 2552

4873867723 : MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEYWORDS : SHORTEST PATH / HIERARCHICAL SYSTEMS / IEEE 802.16J / MULTI-HOP RELAY NETWORK / NETWORK CODING

ADISAK SUKUL : ADAPTIVE NEAREST NEIGHBOR ALGORITHM ON HIERARCHICAL WEIGHTED-INDEX GRAPH. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. PATTARASINEE BHATTARAKOSOL, Ph.D., 97 pp.

Two main factors to satisfy the needs of SPP applications that require fast response are the data transfer part and the path finding part. On the first part, IEEE 802.16j is to enable the operation of multi-hop Relay Stations (RS). It aims to enhance the coverage, per user throughput and system capacity. However, the Mobile Stations (MSs) which connect to the RS are suffered from exponentially throughput degradation and increased end-to-end delay in congested networks. As the number of RS hops increase, so does the degradation and the delay growth. This research proposes a Network Coding-based Relay scheme and improved OFDMA frame structure design for multi-hop relay networks, called NC-based Relay. It allows RSs to combine two wireless backhaul transmissions into one using network coding technique. The analysis and simulation results by QualNet confirm that the proposed scheme can enhance the throughput gain up to 140%, and reduce the end-to-end delay by up to 83%. On the second part, the path finding part, this research proposes a model to index the digital map of the weighted-graph, called hierarchical index weighted-graph (HIGLA). And also propose an adaptive travel-time path selection algorithm (ATTPS) that performs faster path selection in term of traveling time than the existing shortest path algorithms.

Department : Mathematics Student's Signature ....

Field of Study : Computer Science Advisor's Signature P. Bhattarakosol

Academic Year : 2009

ACKNOWLEDGEMENTS

During my years as a Ph.D. student, I have received a lot of tuition, care and friendship from several people, some of which I wish to thank here. I would like to thank the Office of Higher Education Commission, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang and Chulalongkorn University for their financial support.

I would like to express my deepest gratitude to my advisor, Assist.Prof.Dr. Pattarasineee Bhattarakosol, to whom with her advice, guidance and care, help me to overcome all the difficulties of the process of research and make this dissertation possible.

My thanks also goes to dissertation committee, Prof.Dr.Chidchanok Lursinsap, Assist.Prof.Dr. Rajalida Lipikorn, Assist.Prof.Dr. Athasit Surarerks, and Assoc.Prof.Dr. Yaowadee Temtanapat for their advices and guidance about the research activities.

I would like to thank the Department of Electrical & Computer Engineering at Iowa State University for their facility support during my visiting scholar in 2007-2008, especially, Assoc.Prof.Dr. J. Morris Chang for encouragement, guidance and spending time on my research discussion.

I would also like to thank all lecturers and colleagues at the Department of Mathematics, Faculty of Science, Chulalongkorn University, the Thai Student Association and friends in Iowa State University, the Best Books On-line Co., Ltd. and the STAQ Technologies Co., Ltd. and their staff in Bangkok, for theirs warmest care and support.

Last but not least, I would like to express my sincere gratitude and deep appreciation to my parents, my family, and my friends for constant encouragement, love, and supports throughout my life.

CONTENTS

page

Thai Abstract iv
English Abstract v
Acknowledgements vi
Contents vii
List of Tables x
List of Figures xi
Chapter I Introduction 1
1.1 Introduction and Problem Review 1
1.1.1 Problem 1: Data transfer problem 3
1.1.2 Problem 2: Path finding problem 5
1.1.3 Problem domain 6
1.2 State of problem 7
1.2.1 Data transfer problem 7
1.2.1.1 Multi-hop throughput degradation 8
1.2.1.1.1 Throughput degradation factors: Multi-hop characteristic 8
1.2.1.1.2 Throughput degradation factors: Signal Interference limitation 9
1.2.1.2 Multi-hop delay increases 11
1.2.1.2.1 Delay increases factor: Multi-hop delay 11
1.2.1.2.2 Delay increases factor: Traffic flow delay 11
1.2.2 Path finding problem: Shortest-path problem 12
1.3 Research objectives 13
1.4 Scopes of the Study 13
Chapter II Theories and Literature Reviews 14
2.1 IEEE 802.16j Multi-hop Relay Network 14
2.2 IEEE 802.16j Standard 16
2.3 Benefit of relay station 19
2.4 XOR Network Coding 20

page

2.5 Dijkstra algorithm 21
2.6 A* algorithm 22
2.7 Distributed Shortest Path Algorithm for Hierarchically Clustered Data Networks 23
Chapter III Proposed Method 26
3.1 Data transfer method: NC-BR Mechanism 26
3.1.1 NC-BR Overview 26
3.1.2 NC-BR Operations 27
3.1.3 NC-BR Frame structure design 34
3.1.4 NC-BR Scope discussion 38
3.1.5 NC-BR Performance analysis 39
3.1.5.1 Relay zone efficiency 41
3.1.5.2 Throughput Analysis 42
3.1.5.3 End-to-end Delay Analysis 43
3.2 Path finding algorithm: HIRN and ATTPS 44
3.2.1 Definition and assumption of network 45
3.2.2 Hierarchical Index Road Network (HIRN) 47
3.2.2.1 System infrastructure 48
3.2.2.2 HIRN data structure 51
3.2.2.3 Data center function 52
3.2.2.4 Mobile unit function 52
3.2.2.5 Communication protocol 52
3.2.3 Adaptive Travel-Time Path Selection (ATTPS) 54
3.3 Integration of the path finding part and the data transfer part 58
Chapter IV Experimental Results 59
4.1 Data transfer method 59
4.1.1 Simulation model 59
4.1.2 Simulation results 60
4.2 Path finding 66

page

4.2.1 Path finding problem: Case study 66
4.2.2 Simulation Results 69
4.3 Integration of the path finding part and the data transfer part........ 70
Chapter V Discussion and Conclusion 71
5.1 Discussion on data transfer problem........ 71
5.2 Conclusion on data transfer problem 72
5.3 Discussion on path finding problem........ 72
5.4 Conclusion on path finding problem 73
References........ 75
Biography 97

List of Tables

page

2.1 Comparison of 802.16j and 802.16e-2005 capabilities 15

2.2 Comparison between transparent and non-transparent modes of operation 18

2.3 Comparisons of related shortest-part finding algorithms 23

3.1 Notations used in analysis. 41

3.2 The hierarchical index on road network (HIRN), data sample 50

4.1 Simulation properties 60

4.2 Travel time information collected from Figure 4.9 68

List of Figures

page

1.1 IEEE 802.16j multi-hop network applications 3

1.2 IEEE 802.16j Multi-hop Relay Network and conventional IEEE 802.16e 7

1.3 Transmission sequence in non-transparent frame structure of 5-hops IEEE 802.16j multi-hop network 10

1.4 A graph with vertices a,b,c,d,e, and f. 12

1.5 The solid-line edges create a path from vertex d to vertex c through vertices a and b 12

2.1 The usage model of IEEE 802.16j multi-hop network 14

2.2 IEEE 802.16j multi-hop relay network 17

2.3 Example of XOR network coding 20

3.1 The NC-BR overview 28

3.2 Details of NC-BR operation 30

3.3 NC-based relay frame structure design 35

3.4 NC-BR transmission sequence in frame structure 36

3.5 Variables represent 40

3.6 Traffics represent 40

3.7 Traffics handled by the relay zone efficiency (*RE*) 42

3.8 The system infrastructure 48

3.9 Hierarchical index on road network (HIRN), map index level 49

3.10 Adaptive Travel-time Path Selection algorithms (ATTPS), steps 55

4.1 Throughputs of 3-5 hops scenarios of the NC-BR compare to the original relay scheme 61

4.2 Throughput of original and NC-BR compare to analysis result of 5 hops scenario 61

4.3 Throughput gain %, 3-5 hops scenario 62

4.4 Average end-to-end delay of original and NC-BR of 3-5 hops scenario 62

page

4.5 Average end-to-end delay of original and NC-BR compare to analysis of 5 hops scenario 63
4.6 Delay improvement %, 3-5 hops scenario 63
4.7 Average jitter of original and NC-BR, 3-5 hops scenario 64
4.8 Jitter improvement %, 3-5 hops scenario 64
4.9 The 4 alternative paths from Bangkok city road network 67
4.10 Comparison chart of simulation test, implement on data from TIGER/Line road map of California State 69
4.11 The growth of storage space in the centralized HIRN, the distributed HIRN, A*/NN queries algorithm and Dijkstra algorithm 70