

แบบแผนการตัดสินใจการแฮนด์ออฟแนวตั้งภายในโครงข่ายสื่อสารเคลื่อนที่แบบวิวิธพันธุ์



นายณัฐกร จำปาวัลย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต


สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

VERTICAL HANDOFF DECISION SCHEME WITHIN HETEROGENEOUS MOBILE
COMMUNICATION NETWORKS



Mr.Nuttakorn Jumpawan

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

แบบแผนการตัดสินใจการแฮนด์ออฟแวนต์ตั้งภายในโครงข่าย
สื่อสารเคลื่อนที่แบบวีวีธพันธุ์

โดย

นายณัฐกร จำปาวัลย์


สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า


อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

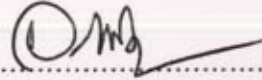
รองศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารบัณฑิต



..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศทวีวงค์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย จิตะพันธ์กุล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ลัญจกร วุฒิสิริกุลกิจ)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.บงการ หอมนาน)

ณัฐกร จำปาวัลย์ : แบบแผนการตัดสินใจการแฮนด์ออฟแนวตั้งภายในโครงข่าย
 สื่อสารเคลื่อนที่แบบวิวิธพันธุ์ (VERTICAL HANDOFF DECISION SCHEME
 WITHIN HETEROGENEOUS MOBILE COMMUNICATION NETWORKS)
 อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. ดร.วาทิต เบญจพลกุล, 76 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เราได้เสนอแบบแผนการตัดสินใจการแฮนด์ออฟแนวตั้งภายใน
 โครงข่ายสื่อสารเคลื่อนที่แบบวิวิธพันธุ์ โดยพิจารณาค่าตำแหน่ง และความเร็วจากระบบ
 ดาวเทียม GPS (Global Positioning System) ในการคำนวณช่วงเวลาที่เหมาะสมในการแฮนด์
 ออฟและใช้ FQDA (Fuzzy-Logic Theory Based Quantitative Decision Algorithm) เพื่อ
 ประเมินสมรรถนะของระบบ โดยพิจารณา ค่าความแรงของสัญญาณ ค่าปริมาณช่องสัญญาณที่
 ระบบสามารถรองรับได้ ค่าบริการ และ ค่าคาดหวังทางเวลาในระบบ เพื่อการตัดสินใจเลือก
 เทคโนโลยีปลายทางที่ดีที่สุดในการแฮนด์ออฟ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เราได้ทดสอบแบบแผนการตัดสินใจ โดยการจำลองสถานการณ์
 แบบเหตุการณ์เต็มหน่วย โดยเปรียบเทียบแบบแผนการตัดสินใจที่เสนอกับแบบแผนการ
 ตัดสินใจแบบสุ่ม แบบแผนการตัดสินใจแบบอิงค่าความแรงสัญญาณ และแบบแผนการ
 ตัดสินใจแบบ FQDA โดยพิจารณาเฉพาะค่าความแรงของสัญญาณ ค่าปริมาณช่องสัญญาณที่
 ระบบสามารถรองรับได้ และค่าบริการ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าแบบแผนที่เสนอสามารถ
 นำมาใช้ในการควบคุม จำนวนครั้งการแฮนด์ออฟ โหลดกราฟฟิกที่รองรับได้ ความน่าจะเป็นของ
 การติดขัดสำหรับการเรียกที่เกิดใหม่ ความน่าจะเป็นของการติดขัดสำหรับการเรียกที่เกิดจาก
 การแฮนด์ออฟ และการกระจายทรัพยากรท่วงศ์ นอกจากนี้แบบแผนที่เสนอยังช่วยปรับปรุง
 จำนวนครั้งการแฮนด์ออฟ โหลดกราฟฟิกที่รองรับได้ และการกระจายทรัพยากรท่วงศ์ให้ดียิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า..... ลายมือชื่อนิสิต..... *ณัฐกร จำปาวัลย์*
 สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก..... *วาทิต เบญจพลกุล*
 ปีการศึกษา.....2553.....

5170300221: MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

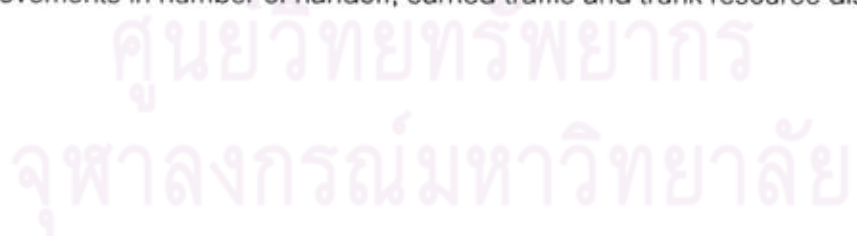
KEYWORDS: VERTICAL HANDOFF / HANDOFF SCHEME / MOBILITY MANAGEMENT

NUTTAKORN JUMPAWAN : VERTICAL HANDOFF DECISION SCHEME WITHIN HETEROGENEOUS MOBILE COMMUNICATION NETWORKS.

ADVISOR : ASSOC. PROF. WATIT BENJAPOLAKUL, D. Eng., 76 pp.

In this thesis, we propose Vertical Handoff Decision within Heterogeneous Mobile Communication Networks. Firstly, the proposed scheme uses position and velocity data from GPS to consider the proper moment to trigger the handoff. Secondly, the proposed uses Fuzzy-Logic Theory Based Quantitative Decision Algorithm (FQDA) to evaluate the performance of the candidate networks by consider receive signal strength, available bandwidth, cost of service and residual time to select the best target network.

To evaluate the performance of proposed scheme, an elaborated discrete-event simulation experiment has been carried out. A comparison of the proposed scheme has been made with random scheme, RSS based scheme and FQDA without RT scheme. The obtained results suggest that the proposed scheme can efficiently control the number of handoff, carried traffic, blocking probability, dropping probability and trunk resource distribution. Moreover, the proposed scheme can achieve significant improvements in number of handoff, carried traffic and trunk resource distribution.



Department:Electrical Engineering.... Student's Signature.....
Field of Study: ...Electrical Engineering.... Advisor's Signature.....
Academic Year:2010.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี จากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ รศ. ดร.วาทิต เบญจพลกุล ซึ่งได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ อันมีค่ายิ่ง รวมถึงหนังสือต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย อีกทั้งตรวจทานงานวิทยานิพนธ์ด้วยดีเสมอมา ตลอดจนอาจารย์ทุกๆ ท่านที่ได้กรุณาให้ความรู้ให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์กับงานวิจัย ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ รศ. ดร. สมชาย จิตะพันธ์กุล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี และ รศ. ดร.ลัญฉกร วุฒิสวัสดิ์กุลกิจ และ รศ. ดร.บงการ หอมมานน กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้สละเวลาอันมีค่าตลอดจนให้คำแนะนำและแนวทางในการปรับปรุงงานวิจัยให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ขอขอบคุณ ทุนศิษย์กัณฎฐิ ที่ให้การสนับสนุนด้านทุนการศึกษาและค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมจนข้าพเจ้าสำเร็จการศึกษาได้ด้วยดี และขอขอบคุณ ผศ. ดร.เชาวนดิศ อัสวกุล และ ผศ. ดร.ชัยเชษฐ สหายวิจิตร ที่ได้สละเวลาในการจัดตั้งกลุ่มสัมมนาย่อยด้านสื่อสาร (Network Group) อันเป็นประโยชน์ ตลอดจน พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ในห้องปฏิบัติการวิจัยศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านเทคโนโลยีโทรคมนาคมทุกๆ ท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบคุณ บิดา มารดาและครอบครัวที่ให้ความรัก ความเข้าใจและแรงสนับสนุนที่ดีตลอดมาจนผู้วิจัยสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ

บทที่

1	บทนำ	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์	5
	1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์	5
	1.4 ขั้นตอนการดำเนินการ	5
	1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
	1.6 ประมวลวิทยานิพนธ์	6
2	หลักการและทฤษฎี	7
	2.1 คุณสมบัติเทคโนโลยี	7
	2.1.1 เทคโนโลยี 3G	7
	2.1.2 เทคโนโลยี Wi-Fi	8
	2.1.3 เทคโนโลยี WiMAX	8
	2.2 ข้อเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยี	9
	2.2.1 รัศมีครอบคลุมการทำงาน (Coverage Area)	9
	2.2.2 อัตราการส่งข้อมูล (Data Rate)	10
	2.2.3 ค่าบริการ (Monetary Cost)	12
	2.2.4 รูปแบบรองรับการเคลื่อนที่ (Mobility type)	12
	2.2.5 คุณภาพการบริการ (Quality of services)	13

บทที่	หน้า
3	วิธีการที่นำเสนอและแบบจำลองที่ใช้.....18
3.1	วิธีการที่นำเสนอ.....18
3.1.1	การพิจารณาช่วงเวลาที่เหมาะสมจะทำการแฮนด์ออฟ.....18
3.1.2	การพิจารณาระบบปลายทางของการแฮนด์ออฟ.....21
3.2	แบบจำลองที่ใช้ในวิทยานิพนธ์.....27
3.2.1	แบบจำลองทราฟฟิก (Traffic Model).....27
3.2.2	แบบจำลองการเคลื่อนที่ (Mobility Model).....27
3.2.3	แบบจำลองการแพร่กระจายสัญญาณ (Propagation Model).....27
3.2.4	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการการจำลองแบบ.....28
3.3	การประเมินสมรรถนะ.....29
3.3.1	จำนวนครั้งการแฮนด์ออฟ (Number of Handoff: N_H).....29
3.3.2	โหลดทราฟฟิกที่รองรับได้ (Carried Traffic: T_C).....29
3.3.3	ความน่าจะเป็นของการติดขัดสำหรับการเรียกที่เกิดขึ้นใหม่ (Blocking Probability: B_p).....29
3.3.4	ความน่าจะเป็นของการติดขัดสำหรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ (Dropping Probability: D_p).....30
3.3.5	การกระจายทรัพยากรทรังก์ (Trunk Resource Distribution: TRD).....30
4	ผลการจำลองแบบ.....31
4.1	ตัวอย่างการตัดสินใจในกระบวนการ FQDA.....32
4.2	ผลการจำลองแบบ.....34
4.2.1	ผลการจำลองแบบและวิเคราะห์จำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟ.....34
4.2.2	ผลการจำลองแบบและวิเคราะห์การกระจายทรัพยากรทรังก์.....42
4.2.3	ผลการจำลองแบบและวิเคราะห์โหลดทราฟฟิกที่รองรับได้.....50
4.2.4	ผลการจำลองแบบและวิเคราะห์ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่ และความน่าจะเป็นการปฏิเสธในการแฮนด์ออฟ.....54
5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....71
5.1	สรุปผลการวิจัย.....71
5.2	ข้อเสนอแนะ.....73

บทที่

หน้า

รายการอ้างอิง..... 74

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 76



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าเปรียบเทียบวัศมีครอบคลุมการทำงานระหว่างเทคโนโลยี.....	10
2.2 ค่าเปรียบเทียบอัตราการส่งข้อมูลระหว่างเทคโนโลยี.....	11
2.3 ตารางแสดงความต้องการของเครือข่ายในแต่ละบริการ.....	14
3.1 ลำดับขั้นตอนการพิจารณาช่วงเวลาในการแฮนด์ออฟ.....	20
3.2 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแบบ.....	28
4.1 ค่าพารามิเตอร์ประจำตำแหน่งในแบบจำลองแสดงตัวอย่าง.....	32
4.2 ตารางแสดงการตัดสินใจในกระบวนการ FQDA.....	33
4.3 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยในการแฮนด์ออฟของแบบแผนการตัดสินใจทั้ง 4 แบบใน 3 กรณี.....	37
4.4 แสดงผลการตัดสินใจตามแบบแผน RSS-TH-FQB.....	41
4.5 แสดงผลการตัดสินใจตามแบบแผนที่นำเสนอ.....	41
4.6 ค่าพิจารณาร่วมเปรียบเทียบการกระจายทรัพยากรทรัพยากรที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง.....	43
4.7 ค่าพิจารณาร่วมเปรียบเทียบการกระจายทรัพยากรทรัพยากรที่เคลื่อนที่แบบเลี้ยว 90 องศา และ 180 องศา.....	44
4.8 ค่าพิจารณาร่วมเปรียบเทียบการกระจายทรัพยากรทรัพยากรที่เคลื่อนที่แบบอิสระ มีการแจกแจงแบบสมมาตรในทุกทิศทาง (0-360 องศา).....	45
4.9 ค่าเฉลี่ยโหลดกราฟฟิกของแบบแผนการตัดสินใจทั้ง 4 แบบใน 3 กรณี.....	50
4.10 ร้อยละโหลดกราฟฟิกของแบบแผนการตัดสินใจทั้ง 4 แบบใน 3 กรณี.....	51
4.11 ค่าเฉลี่ยที่สถานะคงที่ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่.....	60
4.12 ค่าเฉลี่ยที่สถานะคงที่ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟ.....	61

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1	รัศมีครอบคลุมการทำงานในระบบเทคโนโลยีไร้สาย..... 9
2.2	ภาพแสดงอัตราการส่งข้อมูลในระบบเทคโนโลยีไร้สาย..... 11
2.3	การรองรับรูปแบบการเคลื่อนที่ของเทคโนโลยีไร้สาย..... 12
2.4	เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างเทคโนโลยี (Network Comparison)..... 15
2.5	การพิจารณาค่าคาดหวังทางเวลา..... 16
3.1	การพิจารณาตำแหน่งและความเร็วเทียบฐานสัญญาณ..... 19
3.2	ฟังก์ชันสามเหลี่ยม..... 22
3.3	ฟังก์ชันสมาชิกแบบพิจารณา 5 ฟังก์ชัน..... 23
3.4	แบบแผนการตัดสินใจที่นำเสนอ..... 26
4.1	โครงข่ายที่ใช้ในการจำลองแบบ..... 31
4.2	รูปแสดงตำแหน่งการแฮนด์ออฟประกอบตัวอย่างการตัดสินใจในกระบวนการ FQDA..... 32
4.3	เปรียบเทียบจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟกับวิธีดั้งเดิม 3 วิธี กรณีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง..... 34
4.4	เปรียบเทียบจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟกับวิธีดั้งเดิม 3 วิธีกรณีการ เคลื่อนที่แบบเลี้ยว 90 องศา และ 180 องศา..... 35
4.5	เปรียบเทียบจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟกับวิธีดั้งเดิม 3 วิธีกรณีการ เคลื่อนที่แบบอิสระมีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในทุกทิศทาง (0-360 องศา)..... 36
4.6	ภาพแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการแฮนด์ออฟเมื่อเปลี่ยนรูปแบบ การเคลื่อนที่แยกตามแบบแผนการตัดสินใจ..... 37
4.7	ภาพโครงข่ายแสดงตัวอย่างเปรียบเทียบผลการตัดสินใจ..... 40
4.8	เปรียบเทียบการกระจายทรัพยากรทวิภาคกรณีเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง..... 42
4.9	เปรียบเทียบการกระจายทรัพยากรทวิภาคกรณีเคลื่อนที่แบบ เลี้ยว 90 องศา และ 180 องศา..... 44
4.10	เปรียบเทียบการกระจายทรัพยากรทวิภาคกรณีเคลื่อนที่แบบอิสระมีการแจกแจงแบบ สม่ำเสมอในทุกทิศทาง (0-360 องศา)..... 45

รูปที่	หน้า	
4.11	เปรียบเทียบการกระจายทรัพยากรทั้งคืนในแต่ละ BS ย่อยกรณี เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง.....	46
4.12	เปรียบเทียบการกระจายทรัพยากรทั้งคืนในแต่ละ BS กรณีเคลื่อนที่แบบ เลี้ยว 90 องศา และ 180 องศา.....	47
4.13	เปรียบเทียบการกระจายทรัพยากรทั้งคืนในแต่ละ BS กรณีเคลื่อนที่แบบอิสระ มีการแจกแจงแบบสมมาตรในทิศทาง (0-360 องศา).....	48
4.14	ปริมาณโหลดกราฟฟิกรองรับได้ของระบบในแต่ละแบบแผน 3 รูปแบบ การเคลื่อนที่.....	50
4.15	ปริมาณโหลดกราฟฟิกรองรับได้ของระบบในแต่ละรูปแบบการเคลื่อนที่ 4 แบบแผนการตัดสินใจ.....	51
4.16	ร้อยละปริมาณกราฟฟิกรองรับได้ของระบบในแต่ละแบบแผน 3 รูปแบบ การเคลื่อนที่.....	52
4.17	ร้อยละปริมาณโหลดกราฟฟิกรองรับได้ของระบบในแต่ละรูปแบบการเคลื่อนที่ 4 แบบแผนการตัดสินใจ.....	52
4.18	เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่กับวิธีดั้งเดิม 3 วิธี กรณีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง.....	54
4.19	เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟกับวิธีดั้งเดิม 3 วิธี กรณีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง.....	55
4.20	เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่กับวิธีดั้งเดิม 3 วิธี กรณีการเคลื่อนที่แบบเลี้ยว 90 องศา และ 180 องศา.....	56
4.21	เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟกับวิธีดั้งเดิม 3 วิธี กรณีการเคลื่อนที่แบบเลี้ยว 90 องศา และ 180 องศา.....	57
4.22	เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่กับวิธีดั้งเดิม 3 วิธีกรณี การเคลื่อนที่แบบอิสระมีการแจกแจงแบบสมมาตรในทิศทาง (0-360 องศา).....	58
4.23	เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟกับวิธีดั้งเดิม 3 วิธีกรณี การเคลื่อนที่แบบอิสระมีการแจกแจงแบบสมมาตรในทิศทาง (0-360 องศา).....	59
4.24	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่สถานะคงที่ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่.....	60

รูปที่	หน้า	
4.25	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่สถานะคงที่ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟเมื่อเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่แยกตามแบบแผนการตัดสินใจ.....	61
4.26	เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่กับวิธีดั้งเดิม 3 วิธีกรณีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง.....	62
4.27	เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟกับวิธีดั้งเดิม 3 วิธีกรณีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง.....	62
4.28	เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่กับวิธีดั้งเดิม 3 วิธีกรณีการเคลื่อนที่แบบเลี้ยว 90 องศา และ 180 องศา.....	63
4.29	เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟกับวิธีดั้งเดิม 3 วิธีกรณีการเคลื่อนที่แบบเลี้ยว 90 องศา และ 180 องศา.....	63
4.30	เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่กับวิธีดั้งเดิม 3 วิธีกรณีการเคลื่อนที่แบบอิสระมีการแจกแจงแบบสมมาตรในทิศทาง (0-360 องศา).....	64
4.31	เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟกับวิธีดั้งเดิม 3 วิธีกรณีการเคลื่อนที่แบบอิสระมีการแจกแจงแบบสมมาตรในทิศทาง (0-360 องศา).....	64
4.32	ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่แบบแผนที่นำเสนอ.....	65
4.33	ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟแบบแผนที่นำเสนอ.....	65
4.34	ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่แบบแผน RSS-TH-FQB.....	66
4.35	ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟแบบแผน RSS-TH-FQB.....	66
4.36	ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่แบบแผน RSS-TH-RDB.....	67
4.37	ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟแบบแผน RSS-TH-FDB.....	67
4.38	ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่แบบแผน RSS-TH-RSS.....	68
4.39	ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟแบบแผน RSS-TH-RSS.....	68

บัญชีคำศัพท์

AHP	Analytic Hierarchy Process
ABW	Available Bandwidth
B_p	Blocking Probability
BS	Base Station
C	Cost of service
CBR	Constant Bit Rate
D_p	Dropping Probability
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
FNQD	Fuzzy logic based Normalized Quantitative Decision
FQDA	Fuzzy logic theory based Quantitative Decision Algorithm
GPA	GREY PREDICTION ALGORITHM
GPRS	General Packet Control Service
GPS	Global Positioning System
GRA	Grey Relational Analysis
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineer
LAN	Local Area Network
MS	Mobile Station
N_H	Number of Handoff
NRT-VBR	Non-Real-Time Variable Bit Rate
PIL	Percent of Individual Load
PMD	Proper Moment Decision
QoS	Quality of Service
RSS	Receive Signal Strength
RSS-TH-FQB	Rss-Threshold FQDA Based Selection
RSS-TH-RDB	Rss-Threshold Random Based Selection
RSS-TH-RSS	Rss-Threshold Rss Based Selection
RT	Residual Time

RT-VBR	Real-Time Variable Bit Rate
T_c	Carried Traffic
TRD	Trunk Resource Distribution
UBR	Unspecified Bit Rate
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WECA	Wireless Ethernet Compatibility Alliance
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless LAN



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันการติดต่อสื่อสารถือเป็นส่วนสำคัญของการดำเนินชีวิตประจำวัน ซึ่งถือได้ว่าเป็นปัจจัยที่ทำให้ในยุคปัจจุบัน การใช้งานของโทรศัพท์มือถือได้มีการพัฒนารูปแบบให้มีความสามารถที่สูงขึ้นให้ตอบรับการใช้งานของผู้ใช้ได้อย่างหลากหลายรูปแบบ ผู้ให้บริการที่มากขึ้นทำให้มีการขยายตัวของผู้ใช้บริการ รวมทั้งการพัฒนาเทคโนโลยีทางการติดต่อสื่อสาร ให้ตอบรับความต้องการอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมุ่งเน้นที่ความเร็ว ความถูกต้อง ราคา และคุณภาพการให้บริการ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีเพื่อตอบรับความต้องการของผู้ใช้บริการให้มีประสิทธิภาพที่มากขึ้น โดยเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา แนวทางของวิทยานิพนธ์ วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ ขั้นตอนการดำเนินงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และประมวลวิทยานิพนธ์

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เทคโนโลยีสื่อสารไร้สายในยุคปัจจุบันมีความหลากหลายมากขึ้น อาทิ Cellular IEEE 802.11 (Wi-Fi) Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) และ WiMAX (เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้ล้วนได้มีการพัฒนาในด้านต่าง ๆ เพื่อให้สามารถรองรับการใช้งานร่วมกันระหว่างเทคโนโลยี โดยมุ่งเน้นที่การใช้งานของผู้ใช้อย่างต่อเนื่องดังนี้

1. พัฒนาการใช้งานร่วมกันโดยสามารถเปลี่ยนข้ามเทคโนโลยีขณะติดต่อสื่อสาร หรือการถ่ายโอนข้อมูล ทั้งนี้อาจเกิดจากกรณีที่ผู้ใช้มีการเคลื่อนที่ออกนอกโครงข่ายสัญญาณของเทคโนโลยีเดิม ทำให้มีการเปลี่ยนข้ามเทคโนโลยีในการติดต่อสื่อสารไปยังตัวที่มีสัญญาณครอบคลุมบริเวณนั้นแทน
2. พัฒนาอุปกรณ์ติดต่อสื่อสารไร้สาย ให้มีความสามารถในการใช้งานที่สูงขึ้นอีกทั้งรูปลักษณะที่ทันสมัย มีการติดตั้งตัวรับสัญญาณเพื่อให้สามารถรองรับการทำงานและเทคโนโลยีที่หลากหลาย และมีการเพิ่มหน้าที่ใช้งานของอุปกรณ์ เพื่อรองรับบริการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น
3. พัฒนาในส่วนของการบริการต่าง ๆ ในแต่ละเทคโนโลยี เพื่อเพิ่มความสะดวกหลากหลาย ขึ้นกับสถานะ และความพึงพอใจของผู้ใช้ว่าสามารถติดต่อสื่อสารด้วยเทคโนโลยีใดในขณะนั้น อาทิ GPS (Global Positioning System) GPRS (General Packet Control Service) EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) หรือ Video call เป็นต้น

จากการพัฒนาข้างต้นส่งผลให้มีการใช้งานเทคโนโลยีไร้สายอย่างแพร่หลายจนกลายเป็นรูปแบบติดต่อสื่อสารหลักในยุคปัจจุบันและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้คุณภาพการใช้งานของเทคโนโลยีอยู่ในระดับที่ผู้ใช้งานยอมรับและพึงพอใจ เพื่อรองรับการใช้งานของผู้ใช้อย่างต่อเนื่อง ในทุกที่ ทุกเวลา หนึ่งในแนวทางการพัฒนาการใช้งานคือ การเปลี่ยนข้ามเทคโนโลยีหรือฐานส่งสัญญาณขณะสื่อสาร (Handoff) ซึ่งมักเกิดขึ้นขณะผู้ใช้งานเคลื่อนที่

แฮนด์ออฟสามารถจำแนกได้ 2 ประเภทคือ

1. Horizontal Handoff คือการเปลี่ยนตัวกระจายสัญญาณของอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย เมื่อผู้ใช้เคลื่อนที่ออกนอกบริเวณกระจายสัญญาณ เข้าสู่เขตกระจายสัญญาณของอีกตัว ในเทคโนโลยีเดียวกัน เช่น การเปลี่ยน Access Point ของระบบ WiFi หรือ การเปลี่ยน Base Station ของ WiMax

2. Vertical Handoff คือการเปลี่ยนระบบของอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย เมื่อผู้ใช้เคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณกระจายสัญญาณของเทคโนโลยีอื่น อาทิการที่ผู้ใช้เปลี่ยนการใช้งาน จากเทคโนโลยี UMTS มาเป็น WiMax

Vertical Handoff ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 3 ขั้นตอนดังนี้ [1],[2]

1. System Discovery คือการค้นหาระบบที่รองรับการใช้งานในขณะนั้น
2. Vertical Handoff Decision คือการเปรียบเทียบระบบที่รองรับการใช้งานในขณะนั้น ว่าควรแฮนด์ออฟไปยังระบบใด
3. Vertical Handoff Execution คือการเปลี่ยนแปลงการถ่ายเทข้อมูลจากสัญญาณฐานเดิม ไปยังสัญญาณฐานใหม่

การแฮนด์ออฟจะเกิดขึ้นหรือไม่ขึ้นขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน ซึ่งการตัดสินใจว่าจะใช้เทคโนโลยีใด (Vertical Handoff Decision) มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง และมีผู้ให้ความสนใจในการเสนอแนวทางการตัดสินใจที่หลากหลาย โดยสามารถแบ่งแยกได้ 4 แนวทางดังนี้

1. พิจารณาจากความแรงของสัญญาณ (Receive Signal Strength) ประกอบกับค่าตัวแปรอื่นเพิ่มเติม ซึ่งสามารถแบ่งย่อยได้อีก 4 แบบ [3][4]

1.1 Relative RSS พิจารณาจากค่าความแรงสัญญาณ โดยจะทำการแฮนด์ออฟเมื่อความแรงของสัญญาณที่ได้รับจากตัวกระจายสัญญาณปัจจุบันมีค่าต่ำกว่าตัวกระจายสัญญาณข้างเคียง ซึ่งหากในกรณีที่ความแรงของสัญญาณของตัวกระจายสัญญาณทั้ง 2 มีค่าต่ำกว่าค่าที่สามารถติดต่อสื่อสารได้จริง การแฮนด์

ออฟก็ยังเกิดขึ้น และนอกจากนี้ Relative RSS ไม่สามารถนำมาใช้ได้จริงในเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายหลายระบบที่ความแรงของสัญญาณไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ (การแบ่งระดับความแรงสัญญาณที่แตกต่างกัน)

1.2 Relative RSS with Threshold เพิ่มเติมจากกรณีแรก มีการพิจารณาค่าขั้นต่ำของความแรงของสัญญาณที่สามารถทำการสื่อสารได้ เพื่อลดปัญหาการแฮนด์ออฟสัญญาณที่ไม่สามารถทำการสื่อสารได้ อย่างไรก็ตามยังคงมีปัญหาคาแฮนด์ออฟสลับไปมาระหว่างตัวกระจายสัญญาณ (Ping-Pong Effect) ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากความแปรปรวนของความแรงสัญญาณ

1.3 Relative RSS with Hysteresis มีการกำหนดช่วงความต่างของระดับความแรงสัญญาณขึ้นมาค่าหนึ่งเพื่อลดผลกระทบของ Ping-Pong Effect แต่จะทำให้เกิดช่วงเวลาขณะที่รอพิจารณาผลต่างตามช่วงที่กำหนด ส่งผลให้เกิด handoff failure จากการที่ผู้ใช้เคลื่อนที่ออกนอกบริเวณกระจายสัญญาณก่อนการแฮนด์ออฟเสร็จสมบูรณ์

1.4 Relative RSS with Threshold and Hysteresis เป็นการรวมวิธีการ 2 แบบข้างต้นเข้าด้วยกัน โดยแฮนด์ออฟจะเกิดขึ้นเมื่อระดับความแรงสัญญาณของตัวกระจายสัญญาณข้างเคียงสูงกว่าตัวกระจายสัญญาณปัจจุบันตามช่วงที่กำหนดให้และระดับความแรงสัญญาณของตัวกระจายสัญญาณปัจจุบันมีค่าต่ำกว่าค่าขั้นต่ำที่ทำนายล่วงหน้าไว้

1.5 Dwell timer พิจารณาเพิ่มจากกรณีข้างต้นโดยต้องสอดคล้องกับกรณีข้างต้นตามระยะเวลาที่กำหนด

2. พิจารณาสร้างเป็นความสัมพันธ์ต้นทุนของตัวแปร (Cost Function) โดยนำค่าตัวแปรต่าง ๆ ของระบบ อาทิ ช่องสัญญาณที่สามารถรองรับได้ (Available bandwidth) พลังงานที่ต้องใช้ในการส่งข้อมูล (Power Consumption) มาพิจารณาร่วมกันเป็นความสัมพันธ์ แล้วทำการเลือกระบบที่ให้ค่าต้นทุนที่ต่ำที่สุดซึ่ง [5][6] ได้เสนอแนวทางการแฮนด์ออฟโดยพิจารณาจากความสัมพันธ์คุณภาพของบริการ (QoS) และค่าต้นทุนการแฮนด์ออฟ (Cost function) ระหว่าง WiMAX และ UMTS แต่กลับพบว่าจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟมีค่าสูง นั้นหมายถึงมีการแฮนด์ออฟที่ไม่จำเป็นเกิดขึ้นซึ่งจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟที่สูงนำไปสู่ Handoff failure rate ที่สูง
3. พิจารณาเทคนิคคำนวณความสัมพันธ์ผ่านกระบวนการประมวลผล โดยต้องอาศัยคอมพิวเตอร์มาเป็นเครื่องมือในการคำนวณ อาทิ Neural Networks หรือ Fuzzy

Logic [7] ได้มีทำการวัดค่าตัวแปรแล้วทำการแปลงเป็นค่า fuzzy เพื่อใช้ในการตัดสินใจการแฮนด์ออฟ แบบแผนการตัดสินใจในการแฮนด์ออฟโดยอาศัย เทคนิค Fuzzy logic ร่วมกับ Neural networks หรือที่เรียกว่า Neuro Fuzzy ให้ผลการตัดสินใจที่เชื่อถือได้ สำหรับข้อเสียของระบบ Neuro Fuzzy ก็คือ ไม่มีกระบวนการเรียนรู้ในการปรับแต่งโครงสร้างของกฎและตัวแปรต่าง ๆ ในตัวระบบเอง โครงสร้างของระบบจะถูกกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญ ทำให้ผลที่ได้คงตัวขาดการเรียนรู้ข้อมูลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบ อีกทั้งยังมีความซับซ้อนอีกด้วย

4. พิจารณาจากค่าปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบร่วมกันหลายค่าและมีการนำวิธีการทางคณิตศาสตร์มาใช้ร่วมกันเพื่อช่วยในการตัดสินใจ อาทิ Analytic Hierarchy Process (AHP) และ Grey Relational Analysis (GRA) ใน [8] มีการใช้ differential prediction algorithm และ Fuzzy logic based Normalized Quantitative Decision (FNQD) โดยที่ differential prediction algorithm จะทำการพิจารณาค่าความแรงของสัญญาณคาดหมาย เพื่อใช้ในการตัดสินใจที่เหมาะสมในการแฮนด์ออฟ แล้วใช้ FNQD ในการเปรียบเทียบและเลือกสัญญาณฐานปลายทางที่เหมาะสม ข้อดีคือ differential prediction algorithm ช่วยลดปัญหาปรากฏ Ping-Pong effect ส่วน FNQD ช่วยลดปริมาณหน่วยความจำที่ต้องใช้สำหรับ rule base และเวลาที่ใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลกับ rule base แต่ข้อจำกัดของ differential prediction algorithm คือยังขาดความแม่นยำเมื่อพิจารณาในสถานะของ fast fading และค่าจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟ และ handoff failure rate ยังคงสูงอยู่ใน [9] มีการใช้ GREY PREDICTION ALGORITHM (GPA) ร่วมกับ Fuzzy logic theory based Quantitative มาทำนายค่าความแรงของสัญญาณ (Predictive RSS) แล้วทำการเปรียบเทียบกับค่าเกณฑ์พิจารณาขั้นต่ำ เพื่อช่วยลดค่า call-dropping probability ข้อได้เปรียบของแบบแผนนี้คล้ายกับข้างต้นที่กล่าวมาใน [8] ส่วนเพิ่มเติมคือ GPA สามารถคำนวณค่าความแรงสัญญาณล่วงหน้าโดยพิจารณาจากจำนวนข้อมูลเพียงบางส่วน โดยให้ผลการทำนายที่ยอมรับได้แม้มีการรบกวนจาก random noise แต่ค่าของจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟ และ Handoff failure rate ก็ยังคงสูงอยู่เช่นกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1. เสนอแบบแผนการตัดสินใจการแฮนด์ออฟแนวตั้งภายในโครงข่ายสื่อสารเคลื่อนที่แบบวิวิธพันธุ์เพื่อรองรับความต่อเนื่องในการติดต่อสื่อสาร โดยพิจารณาขณะมีพื้นที่ทับซ้อนของสัญญาณ (Overlaid area)

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1. พิจารณาโครงข่ายสื่อสารเคลื่อนที่แบบวิวิธพันธุ์ ระหว่าง WiMax UMTS และ WLAN
2. พิจารณาแบบแผนการตัดสินใจในการแฮนด์ออฟแนวตั้งที่มีการนำเสนอ เพื่อทำการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสีย
3. ออกแบบเลือกเทคนิคที่จะนำมาใช้ในแบบแผนการตัดสินใจที่จะนำเสนอ พร้อมทั้งให้เหตุผลการนำมาใช้
4. ประเมินสมรรถนะของระบบ และเปรียบเทียบแบบแผนการตัดสินใจที่นำเสนอกับแนววิธีอื่นที่ทำการศึกษา

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการ

1. ศึกษาแบบแผนการตัดสินใจเลือกโครงข่ายและแฮนด์ออฟระหว่างโครงข่ายสื่อสารเคลื่อนที่แบบต่างๆ
2. พิจารณาข้อบกพร่องของแบบแผนการตัดสินใจที่ศึกษาเพื่อมาทำการเสนอแนวทางปรับปรุงและออกแบบแบบแผนการตัดสินใจเลือกโครงข่ายและแฮนด์ออฟระหว่างโครงข่ายสื่อสารเคลื่อนที่
3. ศึกษาเทคนิคที่ใช้ในการคาดการณ์ทำนายการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ และเทคนิค FQDA เพื่อใช้ในแบบแผนการตัดสินใจที่นำเสนอ
4. ศึกษาและเขียนโปรแกรมเพื่อทำการจำลองสถานการณ์ การตัดสินใจให้แฮนด์ออฟแล้วนำผลที่ได้มาประเมินสมรรถนะ
5. เปรียบเทียบสมรรถนะของ แบบแผนการตัดสินใจแฮนด์ออฟกับวิธีที่ได้มีการนำเสนอมาก่อนหน้า
6. สรุป วิเคราะห์ เผยแพร่ผลการวิจัยในที่ประชุมวิชาการหรือวารสารทางวิชาการ และจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. องค์ความรู้ในการประเมินสมรรถนะ แบบจำลองการตัดสินใจการแฮนด์ออฟแนวตั้งภายในโครงข่ายสื่อสารเคลื่อนที่แบบบิวริวิธพันธุ์

1.6 ประมวลวิทยานิพนธ์

บทที่ 1 บทนำ: กล่าวถึงงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจการแฮนด์ออฟแนวตั้งภายในโครงข่ายสื่อสารเคลื่อนที่แบบบิวริวิธพันธุ์ รวมทั้งปัญหาที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยในอดีต

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี: กล่าวถึงแนวคิดพื้นฐานที่นำมาใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ประกอบด้วยโครงข่ายไร้สาย WiMax UMTS และ WLAN รวมทั้งค่าพารามิเตอร์ที่นำมาพิจารณาในการตัดสินใจของงานวิจัยที่ทำการเสนอ

บทที่ 3 แบบจำลองการตัดสินใจการแฮนด์ออฟแนวตั้งภายในโครงข่ายสื่อสารเคลื่อนที่แบบบิวริวิธพันธุ์: ช่วงค่าพารามิเตอร์ที่ทำการพิจารณา รายละเอียดของเทคนิคที่ใช้ในแบบจำลอง รวมทั้งค่าสมรรถนะที่จะนำมาพิจารณาเพื่อทำการเปรียบเทียบกับงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 4 ผลการทดสอบ: แสดงผลการทดสอบประเมินสมรรถนะของแบบจำลองที่นำเสนอและแบบจำลองของงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ: สรุปงานวิจัยทั้งหมดในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้และเสนอแนวทางในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา แม้ระบบโครงข่ายสื่อสารไร้สายจะมีวิวัฒนาการอย่างรวดเร็วก็ตาม แต่ยังคงไม่ได้ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในเรื่องของการติดต่อสื่อสารที่ต่อเนื่องและการเลือกใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งาน ดังนั้นหากมีการเสนอแบบแผนการตัดสินใจของผู้ใช้งานขณะมีการเคลื่อนที่ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีขณะใช้งานให้เหมาะสมกับตน ทั้งยังรองรับการติดต่อสื่อสารได้อย่างต่อเนื่องในระดับคุณภาพที่สามารถยอมรับได้

2.1 คุณสมบัติเทคโนโลยี

เทคโนโลยีที่แบบแผนการตัดสินใจทำการพิจารณาเปรียบเทียบในที่นี้ ประกอบด้วย 3 เทคโนโลยี คือ WiMax 3G และ Wi-fi ซึ่งทั้ง 3 เทคโนโลยีล้วนมีมาตรฐานและคุณสมบัติต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน ซึ่งการพิจารณาถึงคุณสมบัติ และความสามารถเหล่านั้นในแต่ละเทคโนโลยี จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้ใช้งานเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับตนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.1. เทคโนโลยี 3G

เทคโนโลยี 3G เป็นเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จากยุค 2G สู่ยุค 2.5G เช่น GSM หรือ CDMA และมีการกำหนดมาตรฐานใหม่ ๆ ที่สามารถรองรับการสื่อสารข้อมูลที่มีอัตราเร็วสูงขึ้น และขีดความสามารถที่เพิ่มขึ้นเพื่อให้ระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นกลายเป็นเครือข่ายสื่อสารมัลติมีเดียแบบไร้สาย ในยุคที่ 3 (Third Generation Mobile หรือ 3G) อัตราความเร็วในการส่งข้อมูล (Transmission rate) ในมาตรฐาน IMT-2000 นั้นได้มีการกำหนดค่าอัตราความเร็วดังนี้

ในสภาวะอยู่กับที่หรือขณะเดิน มีความเร็วอย่างน้อยที่สุด 2 เมกะบิต/วินาที ในสภาวะเคลื่อนที่โดยยานพาหนะ มีความเร็วอย่างน้อยที่สุด 384 กิโลบิต/วินาที ในทุกสภาวะมีความเร็วอย่างมากที่สุด 14.4 เมกะบิต/วินาที มาตรฐาน UMTS (Universal Mobile Telecommunications Services) เป็นมาตรฐานที่ออกแบบมาสำหรับผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ รับผิดชอบการพัฒนามาตรฐานโดยองค์กร 3GPP มีเทคโนโลยีหลักที่ปัจจุบันมีการยอมรับใช้งานทั่วโลกคือมาตรฐาน Wideband Code Division Multiple Access (W-CDMA) มาตรฐาน HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) ซึ่งรองรับการสื่อสารด้วยอัตราเร็วสูงถึง 14 เมกะบิตต่อวินาที

2.1.2. เทคโนโลยี Wi-Fi (Wireless Fidelity)

เทคโนโลยี Wi-Fi เป็นพัฒนาการของเครือข่าย LAN ผู้การสื่อสารไร้สาย ซึ่งอยู่บนมาตรฐาน IEEE 802.11 โดยมี IEEE ซึ่งเป็นองค์กรในสหรัฐอเมริกา (Institute of Electrical and Electronics Engineer) ทำหน้าที่ออกแบบและวางข้อกำหนดทางวิศวกรรมไฟฟ้า เทคโนโลยี Wi-Fi จัดว่าเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีประเภท WLAN (Wireless LAN) ที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวางในลักษณะเครือข่ายเฉพาะพื้นที่ (LAN หรือ Local Area Network)

เทคโนโลยี Wi-Fi มีการพัฒนาภายใต้การกำกับดูแลของ WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) เริ่มจากข้อกำหนดมาตรฐาน IEEE 802.11 ซึ่งถูกกำหนดให้ใช้คลื่นวิทยุความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ เป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารกับจุดเชื่อมต่อ (AP หรือ Access Point) ต่อมาได้มีการกำหนดให้มาตรฐาน IEEE 802.11a (อัตราเร็ว 54 เมกะบิตต่อวินาที) และ IEEE 802.11b (อัตราเร็ว 11 เมกะบิตต่อวินาที) ซึ่งใช้งานคลื่นวิทยุความถี่ 5 กิกะเฮิรตซ์ และ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ตามลำดับ เป็นมาตรฐานสากลสำหรับใช้งาน และได้มีการพัฒนามาตรฐาน Wi-Fi ต่อเนื่องไปเป็น IEEE 802.11g (อัตราเร็ว 54 เมกะบิตต่อวินาที) ในปัจจุบันการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายแบบ Wi-Fi ทั้งสองความถี่สามารถทำได้ด้วยอัตราเร็วสูงสุดถึง 54 เมกะบิตต่อวินาที เทียบเท่ากัน

2.1.3. เทคโนโลยี WiMAX

เทคโนโลยี WiMAX เป็นเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายแบบบรอดแบนด์ที่รองรับการสื่อสารในระยะทางไกลๆ ตามมาตรฐาน IEEE 802.16a/d สำหรับแบบประจำที่ และ IEEE 802.16e สำหรับขณะเคลื่อนที่ ออกแบบขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการใช้งานสื่อสารข้อมูลปริมาณสูงผ่านความถี่คลื่นวิทยุ พร้อมทั้งแก้ไขข้อจำกัดที่มีอยู่ในเครือข่ายเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

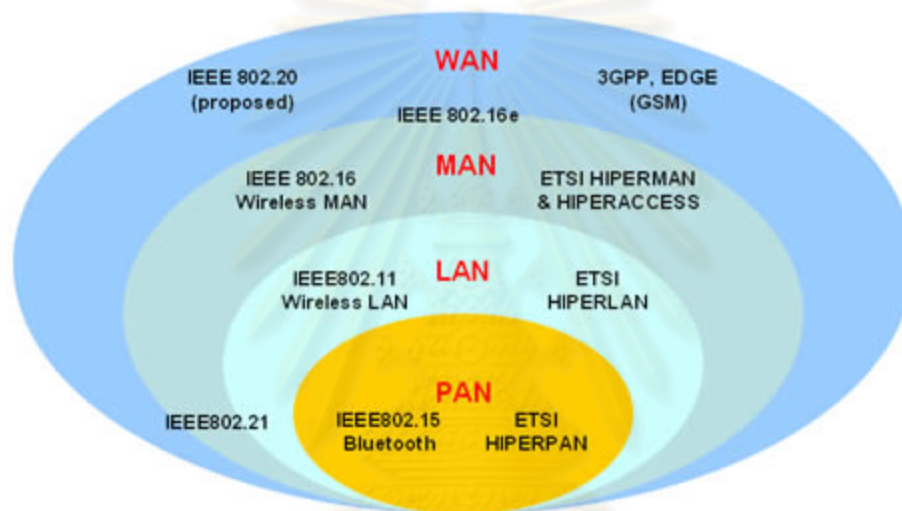
IEEE 802.16a เป็นมาตรฐานที่แก้ไขปรับปรุงจาก IEEE 802.16 เดิมมีคุณสมบัติในการรองรับการทำงานแบบที่ไม่อยู่ในระดับสายตา (NLoS - Non - Line - of -Sight) ทั้งยังมีคุณสมบัติการทำงานเมื่อมีสิ่งกีดขวาง นอกจากนี้ก็ยังช่วยให้สามารถขยายระบบเครือข่ายเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไร้สายให้กว้างขึ้นด้วยรัศมีทำการประมาณ 4.8 กิโลเมตร และมีอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงสุดถึง 75 เมกะบิตต่อ วินาที (M b p s)

IEEE 802.16e เป็นมาตรฐานที่ออกแบบมาให้สนับสนุนการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์พกพาประเภทต่างๆ โดยให้รัศมีทำงานที่ 1.6 - 4.8 กิโลเมตร ภายใต้คุณภาพในการสื่อสารที่ดีและมีเสถียรภาพขณะใช้งานแม้ว่ามีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา

2.2 ข้อเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย

เทคโนโลยีแต่ละชนิดย่อมมีคุณสมบัติที่เป็นทั้งข้อเด่นและข้อด้อยในแต่ละเทคโนโลยี ซึ่งหากเราพิจารณาในมุมต่าง ๆ แล้วย่อมจะทำให้เราสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับบริการและความต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยคุณสมบัติที่เรานำมาพิจารณาคว่าว ๆ ได้แก่ รัศมีครอบคลุมการทำงาน (Coverage Area), อัตราการส่งข้อมูล (Data Rate) นอกจากนี้ยังมี คุณภาพการบริการ (QoS), รูปแบบรองรับการเคลื่อนที่ (Mobility Type) และ ค่าบริการ (Monetary Cost) ซึ่งเราได้ทำการสรุปคุณสมบัติและเปรียบเทียบไว้ดังนี้

2.2.1 รัศมีครอบคลุมการทำงาน (Coverage Area)



รูปที่ 2.1 รัศมีครอบคลุมการทำงานในระบบเทคโนโลยีไร้สาย

จากรูปที่ 2.1 เราสามารถจำแนกเทคโนโลยีโดยคร่าว ๆ ได้ 2 กลุ่มคือกลุ่มที่มีรัศมีครอบคลุมการทำงานที่สั้น (micro cell) อาทิ PAN, WLAN เป็นต้น ส่วนอีกกลุ่มคือกลุ่มที่มีรัศมีครอบคลุมการทำงานที่กว้าง (macro cell) อาทิ WiMAX, UMTS เป็นต้น ซึ่งกลุ่มที่มีรัศมีครอบคลุมการทำงานที่สั้น จะเหมาะกับผู้ใช้แบบประจำที่เพราะหากผู้ใช้ที่มีลักษณะการเคลื่อนที่ จะเกิดการแฮนด์ออฟ ค่อนข้างบ่อย และมีโอกาสเกิด Handoff failure ซึ่งเราได้ทำการสรุปค่ารัศมีครอบคลุมการทำงานของเทคโนโลยีดังตารางที่ 2.1

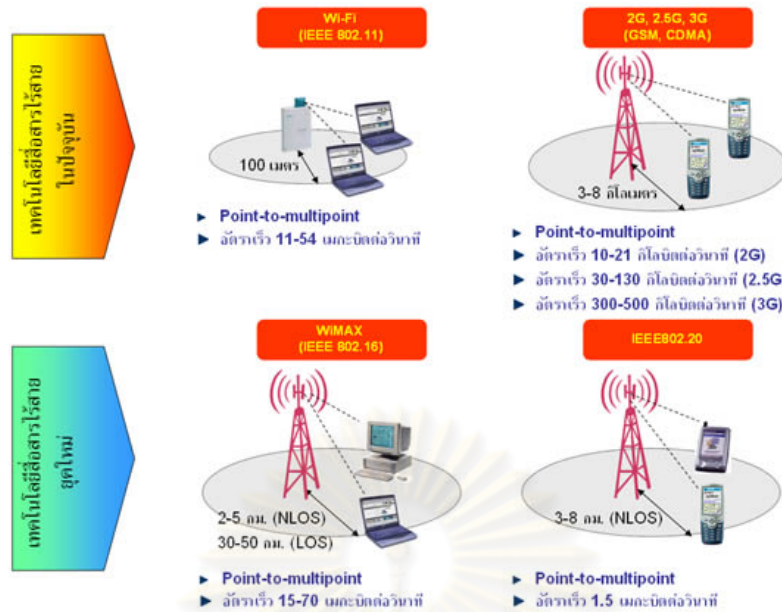
ตารางที่ 2.1 ค่าเปรียบเทียบบรีคมีครอบคลุมการทำงานระหว่างเทคโนโลยี

เทคโนโลยี	มาตรฐาน	เครือข่าย	ระยะทาง
Wi-Fi	IEEE 802.11a	WLAN	100 เมตร
Wi-Fi	IEEE 802.11b	WLAN	100 เมตร
Wi-Fi	IEEE 802.11g	WLAN	100 เมตร
WiMAX	IEEE 802.16d	WMAN	ปกติ 6.4 – 10 กิโลเมตร
WiMAX	IEEE 802.16e	Mobile WMAN	ปกติ 1.6 – 5 กิโลเมตร
WCDMA/UMTS	3G	WWAN	ปกติ 1.6 – 8 กิโลเมตร
CDMA2000 1x EV-DO	3G	WWAN	ปกติ 1.6 – 8 กิโลเมตร

2.2.2 อัตราการส่งข้อมูล (Data Rate)

การพิจารณาเลือกใช้เทคโนโลยีที่มีอัตราเร็วสูงหรือต่ำนั้น ขึ้นกับผู้ใช้งานกำลังใช้งานบริการประเภทใด โดยเราสามารถสรุปประเภทของบริการในปัจจุบันได้ดังนี้

1. Constant Bit Rate (CBR) เป็นอัตราเร็วการส่งคงที่และมีอัตราบิตที่มีความต่อเนื่องใช้ในการประชุมทางวิดีโอ (Videoconferencing) , การสนทนาทางโทรศัพท์ (telephony) เป็นต้น
2. Real-Time Variable Bit Rate (RT-VBR) ผู้ใช้สามารถส่งข้อมูลที่มีอัตราความเร็วที่แตกต่างกันที่เวลาต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับการใช้งานของข้อมูลผู้ที่จะใช้ ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ถูกออกแบบมาสำหรับการทำงานที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงทางความหน่วง เช่นการตรวจจับการมีข้อมูลเสียงในวงจรสื่อสาร และส่งสัญญาณภาพ
3. Non-Real-Time Variable Bit Rate (NRT-VBR) มีลักษณะเหมือน (RT-VBR) คือผู้ใช้สามารถส่งข้อมูลที่มีอัตราความเร็วที่แตกต่างกันที่เวลาต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับการใช้งานของข้อมูลผู้ที่จะใช้ แต่ไม่ได้ออกแบบมาสำหรับการทำงานที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงความหน่วง ใช้งาน มัลติมีเดีย และจดหมายอิเล็กทรอนิกส์
4. Unspecified Bit Rate (UBR) บริการนี้จะไม่มีการระบุอัตราความเร็วในการส่งแต่จะใช้ทรัพยากรที่เหลือจากบริการอื่นที่กล่าวมาได้เท่านั้นตัวอย่างการ ใช้งาน การส่งข้อความ (messaging)



รูปที่ 2.2 ภาพแสดงอัตราการส่งข้อมูลในระบบเทคโนโลยีไร้สาย

จากรูปที่ 2.2 เราสามารถทราบได้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีครอบคลุมการทำงานกับอัตราการส่งข้อมูล จะเห็นว่า WLAN สามารถให้ค่าอัตราการส่งที่สูง ภายใต้รัศมีการทำงานในระยะสั้น ทำให้รองรับผู้ใช้บริการภายในระบบได้อย่างจำกัด ซึ่งเป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่าเราจะเข้าใจคุณลักษณะของระบบได้มากขึ้น หากพิจารณาคูณสมบัติต่าง ๆ ของเทคโนโลยีร่วมกัน โดยเราได้ทำการเปรียบเทียบค่าอัตราการส่งข้อมูลของเทคโนโลยีต่าง ๆ ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าเปรียบเทียบอัตราการส่งข้อมูลระหว่างเทคโนโลยี

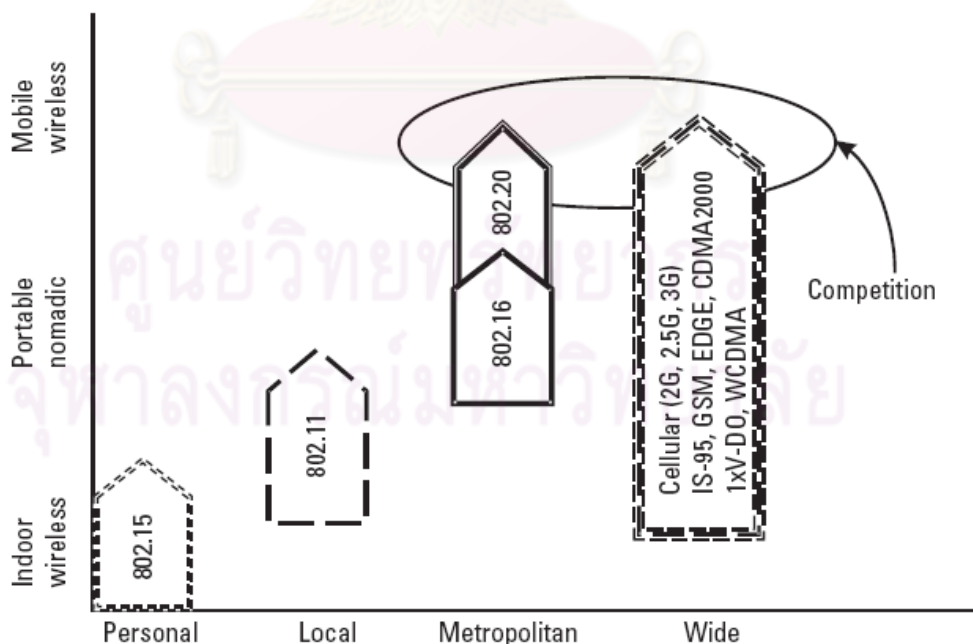
เทคโนโลยี	มาตรฐาน	เครือข่าย	อัตราความเร็ว
Wi-Fi	IEEE 802.11a	WLAN	สูงสุด 54Mbps
Wi-Fi	IEEE 802.11b	WLAN	สูงสุด 11Mbps
Wi-Fi	IEEE 802.11g	WLAN	สูงสุด 54Mbps
WiMAX	IEEE 802.16d	WMAN	สูงสุด 75Mbps (20MHz BW)
WiMAX	IEEE 802.16e	Mobile WMAN	สูงสุด 30Mbps (10MHz BW)
WCDMA/UMTS	3G	WWAN	สูงสุด 2Mbps/10Mbps (HSDPA)
CDMA2000 1x EV-DO	3G	WWAN	สูงสุด 2.4Mbps

2.2.3 ค่าบริการ (Monetary Cost)

สำหรับ WLAN ในขณะปัจจุบันมีการสร้างเครือข่ายที่รองรับได้อย่างกว้างขวาง ในอัตราค่าบริการที่ไม่สูงมากนัก เหมาะกับผู้ใช้แบบประจำที่ ส่วน WiMAX ค่าบริการอยู่ระดับที่สูงขึ้นมาอีกในระดับหนึ่ง เนื่องจากต้องทำการสร้างเครือข่ายใหม่แต่โครงสร้างการเชื่อมต่อที่ไม่ซับซ้อน ประกอบกับบริษัทมีครอบคลุมการทำงานที่กว้าง มีการจัดการโครงข่ายบนพื้นฐานของเครือข่าย IP ซึ่งง่ายกว่าต่อการจัดการส่งผลให้มีต้นทุนในการลงทุนสร้างเครือข่าย ไม่สูงมากนักทำให้อัตราค่าบริการอยู่ในระดับไม่สูง เมื่อเทียบกับระบบ 3G ที่ต้องลงทุนสูงกว่าในการเชื่อมต่อเครือข่ายเนื่องจากความซับซ้อนของระบบแต่ข้อได้เปรียบของระบบ 3G คือความสามารถในการรองรับผู้ใช้งานขณะเคลื่อนที่ได้เป็นอย่างดี

2.2.4 รูปแบบรองรับการเคลื่อนที่ (Mobility type)

การพิจารณาเลือกเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมกับรูปแบบการเคลื่อนที่จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถได้รับบริการอย่างมีประสิทธิภาพภายในค่าใช้จ่ายที่ไม่สูงเกินไปนัก เพราะระบบที่รองรับการเคลื่อนที่แบบเต็มรูปแบบมักจะมีราคาสูงกว่าระบบที่รองรับการเคลื่อนที่ในระดับความเร็วที่ต่ำ ความสามารถของเทคโนโลยีในการรองรับรูปแบบการเคลื่อนที่ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ระดับ รองรับการเคลื่อนที่ในความเร็ว ระดับต่ำ ระดับกลาง และระดับสูง ในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การรองรับรูปแบบการเคลื่อนที่ของเทคโนโลยีไร้สาย

2.2.5 คุณภาพการบริการ (Quality of services)

คุณภาพการบริการ (QoS) เป็นมาตราที่ใช้ในการวัดการรับส่งข้อมูล ซึ่งแสดงถึงระดับความสามารถในการให้บริการของระบบ โดยสามารถพิจารณาได้จาก การพิจารณา ค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการเข้าใช้งานได้ (Availability) คือความสามารถในการให้บริการรองรับการใช้งานของระบบ
2. ช่องสัญญาณที่ส่งได้ (Throughput) ค่าอัตราการรับส่งข้อมูลโดยเราสามารถวัดค่าดังกล่าวได้จาก ค่ารับประกันช่องสัญญาณน้อยที่สุดที่จะต้องส่งได้ (minimum throughput guarantee)
3. ค่าแพ็กเก็ตสูญหาย (Packet loss) คือค่าแสดงการสูญหายของข้อมูลระหว่างการรับส่งข้อมูล โดยเมื่อมีการสูญหายไปก็ต้องมีการส่งข้อมูลใหม่ ทำให้ปริมาณของข้อมูลยิ่งเพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อโอกาสที่จะมีการสูญหายของข้อมูลมากขึ้นด้วย
4. ค่าประวิงเวลา (Latency) หรือ (Delay) ค่าประวิงเวลาเป็นค่าเวลาที่เกิดจากการเดินทางของข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง ค่าประวิงเวลาจะขึ้นกับวิธีการและเทคโนโลยี รวมถึงสูญเสียเวลาจากการหน่วงในอุปกรณ์เราเตอร์และสวิตซ์ด้วย
5. เวลาจิตเตอร์ (Jitter) คือค่าความต่างของค่าประวิงเวลาของส่วนต่างๆของข้อมูลที่ต่างกัน ซึ่งก็จะส่งผลต่อการรับข้อมูล เช่น การรอคอยข้อมูลให้ครบเพื่อที่จะประกอบเข้าด้วยกัน

จากค่าพารามิเตอร์ที่ได้กล่าวมานั้น ในบริการแต่ละชนิดก็จะมีความต้องการจากเครือข่ายที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.3

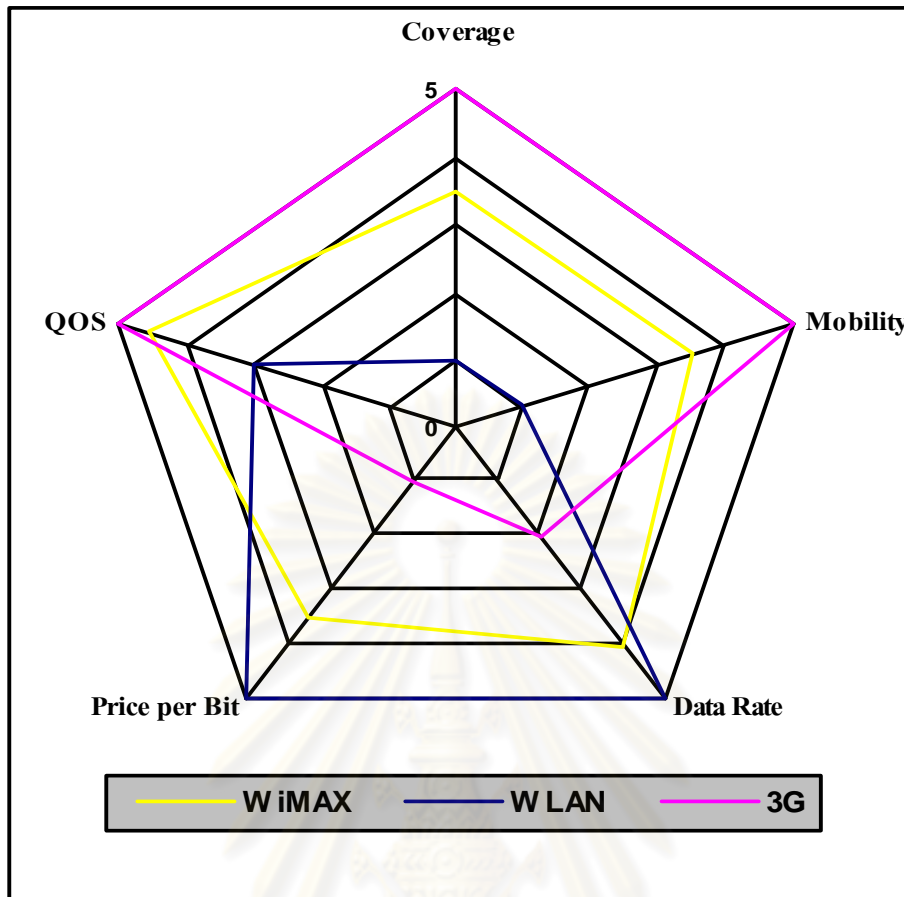
ศูนย์วิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงความต้องการของเครือข่ายในแต่ละบริการ

Parameter	Voice	Streaming Media	Data	Video
Data Rate	4-64 kbps	5-384 kbps	0.01-100 Mbps	>1 Mbps
Example applications	VoIP	Music, speech	Web browsing, e-mail, IM, telnet	IPTV
Traffic Flow	Real-time continuous	Continuous, bursty	Non-realtime, bursty	Continuous
Packet loss	<1%	<1% for audio, <2% for video	Zero	<10 ⁻⁸
Delay variation	< 20ms	< 2 sec	Not applicable	< 2 sec
Delay	< 100 ms	< 250 ms	Flexible	< 100 ms

จากข้อเปรียบเทียบข้างต้นเราได้ทำการสรุปเปรียบเทียบเทคโนโลยีทั้ง 3 ที่เราให้ความสนใจเป็นแผนภูมิกราฟห้ำเหลี่ยมดังรูปที่ 2.4 โดยในรูปเราได้พิจารณาในมุมมองของคุณสมบัติที่ได้กล่าวมาทั้ง 5 ข้อร่วมกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.4 เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างเทคโนโลยี (Network Comparison)

ในการพิจารณาเลือกเทคโนโลยีที่ตอบสนองของความต้องการของผู้ใช้จากคุณสมบัติและข้อเปรียบเทียบข้างต้น เราจึงได้เลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการนำมาเปรียบเทียบเพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม ประกอบด้วย

1. ค่าความแรงสัญญาณ (Receive Signal Strength: RSS)

ค่าความแรงสัญญาณ เป็นค่าที่แสดงถึงระดับกำลังที่ได้รับจาก BS ค่า RSS ที่สูงแสดงถึงระดับสัญญาณและเสถียรภาพที่น่าเชื่อถือ เทคโนโลยีที่มีค่า RSS ต่ำย่อมแสดงว่ามีระยะห่างจาก BS สูงหรือการติดต่อที่ติดขัด ทำให้อาจไม่ได้รับการพิจารณาในการตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีดังกล่าว

2. ค่าปริมาณช่องสัญญาณที่ระบบสามารถรองรับได้ (Available Bandwidth: ABW)

ค่าปริมาณช่องสัญญาณที่ระบบสามารถรองรับได้ คือจำนวนช่องสัญญาณที่สามารถใช้ได้ โดยหากระบบใดมี ABW ต่ำแสดงว่ามีการใช้งานทรัพยากรของระบบในปริมาณที่สูง ซึ่งมีผลต่อความน่าจะเป็นของการติดขัดสำหรับการเรียกที่เกิดจากการเรียกและแฮนด์ออฟ

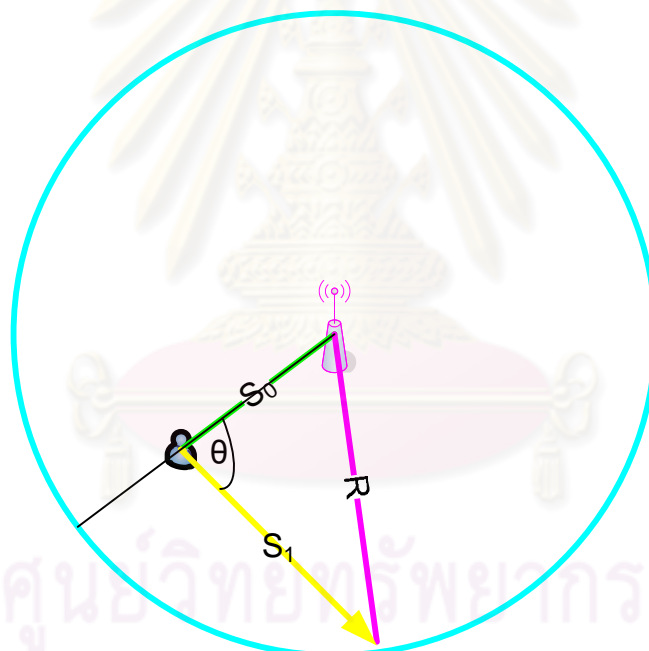
3. ค่าบริการ (Cost of service: C)

ค่าบริการ เป็นอัตราค่าบริการการใช้เทคโนโลยี ผู้ใช้งานย่อมมีความต้องการที่จะใช้บริการเทคโนโลยีในราคาที่ถูก ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งในการตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยี หากอัตราค่าบริการในแต่ละเทคโนโลยีมีความแตกต่างกันอย่างมาก จะส่งผลให้เทคโนโลยีที่มีอัตราค่าบริการที่ต่ำกว่าได้รับการเลือกมากขึ้น

4. ค่าคาดหวังทางเวลาในระบบ (Residual Time: RT)

ค่าคาดหวังทางเวลาในระบบ คือเวลาที่คาดว่าจะเคลื่อนที่อยู่ในเทคโนโลยีดังกล่าวก่อนที่จะทำการแฮนด์ออฟไปยังระบบถัดไป ค่าคาดหวังทางเวลาที่สูงแสดงถึงการใช้งานของระบบอย่างมีประสิทธิภาพ

โดยค่าคาดหวังทางเวลาสามารถคำนวณหาได้ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การพิจารณาค่าคาดหวังทางเวลา

เราสามารถคำนวณค่าคาดหวังทางเวลาของ MT ภายในระบบโดยพิจารณาจากข้อมูลพิกัดตำแหน่งและความเร็วที่ได้จากระบบ GPS เทียบกับข้อมูลตำแหน่งและรัศมีครอบคลุมการทำงานของ BS ร่วมกันแล้วนำมาคำนวณค่าคาดหวังทางเวลาดังสมการที่ 2.1 – 2.3

$$T_g = \frac{S_1}{V} \quad (2.1)$$

โดยเราสามารถหา S_1 ได้จากสมการ

$$R^2 = S_0^2 + S_1^2 - 2S_0S_1 \cos \theta \quad (2.2)$$

$$S_0 = \sqrt{(X_{MT} - X_{BS})^2 + (Y_{MT} - Y_{BS})^2} \quad (2.3)$$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีการที่นำเสนอและแบบจำลองที่ใช้

เมื่อได้เรียนรู้ถึงคุณสมบัติของระบบสื่อสารไร้สายในแต่ละเทคโนโลยี รวมถึงแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของแบบแผนการตัดสินใจแฮนด์ออฟในรูปแบบต่างๆ ที่ได้มีผู้เสนอไว้แล้ว ดังที่กล่าวในบทก่อนหน้านี้ เนื้อหาในบทที่ 3 นี้จะเป็นการนำความรู้รวมถึงแนวคิดในการพัฒนาต่างๆ มาประยุกต์ใช้ให้ได้ระบบที่มีสมรรถนะการทำงานที่ดี ดังแสดงในวิธีการที่นำเสนอ สำหรับผลการจำลองการทำงานและเปรียบเทียบของวิธีการที่นำเสนอจะมีการกล่าวถึงในบทถัดไป

3.1 วิธีการที่นำเสนอ

จากแนวทางการศึกษาเบื้องต้น เราจึงต้องการเสนอแบบแผนการตัดสินใจที่นำข้อมูลทางตำแหน่งและความเร็วมาประกอบการพิจารณาควบคู่กับการใช้ Fuzzy logic theory based Quantitative Decision Algorithm

โดยแนวทางที่นำเสนอสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ

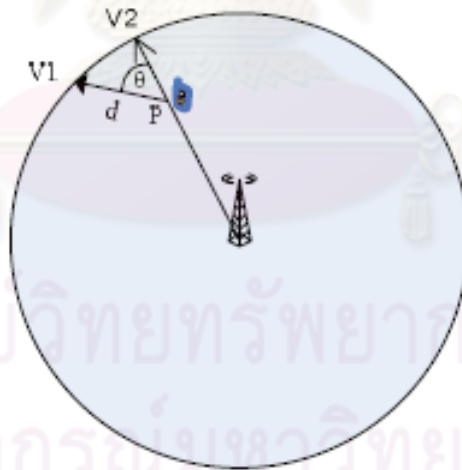
1. ส่วนการพิจารณาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการแฮนด์ออฟ
2. ส่วนของการพิจารณาระบบปลายทางของการแฮนด์ออฟ

3.1.1 การพิจารณาช่วงเวลาที่เหมาะสมจะทำการแฮนด์ออฟ

ในส่วนแรก จากการศึกษาที่เราสามารถพิจารณาเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมในการแฮนด์ออฟ (Proper Moment Decision : PMD) ได้นั้นจะช่วยลด Handoff failure probability ในการแฮนด์ออฟซึ่งเกิดจากการที่ผู้ใช้เคลื่อนที่ออกจากบริเวณกระจายสัญญาณก่อนการแฮนด์ออฟเสร็จสิ้นงานในส่วนของเรามุ่งเน้น พิจารณาจากกรณี ของ Slow fading เพราะความแรงของสัญญาณนั้นไม่แปรผกผันกับระยะห่างระหว่างผู้ใช้และสถานีฐานอย่างแท้จริง การพิจารณาตำแหน่งของผู้ใช้ เราจะไม่พิจารณาจากวิธีการคำนวณค่าความแรงของสัญญาณ เพื่อหลีกเลี่ยงผลที่เกิดจากความไม่คงที่ของสัญญาณแต่เราจะทำการพิจารณาค่าตำแหน่งจาก GPS แทน ซึ่งมีข้อมูลการพิจารณาเบื้องต้นดังนี้

1. ข้อมูลตำแหน่งของสถานีฐาน และบริเวณครอบคลุมของสถานีฐาน จะถูกดาวน์โหลดในอุปกรณ์สื่อสารไร้สายของผู้ใช้ ข้อมูลเหล่านี้ทางผู้ให้บริการ ได้มีการเผยแพร่ผ่านทางเว็บไซต์อย่างเป็นทางการ

2. ข้อมูลตำแหน่งของสถานีฐาน และบริเวณครอบคลุมของสถานีฐาน จะมีการกระจายสัญญาณแลกเปลี่ยนข้อมูลกับสถานีฐานข้างเคียง
3. การทำงานของ GPS จะถูกออกแบบให้ทำงาน เมื่อมีการโทร หรือส่งถ่ายข้อมูล เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานของอุปกรณ์สื่อสาร และจากการพัฒนาของเทคโนโลยี GPS เองทำให้เวลาที่ใช้ในการได้รับข้อมูลลดลงเหลือเพียง 5 วินาทีซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณได้จริง
4. ในส่วนของความคลาดเคลื่อนของข้อมูล GPS สามารถทำการวัดค่าตำแหน่งของผู้ใช้ที่ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 15 เมตร และความเร็วไม่เกิน 0.1 เมตรต่อวินาทีซึ่งจาก [10] ได้มีการนำค่าตำแหน่งและความเร็วจาก GPS มาใช้พิจารณาการปิดและเปิดตัวรับสัญญาณของระบบ WLAN ในอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย เมื่อมีการเคลื่อนที่เข้าหรือออกจากพื้นที่กระจายสัญญาณของ WLAN ใน [11] มีการนำค่าตำแหน่งและความเร็วจาก GPS เพื่อใช้ในการคำนวณช่วงเวลาที่ยกออกนอกฐานสัญญาณปัจจุบันเพื่อกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมในการแฮนด์ออฟ แต่ยังไม่มีการนำมาใช้ในการพิจารณาเปรียบเทียบช่วงเวลาที่จะอยู่ในสัญญาณฐานปลายทาง ประกอบการตัดสินใจในการแฮนด์ออฟไปยังสัญญาณฐานปลายทาง



รูปที่ 3.1 การพิจารณาตำแหน่งและความเร็วเทียบฐานสัญญาณ

เมื่อมีการสื่อสารหรือถ่ายโอนข้อมูล ขั้นตอนการพิจารณาช่วงเวลาที่เหมาะสมจะถูกคำนวณอย่างต่อเนื่อง ในส่วนของช่วงการพิจารณาสัญญาณ ณ บริเวณใช้งานก็ควรเป็นแบบแปรผันสัมพันธ์กับค่าความเร็วของผู้ใช้เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการพิจารณาช่วงที่เหมาะสมมีดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ลำดับขั้นตอนการพิจารณาช่วงเวลาในการแฮนด์ออฟ

<pre> เริ่มการพิจารณาเพื่อการแฮนด์ออฟ() { If (ถ้าอยู่ในระหว่างขั้นตอนการแฮนด์) Return; If (RSS ≤ Alert RSS) { พิจารณาระบบปลายทางของการแฮนด์ออฟ (ส่วนที่ 2) เก็บค่าความเร็ว ณ ปัจจุบัน; If($\theta \leq 90^\circ$) { τ = เวลาโดยประมาณของ Handoff signaling delay; Going out time $T_G = (d - \text{margin})/v$; If ($T_G \leq \tau$) { แฮนด์ออฟไปยังสถานีฐานที่เลือกไว้ } } } } } </pre>

การเฉลี่ยระดับความแรงสัญญาณ

การเฉลี่ยระดับความแรงสัญญาณเป็นการนำระดับความแรงสัญญาณที่ได้รับในช่วงเวลา ณ ขณะพิจารณาค่าสัญญาณ ร่วมกับค่าย้อนหลังมาเฉลี่ยดังสมการที่ 3.1

$$RSS_{AV} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N RSS_i \quad (3.1)$$

การเฉลี่ยระดับค่าความแรงสัญญาณ จะช่วยในการลดผลของความแปรปรวนของระดับความแรงสัญญาณได้ส่วนหนึ่ง แต่การเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่างมากเกินไปจะทำให้เกิดการดรอปเนื่องจากการแฮนด์ออฟช้าเกินไป (Delayed Handoff) ซึ่งเราจะใช้จำนวนตัวอย่างในการเฉลี่ยที่ 10 ตัวอย่าง (N=10)

3.1.2 การพิจารณาระบบปลายทางของการแฮนด์ออฟ

ในส่วนที่สองเราจะทำการพิจารณาระบบที่จะทำการแฮนด์ออฟ โดยการนำค่าตัวแปรที่ได้จากการวัดของระบบที่คาดว่าจะทำการแฮนด์ออฟ มาแปลงความสัมพันธ์และเปรียบเทียบกันระหว่างระบบ เพื่อตัดสินใจเลือกระบบที่เหมาะสม โดยเราจะใช้วิธีระบบวินิจฉัยฟัซซีอิงข้อมูลเชิงปริมาณ (Fuzzy – Logic Theory Based Quantitative Decision Algorithm: FQDA) ซึ่งในการเลือกใช้ FQDA ในกระบวนการตัดสินใจมาจาก

1. FDQA สามารถให้ค่า QA ที่มีความน่าเชื่อถือจากระบบที่คาดว่าจะทำการแฮนด์ออฟ QA คือค่าที่บอกถึงความน่าจะเป็นที่ระบบนั้นจะกลายมาเป็นระบบปลายทางของการแฮนด์ออฟ โดยไม่มีความจำเป็นที่จะต้องเก็บค่าฐานข้อมูลจำนวนมาก เพื่อใช้เป็นกฎอ้างอิงพื้นฐาน (Handoff Rule Bases) ซึ่งต้องใช้หน่วยความจำของอุปกรณ์ไร้สายจำนวนมาก เช่น ถ้ามีการพิจารณาตัวแปรเปรียบเทียบ 3 ค่าโดยแต่ละค่าแยกพิจารณาได้ 5 ระดับจะต้องเก็บค่ามากถึง $5^3 = 125$
2. ผลการตัดสินใจสุดท้ายในการแฮนด์ออฟ ได้จากการเปรียบเทียบค่าระบบที่คาดว่าจะทำการแฮนด์ออฟ ไม่จำเป็นต้องพิจารณาค้นหาเทียบกับ Handoff Rule Bases ซึ่งต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้น
3. FDQA สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบได้ง่ายกว่า ในกรณีที่มีความหลากหลายของระบบที่มากขึ้นซึ่งจะเพิ่มความซับซ้อนสำหรับการพิจารณาแบบ Handoff Rule Bases

ระบบวินิจฉัยฟัซซีอิงข้อมูลเชิงปริมาณ (FQDA)

ระบบวินิจฉัยฟัซซีอิงข้อมูลเชิงปริมาณ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนย่อยดังนี้

- 1) Fuzzification
- 2) Quantitative Evaluation
- 3) Quantitative Decision

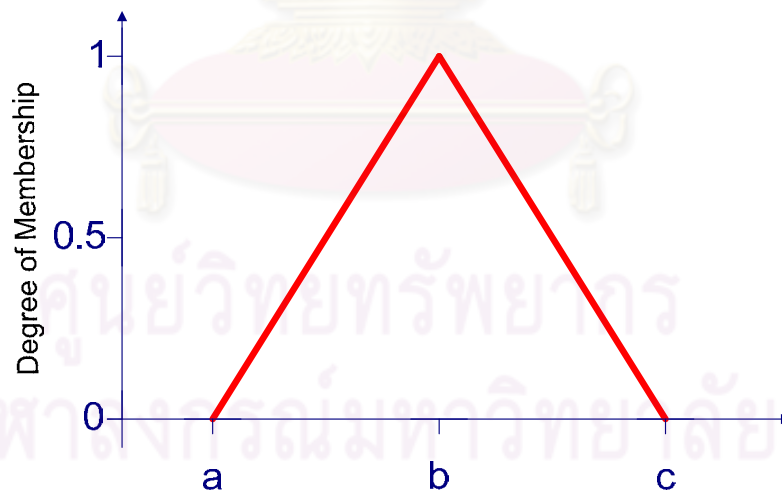
เราจะนำค่าพารามิเตอร์ทั้ง 4 ค่าจากในแต่ละเทคโนโลยีซึ่งประกอบด้วย

- 2) ค่าความแรงของสัญญาณ (Receive Signal Strength:RSS) คือค่าที่อุปกรณ์ไร้สายได้รับจากสถานีฐานทั้งตัวปัจจุบันและตัวที่จะพิจารณา
- 3) จำนวนช่องสัญญาณที่สามารถใช้งานได้ (Available Bandwidth: ABW)
- 4) อัตราค่าบริการ (Cost of Service: C)
- 5) เวลาที่คาดว่าจะอยู่ในระบบ (Residual Time:RT)

3.1.2.1 Fuzzification of Input Parameters

ฟัชซิฟิเคชันเป็นขั้นตอนการแปลงค่าอินพุตที่ทำการวัดให้เป็นค่าฟัชซิ โดยจะทำการกำหนดค่าขั้นต่ำของตัวแปรที่จะทำการวัด โดยค่าที่ได้จากการวัดจะต้องเกินเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้จึงจะนำมาพิจารณา และกำหนดค่าสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ในการวัด ยกตัวอย่างเช่นการพิจารณาค่าเบื้องต้นจากความแรงสัญญาณ RSS โดยกำหนดค่าสัญญาณต่ำสุด และสูงสุดเป็น RSS_{min} และ RSS_{max} ตามลำดับ และมี fuzzy set ดังนี้ (Very Low, Low, Medium, High, Very High) โดยค่าที่ได้จากวัดจะถูกนำมาจัดระดับความแรงของสัญญาณใหม่ใน fuzzy set ซึ่งจะมีค่าใน fuzzy set ได้ 1 หรือ 2 ระดับ

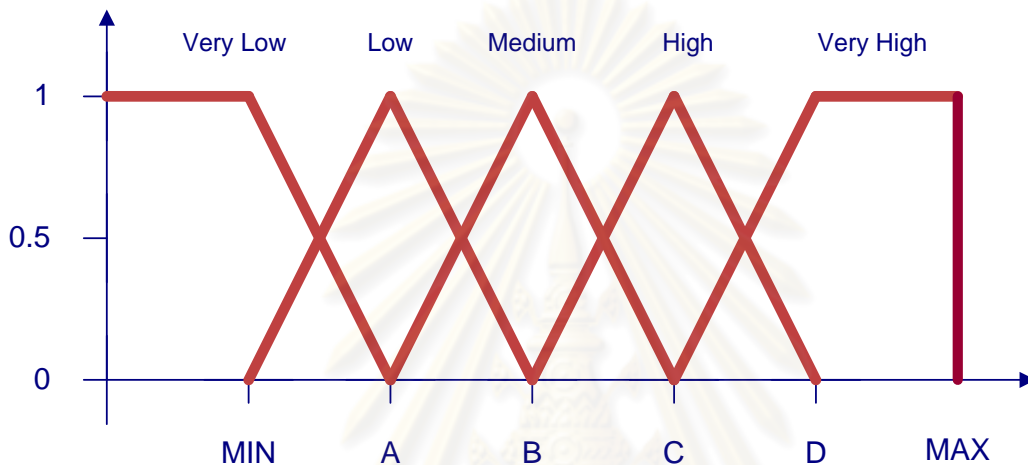
ขั้นตอนในการแปลงอินพุตให้เป็นค่าฟัชซิ จะทำการแปลงค่าอินพุตผ่านทางฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชันสามเหลี่ยมในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ฟังก์ชันสามเหลี่ยม

ฟังก์ชันสามเหลี่ยมประกอบด้วยพารามิเตอร์ {a,b,c} ดังในสมการ 3.2 จะมีเงื่อนไขดังนี้

$$Triangle(x;a,b,c) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq a \text{ or } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{if } a < x < b \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{if } b \leq x < c \end{cases} \quad (3.2)$$



รูปที่ 3.3 ฟังก์ชันสมาชิกแบบพิจารณา 5 พืชซีเซต

ค่าคงที่ MIN , A , B , C, MAX ที่ใช้ในการสร้างกราฟฟังก์ชันสมาชิกเพื่อแบ่งระดับ fuzzy set ให้กับค่าที่วัดได้นั้น สามารถกำหนดได้แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของแต่ละระบบ โดยเรากำหนดค่า สมาชิก fuzzy set ของตัวแปรทั้ง 4 ดังนี้

$$\begin{bmatrix} \mu_{VL}^{ABW}, \mu_L^{ABW}, \mu_M^{ABW}, \mu_H^{ABW}, \mu_{VH}^{ABW} \end{bmatrix}^T$$

$$\begin{bmatrix} \mu_{VL}^{RSS}, \mu_L^{RSS}, \mu_M^{RSS}, \mu_H^{RSS}, \mu_{VH}^{RSS} \end{bmatrix}^T$$

$$\begin{bmatrix} \mu_{VL}^{RT}, \mu_L^{RT}, \mu_M^{RT}, \mu_H^{RT}, \mu_{VH}^{RT} \end{bmatrix}^T$$

$$\begin{bmatrix} \mu_{VL}^C, \mu_L^C, \mu_M^C, \mu_H^C, \mu_{VH}^C \end{bmatrix}^T$$

นอกจากนี้ เพื่อให้ค่าที่ได้จากการวัดแปลงเป็นค่าเชิงปริมาณ เราจึงกำหนดค่าเชิงปริมาณให้กับสมาชิกของ fuzzy set แต่ละระดับเป็น $[Q_{VL}, Q_L, Q_M, Q_H, Q_{VH}]$ ซึ่งค่าเหล่านี้เราสามารถระบุได้ตามความเหมาะสมของระบบใน ในที่นี้เราขอระบุเป็น $[Q_{VL}^{RSS}, Q_L^{RSS}, Q_M^{RSS}, Q_H^{RSS}, Q_{VH}^{RSS}] = [0, 0.25, 0.5, 0.75, 1]$ และเราสามารถระบุค่าของ ABW และ RT

ได้ในแบบเดียวกัน แต่ในส่วนของ C เราจะระบุเป็น $[Q_{VL}^{RSS}, Q_L^{RSS}, Q_M^{RSS}, Q_H^{RSS}, Q_{VH}^{RSS}] = [1, 0.75, 0.5, 0.25, 0]$ เนื่องจากความสัมพันธ์ของ C เป็นผกผันต่อแบบแผนการตัดสินใจ นั่นคือผู้ใช้ออมพิจารณาระบบที่มีอัตราค่าบริการที่ต่ำกว่าเพื่อเป็นการลดต้นทุนการใช้งาน

$$\begin{array}{l} [Q_{VL}^{ABW}, Q_L^{ABW}, Q_M^{ABW}, Q_H^{ABW}, Q_{VH}^{ABW}] \\ [Q_{VL}^{RSS}, Q_L^{RSS}, Q_M^{RSS}, Q_H^{RSS}, Q_{VH}^{RSS}] \\ [Q_{VL}^{RT}, Q_L^{RT}, Q_M^{RT}, Q_H^{RT}, Q_{VH}^{RT}] \\ [Q_{VL}^C, Q_L^C, Q_M^C, Q_H^C, Q_{VH}^C] \end{array}$$

3.1.2.2 Quantitative Evaluation of Input Parameters

จากค่าระดับของสมาชิก (Membership degrees) และค่าประเมินเชิงปริมาณ (Quantitative evaluation values) ของ fuzzy set เราสามารถนำมาคำนวณเป็นค่าตัวแทนของใน แต่ละระบบดังสมการที่ 3.3 – 3.6

$$Q_i^{ABW} = [Q_{VL}^{ABW}, Q_L^{ABW}, Q_M^{ABW}, Q_H^{ABW}, Q_{VH}^{ABW}] \times [\mu_{VL}^{ABW}, \mu_L^{ABW}, \mu_M^{ABW}, \mu_H^{ABW}, \mu_{VH}^{ABW}]^T \quad (3.3)$$

$$Q_i^{RSS} = [Q_{VL}^{RSS}, Q_L^{RSS}, Q_M^{RSS}, Q_H^{RSS}, Q_{VH}^{RSS}] \times [\mu_{VL}^{RSS}, \mu_L^{RSS}, \mu_M^{RSS}, \mu_H^{RSS}, \mu_{VH}^{RSS}]^T \quad (3.4)$$

$$Q_i^{RT} = [Q_{VL}^{RT}, Q_L^{RT}, Q_M^{RT}, Q_H^{RT}, Q_{VH}^{RT}] \times [\mu_{VL}^{RT}, \mu_L^{RT}, \mu_M^{RT}, \mu_H^{RT}, \mu_{VH}^{RT}]^T \quad (3.5)$$

$$Q_i^C = [Q_{VL}^C, Q_L^C, Q_M^C, Q_H^C, Q_{VH}^C] \times [\mu_{VL}^C, \mu_L^C, \mu_M^C, \mu_H^C, \mu_{VH}^C]^T \quad (3.6)$$

3.1.2.3 Vertical Handoff decision making Using QA

หลังจากทำการคำนวณค่า Q_i^{RSS} , Q_i^{BW} , Q_i^{RT} , Q_i^C ในแต่ละระบบเราจะนำค่าเหล่านี้มาพิจารณาร่วมกันโดยค่าที่ได้ QA_i (Absolute Quantity) พิจารณาจากสมการที่ 3.7

$$QA_i = w^{RSS} Q_i^{RSS} + w^{ABW} Q_i^{ABW} + w^{RT} Q_i^{RT} + w^C Q_i^C \quad (3.7)$$

เมื่อ w^{RSS} , w^{ABW} , w^{RT} , w^C คือค่าถ่วงน้ำหนักของ Q_i^{RSS} , Q_i^{ABW} , Q_i^{RT} , Q_i^C ตามลำดับ โดยที่ค่าถ่วงน้ำหนักมีค่าตั้งแต่ 0 – 1 และผลรวมทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งค่าถ่วงน้ำหนักนี้แสดงถึงความสำคัญของค่าตัวแปรที่ทำการพิจารณาโดยค่าถ่วงน้ำหนักสามารถคำนวณจากการพิจารณาค่าได้ดังสมการที่ 3.8

$$w^i = \frac{e^{\sigma^i - \bar{Q}^i}}{\sum e^{\sigma^i - \bar{Q}^i}} \quad (3.8)$$

ในการพิจารณาค่าถ่วงน้ำหนักตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวแปรซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 3.9 หากมีค่าต่ำแล้ว แนวโน้มในการถ่วงความสำคัญจะสูง เนื่องจากหากค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวแปรนั้นต่ำแสดงถึงสมรรถนะของระบบในมุมมองดังกล่าวมีโอกาสต่ำได้ จึงควรพิจารณาระบบที่มีค่าตัวแปรดังกล่าวให้สูงเพื่อรักษาคุณภาพของการบริการ

$$\bar{Q}^i = \frac{\sum_{n=1}^N Q_n^i}{N} \quad (3.9)$$

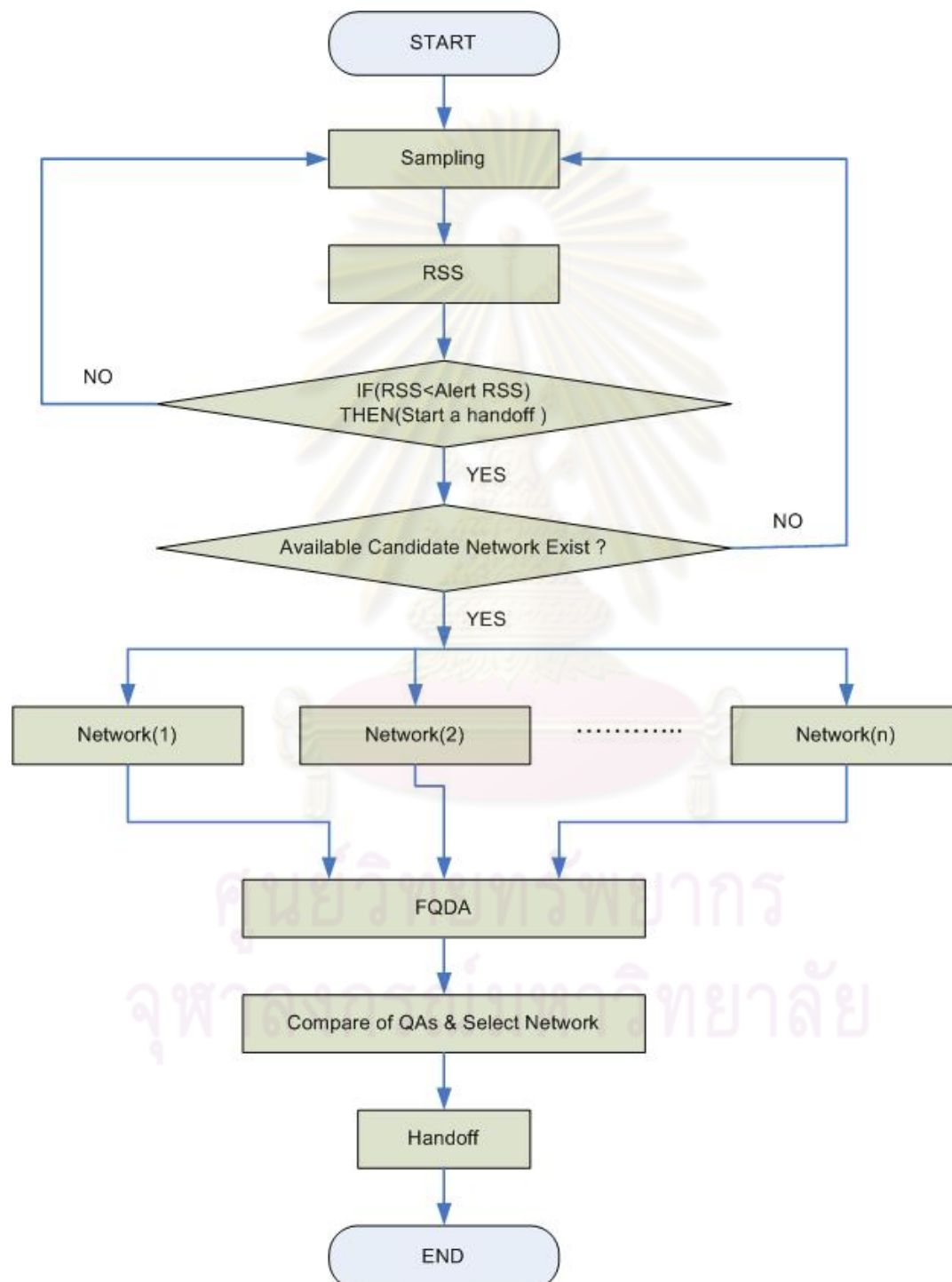
เช่นเดียวกันตัวแปรใดที่การกระจายตัวซึ่งพิจารณาจากสมการที่ 3.10 มีค่าต่ำ นั้นแสดงถึงค่าตัวแปรดังกล่าวในแต่ละระบบไม่แตกต่างกันมากนัก จึงส่งผลต่อการพิจารณาเลือกของระบบน้อย การพิจารณาค่าตัวแปรดังกล่าวก็มีแนวโน้มในการให้ความสำคัญที่น้อยกว่า

$$\sigma^i = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (Q_n^i - \bar{Q}^i)^2}{N-1}} \quad (3.10)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

VERTICAL HANDOFF PROCEDURE

แบบแผนการตัดสินใจในการแฮนด์ออฟ พิจารณาจากข้อมูลตำแหน่ง และความเร็วของ MS จาก GPS โดยจะทำการนำค่าตำแหน่งมาพิจารณาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเริ่มการแฮนด์ออฟ และนำ FQDA มาพิจารณาระบบปลายทางในการแฮนด์ออฟดังแผนภาพแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผนภาพการตัดสินใจที่นำเสนอ

3.2 แบบจำลองที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

3.2.1. แบบจำลองทราฟฟิก (Traffic Model)

1. สมมติให้การมาถึงของการเรียกมีการแจกแจงเป็นแบบปัวซอง (Poisson) และมีการแจกแจงของตำแหน่งที่อยู่แบบแบบสม่ำเสมอ (Uniform Distribution) ในพื้นที่ครอบคลุม
2. เวลายืดของสัญญาณ (Holding time) มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 วินาที

โดยสมมติฐานนี้จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อมีจำนวนของแหล่งกำเนิดทราฟฟิกมากกว่าจำนวนช่องสัญญาณของระบบมาก ๆ ซึ่งสอดคล้องกับแบบจำลองที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ซึ่งพิจารณากรณีที่จำนวนสถานีเคลื่อนที่มีค่ามากกว่าจำนวนช่องสัญญาณภายในสถานีฐานมาก ๆ

3.2.2. แบบจำลองการเคลื่อนที่ (Mobility Model)

ผู้ใช้มีความเร็วเริ่มต้นเป็นตัวแปรเชิงสุ่มแบบเกาส์เซียนที่มีค่าเฉลี่ย 180 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และเลือกความเร็วในช่วง 0-360 กิโลเมตรต่อชั่วโมงภายใต้การเคลื่อนที่ 3 รูปแบบ

1. การเคลื่อนที่แบบเส้นตรง
2. การเคลื่อนที่แบบเลี้ยว 90 องศา และ 180 องศา เพื่อจำลองแบบในกรณีผู้ใช้งานมีการเปลี่ยนทิศทางจากการเลี้ยวและกลับรถ
3. การเคลื่อนที่แบบอิสระที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ (Uniform Distribution) ในทุกทิศทาง (0-360 องศา)

3.2.3 แบบจำลองการแพร่กระจายสัญญาณ (Propagation Model)

การแพร่กระจายสัญญาณของคลื่นสำหรับ WLAN [12], UMTS [12] และ WiMAX [13] แสดงในสมการที่ 3.11 – 3.13 ตามลำดับ

$$R_{ss}(d)_{dBm} = 10 \log \left(\frac{100}{(39.37d)^\gamma} \right) + \chi_\sigma \quad (3.11)$$

$$R_{ss}(d) = P_{tran} - [S + 10n \log(d) + \chi_\sigma] \quad (3.12)$$

$$R_{ss}(d) = P_{tran} - \left[20 \log \left(\frac{4\pi d_0}{\lambda} \right) + 10n \log \left(\frac{d}{d_0} \right) + \chi_\sigma \right] \quad (3.13)$$

- เมื่อ $R_{ss}(d)$ คือระดับความแรงสัญญาณที่ระยะห่างจุดอ้างอิง d
- P_{tran} คือกำลังของสัญญาณส่ง
- γ คือ ค่าคงตัวการส่งสัญญาณที่ขึ้นกับสภาพแวดล้อม
(Environmental factors of transmissions)
- χ_σ คือ ค่าคงตัวแจกแจงแบบปกติที่มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ
ใช้แทนผลของการลดทอนสัญญาณจากสิ่งกีดขวาง (Shadow fading))
- S คือค่าคงที่การแพร่กระจาย (path loss constant)
- n คือค่า path loss exponent
- λ คือค่าความยาวคลื่น

3.2.4. ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการการจำลองแบบ

สำหรับค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ที่จำเป็นต่อการจำลองแบบแสดงไว้ในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแบบ

	WiMAX	UMTS	Wi-Fi
Coverage Area (m)	5000	3000	100
$R_{ss_{min}}$, $R_{ss_{max}}$ (dBm)	-118,-98	-116,-96	-87,-72
Monetary cost (Bth)	4,3,5,2,5	2,4,2,2,4,4	1,2,1,3
Max bandwidth (Channel)	25,30,25	15,12,15,8	10,8

3.3 การประเมินสมรรถนะ

การประเมินสมรรถนะของวิธีการที่เสนอนี้จะนำมาทำการพิจารณาเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่ได้มีการเสนอก่อนหน้า โดยค่าตัวชี้วัด ที่จะนำมาเปรียบเทียบได้แก่ จำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟ, โหลดทราฟฟิกที่รองรับได้, ความน่าจะเป็นของการติดขัดสำหรับการเรียกที่เกิดใหม่, ความน่าจะเป็นของการติดขัดสำหรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ, ประสิทธิภาพการใช้งานทรัพยากรทิ้งค์

3.3.1 จำนวนครั้งการแฮนด์ออฟ (Number of Handoff: N_H)

จำนวนครั้งการแฮนด์ออฟเป็นค่าที่วัดจำนวนครั้งแฮนด์ออฟรวมทั้งหมดของผู้ใช้ในระบบ โดยที่จำนวนครั้งการแฮนด์ออฟใดมีค่าน้อยกว่า เมื่อพิจารณาที่จำนวนผู้ใช้เท่ากันแสดงถึงระบบดังกล่าวมีโอกาสเกิด Handoff failure จากกระบวนการแฮนด์ออฟที่ต่ำกว่า

3.3.2. โหลดทราฟฟิกที่รองรับได้ (Carried Traffic: T_C)

โหลดทราฟฟิกที่รองรับได้เป็นค่าที่วัดจำนวนผู้ใช้ที่เข้ายึดช่องสัญญาณในเซลล์แต่ละเซลล์ เมื่อโหลดทราฟฟิกที่เข้าสู่ระบบมีค่าเพิ่มขึ้น หากโหลดทราฟฟิกที่รองรับได้ของระบบใดมีค่าสูงกว่า โดยที่โหลดทราฟฟิกที่เข้าสู่ระบบนั้นเท่ากันแสดงว่า ระบบนั้นมีความสามารถรองรับทราฟฟิกได้สูงกว่า หรือสามารถรองรับผู้ใช้บริการได้มากกว่านั่นเอง

3.3.2. ความน่าจะเป็นของการติดขัดสำหรับการเรียกที่เกิดใหม่ (Blocking Probability: B_p)

ความน่าจะเป็นของการติดขัดสำหรับการเรียกที่เกิดใหม่แสดงถึงจำนวนของการมาถึงของการเรียกใหม่ที่เข้ามาสู่ระบบแล้วไม่ได้รับการตอบสนอง ซึ่งควรมีค่าน้อยที่สุดหรือเท่ากับศูนย์หากค่าดังกล่าวมีค่าสูงขึ้น นั้นแสดงถึงจำนวนการเรียกที่ไม่สำเร็จมีสูงและสมรรถนะของระบบมีค่าที่ต่ำลง

3.3.4. ความน่าจะเป็นของการติดขัดสำหรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ (Dropping Probability: D_p)

ความน่าจะเป็นของการติดขัดสำหรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ แสดงถึงจำนวนการเรียกที่ไม่สำเร็จของผู้ใช้งานบริเวณขอบเซลล์ที่ต้องการร้องขอแฮนด์ออฟไปยัง BS อื่น เพื่อเพิ่มคุณภาพของการติดต่อ หากมีค่าสูงแสดงถึงผู้เรียกที่ร้องขอการแฮนด์ออฟไม่สำเร็จมีค่าสูง ส่งผลให้ผู้ใช้งานเหล่านั้นติดต่อกับสัญญาณฐานได้แย่งลงและอาจทำให้การติดต่อนั้นขาดไปได้

3.3.5. การกระจายทรัพยากรทรังก์ (Trunk Resource Distribution: TRD)

ประสิทธิภาพการใช้งานทรัพยากรทรังก์เป็นตัวที่แสดงถึงประสิทธิภาพของการรองรับการใช้งานและการกระจายตัวของระบบพิจารณาจากภาพรวมของร้อยละการใช้งานภายในแต่ละ B S (Percent of Individual Load: PIL) มาพิจารณาร่วมกัน โดย PIL หาได้จาก

$$PIL = \left(\frac{N_{USER}}{N_{MAX}} \right) \times 100\% \quad (3.14)$$

หากแบบแผนได้มีการกระจายการจัดสรรทรัพยากรที่ดีแล้ว ย่อมมี PIL ในแต่ละเซลล์ที่สูงและใกล้เคียงกัน ไม่เกิดการกระจุกตัวเฉพาะบางเทคโนโลยี



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

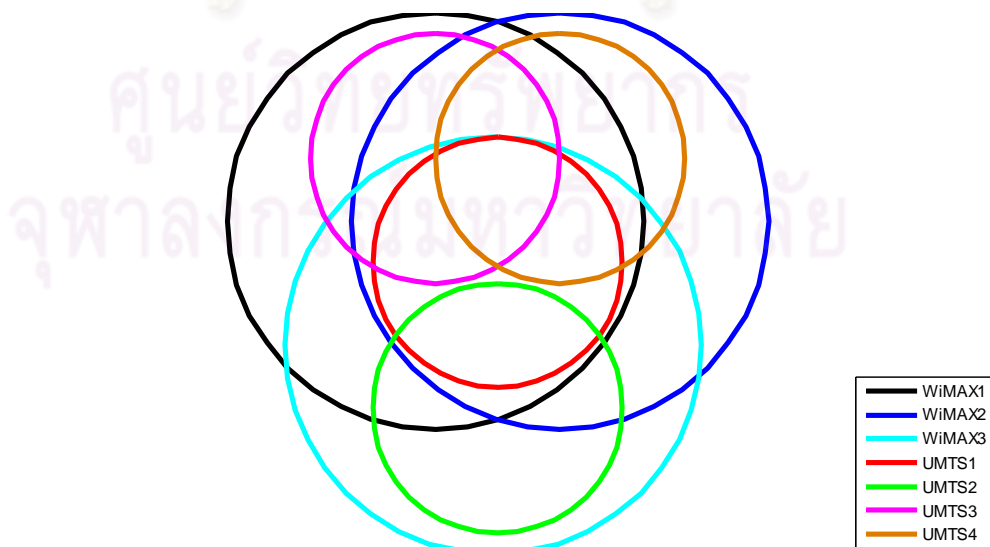
บทที่ 4

ผลการจำลองแบบ

ในบทที่ผ่านมาเราได้เสนอแบบแผนการตัดสินใจในการแฮนด์ออฟในแนวตั้งภายในโครงข่ายสื่อสารเคลื่อนที่แบบวิวิธพันธุ์ โดยการพิจารณาข้อมูลทางพิกัดตำแหน่ง และความเร็วที่ได้จากระบบ GPS ร่วมกับกระบวนการตัดสินใจในแบบ FQDA ร่วมกับค่า RSS, RT, ABW และ C ในบทนี้เราจะทำการตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบแผนการตัดสินใจ โดยการจำลองแบบสถานการณ์เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าตัวชี้วัดต่าง ๆ กับแบบแผนที่ได้มีการเสนอมาก่อนหน้านี้

1. แบบแผนการตัดสินใจที่พิจารณาจุดแฮนด์ออฟจากค่าความแรงและสุ่มเลือกเทคโนโลยีปลายทางใหม่ (Rss-Threshold Random Based Selection: RSS-TH-RDB)
2. แบบแผนการตัดสินใจที่พิจารณาจุดแฮนด์ออฟจากค่าความแรงและพิจารณาเลือกเทคโนโลยีปลายทางจากค่าความแรงสัญญาณ (Rss-Threshold Rss Based Selection: RSS-TH-RSS)
3. แบบแผนการตัดสินใจที่พิจารณาจุดแฮนด์ออฟจากค่าความแรงและพิจารณาเลือกเทคโนโลยีปลายทางจากกระบวนการ FQDA (Rss-Threshold FQDA Based Selection: RSS-TH-FQB)

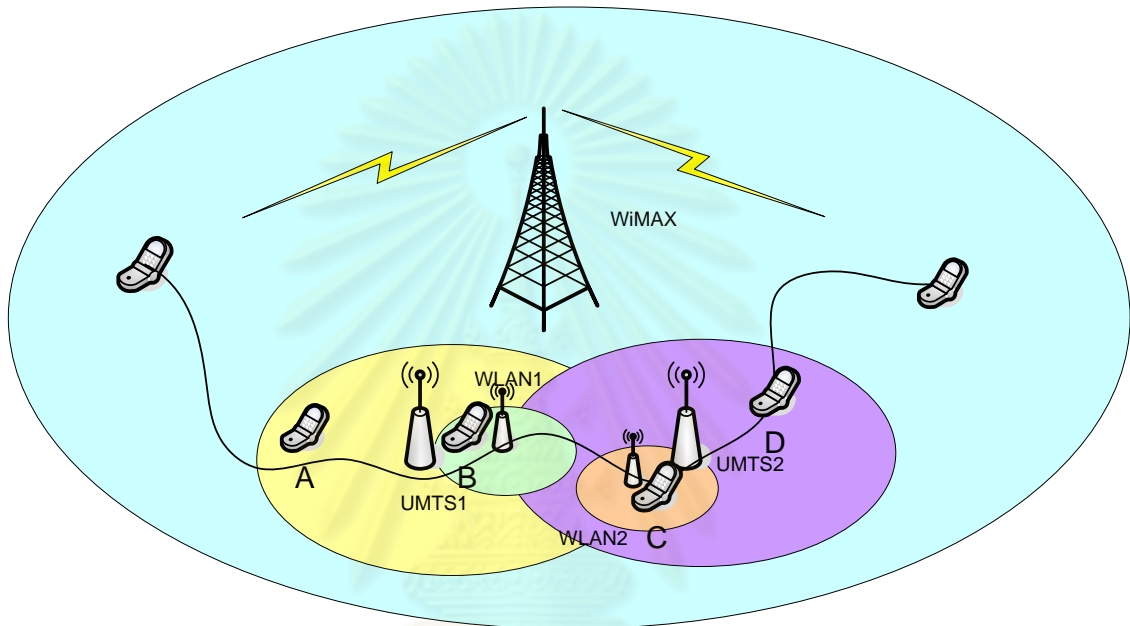
โดยการพิจารณาเปรียบเทียบตัวชี้วัดดังกล่าวนั้นเราจะทำการ พิจารณาผลจากการเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ การเปลี่ยนปริมาณกราฟฟิกในโครงข่าย ภายใต้โครงข่ายการให้บริการดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 โครงข่ายที่ใช้ในการจำลองแบบ

4.1 ตัวอย่างการตัดสินใจในกระบวนการ FQDA

กระบวนการในการตัดสินใจของแบบแผนที่ทำการเสนอนี้ อิงมาจากกระบวนการ FQDA เราจึงทำการแสดงตัวอย่างการตัดสินใจ โดยจะทำการพิจารณาการเสนอข้อที่ 4 ตำแหน่ง A, B, C และ D ดังแสดงในรูปที่ 4.2 โดยค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพิจารณาของทั้ง 4 ตำแหน่งได้แสดงในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.2 รูปแสดงตำแหน่งการเสนอข้อประกอบตัวอย่างการตัดสินใจในกระบวนการ FQDA

ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ประจำตำแหน่งในแบบจำลองแสดงตัวอย่าง

	RSS (bBm)	ABW (%)	RT (s)	C (Bth)
	WLAN/UMTS/WiMAX	WLAN/UMTS/WiMAX	WLAN/UMTS/WiMAX	WLAN/UMTS/WiMAX
A	- / -100 / -105	- / 32 / 48	- / 21 / 104	- / 3.5 / 2.4
B	-62 / -102 / -98	61 / 43 / 32	40 / 82 / 67	1.2 / 3.5 / 2.4
C	-71 / -98 / -102	24 / 55 / 21	15 / 54 / 45	1.3 / 3.5 / 2.4
D	- / - 93 / -92	- / 56 / 76	- / 12 / 62	- / 3.5 / 2.4

ผลจากการนำค่าในตารางที่ 4.1 มาผ่านกระบวนการ FQDA เพื่อตัดสินใจในการทำการแฮนด์ออฟทั้ง 4 ตำแหน่งแสดงในตารางที่ 4.2 โดยในกระบวนการจะทำการแฮนด์ออฟไปยัง BS ที่ให้ค่า QA สูงที่สุด

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงการตัดสินใจในกระบวนการ FQDA

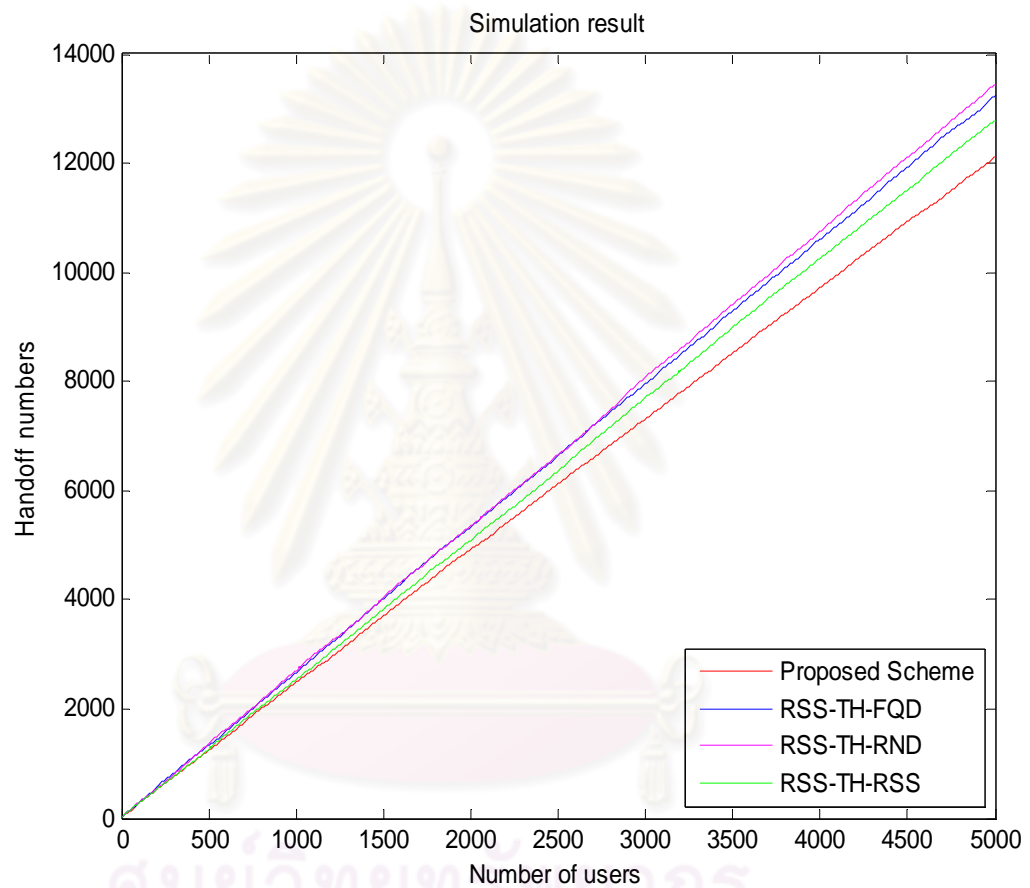
Location	Networks	QA	Target
A	WiMAX	0.6829	WiMAX
	UMTS1	0.2514	
	WLAN1	0	
B	WiMAX	0.6658	WLAN1
	UMTS1	0.3667	
	WLAN1	0.6985	
C	WiMAX	0.4144	UMTS2
	UMTS2	0.4429	
	WLAN2	0.3813	
D	WiMAX	0.7951	WiMAX
	UMTS2	0.3072	
	WLAN2	0	

4.2 ผลการจำลองแบบ

4.2.1 ผลการจำลองแบบและวิเคราะห์จำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟ

4.2.1.1 ผลการจำลองแบบจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟ

(1) กรณีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

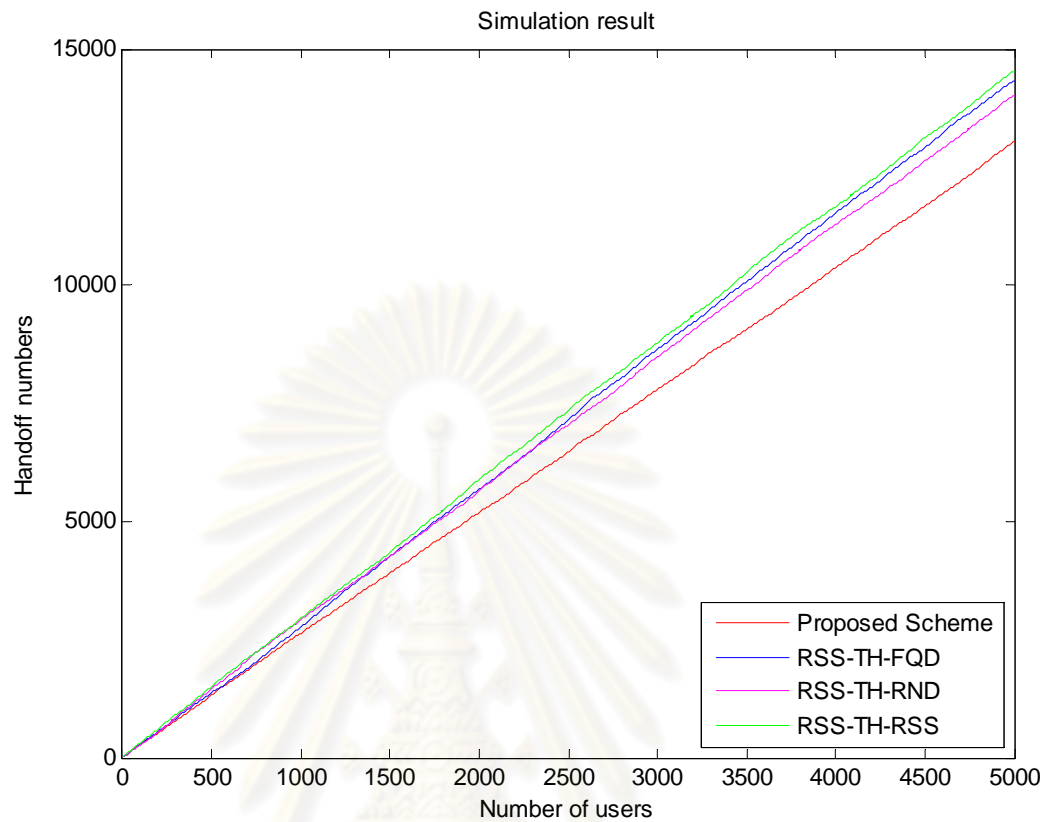


รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟกับวิธีดั้งเดิม 3 วิธีกรณี

การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

จากกราฟข้างต้นแสดงให้เห็นว่าจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟของแบบแผนที่น่าเสนอให้ค่าต่ำสุดที่ค่า 12105 ครั้ง โดยที่จำนวนครั้งของ แบบแผน RSS-TH-RSS, RSS-TH-FQB และ RSS-TH-RDB ให้ค่าต่ำรองลงมาตามลำดับที่ค่า 12782, 13232 และ 13427 โดยทั้ง 3 ลำดับให้ค่าสูงกว่าแบบแผนที่น่าเสนอคิดเป็นร้อยละ 5.5927, 9.3102, 10.9211

(2) กรณีการเคลื่อนที่แบบเดี่ยว 90 องศา และ 180 องศา

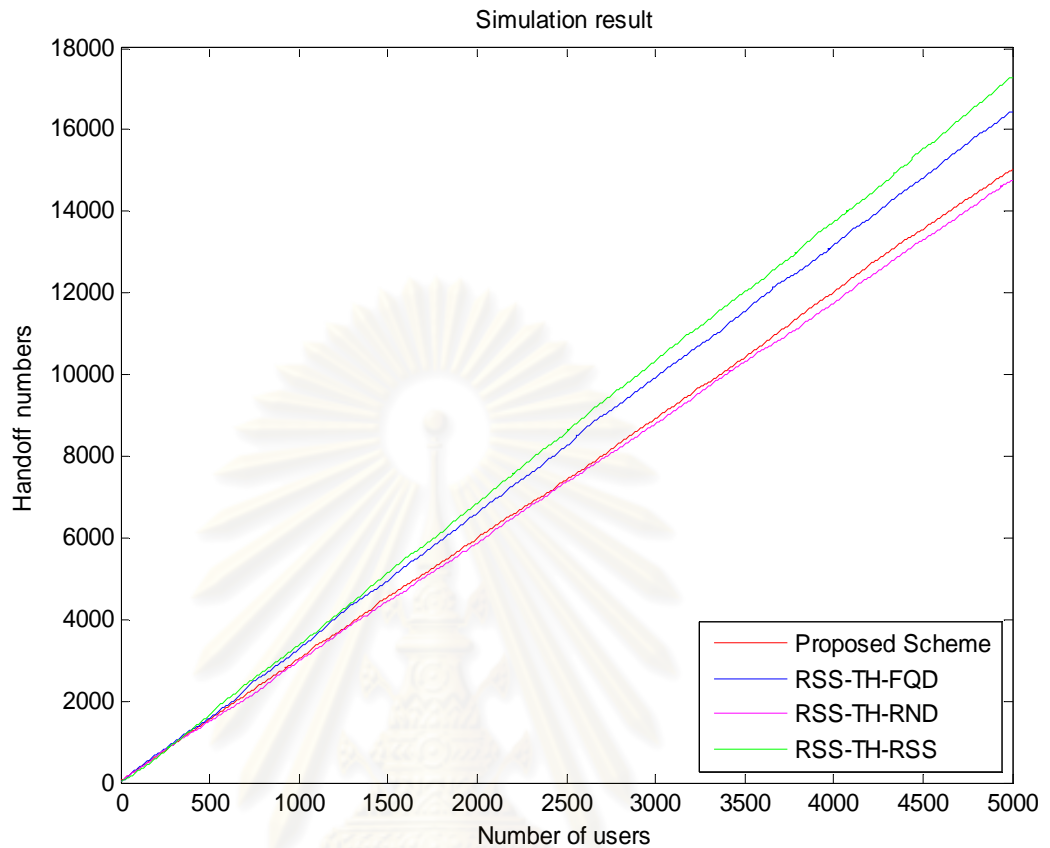


รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟกับวิธีดั้งเดิม 3 วิธีกรณีการเคลื่อนที่แบบเดี่ยว 90 องศา และ 180 องศา

จากรูปข้างต้นแสดงให้เห็นว่าจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟของแบบแผนที่น่าเสนอให้ค่าต่ำที่สุดที่ค่า 13025 ครั้ง โดยที่จำนวนครั้งของแบบแผน RSS-TH-RDB, RSS-TH-FQB และ RSS-TH-RSS ให้ค่าต่ำรองลงมาตามลำดับที่ค่า 14014, 14327 และ 14530 โดยทั้ง 3 ลำดับให้ค่าสูงกว่าแบบแผนที่น่าเสนอคิดเป็นร้อยละ 7.5931, 9.9962, 11.5547

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(3) กรณีการเคลื่อนที่แบบอิสระที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในทุกทิศทาง (0-360 องศา)



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟกับวิธีดั้งเดิม 3 วิธีกรณีการเคลื่อนที่แบบอิสระที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในทุกทิศทาง (0-360 องศา)

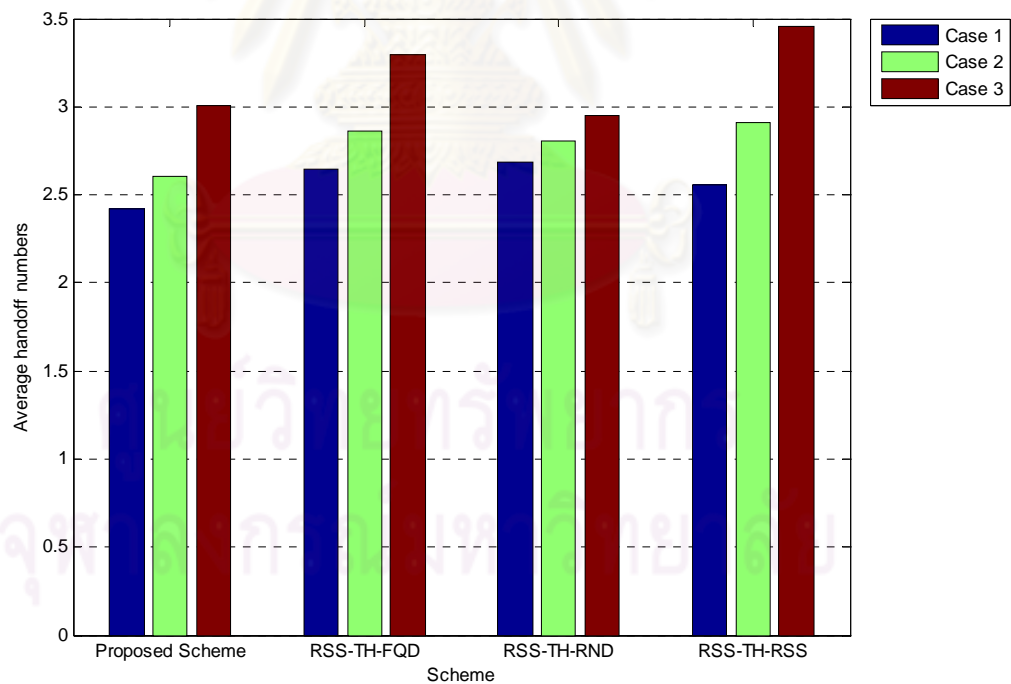
จากกราฟข้างต้นแสดงให้เห็นว่าจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟของแบบแผน RSS-TH-RDB ให้ค่าต่ำที่สุดที่ค่า 14768 ครั้ง โดยที่จำนวนครั้งของแบบแผนที่น่าเสนอ, RSS-TH-FQB และ RSS-TH-RSS ให้ค่าต่ำรองลงมาตามลำดับที่ค่า 15017, 16459 และ 17298 โดยทั้ง 3 ลำดับให้ค่าสูงกว่าแบบแผน RSS-TH-RDB คิดเป็นร้อยละ 1.6861, 11.4504, 17.1316

จากผลการจำลองแบบข้างต้นเมื่อเรานำค่าจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟ ของแบบแผนการตัดสินใจทั้ง 4 มาพิจารณาหาค่าเฉลี่ยจะได้ค่าดังตาราง

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยในการแฮนด์ออฟของแบบแผนการตัดสินใจทั้ง 4 แบบใน 3 กรณี

Motion Cases	Proposed Scheme	RSS-TH-FQB	RSS-TH-RDB	RSS-TH-RSS
Case 1	2.4210	2.6464	2.6854	2.5564
Case 2	2.6050	2.8654	2.8028	2.9060
Case 3	3.0034	3.2918	2.9536	3.4596

เมื่อนำมาเปรียบเทียบแยกตามแบบแผนการตัดสินใจ เพื่อศึกษาถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยในการแฮนด์ออฟของทั้ง 4 แบบจะได้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ภาพแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการแฮนด์ออฟเมื่อเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่แยกตามแบบแผนการตัดสินใจ

จะเห็นว่าเมื่อมีการเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่ทุกแบบแผนจะมีค่าเฉลี่ยการตัดสินใจที่สูงขึ้นโดยแบบแผน RSS-TH-RDB เป็นแบบแผนที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง คิดเป็นร้อยละ 4.3718, 9.9873 ตามลำดับ และแบบแผน RSS-TH-RSS เป็นแบบแผนที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง คิดเป็นร้อยละ 13.6755, 35.3309 ตามลำดับ

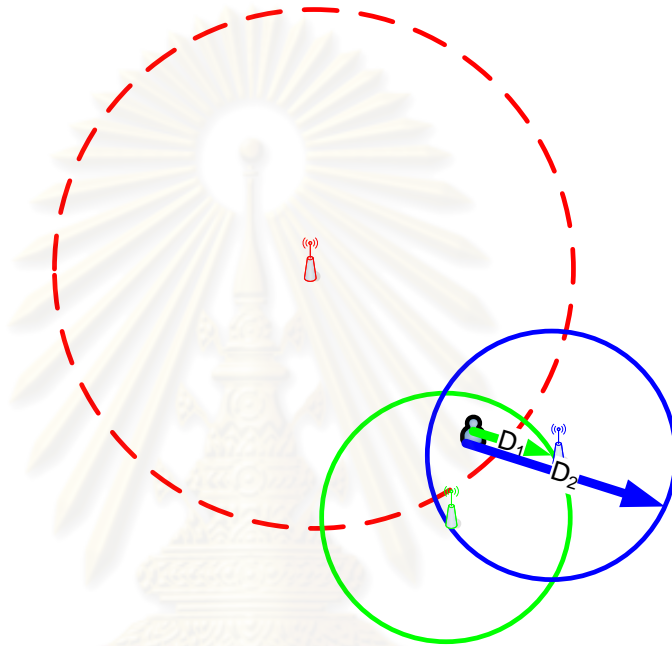
4.2.1.2 วิเคราะห์ผลการจำลองแบบจากจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟ

พิจารณาผลการเปลี่ยนแปลงของจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟที่เกิดขึ้นกับแบบแผนการตัดสินใจทั้ง 4 แบบแผนในการเคลื่อนที่ทั้ง 3 กรณี

1. RSS-TH-RSS จากข้างต้นจะเห็นว่าแบบแผน RSS-TH-RSS ให้ผลของจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟที่น้อยเป็นลำดับ 2 ในกรณีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง อันเป็นผลมาจากการพิจารณาค่าความแรงของสัญญาณ เนื่องจากค่าความแรงของสัญญาณมีความสัมพันธ์กับระยะห่างระหว่างสัญญาณฐานและผู้ใช้ เพราะฉะนั้นการเลือกสัญญาณฐานที่ให้ค่าความแรงของสัญญาณสูง ย่อมส่งผลให้ผู้ใช้มีโอกาสที่จะอยู่ในระบบได้อีกนาน เนื่องจากถือว่าเริ่มเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่อยู่ใกล้กับเสาสัญญาณ แต่เมื่อมีการเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ส่งผล จำนวนครั้งมีค่าสูงขึ้นมากอย่างเห็นได้ชัด และให้จำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟสูงที่สุดจากทุกแบบแผนในการเคลื่อนที่ กรณีที่ 3 ซึ่งเป็นผลจากการพิจารณาค่าความแรงสัญญาณ โดยเลือกสัญญาณที่แรงนั้นส่งผลให้โอกาสของระยะเวลาที่จะอยู่ในระบบมีค่าปานกลางสำหรับการเคลื่อนที่ กรณีที่ 2 และ 3 เพราะหากเลือกสัญญาณที่อ่อนกว่าแล้วผู้ใช้มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางเคลื่อนที่ที่สูงกว่า 90 องศา (เลี้ยว หรือ U-TURN) นั้นแสดงว่าผู้ใช้คนดังกล่าวมีโอกาสที่จะอยู่ในระบบที่นานขึ้นกว่าจากการพิจารณาเลือกความแรงสัญญาณที่มีค่าสูง ทำให้ผลของการพิจารณาเพียงค่าความแรงของสัญญาณ ในการเลือกสัญญาณฐานปลายทาง สำหรับแบบแผน RSS-TH-RSS จึงมีค่าสูงขึ้นอย่างมากในกรณีที่ 2 และ 3 เมื่อเปรียบเทียบกับแบบแผนอื่น ๆ จึงถือว่าแบบแผน RSS-TH-RSS มีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเคลื่อนที่ที่น้อย

2. RSS-TH-RDB จากผลการจำลองแบบข้างต้นจะเห็นว่า แบบแผน RSS-TH-RDB ให้ค่าจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟที่สูงที่สุด และค่าจำนวนครั้งการแฮนด์ออฟก็ค่อย ๆ สูงขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเคลื่อนที่ จนกระทั่งให้ค่าจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับอีก 3 แบบแผนในกรณีที่ 3 ในกรณีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงผลจากการพิจารณาเลือกแบบสุ่ม นั่นถือได้ว่าเป็นการตัดสินใจที่ไม่ได้มีการนำข้อมูลใดมาช่วยในการตัดสินใจ ซึ่งต่างจากทั้ง 3 กรณีที่เหลือที่มีข้อมูลสัมพันธ์สอดคล้องกับตำแหน่งนั้นคือข้อมูลของ RSS มาช่วยในการตัดสินใจทำให้แบบแผน RSS-TH-RDB ให้ค่าจำนวนครั้งการแฮนด์ออฟที่สูง แต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเคลื่อนที่ส่งผลถึงความไม่แน่นอนของทิศทางเคลื่อนที่ จึงทำให้จำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ถือว่าแบบแผน RSS-TH-RDB มีค่าเปลี่ยนแปลงไปน้อยกว่าแบบแผนการตัดสินใจอื่น จนทำให้แบบแผน RSS-TH-RDB ให้ค่าจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟ ต่ำที่สุดในกรณีที่ 3 ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากรูปแบบการตัดสินใจที่เป็นลักษณะสุ่ม เพราะฉะนั้นจึงถือว่าแบบแผน RSS-TH-RDB มีความยืดหยุ่นต่อรูปแบบการเคลื่อนที่สูง
3. RSS-TH-FQB จากผลการจำลองแบบข้างต้นแบบแผน RSS-TH-FQB ให้ค่าจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟที่สูง เป็นลำดับที่ 3 มาโดยตลอด เมื่อเปรียบเทียบกับแบบแผนการตัดสินใจทั้ง 3 อันเป็นผลมาจากการพิจารณาค่าพารามิเตอร์อื่นร่วมด้วยในการตัดสินใจ เพื่อให้ได้ประโยชน์กับผู้ใช้ในมุมมองของตัวชี้วัดอื่น ๆ ทำให้ค่าจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟมีค่าค่อนข้างสูง และมีค่าสูงขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเคลื่อนที่โดยค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟของแบบแผน RSS-TH-FQB ก็อยู่ในลำดับที่ 3 เช่นกันแต่มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับ Proposed Scheme จึงถือว่าแบบแผน RSS-TH-FQB มีความยืดหยุ่นต่อรูปแบบการเคลื่อนที่ในระดับปานกลาง
4. Proposed Scheme จากการจำลองแบบจะเห็นว่าจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟ ของแบบแผนที่นำเสนอให้ค่าต่ำที่สุด ในกรณีที่ 1, 2 และเกือบต่ำที่สุดในกรณีที่ 3 โดยจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟ ในทั้ง 3 กรณีต่างก็มีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับเช่นเดียวกับแบบแผนอื่น ซึ่งจำนวนครั้งที่ต่ำมีผลมาจาก 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ส่วนของการพิจารณาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการแฮนด์ออฟ PMD ส่วนที่ 2 ผลจากการพิจารณา

RSS พารามิเตอร์ ส่วนที่ 3 คือผลจากการพิจารณา RT พารามิเตอร์ ซึ่งในส่วนแรกจะ ช่วยตรวจสอบการ เลี้ยว และ U-TURN โดยจะช่วยลดผลของ ping pong effect และ จำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟที่ไม่จำเป็นลง ส่วนที่ 2 และ 3 จะช่วยในการเลือก BS ปลายทางที่คาดว่าผู้ใช้จะใช้เวลาในการอยู่ใน BS ดังกล่าวอย่างคุ้มค่า โดยเราสามารถเห็นผลของ RT ได้จากตัวอย่างดังนี้



รูปที่ 4.7 ภาพโครงข่ายแสดงตัวอย่างเปรียบเทียบผลการตัดสินใจ

จากรูปที่ 4.7 กำหนดให้ผู้ใช้งานใน BS เขตสีแดงและกำลังจะทำการแฮนด์ออฟโดยเลือก BS ปลายทางจาก 2 BS ซึ่งผู้ใช้อยู่ภายใต้พื้นที่ให้บริการนั้นคือเขตสีเขียว และน้ำเงิน โดยตารางที่ 4.4 จะแสดงผลการตัดสินใจจากแบบแผน RSS-TH-FQB และตารางที่ 4.5 จะแสดงผลการตัดสินใจจากแบบแผนที่นำเสนอ โดยพิจารณาค่าพารามิเตอร์ RSS (dBm), ABW(%), RT(s) และ C (Bth) ทั้งสองเครือข่ายดังนี้ $\{-102.3, 82.64, 25.36, 2.2\}$ และ $\{-105.9, 68.71, 69.52, 3.1\}$

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการตัดสินใจตามแบบแผน RSS-TH-FQB

Q^i	Networks		Mean	Variance	$e^{mean-var}$	Weight
	UMTS 1	UMTS 2				
Q^{RSS}	0.8937	0.6188	0.7563	0.1945	0.5702	0.3031
Q^{ABW}	0.9236	0.5629	0.7432	0.2551	0.6137	0.3263
Q^C	0.6250	0.4063	0.5156	0.1547	0.6970	0.3706
QA	0.8039	0.5218				

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการตัดสินใจตามแบบแผนที่นำเสนอ

Q^i	Networks		Mean	Variance	$e^{mean-var}$	Weight
	UMTS 1	UMTS 2				
Q^{RSS}	0.8937	0.6188	0.7563	0.1945	0.5702	0.1915
Q^{ABW}	0.9236	0.5629	0.7432	0.2551	0.6137	0.2061
Q^{RT}	0.0387	0.6707	0.3547	0.4469	1.0966	0.3683
Q^C	0.6250	0.4063	0.5156	0.1547	0.6970	0.2341
QA	0.5221	0.5766				

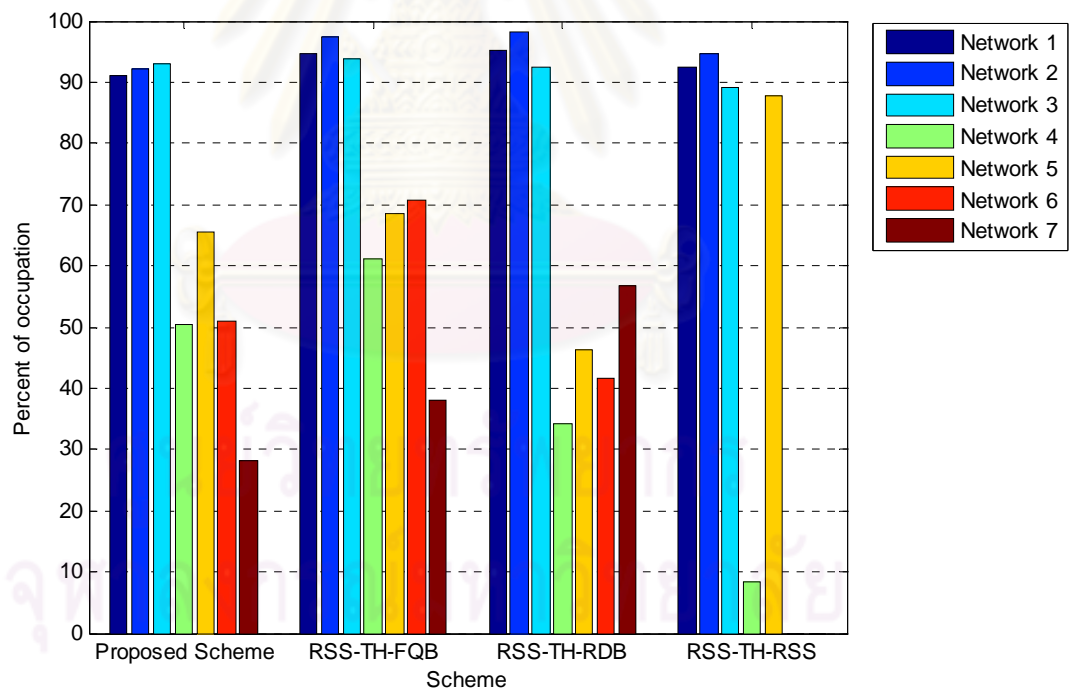
จากตารางที่ 4.4 และ 4.5 จะเห็นผลของการตัดสินใจเลือกเครือข่ายที่ต่างกันโดยแบบแผน RSS-TH-FQB จะตัดสินใจเลือก UMTS 1 ในขณะที่แบบแผนที่นำเสนอจะทำการเลือก UMTS 2 อันเป็นผลมาจากค่า RT พารามิเตอร์ที่พิจารณาเพิ่มขึ้นมา ซึ่งถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยลดจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟ

4.2.2 ผลการจำลองแบบและวิเคราะห์การกระจายทรัพยากรทรั้งค์

4.2.2.1 ผลการจำลองแบบการกระจายทรัพยากรทรั้งค์

จากการจำลองแบบเพื่อศึกษาการกระจายทรัพยากรทรั้งค์ สามารถพิจารณาตัวชี้วัดดังกล่าวได้จากกราฟแท่งแสดงผลการจำลองแบบ นอกจากนี้เพื่อให้การเปรียบเทียบมีความสะดวกมากขึ้น เราจึงมีการพิจารณาจากค่าเฉลี่ยร้อยละการใช้งานภายในแต่ละ BS, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร้อยละการใช้งานภายในแต่ละ BS และสัมประสิทธิ์การแปรผันร้อยละการใช้งานภายในแต่ละ BS ร่วมด้วย โดยกราฟแท่งแสดงผลการจำลองแบบสำหรับกรณีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง, กรณีการเคลื่อนที่แบบเลี้ยว 90 องศา และ 180 องศา, กรณีการเคลื่อนที่แบบอิสระมีการแจกแจงแบบสมมาตรในทุกทิศทาง (0-360 องศา) แสดงในรูปที่ 4.8–4.10 ตามลำดับ ส่วนค่าพิจารณาร่วมในข้างต้นแสดงไว้ในตารางที่ 4.6–4.8 ตามลำดับ

(1) กรณีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง



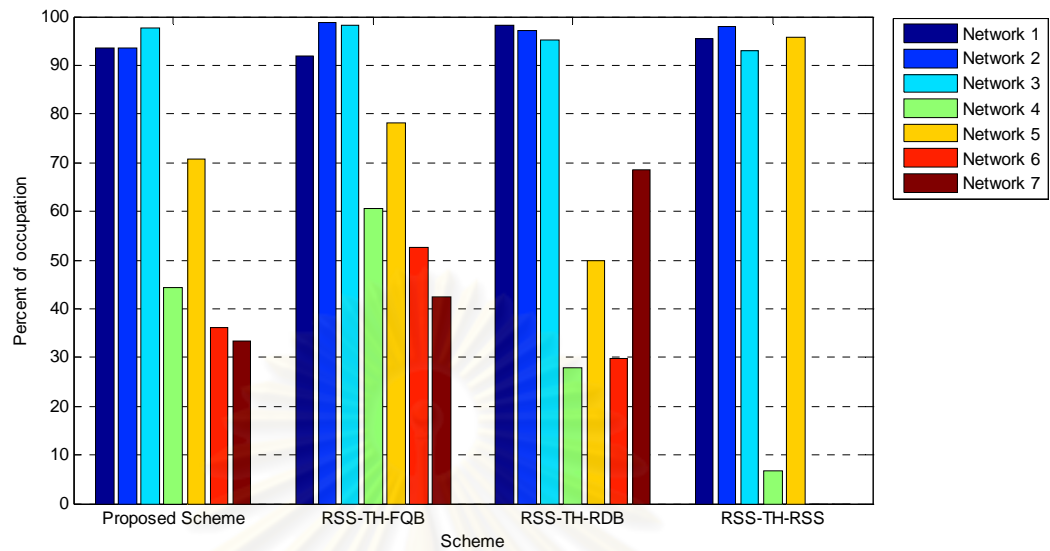
รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบการกระจายทรัพยากรทรั้งค์กรณีเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

ตารางที่ 4.6 ค่าพิจารณาร่วมเปรียบเทียบการกระจายทรัพยากรทรัพย์สินเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

Statistic Value	Proposed Scheme	RSS-TH-FQB	RSS-TH-RDB	RSS-TH-RSS
<i>Mean</i>	67.7220	75.9262	66.9175	55.5533
<i>S.D.</i>	29.0661	23.2734	32.2404	49.8778
C_v	0.4292	0.3065	0.4818	0.8978

จากกราฟในรูปที่ 4.8 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าแบบแผน RSS-TH-FQB มีการกระจายทรัพยากรทรัพย์สินที่สูงที่สุด โดยแบบแผนที่รองลงมาจะมีความใกล้เคียงกันระหว่างแบบแผนที่นำเสนอ กับแบบแผน RSS-TH-RDB ดังนั้นเราจึงทำการใช้ค่าพิจารณาร่วมในตารางที่ 4.6 พบว่าแบบแผนที่นำเสนอมีค่าเฉลี่ยร้อยละการกระจายที่สูงกว่า ทั้งค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร้อยละการกระจายที่ต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่ามีการเกาะกลุ่มกันของข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยที่สูง จึงถือได้ว่ามีค่าการกระจายทรัพยากรทรัพย์สินที่สูงกว่า ส่วนแบบแผนที่มีค่าการกระจายทรัพยากรทรัพย์สินต่ำที่สุดคือแบบแผน RSS-TH-RSS

(2) กรณีการเคลื่อนที่แบบเดี่ยว 90 องศา และ 180 องศา



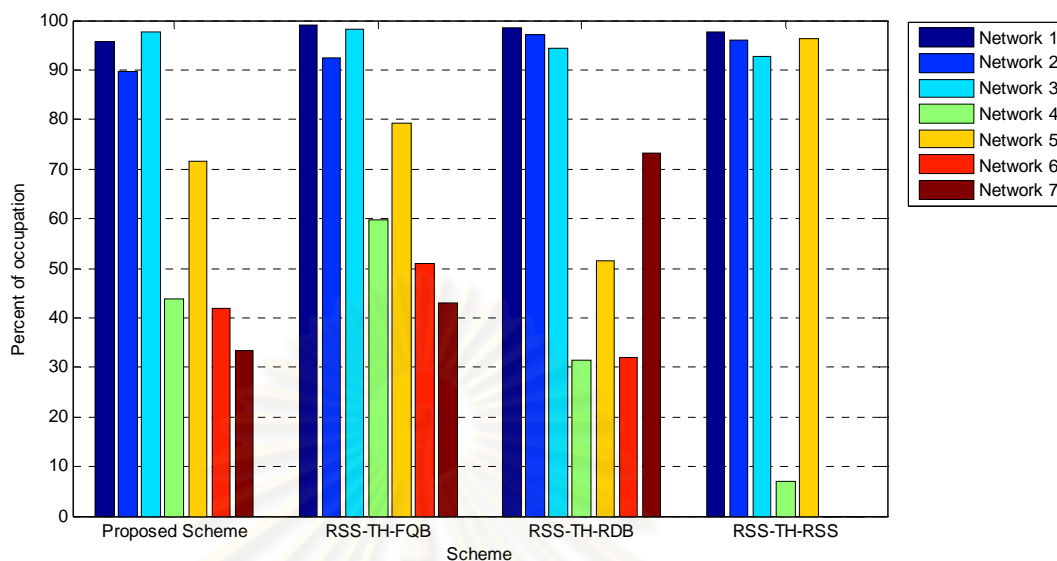
รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบการกระจายทรัพยากรทวิภาคกรณีเคลื่อนที่แบบเดี่ยว 90 องศา และ 180 องศา

ตารางที่ 4.7 ค่าพิจารณาเปรียบเทียบการกระจายทรัพยากรทวิภาคกรณีเคลื่อนที่แบบเดี่ยว 90 องศา และ 180 องศา

Statistic Value	Proposed Scheme	RSS-TH-FQB	RSS-TH-RDB	RSS-TH-RSS
<i>Mean</i>	67.0066	74.6872	66.6881	55.5416
<i>S.D.</i>	28.7353	23.0419	31.3307	49.9336
<i>C_v</i>	0.4288	0.3085	0.4698	0.8990

จากกราฟในรูปที่ 4.9 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าแบบแผน RSS-TH-FQB มีการกระจายทรัพยากรทวิภาคที่สูงที่สุด โดยแบบแผนที่รองลงมาจะมีความใกล้เคียงกันระหว่างแบบแผนที่นำเสนอ กับแบบแผน RSS-TH-RDB ดังนั้นเราจึงทำการใช้ค่าพิจารณาพร้อมในตารางที่ 4.7 พบว่าให้ผลคล้ายกับในกรณีแรก จึงถือได้ว่าแบบแผนที่นำเสนอมีค่าการกระจายทรัพยากรทวิภาคที่สูงกว่า ส่วนแบบแผนที่มีค่าการกระจายทรัพยากรทวิภาคต่ำที่สุดคือแบบแผน RSS-TH-RSS ซึ่งใกล้เคียงกับในกรณีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

(3) กรณีการเคลื่อนที่แบบอิสระที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในทุกทิศทาง (0-360 องศา)



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบการกระจายทรัพยากรทรัพยากรที่เคลื่อนที่แบบอิสระที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในทุกทิศทาง (0-360 องศา)

ตารางที่ 4.8 ค่าพิจารณาพร้อมเปรียบเทียบการกระจายทรัพยากรที่เคลื่อนที่แบบอิสระที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในทุกทิศทาง (0-360 องศา)

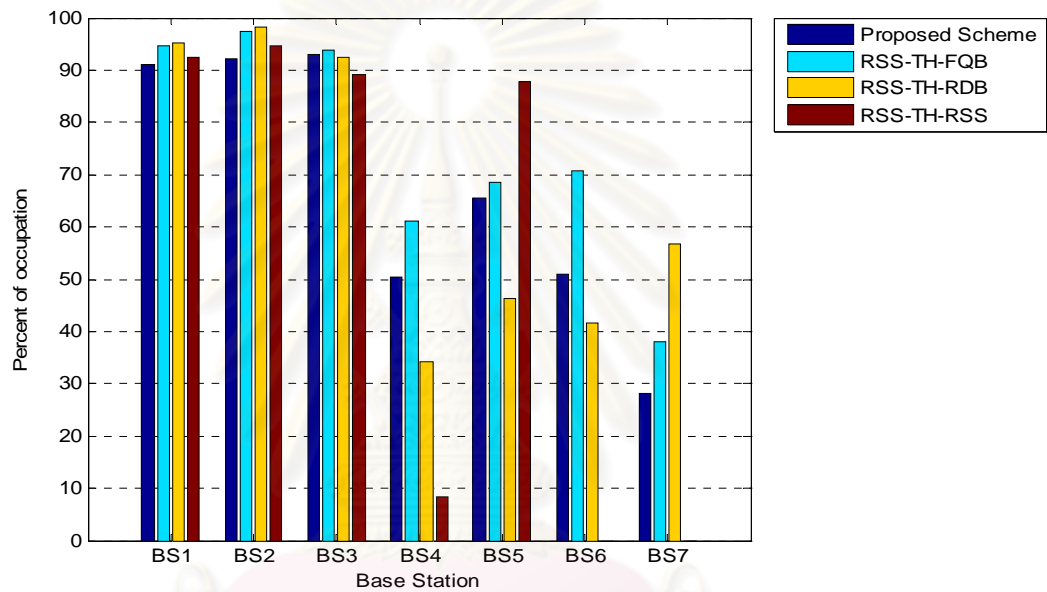
Statistic Value	Proposed Scheme	RSS-TH-FQB	RSS-TH-RDB	RSS-TH-RSS
<i>Mean</i>	67.6683	74.6258	68.3458	55.6909
<i>S.D.</i>	27.6667	23.3131	30.0260	50.0116
<i>C_v</i>	0.4089	0.3124	0.4393	0.8980

จากกราฟในรูปที่ 4.10 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าแบบแผน RSS-TH-FQB มีการกระจายทรัพยากรที่สูงสุด โดยแบบแผนที่รองลงมาจะมีความใกล้เคียงกันระหว่างแบบแผนที่นำเสนอ กับแบบแผน RSS-TH-RDB ดังนั้นเราจึงทำการใช้ค่าพิจารณาพร้อมในตารางที่ 4.8 พบว่าแบบแผน RSS-TH-RDB มีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าเล็กน้อย แต่กลับมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูง จึงทำการเปรียบเทียบที่ค่า C_v พบว่าแบบแผนที่นำเสนอให้ค่าที่ต่ำกว่า แสดงถึงการกระจายทรัพยากรที่ต่ำกว่า จึงถือว่าแบบแผนที่นำเสนอมีการกระจายทรัพยากรที่ต่ำกว่า ส่วนแบบแผนที่

ค่าการกระจายทรัพยากรที่ต่ำที่สุดคือแบบแผน RSS-TH-RSS ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับอีก 2 รูปแบบการเคลื่อนที่ก่อนหน้านี้

จากข้างต้นเราสามารถเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในแบบแผนการตัดสินใจในแต่ละกรณีตามรูปแบบการเคลื่อนที่ นอกจากนี้เรายังศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ BS ย่อยในแต่ละแบบแผนการตัดสินใจ โดยนำค่าร้อยละการกระจายทรัพยากรที่ต่ำในแต่ละแบบแผน มาเปรียบเทียบกันที่ละ BS แยกตามกรณีการเคลื่อนที่ทั้ง 3 กรณีดังรูปที่ 4.11-4.13

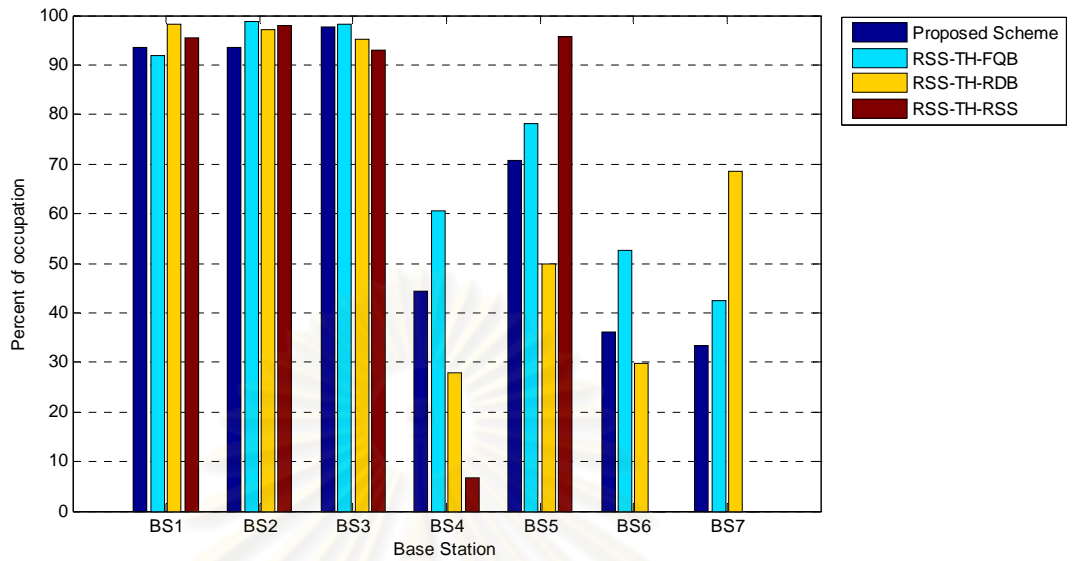
(1) กรณีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง



รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบการกระจายทรัพยากรที่ต่ำในแต่ละ BS ย่อยกรณีเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

จากรูปที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าแบบแผน RSS-TH-FQB ให้ผลการกระจายไปในแนวทางเดียวกันกับแบบแผนที่นำเสนอแต่ร้อยละการใช้งานของ RSS-TH-FQB ให้ค่าสูงกว่าแบบแผนที่นำเสนอส่วนแบบแผน RSS-TH-RDB จะให้ค่าที่ต่างออกไปแต่ทั้ง 3 แบบแผนล้วนมีการกระจายในทุก BS ซึ่งต่างจากแบบแผน RSS-TH-RSS ที่มีการกระจายตัวในบาง BS เท่านั้น

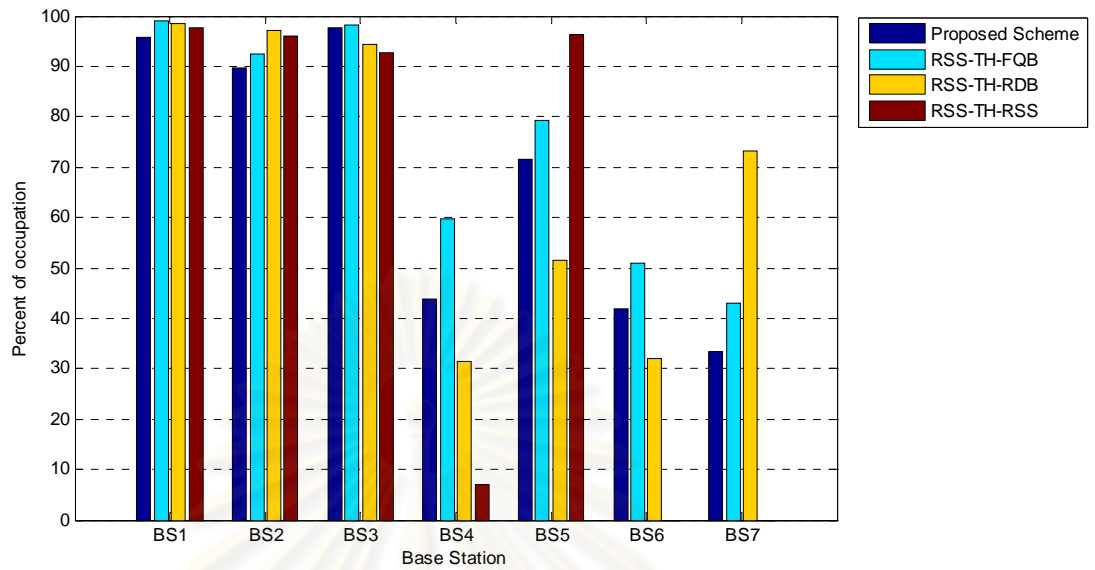
(2) กรณีการเคลื่อนที่แบบเลี้ยว 90 องศา และ 180 องศา



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบการกระจายทรัพยากรทรัังค์ในแต่ละ BS กรณีเคลื่อนที่แบบเลี้ยว 90 องศา และ 180 องศา

จากรูปที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าแบบแผน RSS-TH-FQB ให้ผลการกระจายไปในแนวทางเดียวกันกับแบบแผนที่นำเสนอเช่นเดิม ส่วนแบบแผน RSS-TH-RDB ยังคงให้ค่าที่ต่างออกไปแต่ทั้ง 3 แบบแผนล้วนมีการกระจายในทุก BS ซึ่งต่างจากแบบแผน RSS-TH-RSS ที่มีการกระจายตัวในบาง BS เท่านั้น และหากเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงจากการเคลื่อนที่กรณีที่ 1 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในแต่ละ BS แต่ยังคงมีการรูปแบบการกระจายคล้ายเดิม

(3) กรณีการเคลื่อนที่แบบอิสระที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในทุกทิศทาง (0-360 องศา)



รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบการกระจายทรัพยากรทังค์ในแต่ละ BS กรณีเคลื่อนที่แบบอิสระ มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในทุกทิศทาง (0-360 องศา)

จากรูปที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าแบบแผน RSS-TH-FQB ให้ผลการกระจายไปในแนวทางเดียวกันกับแบบแผนที่นำเสนอเช่นเดิม ส่วนแบบแผน RSS-TH-RDB ยังคงให้ค่าที่ต่างออกไปแต่ทั้ง 3 แบบแผนล้วนมีการกระจายในทุก BS ซึ่งต่างจากแบบแผน RSS-TH-RSS ที่มีการกระจายตัวในบาง BS เท่านั้น และหากเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงจากการเคลื่อนที่กรณี 1 และ 2 พบว่าการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในแต่ละ BS แต่ยังคงมีการรูปแบบการกระจายในลักษณะเดิม

4.2.2.2 วิเคราะห์ผลการจำลองแบบการกระจายทรัพยากรทังค์

จากผลการจำลองแบบเพื่อเปรียบเทียบการกระจายทรัพยากรทังค์พบว่าแบบแผน RSS-TH-FQB มีการกระจายทรัพยากรทังค์จากการพิจารณากราฟแท่ง และค่าร่วมการพิจารณา รองมาคือแบบแผนที่นำเสนอ, แบบแผน RSS-TH-RDB, และแบบแผน RSS-TH-RSS โดยที่ลำดับดังกล่าวมาไม่มีเปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่ ในส่วนของค่า PIL ในแต่ละ BS มีการเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อย แต่ยังคงเป็นไปในลักษณะการกระจายที่คล้ายเดิม ซึ่งเมื่อเราสังเกตจากกราฟแท่งในรูปข้างต้นจะพบว่าการกระจายทรัพยากรทังค์แบบแผนมีความยืดหยุ่นต่อรูปแบบการเคลื่อนที่ นั่นคือไม่เปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่ไปมากนัก ส่วนสาเหตุที่ทำให้แบบแผน RSS-TH-FQB และแบบแผนที่นำเสนอมีการกระจายทรัพยากรทังค์ เป็นอันดับที่ 1 และ 2 นั้นส่วนหนึ่งเป็นผลมาจาก พารามิเตอร์ ABW ที่ทำหน้าที่ในการกระจายการใช้งานทรัพยากรในแบบแผนทั้ง 2 ทำให้มีการกระจายตัวการใช้งานทรัพยากรอย่างทั่วถึง จึงทำให้การกระจายทรัพยากรทังค์ของทั้ง 2 แบบแผนเป็นไปในแนวทางเดียวกัน แต่การที่แบบแผนที่นำเสนอมีการกระจายที่น้อยกว่านั้นเป็นเพราะมีการพิจารณาค่าพารามิเตอร์อื่นในแบบแผนร่วมด้วย จึงทำให้ผลของการพิจารณาค่า ABW ไม่โดดเด่นและมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจในแบบแผนมากเท่า แบบแผน RSS-TH-FQB ส่วนของอีก 2 แบบแผน การเลือกจะเป็นแบบสุ่ม และอิงค่าความแรงสัญญาณ ซึ่งการเลือกแบบสุ่มนี้หากสุ่มจะให้ผลการกระจายที่ค่อนข้างดี แต่ด้วยอาจเกิดสุ่มเลือก BS ที่ไม่สามารถรองรับทราฟฟิกได้แล้วระบบก็จะไม่สามารถพิจารณารับ MS ดังกล่าวเข้าสู่ระบบได้ จึงทำให้การกระจายทรัพยากรทังค์ดีอยู่ลง ส่วนการพิจารณาจากค่าความแรงสัญญาณก็มักพิจารณา BS ที่อยู่ใกล้ MS ตามความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแรงสัญญาณ และระยะห่างระหว่าง BS กับ MS ทำให้อาจเกิดกรณีเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ในการเลือกแบบสุ่ม นอกจากนี้การพิจารณาเลือกเฉพาะที่ค่าความแรงสัญญาณจึงทำให้มีการกระจายทรัพยากรทังค์ที่ต่ำ

4.2.3 ผลการจำลองแบบและวิเคราะห์โหนดกราฟฟิกที่รองรับได้

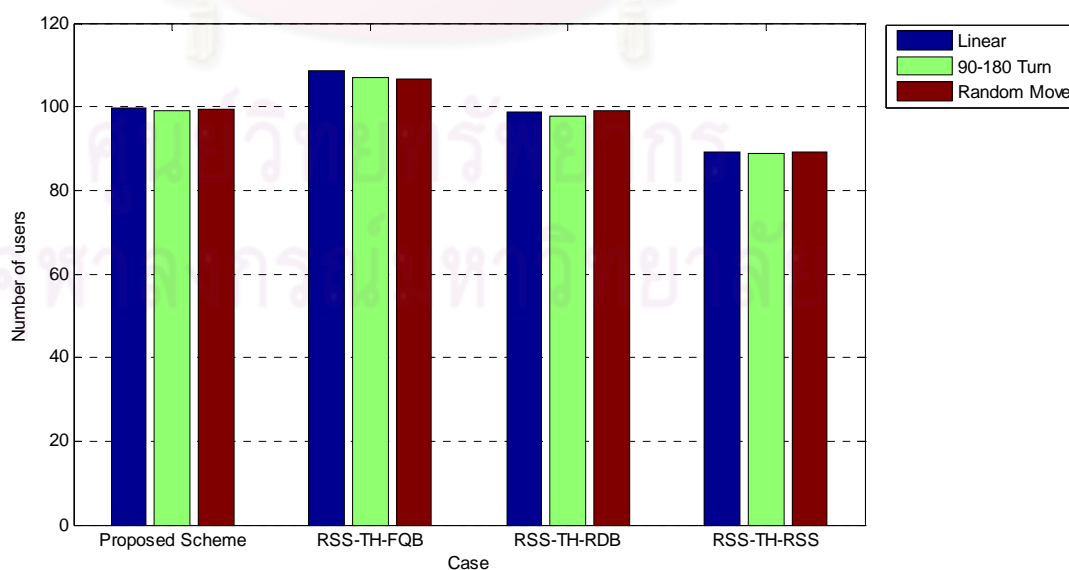
4.2.3.1 ผลการจำลองแบบโหนดกราฟฟิกที่รองรับได้

จากการจำลองแบบเราได้้นำค่าปริมาณโหนดกราฟฟิกทั้งหมดตลอดช่วงการใช้งาน มาพิจารณาค่าเฉลี่ยเพื่อทำการเปรียบเทียบได้ค่าตารางที่ 4.9

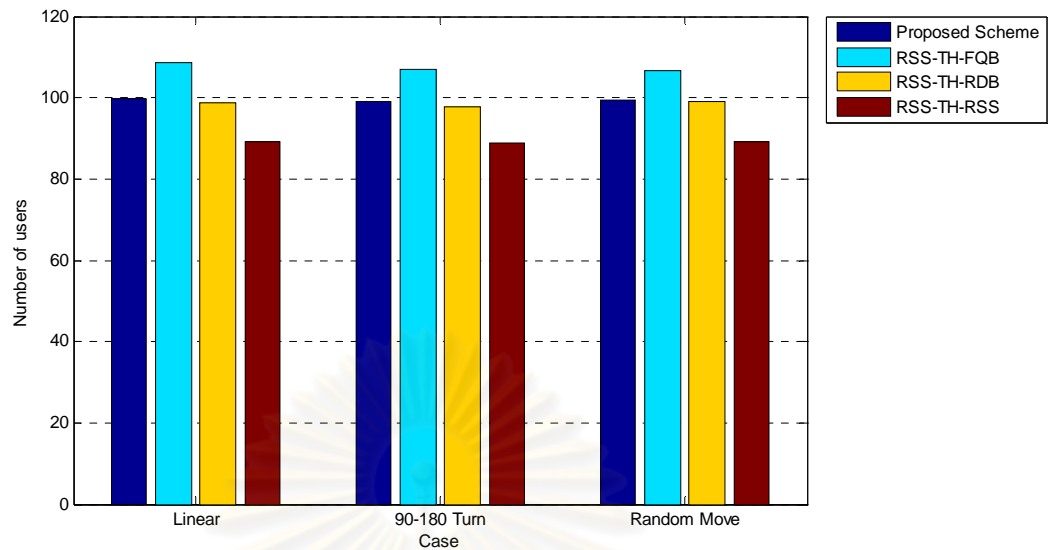
ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยโหนดกราฟฟิกของแบบแผนการตัดสินใจทั้ง 4 แบบใน 3 กรณี

Motion Cases	Proposed Scheme	RSS-TH-FQB	RSS-TH-RDB	RSS-TH-RSS
Case 1	99.7135	108.7406	98.7537	89.1360
Case 2	99.0474	106.9578	97.6479	88.9721
Case 3	99.3497	106.5334	98.9535	89.0540

เมื่อเรานำค่าในตารางมาทำการเปรียบเทียบในรูปแบบของกราฟแท่งโดยทำการเปรียบเทียบคู่เป็น 2 ลักษณะนั่นคือเปรียบเทียบผลของรูปแบบการเคลื่อนที่ ที่มีต่อโหนดกราฟฟิกในแต่ละแบบแผน ดังในรูปที่ 4.14 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรองรับโหนดกราฟฟิกของทุกแบบแผน ในแต่ละรูปแบบการเคลื่อนที่ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.14 ปริมาณโหนดกราฟฟิกที่รองรับได้ของระบบในแต่ละแบบแผน 3 รูปแบบการเคลื่อนที่



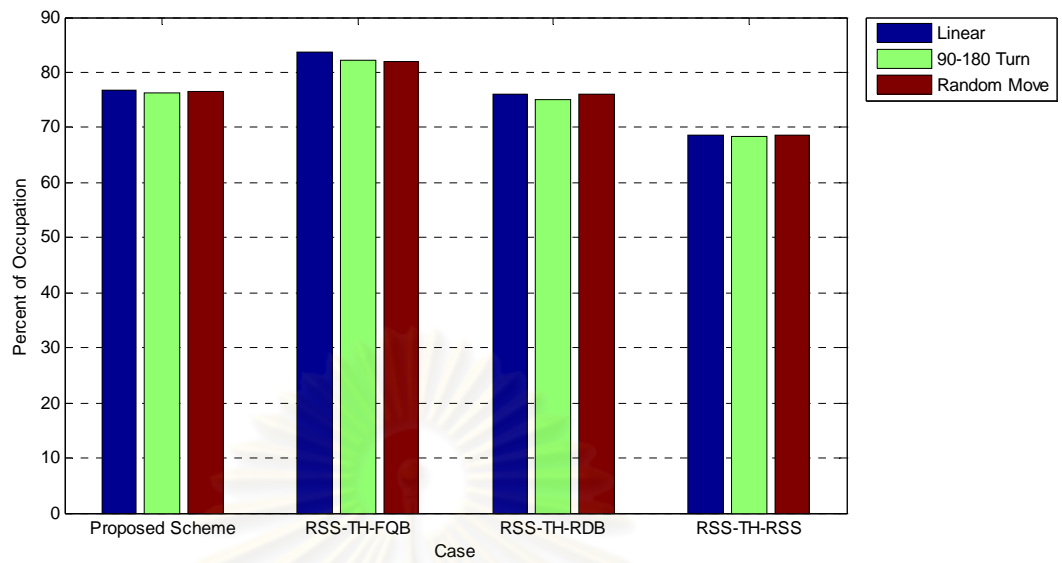
รูปที่ 4.15 ปริมาณโหลดกราฟฟิกที่รองรับได้ของระบบในแต่ละรูปแบบการเคลื่อนที่ 4 แบบแผนการตัดสินใจ

ในการพิจารณาโหลดกราฟฟิกที่รองรับได้เพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบเราจึงทำการพิจารณาโหลดกราฟฟิกกับค่าโหลดกราฟฟิกสูงสุดที่ระบบสามารถรองรับได้ แล้วคำนวณออกมาเป็นร้อยละดังตารางที่ 4.10

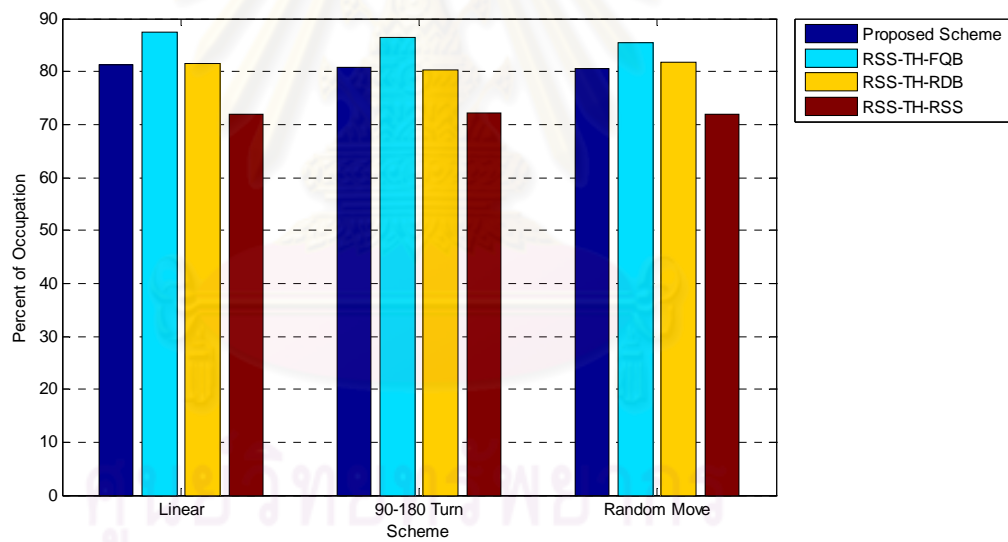
ตารางที่ 4.10 ร้อยละโหลดกราฟฟิกของแบบแผนการตัดสินใจทั้ง 4 แบบใน 3 กรณี

Motion Cases	Proposed Scheme	RSS-TH-FQB	RSS-TH-RDB	RSS-TH-RSS
Case 1	76.7027	83.6466	75.9644	68.5662
Case 2	76.1903	82.2752	75.1137	68.4401
Case 3	76.4228	81.9488	76.1181	68.5031

เมื่อเรานำค่าในตารางมาทำการเปรียบเทียบในรูปแบบของกราฟแท่งโดยทำการเปรียบเทียบดูเป็น 2 ลักษณะนั่นคือเปรียบเทียบผลของรูปแบบการเคลื่อนที่ ที่มีต่อโหลดกราฟฟิกในแต่ละแบบแผน ดังในรูปที่ 4.16 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรองรับโหลดกราฟฟิกของทุกแบบแผน ในแต่ละรูปแบบการเคลื่อนที่ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.16 ร้อยละปริมาณทราฟฟิกที่รองรับได้ของระบบในแต่ละแบบแผน 3 รูปแบบการเคลื่อนที่



รูปที่ 4.17 ร้อยละปริมาณโหลดทราฟฟิกที่รองรับได้ของระบบในแต่ละรูปแบบการเคลื่อนที่ 4 แบบแผนการตัดสินใจ

4.2.3.2 วิเคราะห์ผลการจำลองแบบโพลิตกราฟฟิกรองรับได้

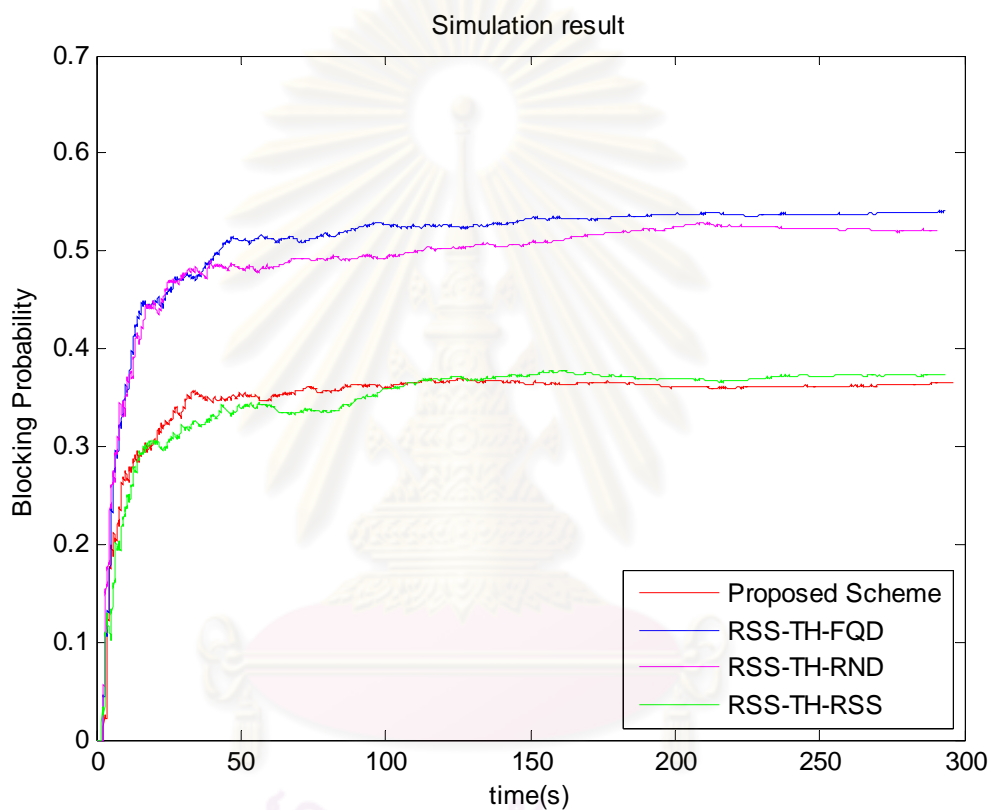
จากการจำลองแบบเพื่อเปรียบเทียบค่าโพลิตกราฟฟิกรองรับได้ พบว่าแบบแผน RSS-TH-FQB สามารถรองรับปริมาณกราฟฟิกรองรับได้สูงสุด รองมาคือแบบแผนที่น่าเสนอ, แบบแผน RSS-TH-RDB, และแบบแผน RSS-TH-RSS โดยที่ลำดับดังกล่าวมาไม่มีเปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่ ซึ่งเมื่อเราสังเกตจากกราฟแท่งในรูปข้างต้นจะพบว่า ค่าโพลิตกราฟฟิกรองรับได้ในแต่ละแบบแผนมีความยืดหยุ่นต่อรูปแบบการเคลื่อนที่ ส่วนเหตุที่แบบแผน RSS-TH-FQB แบบแผนที่น่าเสนอมีค่าโพลิตกราฟฟิกรองรับได้เป็นอันดับที่ 1 และ 2 นั้นส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากพารามิเตอร์ ABW ที่ทำหน้าที่ในการกระจายการใช้งานทรัพยากรในแบบแผนทั้ง 2 ทำให้สามารถรองรับกราฟฟิกรองรับได้อย่างทั่วถึง และยังช่วยหลีกเลี่ยงการเลือก ABW ที่มีค่าน้อยที่อาจทำให้ MS ไม่สามารถเข้าสู่ระบบได้ แต่หากเป็นของอีก 2 แบบแผนนั้นการเลือกจะเป็นแบบสุ่ม และอิงค่าความแรงสัญญาณ ซึ่งการเลือกแบบสุ่มนี้หากสุ่มไปใน BS ที่รองรับกราฟฟิกรองรับเต็มแล้วระบบก็จะไม่สามารถพิจารณา MS ดังกล่าวเข้าสู่ระบบได้ ส่วนการพิจารณาจากค่าความแรงสัญญาณก็มักพิจารณา BS ที่อยู่ใกล้ MS ตามความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแรงสัญญาณ และระยะห่างระหว่าง BS กับ MS ทำให้อาจเกิดกรณีเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ใน การเลือกแบบสุ่ม ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ แบบแผน RSS-TH-FQB และแบบแผนที่น่าเสนอรองรับโพลิตกราฟฟิกรองรับได้ในระดับสูง

4.2.4 ผลการจำลองแบบและวิเคราะห์ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่และความน่าจะเป็นการปฏิเสธในการแฮนด์ออฟ

4.2.4.1 ผลการจำลองแบบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่และความน่าจะเป็นการปฏิเสธในการแฮนด์ออฟ

(1) กรณีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

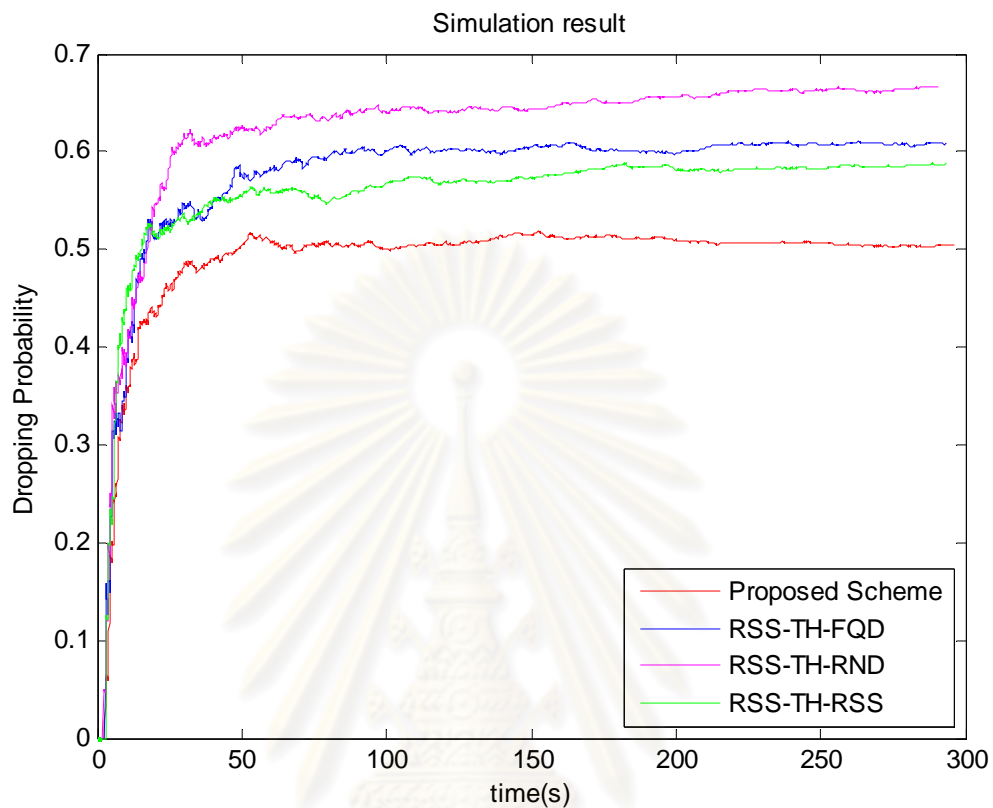
(1.1) ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่



รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่กับวิธีดั้งเดิม 3 วิธี กรณีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

จากรูปข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่ของแบบแผนที่นำเสนอให้ค่าเฉลี่ยที่สถานะคงที่ต่ำที่สุดที่ค่า 0.3554 ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่ของแบบแผน RSS-TH-RSS, RSS-TH-RDB และ RSS-TH-FQB ให้ค่าต่ำรองลงมาตามลำดับที่ค่า 0.3756, 0.5134 และ 0.5401 โดยทั้ง 3 ลำดับให้ค่าสูงกว่าแบบแผน RSS-TH-RSS เป็นร้อยละ 5.6837, 44.4569, 51.9696

(1.2) ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟ

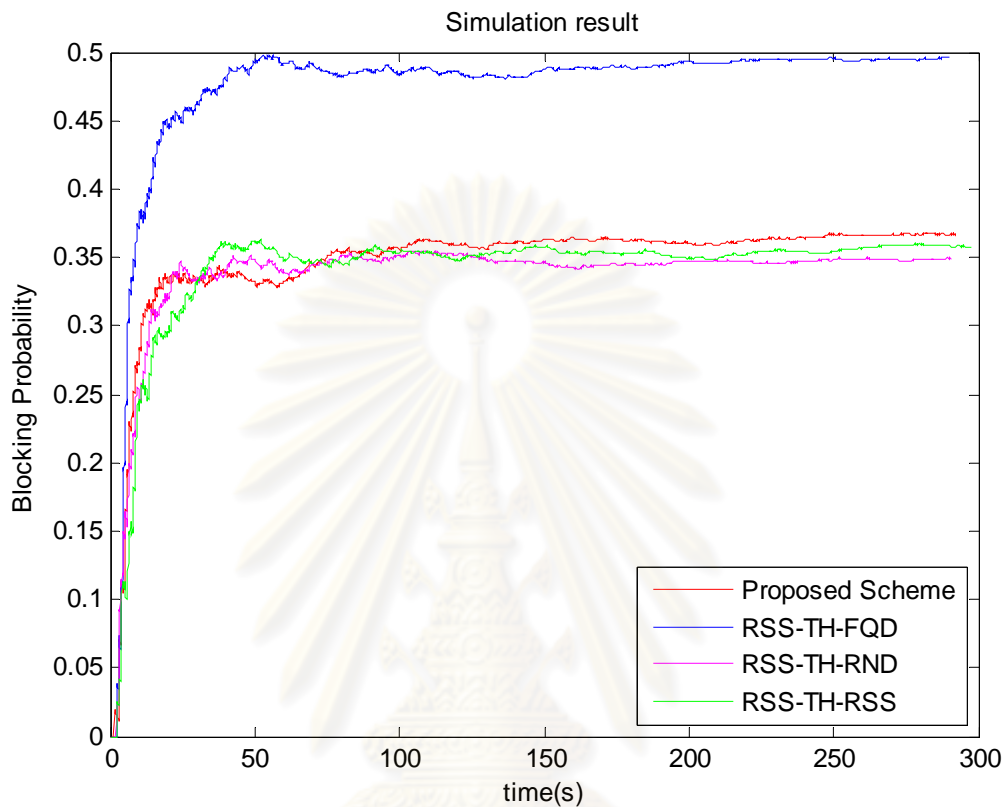


รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟกับวิธีดั้งเดิม
3 วิธีกรณีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

จากรูปข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟของแบบแผนที่
นำเสนอให้ค่าเฉลี่ยที่สถานะคงที่ต่ำที่สุดที่ค่า 0.5256 ซึ่งค่าความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์
ออฟของ แบบ RSS-TH-RSS, RSS-TH-FQB และ RSS-TH-RDB ให้ค่าต่ำรองลงมาตามลำดับที่
ค่า 0.5922, 0.6340 และ 0.6680 โดยทั้ง 3 ลำดับให้ค่าสูงกว่าแบบแผนที่นำเสนอคิดเป็นร้อยละ
12.6712, 20.6240, 27.0928

(2) กรณีการเคลื่อนที่แบบเลี้ยว 90 องศา และ 180 องศา

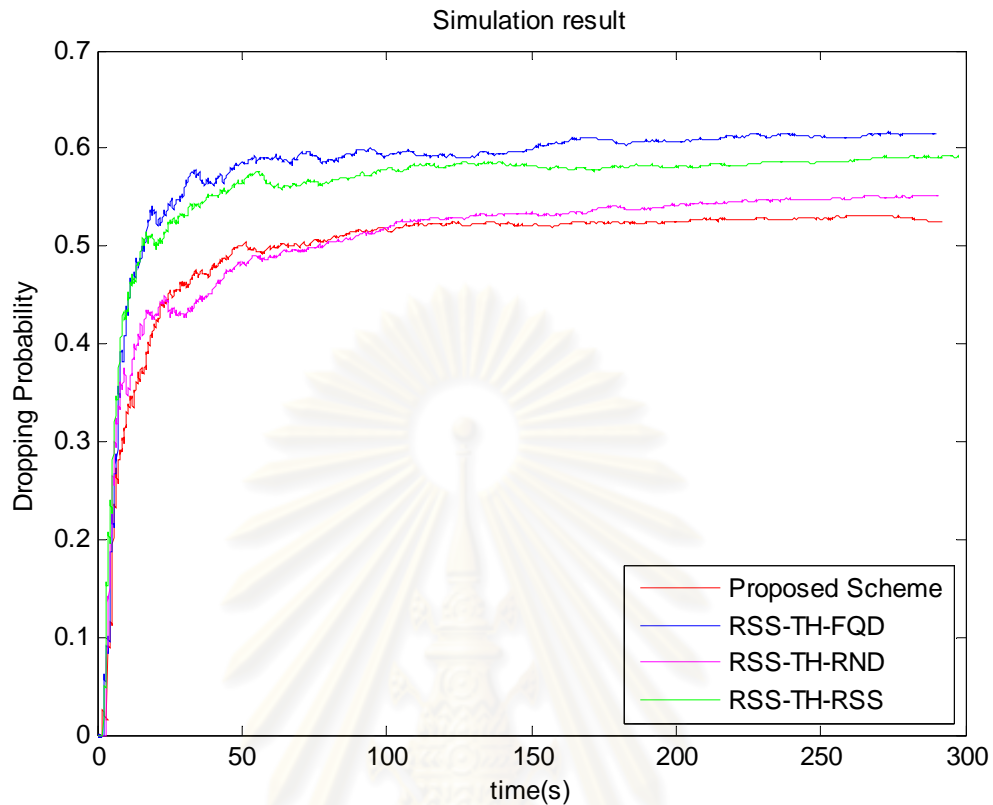
(2.1) ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่



รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่กับวิธีดั้งเดิม 3 วิธี กรณีการเคลื่อนที่แบบเลี้ยว 90 องศา และ 180 องศา

จากรูปข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่ของแบบแผน RSS-TH- RDB ให้ค่าเฉลี่ยที่สถานะคงที่ต่ำที่สุดที่ค่า 0.3492 ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่ ของ RSS-TH- RSS, แบบแผนทีเอนอ และ RSS-TH-FQB ให้ค่าต่ำรองลงมาตามลำดับที่ค่า 0.3580, 0.3668 และ 0.4961 โดยทั้ง 3 ลำดับให้ค่าสูงกว่าแบบแผน RSS-TH-RSS เป็นร้อยละ 2.5200, 5.0401, 42.0676

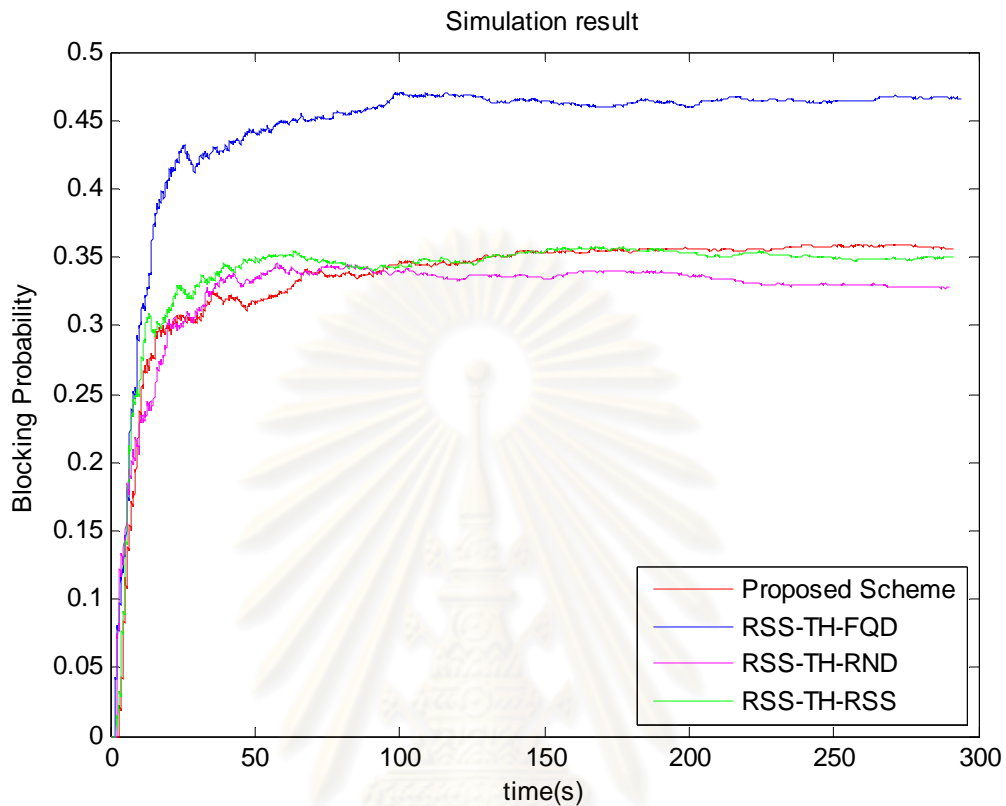
(2.2) ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟ



รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟกับวิธีดั้งเดิม 3 วิธี กรณีการเคลื่อนที่แบบเลี้ยว 90 องศา และ 180 องศา

จากรูปข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟของแบบแผนที่นำเสนอให้ค่าเฉลี่ยที่สถานะคงที่ต่ำที่สุดที่ค่า 0.5255 ซึ่งค่าความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟของแบบ RSS-TH-RDB, RSS-TH-RSS และ RSS-TH-FQB ให้ค่าต่ำรองลงมาตามลำดับที่ค่า 0.5522, 0.5917 และ 0.6155 โดยทั้ง 3 ลำดับให้ค่าสูงกว่าแบบแผนที่นำเสนอคิดเป็นร้อยละ 5.0809, 12.5975, 17.1265

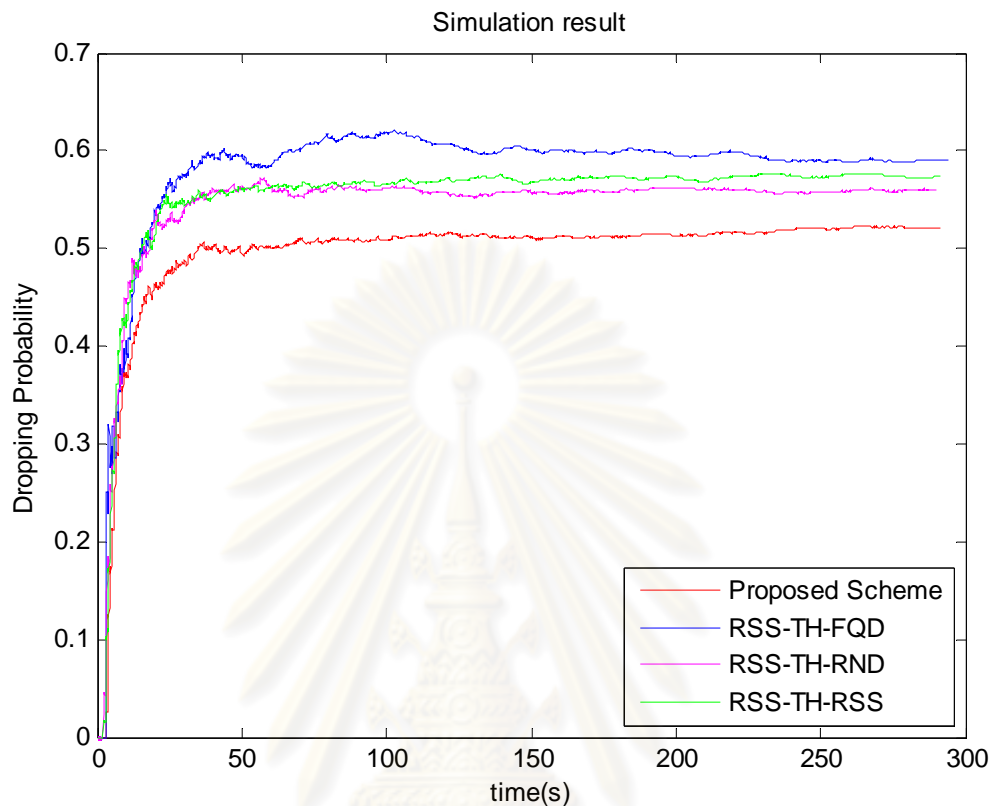
- (3) กรณีการเคลื่อนที่แบบอิสระที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในทุกทิศทาง (0-360 องศา)
 (3.1) ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่



รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่กับวิธีดั้งเดิม 3 วิธีกรณีการเคลื่อนที่แบบอิสระที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในทุกทิศทาง (0-360 องศา)

จากรูปข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่ของแบบแผน RSS-TH- RDB ให้ค่าเฉลี่ยที่สถานะคงที่ต่ำที่สุดที่ค่า 0.3277 ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่ของ RSS-TH- RSS, แบบแผนที่เสนอ และ RSS-TH-FQB ให้ค่าต่ำรองลงมาตามลำดับที่ค่า 0.3502, 0.3562 และ 0.4663 โดยทั้ง 3 ลำดับให้ค่าสูงกว่าแบบแผน RSS-TH-RSS เป็นร้อยละ 6.8660, 8.6970, 42.2948

(3.2) ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟ



รูปที่ 4.23 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟกับวิธีดั้งเดิม 3 วิธีกรณีการเคลื่อนที่แบบอิสระมีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในทุกทิศทาง (0-360 องศา)

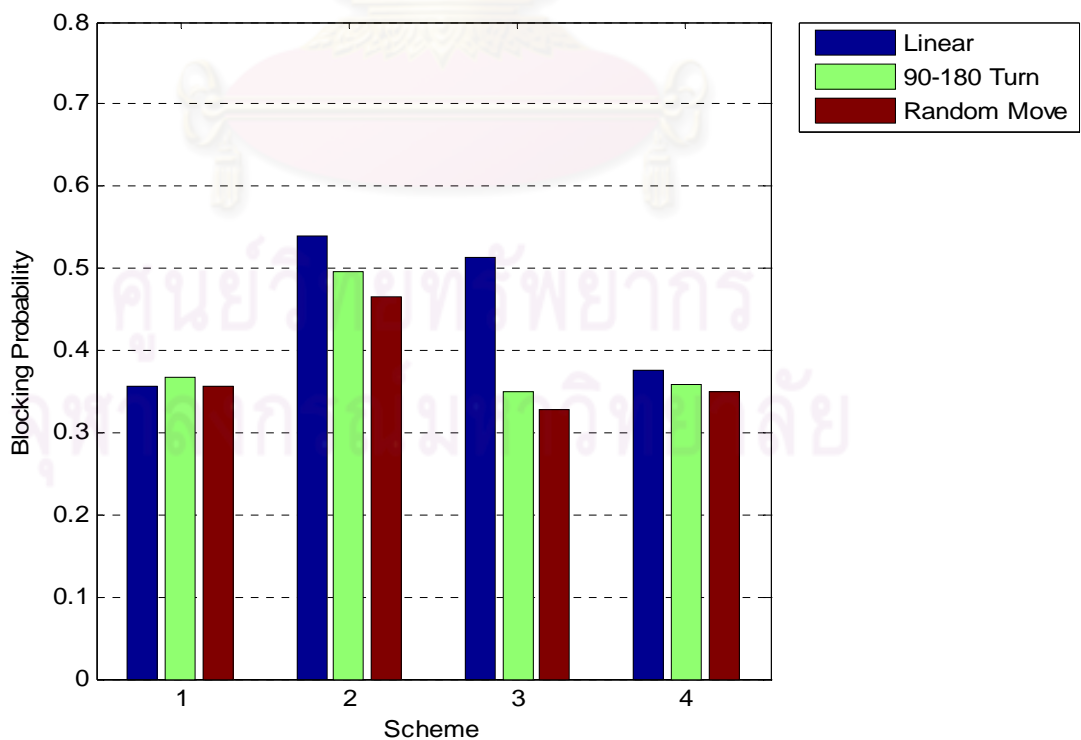
จากรูปข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟของแบบแผนที่นำเสนอให้ค่าเฉลี่ยที่สถานะคงที่ต่ำที่สุดที่ค่า 0.5208 ซึ่งค่าความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟของแบบ RSS-TH-RDB, RSS-TH-RSS และ RSS-TH-FQB ให้ค่าต่ำรองลงมาตามลำดับที่ค่า 0.5604, 0.5732 และ 0.5902 โดยทั้ง 3 ลำดับให้ค่าสูงกว่าแบบแผนที่นำเสนอคิดเป็นร้อยละ 7.6037, 10.0614, 13.3257

จากผลการจำลองแบบข้างต้นเมื่อเรานำค่าความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่ของแบบแผนการตัดสินใจทั้ง 4 มาพิจารณาค่าเฉลี่ยที่สถานะคงที่จะได้ค่าดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยที่สถานะคงที่ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่

Motion Cases	Proposed Scheme	RSS-TH-FQB	RSS-TH-RDB	RSS-TH-RSS
Case 1	0.3554	0.5401	0.5134	0.3756
Case 2	0.3668	0.4961	0.3492	0.3580
Case 3	0.3562	0.4663	0.3277	0.3502

เมื่อนำมาเปรียบเทียบแยกตามแบบแผนการตัดสินใจ เพื่อศึกษาถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยที่สถานะคงที่ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่ของทั้ง 4 แบบจะได้ดังรูปที่ 4.24



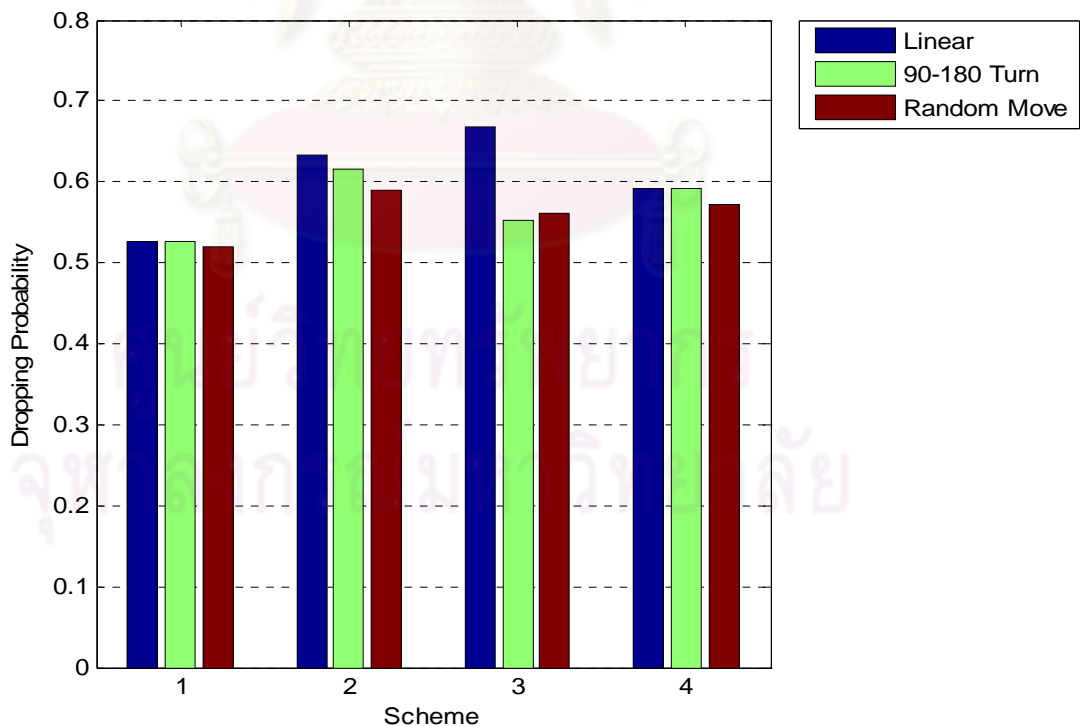
รูปที่ 4.24 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่สถานะคงที่ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่

เมื่อเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่แยกตามแบบแผนการตัดสินใจ
จากผลการจำลองแบบข้างต้นเมื่อนำค่าความน่าจะเป็นการปฏิบัติการแฮนด์ออฟของ
แบบแผนการตัดสินใจทั้ง 4 มาพิจารณาค่าเฉลี่ยที่สถานะคงที่จะได้ค่าดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยที่สถานะคงที่ความน่าจะเป็นการปฏิบัติการแฮนด์ออฟ

Motion Cases	Proposed Scheme	RSS-TH-FQB	RSS-TH-RDB	RSS-TH-RSS
Case 1	0.5256	0.6340	0.6680	0.5922
Case 2	0.5255	0.6155	0.5522	0.5917
Case 3	0.5208	0.5902	0.5604	0.5732

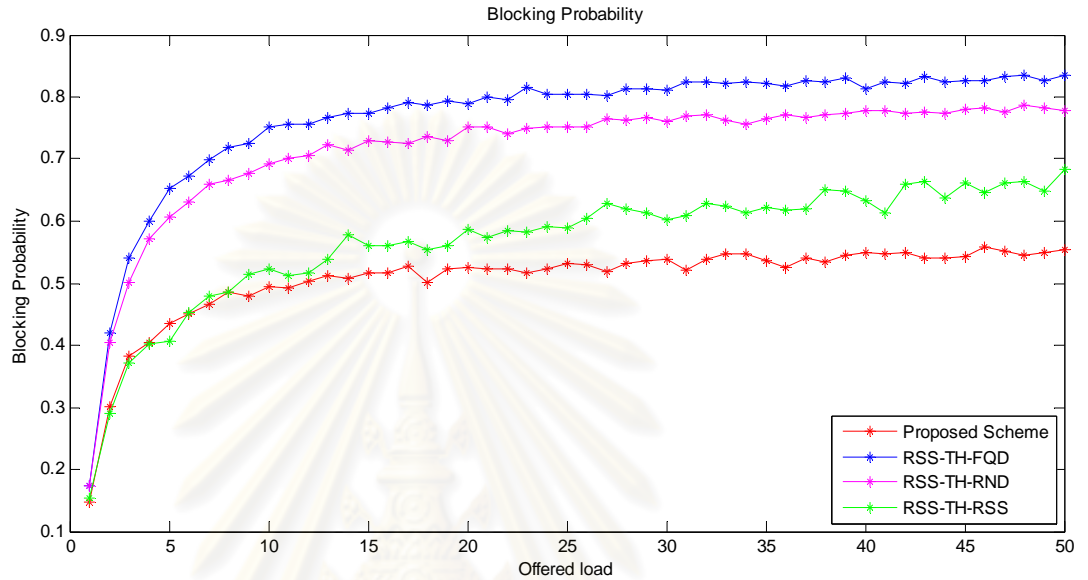
เมื่อนำมาเปรียบเทียบแยกตามแบบแผนการตัดสินใจ เพื่อศึกษาถึงแนวโน้มการ
เปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยความน่าจะเป็นการปฏิบัติการแฮนด์ออฟของทั้ง 4 แบบจะได้ดังรูปที่ 4.25



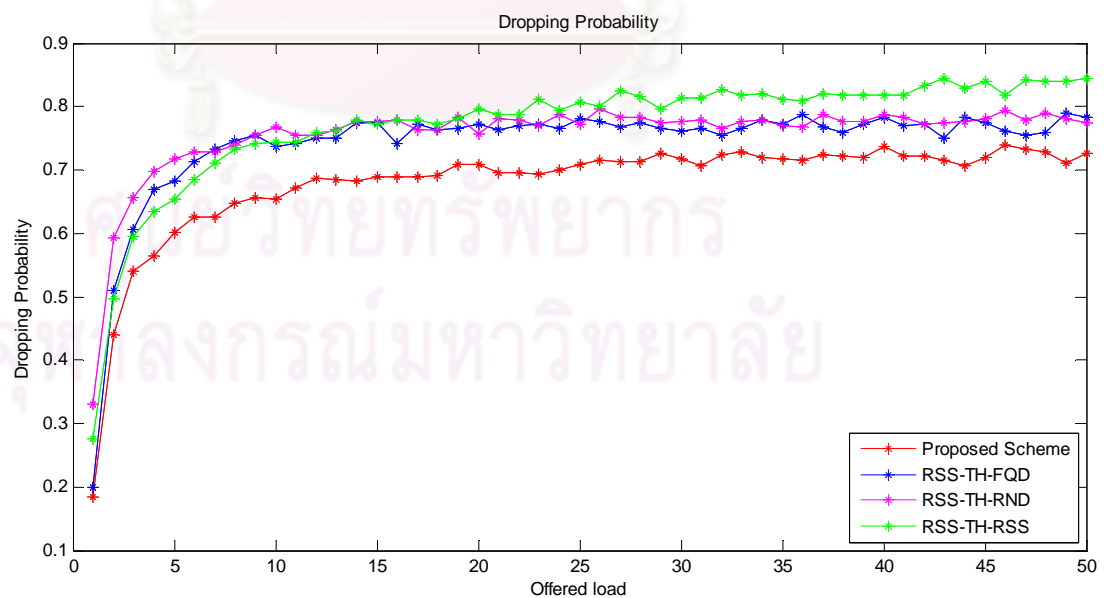
รูปที่ 4.25 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่สถานะคงที่ความน่าจะเป็นการปฏิบัติการแฮนด์ออฟ
เมื่อเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่แยกตามแบบแผนการตัดสินใจ

เมื่อเราทำการพิจารณาค่าความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่ และค่าความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟ โดยศึกษาจากผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณทราฟฟิกที่เข้าสู่ระบบจะได้ ดังรูปที่ 4.26-4.31

(1) กรณีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

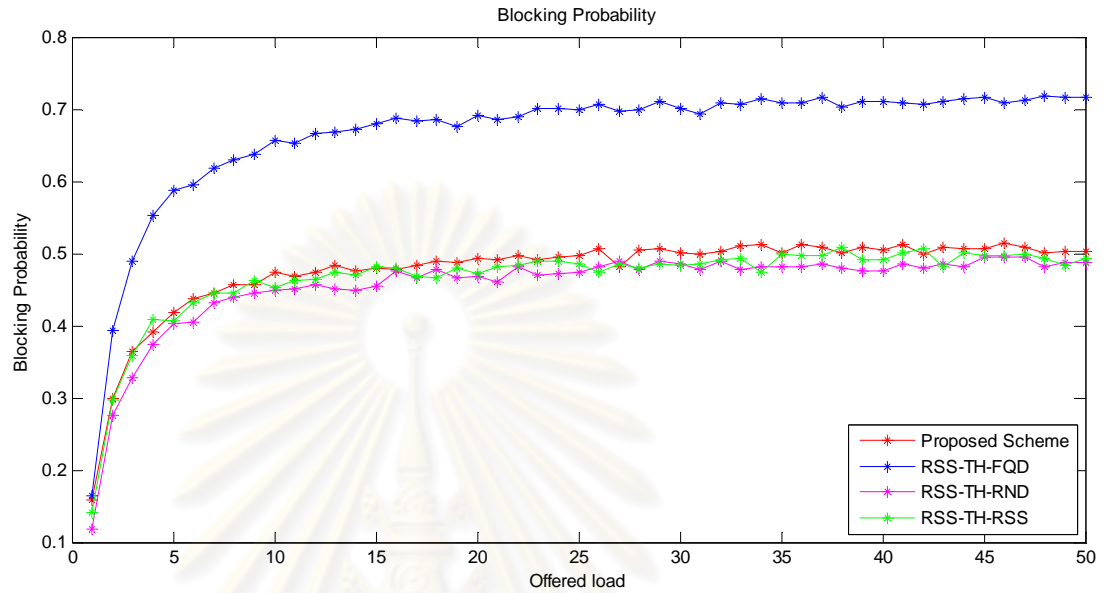


รูปที่ 4.26 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่กับวิธีดั้งเดิม 3 วิธี
กรณีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

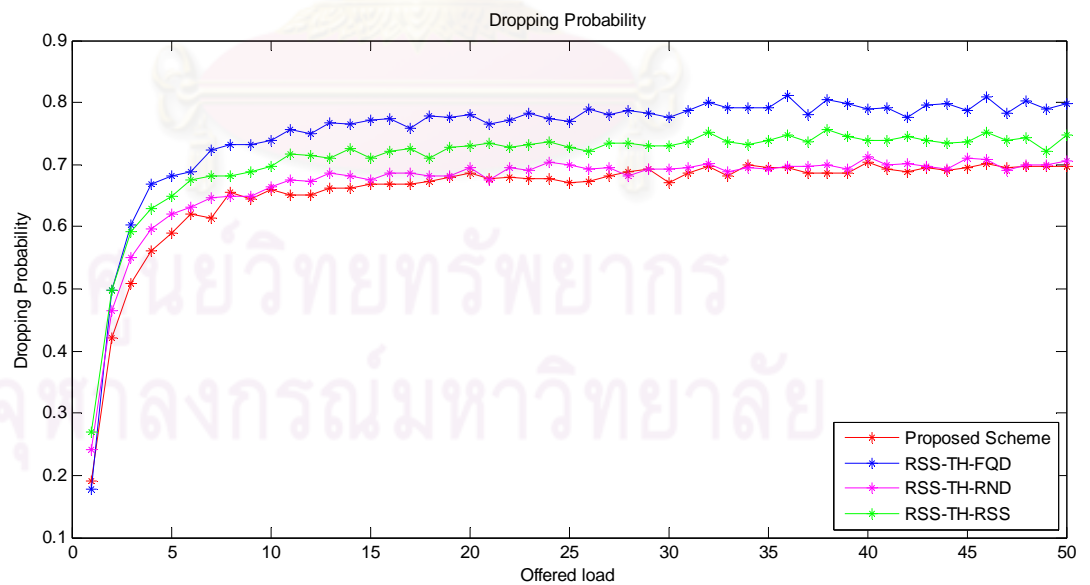


รูปที่ 4.27 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟกับวิธีดั้งเดิม 3 วิธี
กรณีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

(2) กรณีการเคลื่อนที่แบบเลี้ยว 90 องศา และ 180 องศา

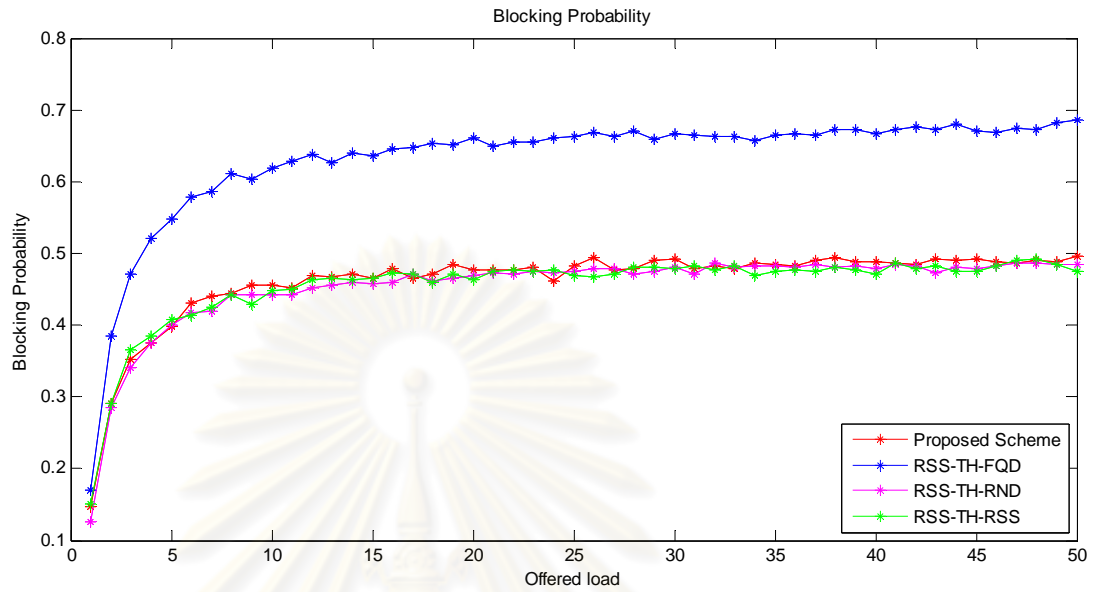


รูปที่ 4.28 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่กับวิธีดั้งเดิม 3 วิธี
กรณีการเคลื่อนที่แบบเลี้ยว 90 องศา และ 180 องศา

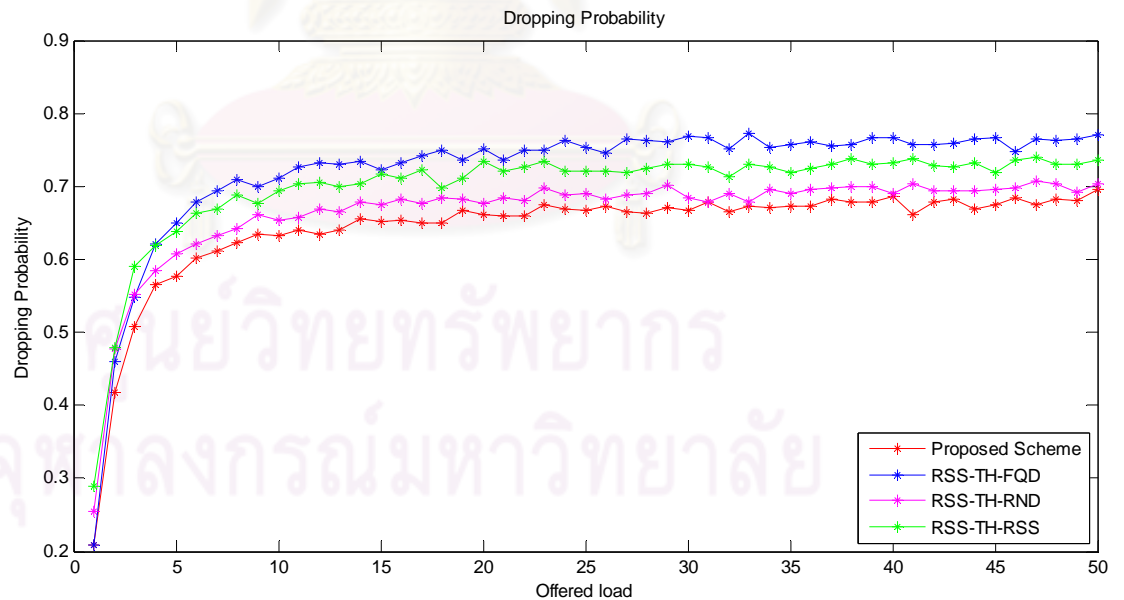


รูปที่ 4.29 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟกับวิธีดั้งเดิม 3 วิธี
กรณีการเคลื่อนที่แบบเลี้ยว 90 องศา และ 180 องศา

(3) กรณีการเคลื่อนที่แบบอิสระที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในทุกทิศทาง (0-360 องศา)



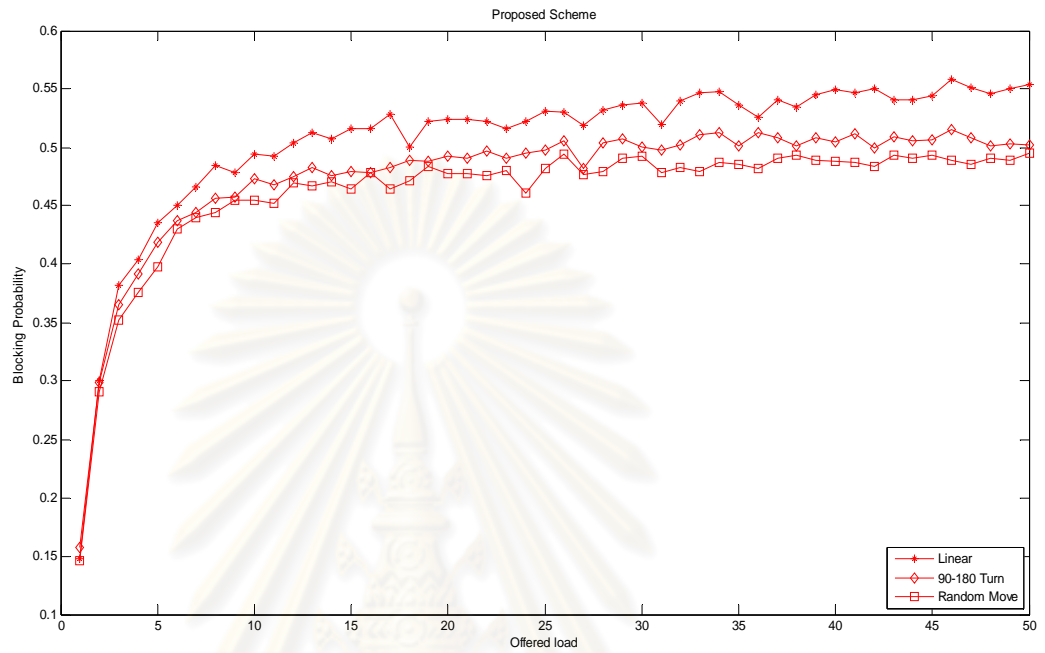
รูปที่ 4.30 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่กับวิธีดั้งเดิม 3 วิธีกรณีการเคลื่อนที่แบบอิสระที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในทุกทิศทาง (0-360 องศา)



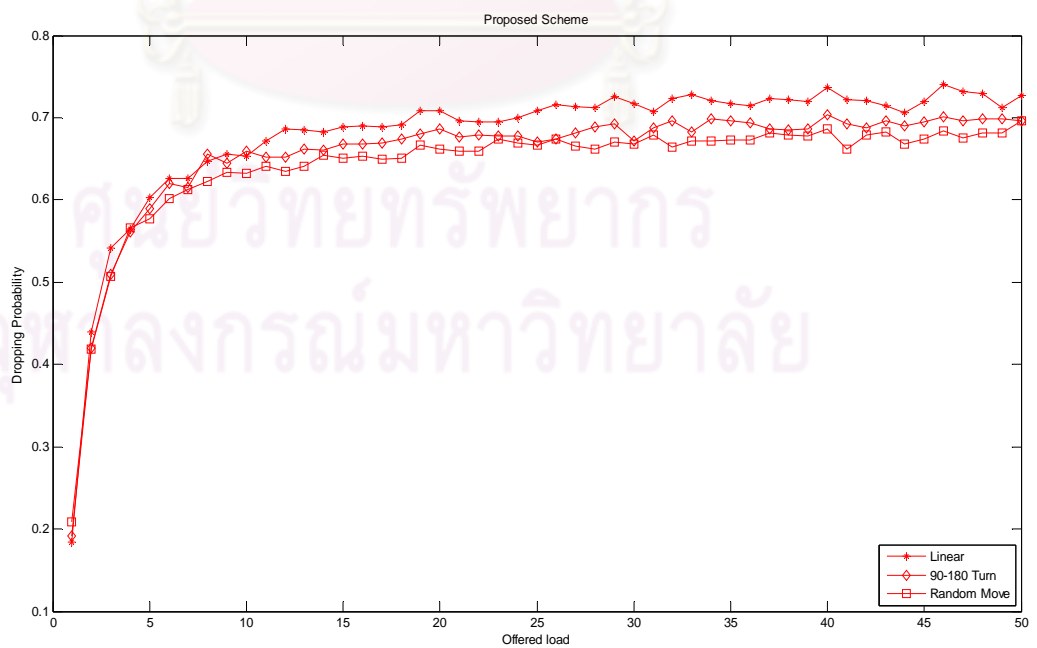
รูปที่ 4.31 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟกับวิธีดั้งเดิม 3 วิธีกรณีการเคลื่อนที่แบบอิสระที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในทุกทิศทาง (0-360 องศา)

เมื่อนำผลการจำลองแบบมาทำการเปรียบเทียบแยกตามแบบแผนเพื่อศึกษาถึงผลของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเคลื่อนที่ที่มีในแต่ละแบบแผนจะได้ดังรูปที่ 4.32-4.39

(1) แบบแผนที่น่าเสนอ

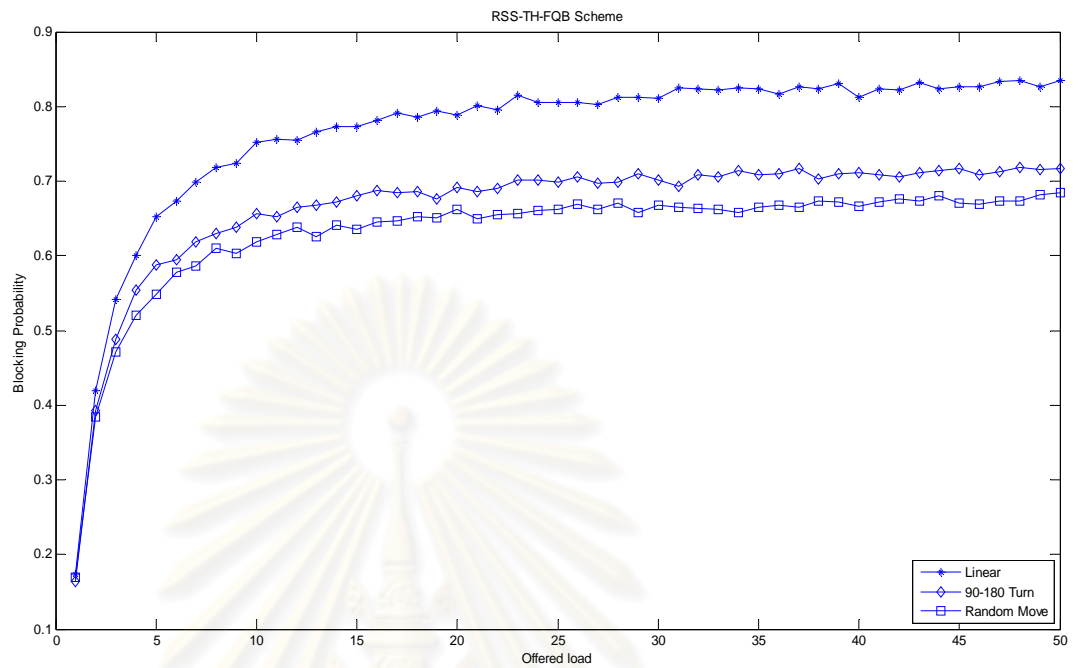


รูปที่ 4.32 ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่แบบแผนที่น่าเสนอ

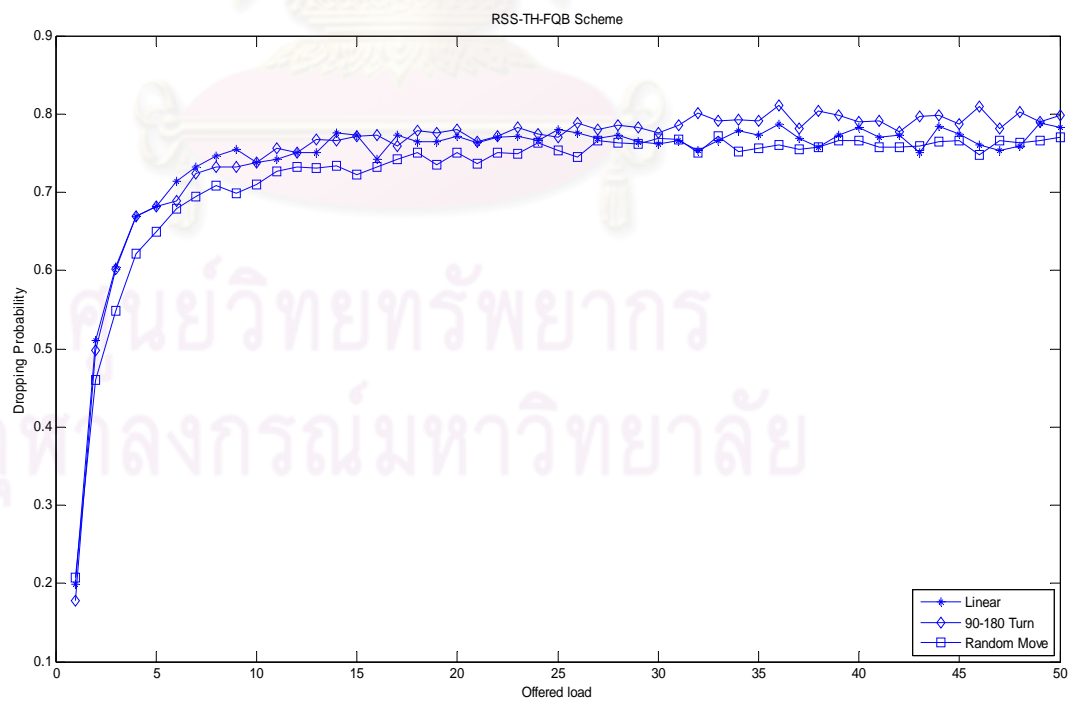


รูปที่ 4.33 ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟแบบแผนที่น่าเสนอ

(2) แบบแผน RSS-TH-FQB

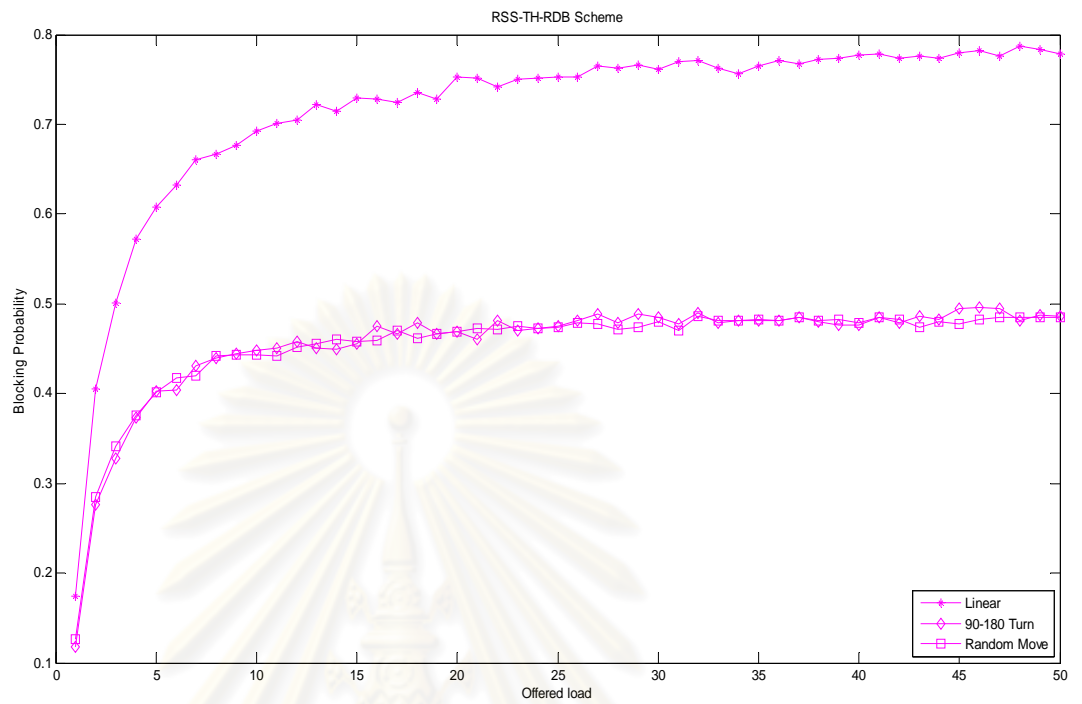


รูปที่ 4.34 ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่แบบแผน RSS-TH-FQB

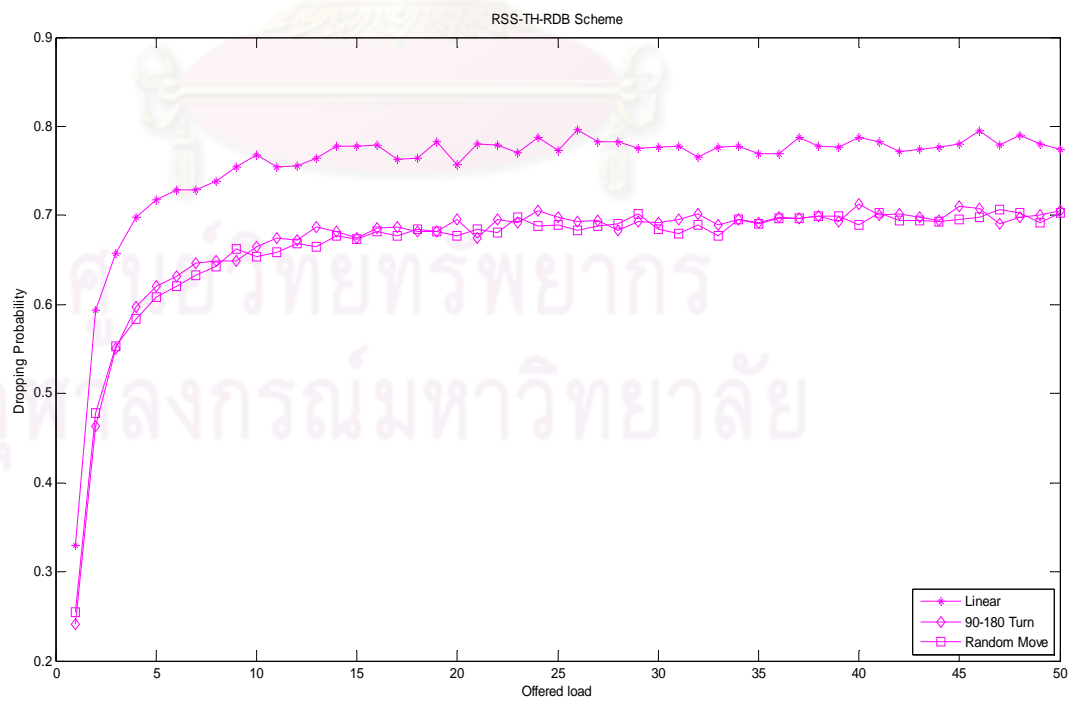


รูปที่ 4.35 ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเสด็จออกแบบแผน RSS-TH-FQB

(3) แบบแผน RSS-TH-RDB

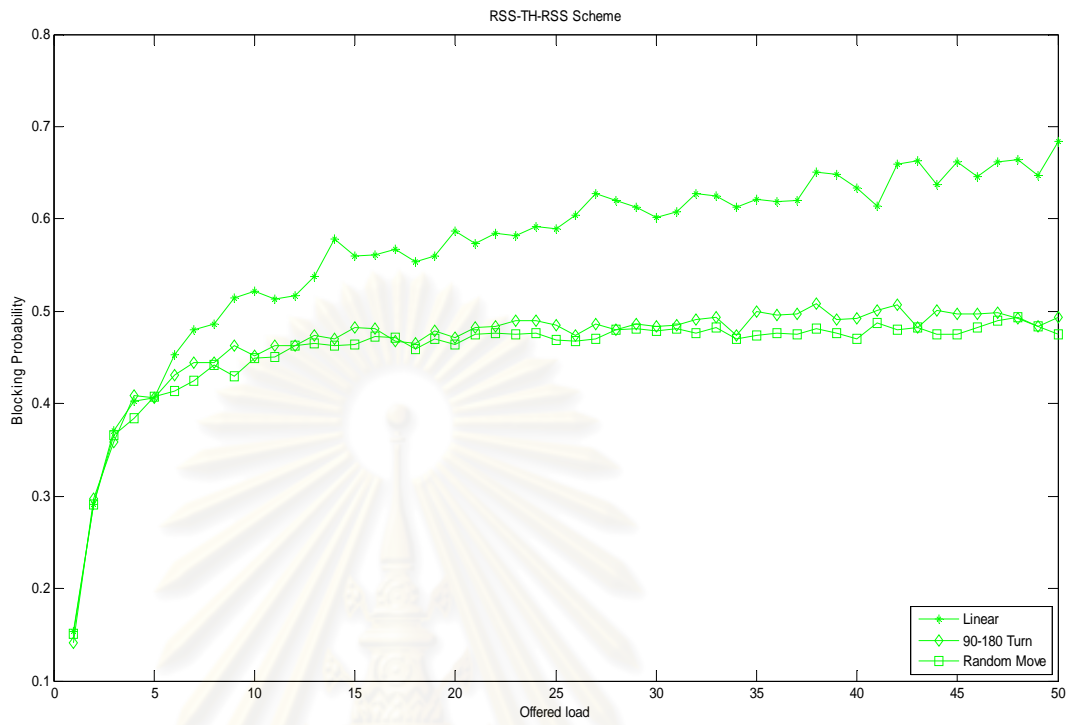


รูปที่ 4.36 ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่แบบแผน RSS-TH-RDB

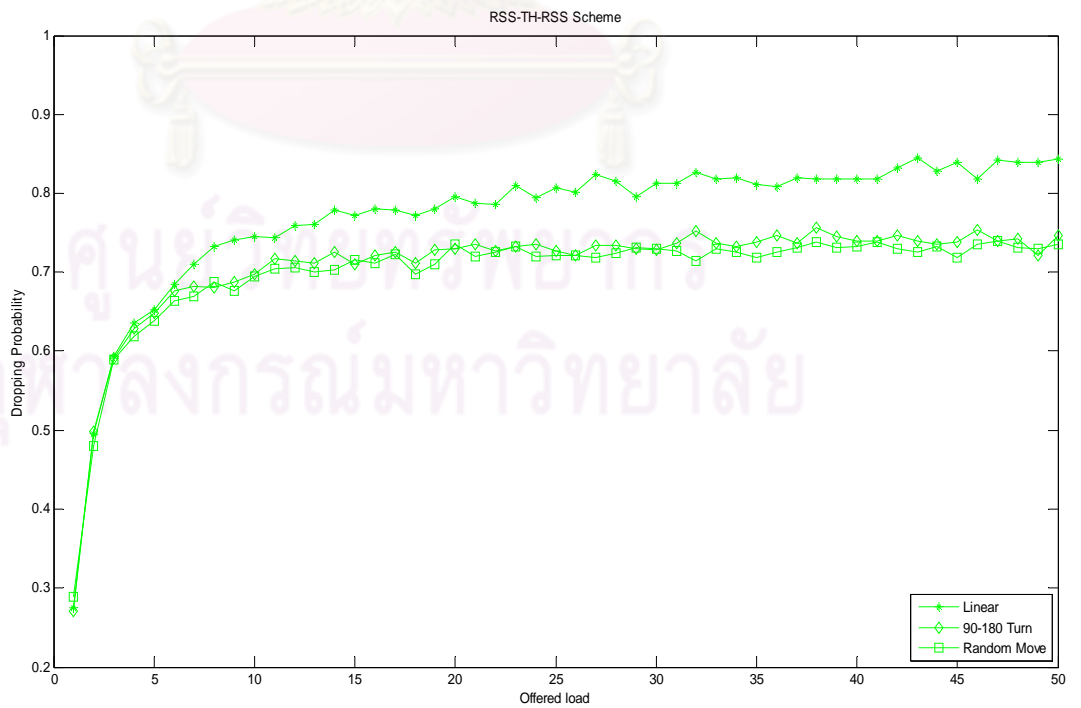


รูปที่ 4.37 ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเสด็จออกแบบแผน RSS-TH-FDB

(4) แบบแผน RSS-TH-RSS



รูปที่ 4.38 ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่แบบแผน RSS-TH-RSS



รูปที่ 4.39 ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเสวนด์ออฟแบบแผน RSS-TH-RSS

4.2.4.2 วิเคราะห์ผลการจำลองแบบความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่ และความน่าจะเป็นการปฏิเสธในการแฮนด์ออฟ

พิจารณาผลการเปลี่ยนแปลงของจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟที่เกิดกับแบบแผนการตัดสินใจทั้ง 4 แบบแผนในการเคลื่อนที่ทั้ง 3 กรณี

จากผลการจำลองแบบจะเห็นว่าแบบแผนที่นำเสนอให้ค่าความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟที่ดี (น้อย) เมื่อเปรียบเทียบกับแบบแผนทั้ง 3 แบบแผน และมีการเปลี่ยนแปลง โดยให้ค่าความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟน้อยลงในทั้ง 3 กรณีเมื่อมีการเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่

ในส่วนการลดลงของความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟนั้นเกิดขึ้นกับทั้ง 4 แบบแผน สำหรับแบบแผนที่มีการลดลงอย่างชัดเจนมากที่สุดได้แก่ แบบแผน RSS-TH-RDB และรองลงมาคือ แบบแผน RSS-TH-RSS ซึ่งทั้ง 2 แบบแผนจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงกับรูปแบบการเคลื่อนที่แบบเลี้ยว 90 และ 180 องศา แต่กลับมีการเปลี่ยนแปลงลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบการเคลื่อนที่แบบเลี้ยว 90 และ 180 องศา และการเคลื่อนที่แบบอิสระที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในทุกทิศทาง (0-360 องศา) สำหรับแบบแผนที่นำเสนอและแบบแผน RSS-TH-FQB จะมีการเปลี่ยนแปลงค่อยลดลงตามลำดับในทั้ง 3 รูปแบบการเคลื่อนที่

การลดลงของความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟนั้นเกิดจากโอกาสการกระจายตัวของ MS ที่มากขึ้นในตำแหน่งต่าง ๆ ทำให้ค่าการกระจายตัวการใช้งานเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการลดลงของค่าความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟ แต่สำหรับแบบแผน RSS-TH-RDB ในรูปแบบการเคลื่อนที่กรณีทั้ง 2 และ 3 ผลการตัดสินใจจะทำการกระจายการใช้งาน BS ไปในตัวทำให้การกระจายการใช้งานไม่ต่างกันมาก จึงมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของค่าความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟ ส่วนแบบแผน RSS-TH-RSS ผลจากการพิจารณาจากค่า RSS ทำให้การกระจายตัวในรูปแบบสัมพันธ์กับระยะห่าง BS กับ MS ซึ่งรูปแบบการกระจายการใช้งานก็จะไม่เปลี่ยนไปมากเช่นกันทำให้ค่าความน่าจะเป็นการปฏิเสธการแฮนด์ออฟมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

ในส่วนของแบบแผนที่นำเสนอและแบบแผน RSS-TH-FQB มีลักษณะการกระจายการใช้งานที่ดีอยู่แล้วเป็นผลมาจากพารามิเตอร์ ABW จึงมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตามลำดับการเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่ส่วนการที่แบบแผน RSS-TH-FQB ให้ค่าความน่าจะเป็นการปฏิบัติการแฮนด์ออฟที่สูงกว่าส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟที่มากกว่า

สำหรับค่าความน่าจะเป็นการปฏิบัติการเรียกใหม่จากผลการจำลองแบบ จะให้ค่าความน่าจะเป็นการปฏิบัติการเรียกใหม่ที่ต่ำกว่าค่าความน่าจะเป็นการปฏิบัติการแฮนด์ออฟ แต่หากพิจารณาจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงจะเห็นว่าแบบแผน RSS-TH-RDB, แบบแผน RSS-TH-RSS และแบบแผน RSS-TH-FQB มีการเปลี่ยนแปลงค่าความน่าจะเป็นการปฏิบัติการเรียกใหม่มากที่สุดตามลำดับเมื่อมีการเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่จากกรณีที่ 1 มาเป็นกรณีการเคลื่อนที่แบบที่ 2 และ 3 ส่วนแบบแผนที่นำเสนอ นั้น มีการเปลี่ยนแปลงแบบลดลงอย่างเป็นลำดับซึ่งเป็นผลเช่นเดียวกับการพิจารณาค่าความน่าจะเป็นการปฏิบัติการแฮนด์ออฟ ซึ่งเราจะเห็นได้ว่าค่าความน่าจะเป็นการปฏิบัติการเรียกใหม่ และค่าความน่าจะเป็นการปฏิบัติการแฮนด์ออฟ มีลักษณะแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปทางเดียวกัน โดยแตกต่างกันในแต่ละแบบแผนอันเป็นผลมาจากการพิจารณาการเลือก BS ที่ต่างกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาแบบแผนการตัดสินใจการแฮนด์ออฟฟแนวตั้ง ของโครงข่ายไร้สายแบบวิวิธพันธุ์ในยุคปัจจุบัน โดยนำเทคโนโลยีโครงข่ายไร้สาย มาทำการเปรียบเทียบถึงความสามารถและข้อแตกต่างแล้วทำการออกแบบและเลือกค่าพารามิเตอร์ที่จะนำมาใช้ประกอบในแบบแผนการตัดสินใจ เพื่อให้สอดคล้องกับบริการและความต้องการของผู้ใช้งาน

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอให้มีการนำข้อมูลทางพิกัดและความเร็วจากระบบ GPS (Global Positioning System) มาใช้พิจารณาร่วมในแบบแผนการตัดสินใจในการแฮนด์ออฟฟ เพื่อตรวจสอบพิจารณาช่วงการแฮนด์ออฟฟที่เหมาะสม เพื่อลดจำนวนครั้งของการแฮนด์ออฟฟที่ไม่จำเป็น ซึ่งเกิดจากความแปรปรวนของค่าความแรงสัญญาณ และการเปลี่ยนแปลงทิศทางของผู้ใช้งานในขณะเคลื่อนที่

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอแบบแผนการแฮนด์ออฟฟโดยอาศัยกระบวนการ FQDA (Fuzzy-Logic theory based Quantitative Decision Algorithm) โดยทำการพิจารณาค่า พารามิเตอร์ร่วมกัน 4 ค่าเพื่อใช้ในการตัดสินใจแฮนด์ออฟฟ ได้แก่

1. ค่าความแรงของสัญญาณ (Receive Signal Strength:RSS)
2. จำนวนช่องสัญญาณที่สามารถใช้งานได้ (Available Bandwidth: ABW)
3. อัตราค่าบริการ (Cost of Service: C)
4. เวลาที่คาดว่าจะอยู่ในระบบ (Residual Time:RT)

ประสิทธิภาพของแบบแผนการตัดสินใจการแฮนด์ออฟฟ สามารถวัดได้โดยการตรวจสอบจากการจำลองแบบ เปรียบเทียบกับแบบแผนการตัดสินใจการแฮนด์ออฟฟที่ได้มีการเสนอมาก่อนอีก 3 แบบแผนการตัดสินใจ โดยในการจำลองแบบเราตรวจสอบประสิทธิภาพจากค่าดังต่อไปนี้

1. จำนวนครั้งการแฮนด์ออฟฟ (Number of Handoff: N_H)
2. โหลดทราฟฟิกที่รองรับได้ (Carried Traffic: T_C)
3. ความน่าจะเป็นของการติดขัดสำหรับการเรียกที่เกิดใหม่ (Blocking Probability: B_p)

4. ความน่าจะเป็นของการตัดขาดสำหรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ
(Dropping Probability: D_p)
5. การกระจายทรัพยากรทังก์ (Trunk Resource Distribution: TRD)

จากผลการจำลองแบบ พบว่าแบบแผนการตัดสินใจการแฮนด์ออฟด้วยวิธีที่นำเสนอให้ค่าจำนวนครั้งการแฮนด์ออฟ ที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการแบบแผนการตัดสินใจอีก 3 แบบแผนได้แก่ RSS-TH-RND, RSS-TH-RND และ FQDA ซึ่งจำนวนครั้งในการแฮนด์ออฟที่น้อยลงนี้เป็นผลจากระบวนการ PMD และการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ RT นอกจากนี้แบบจำลองที่นำเสนอยังสามารถช่วยลด ความน่าจะเป็นการปฏิเสธการเรียกใหม่และความน่าจะเป็นการปฏิเสธในการแฮนด์ออฟ ให้อยู่ในระดับที่น่าพอใจเมื่อเปรียบเทียบกับแบบแผนอื่น ๆ โดยเฉพาะค่าความน่าจะเป็นการปฏิเสธในการแฮนด์ออฟซึ่งผลจากการพิจารณาพารามิเตอร์ ABW จะมีส่วนช่วยในการพิจารณาเลือกโครงข่ายที่มีค่า ABW สูงทำให้โอกาสที่จะเกิดการปฏิเสธน้อยลง ในส่วนของการกระจายทรัพยากรทังก์นั้น มีการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ ABW ในกระบวนการ FQDA ทำให้มีการกระจายการใช้งานทรัพยากรอย่างทั่วถึง หากเปรียบเทียบกับแบบแผนอื่นแต่ถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ส่วนของค่าโหลดทราฟฟิกที่รองรับได้ แบบแผนที่นำเสนอสามารถรองรับทราฟฟิกได้ในระดับค่อนข้างดี นอกจากนี้ผลของการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่ แสดงให้เห็นว่าแบบแผนที่นำเสนอมีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเคลื่อนที่

จากการประเมินสมรรถนะได้แสดงให้เห็นถึงผลกระทบจากปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อตัวชี้วัดทั้ง 5 ตัว ในเบื้องต้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาผลของ จำนวนผู้ใช้ อัตราการเข้าใช้งาน และรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ ซึ่งงานวิจัยในอนาคตสามารถศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ นี้ในเชิงลึกโดยละเอียด โดยอิงจากแบบจำลองในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้

ศูนย์วิจัยโทรพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 ข้อเสนอแนะ

หัวข้อที่ควรศึกษาและวิจัยต่อไปในอนาคต

1. การประยุกต์ฟังก์ชันสมาชิกจากกระบวนการ FQDA

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้พิจารณาและทดสอบโดยใช้ ฟังก์ชันสมาชิกแบบสามเหลี่ยม ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตสามารถทดสอบแบบแผนการแฮนด์ออฟ โดยพิจารณาจาก ฟังก์ชันสมาชิกแบบอื่น ๆ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบ ผลที่เกิดจากการปรับเปลี่ยน ฟังก์ชันสมาชิก

2. การพิจารณาพารามิเตอร์เพิ่มเติมที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการพิจารณาพารามิเตอร์ 4 ค่า นั่นคือ RT, C, ABW และ RSS โดยถือได้ว่าเป็นการพิจารณาจากมุมมองของผู้ใช้งานเป็นส่วนใหญ่ โดยเราสามารถพิจารณาพารามิเตอร์เพิ่มเติม จากมุมมองของผู้ให้บริการเพื่อช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพในการบริหารและจัดการโครงข่ายในระบบ

3. การศึกษาตัวชี้วัดสมรรถนะเพิ่มเติมในประเด็นอื่น ๆ

การประเมินสมรรถนะที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ พิจารณาจาก ค่า Number of Handoff, Carried Traffic, Trunk Resource Distribution, Blocking Probability และ Dropping Probability แนวทางหนึ่งในการวิจัย คือการพิจารณาค่าตัวชี้วัดเพิ่มเติมเพื่อมาทำการเปรียบเทียบในแง่มุมมองอื่น ที่สามารถแสดงถึงประสิทธิภาพ หรือคุณภาพการให้บริการ เพื่อให้ครอบคลุมการประเมินสมรรถนะในทุกด้าน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

- [1] Shyam Lal, and Panwar, D. K. Coverage Analysis of Handoff Algorithm with Adaptive Hysteresis Margin. Information Technology, (ICIT 2007). 10th International Conference, 17-20 Dec. 2007: 133 – 138.
- [2] McNair, J., and Zhu, F. Vertical Handoffs in Fourth-generation Multi-network Environment. IEEE WirelessCommunications, 11, 3, June 2004.
- [3] Feng He, and Furong Wang. Position Aware Vertical Handoff Decision Algorithm in Heterogeneous Wireless Networks. Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008. WiCOM '08. 4th International Conference 12-14 Oct. 2008: 1 – 5.
- [4] Kwong, C. F., Lee, S. W., and Sim, M. L. Mobility Management Incorporating Pattern Recognition in the Handoff Decision. Advanced Computer Control, 2009. ICACC '09. International Conference, 22-24 Jan. 2009: 737 – 741.
- [5] Yu Liu, Chi Zhou. A Vertical Handoff Decision Algorithm (VHDA) and a Call Admission Control (CAC) policy in integrated network between WiMax and UMTS. Communications and Networking in China, 2007. CHINACOM '07. Second International Conference, 22-24 Aug. 2007: 1063 – 10686.
- [6] Nay, P., and Chi Zhou. Vertical Handoff Decision Algorithm for Integrated UMTS and LEO Satellite. Networks, Communications and Mobile Computing 2009. CMC '09. WRI International Conference 2, 6-8 Jan. 2009: 180 – 184.
- [7] Nkansah-Gyekye, Y., and Agbinya, J. I. Vertical Handoff Decision Algorithm for UMTS-WLAN. Wireless Broadband and Ultra Wideband Communications, 2007. AusWireless 2007. The 2nd International Conference 27-30 Aug. 2007: 37 – 38.

- [8] Liu Xia, Ling-ge Jiang, and Chen He. A Novel Fuzzy Logic Vertical Handoff Algorithm with Aid of Differential Prediction and Pre-Decision Method. Communications 2007. ICC '07. IEEE International Conference 24-28 June 2007: 5665 – 5670.
- [9] Liu Xia, Jiang Ling-ge, He Chen, and Liao Hong-wei. An intelligent vertical handoff Algorithm in heterogeneous wireless networks. Neural Networks and Signal Processing, 2008 International Conference 7-11 June 2008: 550 – 555.
- [10] Ylianttila, M., Makela, J., and Pahlavan, K. Analysis of handoff in a location-aware vertical multi-access network. Computer Networks 47, 2005: 185-201.
- [11] Feng He, and Furong Wang. Position Aware Vertical Handoff Decision Algorithm in Heterogeneous Wireless Networks Wireless Communications. Networking and Mobile Computing, 2008. WiCOM '08. 4th International Conference 12-14 Oct. 2008: 1 – 5.
- [12] Chang, B. J., and Chen, J. F. Cross-Layer-Based Adaptive Vertical Handoff with Predictive RSS in Heterogeneous Wireless Networks. IEEE Trans. on Vehicular Technology 57, November 2008: 3679 – 3692.
- [13] Betancur, L., Hincapié, R. C., and Bustamante, R. WiMAX Channel-PHY Model in Network Simulator 2. Workshop on ns-2: the IP Network Simulator Proceeding October 2006: 1-8.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายณัฐกร จำปาวัลย์ เกิดเมื่อวันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดอุบลราชธานี จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนเบ็ญจะมะมหาราช และมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2548 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551 โดยศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับแบบแผนการตัดสินใจแฮนด์ออฟแนวตั้งภายในโครงข่ายสื่อสารเคลื่อนที่แบบวีวีดีพีเอ็นยู มีบทความที่ได้รับการเผยแพร่ดังนี้

บทความทางวิชาการจากการประชุม ICT_CSCC 2010 (The 25th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications) ซึ่งจัดขึ้นระหว่างวันที่ 4-7 กรกฎาคม พ.ศ. 2553 ณ โรงแรม Ambassador City Jomtien จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย

บทความทางวิชาการจากการประชุม IEICE-IA (The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers – Internet Architecture) ซึ่งจัดขึ้นระหว่างวันที่ 28 - 29 ตุลาคม พ.ศ. 2553 ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย