โพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่และพักแพ็กเกตสำหรับการแฮนด์โอเวอร์ในโครงข่าย IP ไร้สาย

นายธนพงศ์ พ่วงคง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-1156-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MOBILITY MANAGEMENT AND PACKET BUFFERING PROTOCOLS FOR HANDOVER IN WIRELESS IP NETWORK

Mr.Tanapong Poungkong

สถาบันวิทยบริการ
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 974-53-1156-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่และพักแพ็กเกตสำหรับการแฮนด์โอเวอร์ในโครงข่าย IP ไร้สาย
โดย	นายธนพงศ์ พ่วงคง
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
(รองศาสตราจารย์ ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ชัยเชษฐ์ สายวิจิตร)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธนพงศ์ พ่วงคง : โพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่และการพักแพ็กเกตสำหรับการแฮนด์โอเวอร์ในโครงข่าย IP ไร้สาย. (MOBILITY MANAGEMENT AND PACKET BUFFERING PROTOCOLS FOR HANDOVER IN WIRELESS IP NETWORK) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร.วาทิต เบญจพลกุล, จำนวนหน้า 86 หน้า. ISBN 974-53-1156-1.

โครงข่ายร่วมในอนาคต จะมีจำนวนอุปกรณ์สื่อสารแบบพกพาที่เคลื่อนที่ข้ามเซลล์ไร้สายขนาดเล็กในปริมาณที่มาก ดังนั้น เพื่อจะรองรับการใช้งานเวลาจริง ผู้ใช้จึงมีความต้องการที่จะได้รับบริการอย่างต่อเนื่อง Mobile IP (Mobile Internet Protocol) ที่เป็น IETF RFC (Internet Engineering Task Force Request For Comment) สามารถรองรับการใช้งานเวลาจริง และความต้องการของผู้ใช้นั้นได้ เนื่องจาก Mobile IP แบบดั้งเดิมไม่เหมาะสมกับสภาพการเคลื่อนที่ภายในโครงข่ายเพราะมีปัญหาเรื่องการจัดเส้นทางแบบสามเหลี่ยม (triangular routing) ทำให้เกิดการสูญหายของแพ็กเกต ดังนั้น Mobile IP จึงไม่สามารถที่จะช่วยลดเวลาในการแฮนด์โอเวอร์ และการสูญหายของแพ็กเกตได้

งานวิจัยนี้นำเสนอโพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่และการพักแพ็กเกตสำหรับการแฮนด์โอเวอร์ในโครงข่าย IP ไร้สาย เพื่อช่วยบรรเทาเวลาในการแฮนด์โอเวอร์ และการสูญหายของแพ็กเกต ซึ่งมีวิธีการมากมายสำหรับปรับปรุง Mobile IP แบบดั้งเดิม ที่เคยมีผู้นำเสนอไว้ ในงานวิจัยนี้เสนอการจัดการสภาพเคลื่อนที่แบบลำดับชั้นรวมกับวิธีการลงทะเบียนอย่างรวดเร็ว เพื่อจะช่วยลดเวลาในการแฮนด์โอเวอร์ และการสูญหายของแพ็กเกต ในวิธีการที่ได้นำเสนอนั้น อุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ปลายทางจะส่งข่าวสารการลงทะเบียนไปยัง HA (Home Agent) ก็ต่อเมื่อมีการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างโครงข่ายเท่านั้น นอกจากนี้ยังได้นำเสนอการใช้ paging ภายใต้วิธีการที่นำเสนอ เพื่อรองรับ paging ทั่วไป และลดปริมาณซิกแนลลิงในโครงข่าย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2547

4470330021 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORDS: SIGNALING COST ANALYSIS OF MOBILE IP / PAGING MOBILE IP / PAGING MOBILE IP REGIONAL REGISTRATION / MOBILE IP REGIONAL REGISTRATION

TANAPONG POUNGKONG : MOBILITY MANAGEMENT AND PACKET BUFFERING PROTOCOLS FOR HANDOVER IN WIRELESS IP NETWORK. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. WATIT BENJAPOLAKUL D.ENG., 86 pp. ISBN 974-53-1156-1.

Future inter-network will include large number of portable devices moving among small wireless cells. In order to support new real-time applications, the users demand for seamless mobility. Mobile Internet Protocol is an IETF RFC (Internet Engineering Task Force Request For Comment) that supports such users' demand and applications. However, the original Mobile Internet Protocol does not consider micro mobility, Thus it cannot avoid handover latency that causes large variations of the delivery times and the number of lost packets.

This research presents a mobility management and packet buffering protocols for handover in wireless IP network to alleviate handover latency and the number of lost packets. To alleviate these, several methods have been proposed to improve the original Mobile Internet Protocol handover method. This research proposes a combination of hierarchical mobility management scheme and fast registration method which can reduce handover latency and the number of lost packets. In the proposed method, the mobile node only sends registration message to home agent for inter-network handover. On the other hand, this research also presents a paging scheme under the proposed method which supports generic paging strategies and can significantly reduce the mobility-related IP signaling load.

Department Electrical Engineering Student's signature .....

Field of study Electrical Engineering Advisor's signature .....

Academic year 2004

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องมาจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ รศ. ดร.วาทิต เบญจพลกุล ซึ่งได้ให้ความรู้ คำแนะนำ หนังสือที่เกี่ยวข้อง ข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการวิจัย อีกทั้งตรวจทานงานวิทยานิพนธ์ด้วยดีเสมอมาพร้อมกับชี้แนวทางในการปรับปรุงงานวิจัยให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนการดูแลเอาใจใส่เช่นเดียวกับบิดาอบรมบุตร นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับข้อแนะนำ ข้อติชม ข้อคิดเห็น และข้อวิจารณ์อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณท่านมา ณ ที่นี้ด้วย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ของนิสิตระดับบัณฑิตศึกษาและทุนสนับสนุนการนำเสนอผลงานทั้งในประเทศและต่างประเทศ และ ทุน AUN/SEED-Net Collaborative Research Project ที่ได้เอื้อเฟื้อให้ใช้คอมพิวเตอร์ในงานวิจัย

นอกจากนี้ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ในห้องปฏิบัติการวิจัยศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะด้านเทคโนโลยีโทรคมนาคม ทุกๆ คน ที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจที่ดีตลอดระยะเวลาของการทำงานวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดาและครอบครัว ที่ให้ความรัก การดูแลเอาใจใส่ คำแนะนำที่เสมือนครูอาจารย์ ความเอื้ออาทร และกำลังใจ อีกทั้งสนับสนุนเงินทุนเพื่อการศึกษาด้วยดีเสมอมาตลอด จนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บัญชีคำศัพท์ ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 แนวเหตุผลและความเป็นมา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ 18

1.3 แนวทางของวิทยานิพนธ์ 18

1.4 เป้าหมายและขอบเขตของวิทยานิพนธ์ 19

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ 20

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 20

1.7 เค้าโครงวิทยานิพนธ์ 20

2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงข่ายคอมพิวเตอร์ 21

2.1 การติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ 21

2.2 อุปกรณ์โครงข่าย 24

2.3 การทำงานของอินเทอร์เน็ตโพรโทคอล (IP) 25

2.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นกับโครงข่ายไร้สาย 28

3 การทำงานของ Mobile IP 31

4 วิธีการที่นำเสนอ 41

4.1 วิธีการที่นำเสนอ 41

4.2 การวิเคราะห์การสัญญาณเชิงคณิตศาสตร์ 51

บทที่ **หน้า**

5 ผลการวิจัย 58
5.1 แบบจำลองโครงข่ายที่ใช้ในการวิเคราะห์การสัญญาณ 58
5.2 เงื่อนไขที่ใช้ในการวิเคราะห์ 58
5.3 ผลการวิเคราะห์ 59
5.4 สรุปผลการวิเคราะห์ 61
5.5 แบบจำลองโครงข่ายที่ใช้ในการทดสอบ 62
5.6 เงื่อนไขที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองโครงข่าย 62
5.7 ผลการทดสอบ 63
5.8 สรุปผลการทดสอบ 69
6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 70
6.1 สรุปผลการวิจัย 70
6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย 71
รายการอ้างอิง 72
ภาคผนวก 74
บทความทางวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่แล้ว 75
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 86

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 ตารางจัดเส้นทางของ HA 38
3.2 ตารางจัดเส้นทางของ FA 39

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1.1 ส่วนประกอบโครงข่าย และการทำงานของ Mobile IP 3

1.2 (ก) ส่วนประกอบโครงข่าย และการทำงานของ Cellular IP 5

(ข) กระบวนการทำ semi soft handover ใน Cellular IP 5

1.3 กระบวนการ Forwarding และ Non-Forwarding Path Setup 7

1.4 ลักษณะการทำงานในการแฮนด์โอเวอร์อย่างไร้รอยต่อสำหรับระบบเซลลูลาร์ที่ต่อผ่านอินเทอร์เน็ต 9

1.5 การแฮนด์โอเวอร์อย่างรวดเร็วในโครงข่ายไร้สาย 10

1.6 การปรับปรุง Mobile IP ด้วยการใช้ MRT 12

1.7 กระบวนการแฮนด์โอเวอร์อย่างรวดเร็วในโทโปโลยีแบบลำดับชั้น 13

1.8 กระบวนการทำแฮนด์โอเวอร์ในโครงข่ายเซลลูลาร์ IP 13

1.9 ลักษณะโครงข่ายของ IDMP 15

1.10 โครงข่ายของ TeleMIP 16

1.11 ลักษณะโครงข่ายของ Mobile IP Regional Registration 17

2.1 ตัวอย่างโครงข่าย IP 26

2.2 โนดเปลี่ยนข่ายเชื่อมโยง 29

3.1 ส่วนประกอบโครงข่าย และการทำงานของ Mobile IP 33

3.2 การลงทะเบียนบนข่ายเชื่อมโยงข้อมูลต่างบ้าน โดยใช้ CoA ของ FA 36

3.3 การลงทะเบียนที่ทำบนข่ายเชื่อมโยงข้อมูลต่างพื้นที่ โดยใช้ co-locate care of address กรณีที่ข่ายเชื่อมโยงนั้นไม่มี FA 37

3.4 MN ถอนการลงทะเบียนเมื่อเคลื่อนที่กลับมาที่ข่ายเชื่อมโยงบ้าน 37

3.5 การ encapsulate ผ่านส่วนต่อประสานเสมือนในตัวแทนบ้าน 39

3.6 การ decapsulate ผ่านส่วนต่อประสานเสมือนในตัวแทนต่างพื้นที่ 39

3.7 การส่งแพ็กเกตไปยัง MN บนข่ายเชื่อมโยงต่างพื้นที่ 40

4.1 (ก) ลักษณะการทำงานของโพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่ที่เสนอ 1 42

4.1 (ข) ลักษณะการทำงานของโพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่ที่เสนอ 2 43

4.2 แผนผังเวลาของการสัญญาณ เมื่อมีแพ็กเกตส่งมายัง MN ที่อยู่ใน idle state 44

ภาพที่ **หน้า**

4.3 พื้นที่การเพจแบบไม่ซ้อนทับกัน (non-overlapping paging areas) 45
4.4 กระบวนการ Update CoA เมื่อ MN อยู่ในสถานะ Idle และเคลื่อนที่ข้าม PA (Paging Area) 47
4.5 กระบวนการเริ่มต้นการสร้าง Paging message 49
4.6 กระบวนการตอบรับเมื่อ MN ได้รับ Paging message จาก FA 50
4.7 โทโปโลยีของการวิเคราะห์การสัญญาณ 51
5.1 ตัวอย่างแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์การสัญญาณ 58
5.2 ผลกระทบของจำนวนเซลล์ในพื้นที่การเพจ 1 พื้นที่ ที่มีต่อ signaling cost ของ Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR), Paging Mobile IP (P-MIP), และ Paging Mobile IP Regional Registration (P-MIP-RR (p.1), P-MIP-RR (p.2)). 60
5.3 ผลกระทบของความเร็วของ mobile node ที่มีต่อ signaling cost ของ Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR), Paging Mobile IP (P-MIP), และ Paging Mobile IP Regional Registration (P-MIP-RR (p.1), P-MIP-RR (p.2)) 60
5.4 ผลกระทบของความยาวรอบเซลล์ที่มีต่อ signaling cost ของ Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR), Paging Mobile IP (P-MIP), และ Paging Mobile IP Regional Registration (P-MIP-RR (p.1), P-MIP-RR (p.2)) 61
5.5 ตัวอย่างแบบจำลองโครงข่ายที่ใช้ในการทดสอบ 62
5.6 ผลกระทบของจำนวนเซลล์ในพื้นที่การเพจที่มีต่อเวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์ 64
5.7 ผลกระทบของความเร็วของ Mobile node ที่มีต่อเวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์ 65
5.8 ภาพขยายผลกระทบของความเร็วของ Mobile node ที่มีต่อเวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์ 65
5.9 ผลกระทบของจำนวนเซลล์ในพื้นที่การเพจ 1 พื้นที่ ที่มีต่อปริมาณข่าวสารการสัญญาณของ Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR), Paging Mobile IP (P-MIP), และ Paging Mobile IP Regional Registration (P-MIP-RR (p.1), P-MIP-RR (p.2)). 66

ภาพที่ **หน้า**

5.10 ผลกระทบของความเร็วของ mobile node ที่มีต่อ signaling cost ของ Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR), Paging Mobile IP (P-MIP),) และ Paging Mobile IP Regional Registration (P-MIP-RR (p.1), P-MIP-RR (p.2)) 67

5.11 ผลกระทบของจำนวนเซลล์ในพื้นที่การเพจ 1 พื้นที่ ที่มีต่อปริมาณการสูญหายของแพ็กเกตของ Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR), Paging Mobile IP (P-MIP), และ Paging Mobile IP Regional Registration (P-MIP-RR (p.1), P-MIP-RR (p.2)) 68

5.12 ผลกระทบของความเร็วของ mobile node ที่มีต่อการสูญหายของแพ็กเกตของ Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR), Paging Mobile IP (P-MIP),) และ Paging Mobile IP Regional Registration (P-MIP-RR (p.1), P-MIP-RR (p.2)) 69

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัญชีคำศัพท์

โนดเคลื่อนที่ หรือ MN	Mobile Node
สถานีฐาน หรือ BS	Base Station
แฮนด์โอเวอร์	Handover
ตัวแทนต่างพื้นที่ หรือ FA	Foreign Agent
ตัวแทนบ้าน หรือ HA	Home Agent
โนดตอบรับปลายทาง หรือ CN	Correspondent Node
โครงข่ายบ้าน หรือ HN	Home Network
โครงข่ายต่างพื้นที่ หรือ FN	Foreign Network
ที่อยู่ชั่วคราว หรือ CoA	Care of Address
ที่อยู่บ้าน	Home Address
เวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์	Handover Latency
การร้องขอการลงทะเบียน	Registration Request
ข่าวสารประกาศจากตัวแทน	Agent Advertisement หรือ Advertisement Message
ข่ายเชื่อมโยงบ้าน	Home Link
ข่ายเชื่อมโยงต่างพื้นที่	Foreign Link
ต้นทุนการสัญญาณ	Signaling Cost
การสัญญาณ	Signaling
การเพจ	Paging
พื้นที่การเพจ	Paging Area
การตรวจวัดการเคลื่อนที่	Movement Detection
อายุของการประกาศ	Advertisement Lifetime
อายุของการลงทะเบียน	Registration Lifetime
อุปกรณ์คำนวณเคลื่อนที่	Mobile Computing Devices
โครงข่ายเคลื่อนที่	Mobile Network

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวเหตุผลและความเป็นมา

เนื่องจากโครงข่ายไร้สายมีการเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วมาก จึงมีส่วนผลักดันให้มีการค้นคว้าวิจัยระบบสื่อสารเคลื่อนที่ในอนาคต มีขนาดของคอมพิวเตอร์ที่กะทัดรัด สะดวกต่อการพกพา และระบบสื่อสารไร้สายในอนาคตมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น ดังนั้นสถาปัตยกรรมระบบโทรคมนาคมจึงควรจะรองรับสภาพเคลื่อนที่ของ IP (Internet Protocol) ที่สามารถติดต่อกับโครงข่ายอินเทอร์เน็ตได้

โครงข่ายไร้สายยุคที่ 3 อย่างเช่น IMT-2000 จะมีการรองรับการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ปลายทาง ผู้ใช้จะได้รับการบริการที่พึงพอใจ สามารถเปลี่ยนตำแหน่งการติดต่อสื่อสารได้ในระหว่างที่ผู้ใช้ใช้บริการผ่านอินเทอร์เน็ต สภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้ในสถาปัตยกรรมเซลลูลาร์ที่รองรับการเคลื่อนที่โดยใช้โครงข่าย IP สามารถแยกออกได้เป็น 3 ลักษณะด้วยกัน [1] คือ

1) Micro-mobility เป็นสภาพเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ปลายทางเคลื่อนที่ได้ ซึ่งจะเรียกอุปกรณ์ปลายทางเคลื่อนที่ได้ว่า MN (Mobile Node) โดยเคลื่อนที่ระหว่างสถานีฐาน (Base Station หรือ BS) ที่อยู่ภายในโครงข่ายย่อยเดียวกัน
2) Macro-mobility เป็นสภาพเคลื่อนที่ของ MN ที่เคลื่อนที่ระหว่างโครงข่ายย่อยที่อยู่ภายในโครงข่ายเดียวกัน
3) Global-mobility เป็นสภาพเคลื่อนที่ของ MN ที่เคลื่อนที่ข้ามจากโครงข่ายหนึ่งไปยังอีกโครงข่ายหนึ่ง

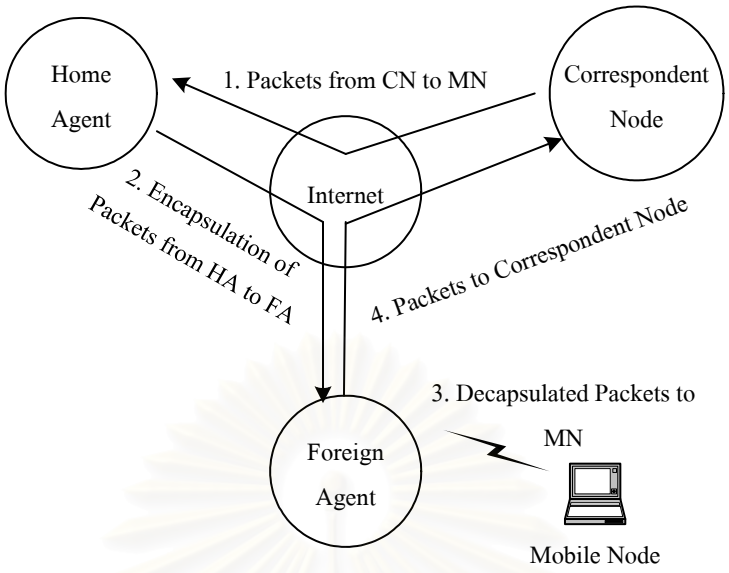
จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการเสนอวิธีการที่จะรองรับโครงข่ายไร้รอยต่อ โดยใช้ Mobile IP อย่างไรก็ตาม Mobile IP ยังมีปัญหาที่จะต้องแก้ไข และปรับปรุง ซึ่งมีงานวิจัยมากมายที่ได้นำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหา และปรับปรุง ดังจะได้กล่าวในส่วนของทฤษฎี จากวิธีการปรับปรุงต่าง ๆ เหล่านั้น พบว่า ส่วนใหญ่จะมีการแบ่งพื้นที่ครอบคลุมออกเป็นโครงข่ายย่อย โดยโครงข่ายย่อยแต่ละโครงข่ายเหล่านั้นจะมีการจัดการกับสภาพเคลื่อนที่ของ MN แตกต่างกันออกไป อย่างเช่น มีการใช้ IP address ชั่วคราว 2 ตัวด้วยกัน มีการใช้ multicast address และมีการใช้โพรโทคอลที่ใช้เฉพาะในโครงข่ายย่อยนั้น ๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีวิธีการพักข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ มากมาย วิธีที่นิยมใช้มากที่สุด คือ การพักข้อมูลชุดที่ส่งไปให้ MN ไว้ที่ เราเตอร์ในโครงข่ายที่ MN ผ่าน ซึ่งเรียกว่า ตัวแทนต่างพื้นที่ (Foreign Agent หรือ FA) หรือไม่ก็ที่ สถานีฐาน ในระหว่างที่ MN มีการเปลี่ยนสถานีฐาน หรือ เปลี่ยนโครงข่ายย่อย ดังนั้นจึงมีแนวความคิด

ที่จะนำวิธีการของ Mobile IP ไปใช้กับการเคลื่อนที่ของ MN ที่เคลื่อนที่ข้ามโครงข่าย มีการจัดการสภาพเคลื่อนที่ของ MN ภายในโครงข่ายย่อยด้วยการใช้แนวคิดของโพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่ภายในโครงข่ายสำหรับการแฮนด์โอเวอร์อย่างรวดเร็ว หรือ Intradomain Mobility Management Protocol (IDMP) รวมทั้งใช้การพักแพ็กเกตที่เราเตอร์ หรือ ที่เกตเวย์เราเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นเหมือนประตูเข้า-ออกไปยังโครงข่ายอื่น ซึ่งเรียกว่า GMA (Gateway Mobility Agent) นั่นหมายความว่าเป็นการนำข้อดีของวิธีแต่ละวิธีที่จะได้กล่าวต่อไปมารวมเข้าไว้ด้วยกัน

ปัจจุบันนี้โพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่ของอุปกรณ์สื่อสารไร้สายปลายทางที่เคลื่อนที่ข้ามโครงข่ายมีอยู่หลายแบบที่แตกต่างกัน อย่างเช่น Mobile IP, Cellular IP, HAWAII และอื่นๆ ซึ่งโพรโทคอล Mobile IP ได้ถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานโดย IETF นอกจากนี้ก็ยังมีวิธีการปรับปรุงการทำงานของ Mobile IP อีกมากมาย ดังจะได้กล่าวต่อไปนี้

1.1.1 Mobile IP

การที่อุปกรณ์สื่อสารไร้สายปลายทางสามารถติดต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ตลอดเวลาที่มีการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์สื่อสารไร้สายเคลื่อนที่ข้ามโครงข่ายนั้น สิ่งที่ช่วยในการทำงานนี้ให้มีประสิทธิภาพ คือ Mobile IP วิธีการนี้จะทำการแก้ปัญหาที่ชั้นโครงข่าย ลักษณะของโครงข่าย Mobile IP ประกอบด้วยตัวแทนบ้าน (Home Agent หรือ HA), โนดตอบรับปลายทาง (Correspondent Node หรือ CN), FA และ MN ดังแสดงในรูปที่ 1.1 การทำงานจะเริ่มจาก MN เคลื่อนที่ออกจาก HA มายัง FA จากนั้น FA จะให้ที่อยู่ชั่วคราวกับ MN เรียกว่า CoA (Care of Address) โดยที่อยู่นี้จะให้ไว้เพื่อที่ CN และ HA จะได้ติดต่อกับ MN ผ่านทาง FA นอกจาก MN จะมี CoA แล้ว MN ยังมีที่อยู่ถาวรที่ได้ลงทะเบียนไว้กับโครงข่ายบ้าน (Home Network หรือ HN) เรียกว่า Home Address ซึ่งมีไว้เพื่อระบุตัวของ MN เองอีกด้วย หลังจากที่ MN ได้รับ CoA จาก FA แล้ว MN จะแจ้งให้ HA ทราบที่อยู่ของ MN ในขณะนั้น ถ้า CN ส่งแพ็กเกตให้ MN แพ็กเกตจะถูกส่งมายัง HA จากนั้น HA จะ encapsulate แพ็กเกต แล้วส่งมายัง FA และ FA จะ decapsulate เพื่อส่งให้กับ MN ต่อไป ในกรณีที่ MN ต้องการส่งแพ็กเกตให้กับ CN จะใช้วิธีการจัดเส้นทางของ IP โดยไม่จำเป็นต้องผ่าน HA [2]



รูปที่ 1.1 ส่วนประกอบโครงข่าย และการทำงานของ Mobile IP

1.1.2 Cellular IP

Cellular IP อธิบายได้เหมือนกับ Micro-mobility protocol โดยโครงข่ายของ Cellular IP แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ โครงข่ายหลัก และโครงข่ายเข้าถึงไร้สาย ดังแสดงในรูปที่ 1.2 ก ในส่วนของโครงข่ายหลักนี้ จะทำงานด้วยกลไก Mobile IP แบบดั้งเดิม สำหรับโครงข่ายเข้าถึงไร้สายจะใช้ Cellular IP สภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้ที่มีการเปลี่ยนแปลงจากโครงข่ายเข้าถึงโครงข่ายหนึ่งไปยังโครงข่ายเข้าถึงไร้สายอื่นๆ จะถูกจัดการด้วย Mobile IP และ Cellular IP จะจัดการกับการเคลื่อนที่ภายในโครงข่ายเข้าถึงโครงข่ายหนึ่ง ๆ โครงข่ายเข้าถึงแต่ละโครงข่ายจะต่อผ่านเกตเวย์เราเตอร์ (gateway router) ในขณะที่ MN ที่อยู่ในโครงข่ายเข้าถึงนั้น ๆ จะใช้ IP address ของเกตเวย์เหมือนกับ CoA ของ Mobile IP

ใน Cellular IP การจัดเส้นทางจะใช้พื้นฐาน hop-by-hop โดยสถานีฐาน จะทำงานเหมือนกับสวิตช์ขั้นสูง สถานีฐานเหล่านี้จะเก็บข่าวสารไว้เพียง 2 ชนิดเท่านั้น นั่นคือ เก็บ neighbour (ที่อยู่ของสถานีฐานตัวถัดไป) ตัวแรกที่จะต่อไปยังเกตเวย์ต่อไป (เรียกว่า up-neighbour UN) และ forwarding table (เรียกว่า routing cache) ที่จะจัดเส้นทางทราฟฟิกอย่างมีประสิทธิภาพไปยังโครงข่ายของ MN สำหรับกรณีที่ MN ส่งแพ็กเกตไปยังโครงข่ายอินเทอร์เน็ต สถานีฐานจะรับแพ็กเกตที่เกิดจาก MN แล้วส่งต่อไปยัง UN ของสถานีฐานนั้น เพื่อให้แพ็กเกตนี้ส่งไปยังสถานีฐานตัวถัดไป และส่งไปยังเกตเวย์ (gateway) ส่วนกรณีที่แพ็กเกตจากโครงข่ายอินเทอร์เน็ตส่งไปยัง MN, สถานีฐานจะรับแพ็กเกตที่มีปลายทางไปยัง MN แล้วส่งแพ็กเกตไปยัง neighbour ที่ตรงกับ routing cache ของสถานีฐานนั้น

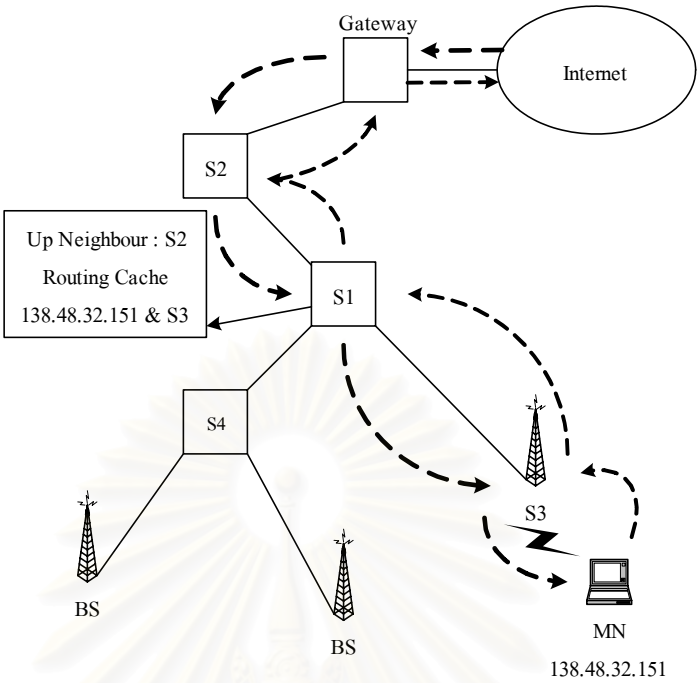
การแฮนด์โอเวอร์อย่างรวดเร็วก็เป็นปัญหาหนึ่งของ Mobile IP การจัดการขั้นต้นของ Cellular IP จะใช้กลไกที่มีประสิทธิภาพ 2 อย่างด้วยกัน คือ hard handover และ semi soft handover การทำ hard handover มีเป้าหมายที่จะทำให้ปริมาณการส่งข่าวสารของการแฮนด์โอเวอร์น้อยที่สุด สำหรับ semi soft handover จะอยู่บนหลักการที่ว่า MN สามารถติดต่อได้ทันทีกับสถานีฐาน 2 ตัว เป็นเวลาชั่วครู่ ที่ MN เปลี่ยนจากสถานีฐานหนึ่ง ไปยังสถานีฐานอีกสถานีหนึ่ง โดยดูจากความแรงของสัญญาณที่สถานีฐานส่งมายัง MN

Hard handover

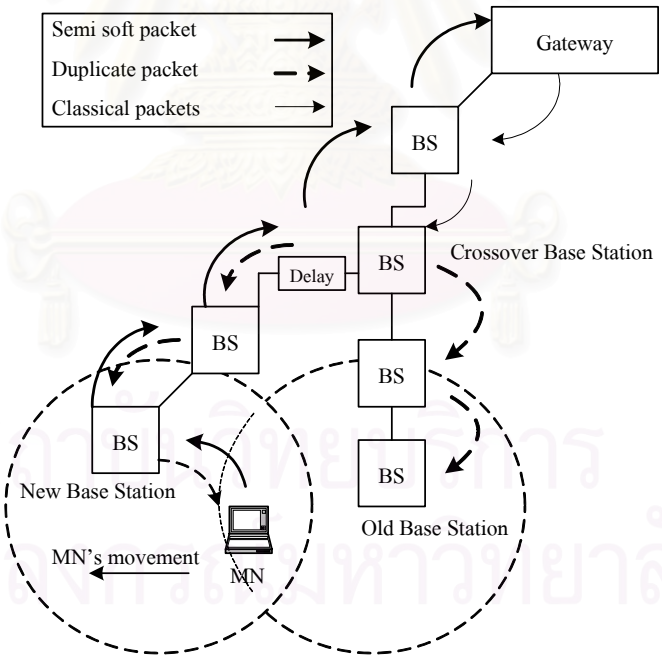
MN จะรอฟังสัญญาณที่แพร่กระจายโดยสถานีฐาน ซึ่งสามารถตรวจวัดได้เมื่อแฮนด์โอเวอร์อยู่ในจุดที่จะเปลี่ยนสถานีฐาน ในเวลานี้เอง MN จะส่งข่าวสารปรับเส้นทางให้ทันกาล (route update message) ไปยังสถานีฐานตัวใหม่ สำหรับในช่วงเวลา handover latency (คือ เวลาที่ข่าวสารนี้ไปถึง crossover base station) แพ็กเกต ทั้งหมดที่มีปลายทางไปยัง MN ที่ผ่านทาง crossover base station อาจเกิดการสูญหายระหว่างการปรับเส้นทางให้ทันกาลได้

Semi soft handover

Cellular IP ได้นิยามกลไกการแฮนด์โอเวอร์ขึ้นใหม่ เพื่อที่จะทำให้แพ็กเกตสูญหายน้อยลง ซึ่งมีชื่อเรียกว่า semi soft handover (รูปที่ 1.2 ข) หลักการพื้นฐาน คือ MN จะเตือนไปยังสถานีฐาน ที่เกี่ยวข้องว่าจะมีการแฮนด์โอเวอร์ในอีกไม่นานนี้ ที่เวลานี้เอง MN จะส่งแพ็กเกต semi soft ไปยังสถานีฐานตัวใหม่ และยังคงต่ออยู่กับสถานีฐานตัวเก่า ในช่วงนี้แพ็กเกต semi soft จะทำการทริกเกอร์ (triggers) ให้มีการสร้าง routing cache ขึ้นใหม่ เพื่อปรับตารางจัดเส้นทางระหว่างสถานีฐานตัวใหม่ และ MN ดังนั้น MN จะมีประสิทธิภาพการแฮนด์โอเวอร์ที่ดีขึ้น ส่งผลให้แพ็กเกตผ่านไปยังสถานีฐานได้ทั้ง 2 สถานี แต่ก็ยังทำให้มีปัญหาเกิดขึ้นมา นั่นคือ ปัญหาการซิงโครไนซ์ สามารถเห็นได้ชัดว่าแพ็กเกตที่ผ่านสถานีฐานทั้ง 2 สถานีนั้น จะไม่ซิงโครไนซ์กัน ถ้าชุดของแพ็กเกตที่ส่งไปยังสถานีฐานตัวใหม่ ส่งไปช้ากว่าที่ส่งไปสถานีฐานตัวเก่า จะไม่มีปัญหาเกิดขึ้น แต่ถ้าชุดของแพ็กเกตถูกส่งไปถึงสถานีฐานตัวใหม่ก่อนสถานีฐานตัวเก่า จะทำให้ MN สูญเสียแพ็กเกตไปส่วนหนึ่ง ทำให้ semi soft handover ไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นจะมีการติดตั้ง กลไกการประวิงเวลาไว้ระหว่าง crossover base station กับสถานีฐานตัวถัดไป ที่มีปลายทางไปยัง MN [3], [4] ดังแสดงในรูปที่ 1.2 ข



รูปที่ 1.2 **ก** ส่วนประกอบโครงข่าย และการทำงานของ Cellular IP



รูปที่ 1.2 **ข** กระบวนการทำ semi soft handover ใน Cellular IP

1.1.3 HAWAII

การจัดการสภาพเคลื่อนที่ของ HAWAII ทำได้โดยการใช้ soft state (สถานะที่สร้างขึ้นไว้ในเราเตอร์) ที่รักษาไว้โดยเราเตอร์ การทำ soft state นี้ ใช้หลักการจัดการแบบ hop-by-hop กับ

การปรับให้ทันกาล หรือ refresh message การออกแบบส่วนใหญ่ของ HAWAII จะทำให้มีการกระจายข่าวสาร เพื่อที่จะให้ทนต่อความเสียหายของเราเตอร์ หรือข่ายเชื่อมโยง HAWAII ได้นำวิธีการพื้นฐานของ IP และมีการสร้างชั้นเพิ่มเติมระหว่างชั้นของ IP และชั้นเคลื่อนย้าย

โครงข่าย HAWAII ประกอบด้วย สถานีฐาน และเราเตอร์ ทุกเราเตอร์จะคงจำนวนของ soft-state ไว้เพื่อส่งแพ็กเกตไปยัง MN ที่ต่อกับโครงข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลักษณะการต่อของเราเตอร์ก็จะเป็นแบบลำดับชั้น โดยชั้นบนสุดจะเป็น Domain Root Router (DRR) ทำงานเหมือนเกตเวย์ที่จะต่อไปยังโครงข่ายหลัก ในขณะที่ MN มีการติดต่อกับสถานีฐาน, MN จะได้รับ CoA ซึ่ง CoA นี้ยังคงใช้ได้ตราบเท่าที่ MN ยังคงอยู่ในโครงข่าย HAWAII (เหมือน Cellular IP) ถ้ามีการเคลื่อนที่ออกจากโครงข่าย HAWAII ไปยังโครงข่ายอื่น ๆ การทำงานก็ยังคงเหมือนกับ Mobile IP แต่สภาพเคลื่อนที่ภายในโครงข่าย HAWAII จะใช้หลักของ HAWAII [3], [5] ดูรูปที่ 1.3 ประกอบการอธิบาย

Path Setup Schemes

โครงข่ายจะมีการจัดการกับสภาพเคลื่อนที่ของ MN ด้วยหลักการ hop-by-hop เราเตอร์แต่ละตัวจะรักษาตาราง soft-state ไว้ เพื่อตัดสินใจการกระทำต่อแพ็กเกตว่าควรจะกระทำอย่างไร เช่น ดร็อป (drop), ส่งต่อไป (forward) และอื่นๆ ซึ่ง soft-state นี้ถูกจัดการด้วย path setup schemes ที่มีลักษณะที่คล้ายกับ Cellular IP update และแพ็กเกต warning (เป็นข่าวสารที่ถูกจัดเส้นทางผ่านโครงข่าย และเราเตอร์แต่ละตัว จะใช้ข่าวสารนี้ในการจัดการกับบันทึก (ข้อมูล) ในแคช (cache))

ในขั้นตอนแรก เมื่อมีการติดต่อกับโครงข่าย HAWAII จะมีการปรับเส้นทางในโครงข่ายเพื่อให้ DRR ติดต่อกับ MN ได้ MN ที่มาถึง จะส่งข่าวสารร้องขอการลงทะเบียนด้วยวิธีการของ Mobile IP ดั้งเดิม ไปยังสถานีฐานปัจจุบันที่ MN อยู่ และแพ็กเกตจะถูกส่งต่อ hop-by-hop ไปยัง DRR ในเราเตอร์แต่ละตัวบนเส้นทางที่แพ็กเกตนี้เดินทาง จะมีการเพิ่ม forwarding entry (soft-state) สำหรับ MN ในโครงข่าย HAWAII นี้ จะมีหลักการของ path setup เพื่อจัดการการแฮนด์โอเวอร์อยู่ 2 ประการ คือ forwarding และ non-forwarding ในหลักการแรกนั้นจะเหมาะสมกับโครงข่ายไร้สายที่ MN มีการติดต่อกับตัวรับ-ส่งได้เพียงตัวเดียวเท่านั้น อีกหลักการหนึ่งนั้น MN สามารถติดต่อกับตัวรับ-ส่ง ได้มากกว่า 1 ตัว โดยหลักการของ HAWAII จะมีการแบ่งรูปแบบการแฮนด์โอเวอร์เป็น 2 อย่างด้วยกัน คือ forwarding path setup และ non-forwarding path setup

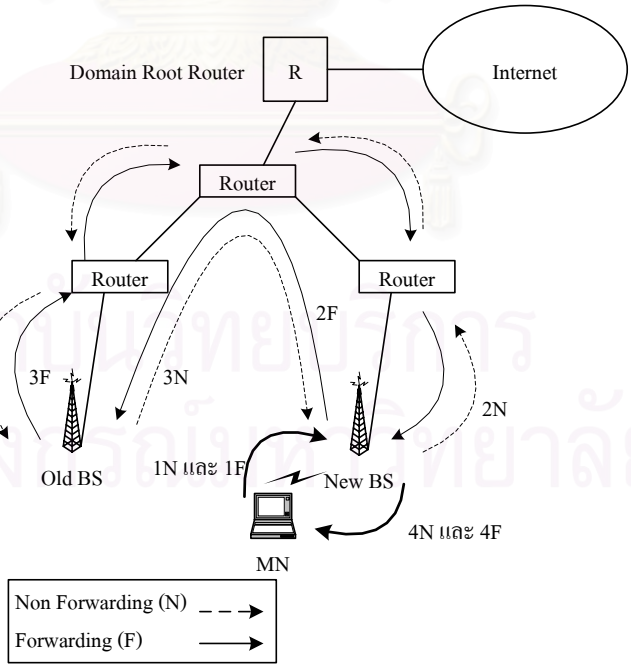
Forwarding Path Setup Scheme

เมื่อ MN เปลี่ยนสถานีฐาน, MN จะส่งข่าวสารร้องขอการลงทะเบียนแบบ Mobile IP ซึ่งมีที่อยู่ของสถานีฐานตัวเก่า ไปยังสถานีฐานตัวใหม่ ต่อมาส่ง HAWAII path setup update ตรง

ไปยังสถานีฐานตัวเก่า จากนั้นสถานีฐานตัวเก่า จะทำการเพิ่ม forwarding entry ไว้ในแคชและส่งข่าวสารไปยังเราเตอร์ตัวที่มีสถานีฐานตัวใหม่ต่ออยู่ด้วย ในระหว่างทาง เราเตอร์จะเพิ่ม หรือ update forwarding entry สำหรับ MN พร้อมกับส่งต่อไปยังสถานีฐานตัวใหม่ สุดท้ายเมื่อข่าวสารมาถึงสถานีฐานตัวใหม่ ก็จะทำการส่งข่าวสารตอบรับการลงทะเบียน (registration reply) ไปยัง MN จากนั้น เมื่อมีแพ็กเกตใหม่เข้ามายัง DRR แพ็กเกตจะถูกส่งมาตามเส้นทางใหม่

Non-Forwarding Path Setup Scheme

ในกรณีนี้จะคล้ายคลึงกับ hard handover ใน Cellular IP, MN ส่งข่าวสารร้องขอการลงทะเบียนแบบ Mobile IP ไปยังสถานีฐานตัวใหม่ จากนั้นสถานีฐานตัวใหม่ ก็ทำการเพิ่ม forwarding entry สำหรับ MN ไว้ และส่ง path setup message ไปยังเราเตอร์ตัวที่มีสถานีฐานตัวเก่าต่ออยู่ด้วย ในเราเตอร์ทุก ๆ ตัวบนเส้นทางที่ไปยังสถานีฐานตัวเก่า จะทำการเพิ่ม forwarding entry ไว้ พร้อมกับส่งต่อไปยังสถานีฐานตัวเก่า ถ้าการปรับเส้นทางมาถึงที่ crossover router จะส่งผลให้แพ็กเกตที่มาจาก CN ที่มาถึง crossover router นี้ จะถูกส่งต่อไปยัง MN ได้ทันที เพราะได้มีการปรับเส้นทางให้ทันกาลเรียบร้อยแล้ว ต่างกับกรณี forwarding path setup ที่จะต้องส่ง path setup update ไปยังสถานีฐานตัวเก่าก่อนแล้วค่อยปรับเส้นทางให้ทันกาลไปเรื่อย ๆ จน acknowledge message มาถึงสถานีฐานตัวใหม่



รูปที่ 1.3 กระบวนการ Forwarding และ Non-Forwarding Path Setup

1.1.4 **การจัดเส้นทางที่เหมาะที่สุด** [2]

การทำงานของ Mobile IP นั้นจะทำให้เกิดปัญหา triangular routing กล่าวคือ ในขณะที่ MN ติดต่อกับ CN อยู่นั้น ถ้า MN เคลื่อนที่ออกจาก HA ไปยัง FA ทำให้แพ็กเกตจาก CN ถูกส่งไปยัง HA และแพ็กเกตที่มาถึง HA ก็จะถูกส่งต่อไปยัง MN เมื่อ MN ต้องการส่งแพ็กเกตไปยัง CN ก็จะส่งแพ็กเกตตรงไปยัง CN จากที่กล่าวมา จะเห็นว่าลักษณะการส่งแพ็กเกตจะเป็นสามเหลี่ยม ส่งผลให้มีเส้นทางที่ไกลเกินความเหมาะสม เพื่อที่จะปรับปรุงการจัดเส้นทางให้เหมาะที่สุด Mobile IP ได้นิยามแนวคิดของ mobility binding ซึ่งจะทำให้ CN สามารถส่งแพ็กเกตไปยัง MN ได้โดยตรงไม่ต้องผ่าน HA

แนวคิดของ mobility binding จะเป็นการระบุความสัมพันธ์ระหว่าง home address ของ MN และ CoA ปัจจุบันของ MN เพื่อให้การติดต่อสื่อสารกับ MN เหมาะที่สุด CN จะมีแคชไว้เก็บที่อยู่ CoA ของ MN ซึ่งจะมีระยะเวลาในการติดต่อกับ MN เป็นตัวกำหนดว่าจะเก็บที่อยู่ CoA ไว้หรือไม่ ถ้า CN ไม่ได้ติดต่อกับ MN เป็นเวลานาน CoA ที่อยู่ในแคชของ CN จะหมดอายุ ทำให้ต้องมีการติดต่อผ่าน HA ใหม่อีกครั้ง ด้วยวิธีการดั้งเดิมของ Mobile IP ดังที่กล่าวไว้แล้ว ข่าวสารที่จะช่วยการทำงานในการจัดเส้นทางให้เหมาะที่สุดนี้ได้แก่

Binding Update : เป็นข่าวสารที่ MN ใช้ส่งไปยัง HA หรือ CN เพื่อบอกให้ทราบค่าของ CoA และ ในกรณีที่ CN ไม่ได้ติดต่อกับ MN เป็นเวลานาน และต้องการติดต่อกับ MN ใหม่อีกครั้ง HA ก็จะใช้ข่าวสารนี้ ส่งให้กับ CN เพื่อบอกที่อยู่ CoA ของ MN

Binding Request : เป็นข่าวสารที่ใช้โดย CN ใด ๆ ที่ต้องการร้องขอให้ MN ส่ง Binding Update message มาให้ CN นั้น ๆ

Binding Warning : เป็นข่าวสารที่ FA ก่อนหน้าที่ MN ต่ออยู่ ใช้ส่งให้กับ HA เพื่อ Re-Tunnel แพ็กเกต ไปยัง CoA ที่ถูกต้อง แต่ FA ก่อนหน้าที่ MN ต่ออยู่ต้องมีที่อยู่ CoA ของ MN อยู่ในขณะนั้น ถ้าไม่มีจะใช้การส่งแบบ Mobile IP แบบดั้งเดิม

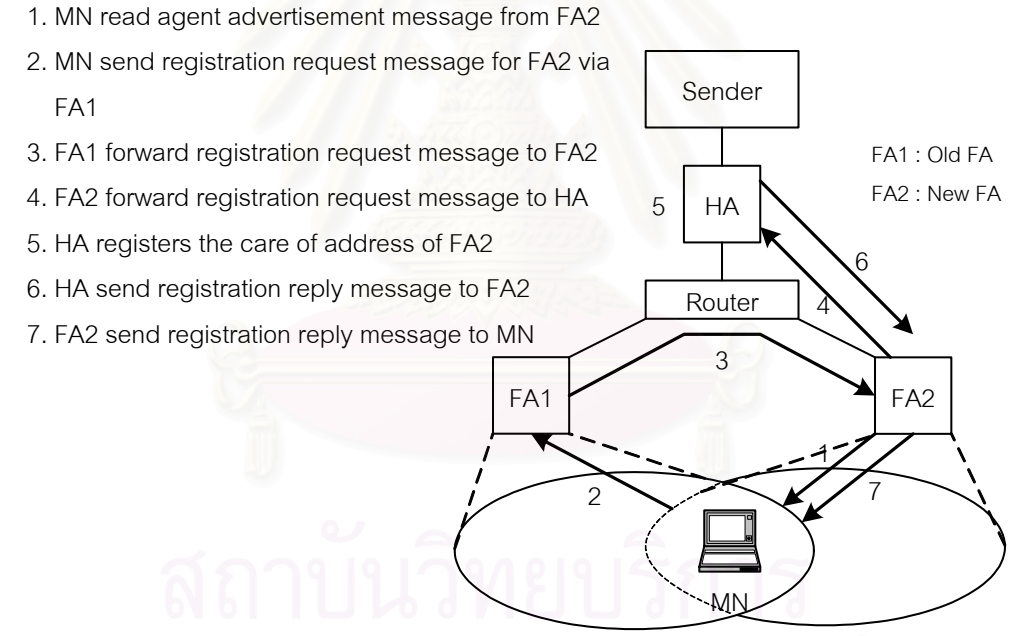
1.1.5 **การพักแพ็กเกตใน Mobile IP** [6]

การพักแพ็กเกตใน Mobile IP เป็นการพักแพ็กเกตไว้ในสถานีฐานก่อนหน้าที่ MN จะเปลี่ยนไปยังสถานีฐานตัวใหม่ ที่ต่ออยู่กับ FA คนละตัวกัน ลักษณะการทำงานจะคล้ายกับ Mobile IP แต่ต่างกันที่ กระบวนการนี้จะมีการพักแพ็กเกต โดยแพ็กเกตที่พักไว้นี้จะถูกส่งไปให้ FA ตัวเก่า ที่ MN เคยติดต่อด้วย จากนั้น FA ตัวเก่านี้ก็จะส่งต่อไปให้ FA ตัวใหม่ (FA ตัวเก่า จะรู้ที่อยู่ของ FA ตัวใหม่) และสุดท้าย FA ตัวใหม่ก็จะส่งแพ็กเกตให้กับ MN นอกจากนี้ยังมีกระบวนการทำงานพิเศษที่เพิ่มเข้ามาในกระบวนการลงทะเบียนกับ FA ตัวใหม่อีกด้วย นั่นคือ

เมื่อ MN ต้องการจะเปลี่ยน FA จะส่งข่าวสารร้องขอ advertisement message (ข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับการลงทะเบียน เช่น ที่อยู่ CoA) จาก FA ตัวใหม่ โดยที่ MN ไม่ต้องรอช่วงเวลาของการส่ง advertisement message จาก FA ตัวใหม่

1.1.6 การแฮนด์โอเวอร์อย่างไร้รอยต่อสำหรับระบบเซลลูลาร์ที่ต่อผ่านอินเทอร์เน็ต [7]

ลักษณะการทำงาน (ดูรูปที่ 1.4 ประกอบ) จะเพิ่มเติมจาก Mobile IP คือ ในระหว่างที่ MN เปลี่ยนจาก FA ตัวเก่าไปยัง FA ตัวใหม่ MN จะส่งสัญญาณร้องขอการลงทะเบียนที่ปกติแล้วจะต้องส่งไปยัง FA ตัวใหม่ แต่สัญญาณนี้จะถูกส่งผ่าน FA ตัวเก่าไปยัง FA ตัวใหม่ และส่งต่อไปยัง HA จากนั้น HA จะ doublecasting แพ็กเกตมายัง FA ตัวเก่า และ FA ตัวใหม่ ในช่วงที่ MN อยู่ในพื้นที่ที่รัศมีเซลล์มีการซ้อนทับกัน MN จะรับแพ็กเกตจาก FA ตัวเก่า เมื่อ MN ทำการลงทะเบียนกับ FA ตัวใหม่เสร็จแล้ว MN จะรับแพ็กเกตจาก FA ตัวใหม่แทน

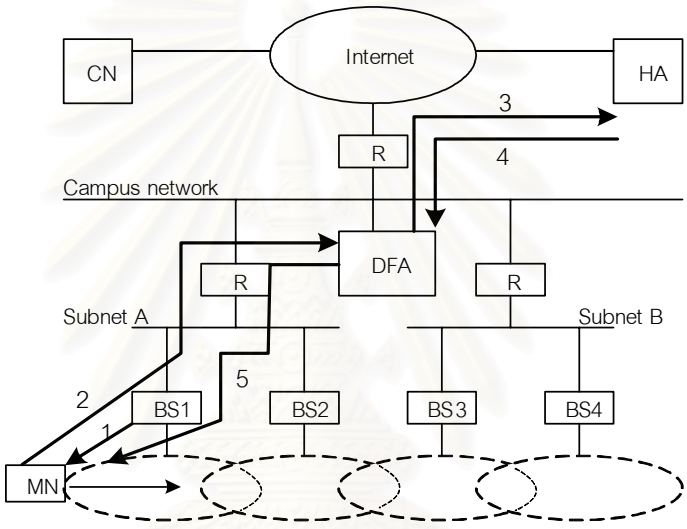


รูปที่ 1.4 ลักษณะการทำงานในการแฮนด์โอเวอร์อย่างไร้รอยต่อสำหรับระบบเซลลูลาร์ที่ต่อผ่านอินเทอร์เน็ต

1.1.7 การแฮนด์โอเวอร์อย่างรวดเร็วสำหรับโครงข่ายไร้สาย [8]

ลักษณะโครงข่ายที่ใช้งานนี้จะมี DFA (Domain Foreign Agent) ที่ทำหน้าที่ดูแลสภาพเคลื่อนที่ของ MN ที่เคลื่อนที่จากโครงข่ายอื่นมายัง DFA นี้ เมื่อ MN เข้ามาอยู่ในพื้นที่รับผิดชอบของ DFA แล้ว MN จะได้รับ advertisement message จากสถานีฐาน โดยภายใน

advertisement message จะประกอบด้วย IP address ของ DFA จากนั้น MN จะส่งข่าวสารร้องขอการลงทะเบียนไปยังสถานีฐาน นั้น และส่งไปยัง HA ของ MN ด้วย ต่อมา HA จะส่งข่าวสารตอบรับการลงทะเบียนไปยัง DFA ในกระบวนการนี้เอง DFA จะตอบรับไปยัง MN พร้อมกับ IP Multicast Address ให้กับ MN จากนั้น MN จะแจ้งกลับไปยังสถานีฐาน เพื่อตอบรับการใช้ Multicast Group นี้ DFA จะ Multicast ชุดของแพ็กเกตที่มาจาก CN โดยใช้ Multicast Address ไปให้สถานีฐานที่อยู่ใกล้กับ MN ดังแสดงในรูปที่ 1.5 ดังนั้นเมื่อ MN เคลื่อนที่ไปยัง BS1 หรือ BS3 ก็จะได้รับแพ็กเกตที่พักไว้ใน BS1 และ BS3



1. MN reads agent advertisement message from BS1
2. MN sends registration request message to DFA
3. DFA relays registration request message to HA
4. HA sends registration reply message to DFA
5. DFA relays registration reply together with IP multicast address to MN

รูปที่ 1.5 การแฮนด์โอเวอร์อย่างรวดเร็วในโครงข่ายไร้สาย

1.1.8 การแฮนด์โอเวอร์อย่างไร้รอยต่อสำหรับ Mobile IP ด้วยการใช้ MRT (Mobile Routing Table) [9]

ในมาตรฐาน Mobile IP, HA (Home Agent) จะเก็บตาราง IP address-mapping ที่บันทึกความสัมพันธ์ของ mapping ระหว่าง home address ของ MN ทั้งหมด กับ CoA เนื่องด้วยวิธีการจัดเส้นทางที่เหมาะที่สุดใน Mobile IP (ยกเว้นตารางใน HA) ที่โนดแต่ละโนด (ซึ่งอาจจะเป็นได้ทั้ง CN และ MN) จะต้องเก็บ binding cache ไว้ในตัวเอง ซึ่งแคชนี้ก็ใช้บันทึก CoA ของ

MN เพื่อจะติดต่อกับโนดนั้นได้โดยไม่ต้องผ่าน HA จากการใช้วิธี binding cache นี้ CN สามารถส่งแพ็กเกตไปยัง MN ได้โดยตรง (ไม่ต้องผ่าน HA) อย่างไรก็ตาม เป็นไปไม่ได้ที่จะใช้ binding cache ในโนดทุก ๆ โนดของอินเทอร์เน็ตทั้งหมด ถ้าสามารถสร้าง MRT (Mobile Routing Table) ใน MA (Mobility Agent) แต่ละตัว รวมทั้ง HA, FA และเราเตอร์ แทน binding cache ในโนดแต่ละโนดได้ (binding cache ในโนดแต่ละโนดสามารถเอาออกไปได้ ทำให้ไม่ต้องใช้ binding cache ในโนดทุกโนด) ดังแสดงในรูปที่ 1.6

Mobile Routing Table (MRT)

ความจริงแล้ว MRT เป็นส่วนที่ขยายมาจากตาราง address-mapping ดั้งเดิมที่มีใช้ในมาตรฐาน Mobile IP สำหรับบันทึก CoA ของ MN โดยเก็บค่า CoA ไว้โดย HA, FA และเราเตอร์ เพื่อส่งแพ็กเกตต่อไปยัง MN โครงสร้างที่บันทึกไว้ใน MRT ประกอบด้วย

Field 1 : home IP address ของ MN

Field 2 : CoA ปัจจุบันของ MN

Field 3 : V-Flag (1-bit flag เพื่อบ่งบอกว่า MN อยู่ใน home network หรือ foreign network)

ถ้า V-Flag = 0 แสดงว่า MN อยู่ใน home network

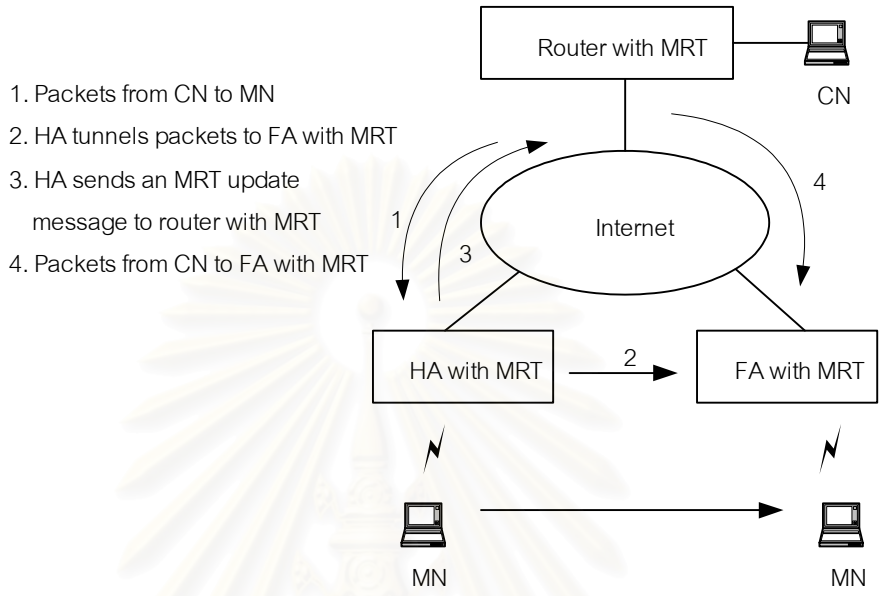
ถ้า V-Flag = 1 แสดงว่า MN อยู่ใน foreign network

Field 4 : Last Elapsed Time (LET) จะบันทึกทันทีเมื่อแพ็กเกตสุดท้ายใน transmission session ผ่านทางเราเตอร์ระหว่าง MN และ CN เรียบร้อยแล้ว

เมื่อ upstream packet แต่ละแพ็กเกต ถูกส่งผ่าน HA (FA or Router) HA จะทำการค้นหาใน MRT เพื่อดูว่า IP address ของปลายทางนี้ยังมีอยู่หรือไม่ ถ้าไม่มี แพ็กเกตจะถูกส่งผ่านไปตามเส้นทางที่เหมาะสมโดยใช้ IP routing protocol แต่ถ้ามี แพ็กเกตจะถูกส่งผ่านไปยัง CoA ปัจจุบันของโนดปลายทางที่ติดต่อด้วย (ถูกจัดเก็บไว้ใน field 2 ของโครงสร้าง MRT)

ถ้ามีแพ็กเกตจากอินเทอร์เน็ตถูกส่งมายัง HA, HA จะทำการดักจับแพ็กเกตนั้น จากนั้น HA จะค้นหาใน MRT เพื่อดูว่า IP address ปลายทางนั้นมีอยู่ใน MRT หรือไม่ ถ้าไม่มี HA จะทำการทิ้งแพ็กเกตนั้น และจะตัดสินว่า IP address ผิด แต่ถ้ามีอยู่ใน MRT ของ HA แพ็กเกต จะถูกส่งไปยัง MN แต่ก่อนที่จะส่งจะทำการตรวจสอบ V-Flag ก่อนว่า V-Flag เท่ากับ 0 หรือ 1 ถ้าเท่ากับ 0 แสดงว่า MN อยู่ใน home network แต่ถ้าเท่ากับ 1 แสดงว่า MN อยู่ใน foreign network จากนั้นแพ็กเกตก็ถูกส่งไปยัง CoA ของ MN และ HA ก็จะส่ง MRT update message ไปยังเราเตอร์ของ CN เพื่อที่จะปรับ MRT ในเราเตอร์ จากนั้นเราเตอร์ก็ส่ง MRT

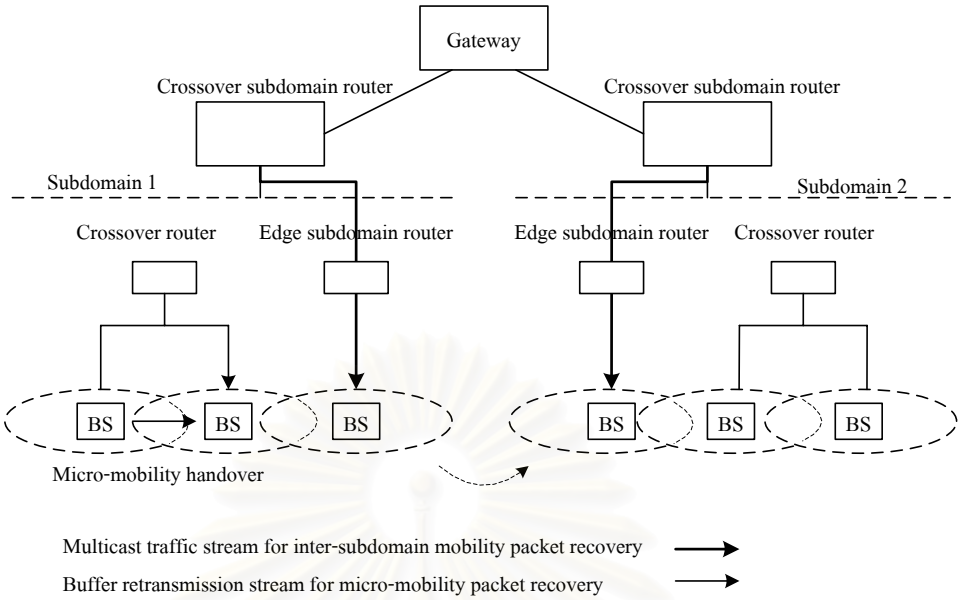
acknowledgement message ไปยัง HA สุดท้าย CN สามารถส่งแพ็กเกตไปยัง FA ของ MN ได้โดยไม่ต้องผ่าน HA



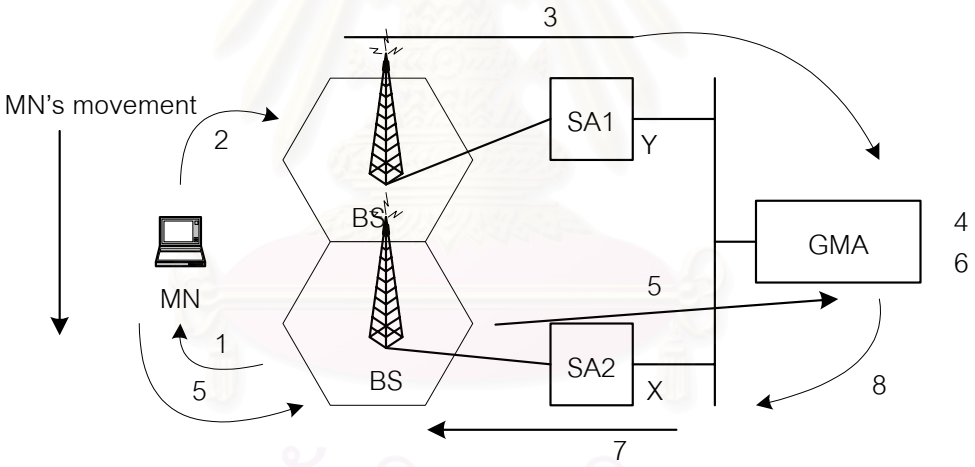
รูปที่ 1.6 การปรับปรุง Mobile IP ด้วยการใช้ MRT

1.1.9 โทโปโลยีแบบลำดับชั้นและกระบวนการแฮนด์โอเวอร์อย่างรวดเร็ว [10]

ลักษณะของโครงข่ายประกอบด้วยเกตเวย์, crossover subdomain router, crossover router, edge subdomain router และ สถานีฐาน ดังแสดงในรูปที่ 1.7 เมื่อ MN เคลื่อนที่มายังสถานีฐานตัวใหม่ MN จะส่งข่าวสารไปยังสถานีฐานตัวใหม่ ซึ่งประกอบด้วย IP address ของสถานีฐานตัวเก่า ต่อมาทั้งสถานีฐานตัวใหม่ และ MN จะผลัดกันส่งข่าวสารตอบรับ ซึ่งกันและกัน จากนั้นข่าวสารที่ประกอบด้วย IP address ของสถานีฐานตัวเก่าที่ส่งผ่านไปยังสถานีฐานตัวใหม่จะถูกส่งต่อไปยัง crossover router แล้วส่งต่อไปยังสถานีฐานตัวเก่า เพื่อให้สถานีฐานตัวเก่าส่งแพ็กเกตที่พักไว้มายังสถานีฐานตัวใหม่ สำหรับกรณีที่ MN เคลื่อนที่ข้าม subdomain จะใช้วิธีการ multicast แพ็กเกตจากเกตเวย์ไปยัง edge subdomain router เพื่อจะได้ส่งแพ็กเกตไปยัง MN ต่อไป



รูปที่ 1.7 กระบวนการแฮนด์โอเวอร์อย่างรวดเร็วในโทโปโลยีแบบลำดับชั้น



1 Read agent advertisement message from target BS
2 Send RegReq to SA (Subnet Agent) with CoA = X
3 Examine and forward to GMA
4 GMA buffers packets till confirmation received
5 Handoff to new BS, MN sends RegReq with CoA = X
6 GMA stops buffering and updates mobility binding and sends RegReply to MN
7 Relay RegReply to MN
8 Redirect buffered and incoming data to new SA

รูปที่ 1.8 กระบวนการทำแฮนด์โอเวอร์ในโครงข่ายเซลลูลาร์ IP

1.1.10 โพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่สำหรับโครงข่ายเซลลูลาร์ที่ใช้ IP เป็นพื้นฐาน

ลักษณะการทำงานแสดงดังรูปที่ 1.8 [11] กล่าวคือ เมื่อ MN เคลื่อนที่ไปยัง สถานีฐานตัวใหม่ MN จะร้องขอการลงทะเบียนไปยังสถานีฐานตัวเก่า เพื่อบอกที่อยู่ CoA ของ สถานีฐานตัวใหม่ จากนั้น สถานีฐานตัวเก่าจะส่งข่าวสารไปยัง GMA (Global Mobility Agent) ซึ่งเป็นเราเตอร์ที่ต่ออยู่กับโครงข่ายหลัก ให้พักแพ็กเกตไว้จนกว่าจะได้รับการยืนยันจากสถานีฐานตัวใหม่ หลังจาก GMA ได้รับการยืนยันแล้ว ก็จะส่งข่าวสารตอบรับกลับไป และส่งแพ็กเกตที่พักไว้ไปยังสถานีฐานตัวใหม่

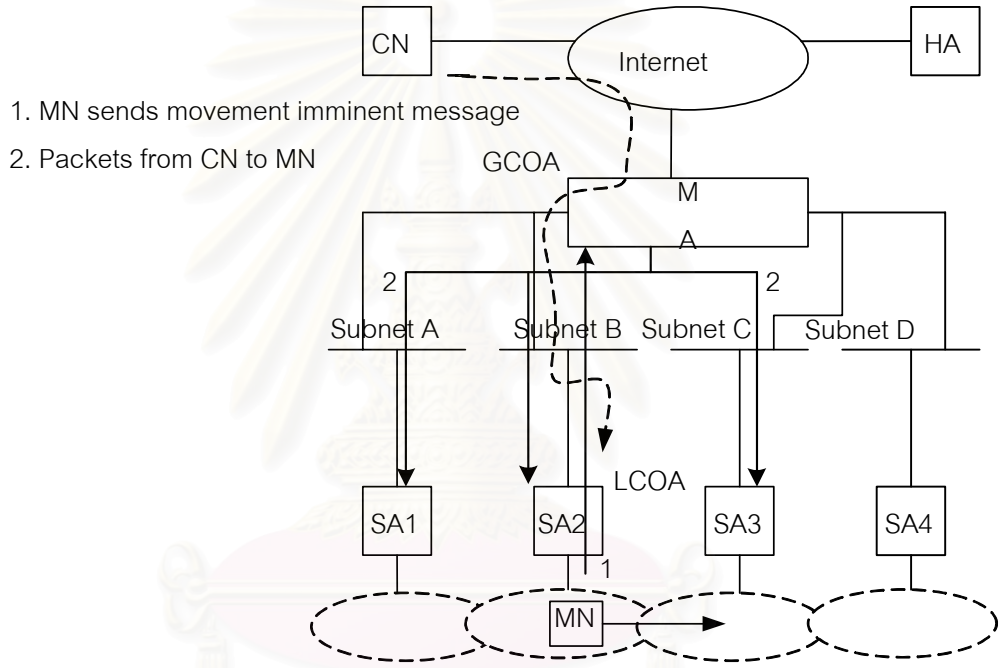
1.1.11 โพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่ภายในโครงข่ายสำหรับการแฮนด์โอเวอร์อย่างรวดเร็ว (IDMP)

ในโมดการทำงานพื้นฐานของ IDMP การประวิงในการแฮนด์โอเวอร์ (handover delay หรือ service interruption time) มีค่าเท่ากับเวลาที่เริ่มจากการเลิกการต่อถึงกันจนกระทั่ง MA (Mobility Agent) ปรับเส้นทางให้ทันกาลกับจุดติดต่อจุดใหม่ของ MN และเริ่มส่งแพ็กเกตได้ อย่างถูกต้องอีกครั้ง ในสถาปัตยกรรมโครงข่ายเซลลูลาร์ที่ใช้ IP-based Base Station (IPBS) การประวิงนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนด้วยกัน [12] คือ

1) Radio-channel Establishment Delay : MN จะต้องสร้าง radio-channel ขึ้นมาใหม่ที่สถานีฐานตัวใหม่ นี่คือ หน้าที่พิเศษของชั้นเชื่อมโยงข้อมูล และมีกระบวนการกำหนดสล็อตใน TDMA หรือ การซิงโครไนซ์รหัสใน CDMA ด้วย
2) IP Subnet Configuration Delay : MN ต้องใช้รูปแบบโพรโทคอลชั้น IP เพื่อที่จะได้รับ LCoA (Local Care-of-Address) ตัวใหม่ ถ้าใช้งานในโมด SA (Subnet Agent) ของ IDMP, MN จะต้องได้รับ agent advertisement ผ่านเราเตอร์ที่ค้นพบได้ หรือ สัญญาณแจ้งข่าวสารอื่น ๆ จากนั้นจึงร้องขอการลงทะเบียน LCoA ตัวใหม่ SA จะตอบกลับไปยัง MN โดยใช้ acknowledgement message ถ้าใช้งานในโมด co-located, MN จะแลกเปลี่ยน DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) configuration message กับ DHCP server ก่อนที่จะได้รับ valid CoA
3) Intra-Domain Update Delay : MN จะแจ้ง MA เพื่อบอกที่อยู่ LCoA ตัวใหม่ ผ่านทาง intra-domain location update message จากนั้น MA จะส่งแพ็กเกตไปยัง LCoA ตัวใหม่ของ MN

ขั้นตอนการแฮนด์โอเวอร์อย่างรวดเร็วของ IDMP อยู่บนพื้นฐานของสมมติฐานที่ว่า level-2 trigger สามารถใช้บ่งบอกการต่อที่จะต้องเปลี่ยนแปลงที่กำลังใกล้เข้ามา ลักษณะโครงข่าย

ของ IDMP แสดงดัง รูปที่ 1.9 การทำงานเริ่มจาก MN เคลื่อนออกจาก SA_2 ไปยัง SA_3 ในระหว่างกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ที่ให้ service interruption น้อยมาก IDMP ต้องการให้ MN หรือ SA_2 สร้าง movement imminent message ไปยัง MA จากนั้น MA จะทำการแพร่กระจายแพ็กเกตไปยัง SA ที่อยู่ใกล้ ๆ (SA_3 และ SA_1) แต่ละ SA จะเก็บแพ็กเกตไว้ให้ MN ดังนั้นจะช่วยลดการสูญหายของแพ็กเกตที่เกิดจากการแฮนด์โอเวอร์ชั่วขณะ เมื่อ MN ได้ทำการลงทะเบียน (subnet-level configuration) กับ SA_3 เรียบร้อยแล้ว แพ็กเกตที่เก็บไว้ใน SA_3 จะถูกส่งผ่านทางอากาศไปให้ MN โดยที่ไม่ต้องรอให้ MA รับ intra-domain location update [13]



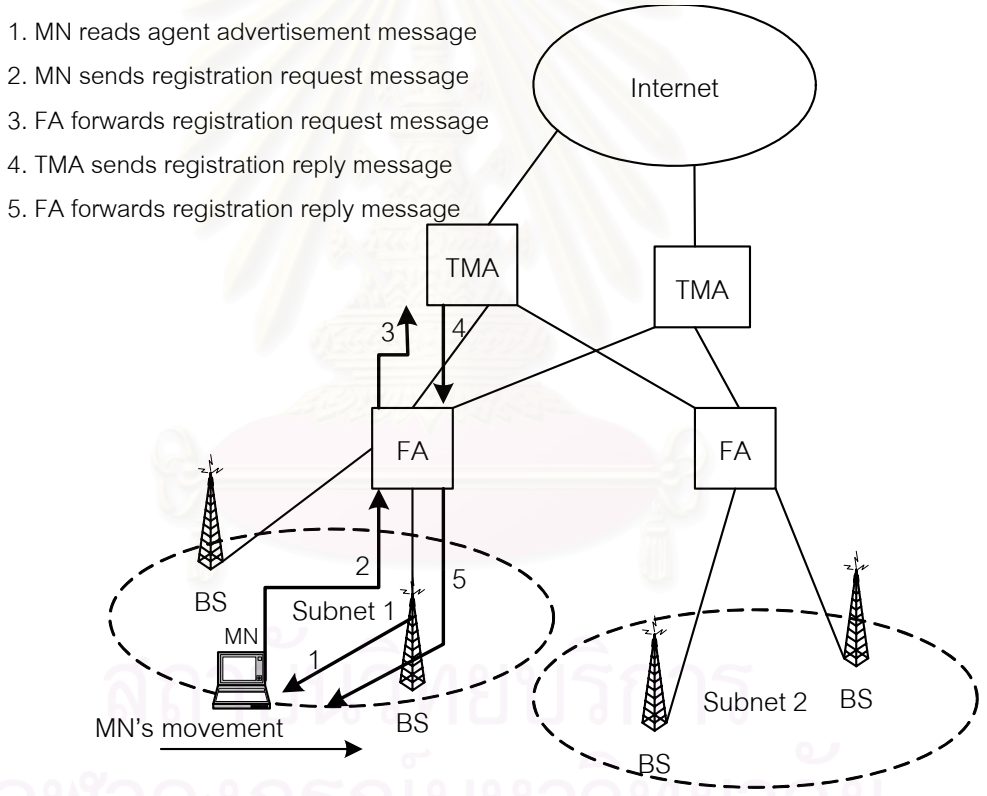
รูปที่ 1.9 ลักษณะโครงข่ายของ IDMP

1.1.12 TeleMIP (Telecommunication Enhanced Mobile IP) [1]

TeleMIP จะมีลักษณะที่คล้ายกับ Cellular IP และ HAWAII มีการจัดการสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้ภายในโครงข่าย TeleMIP นิยามได้ว่า เป็น Mobile IP แบบ 2 ลำดับชั้น โดยลำดับชั้นที่ 1 ใช้ GCoA (Global Care of Address) และลำดับชั้นที่ 2 ใช้ LCoA (Local Care of Address) นอกจากนี้ก็ยังมี entity เพิ่มเติมจาก Mobile IP นั่นคือ TeleMIP Mobility Agent (TMA)

โครงข่าย TeleMIP ประกอบด้วยเราเตอร์ และ สถานีฐาน โครงข่ายจะถูกแบ่งเป็นโครงข่ายย่อย ประกอบด้วยชุดของสถานีฐาน ซึ่งมีเราเตอร์ทำงานเป็น FA (Foreign Agent) และต่อเข้ากับ TMA (TeleMIP Mobility Agent) ตัวอย่างของโครงข่ายแสดงดังรูปที่ 1.10

เมื่อมีการติดต่อกับโครงข่าย TeleMIP, MN จะได้รับ CoA 2 ตัวจาก Local FA (หรือ DHCP server) โดย CoA ตัวแรกได้จาก TMA และใช้เป็น CoA ที่ลงทะเบียนไว้กับ HA สำหรับ CoA ตัวที่สองจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอเมื่อ MN เปลี่ยนโครงข่ายย่อย นั่นคือ CoA ตัวที่สองนี้จะเกี่ยวข้องกับโครงข่ายย่อย ซึ่ง CoA นี้ได้มาจาก local FA ในการติดต่อระหว่าง FA และ TMA นี้ FA สามารถที่จะเลือกติดต่อกับ TMA ได้มากกว่า 1 ตัว เพื่อที่จะได้ทำ load balancing (มีการกระจาย MN's management load), ในแต่ละครั้งที่ MN เปลี่ยนโครงข่ายย่อย MN จะแจ้งไปยัง TMA ที่ MN ติดต่ออยู่ก่อนที่จะเปลี่ยนโครงข่ายย่อย เมื่อแพ็กเกตที่ส่งไปยัง MN มาถึง home network, HA จะทำการดักจับแพ็กเกตนั้น และส่งต่อไปยัง TMA จากนั้น TMA ก็ส่งต่อไปยังโครงข่ายย่อย ที่ MN ติดต่ออยู่ในขณะนั้น สุดท้าย local FA จะส่งแพ็กเกตต่อไปให้ MN



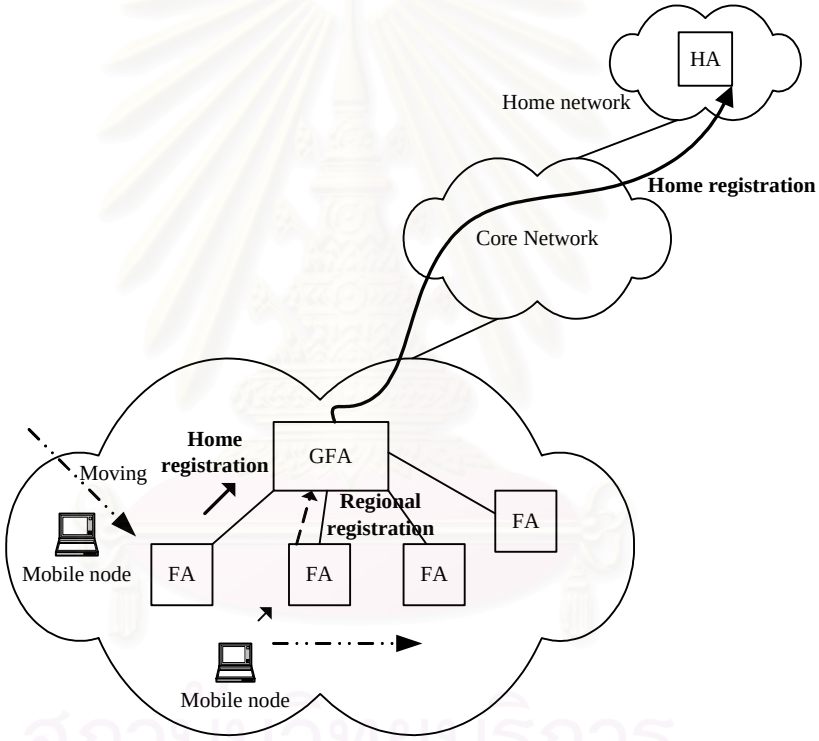
รูปที่ 1.10 โครงข่ายของ TeleMIP

1.1.13 Mobile IP Regional Registration [14]

เมื่อ MN เคลื่อนที่มาอยู่ใน GFA เป็นครั้งแรก MN จะส่งข่าวสารลงทะเบียนไปยัง HA เพื่อให้ HA ลงทะเบียนที่อยู่ GFA เป็นที่อยู่ชั่วคราวของ MN (CoA) ซึ่งทำให้ MN สามารถดำเนินการลงทะเบียนแบบภูมิภาคได้ (regional registration) ดังนั้น เมื่อ MN ดำเนินการ

ลงทะเบียนแบบภูมิภาค MN จะลงทะเบียนที่อยู่ปัจจุบันของ FA กับ GFA ในกระบวนการลงทะเบียนแบบภูมิภาคที่จะกล่าวต่อไป จะสมมติให้ MN เคลื่อนที่มาอยู่ในโครงข่ายที่สนับสนุนการลงทะเบียนแบบภูมิภาคและมีการลงทะเบียนกับ HA เรียบร้อยแล้ว

กระบวนการลงทะเบียนแบบภูมิภาคสามารถอธิบายได้ คือ MN ได้รับข่าวสารประกาศจาก FA ตัวใหม่ (advertisement message) MN จะส่งข่าวสารการลงทะเบียนไปยัง GFA ผ่านทาง FA ตัวใหม่ หลังจากที่GFA ได้รับข่าวสารการลงทะเบียนจาก MN, GFA จะปรับที่อยู่ของ MN ในรายการของผู้เยี่ยมเยียนให้ทันกาล และส่งข่าวสารการตอบรับการลงทะเบียนไปยัง MN ผ่านทาง FA ตัวใหม่ เมื่อ MN ได้รับข่าวสารตอบรับการลงทะเบียนแล้ว MN ก็สามารถติดต่อสื่อสารกับโนดปลายทางได้ตามปกติต่อไป



รูปที่ 1.11 ลักษณะโครงข่ายของ Mobile IP Regional Registration

1.1.14 Paging Mobile IP [15]

ในระบบโครงข่ายเซลล์ลูลาร์ จะใช้การเพจ (paging) เพื่อระบุตำแหน่งของสถานีเคลื่อนที่ (mobile station) ที่อยู่ในสถานะไม่ทำงาน (idle) สำหรับสร้างการเรียกจากโนดปลายทาง จากแนวความคิดของการเพจนี้ [15] จึงนำมาประยุกต์ใช้กับ Mobile IP เพื่อลดปริมาณการสัญญาณและการใช้กำลังงานของ Mobile IP

ขั้นตอนการทำงานของ Paging Mobile IP โดยส่วนใหญ่จะคล้ายกับ Mobile IP แต่ก็มีจุดที่แตกต่างกัน คือ เมื่อ MN เคลื่อนที่อยู่ในพื้นที่การเพจ และอยู่ในสถานะไม่ทำงาน, MN ไม่ต้องลงทะเบียนกับ HA ซึ่งต่างกับ Mobile IP แบบดั้งเดิม

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของ Mobile IP
2. เพื่อเรียนรู้แนวทางการแก้ปัญหาจากการทำงานวิจัย
3. ปรับปรุงการทำงานของโพรโทคอล Mobile IP และการแฮนด์โอเวอร์อย่างไร้รอยต่อสำหรับระบบเซลลูลาร์ที่ต่อผ่านอินเทอร์เน็ตให้มีเวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์และปริมาณการสัญญาณลดน้อยลง
4. สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับระบบสื่อสารเคลื่อนที่ในโครงข่าย Internet Protocol ได้

1.3 แนวทางของวิทยานิพนธ์ที่เสนอ

จากที่ได้อธิบายการทำงานของ Mobile IP และวิธีการปรับปรุงแก้ไข Mobile IP ไว้ข้างต้นแล้วนั้น จะเห็นได้ว่าวิธีแต่ละวิธีมีลักษณะของโครงข่ายที่แตกต่างกัน ทำให้มีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะนำข้อดีดังต่อไปนี้ มารวมเข้าไว้ด้วยกัน

1) Mobile IP ที่มีโทโปโลยีแบบลำดับชั้น

2) โพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่ภายในโครงข่ายสำหรับการแฮนด์โอเวอร์อย่างรวดเร็ว

3) โพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่สำหรับโครงข่ายเซลลูลาร์ที่ใช้ IP เป็นพื้นฐาน

4) การแฮนด์โอเวอร์อย่างไร้รอยต่อสำหรับระบบเซลลูลาร์ที่ต่อผ่านอินเทอร์เน็ต

โดยข้อดีที่กล่าวถึงนั้นได้แก่

1) การลด handover latency ในโทโปโลยีแบบลำดับชั้น

2) การใช้ paging เพื่อลดพลังงานของ MN ในโพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่ภายในโครงข่ายสำหรับการแฮนด์โอเวอร์อย่างรวดเร็ว (IDMP)

3) ลดการสูญหายของแพ็กเกตในโพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่สำหรับโครงข่ายเซลลูลาร์ที่ใช้ IP เป็นพื้นฐาน

4) การลงทะเบียนที่รวดเร็ว ในการแฮนด์โอเวอร์อย่างไร้รอยต่อสำหรับระบบเซลลูลาร์ที่ต่อผ่านอินเทอร์เน็ต

ลักษณะการทำงานเริ่มจาก MN เคลื่อนที่จากสถานีฐานตัวเก่าไปยังสถานีฐานตัวใหม่ เมื่อ MN ได้รับข่าวสารประกาศจากสถานีฐานตัวใหม่, MN จะเริ่มส่งข่าวสารร้องขอการลงทะเบียนไปยังสถานีฐานตัวใหม่ หลังจากที่สถานีฐานตัวใหม่ได้รับข่าวสารร้องขอการลงทะเบียน สถานีฐาน

ตัวใหม่จะส่งข่าวสารร้องขอการลงทะเบียนนี้ต่อไปยังเกตเวย์ (GMA) เพื่อให้เกตเวย์ปรับเส้นทางให้ทันกาล หลังจากนั้นเกตเวย์จึงตอบรับการลงทะเบียนพร้อมกับส่งแพ็กเกตไปยังสถานีฐานตัวใหม่ และ MN

เนื่องจาก Mobile IP ดั้งเดิมไม่มีการรองรับการใช้ paging ด้วยเหตุนี้ ในการรักษาสภาพการต่อกับโครงข่ายอินเทอร์เน็ต MN จึงต้องมีการปรับตำแหน่งให้ทันกาลทุก ๆ ครั้งที่ MN เปลี่ยน SA หรือ สถานีฐาน ที่ติดต่อ, MN จะส่งข่าวสารที่สัมพันธ์กับสภาพเคลื่อนที่ของตน ส่งผลให้ MN ต้องสูญเสียพลังงาน โดยเฉพาะ ในสิ่งแวดล้อมที่เป็น picocellular จะทำให้ MN เปลี่ยน SA ที่ติดต่อด้วยบ่อยครั้งมาก เพื่อให้การจัดการสภาพเคลื่อนที่ภายในโครงข่ายมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จึงต้องปรับปรุงให้สามารถรองรับการใช้ paging เพื่อประหยัดพลังงานของ MN (โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้งานในโครงข่าย 4G ในอนาคต)

1.3.1 พารามิเตอร์ที่ใช้วัดสมรรถนะ

1. เวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์
2. ปริมาณข่าวสารการสัญญาณที่ใช้ในการแฮนด์โอเวอร์
3. จำนวนแพ็กเกตสูญหาย

1.3.2 สภาวะที่ใช้ในการจำลองแบบ [7]

1. มี CN จำนวน 1 โนด ส่งแพ็กเกตแบบอัตราบิตคงที่ (CBR) ด้วยขนาดแพ็กเกต 256 ออกเตต (octets) และระยะห่างของแพ็กเกต 5.33 มิลลิวินาที
2. มี GMA และ HA อย่างละ 1 ตัว
3. มี FA จำนวน 8, 18, 32, 50, 72, 98 ตัว และ FA แต่ละตัวมีขนาดรัศมี 66.667 เมตร
4. ใช้มาตรฐาน IEEE 802.11
5. มี MN จำนวน 2, 5, 8, 13, 18 และ 25 ตัว เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย 10 เมตรต่อวินาที จาก FA1 หนึ่ง ไปยังอีก FA หนึ่ง และ MN มีการเคลื่อนที่ตามแบบจำลองในเชิงสถิติ คือ MN เคลื่อนที่ด้วยทิศทางที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง 0 ถึง 360 องศา
6. คาบการส่งของ agent advertisement message เท่ากับ 1 วินาที
7. ในข่ายเชื่อมโยงมีสายมีแบนด์วิดท์เท่ากับ 5 Mbps และการประวิงเท่ากับ 2 มิลลิวินาที
8. ในข่ายเชื่อมโยงไร้สายมีแบนด์วิดท์เท่ากับ 2 Mbps และการประวิงเท่ากับ 2 มิลลิวินาที

1.4 เป้าหมายและขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1. สร้างแบบจำลองการทำงานของ Mobile IP
2. สร้างแบบจำลองการทำงานของโครงข่ายในรูปที่ 4.1

3. ปรับปรุงสมรรถนะของ Mobile IP โดยใช้การพักแพ็กเกต และการใช้ paging ในโครงข่าย
4. เปรียบเทียบสมรรถนะของโพรโทคอลที่นำเสนอกับ Mobile IP แบบดั้งเดิม

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ

1. ศึกษาการทำงานของ Mobile IP
2. ศึกษาวิธีการแก้ปัญหาและปรับปรุงประสิทธิภาพของ Mobile IP ที่เคยมีผู้นำเสนอ
3. ศึกษาการทำงานของ Intra-Domain Mobility Management Protocol
4. ศึกษาการทำงานของ Network Simulator (ns-2.1b9a) [16]
5. ศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษาซีและภาษา TCL (Tool Command Language) ทั้ง 2 ภาษานี้จะทำงานร่วมกันใน Network Simulator โดยภาษา TCL จะทำหน้าที่ติดต่อกับภาษาซี
6. เขียนโปรแกรมทดสอบการทำงานของ Mobile IP และแบบจำลองในรูปที่ 1.11 พร้อมปรับปรุงแก้ไข
7. วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบเทียบกับ Mobile IP แบบดั้งเดิม
8. สรุปและรวบรวมข้อมูลทั้งหมดพร้อมทั้งจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงกระบวนการทำงานของ Mobile IP
2. ทำให้สามารถเรียนรู้แนวทางการแก้ปัญหาจากการทำงานวิจัย
3. สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับระบบสื่อสารเคลื่อนที่ในโครงข่าย Internet Protocol ได้
4. สามารนำไปประยุกต์ใช้งานกับการสื่อสารเคลื่อนที่ในยุคที่ 4 ได้

1.7 เค้าโครงวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งรายละเอียดออกเป็น 6 บท ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงข่ายคอมพิวเตอร์

บทที่ 3 การทำงานของ Mobile IP

บทที่ 4 วิธีการที่นำเสนอ

บทที่ 5 ผลการวิจัย

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงข่ายคอมพิวเตอร์

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงลักษณะการติดต่อสื่อสารผ่านโครงข่ายคอมพิวเตอร์ โดยส่วนแรกจะพูดถึงการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ แบบจำลองของ OSI และแบบจำลองของอินเทอร์เน็ต ส่วนที่สองจะกล่าวถึงอุปกรณ์ที่ใช้ภายในโครงข่ายคอมพิวเตอร์ ส่วนที่สามจะเป็นการทำงานของอินเทอร์เน็ตโพรโทคอลและการจัดเส้นทางแพ็กเกต สำหรับส่วนสุดท้ายจะเป็นลักษณะปัญหาเมื่ออุปกรณ์ไร้สายปลายทางเคลื่อนที่จากโครงข่ายไร้สายโครงข่ายหนึ่งไปยังโครงข่ายไร้สายอีกโครงข่ายหนึ่ง

2.1 การติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์

เมื่อคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งต้องการรับส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นๆ จำเป็นต้องมีโครงสร้างการสื่อสารข้อมูลที่เหมือนกัน เพื่อรับส่งข้อมูลต่างระบบได้อย่างอิสระ โครงสร้างของมาตรฐานการรับส่งข้อมูลนี้เรียกว่า Open System Interconnection หรือ OSI Model ซึ่งกำหนดโดยหน่วยงานกำหนดมาตรฐานสากล (ISO: International Standards Organization)

OSI Model กำหนดให้การสื่อสารข้อมูลระหว่างระบบคอมพิวเตอร์ระบบหนึ่งกับระบบคอมพิวเตอร์อีกระบบหนึ่ง แบ่งออกเป็น 7 ชั้น โดยทั้ง 7 ชั้นนี้ จะมีขั้นตอนเหมือนกันกับระบบคอมพิวเตอร์ทั้ง 2 ระบบ คุณสมบัติของโครงสร้างการสื่อสารข้อมูลที่กำหนดในแต่ละชั้นมีดังนี้

1) ชั้นกายภาพ (Physical Layer)

ชั้นกายภาพเป็นชั้นล่างสุดในการรับส่งข้อมูล มีหน้าที่เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์สองระบบที่รับส่งข้อมูลกันทางกายภาพ

สิ่งที่โพรโทคอลในชั้นนี้ต้องกำหนดมีดังนี้

- มาตรฐานเคเบิลตัวต่อ (Connector Cable Standards) และหน้าที่การทำงานที่กำหนดของแต่ละพินของตัวต่อ (Pin Assignment)
- แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ (Voltage)
- อัตราสัญญาณไทมิง (Timing Rates)

2) ชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link Layer)

ชั้นเชื่อมโยงข้อมูลเป็นชั้นที่เชื่อมต่อการรับส่งข้อมูลในระดับฮาร์ดแวร์ โดยทำหน้าที่แปลงคำสั่งให้เป็นคำสั่งฮาร์ดแวร์ที่ใช้รับส่งข้อมูล ตรวจสอบความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลระดับฮาร์ดแวร์ พร้อมทั้งแก้ไขความผิดพลาดที่ตรวจพบ

โพรโทคอลในชั้นนี้กำหนดสิ่งต่างๆ ดังนี้

- วิธีตรวจวัดความผิดพลาด (Error-Detection Method)
- วิธีฟื้นตัวจากความผิดพลาด (Error-Recovery Method)
- วิธีแก้ความผิดพลาด (Error-Correction Method)
- การจัดข้อมูลให้เป็นเฟรม (Framing)

3) ชั้นโครงข่าย (Network Layer)

ชั้นโครงข่ายมีหน้าที่เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ด้านรับและด้านส่งเข้าด้วยกันผ่านระบบโครงข่าย พร้อมทั้งกำหนดเส้นทางรับส่งข้อมูลและส่งผ่านข้อมูลระหว่างกัน นอกจากนี้ยังมีหน้าที่เรียกติดต่อคอมพิวเตอร์ปลายทางก่อนการรับส่งข้อมูลและยกเลิกการติดต่อเมื่อรับส่งข้อมูลเสร็จแล้ว

โพรโทคอลในชั้นนี้กำหนดสิ่งต่างๆ ดังนี้

- ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการกำหนดคอมพิวเตอร์เครื่องถัดไปที่จะส่งข้อมูล
- ขั้นตอนวิธีในการกำหนดวิถีที่เหมาะที่สุดจากต้นทางไปปลายทาง

4) ชั้นเคลื่อนย้าย (Transport Layer)

ชั้นเคลื่อนย้ายเป็นรอยต่อระหว่างการรับส่งข้อมูลของซอฟต์แวร์กับฮาร์ดแวร์ โดยมีหน้าที่เชื่อมต่อการรับส่งข้อมูลระดับสูงของชั้นที่ 5 มาเป็นข้อมูลที่รับส่งในระดับฮาร์ดแวร์ และควบคุมการรับส่งข้อมูลจากปลายด้านส่งถึงปลายด้านรับข้อมูล ให้ข้อมูลไหลตามจังหวะที่ควบคุมจากชั้นเซสชัน

บริการของชั้นเคลื่อนย้ายมีดังนี้

- กำหนดที่อยู่ของกระบวนการผู้ใช้ (User Process) ที่ปลายทาง
- ความเชื่อถือได้ของข่าวสารที่ส่ง
- ส่งข้อมูลตามลำดับก่อนหลัง
- ควบคุมการไหลของข้อมูลระหว่างกระบวนการผู้ใช้ที่ต้นทางและปลายทาง

5) ชั้นเซสชัน (Session Layer)

การรับส่งข้อมูลในชั้นนี้จะอยู่ในรูปแบบของ dialog หรือประโยคของข้อมูลที่สนทนาโต้ตอบกันระหว่างด้านรับและด้านที่ส่งข้อมูล

หน้าที่ของชั้นเซสชันมีดังนี้

- กำหนดขั้นตอนการเข้าถึงระบบ (Access Procedures)
- กำหนดกฎในการสนทนาแบบครึ่งดูเพลกซ์และดูเพลกซ์เต็ม
- กำหนดกฎสำหรับฟื้นตัวเมื่อเกิดการขัดจังหวะเซสชัน

- กำหนดกฎสำหรับการจบเซสชัน

6) ชั้นนำเสนอ (Presentation Layer)

ชั้นนำเสนอมีหน้าที่ตกลงกับคอมพิวเตอร์อีกด้านหนึ่งในชั้นเดียวกันว่าการรับส่งข้อมูลในระดับโปรแกรมประยุกต์จะมีขั้นตอนและข้อบังคับอย่างไร

หน้าที่ของชั้นนำเสนอมีดังนี้

- จัดวากยสัมพันธ์ของข้อมูลที่ส่ง
- แปลงข่าวสารให้อยู่ในฟอร์แมตที่เหมาะสมสำหรับการส่ง
- เข้ารหัสลับข้อมูล (Data Encryption)
- แปลงผันรหัสข้อมูล (Code Conversion)
- อัดข้อมูล (Data Compression)

7) ชั้นประยุกต์ใช้งาน (Application Layer)

ชั้นประยุกต์ใช้งานเป็นชั้นบนสุดของขั้นตอนการรับส่งข้อมูล มีหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้ โดยจะรับคำสั่งต่างๆ จากผู้ใช้ส่งให้คอมพิวเตอร์แปลความหมาย และทำงานตามคำสั่งที่ได้รับในระดับโปรแกรมประยุกต์

หน้าที่ของชั้นประยุกต์ใช้งานมีดังนี้

- การให้บริการเฉพาะอย่างตามที่ผู้ใช้ต้องการ
- การให้บริการทั่วๆ ไปกับบริการเฉพาะอย่างทุกบริการ

แบบจำลองอ้างอิง DoD Internet

DoD Internet เป็นพัฒนาการของโครงข่าย ARPANET ที่รวบรวมโครงข่ายที่มีโครงสร้างทางกายภาพต่างๆ ที่มีคอมพิวเตอร์หลักจากผู้ผลิตต่างชนิดกันในที่ต่างๆ กัน เข้าไว้ด้วยกัน โดยเชื่อมต่อผ่านทางเกตเวย์คอมพิวเตอร์ (Gateway Computer) ที่สามารถแปลงโพรโทคอลเชื่อมโยงข้อมูลและโพรโทคอลโครงข่ายต่างชนิดกันให้เข้าใจซึ่งกันและกัน

สถาปัตยกรรมอินเทอร์เน็ตประกอบขึ้นมาจากชั้นการทำงาน 4 ชั้น คือ

1) ชั้นโครงข่าย (Network Layer)

เป็นชั้นที่เกี่ยวกับโพรโทคอลการต่อร่วมคอมพิวเตอร์หลักเข้ากับโครงข่าย

2) ชั้นอินเทอร์เน็ต (Internet Layer)

เป็นชั้นที่เกี่ยวกับโพรโทคอลการต่อถึงกันของโครงข่ายย่อยต่างๆ และเกตเวย์ โดยมีการกำหนดที่อยู่และการจัดเส้นทางของแพ็กเกต

3) ชั้นบริการ (Service Layer)

เป็นชั้นที่ให้บริการสื่อสารจากปลายถึงปลาย (End-to-End) รวมถึงกลไกประกันความเชื่อถือของข้อมูลรับส่ง

4) ชั้นประยุกต์ใช้งาน (Application Layer)

เป็นชั้นที่จัดหาซอฟต์แวร์ใช้งานมาตรฐานให้กับผู้ใช้และใช้บริการชั้นที่อยู่ต่ำกว่า

2.2 อุปกรณ์โครงข่าย

การรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์สองระบบนั้นจะผ่านชั้นต่างๆ ของแบบจำลอง OSI 7-Layer ดังนั้นอุปกรณ์โครงข่ายต่างๆ ที่ใช้จะมีการทำงานตรงตามชั้นต่างๆ ที่กำหนดไว้ใน OSI ด้วย แต่อาจจะผ่านอุปกรณ์บางอย่างที่ทำงานไม่ครบ 7 ชั้นก็ได้ อุปกรณ์โครงข่ายต่างๆ อธิบายได้ดังนี้

2.2.1 Repeater หรือ Hub

Repeater หรือ Hub เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ได้รับโดยไม่มีซอฟต์แวร์มาเกี่ยวข้องในการจัดรูปแบบของข้อมูลหรือเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ได้รับและส่งต่อให้กับอุปกรณ์อื่นที่ต่อเข้ากับ Repeater หรือ Hub จัดเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานอยู่ในชั้น Physical layer ของแบบจำลอง OSI

2.2.2 Switch หรือ Bridge

Switch หรือ Bridge เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อโครงข่ายพื้นที่ท้องถิ่น (LAN) สองโครงข่ายเข้าด้วยกัน โดยจะต้องเป็นโครงข่ายท้องถิ่นประเภทเดียวกัน และใช้โพรโทคอลในการรับส่งข้อมูลเหมือนกัน จัดเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานอยู่ในชั้น Data link layer ของแบบจำลอง OSI

2.2.3 เราเตอร์ (Router)

เราเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อโครงข่ายพื้นที่ท้องถิ่นหลายๆ โครงข่ายเข้าด้วยกัน ซึ่งคล้ายกับ Switch แต่จะมีส่วนเพิ่มเติม คือ สามารถเชื่อมต่อโครงข่ายพื้นที่ท้องถิ่นที่ใช้โพรโทคอลในการรับส่งข้อมูลเหมือนกันแต่ใช้ตัวกลางหรือสายส่งต่างชนิดกันได้ และสามารถรับส่งข้อมูลที่เป็นกลุ่มข้อมูลหรือเฟรมจากต้นทางไปยังปลายทางได้ โดยเลือกหรือกำหนดเส้นทางที่ข้อมูลจะถูกส่งและแปลงข้อมูลให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้รับส่งใน 2 ชั้นล่างถัดลงไปจากชั้น Network layer จัดเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานอยู่ในชั้น Network layer ของแบบจำลอง OSI

2.2.4 Layer-3 Switch

Layer-3 Switch เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Switch และ Router โดยมีความสามารถในการแบ่งแยกปริมาณการรับส่งข้อมูลของโครงข่ายที่มีจำนวนเครื่องลูกข่ายมากๆ เหมือน Router และมีความเร็วในการแบ่งแยกข้อมูลเหมือน Switch หน้าที่หลักๆ ของ Layer-3 Switch คือ การรับส่งข้อมูลระหว่างพอร์ตต่างๆ การกำหนดเส้นทางของการรับส่งข้อมูลข้ามโครงข่าย และการจัดการระบบโครงข่าย เช่น การกำหนดระดับความสำคัญของการรับส่งข้อมูลในโครงข่าย และการควบคุมความปลอดภัยในโครงข่ายโดยใช้ “รายชื่อผู้มีสิทธิเข้าใช้งาน (ACL:Access Control List)”

2.2.5 **เกตเวย์** (Gateway)

Gateway เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อโครงข่ายพื้นที่ท้องถิ่นหลายๆ โครงข่ายที่ใช้โพรโทคอลต่างกันและใช้ตัวกลางหรือสายส่งข้อมูลต่างชนิดกันได้อย่างไม่มีขีดจำกัดโดยแปลงโพรโทคอลต้นทางให้ตรงกับปลายทางและเหมาะสมกับอุปกรณ์ของฮาร์ดแวร์ที่แต่ละโครงข่ายใช้งานอยู่ Gateway อาจจะมีฟังก์ชันการทำงานของ Firewall ไว้ในตัวสำหรับใช้งานกับโครงข่ายขนาดใหญ่ เพื่อป้องกันไม่ให้คอมพิวเตอร์นอกโครงข่ายเข้ามาเชื่อมต่อลักลอบนำข้อมูลภายในโครงข่ายออกไปได้

2.3 **การทำงานของโพรโทคอลอินเทอร์เน็ต** (IP)

การใช้งานโครงข่ายอินเทอร์เน็ตจะมีการส่งผ่านข้อมูลไปมาระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ภายในหรือภายนอกโครงข่าย ระบบคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่ออยู่ในแต่ละโครงข่ายอาจจะใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เหมือนกันหรือแตกต่างกัน ดังนั้นการส่งผ่านข้อมูลถึงกันได้อย่างถูกต้องจำเป็นจะต้องมีข้อกำหนดหรือระเบียบวิธีในการสื่อสารข้อมูลร่วมกัน เรียกว่า โพรโทคอล ด้วยเหตุนี้โพรโทคอลที่มีบทบาทสำคัญในการทำงานในโครงข่ายอินเทอร์เน็ตก็คือ โพรโทคอลอินเทอร์เน็ต

การส่งผ่านข้อมูลบนโครงข่ายอินเทอร์เน็ตจะต้องอาศัยการผนึกข้อมูล โดยโพรโทคอลอินเทอร์เน็ตทำหน้าที่แปลงข้อมูล (ผนึกข้อมูล) ให้เป็นอินเทอร์เน็ตดาตาแกรม (Internet datagram) แล้วส่งผ่านข้ามโครงข่าย

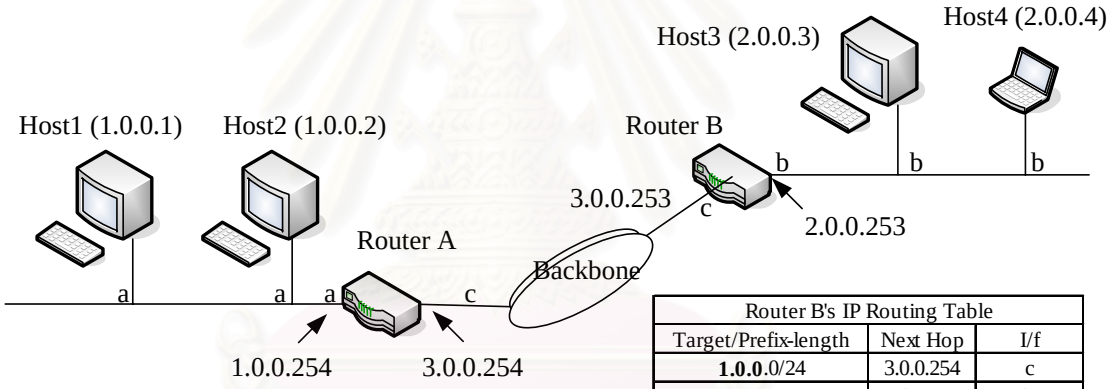
ถ้าปลายทางของอินเทอร์เน็ตดาตาแกรมอยู่ในโครงข่ายย่อยท้องถิ่นเดียวกันกับต้นทางของอินเทอร์เน็ตดาตาแกรม โพรโทคอลอินเทอร์เน็ตจะเรียกใช้บริการโพรโทคอล ARP (Address Resulotion Protocol) เพื่อแปลงหมายเลขโพรโทคอลอินเทอร์เน็ตปลายทางให้เป็นค่าหมายเลขฮาร์ดแวร์ เช่น MAC address เมื่อโพรโทคอลอินเทอร์เน็ตได้รับค่าหมายเลขฮาร์ดแวร์แล้ว ก็จะส่งข้อมูลนั้นไปยังฮาร์ดแวร์ที่ระบุไว้

ถ้าปลายทางของอินเทอร์เน็ตดาตาแกรมอยู่ในโครงข่ายที่ต่างกัน โพรโทคอลอินเทอร์เน็ตจะเรียกใช้บริการโพรโทคอล ARP เพื่อแปลงหมายเลขโพรโทคอลอินเทอร์เน็ตของเราเตอร์ให้เป็นค่าหมายเลขฮาร์ดแวร์ และส่งอินเทอร์เน็ตดาตาแกรมไปยังเราเตอร์ จากนั้นเราเตอร์ส่งข้อมูลข้ามโครงข่ายโดยใช้ตารางจัดเส้นทางเพื่อส่งอินเทอร์เน็ตดาตาแกรมไปยังปลายทางสุดท้าย

ตัวอย่างการจัดเส้นทางของโพรโทคอลอินเทอร์เน็ตสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างการจัดเส้นทางในโครงข่าย IP

จากรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบของโครงข่ายทั่วไป ซึ่งประกอบด้วย Ethernet A และ Ethernet B โดย Ethernet ทั้ง 2 ตัว ต่อถึงกันผ่านเราเตอร์และ โครงข่ายหลัก (backbone network) อุปกรณ์ปลายทาง (node) ทุกตัวที่ต่อประสานกันจะมีจุดต่อประสาน 1 จุด ต่อจำนวนอุปกรณ์ปลายทาง 1 ตัว จุดต่อประสานนี้สามารถใช้แยกแยะอุปกรณ์ปลายทางแต่ละตัวได้ โดยใช้หมายเลข IP เป็นตัวกำหนดจุดต่อประสาน ด้วยเหตุนี้เราเตอร์ ซึ่งมีจุดต่อประสานจำนวน 2 จุด จึงมีหมายเลข IP จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้อ้างอิงจุดต่อประสาน



Host1's Routing Table		
Target/Prefix-length	Next Hop	I/f
1.0.0.0/24	"direct"	a
0.0.0.0/0	1.0.0.254	a

Router B's IP Routing Table		
Target/Prefix-length	Next Hop	I/f
1.0.0.0/24	3.0.0.254	c
2.0.0.0/24	"direct"	b
3.0.0.0/24	"direct"	c

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างโครงข่าย IP

การจัดเส้นทางในกรณีอุปกรณ์ปลายทางอยู่บนข่ายเชื่อมโยงเดียวกัน

ยกตัวอย่างกรณีอุปกรณ์ปลายทางตัวที่ 1 (Host 1) ส่งแพ็กเกตไปยังอุปกรณ์ปลายทางตัวที่ 2 (Host 2) เราสังเกตเห็นว่าอุปกรณ์ปลายทางทั้ง 2 ตัว ต่ออยู่บนข่ายเชื่อมโยงเดียวกัน (Ethernet A) หมายเลข IP ต้นทางคือ 1.0.0.1 และหมายเลข IP ปลายทางคือ 1.0.0.2 อุปกรณ์ปลายทางตัวที่ 1 เริ่มการเปรียบเทียบหมายเลข IP ปลายทางกับหมายเลข IP ของตัวเอง เมื่อหมายเลข IP ไม่เหมือนกัน หมายความว่า แพ็กเกตนี้ไม่ได้ส่งให้ตัวเอง อุปกรณ์ปลายทางตัวที่ 1 จะตัดสินใจส่งแพ็กเกตนี้ต่อไปยังอุปกรณ์ตัวอื่นด้วยตารางจัดเส้นทางของอุปกรณ์ปลายทางตัวที่ 1

แต่เนื่องจากไม่มีหมายเลข IP ตัวใดในตารางจัดเส้นทางตรงกับหมายเลข IP ปลายทาง ดังนั้น อุปกรณ์ปลายทางตัวที่ 1 จึงค้นหาหมายเลขประจำโครงข่าย (network-prefix) ของหมายเลข IP ปลายทางแทน นั่นคือ 1.0.0 ซึ่งมีอยู่ในตารางจัดเส้นทางของอุปกรณ์ปลายทางตัวที่ 1 หลังจากนั้นอุปกรณ์ปลายทางตัวที่ 1 จะส่งแพ็กเกตไปบนข่ายเชื่อมโยง a ตรงไปยังอุปกรณ์ปลายทางตัวที่ 2

การจัดเส้นทางในกรณีอุปกรณ์ปลายทางอยู่บนข่ายเชื่อมโยงต่างกัน

เมื่อพิจารณากรณีที่ Host1 ส่งแพ็กเกตไปยัง Host3 จะสังเกตเห็นว่า ทั้ง Host1 และ Host3 ไม่อยู่บนข่ายเชื่อมโยงเดียวกัน ด้วยเหตุนี้การติดต่อสื่อสารระหว่างกันจำเป็นต้องติดต่อผ่านเราเตอร์อย่างน้อย 1 ตัว หรือมากกว่านั้น จากรูปที่ 2.1 หมายเลข IP ของ Host1 คือ 1.0.0.1 (หมายเลข IP ต้นทาง) และหมายเลข IP ของ Host3 คือ 2.0.0.3 (หมายเลข IP ปลายทาง) ดังนั้น ขั้นตอนการส่งแพ็กเกตอธิบายได้ดังต่อไปนี้

1) Host1 ทราบว่าแพ็กเกตนี้ไม่ใช่เป็นของตัวเอง (โดยการเปรียบเทียบหมายเลข IP) Host1 จึงค้นหาหมายเลข IP ของ Hosts3 (หมายเลข IP ปลายทาง) จากตารางจัดเส้นทาง Host1 พบว่าไม่มีหมายเลข IP หรือ หมายเลขประจำโครงข่าย (network-prefix) ของ Host3 ดังนั้น Host1 จึงส่งแพ็กเกตนี้ผ่านทางหมายเลขที่กำหนดไว้เป็นค่าเริ่มต้นในตารางจัดเส้นทาง (default routing entry) คือ 0.0.0.0 ซึ่งมีปลายทางถัดไปเป็นหมายเลข 1.0.0.254 (หมายเลข IP ของ RouterA)
2) เมื่อ Router A ได้รับแพ็กเกตจาก Host1, Router A ค้นพบว่าตัวเองไม่ใช่ปลายทางสุดท้ายของแพ็กเกต (โดยการเปรียบเทียบหมายเลข IP) จึงค้นหาหมายเลข IP ปลายทางของแพ็กเกตจากตารางจัดเส้นทางของ Router A พบว่ามีหมายเลขประจำโครงข่ายของ Host3 ในตารางจัดเส้นทาง ดังนั้น Router A จึงส่งแพ็กเกตไปยัง Router B ที่มีหมายเลขเป็น 3.0.0.253
3) เมื่อ Router B ได้รับแพ็กเกตจาก Router A Router B พบว่าตัวเองไม่ใช่ปลายทางสุดท้ายของแพ็กเกต จึงค้นหาหมายเลข IP ปลายทางจากตารางจัดเส้นทาง พบว่ามีหมายเลขประจำโครงข่ายของ Host3 คือ 2.0.0 อยู่ในตารางจัดเส้นทาง ดังนั้น Router B ส่งแพ็กเกตตรงไปยัง Host3 ผ่านทางตัวต่อประสาน b

2.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นกับโครงข่ายไร้สาย

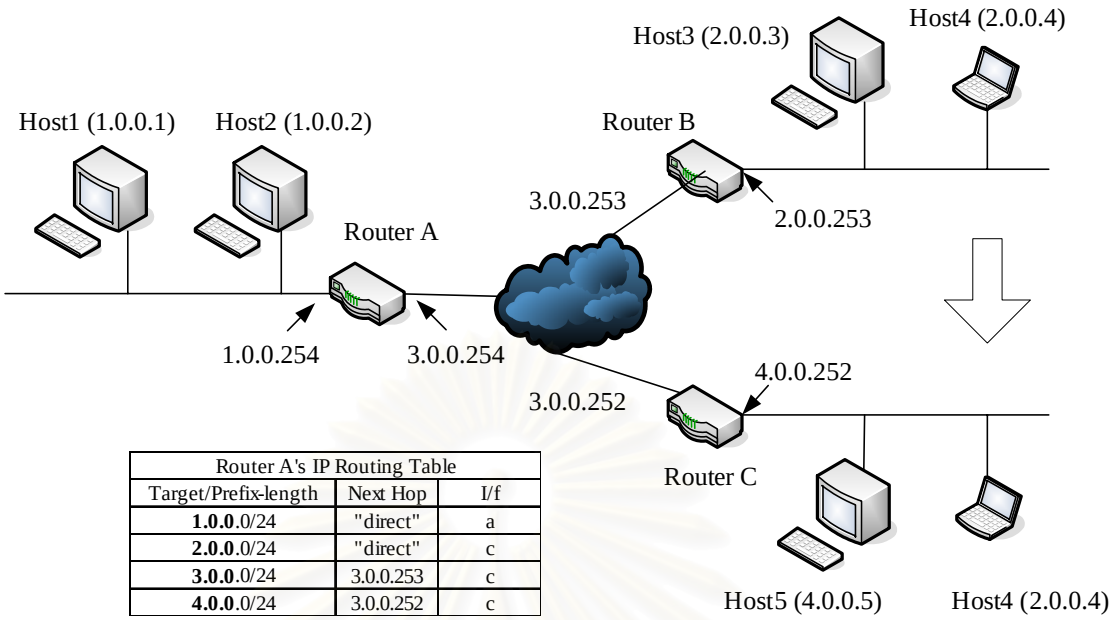
ส่วนนี้จะอธิบายว่าเกิดอะไรขึ้นเมื่อโนดมีการเปลี่ยนแปลงข่ายเชื่อมโยง, ทำไมการจัดเส้นทางบนอินเตอร์เน็ตในปัจจุบันไม่สามารถส่ง IP แพ็กเกตไปยังคอมพิวเตอร์ที่มีการเปลี่ยนตำแหน่ง (เคลื่อนที่) และทำไมแนวทางแก้ปัญหาที่มีอยู่ในปัจจุบันจึงไม่สามารถช่วยได้ในทางปฏิบัติ จากนั้นเราก็จะแสดงคุณสมบัติที่น่าสนใจของ Mobile IP สิ่งที่จะกล่าวต่อไปนี้จำเป็นต้องใช้ความรู้ความเข้าใจพื้นฐานของโครงข่ายคอมพิวเตอร์ และการจัดเส้นทางของ IP

ดังที่ได้เคยกล่าวไว้ในการจัดเส้นทางในกรณีอุปกรณ์ปลายทางอยู่บนข่ายเชื่อมโยงต่างกัน แพ็กเกตของโนดจะถูกส่งผ่านโครงข่ายภายใต้ข่าวสารที่บรรจุอยู่ในแพ็กเกตเฮดเดอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเราเตอร์ใช้ข้อมูลของ network-prefix ที่อยู่ในหมายเลข IP ปลายทาง เพื่อจัดเส้นทาง นั่นก็หมายความว่าทุกๆ โนดที่ต่อกับข่ายเชื่อมโยงจะมี network-prefix เฉพาะของแต่ละการเชื่อมต่อ

เมื่อ Host เปลี่ยนการติดต่อจากข่ายเชื่อมโยงหนึ่งไปยังข่ายเชื่อมโยงใหม่ที่มี network-prefix แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.2 หมายเลข IP ปลายทางของ Host4 มี network-prefix เท่ากับ 2.0.0 แต่ที่แสดงในรูป Host4 ติดต่อกับ network-prefix 4.0.0 ตารางจัดเส้นทางของ Router A แสดงดังรูปที่ 2.2

ขั้นตอนดังต่อไปนี้เป็นการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นหากโนดเปลี่ยนข่ายเชื่อมโยง

1) Host1 สร้างแพ็กเกตที่มีหมายเลข IP ปลายทาง 2.0.0.4 และมีหมายเลข IP ต้นทาง 1.0.0.1 ตารางจัดเส้นทางของ Host1 ที่บ่งบอกปลายทางของหมายเลข IP 2.0.0.4 คือ Router A (default router) Host1 จะส่งแพ็กเกตไปยัง Router A ผ่านทางตัวต่อประสาน a
2) Router A จะค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด เพื่อส่งแพ็กเกตไปยังหมายเลข IP 2.0.0.4 โดยการเปรียบเทียบ network-prefix ของหมายเลข IP ปลายทางกับ network-prefix ที่มีอยู่ในตารางจัดเส้นทาง ซึ่งตรงกับหมายเลข IP ของ Router B คือ 3.0.0.253 ดังนั้นแพ็กเกตจะถูกส่งจาก Router A ไปยัง Router B
3) เมื่อ Router B ได้รับแพ็กเกตที่มี network-prefix เท่ากับ 2.0.0 Router B พบว่าจะต้องส่งแพ็กเกตนี้ผ่านไปทางตัวต่อประสาน b
4) แต่อย่างไรก็ตาม Host4 ไม่ได้ต่ออยู่กับตัวต่อประสาน b แล้ว Router B จึงส่งข่าวสารแจ้งความผิดพลาดที่เกิดขึ้นไปยัง Host1 ทำให้ Host4 ไม่ได้รับแพ็กเกตนี้จาก Host1



Router A's IP Routing Table

Target/Prefix-length	Next Hop	I/f
1.0.0.0/24	"direct"	a
2.0.0.0/24	"direct"	c
3.0.0.0/24	3.0.0.253	c
4.0.0.0/24	3.0.0.252	c

รูปที่ 2.2 โนดเปลี่ยนข่ายเชื่อมโยง

แนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้ด้วยแนวทางต่อไปนี้

1. ปรับปรุงตารางจัดเส้นทางในเราเตอร์ทุกๆ ตัว ให้สามารถเก็บข้อมูลของหมายเลข IP ของโนดทุกโนดในโครงข่าย เช่น

ตารางจัดเส้นทาง			
Router	Target/Pref-Len	Next Hop	I/f
A	2.0.0.4 / 32	3.0.0.252	c
B	2.0.0.4 / 32	3.0.0.252	c
C	2.0.0.4 / 32	“direct”	b

ด้วยวิธีการนี้แพ็กเกตจาก Host2 สามารถส่งไปยัง Host4 ได้ โดยส่งผ่าน Router A และ Router C

2. เปลี่ยนหมายเลข IP ของโนด กล่าวคือ เมื่อโนดเปลี่ยนข่ายเชื่อมโยง โนดจะได้รับหมายเลข IP ตัวใหม่

แนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวไม่ใช่ทางแก้ไขที่ดี เพราะ

1. ถ้าใส่ข้อมูลหมายเลข IP ของโนดทุกโนดในตารางจัดเส้นทางของเราเตอร์ในปริมาณที่มากจะทำให้เราเตอร์เสียเวลาในการจัดเส้นทาง ส่งผลให้เกิดความคับคั่งในโครงข่ายได้
2. การเปลี่ยนหมายเลข IP ของโนดจะทำให้สิ้นสุดการติดต่อสื่อสารที่มีอยู่เดิมและเริ่มต้นติดต่อสื่อสารระหว่างกันใหม่อีกครั้ง ส่งผลให้ขาดความต่อเนื่องของการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน ซึ่งจะไม่ได้ช่วยแก้ไขปัญหาเรื่องความต่อเนื่องของข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การทำงานของ Mobile IP

วิวัฒนาการของโครงข่ายเคลื่อนที่ที่มีอยู่ในปัจจุบันจะแตกต่างจากระบบโทรศัพท์ในบางประเด็นที่มีความสำคัญ เช่น ปลายทางของการเชื่อมต่อในระบบโทรศัพท์ คือ มนุษย์ แต่ปลายทางของโปรแกรมการใช้งานคอมพิวเตอร์รวมไปถึงการต่อถึงกันระหว่างอุปกรณ์ด้วย ตัวอย่างของโครงข่ายเคลื่อนที่ในที่นี้ เช่น อุปกรณ์เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์เคลื่อนที่ (mobile computing devices) ที่อยู่บนเรือ, เครื่องบิน และรถยนต์

อย่างไรก็ตามโครงข่ายเคลื่อนที่ (mobile networking) ยังไม่เป็นที่แพร่หลายอาจจะเป็นเพราะมีอุปสรรคทางด้านเทคนิคบางอย่างที่กำลังรอการแก้ไข สิ่งที่สำคัญที่สุดสำหรับโครงข่ายเคลื่อนที่ คือ เส้นทางการส่งแพ็กเกตของโพรโทคอลอินเทอร์เน็ต (IP) ไปยังหมายเลข IP ปลายทาง ซึ่งหมายเลข IP ปลายทางเหล่านี้จะเกี่ยวข้องกับตำแหน่งที่ตั้งประจำของโครงข่าย (fixed network location) ดังนั้นถ้าหากหมายเลข IP ปลายทางนั้นเป็นของโนดเคลื่อนที่ (mobile node) จะทำให้การติดต่อสื่อสารไม่เป็นไปอย่างต่อเนื่อง กล่าวคือ เมื่อโนดเคลื่อนที่ เปลี่ยนตำแหน่งติดต่อสื่อสารตำแหน่งใหม่ (new point of attachment) โดยตำแหน่งติดต่อสื่อสารตำแหน่งใหม่นี้จะมีหมายเลขประจำโครงข่ายเป็นของตนเอง ส่งผลให้โนดเคลื่อนที่สร้างการติดต่อสื่อสารขึ้นใหม่ (มีหมายเลข IP ตัวใหม่) และไม่สามารถรับแพ็กเกตที่มีหมายเลข IP ปลายทางที่มีหมายเลขประจำโครงข่ายเป็นของตำแหน่งติดต่อสื่อสารตำแหน่งเก่าได้

ด้วยเหตุนี้ปัญหาดังกล่าวได้รับการแก้ไขโดยมาตรฐาน Mobile IP ที่นำเสนอโดยกลุ่มๆ หนึ่งที่อยู่ภายในองค์กร IETF (Internet Engineering Task Force) กลุ่มๆ นี้มีชื่อว่า กลุ่ม Mobile IP (Mobile IP working group) Mobile IP ช่วยแก้ไขปัญหาเส้นทางการส่งแพ็กเกตไปยังโนดเคลื่อนที่ด้วยการอนุญาตให้โนดเคลื่อนที่ใช้หมายเลข IP 2 ตัว นั่นคือ หมายเลข IP ประจำบ้าน (fixed home address) และหมายเลข IP ชั่วคราว (care-of-address) โดยที่หมายเลข IP ชั่วคราวมีการเปลี่ยนแปลงเป็นประจำทุกครั้งที่เปลี่ยนตำแหน่งติดต่อสื่อสารตำแหน่งใหม่ แต่อย่างไรก็ตาม Mobile IP ก็ยังคงมีปัญหาที่จะต้องแก้ไขในเรื่องอื่นๆ ดังจะได้กล่าวในบทถัดไป สำหรับบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับการทำงานของมาตรฐาน Mobile IP

ก่อนที่จะเริ่มต้นอธิบายการทำงานของ Mobile IP เราควรจะรู้จักความหมายของคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับโครงข่ายเคลื่อนที่เพื่อให้สามารถเข้าใจรายละเอียดในบทนี้และบทอื่นๆ มากยิ่งขึ้น

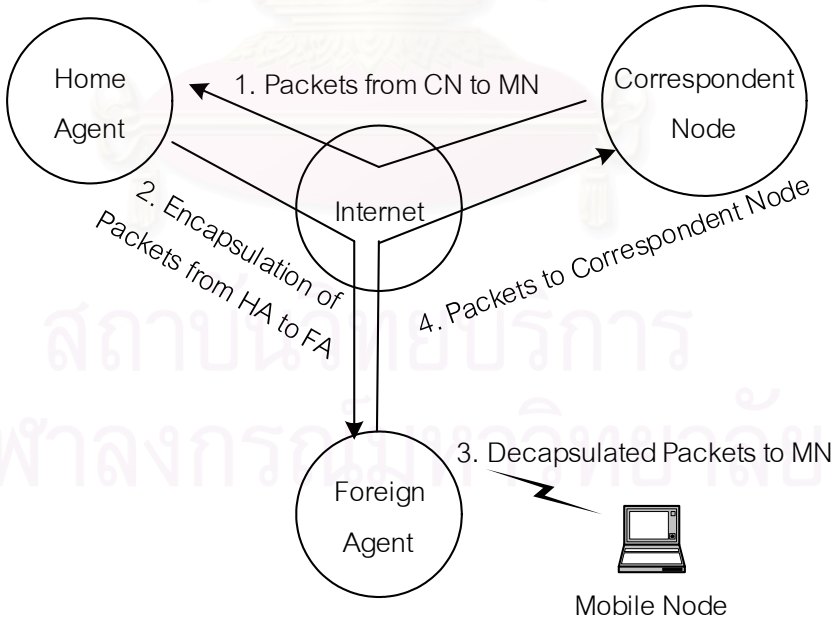
3.1 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับโครงข่ายเคลื่อนที่ (Mobile Networking Terminology)

Agent advertisement	หมายถึง	ข่าวสารที่ตัวแทนโนดหรือเราเตอร์สร้างขึ้นเพื่อทราบที่อยู่ของโนดเคลื่อนที่
Agent discovery	หมายถึง	กระบวนการที่โนดเคลื่อนที่ได้รับหมายเลข IP จาก home agent หรือ foreign agent เกิดขึ้นเมื่อโนดเคลื่อนที่ได้รับ agent advertisement
Binding	หมายถึง	กลุ่มของหมายเลขที่ประกอบด้วย หมายเลข IP ประจำบ้าน , หมายเลข IP ชั่วคราว และเวลาของอายุการลงทะเบียน (registration life time)
Binding update	หมายถึง	ข่าวสารที่แจ้งให้ตัวแทนบ้าน (home agent) หรือ โนดคู่สื่อสาร (correspondent node) ทราบหมายเลข IP ชั่วคราวของโนดเคลื่อนที่
Care-of address	หมายถึง	ที่อยู่ชั่วคราว หรือ หมายเลข IP ชั่วคราวของโนดเคลื่อนที่
Correspondent node	หมายถึง	โนดคู่สื่อสารของโนดเคลื่อนที่
Encapsulation	หมายถึง	กระบวนการซ้อนทับส่วนหัวของแพ็กเกต IP
Foreign agent	หมายถึง	ตัวแทนของโนดต่างพื้นที่บนโครงข่ายต่างพื้นที่ ทำหน้าที่ช่วยรับและส่งแพ็กเกตให้โนดเคลื่อนที่
Foreign network	หมายถึง	โครงข่ายต่างพื้นที่ที่โนดเคลื่อนที่กำลังอาศัยอยู่ในขณะนั้น
Home address	หมายถึง	ที่อยู่ประจำบ้าน หรือ หมายเลข IP ประจำบ้าน
Home agent	หมายถึง	ตัวแทนบ้านของโนดเคลื่อนที่บนโครงข่ายบ้าน ทำหน้าที่เป็นตัวแทนรับและส่งแพ็กเกตให้โนดเคลื่อนที่
Home network	หมายถึง	โครงข่ายบ้านของโนดเคลื่อนที่ที่ให้หมายเลข IP ประจำบ้าน
Mobile node	หมายถึง	โนดเคลื่อนที่
Registration	หมายถึง	กระบวนการลงทะเบียนของโนดเคลื่อนที่
Route optimization	หมายถึง	กระบวนการที่ทำให้โนดคู่สื่อสารสามารถส่งแพ็กเกตให้โนดเคลื่อนที่โดยไม่ต้องผ่านตัวแทนบ้าน
Tunneling	หมายถึง	Encapsulation แต่มีผลต่อการจัดเส้นทาง IP แพ็กเกตแบบดั้งเดิม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การทำงานของ Mobile IP

การที่อุปกรณ์สื่อสารไร้สายปลายทางสามารถติดต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ตลอดเวลาที่มีการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์สื่อสารไร้สายเคลื่อนที่ข้ามโครงข่ายนั้น สิ่งที่ช่วยในการทำงานนี้ให้มีประสิทธิภาพ คือ Mobile IP วิธีการนี้จะทำการแก้ปัญหาที่ชั้นโครงข่าย ลักษณะของโครงข่าย Mobile IP ประกอบด้วย HA (Home Agent), CN (Correspondent Node), FA(Foreign Agent) และ MN (Mobile Node) ดังแสดงในรูปที่ 3.1 การทำงานจะเริ่มจาก MN เคลื่อนที่ออกจาก HA มายัง FA จากนั้น FA จะให้ที่อยู่ชั่วคราว (หมายเลข IP ชั่วคราว) กับ MN เรียกว่า CoA (Care of Address) โดยที่อยู่นี้จะให้ไว้เพื่อ CN และ HA สามารถติดต่อกับ MN ผ่านทาง FA นอกจาก MN จะมี CoA แล้ว MN ยังมีที่อยู่บ้าน (หมายเลข IP ประจำบ้าน) ที่ได้ลงทะเบียนไว้กับ HN (Home Network) เรียกว่า Home Address ซึ่งมีไว้เพื่อระบุตัวของ MN เองอีกด้วย หลังจากที่ MN ได้รับ CoA จาก FA แล้ว MN จะแจ้งให้ HA ทราบที่อยู่ของ MN ในขณะนั้น ถ้า CN ส่งแพ็กเกตให้ MN แพ็กเกตจะถูกส่งมายัง HA จากนั้น HA จะเพิ่มข้อมูลส่วนหัว (IP header) ที่ประกอบด้วยที่อยู่ชั่วคราว (CoA) ของ MN ด้วยการ encapsulate แพ็กเกต แล้วส่งมายังที่อยู่ชั่วคราวของ MN นั่นคือ FA และ FA จะ decapsulate แพ็กเกตเพื่อส่งให้กับ MN ต่อไป ในกรณีที่ MN ต้องการส่งแพ็กเกตให้กับ CN จะใช้วิธีการจัดเส้นทางของ IP โดยไม่จำเป็นต้องผ่าน HA [2]



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบโครงข่าย และการทำงานของ Mobile IP

Mobile IP มีกระบวนการทำงาน 3 ส่วน ที่ต้องทำงานร่วมกัน ดังต่อไปนี้

3.2.1 การค้นหาตัวแทน

การค้นหาตัวแทนเป็นกระบวนการของ MN เพื่อตรวจสอบว่า MN อยู่บนโครงข่ายบ้าน (HA) หรือโครงข่ายต่างพื้นที่ (FA), MN เปลี่ยนข่ายเชื่อมโยงหรือยังไม่เปลี่ยนข่ายเชื่อมโยง และเพื่อรับที่อยู่ชั่วคราว (CoA) จากโครงข่ายต่างพื้นที่ (FA)

กระบวนการค้นหาตัวแทนประกอบด้วยข่าวสาร 2 ชนิด คือ

1) ข่าวสารประกาศจากตัวแทน (Agent Advertisement) เป็นข่าวสารสำหรับประกาศเพื่อแจ้งให้ MN ทราบว่ามีตัวแทนอยู่ในบริเวณที่ MN สามารถสื่อสารด้วยได้
2) ข่าวสารร้องขอข่าวสารการประกาศจากตัวแทน (Agent Solicitation) เป็นข่าวสารที่ MN ส่งถึงตัวแทนเพื่อขอให้ตัวแทนส่ง Agent Advertisement มาให้ MN เมื่อตัวแทนใด ๆ ก็ตามได้รับ Agent Solicitation นี้ก็จะส่ง Agent Advertisement ทันทีโดยกำหนดปลายทางการส่งเป็น MN

การตรวจสอบการเคลื่อนที่ของ MN สามารถทำได้ 2 วิธี คือ การใช้ค่า Lifetimes และการใช้หมายเลขประจำโครงข่าย (network-prefixes)

วิธีตรวจสอบการเคลื่อนที่โดยใช้ Lifetime

วิธีตรวจสอบการเคลื่อนที่จะใช้ข้อมูลจากส่วนของ Lifetimes ภายในข่าวสารประกาศจากเราเตอร์ (ICMP Router Advertisement) ที่อยู่ในข่าวสารประกาศจากตัวแทน (Agent Advertisement) ซึ่งค่า Lifetimes จะบอกช่วงเวลาที่ MN จะได้รับข่าวสารประกาศใหม่อีกครั้งจากตัวแทนตัวเดียวกัน เพื่อป้องกันความผิดพลาดหรือข่าวสารสูญหาย ตัวแทนจะประกาศข่าวสารนี้ด้วยคาบเวลาสั้นกว่าค่า Lifetime กล่าวคือ คาบในการประกาศ Agent Advertisement จะมีค่าประมาณหนึ่งในสามของค่า Lifetime [RFC 2002]

ถ้า MN ลงทะเบียนไว้กับ FA แล้ว แต่ MN ไม่ได้รับ Agent Advertisement ภายในช่วงเวลา Lifetime, MN จะพิจารณาว่า ได้เคลื่อนที่ไปยังข่ายเชื่อมโยงใหม่แล้ว หรือไม่ก็เป็นเพราะ FA ทำงานผิดพลาด จากกรณีเช่นนี้ MN จะเปลี่ยนไปลงทะเบียนกับ FA ตัวที่ส่ง Agent Advertisement มายัง MN ถ้าหาก MN ไม่ได้รับ Agent Advertisement จาก FA ตัวใดเลย MN จะส่ง Agent Solicitation เพื่อร้องขอให้ตัวแทนใกล้เคียงที่รับข้อความนี้ช่วยส่ง Agent Advertisement กลับมายัง MN

ถ้า MN ส่ง Agent Solicitation ออกไปแล้ว แต่ไม่ได้รับ Agent Advertisement เลย MN จะสมมติว่า

1) MN กำลังอยู่บนโครงข่ายบ้านและพยายามส่ง ICMP echo request message ไปยัง default router ถ้า default router ตอบกลับมา แสดงว่า MN อยู่บนโครงข่ายบ้าน แต่ถ้าไม่ตอบกลับเป็นดังกรณี 2)
2) HA ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ เนื่องมาจาก default router ไม่ตอบข่าวสารกลับมายัง MN ดังนั้น MN จะสมมติว่ากำลังเชื่อมต่ออยู่กับข่ายเชื่อมโยงอื่นที่ไม่ใช่ FA ในกรณีเช่นนี้ MN จะได้รับหมายเลข IP จากเซิร์ฟเวอร์ DHCP โดยหมายเลข IP ที่ได้รับนี้เรียกว่า Collocated Care-of Address จากนั้น MN จะลงทะเบียนกับ HA ด้วยหมายเลข IP ที่ได้รับนี้

วิธีตรวจสอบการเคลื่อนที่โดยใช้ Network-Prefixes

สมมติให้ MN ลงทะเบียนกับโครงข่ายต่างพื้นที่ 1 (FA1) บนข่ายเชื่อมโยง A และได้รับข่าวสารประกาศตัวแทน (Agent advertisement) จาก FA1 และ โครงข่ายต่างพื้นที่ 2 (FA2) ซึ่งมีหมายเลข IP ต้นทาง (IP Source Address) แตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะข่าวสารอาจจะประกาศมาจาก FA1, FA2 หรือ FA อื่นๆ ที่อยู่บนข่ายเชื่อมโยงเดียวกันหรือต่างกัน ดังนั้น MN จะต้องแยกแยะที่มาของข่าวสารประกาศนี้ด้วยการตรวจสอบ Network Prefix ในข่าวสารนั้นๆ กระบวนการตรวจสอบนี้จะทำได้ก็ต่อเมื่อข่าวสารประกาศตัวแทนมีส่วน Prefix Length Extension อยู่ในข่าวสาร

ถ้า MN ตรวจสอบพบว่าข่าวสารประกาศตัวแทนที่ได้รับมาใหม่ มี Network-Prefix แตกต่างจากข่าวสารเดิมที่เคยได้รับ MN จะทราบว่าตัวเองได้เคลื่อนที่ออกจากโครงข่ายต่างพื้นที่เดิมแล้ว และจะลงทะเบียนกับโครงข่ายต่างพื้นที่ใหม่ แต่ถ้าข่าวสารประกาศทั้ง 2 มี Network-Prefix เหมือนกัน แสดงว่า MN ไม่ได้เคลื่อนที่ออกจากโครงข่ายเดิม และไม่ต้องลงทะเบียนซ้ำกับโครงข่ายเดิมอีกครั้ง

3.2.2 การลงทะเบียน

MN จะลงทะเบียนกับตัวแทนเมื่อ MN พบว่าได้เคลื่อนที่เปลี่ยนโครงข่ายย่อย การลงทะเบียนในแต่ละครั้งจะได้กำหนดอายุของการลงทะเบียนไว้ ถ้าการลงทะเบียนหมดอายุ MN จะลงทะเบียนใหม่อีกครั้งกับตัวแทนเดิม แม้ว่าจะไม่ได้เคลื่อนที่เปลี่ยนโครงข่ายย่อย การลงทะเบียนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

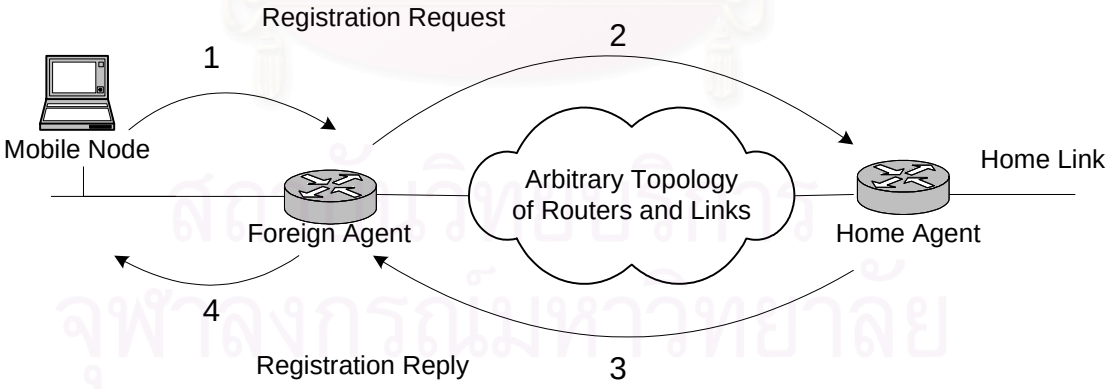
1. ร้องขอการจัดเส้นทางจาก FA บนข่ายเชื่อมโยงต่างพื้นที่
2. เมื่อได้รับ CoA แล้วก็จะแจ้งให้กับ MN ทราบ
3. ลงทะเบียนใหม่อีกครั้งถ้าการลงทะเบียนในครั้งล่าสุดหมดอายุแล้ว

4. ยกเลิกการลงทะเบียน (สำหรับการรับบริการสนับสนุนการเคลื่อนที่) เมื่อเคลื่อนที่กลับมายังข่ายเชื่อมโยงบ้าน
5. เมื่อ MN ได้แจ้งการลงทะเบียนกับ CoA ให้ HA รับทราบแล้ว ถ้า HA ได้รับแพ็กเกตที่มีปลายทางส่งถึง MN แล้ว HA จะสำเนาแพ็กเกตนั้นแล้วส่งให้กับ MN โดยกำหนดให้มีปลายทางถึง CoA แต่ละตัวของ MN
6. เมื่อพบว่า MN เคลื่อนที่กลับมายังข่ายเชื่อมโยงบ้าน MN จะถอนการลงทะเบียนที่ HA และทำงานเหมือนเป็นโนดอยู่กับที่ตัวหนึ่ง โดยไม่ได้ใช้บริการสนับสนุนการเคลื่อนที่

การลงทะเบียนตามโพรโทคอล Mobile IP เกิดขึ้นโดยการแลกเปลี่ยนของข่าวสาร 2 ชนิด คือ ข่าวสารร้องขอการลงทะเบียน และ ข่าวสารตอบรับการลงทะเบียน ข่าวสารร้องขอการลงทะเบียนจะส่งด้วยโพรโทคอลยูดีพี (UDP : User Datagram Protocol) ข่าวสารนี้จะถูกนำไปเพิ่ม payload ให้เป็นไอพีแพ็กเกต

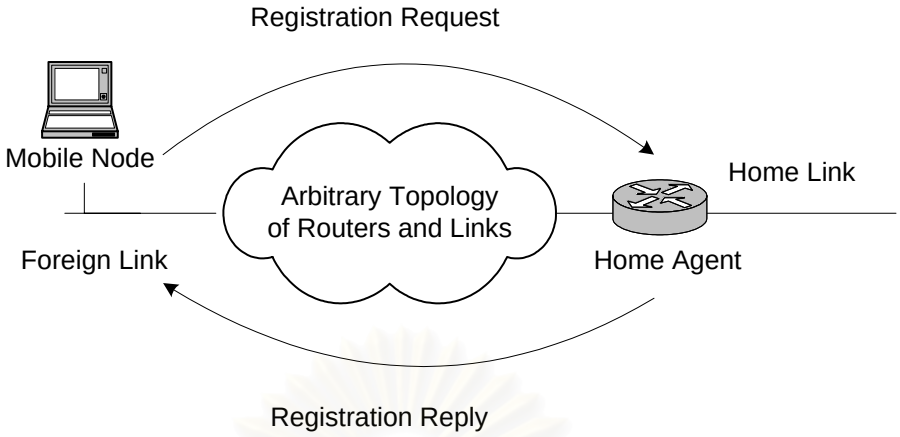
ขั้นตอนการลงทะเบียน ประกอบด้วยการส่งข่าวสารร้องขอลงทะเบียน และการได้รับข่าวสารตอบรับการลงทะเบียน ระหว่าง MN กับตัวแทน ซึ่งหมายถึง HA หรือ FA ก็ได้ การลงทะเบียนสามารถทำได้ 3 ลักษณะคือ

1. การลงทะเบียนบนข่ายเชื่อมโยงข้อมูลต่างพื้นที่ โดยใช้ CoA ที่ได้จากข่าวสารประกาศของ FA



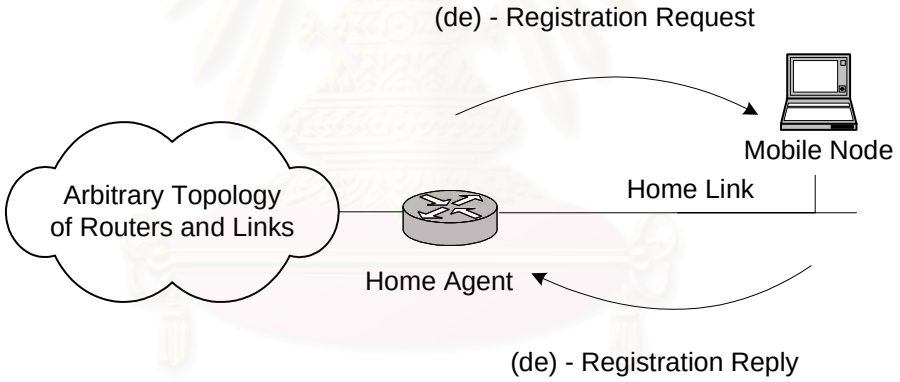
รูปที่ 3.2 การลงทะเบียนบนข่ายเชื่อมโยงข้อมูลต่างพื้นที่ โดยใช้ CoA ของ FA

2. การลงทะเบียนที่ทำบนข่ายเชื่อมโยงข้อมูลต่างพื้นที่ โดยใช้ co-locate care of address กรณีที่ข่ายเชื่อมโยงนั้นไม่มี FA



รูปที่ 3.3 การลงทะเบียนที่ทำบนข่ายเชื่อมโยงข้อมูลต่างพื้นที่ โดยใช้ co-locate care of address กรณีที่ข่ายเชื่อมโยงนั้นไม่มี FA

3. MN ถอนการลงทะเบียนเมื่อเคลื่อนที่กลับมาที่ข่ายเชื่อมโยงบ้าน



รูปที่ 3.4 MN ถอนการลงทะเบียนเมื่อเคลื่อนที่กลับมาที่ข่ายเชื่อมโยงบ้าน

ขั้นตอนการลงทะเบียนของ MN จะเริ่มขึ้นเมื่อ MN ส่งข่าวสารร้องขอลงทะเบียน ให้กับ HA ในกรณีที่ MN ยังไม่มี HA เลย ถ้า MN เคลื่อนที่เปลี่ยนโครงข่ายย่อยก็จะส่งข้อความขอลงทะเบียนให้กับ FA จากนั้น FA จะพิจารณาว่าข้อความร้องขอลงทะเบียนมีข้อผิดพลาดหรือไม่ ถ้าไม่มีข้อผิดพลาดใด ๆ FA จะส่งข้อความร้องขอการลงทะเบียนให้แก่ HA จากนั้น HA จะส่งข้อความตอบรับการลงทะเบียนนั้นกลับมายัง FA โดยมีปลายทางถึง MN โดยเส้นทางของการส่งข้อความตอบรับการลงทะเบียนจะส่งในเส้นทางเดียวกันกับเส้นทางที่ใช้ส่งข้อความร้องขอลงทะเบียนแต่ส่งในทิศทางย้อนกลับ

ถ้า MN ไม่ได้รับข้อความตอบรับการลงทะเบียนภายในระยะเวลาที่เหมาะสมแล้ว MN จะส่งข้อความร้องขอลงทะเบียนอีกครั้งหนึ่ง จนกว่าจะได้รับข้อความตอบรับการลงทะเบียน การเว้นช่วงเวลาระหว่างการส่งข้อความร้องขอลงทะเบียนตามที่ได้กำหนดไว้ในโพรโทคอล คือ ช่วงเวลาที่น้อยกว่าหรือเท่ากับช่วงเวลาระหว่างการส่งข้อความร้องขอลงทะเบียนที่เคยใช้ส่งในครั้งก่อนหน้า

3.2.3 การรับและส่งแพ็กเกตของ MN

เราสามารถแบ่งการรับและส่งแพ็กเกตออกได้เป็น 2 กรณี

กรณีที่ 1 MN อยู่บนโครงข่ายบ้าน

การรับและส่งแพ็กเกตของ MN ขณะที่ MN อยู่บนโครงข่ายบ้าน การจัดเส้นทางของแพ็กเกตจะเหมือนกับการจัดเส้นทางของโพรโทคอลอินเทอร์เน็ต ไม่จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการพิเศษใดๆ

กรณีที่ 2 MN อยู่บนโครงข่ายต่างพื้นที่

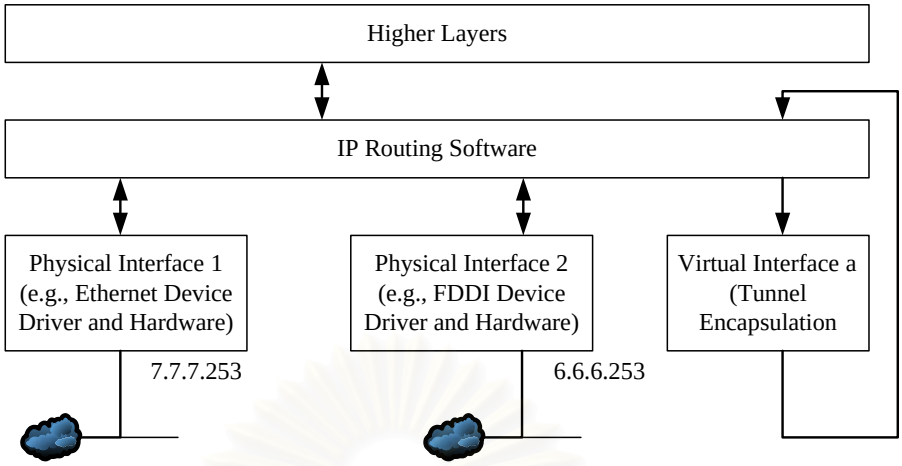
กรณีการรับแพ็กเกตของ MN

เมื่อแพ็กเกตที่จะส่งไปให้ MN เดินทางผ่านการเชื่อมต่อทางกายภาพ (physical software) และผ่านซอต์ฟแวร์จัดเส้นทางโพรโทคอลอินเทอร์เน็ต (IP routing software) ของ HA ซอต์ฟแวร์จัดเส้นทางโพรโทคอลอินเทอร์เน็ตจะพิจารณาหมายเลข IP ประจำบ้านของ MN ว่าควรจะส่งไปที่ใด เช่น จากตารางที่ 3.1 หมายเลข IP ประจำบ้านของ MN เท่ากับ 7.7.7.1 และหมายเลข IP ชั่วคราวของ MN เท่ากับ 1.1.1.1 ซอต์ฟแวร์จัดเส้นทางของ HA ตรวจพบว่าควรจะส่งผ่านอุปกรณ์เชื่อมต่อ α โดยการ encapsulate แพ็กเกตเป็น IP แพ็กเกตใหม่โดยมีที่อยู่ต้นทางเป็น HA และมีที่อยู่ปลายทางเป็นหมายเลข IP ชั่วคราวของ MN ซอต์ฟแวร์จัดเส้นทางของ HA จะพิจารณาแพ็กเกตนี้ใหม่อีกครั้ง แล้วส่งแพ็กเกตนี้ออกทางเราเตอร์เริ่มต้น (default router)

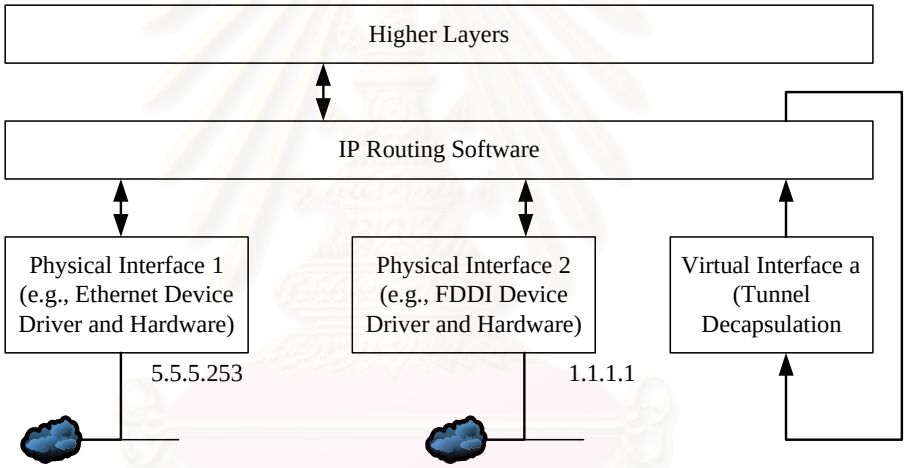
เมื่อแพ็กเกตมาถึง FA ซอต์ฟแวร์จัดเส้นทางโพรโทคอลอินเทอร์เน็ตของ FA จะพิจารณาหมายเลข IP ปลายทางของแพ็กเกตนี้ ถ้า FA เป็นปลายทางของแพ็กเกตนี้ ซอต์ฟแวร์จัดเส้นทางโพรโทคอลอินเทอร์เน็ตของ FA จะส่งแพ็กเกตไป decapsulate และจัดเส้นทางของแพ็กเกตที่ผ่านการ decapsulate ไปยัง MN ผ่านทางอุปกรณ์ต่อร่วม 1 ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ตารางจัดเส้นทางของ HA

Taget/Prefix-Length	Next Hop	Interface
7.7.7.0/24	"direct"	1
default/0	6.6.6.254	2
7.7.7.1/32	1.1.1.1	α



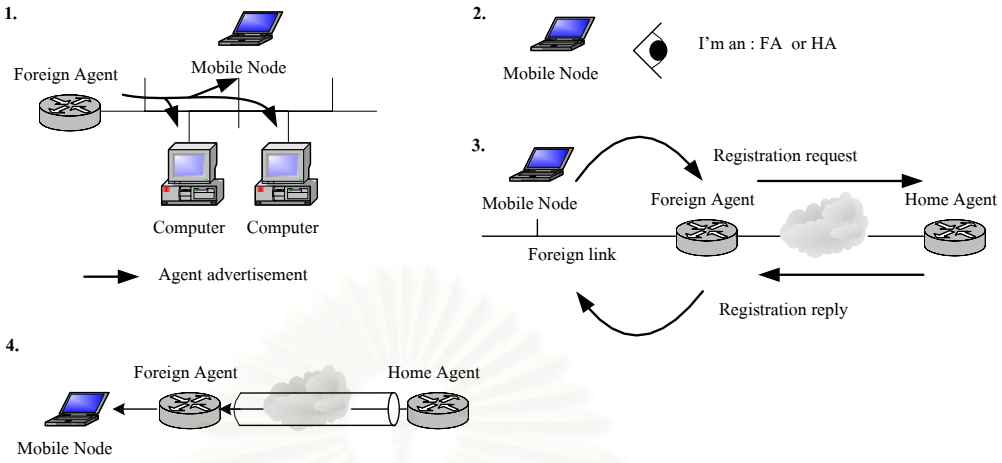
รูปที่ 3.5 การ encapsulate ผ่านส่วนต่อประสานเสมือนในตัวแทนบ้าน



รูปที่ 3.6 การ decapsulate ผ่านส่วนต่อประสานเสมือนในตัวแทนต่างพื้นที่

ตารางที่ 3.2 ตารางจัดเส้นทางของ FA

Taget/Prefix-Length	Next Hop	Interface
5.5.5.0/24	"direct"	1
1.1.1.0/24	1.1.1.254	2
7.7.7.1/32	"direct"	□



รูปที่ 3.7 การส่งแพ็กเกตไปยัง MN บนข่ายเชื่อมโยงต่างพื้นที่

กรณีการส่งแพ็กเกตของ MN

MN จะมีกระบวนการเลือกเราเตอร์ที่สามารถส่งแพ็กเกตออกจาก MN ได้ โดยวิธีที่ MN ใช้สำหรับเลือกเราเตอร์เพื่อส่งแพ็กเกตออกจาก MN ทำได้ 2 วิธี คือ

1) MN ใช้ FA เป็นเราเตอร์ก็ต่อเมื่อ MN ได้ลงทะเบียนไว้กับ FA แล้วและส่งแพ็กเกตโดยกำหนดหมายเลขไอพีต้นทางเป็น CoA ที่ได้รับจาก FA
2) MN ใช้เราเตอร์ที่ประกาศ ICMP Router Advertisement (กรณีไม่มี FA) และให้เราเตอร์นั้นช่วยส่งแพ็กเกตที่ออกจาก MN โดยกำหนดหมายเลขไอพีต้นทางที่ได้จากข่าวสารที่เราเตอร์ประกาศ ICMP Router Advertisement

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

วิธีการที่นำเสนอ

เมื่อเรียนรู้หลักการทำงานของ Mobile IP และแนวทางการปรับปรุงสมรรถนะของ Mobile IP ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 แล้ว เนื้อหาในบทที่ 4 นี้ จะเป็นการนำความรู้จากบทที่ 1 และบทที่ 3 มาประยุกต์ใช้ให้เกิดวิธีการที่นำเสนอ และวิเคราะห์การสัญญาณในเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับผลการจำลองระบบของวิธีการที่นำเสนอและผลการวิเคราะห์การสัญญาณในเชิงคณิตศาสตร์จะกล่าวถึงในบทถัดไป

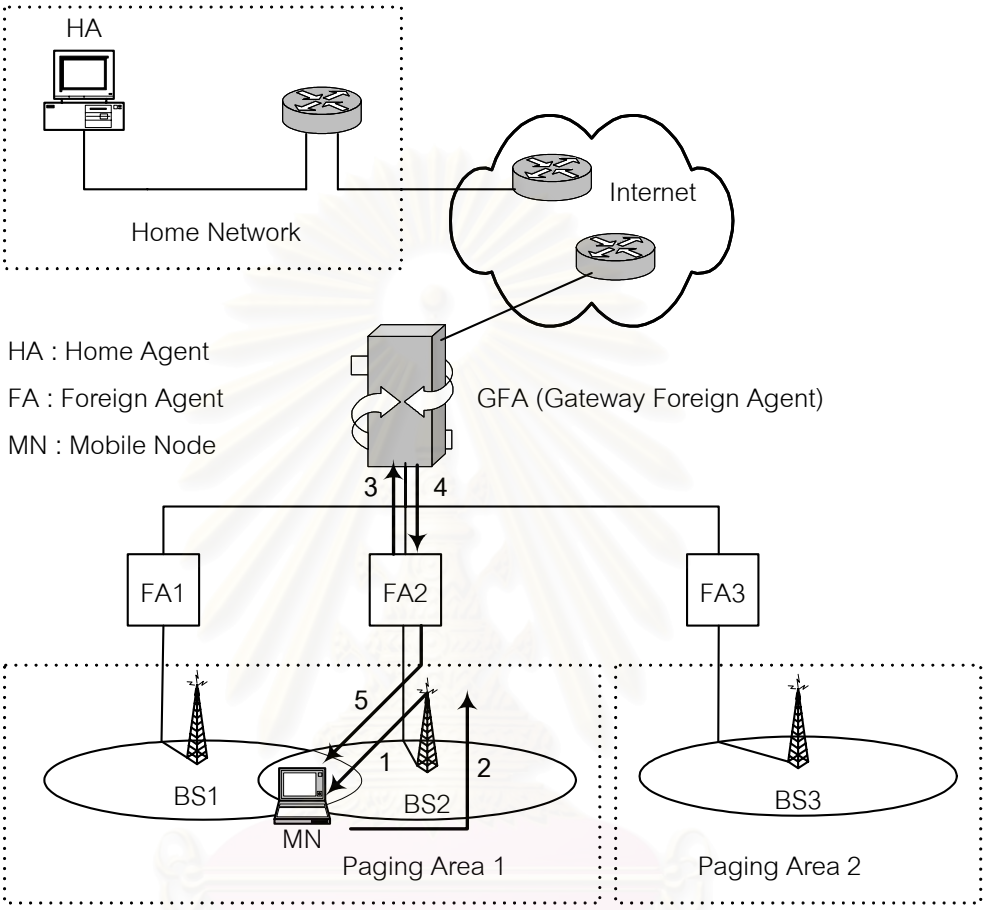
4.1 วิธีการที่นำเสนอ

จากที่ได้อธิบายการทำงานของ Mobile IP และวิธีการปรับปรุงแก้ไข Mobile IP ไว้ข้างต้นแล้วนั้น จะเห็นได้ว่าวิธีแต่ละวิธีมีลักษณะของโครงข่ายที่แตกต่างกัน ทำให้มีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะนำข้อดีของ Mobile IP ที่มีโทโปโลยีแบบลำดับชั้น, โพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่ภายในโครงข่ายสำหรับการแฮนด์โอเวอร์อย่างรวดเร็ว, โพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่สำหรับโครงข่ายเซลลูลาร์ที่ใช้ IP เป็นพื้นฐาน และการแฮนด์โอเวอร์อย่างไร้รอยต่อสำหรับระบบเซลลูลาร์ที่ต่อผ่านอินเทอร์เน็ตมารวมเข้าด้วยกัน โดยข้อดีที่กล่าวถึงนั้นได้แก่ การลด handover latency ในโทโปโลยีแบบลำดับชั้น, การใช้ paging เพื่อลดพลังงานของ MN ในโพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่ภายในโครงข่ายสำหรับการแฮนด์โอเวอร์อย่างรวดเร็ว (IDMP),ลดการสูญหายของแพ็กเกตในโพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่สำหรับโครงข่ายเซลลูลาร์ที่ใช้ IP เป็นพื้นฐาน และการลงทะเบียนที่รวดเร็วในการแฮนด์โอเวอร์อย่างไร้รอยต่อสำหรับระบบเซลลูลาร์ที่ต่อผ่านอินเทอร์เน็ต

โดยแบบจำลองที่ใช้แสดงดังรูปที่ 4.1 (ก) และ (ข) ลักษณะการทำงานของ (ก) สามารถอธิบายได้ คือ เมื่อ MN เคลื่อนที่จาก FA1 ไปยัง FA2 แล้วได้รับข่าวสารประกาศตัวแทนจาก FA2, MN จะส่งข่าวสารร้องขอลงทะเบียนผ่าน FA2 จากนั้น FA2 ส่งข่าวสารนี้ต่อไปยัง GMA เมื่อ GMA ได้รับข่าวสารนี้ จะตอบรับข่าวสารนี้กลับไปยัง MN ต่อไป

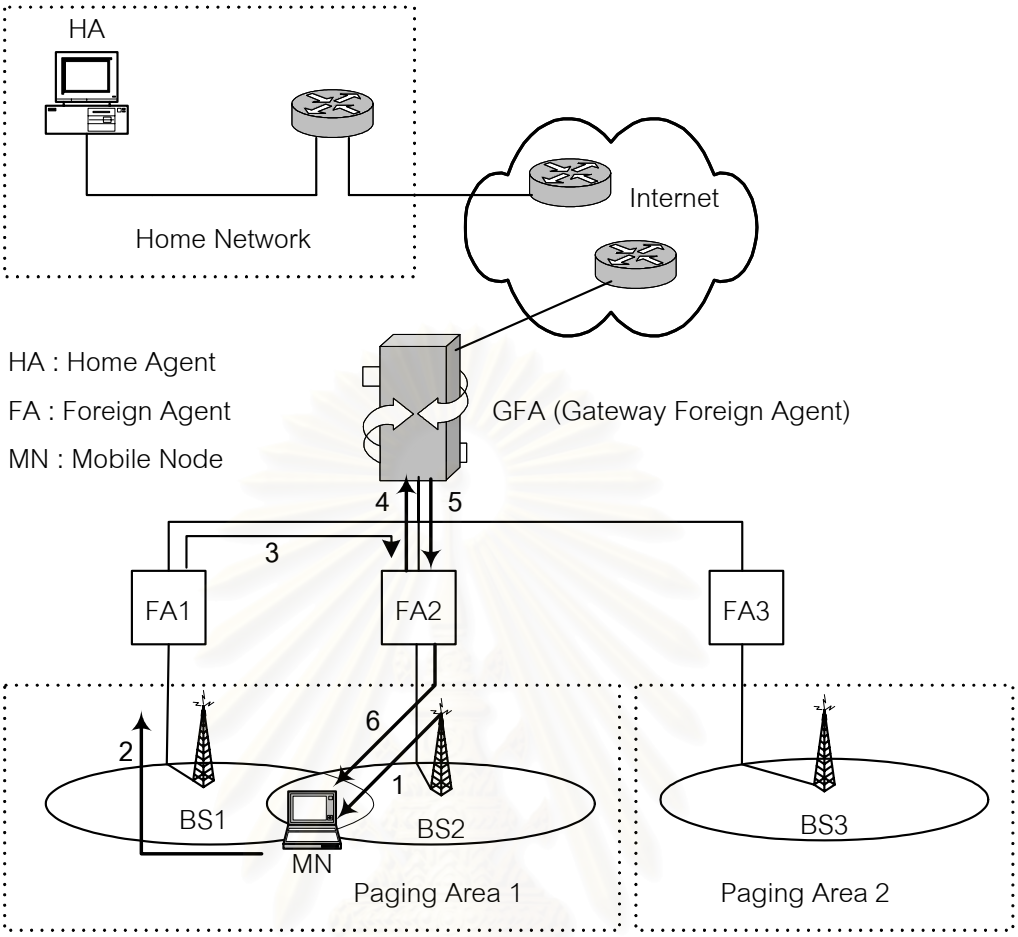
ลักษณะการทำงานของ (ข) สามารถอธิบายในภาพรวมได้ โดยเริ่มจาก MN เคลื่อนที่จาก FA1 ไปยัง FA2 เมื่อ MN ได้รับข่าวสารประกาศตัวแทน จาก FA2, MN จะเริ่มส่งข่าวสารร้องขอการลงทะเบียนผ่าน FA1 จากนั้น FA1 จะส่งข่าวสารนี้ต่อไปยัง FA2 หลังจากที่ FA2 ได้รับข่าวสารร้องขอการลงทะเบียนจาก FA1 แล้ว FA2 ก็จะส่งข่าวสารร้องขอการลงทะเบียนนี้ต่อไปยัง

GMA เพื่อให้ GMA ปรับเส้นทางให้ทันกาล หลังจากนั้น GMA จึงตอบรับการลงทะเบียนพร้อมกับส่งแพ็กเกตไปยัง FA2 และ MN



1. MN reads agent advertisement message from target BS (BS2)
2. MN sends registration request to FA2
3. FA2 forwards registration request to GMA
4. GMA sends registration reply to SA2
5. SA2 sends registration reply to MN

รูปที่ 4.1 (ก) ลักษณะการทำงานของโพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่ที่เสนอ 1

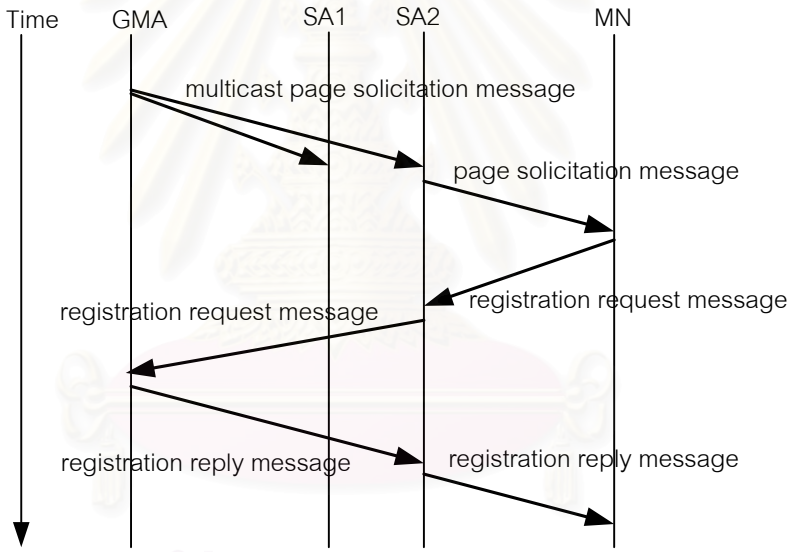


1. MN reads agent advertisement message from target BS (BS2)
2. MN sends registration request to FA2 via FA1
3. FA1 forwards request message to FA2
4. FA2 forwards registration request to GMA
5. GMA sends registration reply to FA2
6. FA2 sends registration reply to MN

รูปที่ 4.1 (ข) ลักษณะการทำงานของโพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่ที่เสนอ 2

เนื่องจาก Mobile IP ดั้งเดิมไม่มีการรองรับการใช้ paging ด้วยเหตุนี้ ในการรักษาสภาพการต่อกับโครงข่ายอินเทอร์เน็ต MN จึงต้องมีการปรับตำแหน่งให้ทันกาลทุกๆ ครั้งที่ MN เปลี่ยน FA หรือ BS ที่ติดต่อ, MN จะส่งข่าวสารที่สัมพันธ์กับสภาพเคลื่อนที่ของตน ส่งผลให้ MN ต้องสูญเสียพลังงาน โดยเฉพาะ ในสิ่งแวดล้อมที่เป็น picocellular จะทำให้ MN เปลี่ยน FA ที่ติดต่อด้วยบ่อยครั้งมาก เพื่อให้การจัดการสภาพเคลื่อนที่ภายในโครงข่ายมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จึงต้องปรับปรุงให้สามารถรองรับการใช้ paging เพื่อประหยัดพลังงานของ MN (โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้งานในโครงข่าย 4G ในอนาคต)

ด้วยเหตุนี้ เราจึงสามารถนำแนวคิดของ multicast group มารองรับการใช้ paging ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 กระบวนการทำงานของ paging นี้ เริ่มจากการจัดให้ FA รวมกันเป็นกลุ่มๆ โดยกลุ่มแต่ละกลุ่ม จะเรียกว่า Paging Area (PA) ซึ่งจะถูกระบุไว้ด้วย unique identifier ที่เรียกว่า Paging Area Identifier (PAI) เมื่อ MN เปลี่ยน PA, MN จะได้รับ PAI จาก FA กลุ่มใหม่ ผ่านทาง agent advertisement ของกลุ่ม FA กลุ่มใหม่ ในขณะที่ MN ยังคงอยู่ใน PA นั้น MN ไม่จำเป็นต้องส่งข่าวสารเพื่อการปรับตำแหน่งให้ทันกาล ถ้ามีแพ็กเกตส่งมายัง MN, GMA จะพักแพ็กเกตไว้ แล้วส่ง multicast page solicitation message ดังแสดงใน รูปที่ 4.2 ไปยัง FA ทุก ๆ FA ที่อยู่ใน PA นั้น เมื่อ MN ได้รับ page solicitation message, MN จะตอบกลับไปด้วยข่าวสารร้องขอการลงทะเบียน เช่นเดียวกับการลงทะเบียนกับ FA ตัวใหม่ จากนั้น GMA ตอบกลับด้วย ข่าวสารตอบรับการลงทะเบียน และส่งแพ็กเกตมาให้ MN ตามลำดับ



รูปที่ 4.2 แผนผังเวลาของการสัญญาณ เมื่อมีแพ็กเกตส่งมายัง MN ที่อยู่ใน idle state

รายละเอียดของการทำงานในแต่ละขั้นตอนสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

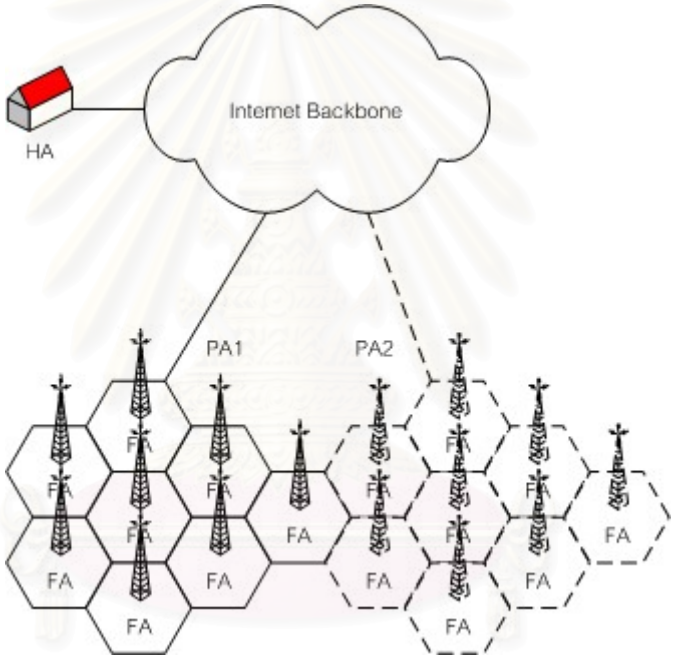
4.1.1 **การสร้างพื้นที่การเพจ** (Paging area construction)

จากวิธีการของ P-MIP พื้นที่การเพจ (paging area) จะระบุด้วยหมายเลข (ID) ประจำของพื้นที่การเพจนั้นๆ และประกอบด้วยโครงข่ายอย่างน้อย 2 โครงข่าย พื้นที่การเพจสามารถกำหนดได้จากพื้นฐานของบรรทัดฐานต่างๆ เช่น สภาพเคลื่อนที่ของโนด, รูปแบบของทราฟฟิก, ความหนาแน่นของโนด เป็นต้น ดังนั้นโนดส่วนใหญ่จึงเคลื่อนที่อยู่ภายใต้พื้นที่การเพจเดียวกัน

พื้นที่การเพจสามารถกำหนดได้ด้วยผู้ควบคุมดูแล (administrators) โดยการกำหนดพารามิเตอร์ที่ตัวแทนต่างพื้นที่แต่ละตัว (FA)

ในกรณีนี้เราจะพิจารณาพื้นที่การเพจแบบไม่ซ้อนทับกัน (non-overlapping paging areas) โดยโครงข่ายจะติดต่อกับพื้นที่การเพจเพียง 1 พื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 จากรูปจะเห็นว่าไม่ได้แสดงการต่อใดๆ ระหว่างพื้นที่การเพจด้วยกัน แต่สถานีฐานหรือโครงข่ายต่างพื้นที่ (FA) จะต่อผ่านอินเทอร์เน็ตได้โดยตรง

ในวิธีการของ P-MIP ข่าวสารประกาศตัวแทน (agent advertisement message) จะมีข้อมูลเพิ่มเติมจากเดิม คือ มีส่วนของหมายเลขพื้นที่การเพจ (paging area ID) แทรกในข่าวสารประกาศตัวแทน



รูปที่ 4.3 พื้นที่การเพจแบบไม่ซ้อนทับกัน (non-overlapping paging areas)

4.1.2 **การตรวจวัดสภาพเคลื่อนที่** (Movement detection)

วิธีการที่ใช้ตรวจวัดสภาพเคลื่อนที่ใน Mobile IP มี 2 วิธีด้วยกัน คือ

วิธีที่ 1

ตรวจวัดการเคลื่อนที่โดยการใช้ข่าวสารประกาศตัวแทน และช่วงเวลาหมดอายุของการประกาศ (advertisement lifetime) เมื่อโนดเคลื่อนที่ (mobile node) รับข่าวสารประกาศตัวแทน โนดจะดึงช่วงเวลาหมดอายุของการประกาศออกมาเก็บไว้ที่โนดเอง ถ้าโนดไม่ได้รับข่าวสาร

ประกาศตัวแทนใดๆ ก่อนที่ช่วงเวลาหมดอายุของการประกาศจะหมดอายุ โนดจะสันนิษฐานว่าตัวเองได้เคลื่อนที่ข้ามไปโครงข่ายใหม่แล้ว

วิธีที่ 2

โนดเคลื่อนที่จะเปรียบเทียบ network prefix ที่ได้รับจากข่าวสารประกาศตัวแทนกับ network prefix ปัจจุบันที่เคยได้รับ ถ้า network prefix ต่างกัน โนดจะสันนิษฐานว่าตัวเองได้เคลื่อนที่ข้ามไปโครงข่ายใหม่แล้ว

ถ้าโนดเคลื่อนที่อยู่ในสภาพ active และตรวจได้ว่าเคลื่อนที่ข้ามโครงข่ายต่างพื้นที่ โนดจะเริ่มต้นแฮนด์โอเวอร์ด้วยการร้องขอการลงทะเบียน ในกรณีเช่นนี้ ตัวแทนบ้าน (HA) และตัวแทนต่างพื้นที่จะปรับตำแหน่งของโนดให้ทันกาลกับปัจจุบัน ในทางตรงกันข้าม ถ้าโนดเคลื่อนที่อยู่ในสภาพ idle และตรวจได้ว่าเคลื่อนที่ข้ามโครงข่ายต่างพื้นที่แต่ยังอยู่ในพื้นที่การเพจเดียวกัน โนดไม่จำเป็นต้องร้องขอการลงทะเบียนอีก

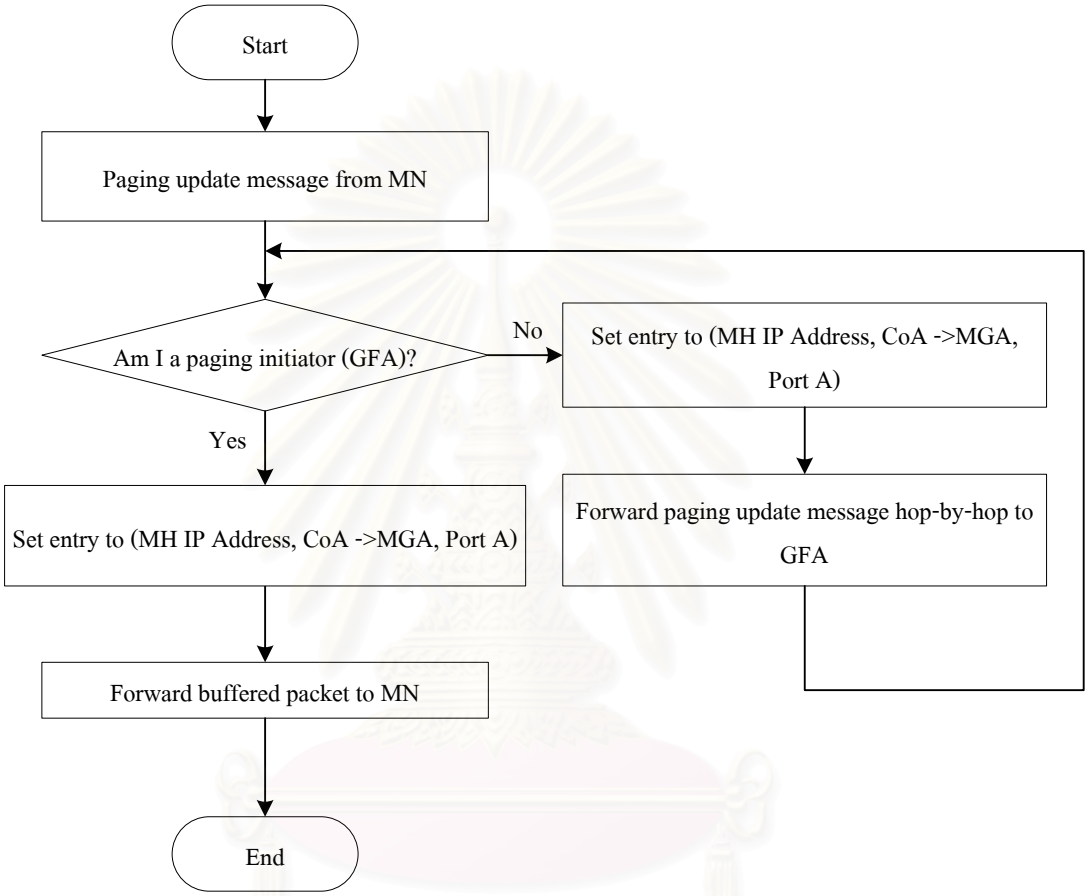
ในกรณีพื้นที่การเพจที่ไม่ซ้อนทับกัน โนดจะบันทึกช่วงเวลาหมดอายุของข่าวสารประกาศจากตัวแทนต่างพื้นที่ (FA) ถ้าโนดไม่ได้รับข่าวสารประกาศจากตัวแทนต่างพื้นที่ตัวเดิมภายในเวลาที่ระบุไว้ในช่วงเวลาหมดอายุ โนดจะสันนิษฐานว่าโนดขาดการติดต่อกับตัวแทนต่างพื้นที่ ถ้าโนดได้รับข่าวสารประกาศก่อนหน้านี้จากตัวแทนต่างพื้นที่อื่นก่อนที่ช่วงเวลาหมดอายุจะหมดอายุ โนดจะตรวจสอบหมายเลขประจำพื้นที่การเพจว่าเหมือนหรือต่างจากหมายเลขประจำพื้นที่การเพจเดิม ถ้าหมายเลขประจำพื้นที่การเพจเหมือนกัน โนดจะไม่กระทำอะไรนอกจากติดตามการส่งข่าวสารประกาศจากตัวแทนใหม่ ถ้าหมายเลขประจำพื้นที่การเพจต่างกัน โนดที่อยู่ในสภาพ idle จะลงทะเบียนกับตัวแทนต่างพื้นที่ตัวใหม่ทันที

4.1.3 **การลงทะเบียน** (Registration)

โดยส่วนใหญ่การลงทะเบียนตามแบบวิธี P-MIP-RR ที่เสนอวิธีที่ 1 ยังคงมีกระบวนการคล้ายๆ กับวิธี Mobile IP สำหรับวิธีเสนอวิธีที่ 2 จะมีทิศทางของการลงทะเบียนที่แตกต่างกับวิธีที่ 1 และทั้งสองวิธีแตกต่างจากวิธี Mobile IP ที่การสร้างข่าวสารร้องขอการลงทะเบียน ซึ่งในวิธีการของ Mobile IP จะร้องขอการลงทะเบียนก็ต่อเมื่อโนดเปลี่ยนโครงข่ายต่างพื้นที่, ช่วงเวลาหมดอายุของการลงทะเบียนหมดอายุ (หรือที่เรียกกันว่า “registration refresh”) หรือ โนดตรวจวัดได้ว่าตัวแทนต่างพื้นที่ปิดการทำงานและเปิดการทำงานใหม่อีกครั้ง (rebooted) สำหรับวิธีการของ P-MIP-RR จะร้องขอการลงทะเบียนเมื่อโนดตรวจวัดได้ว่าตัวเองเคลื่อนที่ข้ามพื้นที่การเพจ, ช่วงเวลาหมดอายุของการลงทะเบียนหมดอายุ, โนดตรวจวัดได้ว่าตัวแทนต่างพื้นที่ปิดการทำงานและเปิด

การทำงานใหม่, มีข้อมูลส่งมาให้โนดในขณะที่โนดอยู่ต่างพื้นที่และอยู่ในสภาพ idle หรือโนดต้องการส่งข้อมูลออก

กระบวนการ Update CoA เมื่อ MN อยู่ในสถานะ Idle และเคลื่อนที่ข้าม PA (Paging Area)



รูปที่ 4.4 กระบวนการ Update CoA เมื่อ MN อยู่ในสถานะ Idle และเคลื่อนที่ข้าม PA (Paging Area)

4.1.4 การเพจ (Paging)

เมื่อตัวแทนต่างพื้นที่ระบุตำแหน่งของโนดที่อยู่ในสภาพ idle ได้แล้ว ตัวแทนต่างพื้นที่จะแพร่ข่าวสารร้องขอการเพจไปยังพื้นที่ภายใต้การครอบคลุมของตัวแทนต่างพื้นที่นั้นและส่งต่อไปยังตัวแทนต่างพื้นที่อื่นที่อยู่ภายในพื้นที่การเพจเดียวกัน (การแพร่ข่าวสารนี้จะอยู่บนหลักการของ unicast)

เมื่อ FA รับข่าวสารร้องขอการเพจจากตัวแทนการเพจ (paging foreign agent) FA จะแพร่ข่าวสารร้องขอการเพจผ่านอากาศไปยังพื้นที่ที่ FA ปกคลุม หลังจากนั้น โนดเคลื่อนที่ได้จะรับ

ข่าวสารการเพจนี้และค้นหา ที่อยู่บ้าน ของตัวเอง ถ้าหากข่าวสารการเพจนี้มาจาก FA ปัจจุบันที่โนดเคยติดต่อสื่อสารด้วย โนดจะส่งข่าวสารตอบรับการเพจไปยังตัวแทนการเพจ โดยไม่ต้องลงทะเบียนใดๆ และเปลี่ยนสภาพจาก idle เป็นสภาพ active ในกรณีที่ข่าวสารการเพจนี้มาจาก FA ตัวใหม่ โนดจะค้นหา ที่อยู่บ้าน ของตัวเอง และใส่หมายเลข IP ชั่วคราว (CoA) ในข่าวสารตอบรับการเพจไปยัง FA

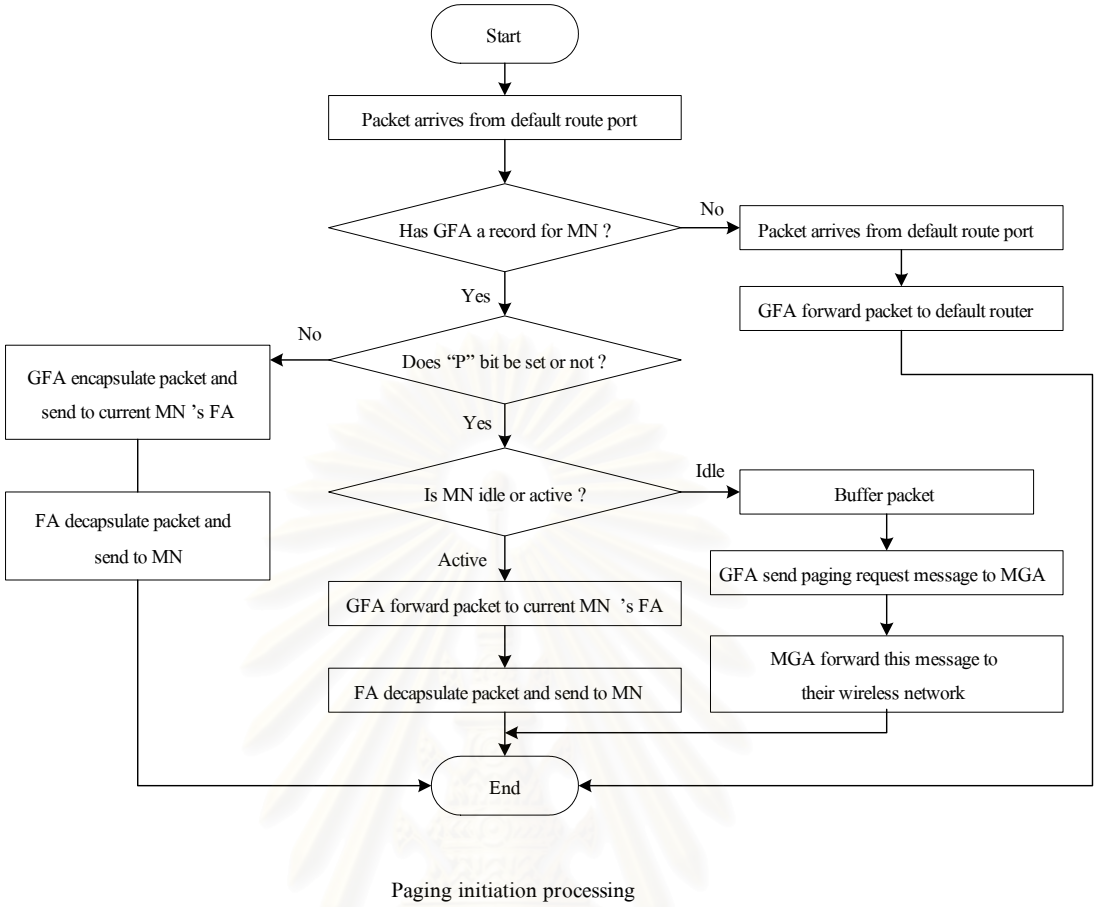
เมื่อ FA ได้รับข่าวสารตอบรับการลงทะเบียนของโนดจาก HA, FA จะเปลี่ยนสภาพของโนดจาก idle เป็น active และส่งต่อข่าวสารนี้ไปยังโนด ถ้าโนดไม่ได้รับข่าวสารนี้ สภาพของโนดจะยังคงเป็น idle ถ้าหาก FA ได้รับข่าวสารตอบรับการเพจที่โนดเป็นผู้ตอบกลับมาให้ FA จะส่งข้อมูลไปยังโนด ถ้าโนดได้รับแพ็กเกตในขณะที่อยู่ในสภาพ idle โนดจะตรวจสอบว่าถ้า FA ที่ส่งข้อมูลมาให้นี้เป็น FA ที่โนดจะต้องลงทะเบียนใหม่ด้วย โนดจะกำหนด CoA ที่เกี่ยวข้องกับ FA ตัวนี้ และเปลี่ยนสภาพเป็น active

ถ้าหากตัวแทนการเพจไม่ได้รับข่าวสารตอบรับการเพจภายในเวลาที่กำหนดไว้ ตัวแทนการเพจจะส่งข่าวสารการเพจอีกครั้ง แต่ถ้าหากว่าช่วงเวลาหมดอายุของการลงทะเบียนของโนดหมดอายุในระหว่างที่ FA ส่งข่าวสารการเพจ ตัวแทนการเพจจะหยุดส่งข่าวสารการเพจ

ในกรณีที่โนดเคลื่อนที่ไปยังโครงข่ายใหม่ การสูญหายของข่าวสารตอบรับการเพจไม่ได้เป็นเรื่องที่มีผลกระทบกับกระบวนการทำงานของโนดมากนัก ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าโนดจะลงทะเบียนกับตัวแทนโครงข่ายต่างพื้นที่ก่อนที่จะส่งข่าวสารตอบรับการเพจ

กระบวนการเริ่มต้นการสร้าง Paging message

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 กระบวนการเริ่มต้นการสร้าง Paging message

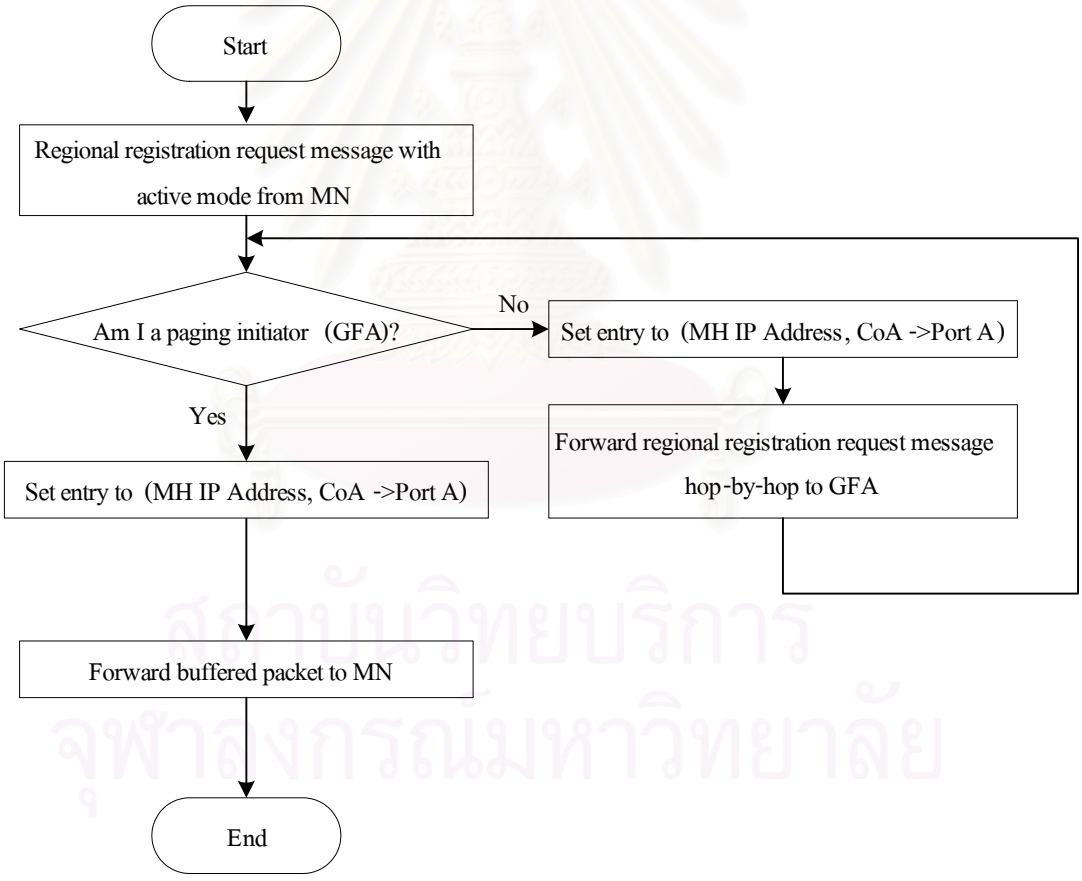
4.1.5 **การจัดการข้อมูล** (Data handling)

เมื่อมีแพ็กเกตจากต้นทางส่งมายังโนดเคลื่อนที่ HA จะส่งแพ็กเกตต่อไปยัง CoA ของโนดเคลื่อนที่ที่มีอยู่ในบันทึกของ HA ซึ่งจะเชื่อมโยงกับ GFA และ FA ปัจจุบันที่โนดเคลื่อนที่ติดต่อสื่อสารด้วย เมื่อ GFA ได้รับแพ็กเกต GFA จะตรวจสอบว่ามีบันทึก CoA ของโนดเคลื่อนที่อยู่ใน GFA หรือไม่ ถ้ามี GFA จะตรวจสอบบิต P ในข่าวสารร้องขอการลงทะเบียนของโนด ถ้าตั้งค่า P บิตไว้ GFA จะตรวจสอบอีกครั้งว่าสภาพของโนดเคลื่อนที่อยู่ในสภาพใด เช่น active หรือ idle ถ้าโนดเคลื่อนที่อยู่ในสภาพ active, GFA จะถอดแพ็กเกตและส่งต่อมายังโนดเคลื่อนที่ ถ้าโนดอยู่ในสภาพ idle, GFA จะส่งข่าวสารร้องขอการเพจไปยัง FA และโนดเคลื่อนที่ พร้อมกับสำรองแพ็กเกตไว้ที่ GFA จนกว่าจะได้รับข่าวสารตอบรับการเพจจากโนดเคลื่อนที่ ถ้าหากโนดเคลื่อนที่อยู่ใน GFA อื่น GFA ปัจจุบันจะลบบันทึกของโนดเคลื่อนที่ทั้งหมดที่เคยเก็บไว้

ทุกๆ ครั้งที่โนดเคลื่อนที่ส่งหรือรับแพ็กเกตในสภาพที่เป็น idle, GFA จะเริ่มนับเวลา active timer ใหม่ทุกครั้ง และตัวของโนดเองก็จะเริ่มต้นนับเวลา active timer ใหม่เช่นกัน ถ้าหากเกิดกรณีที่โนดไม่ตอบรับข่าวสารการเพจจาก GFA เลย GFA จะทิ้งแพ็กเกตที่สำรองไว้

ถ้าโนดเคลื่อนที่อยู่ในสภาพ idle โนดจะตรวจสอบว่าโนดอยู่ที่โครงข่ายเดิมหรือไม่จากข่าวสารการประกาศจาก FA หรือส่งข่าวสาร solicitation ถ้าโนดเคลื่อนที่ไปยังโครงข่ายใหม่ โนดจะเริ่มต้นขั้นตอนการลงทะเบียนเพื่อปรับบันทึกที่อยู่ของโนดใน HA และ GFA ก่อนที่จะมีการรับ-ส่งแพ็กเกต

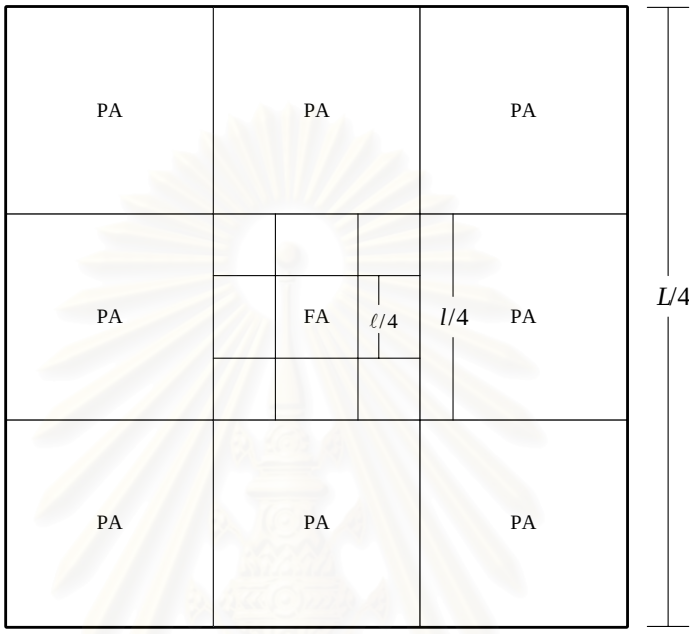
กระบวนการตอบรับเมื่อ MN ได้รับ Paging message จาก FA



รูปที่ 4.6 กระบวนการตอบรับเมื่อ MN ได้รับ Paging message จาก FA

4.2 การวิเคราะห์การสัญญาณเชิงคณิตศาสตร์

ในการวิเคราะห์ปริมาณการสัญญาณในเชิงคณิตศาสตร์จะคำนึงถึงจำนวน FA เป็นหลัก โดยให้ FA มีจำนวนเท่ากันในแต่ละโทโปโลยีแต่มีลักษณะของโทโปโลยีแตกต่างกัน อีกทั้งวิธีการลงทะเบียนก็แตกต่างกันด้วย



รูปที่ 4.7 โทโปโลยีของการวิเคราะห์การสัญญาณ

จากรูปที่ 4.7 เราจะได้ว่า

$L = l\sqrt{N}$ โดยที่ N = $\sqrt{n}$ = จำนวน PA

$l = \ell\sqrt{n}$ โดยที่ n = จำนวน FA

ดังนั้น เมื่อแทนค่า $N = \sqrt{n}$ ใน $L = l\sqrt{N}$ จะได้

$$L = \ell\sqrt{n} \times \sqrt{N} = \ell\sqrt{n} \times \sqrt{\sqrt{n}}$$

$$L = \ell\sqrt{n} \times \left(n^{1/2}\right)^{1/2} = \ell\left(n^{1/2} \times n^{1/4}\right)$$

$$L = \ell n^{3/4}$$

ซึ่งจะนำค่า L ที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์ที่จะได้กล่าวต่อไป

เราได้ศึกษาการวิเคราะห์การสัญญาณการลงทะเบียนของวิธี Mobile IP และ Paging Mobile IP และนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการวิเคราะห์การสัญญาณการลงทะเบียนของวิธี Mobile IP Regional Registration และ Paging Mobile IP Regional Registration เพื่อศึกษาผลกระทบของปริมาณการสัญญาณที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงขนาด PA และ ความเร็วของ Mobile Node พร้อมกับเปรียบเทียบปริมาณการสัญญาณของวิธีการลงทะเบียนแต่ละวิธีที่ได้จากการวิเคราะห์

สำหรับการวิเคราะห์การสัญญาณในโครงข่าย เราจะตั้งข้อสมมติฐานเพื่อการวิเคราะห์ดังนี้

- ทิศทางการเคลื่อนที่ของ Mobile Node มีการแจกแจงแบบ Uniform ระหว่าง ($0, 2\pi$)
- Mobile Node เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ยคงที่
- ความหนาแน่นของ Mobile Node (ρ) มีการแจกแจงแบบ Uniform
- พื้นที่ของเซลล์และพื้นที่การเพจเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส
- มีจำนวนเซลล์ที่อยู่ในพื้นที่การเพจเท่ากับ n เซลล์
- มีความยาวรอบเซลล์เท่ากับ ℓ เมตร
- มีความยาวรอบพื้นที่การเพจเท่ากับ l เมตร
- มีความยาวรอบเกตเวย์เท่ากับ L เมตร

ดังนั้นเราสามารถหาอัตราการข้ามเซลล์, อัตราการข้าม PA และอัตราการข้าม GFA ของ Mobile Node ได้ดังนี้

- สำหรับอัตราการข้ามเซลล์คำนวณได้จาก $r_C = \rho v \ell$
- อัตราการข้าม PA คำนวณได้จาก $r_{PA} = \rho v l$
- อัตราการข้าม GFA คำนวณได้จาก $r_{GFA} = \rho v L$

ปริมาณการสัญญาณที่ได้จากการวิเคราะห์นี้จะอยู่ในรูปแบบของผลคูณระหว่าง weighted distance (number of hops), จำนวนครั้งของการลงทะเบียน และจำนวนข่าวสารการสัญญาณที่ใช้เพื่อการเพจ เพราะฉะนั้นการวิเคราะห์การสัญญาณของวิธีการลงทะเบียนแต่ละวิธีสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.2.1 การวิเคราะห์การสัญญาณของ Mobile IP

$$S_{MIP} = d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local})\left[r_c n + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n r_r \right] \qquad (4.1)$$

$$= d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local})\left[\frac{\rho v l}{\pi} n + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n r_r \right]$$

โดยที่

S_{MIP} คือ ต้นทุนการสัญญาณของ Mobile IP (weighted hops*packets/s)

$d_{HA,FA}$ คือ ระยะทางเฉลี่ยระหว่าง home agent และ foreign agent (hops)

R_{core} คือ อัตราส่วนจำนวน hop ในโครงข่ายหลักต่อจำนวน hop ทั้งหมดจาก home agent ถึง foreign agent

R_{local} คือ อัตราส่วนจำนวน hop ในโครงข่ายย่อยต่อจำนวน hop ทั้งหมดจาก home agent ถึง foreign agent.

W_{core} คือ ค่า weight ของ hop แต่ละ hop ในโครงข่ายหลัก

W_{local} คือ ค่า weight ของ hop แต่ละ hop ในโครงข่ายย่อย

r_c คือ อัตราการข้ามเซลล์ของ Mobile Node (mobile nodes/s).

n คือ จำนวนเซลล์ที่อยู่ในพื้นที่การเพจ

ρ คือ ความหนาแน่นของ Mobile Node (mobile nodes/m^2).

v คือ ความเร็วของ Mobile Node (m/s).

ℓ คือ ความยาวรอบเซลล์ (m)

r_r คือ อัตราเฉลี่ยการฟื้นคืน (refresh) ของการลงทะเบียน ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับอายุการลงทะเบียน

4.2.2 การวิเคราะห์การสัญญาณของ Paging Mobile IP

$$r_p = \frac{\rho v \ell \sqrt{n}}{\pi} \tag{4.2}$$

จาก [4], ต้นทุนการสัญญาณของ Paging Mobile IP วิเคราะห์ได้จาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$
\begin{aligned}
S_{P-MIP} &= d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local}) \\
&\quad \times \left[r_p + \alpha(r_c n - r_p) + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 nr_r \right. \\
&\quad \left. + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n(1-\alpha)(\lambda_d + \lambda_a) \right] \\
&\quad + (n-1)(d_{FA,FA}W_{local})\,\rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 \lambda_a n(1-\alpha) \\
&= d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local}) \\
&\quad \times \left[\frac{\rho v \ell \sqrt{n}}{\pi} + \alpha \frac{\rho v \ell}{\pi}(n - \sqrt{n}) + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 nr_r \right. \\
&\quad \left. + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n(1-\alpha)(\lambda_d + \lambda_a) \right] \\
&\quad + (n-1)(d_{FA,FA}W_{local})\,\rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 \lambda_a n(1-\alpha)
\end{aligned}
\tag{4.3}
$$

โดยที่

S_{P-MIP} คือ ต้นทุนการสัญญาณของ Paging Mobile IP.

$d_{FA,FA}$ คือ ระยะทางเฉลี่ยระหว่าง foreign agents (hops).

r_p คือ อัตราการข้ามพื้นที่การเพจ (mobile nodes/s)

α คือ อัตราส่วนของจำนวน Mobile Node ที่มีสภาวะเป็น active ต่อจำนวน Mobile Node ทั้งหมด

l คือ ความยาวรอบพื้นที่การเพจ (m).

λ_a คือ อัตราข้อมูลขาเข้าของ Mobile Node (1/s)

λ_d คือ อัตราข้อมูลขาออกของ Mobile Node (1/s).

L คือ ความยาวรอบเกตเวย์ (m)

4.2.3 **การวิเคราะห์การสัญญาณของ** Mobile IP Regional Registration

เราสามารถนำรูปแบบการวิเคราะห์การสัญญาณการลงทะเบียนของ Mobile IP มาใช้กับ Mobile IP Regional Registration ได้โดยการนำต้นทุนการสัญญาณของวิธี Mobile IP ลบด้วยต้นทุนการลงทะเบียนจาก Mobile Node ถึง home agent ของวิธีการลงทะเบียนแบบ Mobile IP Regional Registration แสดงได้ดังนี้

$$
r_{HR} = \frac{\rho v L}{\pi} = \frac{\rho v \ell \sqrt{n}\sqrt{\sqrt{n}}}{\pi} = \rho v \ell n^{3/4} \tag{4.4}
$$

$$S_{MIP-RR} = d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local}) \times \left[r_c n - r_{HR} + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 nr_r \right] = d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local}) \times \left[\frac{\rho v \ell}{\pi} n - \frac{\rho v \ell n^{3/4}}{\pi} + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 nr_r \right] \quad (4.5)$$

โดย

r_{HR} คือ อัตราการลงทะเบียนจาก Mobile Node ถึง home agent

S_{MIP-RR} คือ ต้นทุนการสัญญาณของ Mobile IP Regional Registration.

4.2.4 การวิเคราะห์การสัญญาณของ Mobile IP Regional Registration with Paging Support (วิธีการที่นำเสนอวิธีที่ 1)

เราสามารถนำรูปแบบการวิเคราะห์การสัญญาณการลงทะเบียนของ Paging Mobile IP มาใช้กับ Paging Mobile IP Regional Registration ได้ดังนี้

$$S_{P-MIP-RR} = d_{GFA,FA}(W_{local}) \times \left[r_p + \alpha(r_c n - r_{HR} - r_p) + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 nr_r + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n(1-\alpha)(\lambda_d + \lambda_a) + n^2 \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 (1-\alpha)\lambda_a \right] = d_{FA,FA}(W_{local}) \times \left[\frac{\rho v \ell \sqrt{n}}{\pi} + \alpha \frac{\rho v \ell}{\pi}(n - \sqrt{n} - n^{3/4}) + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 nr_r + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n(1-\alpha)(\lambda_d + \lambda_a) + n^2 \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 (1-\alpha)\lambda_a \right] \quad (4.6)$$

เนื่องจากเราจะสมมติให้การฟื้นคืนการลงทะเบียน (registration refresh) ของการลงทะเบียนทุกวิธีสมมูลกัน ดังนั้นเราสามารถละผลกระทบที่เกิดจากการฟื้นคืนการลงทะเบียนได้ ด้วยเหตุนี้อัตราการฟื้นคืนการลงทะเบียนจึงเท่ากับ 0 (r_r =0)

เมื่อเรา normalize ต้นทุนการสัญญาณใน (4.1), (4.3), (4.5) และ (4.6) ด้วย $d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local})$ จะทำให้ (4.1), (4.3), (4.5) และ (4.6) สามารถเขียนได้ดังนี้

$$S_{MIPn} = \frac{\rho v \ell}{\pi} n \quad (4.7)$$

$$S_{P-MIPn} = \frac{\rho v \ell}{\pi}\left(\sqrt{n} + \alpha(n-\sqrt{n})\right) + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n(1-\alpha)(\lambda_d + \lambda_a) + \frac{d_{FA,FA}(n-1)\rho(\ell/4)^2 n(1-\alpha)\lambda_a}{d_{HA,FA}(R_{core}R_w + R_{local})} \quad (4.8)$$

$$S_{MIP-RRn} = \frac{\rho v \ell}{\pi}(n - n^{3/4}) \quad (4.9)$$

เมื่อ

R_w คือ อัตราส่วน hop weight ของ W_{core} ต่อ W_{local} จะได้

$$S_{P-MIP-RRn} = \left[\frac{\rho v \ell}{\pi}\left(\sqrt{n} + \alpha(n-\sqrt{n}-n^{3/4})\right) + n\rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2(1-\alpha)(\lambda_d+\lambda_a) + n^2\rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2(1-\alpha)\lambda_a\right] / d_{HA,FA}(R_{core}R_w + R_{local}) \quad (4.10)$$

4.2.5 การวิเคราะห์การสัญญาณของ Mobile IP Regional Registration with Paging Support (วิธีการที่นำเสนอวิธีที่ 2)

เนื่องจากวิธีการลงทะเบียนของวิธีการที่นำเสนอวิธีที่ 2 ใช้แบบแผนการทำงานที่คล้ายกับวิธีการที่นำเสนอวิธีที่ 1 แต่จะแตกต่างที่ทิศทางการส่งข่าวสารการลงทะเบียน ซึ่งทิศทางการส่งข่าวสารการลงทะเบียนในวิธีการที่นำเสนอวิธีที่ 2 นี้ จะช่วยให้ลดเวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์ ดังนั้นจำนวนการสัญญาณที่ใช้จึงเท่ากับวิธีการที่นำเสนอวิธีที่ 1

$$\begin{aligned} S_{P-MIP-RR2} &= d_{GFA,FA}(W_{local})\times\left[r_p + \alpha(r_c n - r_{HR} - r_p) + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n r_r + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n(1-\alpha)(\lambda_d+\lambda_a) + n^2\rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2(1-\alpha)\lambda_a\right] \\ &= d_{FA,FA}(W_{local})\times\left[\frac{\rho v \ell\sqrt{n}}{\pi} + \alpha\frac{\rho v\ell}{\pi}(n-\sqrt{n}-n^{3/4}) + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n r_r + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n(1-\alpha)(\lambda_d+\lambda_a) + n^2\rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2(1-\alpha)\lambda_a\right] \end{aligned} \quad (4.11)$$

$$S_{P-MIP-RR2n} = \left[\frac{\rho v \ell}{\pi} \left(\sqrt{n} + \alpha (n - \sqrt{n} - n^{3/4}) \right) \right. \tag{4.12}$$

$$+ n\rho \left(\frac{\ell}{4} \right)^2 (1-\alpha)(\lambda_d + \lambda_a)$$

$$\left. + n^2 \rho \left(\frac{\ell}{4} \right)^2 (1-\alpha)\lambda_a \right] / d_{HA,FA}(R_{core} R_w + R_{local})$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

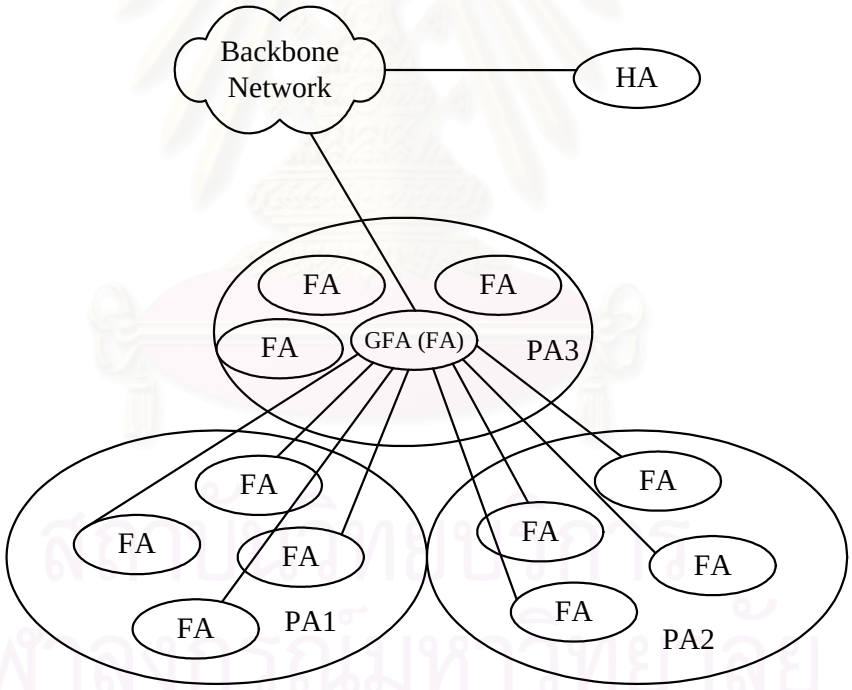
บทที่ 5

ผลการวิจัย

เพื่อติดตามผลการวิจัยของวิธีการที่นำเสนอดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 4 ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยหรือไม่ บทที่ 5 จึงกล่าวถึงการสร้างแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์และใช้ในการทดสอบ, เงื่อนไขการจำลองระบบ, ผลการจำลองระบบ และสรุปผลการจำลองระบบ สำหรับการสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากงานวิจัยจะกล่าวในบทที่ 6 ต่อไป

5.1 แบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์การสัญญาณ

ตัวอย่างแบบจำลองประกอบด้วย HA, FA, PA และ GFA แสดงในรูปที่ 5.1 แต่จำนวน FA สามารถเปลี่ยนแปลงได้



รูปที่ 5.1 ตัวอย่างแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์การสัญญาณ

5.2 เงื่อนไขที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. ทิศทางการเคลื่อนที่ของ Mobile Node มีการแจกแจงแบบ Uniform ระหว่าง ($0, 2\pi$)
2. Mobile Node เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ยคงที่ 28.9 เมตร/วินาที

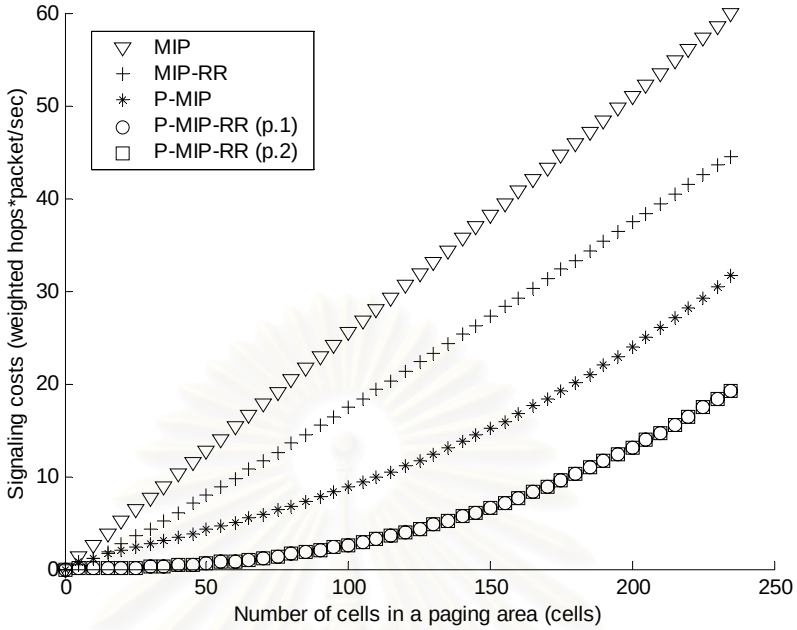
3. ความหนาแน่นของ Mobile Node (ρ) มีการแจกแจงแบบ Uniform (ρ = 0.0002 Mobile node/ตารางเมตร)
4. พื้นที่ของเซลล์และพื้นที่การเพจเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส
5. มีจำนวนเซลล์ที่อยู่ในพื้นที่การเพจเท่ากับ n เซลล์
6. มีความยาวรอบเซลล์เท่ากับ ℓ เมตร (ℓ = 4000 เมตร)
7. มีความยาวรอบพื้นที่การเพจเท่ากับ l เมตร
8. มีความยาวรอบเกตเวย์เท่ากับ L เมตร
9. จำนวน hop ระหว่าง HA และ FA เท่ากับ 16
10. Hop weight ratio (R_w) เท่ากับ 8, R_{core} และ R_{local} เท่ากับ 0.5
11. อัตราส่วนของ Mobile node ที่อยู่ในสถานะกำลังทำงานต่อ Mobile node ทั้งหมด เท่ากับ 0.05
12. อัตราข้อมูลขาเข้าของ Mobile node เท่ากับ 0.0008/วินาที
13. อัตราข้อมูลขาออกของ Mobile node ที่อยู่ในสถานะว่าง เท่ากับ 0.0008/วินาที

5.3 ผลการวิเคราะห์

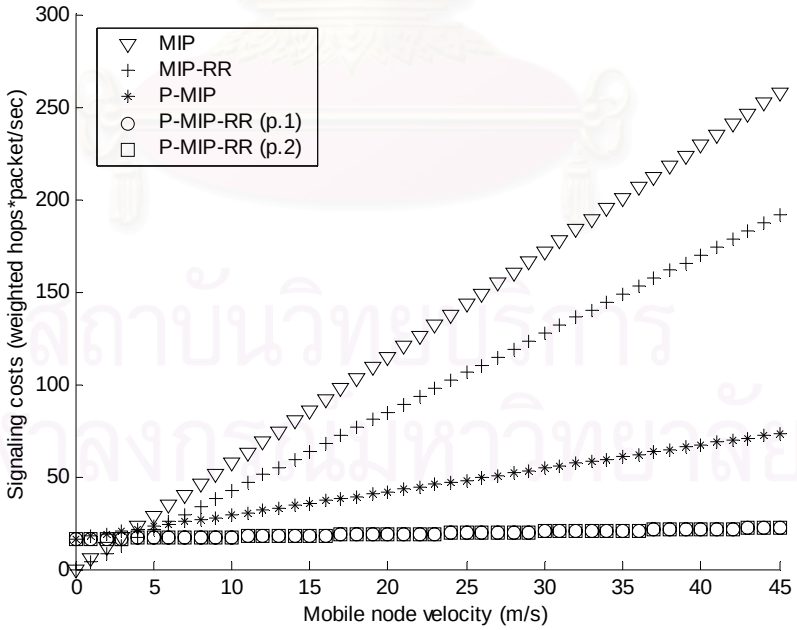
จากเงื่อนไขที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบ เราศึกษาผลกระทบของจำนวนเซลล์, ความเร็ว Mobile Node และความยาวรอบเซลล์ ที่มีต่อปริมาณต้นทุนข่าวสารการสัญญาณในโครงข่าย ผลการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 5.2, รูปที่ 5.3 และ รูปที่ 5.4 ตามลำดับ

จากรูปที่ 5.2 เมื่อพิจารณา ณ พื้นที่การเพจที่มีจำนวนเซลล์น้อยๆ ต้นทุนการสัญญาณของ Mobile IP จะมากกว่าวิธีการอื่นๆ แต่หากพิจารณา ณ พื้นที่การเพจที่มีจำนวนเซลล์มากๆ ต้นทุนการสัญญาณของ Paging Mobile IP จะมีแนวโน้มที่เพิ่มมากยิ่งขึ้น ในขณะที่ต้นทุนการสัญญาณของ Paging Mobile IP Regional Registration เพิ่มขึ้นน้อยกว่าวิธีการอื่นๆ

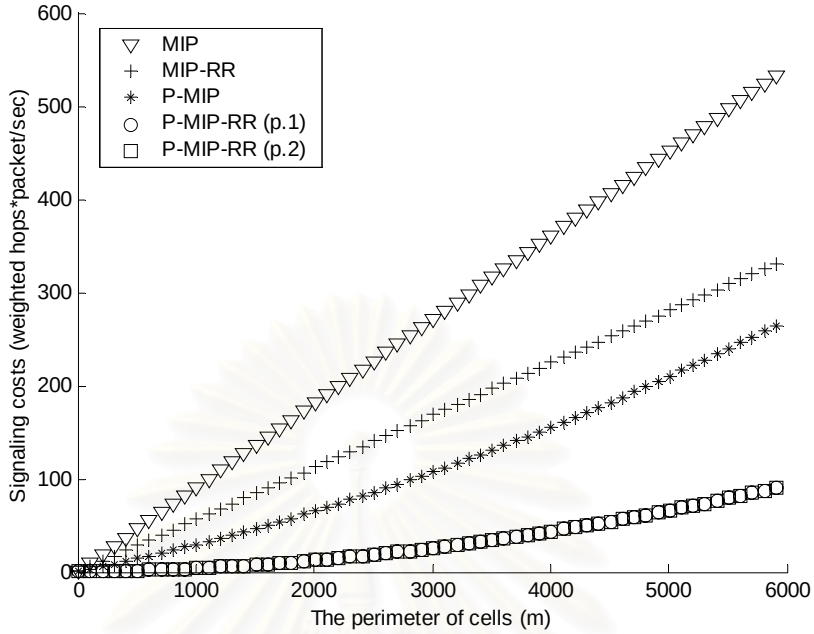
จากรูปที่ 5.3 จะเห็นว่าความเร็วของ Mobile node มีผลกระทบต่อต้นทุนการสัญญาณ กล่าวคือ เมื่อความเร็วของ Mobile node เพิ่มขึ้น ต้นทุนการสัญญาณของ Paging Mobile IP Regional Registration เพิ่มขึ้นน้อยกว่าที่วิธีการอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องมาจาก Mobile node เคลื่อนที่ข้ามขอบเซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้มีข่าวสารของการสัญญาณเพิ่มขึ้น



รูปที่ 5.2 ผลกระทบของจำนวนเซลล์ในพื้นที่การเพจ 1 พื้นที่ ที่มีต่อ signaling cost ของ Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR), Paging Mobile IP (P-MIP), และ Paging Mobile IP Regional Registration (P-MIP-RR (p.1), P-MIP-RR (p.2)).



รูปที่ 5.3 ผลกระทบของความเร็วของ mobile node ที่มีต่อ signaling cost ของ Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR), Paging Mobile IP (P-MIP),) และ Paging Mobile IP Regional Registration (P-MIP-RR (p.1), P-MIP-RR (p.2))



รูปที่ 5.4 ผลกระทบของความยาวรอบเซลล์ที่มีต่อ signaling cost ของ Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR), Paging Mobile IP (P-MIP), และ Paging Mobile IP Regional Registrations (P-MIP-RR (p.1), P-MIP-RR (p.2)).

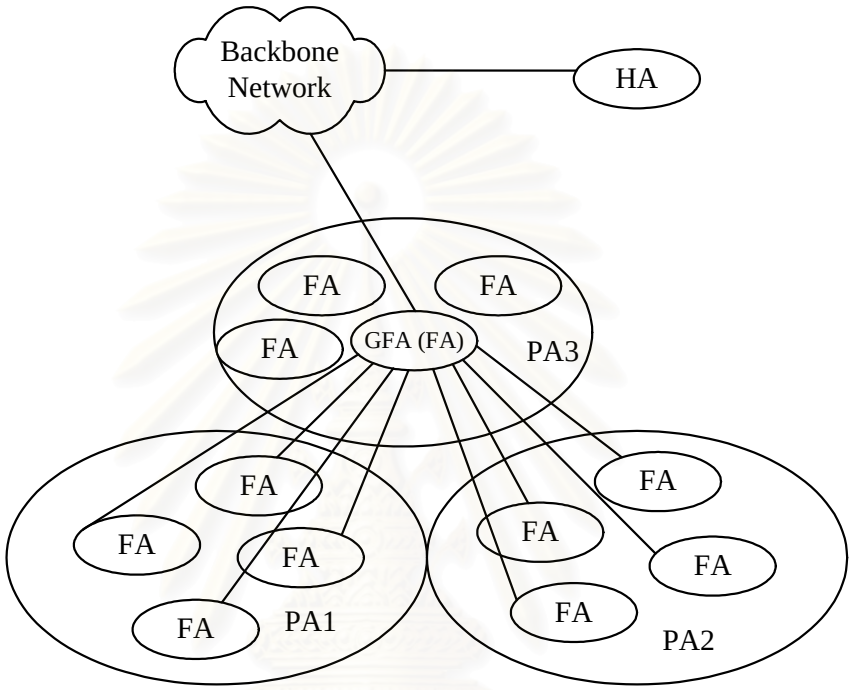
เมื่อจำนวนเซลล์ในพื้นที่การเพจเท่ากับ 45 เซลล์ ความเร็วของ Mobile node เท่ากับ 28.9 เมตรต่อวินาที และมีความยาวรอบเซลล์ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ต้นทุนการสัญญาณของ Mobile IP และ Paging Mobile IP Registration เพิ่มขึ้นมากกว่าต้นทุนการสัญญาณของ Mobile IP Regional Registration และ Paging Mobile IP Regional Registration ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากความหนาแน่นของโนดเคลื่อนที่ที่เพิ่มมากขึ้น ถ้าหากปริมาณของโนดเคลื่อนที่ในเซลล์มีจำกัดและมีความยาวรอบเซลล์เพิ่มขึ้น จะทำให้ต้นทุนการสัญญาณของวิธีการแต่ละวิธีลดลง ทั้งนี้เพราะเมื่อความยาวรอบเซลล์เพิ่มขึ้น โนดเคลื่อนที่จะเคลื่อนที่ข้ามเซลล์น้อยลง

5.4 สรุปผลการวิเคราะห์

จากผลการวิเคราะห์ต้นทุนการสัญญาณของ Mobile IP, Paging Mobile IP, Mobile IP Regional Registration and Paging Mobile IP Regional Registration สามารถสังเกตได้ว่าต้นทุนการสัญญาณของ Paging Mobile IP Regional Registration น้อยกว่าต้นทุนการสัญญาณของ Mobile IP, Mobile IP Regional Registration and Paging Mobile IP Registrations ดังนั้นวิธีการของ Paging Mobile IP Regional Registration ที่เสนอใช้ปริมาณการสัญญาณน้อยที่สุดและมีความสามารถขยายขนาดของโครงข่ายได้ดีกว่าอีกด้วย

5.5 แบบจำลองโครงข่ายที่ใช้ในการทดสอบ

ตัวอย่างแบบจำลองโครงข่ายที่ใช้ในการทดสอบแสดงในรูปที่ 5.5 โดยจำนวน FA สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตั้งแต่ 8, 18, 32, 50, 72, 98 ตามลำดับ ตามการทดสอบที่แสดงในหัวข้อที่ 5.7



รูปที่ 5.5 ตัวอย่างแบบจำลองโครงข่ายที่ใช้ในการทดสอบ

5.6 เงื่อนไขที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองโครงข่าย

1. มี CN จำนวน 1 โนด ส่งแพ็กเกตแบบอัตราบิตคงที่ (CBR) ด้วยขนาดแพ็กเกต 256 ออกเตต (octets) และระยะห่างของแพ็กเกต 5.33 มิลลิวินาที
2. มี GMA และ HA อย่างละ 1 ตัว
3. มี FA จำนวน 8, 18, 32, 50, 72 และ 98 ตัว ตามลำดับ
4. FA แต่ละตัวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 133.333 เมตร และมีรัศมี 66.667 เมตร
5. FA แต่ละตัวมีระยะที่ขอบเซลล์ซ้อนทับกันเท่ากับ 33.333 เมตร
4. ใช้มาตรฐาน IEEE 802.11
5. มี MN จำนวน 2, 5, 8, 13, 18 และ 25 ตัว ตามลำดับ เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย 10 เมตรต่อวินาที จาก FA หนึ่ง ไปยังอีก FA หนึ่ง และ MN มีการเคลื่อนที่ตาม

แบบจำลองในเชิงสถิติ คือ MN เคลื่อนที่ด้วยทิศทางที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง 0 ถึง 360 องศา

6. คาบการส่งของ agent advertisement message เท่ากับ 1 วินาที

7. ในข่ายเชื่อมโยงมีสายมีแบนด์วิดท์เท่ากับ 5 Mbps และการประวิงเท่ากับ 2 มิลลิวินาที

8. ในข่ายเชื่อมโยงไร้สายมีแบนด์วิดท์เท่ากับ 2 Mbps และการประวิงเท่ากับ 2 มิลลิวินาที

สำหรับพารามิเตอร์ที่ใช้วัดสมรรถนะ คือ เวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์ (handoff latency) ปริมาณต้นทุนข่าวสารการสัญญาณในโครงข่ายและการสูญหายของแพ็กเกต

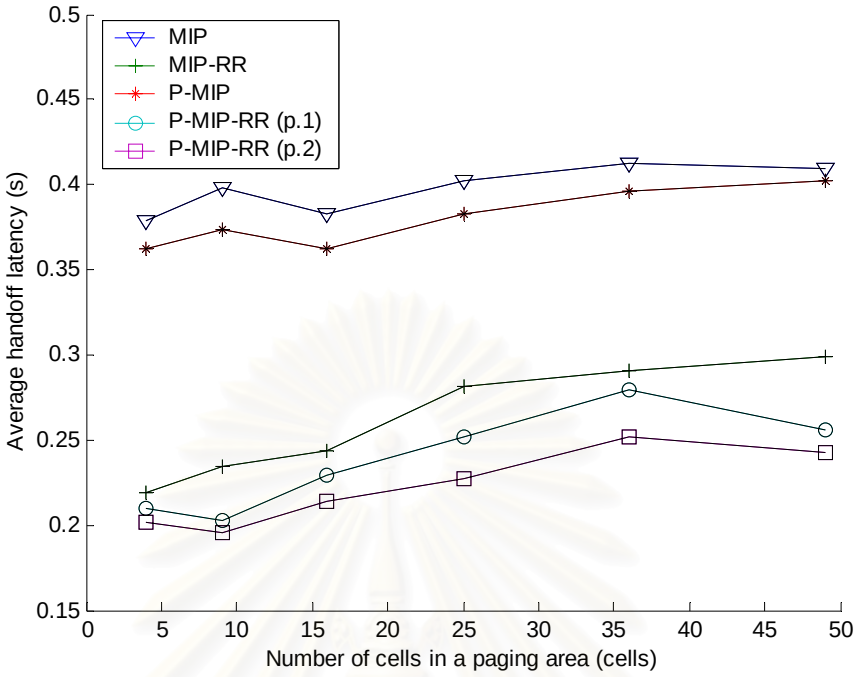
5.7 ผลการทดสอบ

จากการจำลองระบบตามเงื่อนไขและแบบจำลองที่ได้กล่าวไว้แล้วนั้น สิ่งที่เราสนใจและศึกษาในการทดสอบครั้งนี้ คือ พารามิเตอร์ที่ใช้วัดสมรรถนะของวิธีการทำงานของโพรโทคอลแต่ละวิธี พารามิเตอร์เหล่านี้ ได้แก่ เวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์ (handoff latency), ปริมาณข่าวสารการสัญญาณในโครงข่ายและการสูญหายของแพ็กเกต โดยสังเกตผลกระทบที่เกิดขึ้นกับพารามิเตอร์เหล่านั้นจากจำนวนเซลล์ และความเร็วของ Mobile node ที่เปลี่ยนแปลง

5.7.1 เวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์ (handoff latency)

จากการทดสอบผลกระทบของจำนวนเซลล์ในพื้นที่การเพจที่มีต่อเวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์ ดังแสดงในรูปที่ 5.6 พบว่า เวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์ของ Mobile IP และ Paging Mobile IP มีความใกล้เคียงกันเนื่องจากเวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์จะเริ่มนับจากแพ็กเกตสุดท้ายที่ Mobile node ได้รับจากสถานีฐานก่อนหน้านี้ จนกระทั่งได้รับแพ็กเกตใหม่จากสถานีฐานปัจจุบัน ซึ่ง Mobile node จะรับส่งแพ็กเกตได้ต้องอยู่ในสถานะทำงาน ดังนั้นการทำงานของ Paging Mobile IP ในสถานะที่ Mobile node ทำงาน จะคล้ายกับวิธีการของ Mobile IP

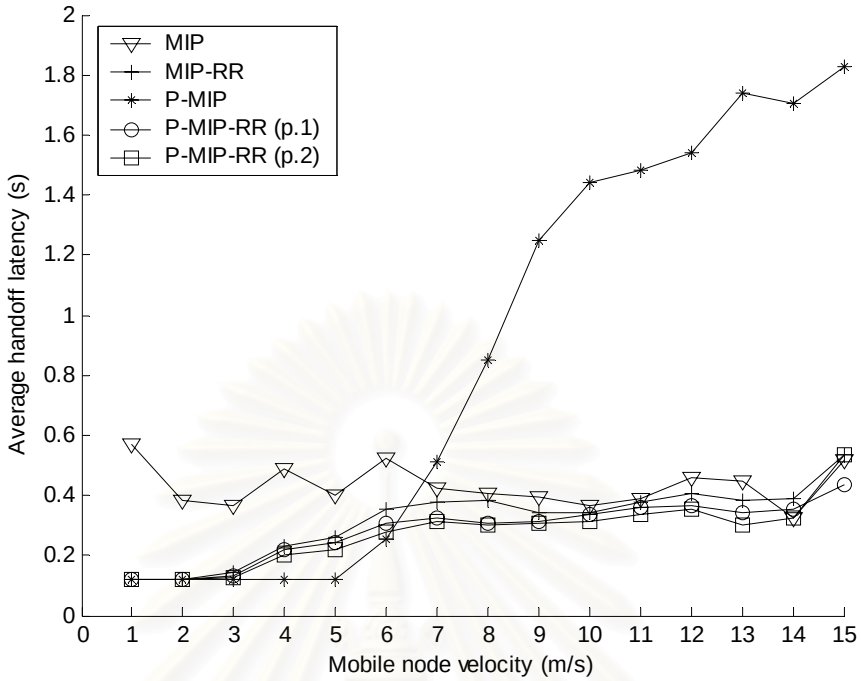
สำหรับเวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์ของ Mobile IP Regional Registration, Paging Mobile IP Regional Registration (p.1, p.2) ใช้เวลาใกล้เคียงกันเนื่องจากใช้เวลาส่งข่าวสารการลงทะเบียนน้อยกว่าวิธีของ Mobile IP และ Paging Mobile IP อย่างไรก็ตาม Paging Mobile IP Regional Registration (p.2) ใช้เวลาในการแฮนด์โอเวอร์น้อยที่สุด เนื่องจากใช้วิธีการลงทะเบียนกับสถานีฐานก่อนหน้าที่จะเปลี่ยนสถานีฐานใหม่



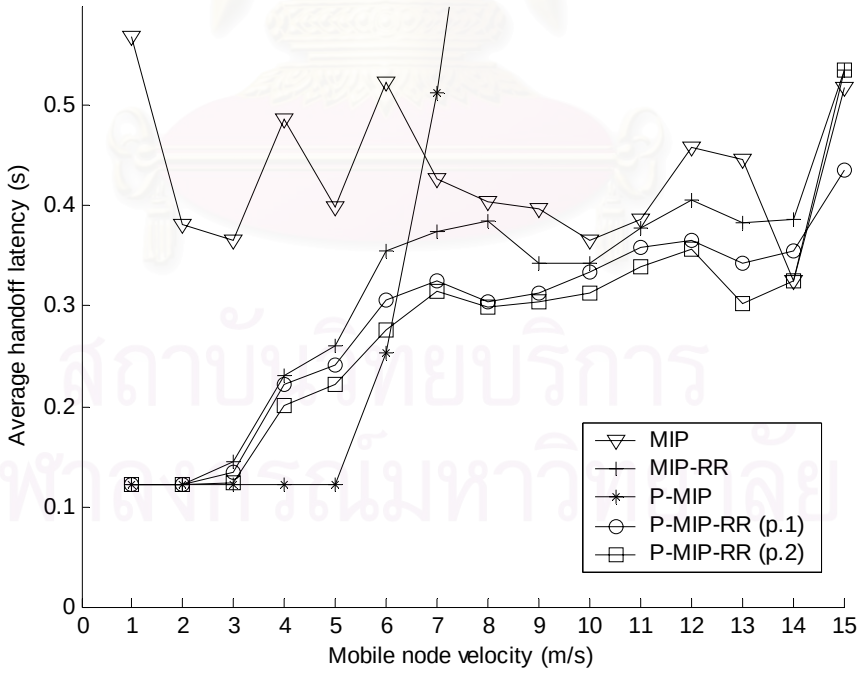
รูปที่ 5.6 ผลกระทบของจำนวนเซลล์ในพื้นที่การเพจที่มีต่อเวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์

จากการทดสอบผลกระทบของความเร็วของ Mobile node ที่มีต่อเวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์ พบว่า เมื่อความเร็วของ Mobile node เพิ่มขึ้น เวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์ของ Paging Mobile IP เพิ่มขึ้นมาก ทั้งนี้เนื่องจากการสูญหายของแพ็กเกตในปริมาณที่มาก ซึ่งสังเกตได้จากรูปที่ 5.11

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



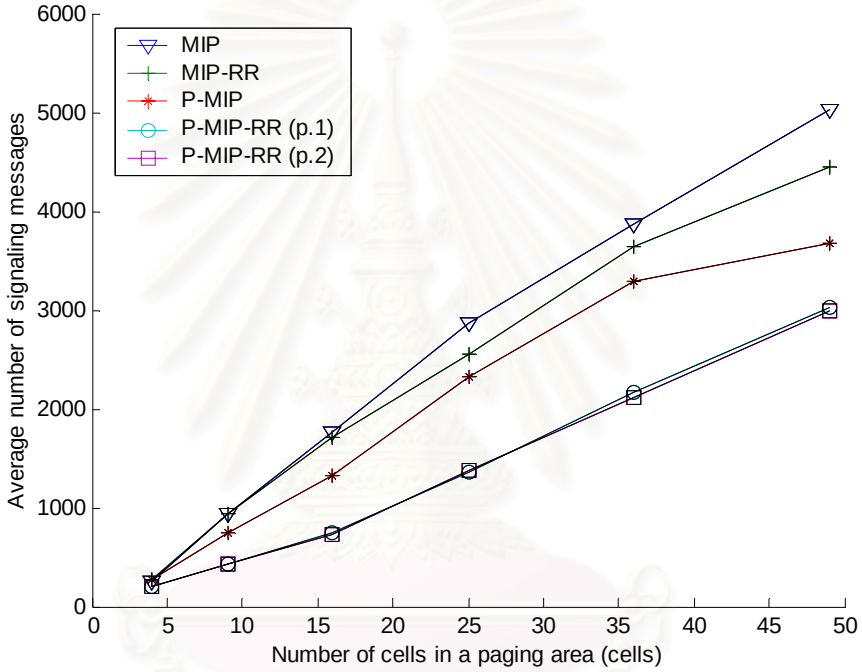
รูปที่ 5.7 ผลกระทบของความเร็วของ Mobile node ที่มีต่อเวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์



รูปที่ 5.8 ภาพขยายของผลกระทบของความเร็วของ Mobile node ที่มีต่อเวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์

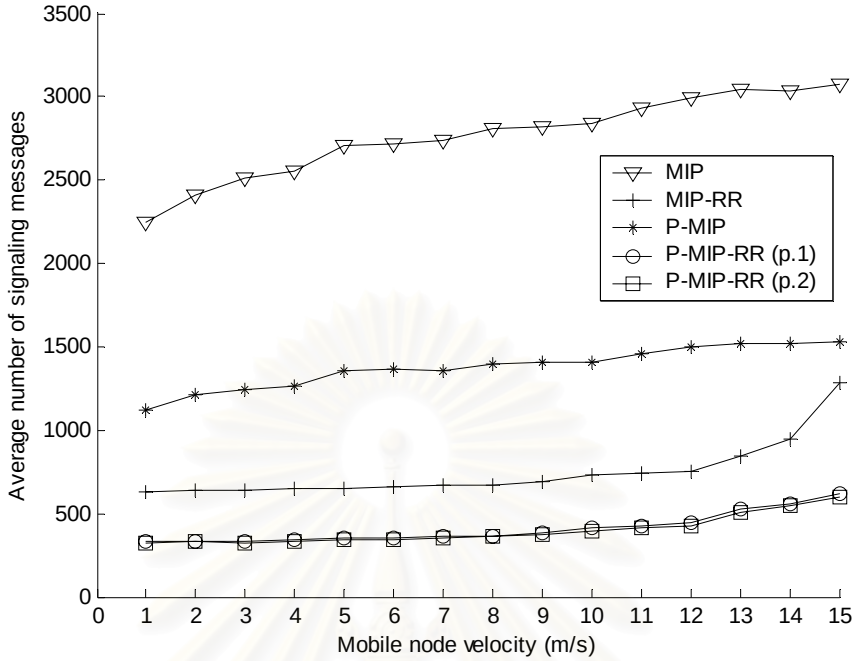
5.7.2 ปริมาณข่าวสารการสัญญาณในโครงข่าย

จากการทดสอบผลกระทบของจำนวนเซลล์ที่อยู่ในพื้นที่การเพจ 1 พื้นที่ ที่มีต่อปริมาณข่าวสารการสัญญาณในโครงข่าย พบว่า เมื่อพิจารณา ณ พื้นที่การเพจที่มีจำนวนเซลล์น้อยๆ ปริมาณการสัญญาณของ Mobile IP จะมากกว่าวิธีการอื่นๆ ในขณะที่ปริมาณการสัญญาณของ Paging Mobile IP Regional Registration (p.1, p.2) เพิ่มขึ้นน้อยกว่าวิธีการอื่นๆ อย่างไรก็ตาม ปริมาณการสัญญาณของ Paging Mobile IP Regional Registration (p.1, p.2) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีจำนวนเซลล์ในพื้นที่การเพจเพิ่มขึ้นทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณข่าวสารการเพจที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 5.9 ผลกระทบของจำนวนเซลล์ในพื้นที่การเพจ 1 พื้นที่ ที่มีต่อปริมาณข่าวสารการสัญญาณของ Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR), Paging Mobile IP (P-MIP), และ Paging Mobile IP Regional Registrations (P-MIP-RR (p.1), P-MIP-RR (p.2)).

จากการทดสอบผลกระทบของความเร็วของ Mobile node ที่มีต่อปริมาณข่าวสารการสัญญาณในโครงข่าย พบว่า เมื่อ Mobile node เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สูงขึ้น ปริมาณข่าวสาร การสัญญาณของ Mobile IP เพิ่มขึ้นมากกว่าวิธีการอื่นๆ เนื่องจาก Mobile node เคลื่อนที่ข้ามเซลล์มากขึ้น ทำให้ส่งข่าวสารการลงทะเบียนมากขึ้นด้วย

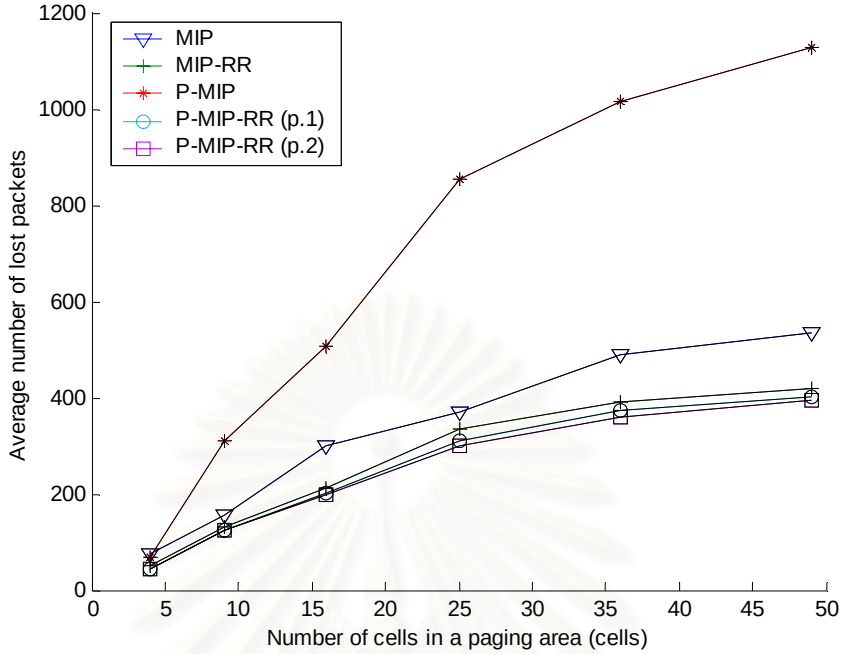


รูปที่ 5.10 ผลกระทบของความเร็วของ mobile node ที่มีต่อ signaling cost ของ Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR), Paging Mobile IP (P-MIP),) และ Paging Mobile IP Regional Registrations (P-MIP-RR (p.1), P-MIP-RR (p.2))

5.7.3 การสูญหายของแพ็กเกต

จากการทดสอบผลกระทบของจำนวนเซลล์ที่อยู่ในพื้นที่การเพจ 1 พื้นที่ ที่มีต่อปริมาณการสูญหายของแพ็กเกต พบว่า เมื่อจำนวนเซลล์เพิ่มมากขึ้นปริมาณ mobile node เพิ่มขึ้นด้วย ส่งผลให้ปริมาณการสูญหายของแพ็กเกตเพิ่มขึ้น

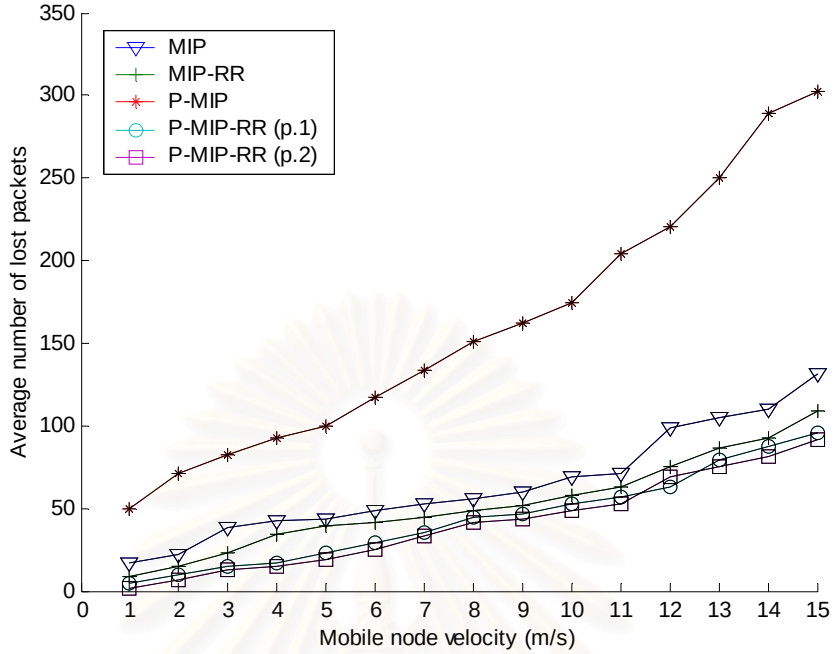
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.11 ผลกระทบของจำนวนเซลล์ในพื้นที่การเพจ 1 พื้นที่ ที่มีต่อปริมาณการสูญหายของแพ็กเกตของ Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR), Paging Mobile IP (P-MIP), และ Paging Mobile IP Regional Registrations (P-MIP-RR (p.1), P-MIP-RR (p.2)).

จากการทดสอบผลกระทบของความเร็วของ Mobile node ที่มีต่อปริมาณการสูญหายของแพ็กเกต พบว่า เมื่อ Mobile node เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณแพ็กเกตที่สูญหายเพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากเป็นผลกระทบจาก Mobile node เคลื่อนที่ข้ามเซลล์มากขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.12 ผลกระทบของความเร็วของ mobile node ที่มีต่อการสูญหายของแพ็กเกตของ Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR), Paging Mobile IP (P-MIP),) และ Paging Mobile IP Regional Registrations (P-MIP-RR (p.1), P-MIP-RR (p.2))

5.8 สรุปผลการทดสอบ

เมื่อพิจารณาผลการจำลองระบบสามารถสรุปได้ว่า วิธีการของ Paging Mobile IP Regional Registration ทั้งสองวิธี มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีการอื่นๆ โดยสังเกตจากพารามิเตอร์ที่ใช้วัดสมรรถนะของระบบ หากสังเกตประสิทธิภาพการทำงานของวิธีที่นำเสนอทั้งสองวิธีจะเห็นว่ามีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน แต่ก็ยังมีข้อแตกต่างกัน คือ วิธีนำเสนอที่สองมีจุดเด่นในเรื่องของการลดเวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์ที่ดีกว่า

อย่างไรก็ตาม ยังมีเงื่อนไขและข้อสังเกตอื่นๆ ที่ทำให้ประสิทธิภาพของวิธีการที่เสนอน่าจะด้อยกว่าหรือเทียบเท่าวิธีการอื่น เช่น เมื่อจำนวนเซลล์ในพื้นที่การเพจเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ปริมาณการสัญญาณของวิธีการที่นำเสนอมีแนวโน้มเพิ่มมากยิ่งขึ้น, เมื่อเซลล์ไม่มีการซ้อนทับกันจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของวิธีการที่นำเสนอวิธีที่สองเทียบเท่ากับวิธีการที่นำเสนอวิธีที่หนึ่ง เนื่องจากไม่สามารถลงทะเบียนผ่านตัวแทนต่างพื้นที่ตัวเก่าได้ หรือ กรณีที่โนดเคลื่อนที่ เคลื่อนที่ข้ามระหว่างเซลล์กลับไปกลับมา หรือเรียกว่า ปรากฏการณ์ปิงปอง (ping pong effect) จะส่งผลต่อเวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์และจำนวนแพ็กเกตสูญหาย นอกจากนี้อาจจะยังมีข้อสังเกตอื่นที่ผู้วิจัยอาจจะยังไม่ได้พิจารณา ซึ่งต้องอาศัยการทดสอบเพิ่มเติม

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดสอบการจำลองแบบของวิธีการที่นำเสนอในบทที่ 5 สามารถที่จะสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

6.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอโพรโทคอลจัดการสภาพเคลื่อนที่และการพักแพ็กเกตสำหรับการแฮนด์โอเวอร์ในโครงข่าย IP ไร้สาย เพื่อช่วยบรรเทาเวลาในการแฮนด์โอเวอร์ และการสูญหายของแพ็กเกตในโครงข่าย ซึ่งก่อนหน้านี้มีวิธีการมากมายสำหรับปรับปรุงการทำงานของ Mobile IP แบบดั้งเดิม ที่เคยมีผู้นำเสนอไว้ สำหรับงานวิจัยนี้ได้เสนอการจัดการสภาพเคลื่อนที่แบบลำดับชั้นร่วมกับวิธีการลงทะเบียนอย่างรวดเร็ว เพื่อจะช่วยลดเวลาในการแฮนด์โอเวอร์ และการสูญหายของแพ็กเกตในโครงข่าย ในวิธีการที่นำเสนอนั้น อุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ปลายทางจะส่งข่าวสารการลงทะเบียนไปยัง HA (Home Agent) ก็ต่อเมื่อมีการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างโครงข่ายเท่านั้น นอกจากนี้ยังได้นำเสนอการใช้การเพจภายใต้วิธีการที่นำเสนอ เพื่อลดปริมาณการสัญญาณในโครงข่ายจากการลงทะเบียนของโนดเคลื่อนที่

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบของระบบที่เสนอสามารถสรุปได้ว่า วิธีการของ Paging Mobile IP Regional Registration ทั้งสองวิธี มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีการอื่นๆ โดยสังเกตจากพารามิเตอร์ที่ใช้วัดสมรรถนะของระบบ อย่างไรก็ตาม ยังมีเงื่อนไขและข้อสังเกตอื่นๆ ที่ทำให้ประสิทธิภาพของวิธีการที่เสนอน่าจะด้อยกว่าหรือเทียบเท่าวิธีการอื่น เช่น เมื่อจำนวนเซลล์ในพื้นที่การเพจเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ปริมาณการสัญญาณของวิธีการที่นำเสนอมีแนวโน้มเพิ่มมากยิ่งขึ้น, เมื่อเซลล์ไม่มีการซ้อนทับกันจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของวิธีการที่นำเสนอวิธีที่สองเทียบเท่ากับวิธีการที่นำเสนอวิธีที่หนึ่ง เนื่องจากไม่สามารถลงทะเบียนผ่านตัวแทนต่างพื้นที่ตัวเก่าได้ หรือ กรณีที่โนดเคลื่อนที่ เคลื่อนที่ข้ามระหว่างเซลล์กลับไปกลับมา หรือเรียกว่า ปรากฏการณ์ปิงปอง (ping pong effect) จะส่งผลต่อเวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์และจำนวนแพ็กเกตสูญหาย นอกจากนี้อาจจะยังมีข้อสังเกตอื่นที่ผู้วิจัยอาจจะยังไม่ได้พิจารณา อย่างไรก็ตาม ยังต้องอาศัยการทดลองเพิ่มเติม

นอกจากนี้ยังมีพารามิเตอร์อื่นๆ ที่สามารถใช้วัดสมรรถนะได้เช่นกัน แต่ยังไม่ได้พิจารณา เช่น กำลังของสัญญาณ, ขนาดเฮดเดอร์ของแพ็กเกต, ระยะทางของ HA และ ช่วงเวลาของการส่งข่าวสารประกาศตัวแทน (beacon period) เป็นต้น

6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย

จากข้อสรุปของงานวิจัยทำให้เราได้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับงานวิจัยในครั้งต่อไป คือ

1. พิจารณาผลกระทบของปริมาณการสัญญาณ, เวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์ และจำนวนแพ็กเกตสูญหายเทียบกับพารามิเตอร์อื่นๆ เช่น ระยะทางของ HA
2. ในกรณีที่เกิดปรากฏการณ์ปิงปอง อาจจะนำวิธีการแฮนด์โอเวอร์ที่ใช้ข้อมูลจากชั้นเชื่อมโยงข้อมูลมาช่วยตัดสินใจในการแฮนด์โอเวอร์ (L2 Trigger) หรือใช้เทคนิคการแพร่ข้อมูลผ่านตัวแทนต่างพื้นที่ตัวเก่าและตัวใหม่ที่โนดเคลื่อนที่ติดต่อด้วย (bicasting)
3. วิเคราะห์เวลาแฝงในการแฮนด์โอเวอร์ในเชิงคณิตศาสตร์
4. วิเคราะห์ต้นทุนการสัญญาณ ในแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น นำแบบจำลองแนวเดินแบบสุ่ม (random walk) มาใช้กับแบบจำลองโครงข่ายที่เป็นกราฟเชื่อมต่อ (connected graph) เพื่อความเสมือนจริงมากยิ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. Dad,S., Misra, A. and Agrawall,P., TeleMIP : Telecommunication Enhanced Mobile IP Architecture for Fast Intra-Domain Mobility. IEEE Personal Communications Magazine 7, 4 (August 2000): 50-58.
2. Perkins, C. E., Mobile IP. IEEE Communications Magazine, 35, 5 (May 1997): 84-99.
3. Reinbold,R. and Bonaventure,O., A Comparison of IP Mobility Protocol. Tech. Rep. Infonet-TR-2001-07, University of Namur, Infonet Group (June 2001).
4. Campbell, A. T., Gomez, J., Kim, S., Valko, A. G., Wan, C. -Y., and Turanyi, Z., Cellular IP. Internet draft, draft-ietf-mobileip-cellularip-00.txt, work in progress (January 2000).
5. Ramjee, R., Porta, T. La, Thuel, S., Varadhan, K., and Salgarelli, L., IP Micro-Mobility Support Using HAWAII. Internet draft, draft-ietf-mobileip-hawaii-01.txt, work in progress (July 2000).
6. Eom, D. S., Sugano, M., Murata, M., and Miyahara, H., "Performance Improvement by Packet Buffering in Mobile IP-Based Network," IEICE Transactions Communications, E83-B, 11 (November 2000): 2501-2512.
7. Ohzahata, S., Kimura, S., and Ebihara, Y. A Proposal of Seamless Handoff Method for Cellular Internet Environments. IEICE Transactions Communications, E84-B, 4 (April 2001): 752-759.
8. Tan, C. L., Pink, S., and Lye, K. M., A Fast Handoff Scheme for Wireless Networks, Available from: http://ntrg.cs.tcd.ie/htewari/papers/p83-tan.pdf.
9. Wu, I. -W., Chen, W. -S., Liao, H. –N., and Young, F. F., A Seamless Handoff Approach of Mobile IP Protocol for Mobile Wireless Data Networks. IEICE Transactions on Consumer Electronics, 48, 2 (May 2002).
10. Stephane, A., Mihailovic, A., and Aghrami, A. H., Mechanisms and Hierarchical Topology for Fast Handover in Wireless IP Networks. IEEE Communications Magazine, (November 2000): 112-115.

11. Silva, P. D. and Sirisena,H., A Mobility Management Protocol for IP-Based Cellular Network. IEEE Communications Magazine, (June 2002): 31-37.

12. Misra, A., Das, S., Dutta, A., McAuley, A., and Das, S. K., IDMP-Based Fast Handoff and Paging in IP-Based 4G Mobile Networks. IEEE Communications Magazine, (March 2002): 138-144.

13. Misra, A., et al., IDMP : An Intra-Domain Mobility Management Protocol Using Mobility Agents. Internet Draft, draft-ietf-mobileip-misra-idmp-00.txt, work in progress (July 2000).

14. Gustafsson, E., Jonsson, A., and Perkins, C., Mobile IPv4 Regional Registration. Internet Draft, draft-ietf-mobileip-reg-tunnel-05.txt, work in progress (2001).

15. Zhang, X., Castellanos, J., and Campbell, A., P-MIP:Paging Extension for Mobile IP, Mobile Network And Applications 7, (2002): 127-141.

16. McCanne, S. and Floyd,S., The Network Simulator ns (version2), Available from: http://www.isi.edu/nsnam/ ns/.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทความทางวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่แล้ว

บทความทางวิชาการจากการประชุมการสื่อสารไร้สายและการต่อถึงกันเป็นโครงข่าย (Wireless Communications and Networking Conference 2005) ซึ่งจัดขึ้นระหว่างวันที่ 13 -17 มีนาคม พ.ศ. 2548 ณ Ernest N. Morial Convention Center เมืองนิวออร์ลีนส์ รัฐหลุยส์เซียน่า ประเทศสหรัฐอเมริกา

บทความทางวิชาการจากการประชุม ECTI Annual Conference ครั้งที่ 1 (1st Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology Conference : ECTI-CON 2004) ซึ่งจัดขึ้นระหว่างวันที่ 13 - 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2547 ณ โรงแรม Amari Orchid Resort Hotel พัทยา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Comparative Analysis on Signaling Cost of Mobile IP Regional Registration with Paging Support

Tanapong Poungkong and Watit Benjapolakul
Department of Electrical Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok, Thailand
t_poungkong@hotmail.com, watit.b@chula.ac.th

***Abstract*— In this paper, we present a comparison of IP routing in mobile environments. We consider four protocols: Mobile IP, Mobile IP with paging support, Mobile IP Regional Registration and Mobile IP Regional Registration with paging support. The comparison is done by mathematical model and simulation. The comparative metric is signaling costs which are measured composed by registration and paging messages. The comparison considers in several system parameters such as the number of base stations in paging area, cell perimeter and mobile node velocity.**

I. INTRODUCTION

Mobile IP [1] is a solution for mobility management on the global Internet and allows mobile node to maintain all ongoing communications while changing links. Mobile IP provides a mechanism for routing IP packets to mobile nodes which may be connected to any link by using two IP addresses. The first IP address is called home address which is permanent IP address and another is called care-of-address (CoA) which is temporary address that changes at each new point of attachment. However, Mobile IP still has several issues that have to be solved. They are inefficient direct routing, RSVP operation over IP tunnels, seamless intra-domain handover, mobility routing crossing in intranet etc, see [2].

There are several proposals that solve these issues in different objectives. In this paper, we investigate two well-known proposals in terms of signaling cost. The first proposal is Mobile IP Regional Registration which is proposed by the Mobile IP working group of the Internet Engineering Task Force (IETF) [3]. The second proposal is Paging Mobile IP [4] which is the approach that allows a wireless system to search for an idle mobile node when there is a message destined for it.

In addition, we present a mathematical model for signaling cost of Mobile IP Regional Registration and Mobile IP Regional Registration with paging support by modifying signaling cost model of Mobile IP in [4]. This mathematical model is used to compare signaling cost of Mobile IP and Paging Mobile IP Registration. Furthermore, we simulate the protocols using NS2 [5].

This paper is structured as follows. Section II discusses overview of Mobile IP, Paging Mobile IP, Mobile IP Regional Registration and Paging Mobile IP Regional Registration [6]. Section III evaluates the signaling costs of Mobile IP, Paging Mobile IP, Mobile IP Regional Registration and Paging Mobile IP Regional Registration. Section IV presents the analysis results. Section V shows and analyzes the simulation result. Finally, in section VI, we make some concluding remarks.

II. OVERVIEW OF MOBILE IP, PAGING MOBILE IP, MOBILE IP REGIONAL REGISTRATION AND PAGING MOBILE IP REGIONAL REGISTRATIONS

A. Mobile IP Registration (MIP)

Mobile IP is a network-layer solution to node mobility in the Internet. When a mobile node moves from an old network to a new network, it obtains an advertisement message from new point of attachment served by a foreign agent. The message consists of care-of-address (IP address that represents the new point of attachment of the mobile node). Mobile node registers its new care-of address with its home agent by sending registration message through current foreign agent to mobile node's home agent. When home agent obtains a registration message from mobile node, it replies this message by sending registration reply message to mobile node. If there are packets destined to mobile node's home address, home agent will intercept and encapsulate them to the mobile node's care-of-address, they are known as tunneling. Then, the foreign agent de-capsulates the packets and delivers the packets to the mobile node. By using Mobile IP, the source computer, known as correspondent node, can send packets to the mobile node while changing link.

B. Paging Mobile IP Registration (P-MIP)

In cellular network, paging is used to locate idle mobile station prior to establishing incoming calls. When there is an incoming call destined to mobile node, the mobile switching center (MSC) will broadcast a paging message to all base stations within the same paging area (Paging Area is group of base stations under the same MSC) and the base stations broadcast this message in their own cell. From the concept of paging as mentioned above, [4] adopted paging into Mobile IP environment to reduce signaling overhead associated with registration and location system database updates and reduce power consumption of mobile node. All of procedures in Paging Mobile IP are the same as those in Mobile IP, but there is an important different point between Mobile IP and Paging Mobile IP, that is, in Paging Mobile IP, idle mobile node does

not register when moving within the same paging area, while it is not the case in original Mobile IP.

C. Mobile IP Regional Registration (MIP-RR)

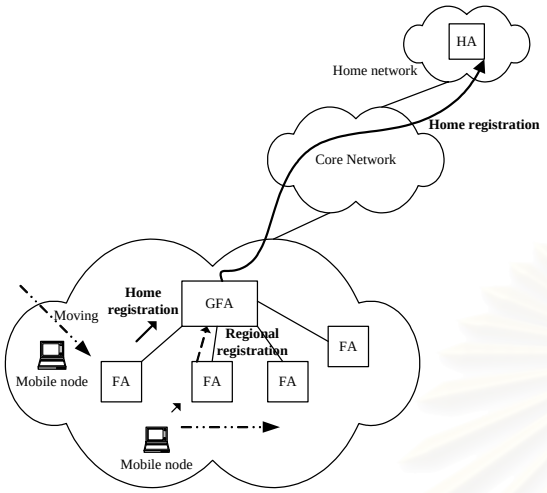


Figure 1. Registration scope of Mobile IP Regional Registration.

Registration scope in Mobile IP Regional Registration is as shown in Figure 1. There is one gateway foreign agent (GFA) at the top level and foreign agent (FA) beneath the GFA. When mobile node arrives at new visited domain, it reads the advertisement message from the new access point within visited domain. On receiving the advertisement message, the mobile node will get an care-of-address and send Mobile IP Regional Registration request message to foreign agent. Foreign agent forwards this message to GFA identified in the care-of-address field and GFA relays it to mobile node's home agent without modification of the registration request portion. The home agent performs the normal operation by sending registration reply message back to the mobile node via GFA and foreign agent.

When mobile node moves from one foreign agent to another foreign agent within the same visited domain, it registers its point of attachment with GFA by sending a regional registration message to GFA. On receiving registration request, GFA will create a regional registration reply message and send back to mobile node via foreign agent

D. Paging Mobile IP Regional Registration (P-MIP-RR)

In P-MIP-RR, we adopt paging scheme to cooperate with MIP-RR. When packets are destined to mobile nodes, the home agent forwards them to the gateway registered by the mobile nodes, known as GFA. GFA checks the mobile node support paging or not. If the mobile node supports paging, then the GFA checks the mobile node's operational state. If the mobile node is in active mode, the GFA encapsulate packets and forwards them to foreign agent registered by the mobile node, known as FA. The FA de-capsulates packets and forwards them to MN. If the MN is in idle mode, the GFA starts buffer packets and sends a paging request message to all other foreign agent that reside in the same paging area (PA) and the same GFA.

When the MN received a paging request message, it registers with GFA through the current foreign agent. After MN received a registration reply message, the mobile node sends a paging reply message back to the GFA and GFA forwards packets to MN.

III. Analysis of Signaling Cost

We study signaling cost of Mobile IP, Paging Mobile IP, Mobile IP Regional Registration and Paging Mobile IP Regional Registration and how paging area size and mobile node speed can impact the signaling cost under variety of system conditions.

For the analysis of the signaling cost on network, we assume a fluid flow mobility model as in [7] and also assume that paging area and coverage area of foreign agents are square-shaped where there are n foreign agent (cells) in a paging area. The perimeter of foreign agent is ℓ (m), so the perimeter of paging area is l (m)($l = \ell\sqrt{n}$). The perimeter of gateway is L (m). Area classification is as shown in Figure 2. In fluid flow mobility model [7], mobile nodes are moving at an average velocity of v in uniformly distributed directions over $[0, 2\pi]$ and also uniformly populated with density ρ. So, the rate of registration area crossing, r_c, is given by

$$r_c = \frac{\rho v \ell}{\pi} \tag{1}$$

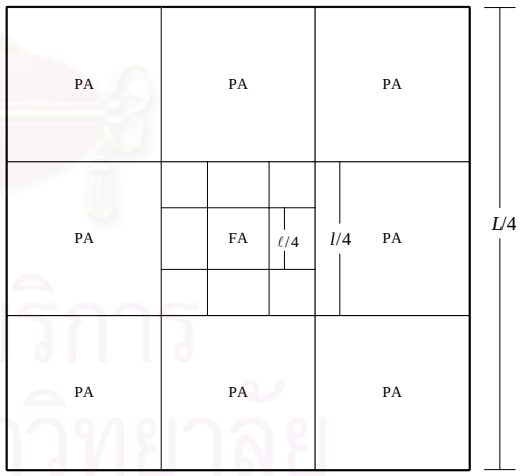


Figure 2. Area classification.

The rate of paging area crossing, r_{PA}, is given by

$$r_{PA} = \frac{\rho v l}{\pi} \tag{2}$$

The rate of gateway crossing, r_{GFA}, is given by

$$r_{GFA} = \frac{\rho v L}{\pi} \quad (3)$$

In this paper, the signaling cost is represented as the product of the weighted distance (number of hops), the registration and paging signaling message travels and the signaling rate [4]. For simplicity, the air interface is assumed as a single hop in the wired network.

A. Mobile IP Registration (MIP)

Like in [4], the signaling cost of Mobile IP could be presented in:

$$S_{MIP} = d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local})\left[r_c n + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n r_r \right] \quad (4)$$

$$= d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local})\left[\frac{\rho v l}{\pi} n + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n r_r \right]$$

Where:

S_{MIP} is the signaling cost of Mobile IP (weighted hops*packets/s).

$d_{HA,FA}$ is the average distance between home agent and foreign agent in terms of the number of hops.

R_{core} is the ratio of the number of hops in the core network to the total number of hops between a home agent and a foreign agent.

R_{local} is the ratio of the number of hops in local access networks to the total number of hops between a home agent and a foreign agent.

W_{core} is the weight of each hop in the IP core network.

W_{local} is the weight of each hop in local access network.

r_c is the registration area crossing rate (mobile nodes/s).

n is the number of cells considered in a paging area.

ρ is the density of mobile node (mobile nodes/m^2).

v is speed of mobile node (m/s).

ℓ is the perimeter of cell.

r_r is the average mobile node registration refresh rate which concerns about registration lifetime and registration triggered for other reasons (e.g., by an agent advertisement).

B. Paging Mobile IP Registration (P-MIP)

The paging area boundary crossing rate (r_p) is

$$r_p = \frac{\rho v \ell \sqrt{n}}{\pi} \quad (5)$$

From [4], the signaling cost of Paging Mobile IP is

$$S_{P-MIP} = d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local}) \quad (6)$$
$$\times \left[r_p + \alpha(r_c n - r_p) + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n r_r \right.$$
$$\left. + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n(1-\alpha)(\lambda_d + \lambda_a) \right]$$
$$+ (n-1)(d_{FA,FA}W_{local})\,\rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 \lambda_a n(1-\alpha)$$
$$= d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local})$$
$$\times \left[\frac{\rho v \ell \sqrt{n}}{\pi} + \alpha\frac{\rho v \ell}{\pi}(n - \sqrt{n}) + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n r_r \right.$$
$$\left. + \rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n(1-\alpha)(\lambda_d + \lambda_a) \right]$$
$$+ (n-1)(d_{FA,FA}W_{local})\,\rho\left(\frac{\ell}{4}\right)^2 \lambda_a n(1-\alpha)$$

Where:

S_{P-MIP} is the signaling cost of Paging Mobile IP.

$d_{FA,FA}$ is the average distance between foreign agents (hops).

r_p is the paging area crossing rate (mobile nodes/s)

α is the ratio of active mobile nodes to the total number of mobile nodes.

l is the perimeter of paging area (m).

λ_a is the incoming data session rate of mobile node, it is also the paging rate of mobile node (1/s)

λ_d is the outgoing data session rate of mobile node (1/s).

L is the perimeter of gateway (m)

C. Mobile IP Regional Registration (MIP-RR)

We adopt and modify signaling cost formula of Mobile IP into Mobile IP Regional Registration from signaling cost of Mobile IP Registration minuses by signaling cost for home registration of Mobile IP Regional Registration as shown in (8)

$$r_{HR} = \frac{\rho v L}{\pi} = \frac{\rho v \ell \sqrt{n}\sqrt{\sqrt{n}}}{\pi} = \rho v \ell n^{3/4} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} S_{MIP-RR} &= d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local}) \\ &\quad \times \left[r_c n - r_{HR} + \rho \left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n r_r \right] \\ &= d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local}) \\ &\quad \times \left[\frac{\rho v \ell}{\pi} n - \frac{\rho v \ell n^{3/4}}{\pi} + \rho \left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n r_r \right] \end{aligned} \quad (8)$$

Where:

r_{HR} is the rate of home registration.

S_{MIP-RR} is the signaling cost of Mobile IP Regional Registration.

D. Paging Mobile IP Regional Registration (P-MIP-RR)

We adopt and modify signaling cost formula of Mobile IP into Paging Mobile IP Regional Registration. The formula shows as following.

$$\begin{aligned} S_{P-MIP-RR} &= d_{GFA,FA}(W_{local}) \times \left[r_p + \alpha(r_c n - r_{HR} - r_p) \right. \\ &\quad + \rho \left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n r_r + \rho \left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n(1-\alpha)(\lambda_d + \lambda_a) \\ &\quad \left. + n^2 \rho \left(\frac{\ell}{4}\right)^2 (1-\alpha)\lambda_a \right] \\ &= d_{FA,FA}(W_{local}) \times \left[\frac{\rho v \ell \sqrt{n}}{\pi} + \alpha \frac{\rho v \ell}{\pi}(n - \sqrt{n} - n^{3/4}) \right. \\ &\quad + \rho \left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n r_r + \rho \left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n(1-\alpha)(\lambda_d + \lambda_a) \\ &\quad \left. + n^2 \rho \left(\frac{\ell}{4}\right)^2 (1-\alpha)\lambda_a \right] \end{aligned} \quad (9)$$

For registration refresh, we may adjust the registration lifetime in P-MIP to make the refreshing cost in Mobile IP, Mobile IP regional registration and P-MIP equivalent. Thus, in the signaling analysis, we can ignore the effect of refresh [1]. So, r_r =0 and we normalize the signaling cost in (4), (6), (8) and(9) by using $d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local})$. Equations (4), (6), (8) and (9) could be simplified to

$$S_{MIPn} = \frac{\rho v \ell}{\pi} n \quad (10)$$

$$\begin{aligned} S_{P-MIPn} &= \frac{\rho v \ell}{\pi}\left(\sqrt{n} + \alpha(n - \sqrt{n})\right) \\ &\quad + \rho \left(\frac{\ell}{4}\right)^2 n(1-\alpha)(\lambda_d + \lambda_a) \\ &\quad + \frac{d_{FA,FA}(n-1)\rho(\ell/4)^2 n(1-\alpha)\lambda_a}{d_{HA,FA}(R_{core}R_w + R_{local})} \end{aligned} \quad (11)$$

$$S_{MIP-RRn} = \frac{\rho v \ell}{\pi}(n - n^{3/4}) \quad (12)$$

Where:

R_w is the hop weight ratio of W_{core} to W_{local}.

$$\begin{aligned} S_{P-MIP-RRn} &= \left[\frac{\rho v \ell}{\pi}\left(\sqrt{n} + \alpha(n - \sqrt{n} - n^{3/4})\right) \right. \\ &\quad + n\rho \left(\frac{\ell}{4}\right)^2 (1-\alpha)(\lambda_d + \lambda_a) \\ &\quad \left. + n^2 \rho \left(\frac{\ell}{4}\right)^2 (1-\alpha)\lambda_a \right] / d_{HA,FA}(R_{core}R_w + R_{local}) \end{aligned} \quad (13)$$

IV. Analysis Results

We assume the following condition for analyzing systems. Systems have an average perimeter cell size of 4000 m, average mobile node velocity of 65 mph (28.9 m/s), user density of 0.0002 user/m^2, the average number of hops between foreign agents ($d_{FA,FA}$) is $\sqrt{n}$, the number of hops between home agent and foreign agent is 16 hops, the hop weight ratio (R_w) is 8, R_{core} and R_{local} is 0.5, the ratio of the number of active mobile nodes to the total number of mobile nodes is 0.05, the incoming data session rate of mobile node is 0.0008/s and the outgoing data session rate of idle mobile node is 0.0008/s.

As shown in Figure 3, when the paging area has a small number of cells, the signaling cost of Mobile IP Registration is increased faster than Paging Mobile IP, Paging Mobile IP Regional Registration and Mobile IP Regional Registrations. However, the signaling cost of Paging Mobile IP registration still increases faster than Mobile IP Regional Registration when paging area has a large number of cells. This is because paging messages are unicast to all cells in a paging area.

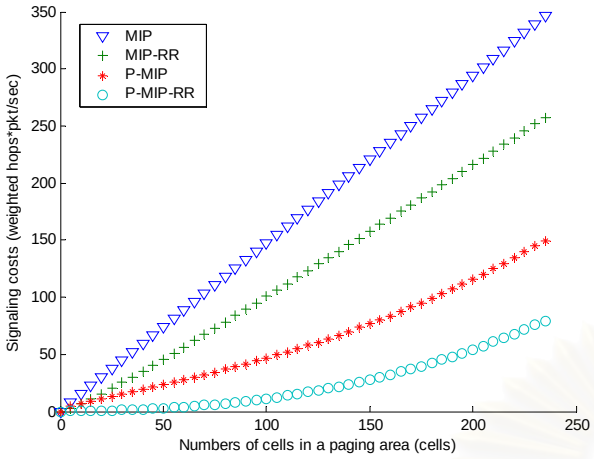


Figure 3. Effect of paging area size on signaling cost for Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR), Paging Mobile IP (P-MIP), and Paging Mobile IP Regional Registration (P-MIP-RR).

Figure 4 shows the impact of mobile node velocity on signaling cost. When the number of cells in paging area is 49 cells and mobile node velocity is increases, the signaling cost of Paging Mobile IP Regional Registration is less than those of Mobile IP, Mobile IP Regional Registration and Paging Mobile IP Registrations. This is because the boundary crossing rate is increased, which causes higher registration messages.

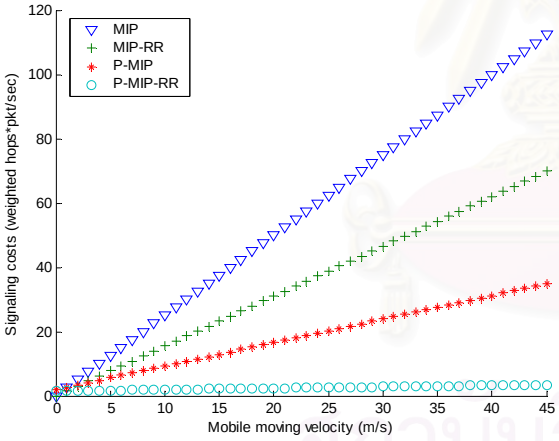


Figure 4. Effect of mobile node velocity on signaling cost for Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Regitrations (MIP-RR), Paging Mobile IP (P-MIP),) and Paging Mobile IP Regional Registration (P-MIP-RR.

When the number of cells in paging area is 49 cells, mobile mode velocity is 28.9 m/s and the perimeter of cell is increased, the signaling cost of Mobile IP and Paging Mobile IP Registration is increased faster than Mobile IP Regional Registration as shown in Figure. 5. This is because cell area is increased, which causes higher number of mobile nodes in a cell area and more registration signaling.

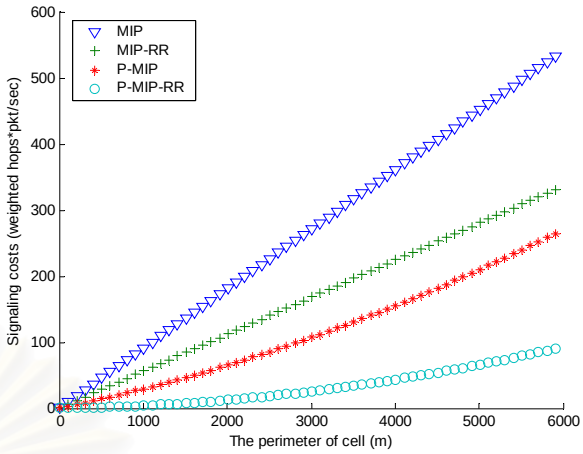


Figure 5. Effect of cell perimeter on signaling cost for Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR), Paging Mobile IP (P-MIP), and Paging Mobile IP Regional Registration (P-MIP-RR).

V. Simulation Results

The simulator was implemented using NS2 [5]. We recorded signaling for all schemes. In order to validate the analysis, we use the same assumptions and system configuration as discussed earlier whenever possible. Simulation and analysis results could not be directly compared in a numerical sense because of the differences in the mobility models used. However, some coarse observations can be made.

Simulation model of these results is shown in Figure 6. Simulation result for effect of paging area size on signaling cost is shown in Figure 7. Figure 7 follows the same trends shown in Figure 3 when the number of cells in paging area is fewer than 50. The simulation results confirm that in order to improve system performance of all schemes, it is important to select the appropriate number of cells in a paging area.

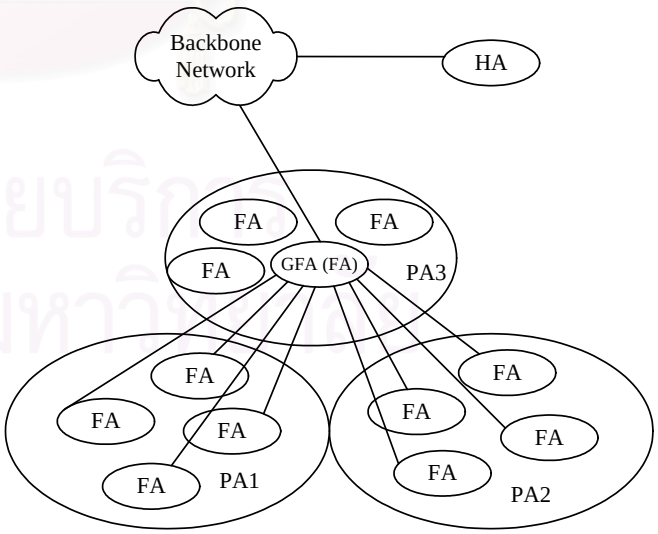


Figure 6. Simulation model for Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR) and Paging Mobile IP (P-MIP).

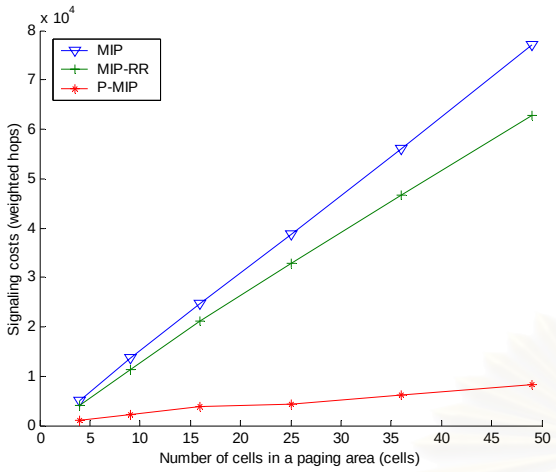


Figure 7. Effect of paging area size on signaling cost for Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR)) and Paging Mobile IP (P-MIP.

Simulation result for effect of mobile moving velocity on signaling cost is shown in Figure 8. When the mobile moving velocity increases, the signaling cost of Paging Mobile IP Registrations is less than those of Mobile IP and Mobile IP Regional Registration. The simulation result in Figure 8 concludes that the signaling costs follow the same trends shown in Figure 4 when mobile node's velocity increases.

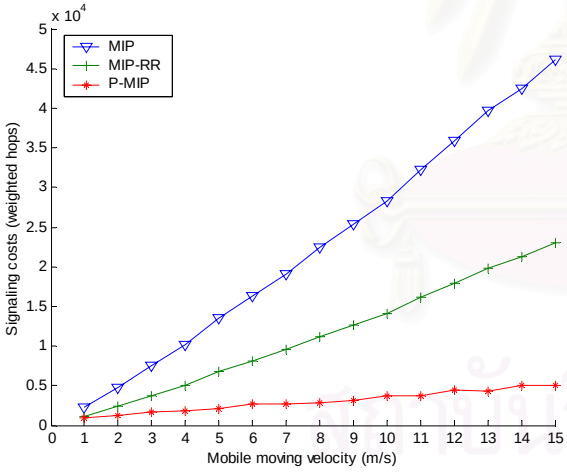


Figure 8. Effect of mobile moving velocity on signaling cost for Mobile IP (MIP), Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR) and Paging Mobile IP (P-MIP).

VI. CONCLUSION

In this paper, we have analyzed signaling cost of Mobile IP, Paging Mobile IP, Mobile IP Regional Registration and Paging Mobile IP Regional Registration. From the analysis results, it is observed that signaling cost of Paging Mobile IP Regional Registration is less than that of original Mobile IP, Mobile IP Regional Registration and Paging Mobile IP Registrations. Thus, among the four registration schemes, Paging Mobile IP Regional Registration utilizes the least registration messages. This leads to gain high scalability. When the simulation results are considered, the signaling cost of Paging Mobile IP is still less than original Mobile IP and Mobile IP Regional Registration. Therefore, we hope that the signaling cost of Paging Mobile IP Regional Registration in simulation is less than those of them. We are in process of implementing Paging Mobile IP Regional Registration in Network Simulator [5] to observe the comparative performance as a function of the various systems parameters such as wireless losses, handover etc.

REFERENCES

[1] C.E. Perkins, ed., "Mobile Networking Through Mobile IP," IEEE Internet Computing., vol.2, Issue: 1, Jan.-Feb., pp.58-69, 1998.

[2] S. Dixit and R. Prasad, "Wireless IP and Building the Mobile Internet," Artech House universal personal communications series, USA, 2003.

[3] E. Gustafsson, A. Jonsson, and C.E. Perkins, "Mobile IP Regional Registration," Internet draft (work in progress), draft-ietf-mobileip-reg-tunnel-04.txt, March 2001.

[4] X. Zhang, J. G. Castellanos, and A. T. Cambell, "P-MIP:Paging Extensions for Mobile IP," IEEE Mobile Networks and App., vol.7, pp.127-141, 2002.

[5] UCB/LBLN/VINT Network Simulator (NS), http://www.isi.edu/nsnam.

[6] H. Haverinen and J. Malinen "Mobile IP regional paging" Internet draft (work in progress), draft-haverinen-mobileip-reg-paging-00.txt, June 2000.

[7] S. Mohan and R. Jain, "Two user location strategies for personal communications services," IEEE Pers. Commun., vol.1, no.1, pp. 42-50, 1st Quarter, 1994.

SIGNALING COST ANALYSIS OF MOBILE IP, PAGING MOBILE IP, AND MOBILE IP REGIONAL REGISTRATIONS

Tanapong Poungkong and Watit Benjapolakul

Department of Electrical Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand
E-mail: t_poungkong@hotmail.com, watit.b@chula.ac.th

ABSTRACT

In this paper, we adopt and modify signaling cost formula of Mobile IP into Mobile IP Regional Registration to analyze and compare signaling cost with those of Mobile IP (MIP) and Paging Mobile IP (P-MIP). Signaling costs are measured from registration and paging messages only. We also compare the signaling costs when the number of base stations in paging area, cell perimeter and mobile node velocity are considered.

Keywords: Mobile IP, Mobile IP regional registration, mobility management, signaling cost analysis.

1. INTRODUCTION

Mobile IP [1] is a solution for mobility management on the global Internet and allows mobile node to maintain all ongoing communications while changing links. Mobile IP provides a mechanism for routing IP packets to mobile nodes which may be connected to any link by using two IP addresses. The first IP address is called home address which is permanent IP address and another is called care-of-address (CoA) which is temporary address that changes at each new point of attachment. However, Mobile IP still have several issues that have to be solved. They are inefficient direct routing, RSVP operation over IP tunnels, seamless intradomain handover, mobility routing crossing in intranet, etc., see [2].

There are several proposals that solve these issues in different schemes. In this paper, we investigate only two proposals in terms of signaling analysis. The first proposal is Mobile IP Regional Registration which is submitted by the Mobile IP working group of the Internet Engineering Task Force (IETF) [3]. The second proposal is Paging Mobile IP [4] which is the procedure that allows a wireless system to search for an idle mobile node when there is a message destined for it.

We investigate the signaling cost of Mobile IP Regional Registration by modifying signaling cost formula of Mobile IP in [4] to analyze and compare signaling cost with those of Mobile IP and Paging Mobile IP Registration.

This paper is structured as follows. Section 2 discusses overview of Mobile IP, Mobile IP Regional Registration and Paging Mobile IP. Section 3 evaluates the signaling costs of Mobile IP, Mobile IP Regional Registration and Paging Mobile IP. Section 4 presents the analysis results. Finally, in section 5, we make some concluding remarks.

2. OVERVIEW OF MOBILE IP, PAGING MOBILE IP, AND MOBILE IP REGIONAL REGISTRATIONS

2.1 Mobile IP Registration

Mobile IP is a network-layer solution to node mobility in the Internet. When a mobile node moves from old network to new network, it obtains an advertisement message from new point of attachment, they are known as foreign agent, which consists of care-of-address (IP address that represents the new point of attachment of the mobile node). Mobile node registers its new care-of address with its home agent by sending registration message through current foreign agent to mobile node's home agent. When home agent obtains a registration message from mobile node, it replies this message by sending registration reply message to mobile node. If there are packets destined to mobile node's home address, home agent will intercept and encapsulate them to the mobile node's care-of-address, they are known as tunneling. Then, foreign agent removes original packets from the tunnel and delivers the original packets to the mobile node. By using Mobile IP, the source computer, known as correspondent node, can send packets to mobile node while changing link.

2.2 Paging Mobile IP Registration

In cellular network, paging is used to locate idle mobile station prior to establishing incoming calls. When there is an incoming call destined to mobile station, the mobile switching center (MSC) will broadcast a paging message to all base stations within the same paging area (Paging Area is group of base stations under the same MSC) and the base stations broadcast this message in their own cell. From the concept of paging as mentioned above, [4] adopted paging into Mobile IP environment to reduce signaling overhead associated with registration and location system database updates and reduce power

consumption of mobile node. All of procedures in Paging Mobile IP are the same as those in Mobile IP, but there is an important different point between Mobile IP and Paging Mobile IP, that is, in Paging Mobile IP, idle mobile node does not register when moving within the same paging area, while it is not the case in original Mobile IP.

2.3 Mobile IP Regional Registration

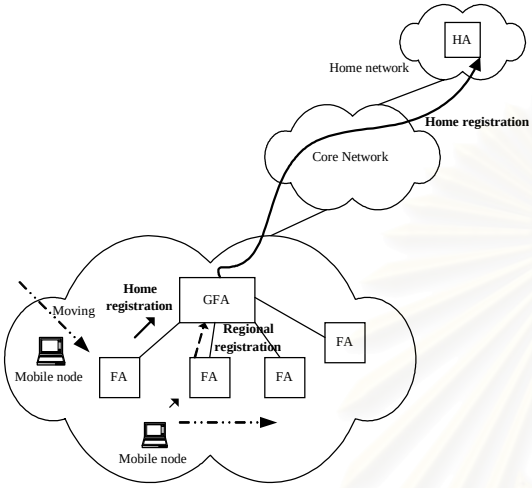


Fig. 1: *Registration scope of Mobile IP Regional Registration.*

Registration scope in Mobile IP Regional Registration is as shown in Fig. 1. There is one gateway foreign agent (GFA) at the top level and foreign agent (FA) beneath the GFA. When mobile node arrives at new visited domain, it reads the advertisement message from the new access point within visited domain. On receiving the advertisement message, the mobile node will get an care-of-address and send Mobile IP Regional Registration request message to foreign agent. Foreign agent forwards this message to GFA identified in the care-of-address field and GFA relays it to mobile node's home agent without modification of the registration request portion. The home agent performs the normal operation by sending registration reply message back to the mobile node via GFA and foreign agent.

When mobile node moves from one foreign agent to another foreign agent within the same visited domain, it registers its point of attachment with GFA by sending a regional registration message to GFA. On receiving registration request, GFA will create a regional registration reply message and send back to mobile node via foreign agent

3. ANALYSIS OF SIGNALING COST

We study signaling cost of Mobile IP, Paging Mobile IP and Mobile IP Regional Registrations and how paging area size and mobile node speed can impact the signaling cost under variety of system conditions.

For the analysis of the signaling cost on network, we assume a fluid flow mobility model as in [5] and also assume that paging area and coverage area of foreign agents are square-shaped where there are n foreign agent (cells) in a paging area. The perimeter of foreign agent is l (m), so the perimeter of paging area is L ($L = l\sqrt{n}$). In fluid flow mobility model [5], mobile nodes are moving at an average velocity of v in uniformly distributed directions over $[0, 2\pi]$ and also uniformly populated with density ρ. So, the rate of registration area crossing, r_c, is given by

$$r_c = \frac{\rho v l}{\pi} \tag{1}$$

In this paper, the signaling cost is represented as the product of the weighted distance (number of hops), the registration and paging signaling message travels and the signaling rate [4]. For simplicity, the air interface is assumed as a single hop in the wireline network.

3.1 Mobile IP Registration

We can calculate the signaling cost of Mobile IP from equation (2) [4]

$$S_{MIP} = d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local})\left[r_c n + \rho\left(\frac{l}{4}\right)^2 n r_r\right]$$

$$= d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local})\left[\frac{\rho v l}{\pi} n + \rho\left(\frac{l}{4}\right)^2 n r_r\right] \tag{2}$$

Where:

S_{MIP} is the signaling cost of Mobile IP (weighted hops*packets/s).

$d_{HA,FA}$ is the average distance between home agent and foreign agent in terms of the number of hops.

R_{core} is the ratio of the number of hops in the core network to the total number of hops between a home agent and a foreign agent.

R_{local} is the ratio of the number of hops in local access networks to the total number of hops between a home agent and a foreign agent.

W_{core} is the weight of each hop in the IP core network.

W_{local} is the weight of each hop in local access networks.

r_c is the registration area crossing rate (mobile nodes/s).

n is the number of cells considered in a paging area.

ρ is the density of mobile node (mobile nodes/m^2).

v is speed of mobile node (m/s).

l is the perimeter of cell.

r_r is the average mobile node registration refresh rate which concerns about registration lifetime and registration triggered for other reasons (e.g., by an agent advertisement).

3.2 Paging Mobile IP Registration

The paging area boundary crossing rate (r_p) is

$$r_p = \frac{\rho v L}{\pi} \quad (3)$$

we can be calculated the signaling cost of Paging Mobile IP from equation (4) [4]

$$\begin{aligned} S_{P-MIP} &= d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local}) \\ &\times \left[r_p + \alpha(r_c n - r_p) + \rho\left(\frac{l}{4}\right)^2 nr_r \right. \\ &\left. + \rho\left(\frac{l}{4}\right)^2 n(1-\alpha)(\lambda_d + \lambda_a) \right] \\ &+ (n-1)(d_{FA,FA}W_{local})\rho\left(\frac{l}{4}\right)^2 \lambda_a n(1-\alpha) \\ &= d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local}) \\ &\times \left[\frac{\rho v l\sqrt{n}}{\pi} + \alpha\frac{\rho v l}{\pi}(n-\sqrt{n}) + \rho\left(\frac{l}{4}\right)^2 nr_r \right. \\ &\left. + \rho\left(\frac{l}{4}\right)^2 n(1-\alpha)(\lambda_d + \lambda_a) \right] \\ &+ (n-1)(d_{FA,FA}W_{local})\rho\left(\frac{l}{4}\right)^2 \lambda_a n(1-\alpha) \end{aligned} \quad (4)$$

Where:

S_{P-MIP} is the signaling cost of Paging Mobile IP.

$d_{FA,FA}$ is the average distance between foreign agents (hops).

r_p is the paging area crossing rate (mobile nodes/s)

α is the ratio of active mobile nodes to the total number of mobile nodes.

L is the perimeter of paging area (m).

λ_a is the incoming data session rate of mobile node, it is also the paging rate of mobile node (1/s)

λ_d is the outgoing data session rate of mobile node (1/s).

3.3 Mobile IP Regional Registration

We adopt and modify signaling cost formula of Mobile IP into Mobile IP Regional Registration from signaling cost of Mobile IP Registration minused by signaling cost for home registration of Mobile IP Regional Registration as shown in equation (6)

$$r_{HR} = \frac{\rho v L}{\pi} = \frac{\rho v l\sqrt{n}}{\pi} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} S_{MIP-RR} &= d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local}) \\ &\times \left[r_c n - r_{HR} + \rho\left(\frac{l}{4}\right)^2 nr_r \right] \\ &= d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local}) \\ &\times \left[\frac{\rho v l}{\pi} n - \frac{\rho v l\sqrt{n}}{\pi} + \rho\left(\frac{l}{4}\right)^2 nr_r \right] \end{aligned} \quad (6)$$

Where:

r_{HE} is the rate of home registration.

S_{MIP-RR} is the signaling cost of Mobile IP Regional Registration.

For registration refresh, we may adjust the registration lifetime in P-MIP to make the refreshing cost in Mobile IP, Mobile IP regional registration and P-MIP equivalent. Thus, in the signaling analysis, we can ignore the effect of refresh [1]. So, r_r =0 and we normalize the signaling cost in equation (2), (4) and (6) by using $d_{HA,FA}(R_{core}W_{core} + R_{local}W_{local})$.

Equations (2), (4) and (6) can be reduced to

$$S_{MIPn} = \frac{\rho v l}{\pi} n \quad (7)$$

$$\begin{aligned} S_{P-MIPn} &= \frac{\rho v l}{\pi}\left(\sqrt{n} + \alpha(n-\sqrt{n})\right) \\ &+ \rho\left(\frac{l}{4}\right)^2 n(1-\alpha)(\lambda_d + \lambda_a) \\ &+ \frac{d_{FA,FA}(n-1)\rho(l/4)^2 n(1-\alpha)\lambda_a}{d_{HA,FA}(R_{core}R_w + R_{local})} \end{aligned} \quad (8)$$

$$S_{MIP-RRn} = \frac{\rho v l}{\pi}\sqrt{n}(\sqrt{n-1}) \quad (9)$$

Where:

R_w is the hop weight ratio of W_{core} to W_{local}.

4. ANALYSIS RESULT

We assume the following condition for analyzing systems. Systems have an average perimeter cell size of 4000 m, average mobile node velocity of 65 mph (28.9 m/s), user density of 0.0002 user/m^2, the average number of hops between foreign agents ($d_{FA,FA}$) is $\sqrt{n}$, the number of hops between home agent and foreign agent is 16 hops, the hop weight ratio (R_w) is 8, R_{core} and R_{local} is 0.5, the ratio of the number of active mobile nodes to the total number of mobile nodes is 0.05, the incoming data session rate of mobile node is 0.0008/s and the

outgoing data session rate of idle mobile node is 0.0008/s.

As shown in Fig. 2, when the paging area has a small number of cells, the signaling cost of Mobile IP Registration is increased faster than Paging Mobile IP and Mobile IP Regional Registrations. However, the signaling cost of Paging Mobile IP Registration still increases faster than Mobile IP Regional Registration when paging area has a large number of cells. This is because paging messages are unicast to all cells in a paging area.

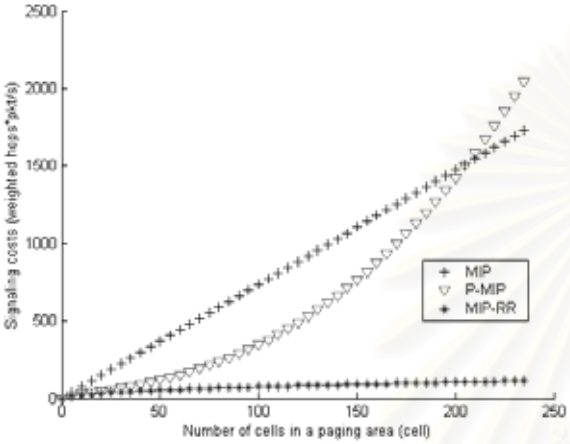


Fig. 2: *Effect of paging area size on signaling cost for Mobile IP (MIP), Paging Mobile IP (P-MIP) and Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR).*

In Fig. 3, we show the impact of mobile node velocity on signaling cost. When the number of cells in paging area is 49 cells and mobile node velocity is increases, the signaling cost of Mobile IP Regional Registration is less than those of Mobile IP and Paging Mobile IP Registrations. This is because the boundary crossing rate is increased, which causes more registration signalings.

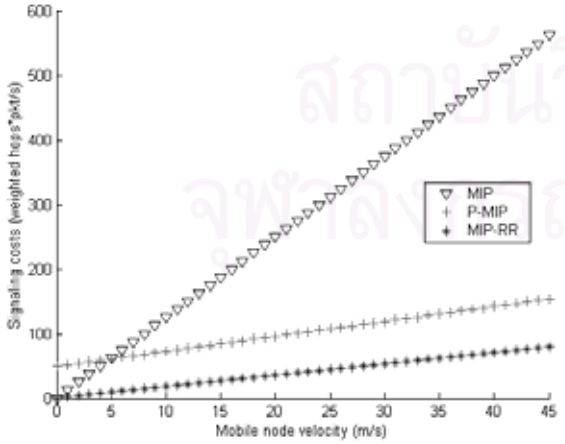


Fig. 3: *Effect of mobile node velocity on signaling cost for Mobile IP (MIP), Paging Mobile IP (P-MIP) and Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR).*

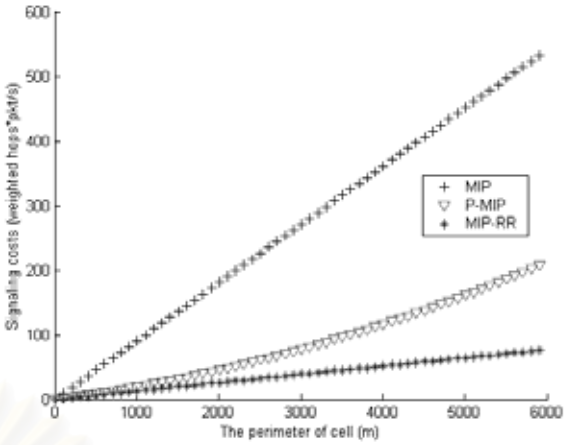


Fig. 4 : *Effect of cell perimeter on signaling cost for Mobile IP (MIP), Paging Mobile IP (P-MIP) and Mobile IP Regional Registrations (MIP-RR).*

When the number of cells in paging area is 49 cells, mobile mode velocity is 28.9 m/s and the perimeter of cell is increased, the signaling cost of Mobile IP and Paging Mobile IP Registration is increased faster than Mobile IP Regional Registration as shown in Fig. 4. This is because cell area is increased, which causes higher number of mobile nodes in cell area and more registration signalings.

5. CONCLUSION

In this paper, we analyze signaling cost of Mobile IP, Paging Mobile IP and Mobile IP Regional Registrations. From the analysis, it is observed that signaling cost of Mobile IP Regional Registration is less than those of original Mobile IP and Paging Mobile IP Registrations. Thus, among the three registration schemes, Mobile IP Regional Registration is the most robust scheme to various system conditions and more scalability. In the next phase of our work, we will study how to implement this work into network simulator to observe the result of signaling costs analysis are the same as simulation result.

6. REFERENCES

[1] C.E. Perkins, ed., “IP mobility support,” IETF RFC 2002, Oct. 1996.

[2] S. Dixit and R. Prasad, “Wireless IP and Building the Mobile Internet,” Artech House universal personal communications series, USA, 2003.

[3] E. Gustafsson, A. Jonsson, and C.E. Perkins, “Mobile IP Regional Registration,” Internet draft (work in progress), draft-ietf-mobileip-reg-tunnel-04.txt, March 2001.

[4] X. Zhang, J. G. Castellanos, and A. T. Cambell, “P-MIP:Paging Extensions for Mobile IP,” IEEE Mobile Networks and App., vol.7, pp.127-141, 2002.

[5] S. Mohan and R. Jain, “Two user location strategies for personal communications services,” IEEE Pers. Commun., vol.1, no.1, pp. 42-50, 1st Quarter, 1994.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายธนพงศ์ พ่วงคง เกิดวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2521 ที่จังหวัดพัทลุง สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2543 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2544

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย