การปรับปรุงสมรรถนะของระบบไอพีเคลื่อนที่โดยใช้แบบแผนโซ่สมอและการจัดเส้นทางที่เหมาะที่สุดบนพื้นฐานของตัวแทนบ้านเสมือนสำหรับการจัดการสภาพเคลื่อนที่

นายวรวุฒิ ทิพย์สุนทรศักดิ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-1886-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 22238177

PERFORMANCE IMPROVEMENT OF MOBILE IP SYSTEM USING AN ANCHOR CHAIN SCHEME AND VIRTUAL HOME AGENT BASED ROUTE OPTIMIZATION FOR IP MOBILITY MANAGEMENT

Mr.Waravut Tipsoontornsak

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering
Department of Electrical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2004

ISBN 974-53-1886-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงสมรรถนะของระบบไอพีเคลื่อนที่โดยใช้แบบแผนโซ่สมอและการจัดเส้นทางที่เหมาะที่สุดบนพื้นฐานของตัวแทนบ้านเสมือนสำหรับการจัดการสภาพเคลื่อนที่
โดย	นายวรวุฒิ ทิพย์สุนทรศักดิ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย จิตะพันธ์กุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.เชาวน์ดิศ อัศวกุล)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ชัยเชษฐ์ สายวิจิตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วรวุฒิ ทิพย์สุนทรศักดิ์ : การปรับปรุงสมรรถนะของระบบไอพีเคลื่อนที่โดยใช้แบบแผนโซ่สมอและการจัดเส้นทางที่เหมาะที่สุดบนพื้นฐานของตัวแทนบ้านเสมือนสำหรับการจัดการสภาพเคลื่อนที่. (PERFORMANCE IMPROVEMENT OF MOBILE IP SYSTEM USING AN ANCHOR CHAIN SCHEME AND VIRTUAL HOME AGENT BASED ROUTE OPTIMIZATION FOR IP MOBILITY MANAGEMENT). อ.ที่ปรึกษา : รศ. ดร. วาทิต เบญจพลกุล , 67 หน้า. ISBN 974-53-1886-8.

ระบบ Mobile IP มีปัญหาเรียกว่า การจัดเส้นทางแบบสามเหลี่ยม โดยที่ข้อมูลทั้งหมดสำหรับ Mobile Node (MN) จะถูกจัดเส้นทางจาก Home Agent (HA) ของตัวเองและมีการส่งต่อผ่านจาก HA ไปยัง MN ซึ่งเส้นทางส่วนใหญ่มักจะมีความยาวเกินความเหมาะสม และจะนำมาซึ่งปัญหาความล่าช้าของแพ็กเกตเนื่องมาจากการประวิงเวลาในกระบวนการการส่งข้อมูลและการลงทะเบียน และปัญหาการใช้จำนวนสถานีฐานในการส่งต่อมากเกินความจำเป็น

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการรวมวิธี แบบแผนโซ่สมอ และ การใช้ตัวแทนบ้านเสมือนบนพื้นฐานการจัดเส้นทางที่เหมาะที่สุดเพื่อที่จะลดปัญหาความล่าช้าของแพ็กเกตและการใช้จำนวนสถานีฐาน

แบบแผนโซ่สมอ เป็นการรวมวิธีของการส่งต่อข้อมูลและติดตามข้อมูลไว้ด้วยกัน โดยที่ตัวแทนทุกตัว (HA, FA) ซึ่งถูกรวมเข้าด้วยกันด้วยโซ่สมอและติดต่อไปยัง HA โดยที่สมอแต่ละจุดถูกอธิบายด้วยตำแหน่งของ HA และ FA แต่ละตัวที่มีการใช้งานอยู่ แบบแผนนี้มีการพัฒนากระบวนการที่ทำการอัพเดทตำแหน่งของสมอ (กระบวนการติดตามตำแหน่งปัจจุบัน) ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบแผนนี้คือมีค่าเฉลี่ยการใช้สถานีฐานในการส่งข้อมูลลดลง สำหรับทั้งกระบวนการติดตามตำแหน่งปัจจุบันและการกระบวนการการส่งข้อมูล

การใช้ตัวแทนบ้านเสมือนบนพื้นฐานการจัดเส้นทางที่เหมาะที่สุด ได้เสนอถึงวิธีการแก้ปัญหาเบื้องต้นของปัญหาการใช้เส้นทางที่ยาวเกินความเหมาะสมและปัญหาความล่าช้าของแพ็กเกต โดยวิธีนี้มีพื้นฐานอยู่บนข้อสังเกตที่ว่า MN มักจะไม่ได้เคลื่อนที่ตลอดเวลาในช่วงเวลาหนึ่งๆ โดยจะมีการใช้โครงข่ายเส้นทางที่จัดมายัง FA เป็นโครงข่ายเสมือนโครงข่ายบ้าน เพื่อที่ให้ MN สามารถลงทะเบียนกับตัวแทนบ้านเสมือนได้แทน HA และแพ็กเกตข้อมูลจากโนดที่ติดต่อสามารถส่งตรงมายังตัวแทนบ้านเสมือนได้โดยตรง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต วรวุฒิ ทิพย์สุนทรศักดิ์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2547

4470518821 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD: MOBILE IP / MOBILITY MANAGEMENT /

WARAVUT TIPSOONTORNSAK : PERFORMANCE IMPROVEMENT OF MOBILE IP SYSTEM USING AN ANCHOR CHAIN SCHEME AND VIRTUAL HOME AGENT BASED ROUTE OPTIMIZATION FOR IP MOBILITY MANAGEMENT. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. WATIT BENJAPOLAKUL. D. ENG . pp. 67 ISBN 974-53-1886-8.

Mobile Internet Protocol has a so-called "triangle routing" problem, i.e. all datagrams for mobile node have to be routed first to their home agent before being forwarded by the home agent to the mobile node. Those paths are often significantly farther than the optimum path. It leads to the packet delay problem and waste on unnecessarily using agents.

This work presents a combined method of "Anchor Chain Scheme" and "Virtual Home Agent Based Route Optimization" to alleviate the problem of packet delay and unnecessary agent usage problem.

The Anchor Chain Scheme combines pointer forwarding and caching methods. Every mobile host (Home Agent, Foreign Agent) is associated with a chain of anchors that connects it to its home agent. Each anchor defines the location of the mobile host and actual foreign host. The proposed scheme develops distributed procedures for updating the anchor chain (Binding operation) with mobile host movement and for delivering messages to a mobile host (Delivery operation). The result of scheme also yields lower average cost using agent than both the binding and the delivery operations.

The Virtual Home Agent Based Route Optimization which proposes a simple solution to farther paths than the optimum path and packet delay problems. It is based on the observation: a mobile node's mobility is highly localized during a certain period of time. By having a foreign agent within a mobile node's localized footprint to be its virtual home agent, it can reply the registration request from mobile node by itself and data packet can be sent to virtual home agent directly.

Department Electrical Engineering Student's Signature วรวุฒิ ทิพย์สุนทรสกุล

Field of Study Electrical Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year 2004

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.วาทิต เบญจพลกุล ซึ่งได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการวิจัยด้วยดีเสมอมา และชี้แนวทางในการปรับปรุงให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งได้จัดหาคอมพิวเตอร์ และหนังสือที่เกี่ยวข้อง ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน คุณครูอาจารย์ทุกๆ ท่านในอดีตและปัจจุบันที่เคยได้อบรมสั่งสอนวิชาความรู้อันมีค่าแก่ผู้วิจัย รุ่นพี่ รุ่นน้อง เพื่อนๆ ทุกท่านที่เป็นกำลังใจ และให้คำปรึกษา ขอขอบคุณ ผศ.ดร.เชาวน์ดิศ อัศวกุล ผู้ให้กำลังใจและแนะแนวทางยามสับสน คุณตุลย์ ตินตะโมระ และคุณ ดิษฐพงศ์ ประพันธ์วัฒนะ ผู้ให้ความช่วยเหลือติดต่อและเป็นธุระในขณะทำวิทยานิพนธ์ คุณสุนทร พูนกำเนิด ผู้ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรม ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและห้องวิจัยระบบโทรคมนาคมที่เอื้อเฟื้อสถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย และที่สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดาผู้ผลักดันส่งเสริมด้านการศึกษาตลอดมา และมารดาผู้เป็นกำลังใจอย่างมากในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ พี่ชายและน้องสาวผู้คอยช่วยเหลือ ถ้าขาดท่านใดท่านหนึ่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่สามารถสำเร็จออกมาได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ฌ

สารบัญรูป.....ญ

บทที่

1 บทนำ.....1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....2

1.3 แนวทางของวิทยานิพนธ์นี้.....2

1.4 เป้าหมายและขอบเขตงานวิจัย.....3

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....3

2 โพรโทคอลอินเทอร์เน็ตเคลื่อนที่.....5

2.1 การแก้ปัญหาบนโครงข่ายของ Mobile IP.....5

2.2 ขอบเขตการแก้ปัญหาของ Mobile IP.....6

2.3 ข้อกำหนดของ Mobile IP.....7

2.4 เป้าหมายในการออกแบบ Mobile IP.....8

2.5 สมมติฐานของ Mobile IP.....8

2.6 การทำงานของ Mobile IP.....9

2.7 สถาปัตยกรรมตามแบบของ Mobile IP.....9

2.8 ส่วนประกอบของการจัดการสภาพเคลื่อนที่.....10

2.9 การทำงานเบื้องต้นของ Mobile IP.....10

2.10 กระบวนการค้นหาตัวแทน (Agent Discovery).....12

2.11 การตรวจสอบสภาพเคลื่อนที่ของโนดเคลื่อนที่.....16

2.12 การลงทะเบียน (Registration).....18

2.13 การจัดเส้นทางรับส่งแพ็กเกตให้กับโนดเคลื่อนที่.....25

2.14 กระบวนการจัดส่งแพ็กเกตจากโนดเคลื่อนที่.....26

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ หน้า

3 การปรับปรุงสมรรถนะการจัดการสภาพเคลื่อนที่ที่ได้มีผู้เสนอไว้และวิธีที่เสนอในวิทยานิพนธ์.....28
3.1 การปรับปรุงสมรรถนะของการจัดการสภาพเคลื่อนที่ของ Mobile IP ที่ได้มีผู้เสนอไว้.....28
3.1.1 การจัดเส้นทางที่เหมาะที่สุดของโพรโทคอลอินเทอร์เน็ตเคลื่อนที่ (Mobile IP Route Optimization).....28
3.1.2 ตัวแทนบ้านเสมือนบนพื้นฐานของการจัดเส้นทางที่เหมาะที่สุด (Virtual Home Agent Based on Route Optimization).....29
3.1.3 แบบแผนโซ่สมอสำหรับการจัดการสภาพเคลื่อนที่ของโพรโทคอลอินเทอร์เน็ต (An Anchor Chain Scheme For IP Mobility Management).....33
3.2 การปรับปรุงสมรรถนะการจัดการสภาพเคลื่อนที่ของ Mobile IP ที่เสนอในวิทยานิพนธ์.....38
4 แบบจำลองและวิธีการจำลองแบบ.....40
4.1 การจำลองแบบ.....40
5 ผลการจำลองแบบ.....44
5.1 ข้อกำหนดในการจำลองแบบ.....44
5.2 การนำเสนอผลการจำลองแบบ.....44
5.3 ผลการจำลองแบบแสดงต้นทุนการสื่อสารของวิธีการจัดสภาพเคลื่อนที่ที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์และวิธีที่มีผู้นำเสนอ..... 46
5.4 ผลการจำลองแบบแสดงผลรวมของเส้นทางที่ต้องมีการจัดเส้นทางส่งแพ็กเกตใหม่เมื่อ MN มีการเคลื่อนที่เปลี่ยน FA เพิ่มมากขึ้น.....59
6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....64
6.1 สรุปผลการวิจัย..... .64
6.2 ข้อเสนอแนะ.....65

รายการอ้างอิง.....66
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....67

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 2.1 ตารางการจัดเส้นทางของโนดเคลื่อนที่ ขณะที่โนดเคลื่อนที่อยู่ที่ข่ายเชื่อมโยงต่างบ้าน.....27

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปประกอบ หน้า

รูปที่ 1.1 การจัดเส้นทางแบบสามเหลี่ยม.....2

รูปที่ 2.1 ข่าวสารเชิญชวนตัวแทน (Agent Solicitation).....13

รูปที่ 2.2 ข่าวสารประกาศจากตัวแทน (Agent Advertisement Message).....14

รูปที่ 2.3 การลงทะเบียนบนข่ายเชื่อมโยงข้อมูลต่างบ้าน โดยใช้ COA ของ FA.....19

รูปที่ 2.4 การลงทะเบียนที่ทำบนข่ายเชื่อมโยงข้อมูลต่างบ้าน โดยใช้ co-locate care of address กรณีที่ข่ายเชื่อมโยงนั้นไม่มี FA.....20

รูปที่ 2.5 MN ถอนการลงทะเบียนเมื่อเคลื่อนที่กลับมาที่ข่ายเชื่อมโยงบ้าน.....20

รูปที่ 2.6 ข่าวสารร้องขอลงทะเบียน.....22

รูปที่ 2.7 ส่วนความยาวคงที่ (fix – length portion) ของข้อความตอบรับการลงทะเบียน.....23

รูปที่ 2.8 แสดงการจัดเส้นทางเพื่อส่งแพ็กเกตให้กับโนดเคลื่อนที่ที่อยู่บนข่ายเชื่อมโยงต่างบ้าน.....26

รูปที่ 3.1 การจัดเส้นทางแบบเหมาะที่สุด.....29

รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงกระบวนการทำงานของการจัดเส้นทางแบบสามเหลี่ยม.....31

รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงกระบวนการทำงานของการจัดเส้นทางแบบเหมาะที่สุด.....31

รูปที่ 3.4 แผนภาพแสดงกระบวนการทำงานของตัวแทนบ้านเสมือนบนพื้นฐานของการจัดเส้นทางแบบเหมาะที่สุดเมื่อ MN เคลื่อนที่เปลี่ยน FA ภายในโครงข่ายของ VHA.....32

รูปที่ 3.5 แผนภาพแสดงกระบวนการทำงานของตัวแทนบ้านเสมือนบนพื้นฐานของการจัดเส้นทางแบบเหมาะที่สุดเมื่อ MN เคลื่อนที่เปลี่ยน FA ข้ามโครงข่ายของ VHA เดิม.....32

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างของแบบแผนโซ่สมอที่มีค่า $\beta = 3$ 34

รูปที่ 3.7 แผนผังแสดงการทำงานของอัลกอริทึมย่อยในการเพิ่มและปรับเปลี่ยนสมอ.....35

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างของลำดับการทำงานของ binding operation..... 36

รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงกระบวนการทำงานของแบบแผนโซ่สมอสำหรับการจัดการสภาพเคลื่อนที่ของโพรโทคอลอินเทอร์เนต.....38

รูปที่ 4.1 ทอพอโลยีของแบบจำลองแสดงลักษณะการต่อระหว่าง GFA และ FA..... 40

รูปที่ 4.2 ทอพอโลยีของแบบจำลองแสดงลักษณะการต่อระหว่าง GFA..... 41

รูปที่ 4.3 แสดงกระบวนการการทำงานของวิธีที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์เมื่อ MN เคลื่อนที่เปลี่ยน FA ข้ามโครงข่ายเดิม..... 42

รูปที่ 4.4 แสดงกระบวนการการทำงานของวิธีที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์เมื่อ MN เคลื่อนที่เปลี่ยน FA ภายในโครงข่ายเดิม..... 43

รูปประกอบ หน้า

รูปที่ 5.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสื่อสารในกระบวนการลงทะเบียนแจ้งที่อยู่ใหม่เมื่อ MN มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนสถานีฐานมากขึ้น เมื่อ HA และ CN อยู่ในโครงข่ายเดียวกันและ อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา1 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....47
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสื่อสารในกระบวนการส่งข้อมูลเมื่อ MN มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนสถานีฐานมากขึ้น เมื่อ HA และ CN อยู่ในโครงข่ายเดียวกัน และ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา1 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA 47
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสื่อสารรวมเมื่อ MN มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนสถานีฐานมากขึ้น เมื่อ HA และ CN อยู่ในโครงข่ายเดียวกันและ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา1 วินาทีก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA 48
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสื่อสารในกระบวนการลงทะเบียนแจ้งที่อยู่ใหม่เมื่อ MN มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนสถานีฐานมากขึ้น เมื่อ HA และ CN อยู่ในโครงข่ายเดียวกันและ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 10 และ 30 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....49
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสื่อสารในกระบวนการส่งข้อมูลเมื่อ MN มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนสถานีฐานมากขึ้น เมื่อ HA และ CN อยู่ในโครงข่ายเดียวกันและ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 10 และ 30 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....49
รูปที่ 5.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสื่อสารรวม เมื่อ MN มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนสถานีฐานมากขึ้น เมื่อ HA และ CN อยู่ในโครงข่ายเดียวกันและ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 10 และ 30 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....50
รูปที่ 5.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสื่อสารในกระบวนการลงทะเบียนแจ้งที่อยู่ใหม่เมื่อ MN มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนสถานีฐานมากขึ้น เมื่อ HA และ CN อยู่ต่างโครงข่ายระยะห่าง 40 ฮอป และ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 1 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....51
รูปที่ 5.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสื่อสารในกระบวนส่งข้อมูลเมื่อ MN มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนสถานีฐานมากขึ้น เมื่อ HA และ CN อยู่ต่างโครงข่ายระยะห่าง 40 ฮอป และ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 1 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....52

รูปประกอบ หน้า

รูปที่ 5.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสื่อสารรวมเมื่อ MN มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนสถานีฐานมากขึ้น เมื่อ HA และ CN อยู่ต่างโครงข่ายระยะห่าง 40 ฮอป และ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 1 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA 52
รูปที่ 5.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสื่อสารในกระบวนการลงทะเบียนแจ้งที่อยู่ใหม่เมื่อ MN มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนสถานีฐานมากขึ้น เมื่อ HA และ CN อยู่ต่างโครงข่ายระยะห่าง 40 ฮอปและ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 10 และ 30 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....53
รูปที่ 5.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสื่อสารในกระบวนการส่งข้อมูลเมื่อ MN มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนสถานีฐานมากขึ้น เมื่อ HA และ CN อยู่ต่างโครงข่ายระยะห่าง 40 ฮอปและ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 10 และ 30 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....54
รูปที่ 5.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสื่อสารรวม เมื่อ MN มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนสถานีฐานมากขึ้น เมื่อ HA และ CN อยู่ต่างโครงข่ายระยะห่าง 40 ฮอปและ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 10 และ 30 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....54
รูปที่ 5.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสื่อสารในกระบวนการลงทะเบียนแจ้งที่อยู่ใหม่เมื่อ MN มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนสถานีฐานมากขึ้น เมื่อ HA และ CN อยู่ต่างโครงข่ายระยะห่าง 80 ฮอป และ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 1 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....55
รูปที่ 5.14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสื่อสารในกระบวนส่งข้อมูลเมื่อ MN มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนสถานีฐานมากขึ้น เมื่อ HA และ CN อยู่ต่างโครงข่ายระยะห่าง 80 ฮอป และ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 1 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....56
รูปที่ 5.15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสื่อสารรวมเมื่อ MN มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนสถานีฐานมากขึ้น เมื่อ HA และ CN อยู่ต่างโครงข่ายระยะห่าง 80 ฮอป และ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 1 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....56
รูปที่ 5.16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสื่อสารในกระบวนการลงทะเบียนแจ้งที่อยู่ใหม่เมื่อ MN มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนสถานีฐานมากขึ้น เมื่อ HA และ CN อยู่ต่างโครงข่ายระยะห่าง 80 ฮอปและ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 10 และ 30 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....57

รูปประกอบ หน้า

รูปที่ 5.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสื่อสารในกระบวนการส่งข้อมูลเมื่อ MN มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนสถานีฐานมากขึ้น เมื่อ HA และ CN อยู่ต่างโครงข่ายระยะห่าง 80 ฮอปและ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 10 และ 30 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....57

รูปที่ 5.18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสื่อสารรวม เมื่อ MN มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนสถานีฐานมากขึ้น เมื่อ HA และ CN อยู่ต่างโครงข่ายระยะห่าง 80 ฮอปและ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 10 และ 30 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....58

รูปที่ 5.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเส้นทางที่ต้องมีการจัดเส้นทางส่งแพ็กเกตใหม่เมื่อ MN เคลื่อนที่เปลี่ยน FA มากขึ้นในกระบวนการลงทะเบียนแจ้งที่อยู่ใหม่เมื่อ HA และ CN อยู่ภายในโครงข่ายเดียวกันและ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 1 และ 10 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA..... 59

รูปที่ 5.20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเส้นทางที่ต้องมีการจัดเส้นทางส่งแพ็กเกตใหม่เมื่อ MN เคลื่อนที่เปลี่ยน FA มากขึ้นในกระบวนการส่งข้อมูลเมื่อ HA และ CN อยู่ภายในโครงข่ายเดียวกันและ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 1 และ 10 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....60

รูปที่ 5.21 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเส้นทางที่ต้องมีการจัดเส้นทางส่งแพ็กเกตใหม่เมื่อ MN เคลื่อนที่เปลี่ยน FA มากขึ้นรวมทั้ง 2 กระบวนการเมื่อ HA และ CN อยู่ภายในโครงข่ายเดียวกันและ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 1 และ 10 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....60

รูปที่ 5.22 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเส้นทางที่ต้องมีการจัดเส้นทางส่งแพ็กเกตใหม่เมื่อ MN เคลื่อนที่เปลี่ยน FA มากขึ้นในกระบวนการลงทะเบียนแจ้งที่อยู่ใหม่เมื่อ HA และ CN อยู่ต่างโครงข่ายมีระยะห่าง 40 ฮอป และ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 1 และ 10 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....61

รูปที่ 5.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเส้นทางที่ต้องมีการจัดเส้นทางส่งแพ็กเกตใหม่เมื่อ MN เคลื่อนที่เปลี่ยน FA มากขึ้นในกระบวนการส่งข้อมูลเมื่อ HA และ CN อยู่ต่างโครงข่ายมีระยะห่าง 40 ฮอป และ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 1 และ 10 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....62

รูปประกอบ หน้า

รูปที่ 5.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเส้นทางที่ต้องมีการจัดเส้นทางส่งแพ็กเกตใหม่เมื่อ MN เคลื่อนที่เปลี่ยน FA มากขึ้นรวมทั้ง 2 กระบวนการเมื่อ HA และ CN อยู่ต่างโครงข่ายมีระยะห่าง 40 ฮอป และ MN อาศัยอยู่ใน FA เป็นเวลา 1 และ 10 วินาที ก่อนเคลื่อนที่เปลี่ยน FA.....62

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย