

การควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์โดยการใช้ค่าสถิติ  
จากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้



นายเศรษฐา รพีพันธุ์

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

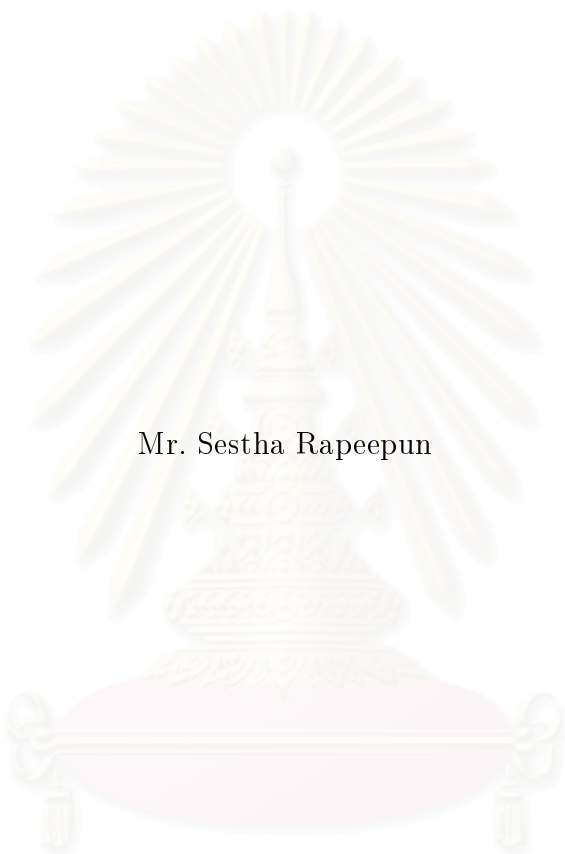
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN: 974-17-5179-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CALL ADMISSION CONTROL IN CELLULAR NETWORK USING  
STATISTICS FROM USER MOBILITY MODEL



Mr. Sestha Rapeepun

สถาบันวิทยบริการ  
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

Academic Year 2005

ISBN: 974-17-5179-6



เศรษฐา รพีพันธุ์ : การควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์โดยใช้ค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้ (CALL ADMISSION CONTROL IN CELLULAR NETWORK USING STATISTICS FROM USER MOBILITY MODEL) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. เซวาน์ดิศ อัสวกุล, 64 หน้า. ISBN: 974-17-5179-6.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอการควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์ที่ใช้ค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้ กระบวนการที่เสนอนำมาซึ่งความสำคัญของการนำไปประยุกต์ใช้ในโครงข่ายเซลลูลาร์จริง โดยแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้ที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คำนวณจากข้อมูลเวลาการใช้บริการในแต่ละเซลล์ของผู้ใช้บริการแต่ละคน เนื่องจากผู้ให้บริการทุกรายต้องเก็บข้อมูลเหล่านี้สำหรับการคิดค่าบริการ จากข้อมูลเวลาใช้บริการสามารถคำนวณ *แบนด์วิทว่างประสิทธิผล* ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ใหม่สำหรับนำไปใช้การควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทดสอบการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอโดยใช้การจำลองสถานการณ์แบบเหตุการณ์เต็มหน่วย โดยเปรียบเทียบการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอกับการควบคุมการตอบรับการเรียกมาตรฐานที่ตอบรับการเรียกใหม่ทุกครั้งเมื่อมีจำนวนแบนด์วิทว่างเพียงพอโดยไม่พิจารณาถึงผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอสามารถใช้ควบคุมความน่าจะเป็นการบล็อกการเรียกใหม่ ความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟ และอัตราส่วนการใช้ทรัพยากร โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ขีดเริ่มเปลี่ยน นอกจากนี้กระบวนการที่เสนอยังช่วยปรับปรุงอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ และความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟให้ดียิ่งขึ้น จากนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เปรียบเทียบการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอกับการควบคุมการตอบรับการเรียกแบบสำรองช่องสัญญาณคงที่ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอมีประสิทธิภาพดีกว่าการควบคุมการตอบรับการเรียกแบบสำรองช่องสัญญาณคงที่ สำหรับทุกค่าพารามิเตอร์คุณภาพการให้บริการที่นำมาพิจารณา

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....  
 สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
 ปีการศึกษา 2548

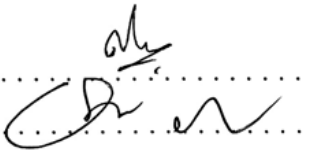
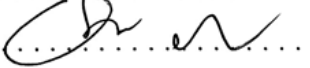
# # 447 06521 21 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD: CALL ADMISSION CONTROL/ MULTISERVICE CELLULAR NETWORK / USER MOBILITY.

SESTHA RAPEEPUN : CALL ADMISSION CONTROL IN CELLULAR NETWORK USING STATISTICS FROM USER MOBILITY MODEL. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. CHAODIT ASWAKUL, Ph.D., 64 pp. ISBN: 974-17-5179-6.

In this thesis, Call admission control (CAC) in cellular network using statistics from user mobility model has been proposed. This thesis considers the importance of implementability in real cellular networks. The proposed mobility model in this thesis can be calculated from the service time within each cell of individual users because every service provide must have this information available for their billing process. With this service time information, the so-called *mobility-based effective available bandwidth* can be easily obtained as a new parameter introduced for the CAC of this thesis.

To evaluate the performance of proposed CAC, an elaborated discrete-event simulation experiment has been carried out. A comparison has been made between the proposed CAC and a standard CAC that accepts every new call whenever there is sufficient bandwidth without considering any effect of user mobility. The obtained results suggest that the proposed CAC can efficiently control the probability of new call and handoff blocking as well as the network utilization. Fine tuning of CAC can be achieved by the appropriate selection of bandwidth's threshold parameter. Moreover, the proposed CAC can achieve significant improvements in the good utilization of network and the successful call probability. Finally, this thesis has compared the proposed CAC with a fixed guard channel CAC. Practical results obtained in this research show that the proposed CAC results in a better performance for all the quality of service parameters here in considered.

<b>Department</b>	Electrical Engineering	<b>Student's signature</b> .....	
<b>Field of study</b>	Electrical Engineering	<b>Advisor's signature</b> .....	
<b>Academic year</b>	2005		

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้ สำเร็จ ลุล่วง ไป ได้ ด้วย คำแนะนำ และ ความ ช่วยเหลือ อย่าง ดี ยิ่ง จาก อาจารย์ ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ ผศ. ดร.เชาวน์ดิศ อิศวกุล ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบคุณมา ณ ที่นี้

ขอบคุณโครงการเสริมสร้างความเชื่อมโยงระหว่างภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและภาคเอกชนทางด้านการศึกษาและพัฒนา (Cooperation Project Between Department of Electrical Engineering and Private Sector for Research and Development) ที่สนับสนุนเงินทุนสำหรับการทำงานวิจัย

ขอบคุณศูนย์เชี่ยวชาญเทคโนโลยีระบบโทรคมนาคม (Center of Excellence in Telecommunication System) สถานที่ทำงานวิจัย รวมทั้งเพื่อนนักวิจัยทุกคน

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ บิดา มารดา รวมทั้งน้องชาย ซึ่งได้ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย . . . . .	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ . . . . .	จ
กิตติกรรมประกาศ . . . . .	ฉ
สารบัญ . . . . .	ช
สารบัญตาราง . . . . .	ฌ
สารบัญภาพ . . . . .	ญ
1 บทนำ . . . . .	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา . . . . .	1
1.2 แนวทางของวิทยานิพนธ์ . . . . .	3
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิทยานิพนธ์ . . . . .	3
1.4 ขอบเขตวิทยานิพนธ์ . . . . .	4
1.5 ขั้นตอนดำเนินงาน . . . . .	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ . . . . .	4
1.7 ประมวลวิทยานิพนธ์ . . . . .	5
2 หลักการและทฤษฎี . . . . .	6
2.1 โครงข่ายเซลล์ลาร์ . . . . .	6
2.2 การวัดสมรรถนะของระบบ . . . . .	6
2.3 แบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้ . . . . .	8
2.4 การควบคุมการตอบรับการเรียกที่ใช้แนวคิดกลุ่มเงา . . . . .	9
2.4.1 งานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา . . . . .	9
2.4.2 งานวิจัยการใช้การบีบอัดข้อมูลกับแนวคิดกลุ่มเงา . . . . .	13
2.4.3 งานวิจัยแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ที่สนับสนุนแนวคิดกลุ่มเงา . . . . .	14
2.4.4 งานวิจัยฟังก์ชันความน่าจะเป็นการเข้าถึงเซลล์ที่พัฒนามาจากแนวคิดกลุ่มเงา . . . . .	15
2.5 ปัญหาที่พบจากงานวิจัยในอดีต . . . . .	17
2.6 สรุป . . . . .	17
3 การควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลล์ลาร์โดยการใช้ค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้ . . . . .	18
3.1 พารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่ . . . . .	18

3.2	ค่าเบนด์วิท่างประสิทธิผลเมื่อพิจารณาผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ในโครงข่ายสำหรับผู้ ขอใช้บริการใหม่ . . . . .	20
3.3	การควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์โดยการใช้ค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพ เคลื่อนที่ของผู้ใช้ . . . . .	22
3.4	โปรแกรมจำลองสถานการณ์ . . . . .	23
3.5	สรุป . . . . .	24
4	ผลการทดสอบ . . . . .	25
4.1	การพิจารณาผลจากการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ซีดีเริ่มเปลี่ยน . . . . .	25
4.2	การพิจารณาผลจากการเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการภายในโครงข่าย . . . . .	32
4.3	การพิจารณาผลจากการเปลี่ยนปริมาณทราฟฟิกในโครงข่าย . . . . .	34
4.4	การพิจารณาผลจากการเปลี่ยนความเร็วเฉลี่ยของผู้ใช้บริการในโครงข่าย . . . . .	36
4.5	การจำลองสถานการณ์ในสถานการณ์เดียวกับการทดลองในงานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา . . . . .	38
4.6	การจำลองสถานการณ์ในสภาวะจำลองแบบเหมือนจริงและพิจารณาผลกระทบจากการเปลี่ยน รูปแบบการใช้บริการของผู้ใช้ในโครงข่าย . . . . .	42
4.7	การจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอกับการควบคุมการ ตอบรับการเรียกแบบสำรองช่องสัญญาณคงที่ . . . . .	48
4.8	สรุป . . . . .	51
5	บทสรุปและข้อเสนอแนะ . . . . .	52
5.1	บทสรุป . . . . .	52
5.2	ข้อเสนอแนะ . . . . .	53
	รายการอ้างอิง . . . . .	54
	บทความทางวิชาการจากวิทยานิพนธ์ . . . . .	56
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ . . . . .	64



## สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1 รูปแบบการใช้บริการของผู้ใช้ในโครงข่าย . . . . .	43
--	----



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญญภาพ

รูปที่ 2.1	โครงข่ายเซลลูลาร์ . . . . .	7
รูปที่ 2.2	กลุ่มเงาที่สร้างขึ้นโดยผู้ใช้บริการ . . . . .	10
รูปที่ 2.3	พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณค่าทิศทาง . . . . .	16
รูปที่ 2.4	ทิศทางการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการ . . . . .	16
รูปที่ 3.1	ตัวอย่างการคำนวณพารามิเตอร์ล่วงหน้าสำหรับการเคลื่อนที่ . . . . .	20
รูปที่ 3.2	แผนภูมิการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอ . . . . .	22
รูปที่ 4.1	การจัดวางเซลล์ของโครงข่ายเซลลูลาร์ในการจำลองสถานการณ์ . . . . .	26
รูปที่ 4.2	ความน่าจะเป็นการบล็อกการเรียกใหม่ในแต่ละค่าพารามิเตอร์ซีดีเริ่มเปลี่ยน . . . . .	27
รูปที่ 4.3	ความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าพารามิเตอร์ซีดีเริ่มเปลี่ยน . . . . .	28
รูปที่ 4.4	อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรในแต่ละค่าพารามิเตอร์ซีดีเริ่มเปลี่ยน . . . . .	29
รูปที่ 4.5	อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าพารามิเตอร์ซีดีเริ่มเปลี่ยน . . . . .	30
รูปที่ 4.6	ความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าพารามิเตอร์ซีดีเริ่มเปลี่ยน . . . . .	31
รูปที่ 4.7	ทิศทางที่เคลื่อนที่ไปได้ในการแฮนด์ออฟ . . . . .	32
รูปที่ 4.8	ค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละจำนวนทิศทางที่เคลื่อนที่ไปได้ . . . . .	33
รูปที่ 4.9	ค่าสูงสุดค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละจำนวนทิศทางที่เคลื่อนที่ไปได้ . . . . .	34
รูปที่ 4.10	ค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าปริมาณทรัพยากร . . . . .	35
รูปที่ 4.11	ค่าสูงสุดค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าปริมาณทรัพยากร . . . . .	36
รูปที่ 4.12	ค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าเวลาอาศัยเฉลี่ย . . . . .	37
รูปที่ 4.13	ค่าสูงสุดค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าเวลาอาศัยเฉลี่ย . . . . .	38
รูปที่ 4.14	การจัดวางเซลล์ของโครงข่ายเซลลูลาร์ในการจำลองสถานการณ์ . . . . .	39

รูปที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยแบนด์วิทใช้งานและเปอร์เซ็นต์การบล็อกการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าขีดเริ่มเปลี่ยนการปฏิบัติในการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในงานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา [4] . . . . .	40
รูปที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยแบนด์วิทใช้งานและเปอร์เซ็นต์การบล็อกการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าพารามิเตอร์ขีดเริ่มเปลี่ยนในการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ . . . . .	40
รูปที่ 4.17 เปอร์เซ็นต์การตอบรับการเรียกในแต่ละค่าขีดเริ่มเปลี่ยนการปฏิบัติในการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในงานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา [4] . . . . .	41
รูปที่ 4.18 เปอร์เซ็นต์การตอบรับการเรียกในแต่ละค่าพารามิเตอร์ขีดเริ่มเปลี่ยนในการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ . . . . .	42
รูปที่ 4.19 การจัดวางเซลล์ของโครงข่ายเซลลูลาร์ในการจำลองสถานการณ์แบบเหมือนจริง . . . . .	44
รูปที่ 4.20 ความน่าจะเป็นการบล็อกการเรียกใหม่ในแต่ละรูปแบบการใช้บริการ . . . . .	45
รูปที่ 4.21 ความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟในแต่ละรูปแบบการใช้บริการ . . . . .	45
รูปที่ 4.22 อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรในแต่ละรูปแบบการใช้บริการ . . . . .	46
รูปที่ 4.23 อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละรูปแบบการใช้บริการ . . . . .	46
รูปที่ 4.24 ความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละรูปแบบการใช้บริการ . . . . .	47
รูปที่ 4.25 ความน่าจะเป็นการบล็อกการเรียกใหม่ในแต่ละค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟ . . . . .	48
รูปที่ 4.26 อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรในแต่ละค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟ . . . . .	49
รูปที่ 4.27 อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ . . . . .	50
รูปที่ 4.28 ความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ . . . . .	50

# บทที่ 1

## บทนำ

ปัจจุบันการติดต่อสื่อสารเป็นส่วนประกอบสำคัญส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวัน ซึ่งอาจเปรียบเสมือนปัจจัยที่ห้าของมนุษย์ในยุคปัจจุบัน จากสถานการณ์ในอดีตที่เคยพิจารณาว่าโทรศัพท์มือถือเป็นของใช้ฟุ่มเฟือย แต่ ณ ปัจจุบันนี้ที่ความรวดเร็ว ฉับไว ในการติดต่อสื่อสารมีความสำคัญมากขึ้น โทรศัพท์มือถือกลายเป็นของใช้ที่มีความจำเป็นดังที่เห็นจากสถานการณ์ของตลาดโทรศัพท์มือถือในขณะนี้ที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีผู้ให้บริการหลายรายที่เปิดให้บริการเพื่อให้ผู้ใช้บริการได้ตัดสินใจเลือกใช้ ซึ่งปัจจัยสำคัญประการหนึ่งนอกจากค่าบริการแล้ว คุณภาพการให้บริการเป็นสิ่งที่ผู้ใช้บริการให้ความสำคัญเป็นลำดับต้น ๆ ในการเลือกที่จะใช้บริการกับผู้ให้บริการรายใด การพัฒนาระบบและเทคโนโลยีต่าง ๆ ในโครงข่ายเซลลูลาร์ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากจากนักวิจัย เพื่อรองรับความต้องการของผู้ใช้บริการยุคใหม่ที่มุ่งเน้นถึงความรวดเร็ว ความถูกต้อง และคุณภาพการให้บริการที่ดีในการติดต่อสื่อสาร วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอแนวทางที่จะพัฒนาโครงข่ายเซลลูลาร์ให้ดียิ่งขึ้น โดยเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา แนวทางของวิทยานิพนธ์ วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ ขั้นตอนการดำเนินงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และประมวลวิทยานิพนธ์

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โครงข่ายเซลลูลาร์ (cellular network) ประกอบด้วยระบบโครงข่ายหลักที่เชื่อมต่อถึงกันภายในด้วยสถานีฐาน (base station) จำนวนหนึ่ง ภายใต้อำนาจที่ทางภูมิศาสตร์ที่เรียกว่าเซลล์ (cell) โดยที่ศูนย์กลางของแต่ละเซลล์จะมีเสาอากาศ (antenna) ติดตั้งอยู่เพื่อทำหน้าที่รับส่งสัญญาณจากผู้ให้บริการ สัญญาณที่ได้รับจากเสาอากาศจะถูกส่งต่อไปที่สถานีฐาน (base station) ที่ทำหน้าที่ควบคุมการติดต่อสื่อสารของผู้ใช้บริการในแต่ละเซลล์ โดยเซลล์ที่อยู่ติดกันจะเหลื่อมล้ำกัน (overlap) เพื่อให้การสื่อสารเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

สำหรับโครงข่ายเซลลูลาร์ในปัจจุบันนอกจากจะให้บริการการสนทนา (voice) แล้ว ยังต้องให้บริการสัญญาณเสียง (audio) สัญญาณภาพ (video) และบริการรับส่งข้อมูล (data) เรียกว่าการให้บริการแบบสื่อผสม (multimedia service) เพื่อให้โครงข่ายสามารถรองรับการให้บริการที่หลากหลาย และตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องมีกระบวนการที่ทำหน้าที่ควบคุมการเข้าใช้บริการของผู้ใช้ในโครงข่ายที่เรียกว่า การควบคุมการตอบรับการเรียก (call admission control, CAC) ซึ่งทำหน้าที่ตัดสินใจว่าจะตอบรับหรือปฏิเสธการขอใช้บริการของผู้ใช้ เพื่อให้ระบบมีคุณภาพการให้บริการ (quality of service, QoS) เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ให้บริการและผู้ใช้บริการ

เมื่อผู้ใช้บริการเริ่มขอใช้บริการ ผู้ใช้บริการจะติดต่อกับสถานีฐานที่ผู้ใช้บริการอยู่ภายในรัศมีการให้บริการ

จากนั้นสถานีฐานจะตรวจสอบทรัพยากร (resource) ที่มีอยู่เพื่อพิจารณาว่าสามารถตอบรับการขอใช้บริการได้หรือไม่ ถ้าผู้ให้บริการไม่สามารถตอบรับการขอใช้บริการ ผู้ใช้บริการจะถูกปฏิเสธการขอใช้บริการเรียกว่าการบล็อกการเรียกใหม่ (new call blocking) ในกรณีที่สถานีฐานตัดสินใจตอบรับการขอใช้บริการ ผู้ใช้บริการจะสิ้นสุดการติดต่อกับสถานีฐานนั้น เมื่อผู้ใช้บริการสิ้นสุดการใช้บริการ หรือผู้ใช้บริการเคลื่อนที่ไปยังเซลล์ข้างเคียง (neighbouring cell) ก่อนที่การใช้บริการจะสิ้นสุด การเคลื่อนที่ไปยังเซลล์ข้างเคียงขณะที่การใช้บริการยังดำเนินการอยู่เรียกว่าการแฮนด์ออฟ (handoff) ขณะที่ทำการแฮนด์ออฟ ผู้ใช้บริการต้องการให้เซลล์ที่ผู้ใช้บริการกำลังเคลื่อนที่เข้าไปจัดหาช่องทรัพยากรให้ ถ้าในเซลล์ใหม่มีทรัพยากรไม่เพียงพอสัญญาณแฮนด์ออฟนั้นจะถูกปฏิเสธเรียกว่าการบล็อกการแฮนด์ออฟ (handoff call blocking) ซึ่งค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟ (handoff call blocking probability) เป็นพารามิเตอร์ (parameter) สำคัญในคุณภาพการให้บริการของโครงข่ายเซลลูลาร์ เนื่องจากการขาดหายไปของสัญญาณระหว่างการใช้บริการย่อมสร้างความไม่พอใจให้กับผู้ใช้บริการมากกว่าการถูกปฏิเสธการขอใช้บริการตั้งแต่แรก

แนวคิดสำหรับการควบคุมการบล็อกการแฮนด์ออฟถูกเสนอในหลาย ๆ งานวิจัย แนวคิดพื้นฐาน [1, 2] คือ การสงวนแบนด์วิท (bandwidth) จำนวนหนึ่งไว้คงที่ในแต่ละเซลล์สำหรับสัญญาณแฮนด์ออฟ (fixed guard channel scheme) แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือการหาค่าแบนด์วิทสงวน (guard bandwidth) ที่เหมาะสมในกรณีที่ทราฟฟิกมีความแปรปรวน โดยถ้ากำหนดให้ค่าแบนด์วิทสงวนมีค่ามากเกินไปใช้อัตราส่วนการใช้ประโยชน์ (utilization ratio) จะลดลง ในขณะที่ถ้ากำหนดให้ค่าแบนด์วิทสงวนมีค่าน้อยเกินไปก็จะไม่สามารถควบคุมค่าการบล็อกการแฮนด์ออฟได้ตามต้องการ ซึ่งมีงานวิจัยที่เสนอแนวคิดให้ค่าแบนด์วิทสงวนสามารถเปลี่ยนแปลงได้ (adaptive guard bandwidth) ตามทราฟฟิกที่เกิดขึ้นในระบบ เช่นในงานวิจัย [3] ที่เสนอกระบวนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ปรับค่าแบนด์วิทสงวนตามค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟในแต่ละช่วงเวลา อย่างไรก็ตามก็เนื่องมาจากผู้ใช้บริการภายในโครงข่ายเซลลูลาร์สามารถเคลื่อนที่ระหว่างการใช้บริการ ดังนั้นแนวทางการพัฒนาการควบคุมการตอบรับการเรียกที่น่าสนใจคือการนำข้อมูลการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการมาใช้ในขั้นตอนการตัดสินใจภายในกระบวนการ แต่การควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอนั้นยังไม่ได้พิจารณาถึงผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการภายในโครงข่าย

เพื่อปรับปรุงคุณภาพการให้บริการ หลายงานวิจัย [4, 5, 6, 7] พยายามที่จะนำข้อมูลการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ ใน ขั้นตอน การตัดสินใจ ใน กระบวนการ ควบคุม การตอบรับการ เรียก เพื่อ เพิ่ม ประสิทธิภาพ ของ โครงข่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดกลุ่มเงา (shadow cluster concept) [4] ที่เป็นแนวคิดพื้นฐานในการนำข้อมูลการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ในการประมาณค่าความต้องการทรัพยากรของผู้ใช้บริการในอนาคต โดยพัฒนาเป็นกระบวนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่นำรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้แต่ละคนมาใช้ในการประเมินค่าแบนด์วิทที่ต้องการของผู้ใช้คนนั้นในเซลล์ที่ผู้ใช้เริ่มใช้บริการ (originate cell) และเซลล์ข้างเคียง โดยระบบต้องทำการประมาณค่าความต้องการของผู้ใช้บริการทุกครั้งที่มีการเรียกใหม่ หรือมีการแฮนด์ออฟเกิดขึ้นภายในโครงข่าย ซึ่งจากผลการทดลองที่แสดงในงานวิจัยพบว่าการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ใช้แนวคิดกลุ่มเงาสามารถนำไปใช้ในการควบคุม

ความสัมพันธ์ระหว่างการบล็อกการเรียกใหม่และการบล็อกการแฮนด์ออฟได้ ในงานวิจัย [5] ได้นำแนวคิดกลุ่มเงามาประยุกต์กับการบีบอัดข้อมูล (data compression) ด้วยอัลกอริทึม ซิว-เลมเพล (Ziv-Lempel Algorithm) ในการทำนายการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ โดยอาศัยแนวคิดว่าการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการในปัจจุบันมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ในอดีต อย่างไรก็ตามวิธีการที่เสนอมายังต้องเก็บข้อมูลทางสถิติของผู้ใช้บริการทุกคนภายในโครงข่าย ดังนั้นการนำเอาแนวคิดที่เสนอในงานวิจัยที่กล่าวมาไปใช้ในโครงข่ายจริงต้องอาศัยฐานข้อมูล (database) ที่มีความจุมหาศาลในการเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการทุกคน

ในงานวิจัย [6] ได้เสนอแนวคิดการสนับสนุนการทำนายการเคลื่อนที่ (Predictive Mobility Support, PMS) ที่นำแบบจำลองการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการในโครงข่ายที่เสนอในงานวิจัยมาใช้ในการทำนายการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการแต่ละคนเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหากรู่มเงา โดยอาศัยทิศทางในการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการทุกคนในโครงข่ายในแต่ละช่วงเวลาเป็นพารามิเตอร์สำคัญในแบบจำลอง แนวคิดที่คล้ายกันนี้ถูกเสนอในงานวิจัย [7] ที่นอกจากจะอาศัยทิศทางในการเคลื่อนที่ของผู้ใช้แล้วยังรวมเอาความเร็วและตำแหน่งของผู้ใช้ในแต่ละช่วงเวลาในการคำนวณหากรู่มเงา อย่างไรก็ตามวิธีที่เสนอมายังต้องเพิ่มภาระให้กับโครงข่ายในการเก็บข้อมูลตำแหน่ง ความเร็ว และทิศทางในการเคลื่อนที่ของผู้ใช้แต่ละคนในแต่ละช่วงเวลา

## 1.2 แนวทางของวิทยานิพนธ์

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การควบคุมการตอบรับการเรียกแบบพิจารณากรู่มเงาที่นำเอาข้อมูลการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการมาพิจารณาในขั้นตอนการตัดสินใจตอบรับหรือปฏิเสธการขอใช้บริการยังไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในโครงข่ายเซลลูลาร์จริง เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเก็บค่าพารามิเตอร์เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการคำนวณหากรู่มเงา ดังนั้นเพื่อพัฒนาการควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์โดยคำนึงถึงการนำไปใช้ในโครงข่ายจริง วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอกระบวนการควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์ที่นำค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่มาใช้ในขั้นตอนการพิจารณาตอบรับการขอใช้บริการ โดยที่แบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะคำนวณจากข้อมูลเวลาในการใช้บริการ (service time) ของผู้ใช้บริการแต่ละคนในแต่ละเซลล์ เนื่องจากเป็นข้อมูล que ผู้ให้บริการทุกคนต้องเก็บรวบรวมไว้สำหรับนำไปใช้ในการคำนวณค่าบริการ (billing process) เมื่อนำเอาแนวคิดที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไปใช้ในโครงข่ายเซลลูลาร์ ผู้ใช้บริการที่จะเคลื่อนที่ไปสู่เซลล์ที่มีความคับคั่ง (congestion) ในอนาคตจะถูกปฏิเสธการขอใช้บริการในโครงข่าย เพื่อหลีกเลี่ยงการบล็อกการแฮนด์ออฟที่จะเกิดขึ้น

## 1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิทยานิพนธ์

ออกแบบการควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์ ที่นำค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการมาใช้ในขั้นตอนการตัดสินใจตอบรับการเรียกใหม่ ซึ่งกระบวนการที่เสนอมานำไปใช้สำหรับควบคุม

ค่าสมรรถนะต่าง ๆ และปรับปรุงคุณภาพการให้บริการในโครงข่ายเซลลูลาร์

#### 1.4 ขอบเขตวิทยานิพนธ์

1. ออกแบบการควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์ ที่ใช้ค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการในขั้นตอนการตัดสินใจตอบรับการเรียกใหม่
2. พัฒนาระบบการที่เสนอให้รองรับการให้บริการแบบสื่อผสม
3. ทดสอบประสิทธิภาพของการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอกับการควบคุมการตอบรับการเรียกทั่วไปที่จะตอบรับการเรียกใหม่ทันทีเมื่อมีทรัพยากรในระบบเพียงพอ โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์

#### 1.5 ขั้นตอนดำเนินงาน

1. ศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องและความรู้พื้นฐานในงานวิจัย
2. ออกแบบแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการในโครงข่ายเซลลูลาร์ ที่คำนวณจากข้อมูลเวลาในการใช้บริการของผู้ใช้บริการแต่ละคนในแต่ละเซลล์
3. ออกแบบการควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์ ที่ใช้ค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการที่เสนอในขั้นตอนการตัดสินใจตอบรับการเรียกใหม่
4. ออกแบบโปรแกรมจำลองสถานการณ์ เพื่อ ตรวจสอบ ประสิทธิภาพ ของ การ ควบคุม การ ตอบรับ การ เรียก ที่เสนอ
5. วิเคราะห์และประเมินผล
6. สรุป วิจัย และรวบรวมข้อมูลทั้งหมด พร้อมทั้งจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

#### 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. องค์ความรู้การควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์ ที่ใช้ค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการในขั้นตอนการตัดสินใจตอบรับการเรียกใหม่ ที่สามารถนำไปใช้สำหรับควบคุมค่าสมรรถนะต่าง ๆ และปรับปรุงคุณภาพการให้บริการในโครงข่ายเซลลูลาร์
2. ซอฟต์แวร์โปรแกรมจำลองสถานการณ์การควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์ที่รองรับการให้บริการแบบสื่อผสม

## 1.7 ประมวลวิทยานิพนธ์

บทที่ 1 บทนำ: กล่าวถึงงานวิจัยในอดีตเกี่ยวกับการประยุกต์แนวคิดกลุ่มเงาในกระบวนการควบคุมการตอบรับการเรียกสำหรับโครงข่ายเซลลูลาร์ ที่นำเอาข้อมูลการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการมาใช้ในขั้นตอนการตัดสินใจตอบรับการเรียกใหม่ ปัญหาที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยในอดีต พร้อมทั้งเสนอแนวทางในการพัฒนากระบวนการ โดยใช้แบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ที่คำนวณจากเวลาในการใช้บริการของผู้ใช้ภายในโครงข่าย

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี: กล่าวถึงแนวคิดพื้นฐานที่นำมาใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย โครงข่ายเซลลูลาร์ การวัดสมรรถนะโครงข่าย แบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการในโครงข่าย งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยที่มีการเสนอมา

บทที่ 3 การควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์โดยการใช้ค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้: กล่าวถึงงานวิจัยที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย พารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่ ค่าแบนด์วิทว่างประสิทธิผลเมื่อพิจารณาผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ในโครงข่ายสำหรับผู้ขอใช้บริการใหม่ การควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์โดยการใช้ค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้ และโปรแกรมจำลองสถานการณ์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อตรวจสอบทฤษฎีที่นำเสนอ

บทที่ 4 ผลการทดสอบ: แสดงผลการทดสอบกระบวนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอด้วยโปรแกรมจำลองสถานการณ์ ประกอบด้วย การพิจารณาผลจากการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ขีดเริ่มเปลี่ยน การพิจารณาผลจากการเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการภายในโครงข่าย การพิจารณาผลจากการเปลี่ยนปริมาณทราฟฟิกในโครงข่าย และการพิจารณาผลจากการเปลี่ยนความเร็วเฉลี่ยของผู้ใช้บริการในโครงข่าย

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ: สรุปงานวิจัยทั้งหมดในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้และเสนอแนวทางในการพัฒนา งานวิจัยต่อไป

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## บทที่ 2

### หลักการและทฤษฎี

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการ ทฤษฎีพื้นฐาน และงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ โดยกล่าวถึงโครงข่ายเซลลูลาร์ การวัดสมรรถนะของระบบ แบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้ การควบคุมการตอบรับการเรียกที่ใช้แนวคิดกลุ่มเงา และปัญหาที่พบจากงานวิจัยในอดีต

#### 2.1 โครงข่ายเซลลูลาร์

โครงข่ายไร้สาย (wireless network) โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วนได้แก่ หน่วยเคลื่อนที่ (mobile unit, MU) สถานีฐาน (base station, BU) และศูนย์กลางสวิตชิงหน่วยเคลื่อนที่ (mobile switching center, MSC) หน่วยเคลื่อนที่คืออุปกรณ์สื่อสารที่สามารถเคลื่อนที่ได้ เช่น โทรศัพท์มือถือ ผู้ช่วยส่วนบุคคลดิจิทัล (personal digital assistance, PDA) หรือโทรศัพท์มือถือ โดยโครงข่ายโทรศัพท์มือถือหรือโครงข่ายเซลลูลาร์เป็นโครงข่ายไร้สายที่นำมาพิจารณาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

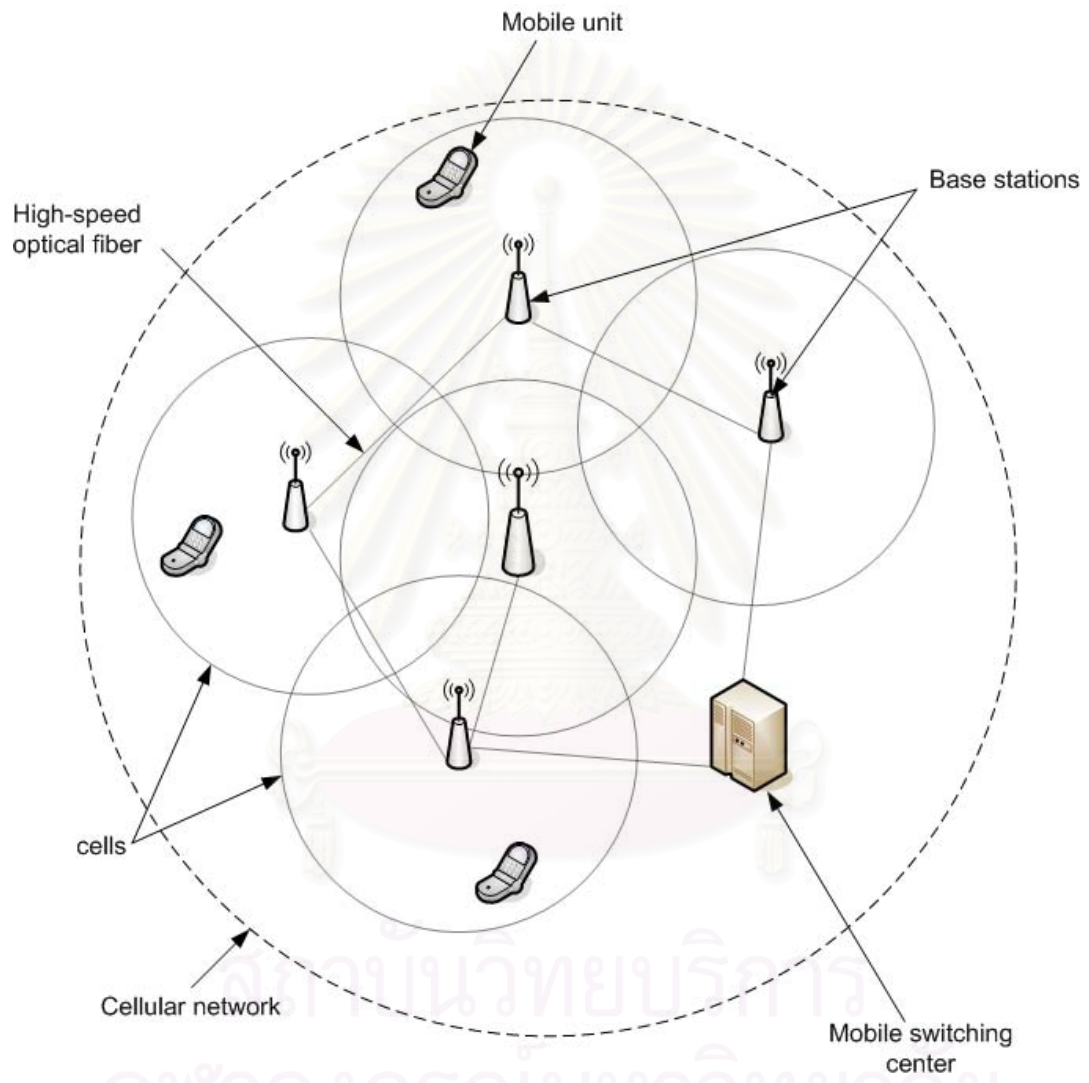
พื้นที่ให้บริการในโครงข่ายเซลลูลาร์จะถูกแบ่งออกเป็น ส่วน ๆ แต่ละส่วนจะเรียกว่าเซลล์ ดังรูปที่ 2.1 แต่ละเซลล์จะมีสถานีฐานคอยควบคุมหน่วยเคลื่อนที่ที่อยู่ภายในเซลล์ เพื่อให้การติดต่อสื่อสารภายในโครงข่ายเซลลูลาร์มีประสิทธิภาพ สถานีฐานจะถูกควบคุมโดยศูนย์กลางสวิตชิงหน่วยเคลื่อนที่ โดยทั่วไปสถานีฐานจะเชื่อมต่อกับศูนย์กลางสวิตชิงหน่วยเคลื่อนที่ผ่านทางสายส่งใยแก้วนำแสงความเร็วสูง (high-speed optical fiber transmission line)

รัศมีของเซลล์จะถูกกำหนดโดยกำลังส่งของสัญญาณ สภาพภูมิประเทศ สัญญาณรบกวน และความหนาแน่นของผู้ใช้บริการภายในพื้นที่ สำหรับโครงข่ายเซลลูลาร์ในยุคต่อไป เซลล์จะมีขนาดเล็กลง (รัศมีน้อยกว่า 100 เมตร) หรือที่เรียกว่าพิโคเซลล์ (picocell) และกลุ่มของเซลล์เหล่านี้ซึ่งเรียกว่ากลุ่ม (cluster) จะถูกควบคุมโดยศูนย์กลางควบคุม [8]

#### 2.2 การวัดสมรรถนะของระบบ

สมรรถนะของการให้บริการในโครงข่ายเซลลูลาร์จะถูกกำหนดโดยคุณภาพจากคุณภาพการให้บริการที่เป็นข้อตกลงระหว่างผู้ให้บริการและผู้ใช้บริการ สำหรับโครงข่ายเซลลูลาร์โดยทั่วไปจะพิจารณาคุณภาพการให้บริการพื้นฐาน [15] ดังนี้

- ความน่าจะเป็นการบล็อกการเรียกใหม่ (new call blocking probability) เป็นความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้จะถูกปฏิเสธจากการขอใช้บริการ โดยคำนวณจากอัตราส่วนของจำนวนการเรียกใหม่ที่ถูกปฏิเสธเนื่องจากระบบมีทรัพยากรไม่เพียงพอที่จะให้บริการ เทียบกับจำนวนการเรียกใหม่ทั้งหมดที่เข้ามาในระบบ



รูปที่ 2.1 โครงข่ายเซลลูลาร์

- ความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟ (handoff call blocking probability) เป็นความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการไม่สามารถใช้บริการต่อไป เนื่องจากเซลล์ที่ผู้ใช้บริการแฮนด์ออฟเข้าไปมีทรัพยากรไม่เพียงพอ โดยคำนวณจากอัตราส่วนของจำนวนผู้ใช้บริการที่สิ้นสุดการใช้บริการเนื่องจากการถูกปฏิเสธในขั้นตอนแฮนด์ออฟ เทียบกับจำนวนการแฮนด์ออฟทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระบบ
- อัตราส่วนการใช้ทรัพยากร (utilization ratio) เป็นอัตราส่วนที่แสดงถึงความคุ้มค่าในการใช้งานโครงข่าย คำนวณจากอัตราส่วนจำนวนทรัพยากรที่ถูกใช้งาน เทียบกับจำนวนทรัพยากรทั้งหมดในระบบ

นอกจากนี้เพื่อให้การวัดสมรรถนะของโครงข่ายมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอค่าพารามิเตอร์ใหม่อีก 2 ค่า สำหรับวัดสมรรถนะโครงข่ายเซลลูลาร์ ได้แก่

- อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ (good utilization ratio) เป็นอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรที่คิดเฉพาะผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกล็อกในขั้นตอนการแฮนด์ออฟ โดยคำนวณจากอัตราส่วนจำนวนทรัพยากรที่ถูกใช้งานโดยผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ เทียบกับจำนวนทรัพยากรทั้งหมดในระบบ
- ความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ (successful call blocking probability) เป็นความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการจะได้รับการตอบรับการขอใช้บริการใหม่ และสามารถใช้บริการจนเสร็จโดยไม่ถูกล็อกในขั้นตอนการแฮนด์ออฟ ค่าความน่าจะเป็นนี้คำนวณจากจำนวนผู้ใช้บริการที่ได้รับได้รับการตอบรับการขอใช้บริการใหม่ และสามารถใช้บริการจนเสร็จโดยไม่ถูกล็อกในขั้นตอนการแฮนด์ออฟ เทียบกับจำนวนผู้ขอใช้บริการใหม่ทั้งหมด

## 2.3 แบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้

สำหรับโครงข่ายไร้สายหรือโครงข่ายเซลลูลาร์ ผู้ใช้บริการสามารถเคลื่อนที่ระหว่างการใช้บริการภายในโครงข่าย ซึ่งทำให้เกิดการส่งต่อสัญญาณระหว่างเซลล์หรือการแฮนด์ออฟ ดังนั้นถ้าทราบรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการ (mobility pattern) ภายในโครงข่าย จะสามารถนำรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้มาคาดการณ์ลักษณะกราฟฟิคที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ เพื่อช่วยควบคุมจำนวนการบล็อกการแฮนด์ออฟให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

ในงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต ได้มีผู้คิดค้นวิธีสรุปรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการในโครงข่ายให้อยู่ในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ โดยนิยมเรียกว่าแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ (mobility model) ซึ่งแบบจำลองที่เสนอสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานหลาย ๆ ด้าน อาทิเช่น ใช้ในการออกแบบโปรแกรมจำลองสถานการณ์ (simulation program) หรือใช้ในการประเมินสมรรถนะของระบบ อย่างไรก็ตามสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเวลาแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่มาใช้งานคือ การเลือกแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ที่ต้องเลือกให้เหมาะสมกับสถานการณ์ หรือสอดคล้องกับรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการในโครงข่ายที่พิจารณา

สำหรับแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ที่มีการเสนอมาในอดีตสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่ แบบจำลองสภาพเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ ที่นำไปใช้กับการเคลื่อนที่บนถนน [9] แบบจำลองสภาพเคลื่อนที่แบบสองมิติ ที่นำไปใช้กับการเคลื่อนที่ในอาณาบริเวณ [10, 11, 12] และแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่แบบสามมิติ ที่นำไปใช้กับการเคลื่อนที่ในสิ่งปลูกสร้าง [13] สำหรับในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ที่คำนวณจากเวลาในการใช้บริการของผู้ใช้บริการในแต่ละเซลล์ โดยแบบจำลองที่เสนอนี้สามารถนำไปใช้ได้ทั้งในกรณีการเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติและการเคลื่อนที่แบบสองมิติ

## 2.4 การควบคุมการตอบรับการเรียกที่ใช้แนวคิดกลุ่มเงา

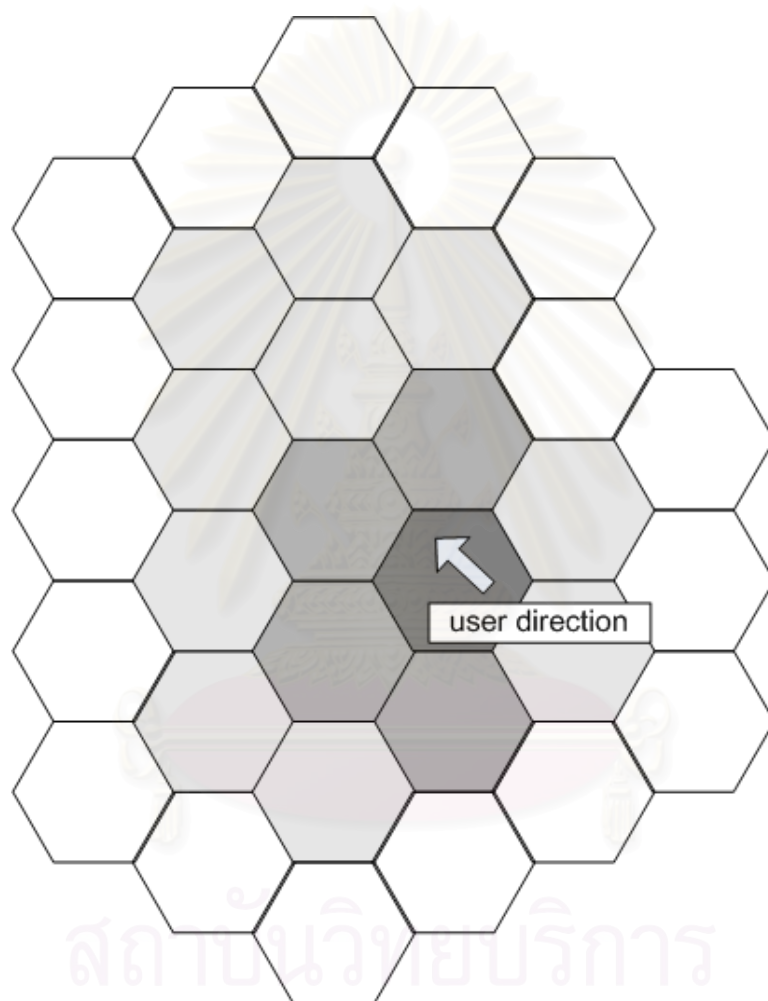
ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาที่นำแนวคิดกลุ่มเงาไปใช้ในการควบคุมการตอบรับการเรียก ซึ่งเป็นแนวคิดที่นำมาพัฒนาเป็นการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ โดยงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาได้แก่ งานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา งานวิจัยการใช้การบีบอัดข้อมูลกับแนวคิดกลุ่มเงา งานวิจัยการคาดการณ์การเคลื่อนที่ที่สนับสนุนแนวคิดกลุ่มเงา และงานวิจัยฟังก์ชันความน่าจะเป็นการเข้าถึงเซลล์ที่พัฒนามาจากแนวคิดกลุ่มเงา

### 2.4.1 งานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา

ใน ค.ศ. 1997 ลีวีน (Levine) อคิลดิซ (Akyildiz) และนาชิเนห์ (Naghshineh) ได้เสนองานวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดกลุ่มเงา (shadow cluster concept) [4] ที่พิจารณาว่าการใช้บริการของผู้ใช้ภายในเซลล์อ้างอิงจะส่งผลกระทบต่อเซลล์ข้างเคียงในอนาคตคล้ายกับเงาที่ทอดผ่านไป พร้อมทั้งเสนอการควบคุมการตอบรับการเรียกที่พัฒนามาจากแนวคิดนี้

หลักการพื้นฐานของแนวคิดกลุ่มเงา คือ ตำแหน่ง ความเร็ว และทิศทางในการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการ จะมีอิทธิพลต่อเซลล์ที่อยู่ใกล้เคียงกับเซลล์ที่ผู้ใช้กำลังใช้บริการอยู่ เมื่อผู้ใช้เคลื่อนที่ไปสู่เซลล์ข้างเคียง กลุ่มเงาของผู้ใช้บริการคนนั้นก็จะเปลี่ยนตาม ตำแหน่ง ความเร็ว และทิศทางในการเคลื่อนที่ครั้งใหม่ โดยเซลล์ที่ได้รับอิทธิพลจากผู้ใช้บริการจะถูกเรียกว่ากลุ่มเงา เนื่องจากกลุ่มเงาจะขึ้นอยู่กับทิศทางในการเคลื่อนที่ของผู้ใช้คล้ายเงาที่ทอดผ่านไป ดังรูปที่ 2.2 เงาจะมีความเข้มมากตรงบริเวณที่อยู่ใกล้ผู้ใช้และค่อย ๆ จางออกไปขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลาย ๆ อย่าง อาทิเช่น ระยะทาง เวลาในการใช้บริการ ทิศทางในการเคลื่อนที่ และความเร็วของผู้ใช้ ดังนั้นกลุ่มเงาจึงมีลักษณะรูปร่างแตกต่างกันไปและมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ความเข้มของเงาที่ครอบคลุมในแต่ละเซลล์สามารถแสดงถึงปริมาณทรัพยากรที่สถานีฐานของเซลล์นั้นจะต้องสำรองไว้สำหรับผู้ให้บริการ สำหรับการคำนวณกลุ่มเงาจะต้องคำนวณทุกครั้งเมื่อผู้ใช้บริการใหม่เข้ามาในระบบ เมื่อผู้ใช้บริการเสด็จออกไปสู่เซลล์ใหม่ และเมื่อผู้ใช้บริการไปช่วงระยะเวลาหนึ่ง

ในงานวิจัย กลุ่มเงา เสนอ ความน่าจะเป็น การ ใช้ บริการ ของ ผู้ใช้ สอง ค่า ด้วย กัน คือ  $P_{x,j,j}(t)$  ซึ่งแทน



รูปที่ 2.2 กลุ่มเงาที่สร้างขึ้นโดยผู้ใช้บริการ

ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการ  $x$  ที่ปัจจุบันใช้บริการอยู่ในเซลล์  $j$  ยังคงใช้บริการภายในเซลล์  $j$  ที่เวลา  $t$  และค่า  $P_{x,j,k}(t)$  ซึ่งแทนความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการ  $x$  ที่ปัจจุบันใช้บริการอยู่ในเซลล์  $j$  จะเคลื่อนที่ไปใช้บริการภายในเซลล์  $k$  ที่เวลา  $t$

สำหรับค่า  $P_{x,j,j}(t)$  คำนวณจากสมการ

$$P_{x,j,j}(t) = [1 - H_{x,M(x)}(t)] \cdot \left\{ \Upsilon_{x,j|:0}(t) + \sum_{w=1}^6 [1 - G_{x,j|:w}(t)] \cdot \Upsilon_{x,j|:w}(t) \right\} \quad (2.1)$$

เมื่อ  $H_{x,M(x)}$  คือฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (cumulative distribution function, cdf) ของ  $h_{x,M(x)}(t)$  เมื่อ  $h_{x,M(x)}(t)$  คือการแจกแจงเวลาในการใช้บริการ (service time) ของผู้ใช้  $x$  เมื่อใช้บริการโครงข่ายด้วยรูปแบบการให้บริการ (service class)  $M(x)$  ค่า  $\Upsilon_{x,j|:0}(t)$  คือความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการ  $x$  ยังคงอยู่ในเซลล์  $j$  เมื่อผู้ใช้เริ่มใช้บริการในเซลล์  $j$  เป็นเซลล์แรก ตัวแปร  $w$  คือด้านของเซลล์  $j$  (สมมติให้เซลล์มีลักษณะเป็นรูปหกเหลี่ยม) ค่า  $G_{x,j|:w}(t)$  คือฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของ  $g_{x,j|:w}(t)$  เมื่อ  $g_{x,j|:w}(t)$  สำหรับ  $w = 1, 2, \dots, 6$  แทนการแจกแจงเวลาอาศัย (residence time) ของผู้ใช้บริการ  $x$  ในเซลล์  $j$  เมื่อผู้ใช้เริ่มใช้บริการในเซลล์  $j$  เป็นเซลล์แรก และผู้ใช้ออกจากเซลล์  $j$  ผ่านทางด้าน  $w$  ค่า  $\Upsilon_{x,j|:w}(t)$  เมื่อ  $w = 1, 2, \dots, 6$  แทนความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการ  $x$  ออกจากเซลล์  $j$  ผ่านทางด้าน  $w$  เมื่อผู้ใช้เริ่มใช้บริการในเซลล์  $j$  เป็นเซลล์แรก

สำหรับค่า  $P_{x,j,k}(t)$  คำนวณจากสมการ

$$P_{x,j,k}(t) = [1 - H_{x,M(x)}(t)] \sum_{v=1}^6 \sum_r R_{x,r|v} \cdot \left( \sum_{w=1}^6 [Q_{x,j,m|(r|v)}(t) - Q_{x,j,k|(r|v):w}(t)] \cdot \Phi_{x,k|v:w} \right) \quad (2.2)$$

เมื่อ  $H_{x,M(x)}$  คือฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของ  $h_{x,M(x)}(t)$  เมื่อ  $h_{x,M(x)}(t)$  คือการแจกแจงเวลาในการใช้บริการของผู้ใช้  $x$  ค่า  $R_{x,r|v}$  คือความน่าจะเป็นในการเลือกเส้นทาง เมื่อ  $r$  คือเส้นทางและตัวแปร  $v$  คือด้านของเซลล์  $k$  ตัวแปร  $w$  คือด้านของเซลล์  $j$  ค่า  $Q_{x,j,m|(r|v)}(t)$  คือฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของ  $q_{x,j,m|(r|v)}(t)$  เมื่อ  $q_{x,j,m|(r|v)}(t)$  คือค่าฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นเวลาอาศัยของทุก ๆ เซลล์ตลอดเส้นทางจนถึงเซลล์  $m$  เมื่อเซลล์  $m$  คือเซลล์สุดท้ายตลอดเส้นทาง  $r|v$  ก่อนที่จะถึงเซลล์  $k$  ค่า  $Q_{x,j,k|(r|v):w}(t)$  คือฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของ  $q_{x,j,k|(r|v):w}(t)$  เมื่อ  $q_{x,j,k|(r|v):w}(t)$  คือค่าฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นเวลาอาศัยของทุก ๆ เซลล์ตลอดเส้นทางจนถึงเซลล์  $k$  ค่า  $\Phi_{x,k|v:w}$  เมื่อ  $v, w = 1, 2, \dots, 6$  แทนความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้  $x$  ออกจากเซลล์  $j$  ทางด้าน  $w$  เมื่อผู้ใช้รายนั้นเข้ามาในเซลล์ทางด้าน  $v$

กำหนดให้  $\widetilde{C_{u_j}}(t)$  คือค่าแบนด์วิทที่ต้องการสำหรับสถานีฐาน  $j$  ที่เวลา  $t = t_1, t_2, \dots, t_m$  ในอนาคต ได้ดังสมการ

$$\widetilde{C_{u_j}}(t) = C_{u_j}(t_0) - C_{u_j}^\dagger(t) + C_{u_j}^\ddagger(t) \quad (2.3)$$

เมื่อ  $t_0$  คือเวลาเริ่มต้นซึ่งเป็นเวลาปัจจุบัน  $C_{u_j}(t_0)$  คือค่าแบนด์วิทเริ่มต้นที่เวลา  $t_0$  และ  $C_{u_j}^\dagger(t)$  คือค่าประมาณแบนด์วิทซึ่งจะเป็นอิสระเนื่องจากผู้ใช้เลิกใช้บริการ หรือผู้ใช้เคลื่อนที่ไปใช้บริการภายในเซลล์ข้างเคียงที่เวลา  $t$  ใน

ขณะที่  $C_{u_j}^\dagger(t)$  คือค่าประมาณแบนด์วิทที่จะถูกใช้งานโดยผู้ใช้ที่แฮนด์ออฟจากเซลล์ข้างเคียงภายในกลุ่มเงาสู่เซลล์  $j$

กำหนดให้  $c(x)$  แทนแบนด์วิทที่ต้องการโดยผู้ใช้บริการ  $x$  และให้  $X_j \subset X$  เป็นเซตของผู้ใช้บริการทั้งหมดภายในเซลล์  $j$  สามารถคำนวณ  $C_{u_j}^\dagger(t)$  ได้จากสมการ

$$C_{u_j}^\dagger(t) = \sum_{x \in X_j} [1 - P_{x,j,j}(t)] \cdot c(x) \quad (2.4)$$

ในขณะที่  $C_{u_j}^\ddagger(t)$  สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$C_{u_j}^\ddagger(t) = \sum_{x \notin X_j, j \in K(x)} P_{x,k,j}(t) \cdot c(x) \quad (2.5)$$

เมื่อ  $K(x)$  คือเซตของเซลล์ที่เป็นเซลล์กลุ่มเงาของผู้ใช้บริการ  $x$  ใดๆก็ตามค่า  $\widetilde{C_{u_j}(t)}$  หรือจำนวนแบนด์วิทที่ต้องการสำหรับสำหรับสถานีฐาน  $j$  ที่เวลา  $t$  ที่คำนวณจากสมการ (2.3) อาจมากกว่า  $C_j$  หรือจำนวนแบนด์วิททั้งหมดภายในเซลล์  $j$  ดังนั้นจำนวนแบนด์วิทว่าง  $\widetilde{C_{f_j}(t)}$  ภายในเซลล์  $j$  เมื่อเวลา  $t$  สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\widetilde{C_{f_j}(t)} = \begin{cases} C_j - \widetilde{C_{u_j}(t)} & \text{ถ้า } C_j - \widetilde{C_{u_j}(t)} \geq 0 \\ 0 & \text{นอกเหนือจากนี้} \end{cases} \quad (2.6)$$

งานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงาได้เสนอการควบคุมการตอบรับการเรียกภายในโครงข่ายเซลล์ลาร์ที่มีสมมุติฐานว่าเวลาจะถูกแบ่งเป็นช่วงเวลา (time slot) และการเรียกเข้าใหม่จะถูกรายงานที่จุดเริ่มต้นของช่วงเวลา และจะทำการตัดสินใจตอบรับการขอใช้บริการก่อนที่จะสิ้นสุดช่วงเวลาที่มีการเรียกเข้านั้นเข้ามา โดยกระบวนการมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. เมื่อสถานีฐาน  $j$  ได้รับการร้องขอใช้บริการใหม่จากผู้ใช้ที่อยู่ภายในเซลล์ สถานีฐานจะตรวจสอบเงื่อนไข

$$c(x) \leq C_{f_j}(t_0) \quad (2.7)$$

ถ้าไม่ผ่านเงื่อนไขของสมการ (2.7) การขอใช้บริการจะถูกปฏิเสธ ในกรณีที่มีผู้ใช้บริการหลายรายขอใช้บริการพร้อมกันในช่วงเวลาเดียวกัน การตัดสินใจว่าผู้ใช้บริการรายไหนที่จะถูกปฏิเสธการขอใช้บริการ จะทำในขั้นตอนที่ 5. และ 6. ของกระบวนการนี้

2. สถานีฐาน  $j$  จะกำหนดกลุ่มเงา  $K(x)$  สำหรับผู้ใช้บริการ  $x$  ที่ตัดสินใจตอบรับการขอใช้บริการ
3. จากค่าความน่าจะเป็นการให้บริการของผู้ใช้ทั้งในเซลล์  $j$  และเซลล์ข้างเคียง สถานีฐาน  $j$  จะคำนวณค่าประมาณความว่าง (availability estimates)  $\Delta_j(t)$  ที่เวลา  $t$  จากสมการ

$$\Delta_j(t) = \frac{\widetilde{C_{f_j}(t)}}{\sum_{x \in X_j} P_{x,j,j}(t)c(x) + \sum_{x \notin X_j} P_{x,k,j}(t)c(x)} \quad (2.8)$$

ถ้าค่า  $\Delta_j(t)$  มีค่าสูงหมายความว่ามีโอกาสมากที่จะมีแบนด์วิทว่างสำหรับผู้ให้บริการในเซลล์  $j$  ที่เวลา  $t$  สถานีฐาน  $j$  จะส่งค่าประมาณความว่างกลับไปให้กับสถานีฐานข้างเคียงที่ส่งข้อมูลการเรียกเข้าใหม่ภายในเซลล์มาให้ก่อนหน้านั้น ในขณะที่เดียวกันสถานีฐาน  $j$  ก็จะได้รับค่าประมาณความว่างจากทุก ๆ สถานีฐานในกลุ่มเงาที่เกิดจากการขอใช้บริการใหม่ในเซลล์  $j$

4. สถานีฐาน  $j$  คำนวณค่าประมาณความอยู่รอด (survivability estimates) สำหรับผู้ใช้บริการ  $x$  ที่ขอใช้บริการภายในเซลล์  $j$  เมื่อ  $\hat{t}_x$  คือค่าเฉลี่ยเวลาในการใช้บริการของผู้ใช้  $x$  โดยการคำนวณจะประมาณที่เวลา  $t_1, t_2, \dots, \hat{t}_x$  ดังสมการ

$$\Lambda_j(x, \hat{t}_x) = \frac{1}{\hat{t}_x} \sum_{t=t_1}^{\hat{t}_x} \left[ \Delta_j(t) P_{x,j,j}(t) + \sum_{k \in K(x)} \Delta_k(t) P_{x,j,k}(t) \right] \quad (2.9)$$

5. สำหรับ การ ตัดสินใจ ตอรับ หรือ ปฏิเสธ การ ขอ ใช้ บริการ ใหม่ จะ เกี่ยวข้อง กับ ฟังก์ชัน การ ตัดสินใจ  $\Omega[\Lambda(x, \hat{t}_x), D_{dp}(x)]$  เมื่อ  $D_{dp}(x)$  คือค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟ ฟังก์ชัน  $\Omega$  แสดงการตอบรับผู้ใช้บริการที่มีค่าประมาณความอยู่รอดสูง เมื่อค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟอยู่ในมาตรฐานที่กำหนด โดยการสร้างฟังก์ชัน  $\Omega$  ต้องอาศัยการทดลองในโครงข่าย โดยฟังก์ชัน  $\Omega$  จะให้ค่าการตอบรับ (acceptance value) เท่ากับผลต่างระหว่างค่าประมาณความอยู่รอด สำหรับผู้ใช้บริการ และค่าประมาณความอยู่รอดต่ำสุดที่ต้องการสำหรับการให้ค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟอยู่ในมาตรฐาน
6. สถานีฐานจะทำกรรับผู้ใช้บริการที่มีค่าการตอบรับเป็นบวก โดยตอบรับผู้ใช้บริการที่มีค่าการตอบรับสูงสุด ก่อนจากนั้นจึงตอบรับผู้ใช้บริการที่มีค่าการตอบรับน้อยลงมา จนกระทั่งถึงผู้ใช้บริการที่มีค่าการตอบรับเป็นบวกต่ำที่สุดหรือไม่มีแบนด์วิทว่างเหลือสำหรับผู้ขอใช้บริการใหม่ในเซลล์

## 2.4.2 งานวิจัยการใช้การบีบอัดข้อมูลกับแนวคิดกลุ่มเงา

งานวิจัยการใช้การบีบอัดข้อมูลกับแนวคิดกลุ่มเงา [5] ถูกเสนอโดย เฟย หยู (Fei Yu) และ วิคเตอร์ ซี เอ็ม เหลียง (Victor C. M. Leung) ในปี ค.ศ. 2001 ซึ่งเป็นการพัฒนาจากแนวคิดกลุ่มเงาที่มีแนวคิดว่าลักษณะการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการภายในโครงข่ายมีผลมาจากรูปแบบการเคลื่อนที่ในอดีต โดยงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์การบีบอัดข้อมูล (data compression) เข้ากับการทำนายการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการ

งานวิจัยนี้จะเก็บเหตุการณ์ของผู้ใช้บริการในรูปของตัวแปร  $N, H_1, H_2, \dots, H_n, \dots, E$  เมื่อ  $N$  คือเหตุการณ์ที่ผู้ใช้บริการใหม่ได้รับการตอบรับให้เข้ามาในระบบ  $H_n$  คือเหตุการณ์ที่ผู้ใช้บริการแฮนด์ออฟครั้งที่  $n$  และ  $E$  คือเหตุการณ์ที่ผู้ใช้บริการเลิกติดต่อกับโครงข่าย จากนั้นใช้กระบวนการบีบอัดข้อมูลด้วยอัลกอริทึมซีฟ-เลมเพล (Ziv-Lempel) กับข้อมูลที่รวบรวมมาสำหรับหาแผนภูมิการเคลื่อนที่ (mobility trie) ของผู้ใช้บริการ เพื่อ



ใช้ในการหาค่า  $P_{i,j}(T_k)$  หรือความน่าจะเป็นของผู้ใช้บริการที่เริ่มใช้บริการในเซลล์  $i$  เป็นเซลล์แรกจะใช้บริการในเซลล์  $j$  ในช่วงเวลา  $T_k$  ต่อไป

จากนั้นงานวิจัยได้เสนอการควบคุมการตอบรับการเรียกที่จะตอบรับการขอใช้บริการใหม่เมื่อ

$$\sum_{j,k \in MLCT} P_{i,j}(T_k) \cdot Check(j, T_k, B_{new}) \geq \alpha \sum_{j,k \in MLCT} P_{i,j}(T_k) \quad (2.10)$$

เมื่อ  $MLCT$  (most likely cell-time) คือกลุ่มของเซลล์ที่อยู่ภายในช่วงเวลาที่มียุทธศาสตร์  $P_{i,j}(T_k)$  มากกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (threshold) ที่กำหนด  $\alpha$  คือค่าขีดเริ่มเปลี่ยนการตอบรับ (admission threshold) และ  $B_{new}$  คือจำนวนแบนด์วิทที่ผู้ขอใช้บริการใหม่ต้องการ โดยที่ค่าพารามิเตอร์  $Check(j, T_k, B_{new})$  คำนวณจากสมการ

$$Check(j, T_k, B_{new}) = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อ } B_{free}(j, T_k) \geq B_{new} \\ \frac{B_{free}(j, T_k)}{B_{new}} & \text{นอกเหนือจากนี้} \end{cases} \quad (2.11)$$

เมื่อ  $B_{free}(j, T_k)$  คือจำนวนแบนด์วิทว่างในเซลล์  $j$  ที่ช่วงเวลา  $T_k$

### 2.4.3 งานวิจัยแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ที่สนับสนุนแนวคิดกลุ่มเงา

งานวิจัยแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ที่สนับสนุนแนวคิดกลุ่มเงา [6] ถูกเสนอโดย อับดุล รามาน อัลจาได (Abdul Rahman Aljadhaj) และ เทียบ เอฟ ซนาติ (Taieb F. Znati) ในปี ค.ศ.2001 งานวิจัยนี้เสนอแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการสำหรับคาดการณ์กลุ่มเซลล์ที่ผู้ใช้บริการจะเคลื่อนที่เข้าไปใช้บริการในอนาคต โดยแบบจำลองการเคลื่อนที่ที่เสนอนี้ต้องเก็บข้อมูลทิศทางการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการแต่ละคนในโครงข่ายเพื่อใช้เป็นพารามิเตอร์สำคัญในแบบจำลอง

แบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ที่เสนอในงานวิจัยนี้จะหา  $\tilde{D}_{t+1}$  หรือทิศทางที่ทำนายในเวลา  $t + 1$  จากสมการ

$$\tilde{D}_{t+1} = (1 - \alpha)\tilde{D}_t + \alpha D_t \quad (2.12)$$

เมื่อ  $\tilde{D}_t$  คือทิศทางที่ทำนายที่เวลา  $t$  และ  $D_t$  คือทิศทางจริงที่ได้จากการเก็บข้อมูลที่เวลา  $t$  ในขณะที่  $\alpha$  หรือตัวประกอบความเรียบ (smoothing factor) คำนวณจากสมการ

$$\alpha = c \frac{E_s^2}{\sigma_{s+1}} \quad (2.13)$$

เมื่อ  $0 < c < 1$  ค่า  $E_s = D_s - \tilde{D}_s$  คือความผิดพลาดการทำนาย (prediction error) ในขณะที่ค่า  $\sigma_{s+1}$  คำนวณจากสมการ

$$\sigma_{s+1} = cE_s^2 + (1 - c)\sigma_s \quad (2.14)$$

เมื่อ  $\sigma_s$  คือค่าเฉลี่ยกำลังสองของความผิดพลาดการทำนายที่เวลา  $s$

งานวิจัยนี้ได้นำแบบจำลองการสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการในการหาค่า  $P_{i \rightarrow j}$  หรือค่าความน่าจะเป็นของผู้ใช้บริการที่อยู่ในเซลล์  $i$  จะไปใช้บริการในเซลล์  $j$  โดยคำนวณจากสมการ

$$P_{i \rightarrow j} = \frac{D_{ij}}{\sum_k D_{ik}} \quad (2.15)$$

เมื่อ  $k$  คือเซลล์ที่อยู่ในวง (ring) เดียวกับเซลล์  $j$  เมื่อเทียบกับเซลล์  $i$  โดยที่ค่า  $D_{ij}$  หรือค่าทิศทาง (directionality) คำนวณจากสมการ

$$D_{ij} = \begin{cases} \frac{\theta_{ij}}{\phi_{ij}} & \text{เมื่อ } \phi_{ij} > 0 \\ \theta_{ij} & \text{เมื่อ } \phi_{ij} = 0 \end{cases} \quad (2.16)$$

เมื่อ  $\phi_{ij}$  คือมุมระหว่างทิศทางที่ทำนายเทียบกับทิศทางจากเซลล์  $i$  สู่เซลล์  $j$  ในขณะที่  $\theta_{ij}$  คือมุมระหว่างทิศทางจากเซลล์  $m$  สู่เซลล์  $i$  เทียบกับทิศทางจากเซลล์  $i$  สู่เซลล์  $j$  เมื่อเซลล์  $m$  คือเซลล์ที่ผู้ใช้บริการแชนด์ออฟเข้ามาสู่เซลล์  $i$  ดังแสดงในรูปที่ 2.3

#### 2.4.4 งานวิจัยฟังก์ชันความน่าจะเป็นการเข้าถึงเซลล์ที่พัฒนามาจากแนวคิดกลุ่มเงา

งานวิจัยฟังก์ชันความน่าจะเป็นการเข้าถึงเซลล์ที่พัฒนามาจากแนวคิดกลุ่มเงา [7] ถูกเสนอโดย โมฮัมหมัด มาฟูซูล อิสลาม (Mohammad Mahfuzul Islam) แมนเซอร์ เมอร์เซด (Manzur Murshed) และ ลอเรนซ์ เอส ดูลีย์ (Laurence S. Dooley) ในปี ค.ศ. 2003 งานวิจัยนี้เสนอฟังก์ชันความน่าจะเป็นการเข้าถึงเซลล์สำหรับคำนวณความน่าจะเป็นในการสำรองแบนด์วิทในเซลล์ข้างเคียง ฟังก์ชันนี้อาศัยข้อมูลตำแหน่ง ทิศทางในการเคลื่อนที่ และความเร็วของผู้ใช้บริการแต่ละคนเป็นพารามิเตอร์สำคัญ

จากรูปที่ 2.4 กำหนดให้ผู้ใช้บริการภายในเซลล์  $B$  และเคลื่อนที่ในทิศทาง  $BA$  สามารถหาฟังก์ชันความน่าจะเป็นการเข้าถึงเซลล์  $P_m$  สำหรับเซลล์  $C$  หรือความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้คนนั้นจะเคลื่อนที่เข้าไปในเซลล์  $C$  จากสมการ

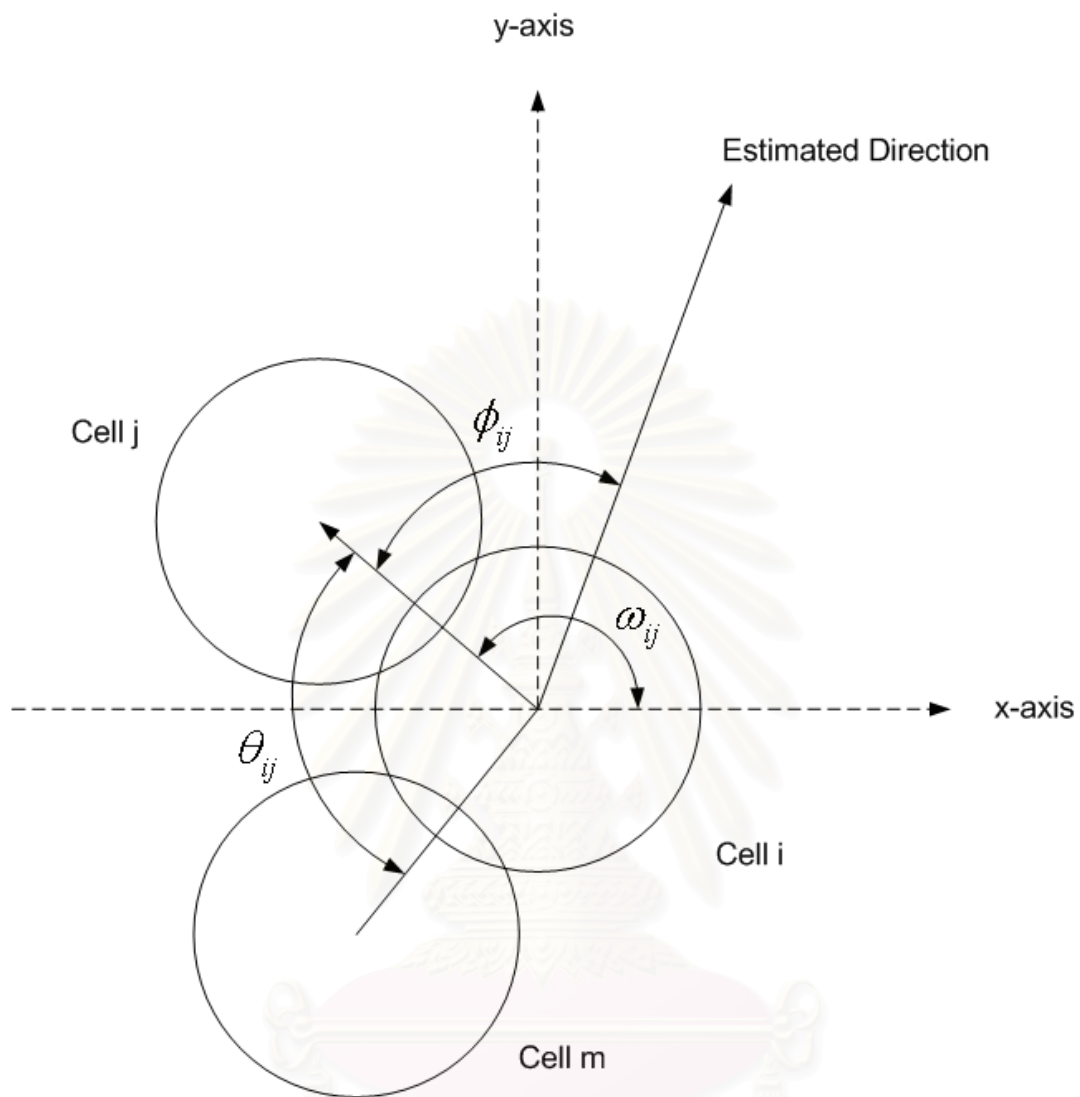
$$P_m = \left(\frac{1}{T}\right) v \cos \delta = \frac{v^2 \cos \delta}{d} \quad (2.17)$$

เมื่อ  $d$  คือระยะทางจากผู้ใช้บริการถึงเซลล์ที่พิจารณา  $v$  คือความเร็วในการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการ  $\delta$  คือมุมระหว่างทิศทางการเคลื่อนที่และทิศทางไปยังเซลล์ที่พิจารณา

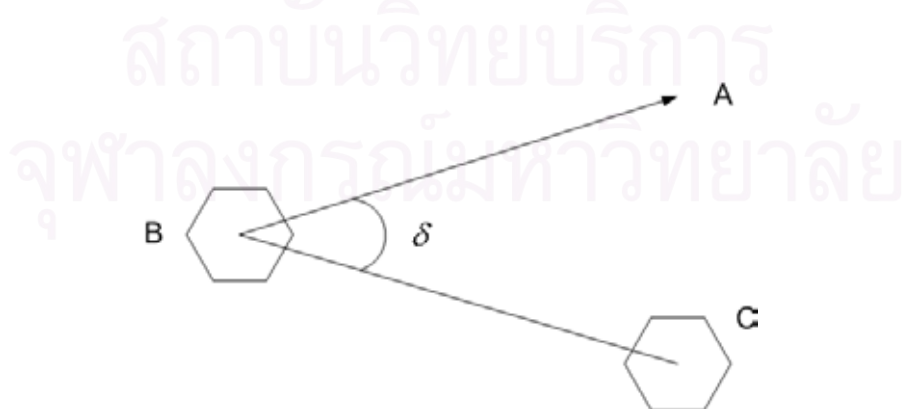
งานวิจัยนี้นำฟังก์ชันความน่าจะเป็นการเข้าถึงเซลล์สำหรับการกำหนดค่า  $P_r$  หรือฟังก์ชันความน่าจะเป็นการสำรอง (reservation probability function) ดังสมการ

$$P_r = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อ } P_m \geq \chi \\ P_m & \text{เมื่อ } \eta \leq P_m < \chi \\ 0 & \text{นอกเหนือจากนี้} \end{cases} \quad (2.18)$$

เมื่อ  $\eta$  และ  $\chi$  คือค่าขีดเริ่มเปลี่ยน โดยที่  $\eta$  มีค่าน้อยกว่า  $\chi$



รูปที่ 2.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณค่าทิศทาง



รูปที่ 2.4 ทิศทางการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการ

## 2.5 ปัญหาที่พบจากงานวิจัยในอดีต

จากงานวิจัยในอดีตที่กล่าวถึงในหัวข้อที่ผ่านมา สิ่งที่ยังเป็นข้อสงสัยอยู่คือความสามารถในการนำเอาหลักการและทฤษฎีที่เสนอเหล่านี้ไปใช้ในโครงข่ายเซลลูลาร์จริง

ในงานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา มีการตั้งสมมุติฐานที่ว่าเวลาจะถูกแบ่งออกเป็นช่วงเวลาและการขอใช้บริการใหม่จะถูกรายงานในช่วงจุดเริ่มต้นของช่วงเวลาเท่านั้น ซึ่งถ้านำไปใช้ในโครงข่ายจริงจะทำให้เกิดความล่าช้าในการเข้าใช้บริการของผู้ใช้ นอกจากนี้พารามิเตอร์สำคัญของแนวคิดกลุ่มเงา  $P_{x,j,j}(t)$  และ  $P_{x,j,k}(t)$  ต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมากจากผู้ให้บริการแต่ละคน อาทิเช่น เส้นทางการเดินทางในอดีต ฟังก์ชันความหนาแน่นการแจกแจงเวลาอาศัยหรือฟังก์ชันความหนาแน่นเวลาใช้บริการ ดังนั้นถ้าจะนำแนวคิดนี้ไปใช้จริง โครงข่ายต้องมีฐานข้อมูลขนาดใหญ่มากพอเพื่อเก็บข้อมูลจำนวนมหาศาลจากผู้ให้บริการทุกคน

สำหรับงานวิจัยการใช้การบีบอัดข้อมูลกับแนวคิดกลุ่มเงาจะพบปัญหาที่คล้ายคลึงกับปัญหาจากงานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา เนื่องจากกระบวนการที่เสนอต้องการข้อมูลเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับผู้ให้บริการแต่ละคน (การเรียกใหม่ การเรียกออฟ และการสิ้นสุดการใช้บริการ) ในการสร้างแผนภูมิการเคลื่อนที่จากกระบวนการบีบอัดข้อมูล ดังนั้นถ้าจะนำไปใช้จริงก็ต้องใช้ฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่เช่นเดียวกัน

งานวิจัยแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่สนับสนุนแนวคิดกลุ่มเงาได้พยายามแก้ปัญหาในส่วนนี้ด้วยการเสนอแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้แต่ละคนในโครงข่าย เพื่อทำนายทิศทางในการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการในอนาคต อย่างไรก็ตามแบบจำลองที่เสนอต้องอาศัยข้อมูลทิศทางในการเคลื่อนที่ของผู้ใช้เป็นพารามิเตอร์สำคัญโดยต้องทำการเก็บข้อมูลเป็นระยะเพื่อทำการปรับค่า (update) จึงเป็นการเพิ่มภาระให้ระบบที่จะในการเก็บข้อมูลทิศทางในการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการทุกคนอยู่เสมอ

เช่นเดียวกับปัญหาที่พบในงานวิจัยแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่สนับสนุนแนวคิดกลุ่มเงา งานวิจัยฟังก์ชันความน่าจะเป็นการเข้าถึงเซลล์ที่พัฒนามาจากแนวคิดกลุ่มเงาที่ต้องการตำแหน่ง ทิศทางในการเคลื่อนที่และความเร็วของผู้ใช้บริการเป็นพารามิเตอร์สำคัญสำหรับคำนวณหาฟังก์ชันความน่าจะเป็นการเข้าถึงเซลล์จะพบปัญหาในการเก็บข้อมูลเหล่านี้ในโครงข่ายเซลลูลาร์จริง

## 2.6 สรุป

ในบทนี้ได้แสดงถึงทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานโดยเริ่มจากอธิบายลักษณะโครงข่ายเซลลูลาร์ วิวัฒนาการของโครงข่ายเซลลูลาร์ที่นิยมใช้และวิธีที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และกล่าวถึงแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการที่ใช้แทนการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการภายในโครงข่าย จากนั้นได้กล่าวถึงงานวิจัยในอดีตที่ใช้แนวคิดกลุ่มเงาสำหรับคาดการณ์ลักษณะกราฟฟิคที่จะเกิดขึ้นในอนาคต พร้อมทั้งวิเคราะห์ถึงปัญหาที่จะเกิดขึ้นเมื่อนำวิธีที่เสนอมานี้ไปใช้ในโครงข่ายเซลลูลาร์จริง

## บทที่ 3

# การควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์โดยใช้ค่าสถิติ จากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้

ในบทที่ผ่านมาได้กล่าวถึงงานวิจัยในอดีตที่นำเอาแนวคิดกลุ่มเงามาใช้ในงานวิจัย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อคาดการณ์ลักษณะกราฟฟิคที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการควบคุมการตอบรับการเรียกในการนำไปใช้ควบคุมค่าสมรรถนะต่าง ๆ ภายในโครงข่ายให้เป็นไปตามคุณภาพการบริการที่ต้องการ อย่างไรก็ตามการนำงานวิจัยที่เสนอเหล่านี้ไปใช้ในโครงข่ายเซลลูลาร์จริงยังมีข้อจำกัดอยู่พอสมควรดังที่กล่าวไว้ในบทที่ผ่านมา

จากการคำนึงถึงการนำเอาแนวคิดไปใช้ในโครงข่ายจริง วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอการควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์โดยใช้ค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้ โดยได้รับแรงบันดาลใจจากการศึกษาข้อจำกัดในการนำแนวคิดกลุ่มเงาไปใช้ในโครงข่ายจริง กระบวนการที่เสนอนี้อาศัยข้อมูลเวลาในการใช้บริการในแต่ละเซลล์ของผู้ใช้สำหรับการหาข้อมูลการเคลื่อนที่โดยรวมของผู้ใช้บริการในระบบ เนื่องจากข้อมูลเวลาในการใช้บริการเป็นข้อมูลที่ทางผู้ให้บริการทุกรายต้องทำการเก็บรวบรวมสำหรับนำไปใช้ในการคำนวณค่าบริการ โดยเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึง พารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่ ค่าแบนด์วิทประสิทธิภาพที่เหลือสำหรับผู้ขอใช้บริการเมื่อพิจารณาผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ในระบบ การควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์โดยใช้ค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้ และโปรแกรมจำลองสถานการณ์

### 3.1 พารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่

สำหรับทฤษฎีที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเริ่มจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการในโครงข่ายแบบจำลองที่เสนอ นี้จะแสดงถึงรูปแบบสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการโดยรวมในโครงข่าย โดยจะแสดงในรูปแบบพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่ (mobility weight parameter)

พิจารณาโครงข่ายเซลลูลาร์ที่มีจำนวนเซลล์ทั้งหมดเท่ากับ  $N$  แต่ละเซลล์มีหมายเลขกำกับตั้งแต่  $1, 2, \dots, N$  กำหนดให้  $j$  เป็นเซลล์อ้างอิงที่ทำการพิจารณา เซลล์  $j$  จะมีค่าพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่ทั้งหมด  $N$  ค่า ได้แก่  $w_{j1}, w_{j2}, \dots, w_{jj}, \dots, w_{jN}$  โดยพารามิเตอร์เหล่านี้เป็นแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการรูปแบบหนึ่ง ที่คำนวณรูปแบบสภาพการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการจากอัตราส่วนของเวลาที่ผู้ใช้ใช้บริการในแต่ละเซลล์เทียบกับเวลาทั้งหมดในการใช้บริการในโครงข่าย

กำหนดให้  $x \in J$  เมื่อ  $J$  คือเซตของผู้ใช้บริการที่เริ่มใช้บริการภายในเซลล์  $j$  เป็นเซลล์แรก กำหนดให้  $k$  คือเซลล์ภายในโครงข่าย ค่า  $T_j^k$  หรือเวลาใช้บริการทั้งหมดในเซลล์  $k$  ของผู้ใช้บริการที่เริ่มใช้บริการภายในเซลล์  $j$

เป็นเซลล์แรกสามารถคำนวณจากสมการ

$$T_j^k = \sum_{\forall x} t_x^k \quad (3.1)$$

เมื่อ  $t_x^k$  คือเวลาที่ผู้ใช้บริการ  $x$  ใช้บริการภายในเซลล์  $k$  จากนั้นคำนวณเวลาในการใช้บริการทั้งหมดภายในโครงข่ายของผู้ใช้ที่เริ่มใช้บริการภายในเซลล์  $j$  เป็นเซลล์แรกจากสมการ

$$T_j = \sum_{k=1}^N \sum_{\forall x} t_x^k \quad (3.2)$$

สุดท้ายสามารถคำนวณ  $w_{jk}$  หรืออัตราส่วนของเวลาใช้บริการในเซลล์  $k$  ของผู้ใช้ทุกคนที่เริ่มใช้บริการภายในเซลล์  $j$  เป็นเซลล์แรกเทียบกับเวลาทั้งหมดในการใช้บริการภายในโครงข่ายของผู้ใช้บริการเหล่านั้นจากสมการ

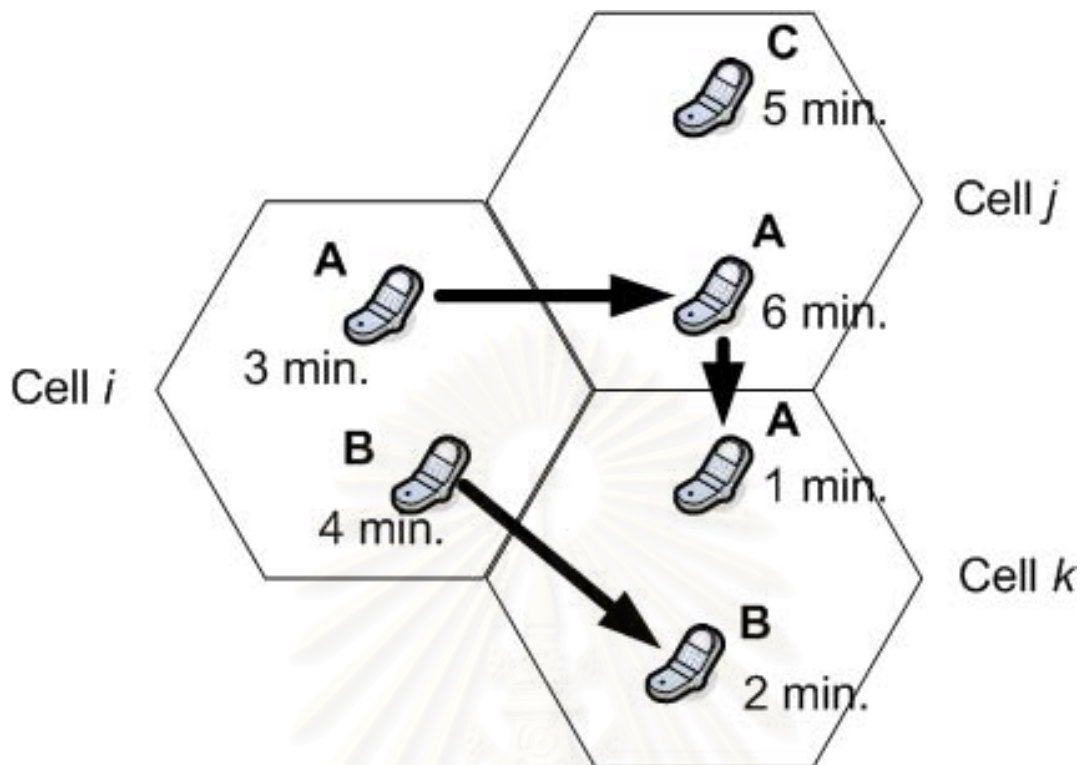
$$w_{jk} = \frac{T_j^k}{T_j} \quad \text{เมื่อ } T_j \neq 0 \quad (3.3)$$

สำหรับเซลล์อ้างอิง  $j$  ค่า  $\sum_{k=1}^N w_{jk} = 1$  ในกรณีที่ไม่มีผู้เริ่มใช้บริการในเซลล์  $j$  เป็นเซลล์แรก ( $T_j = 0$ ) จะกำหนดให้ค่า  $w_{jj} = 1$  ในขณะที่ค่าพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่ค่าอื่น ( $w_{jk}, k \neq j$ ) จะกำหนดให้เท่ากับ 0 สำหรับเหตุการณ์นิยามแบบนี้จะอธิบายในหัวข้อที่ 3.2

พารามิเตอร์  $w_{jk}$  แสดงถึงความน่าจะเป็นของผู้ใช้บริการที่เริ่มใช้บริการในเซลล์  $j$  เป็นเซลล์แรกจะเคลื่อนที่ไปใช้บริการภายในเซลล์  $k$  นอกจากนี้ยังบอกถึงอัตราส่วนของเวลาในการใช้บริการในเซลล์  $k$  เทียบกับเวลาในการใช้บริการทั้งหมดในโครงข่าย ดังนั้นถ้าค่า  $w_{jk}$  มีค่ามากแสดงว่าผู้ใช้บริการที่เริ่มใช้บริการภายในเซลล์  $j$  เป็นเซลล์แรกจะต้องการทรัพยากรภายในเซลล์  $k$  เป็นจำนวนมากเพื่อรองรับการเคลื่อนที่ไปใช้บริการในเซลล์  $k$  ในอนาคต

รูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างการคำนวณพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่ สมมติให้มีเซลล์ 3 เซลล์ในโครงข่าย เซลล์แรกคือเซลล์  $i$  เซลล์  $j$  และเซลล์  $k$  มีผู้ใช้บริการสามคนในโครงข่ายคือผู้ใช้ A, ผู้ใช้ B และผู้ใช้ C โดยที่ผู้ใช้ A เริ่มใช้บริการในเซลล์  $i$  เป็นเซลล์แรกเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นแอสต์ออฟไปใช้บริการในเซลล์  $j$  เป็นเวลา 6 นาทีและแอสต์ออฟไปใช้บริการในเซลล์  $k$  เป็นเวลา 1 นาทีจนสิ้นสุดการใช้บริการ ผู้ใช้บริการ B เริ่มใช้บริการในเซลล์  $i$  เป็นเซลล์แรกเป็นเวลา 4 นาที จากนั้นแอสต์ออฟไปใช้บริการในเซลล์  $k$  เป็นเวลา 2 นาทีจนสิ้นสุดการใช้บริการ ผู้ใช้บริการ C เริ่มใช้บริการในเซลล์ C เป็นเซลล์แรกและใช้บริการเป็นเวลา 5 นาทีจนสิ้นสุดการใช้บริการภายในเซลล์นี้

พิจารณาเซลล์  $i$  จะมีค่าพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่ทั้งหมด 3 ค่าด้วยกันคือ  $w_{ii}, w_{ij}$  และ  $w_{ik}$  จากสมการ (3.1)-(3.3) สามารถคำนวณค่าทั้ง 3 ได้ดังนี้ ค่า  $w_{ii} = (3+4)/((3+6+1)+(4+2)) = 7/16$  ค่า  $w_{ij} = (6)/((3+6+1)+(4+2)) = 6/16$  และค่า  $w_{ik} = (1+2)/((3+6+1)+(4+2)) = 3/16$  สำหรับการตรวจสอบการคำนวณสามารถทำได้โดยหาผลรวมของพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่า  $w_{ii} + w_{ij} + w_{ik} = 1$  ซึ่งตรงตามนิยามที่กำหนดไว้



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการคำนวณพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่

ในขณะที่เซลล์  $j$  จะมีค่าพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่ 3 ค่า  $w_{ji}$ ,  $w_{jj}$  และ  $w_{jk}$  เช่นเดียวกัน โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้ ค่า  $w_{ji} = 0/5 = 0$  ค่า  $w_{jj} = 5/5 = 1$  และค่า  $w_{jk} = 0/5 = 0$

สำหรับเซลล์  $k$  เนื่องจากไม่มีผู้ใช้บริการที่เริ่มใช้บริการในเซลล์  $k$  เป็นเซลล์แรก ดังนั้นผลรวมเวลาใช้บริการในโครงข่ายของผู้ใช้บริการในเซลล์  $k$  เป็นเซลล์แรกหรือ  $T_k = 0$  และจากนิยามที่กำหนดไว้ ค่า  $w_{ki} = w_{kj} = 0$  และ  $w_{kk} = 1$  เมื่อ  $T_k = 0$

ข้อได้เปรียบสำหรับการนำเวลาในการใช้บริการในแต่ละเซลล์มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่ที่เสนอในวิทยานิพนธ์นี้คือ พารามิเตอร์ที่เสนอเป็นแบบจำลองการเคลื่อนที่ที่ให้ข้อมูลสองส่วนด้วยกันคือรูปแบบการเคลื่อนที่และเวลาในการใช้บริการในแต่ละเซลล์

### 3.2 ค่าแบนด์วิทว่าง ประสิทธิภาพเมื่อพิจารณาผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ในโครงข่ายสำหรับผู้ขอใช้บริการใหม่

จากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่พารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่ที่กล่าวมา ในหัวข้อนี้จะนำพารามิเตอร์ที่เสนอมาใช้ในการคาดการณ์ปริมาณทรัพยากรหรือจำนวนแบนด์วิทที่มีไว้สำหรับผู้ขอใช้บริการใหม่ในโครงข่ายเมื่อ

คำนึงถึงผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการ

เมื่อมีผู้ใช้บริการใหม่ขอใช้บริการในเซลล์อ้างอิง  $j$  วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอค่าแบนด์วิทว่างประสิทธิผลเมื่อพิจารณาผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ในโครงข่ายสำหรับผู้ขอใช้บริการใหม่ (mobility-based effective available bandwidth,  $meab$ ) ที่แสดงถึงแบนด์วิทว่างภายในโครงข่ายทั้งหมดสำหรับผู้ขอใช้บริการใหม่เมื่อคำนึงถึงการเคลื่อนที่และเวลาในการใช้บริการของผู้ใช้ ค่าแบนด์วิทว่างประสิทธิผลมีนิยามดังนี้

$$meab = w_{jj}(B_j^a(t) - B_j^r) + \sum_{k=1}^N w_{jk}B_k^a(t) \quad \text{เมื่อ } k \neq j \quad (3.4)$$

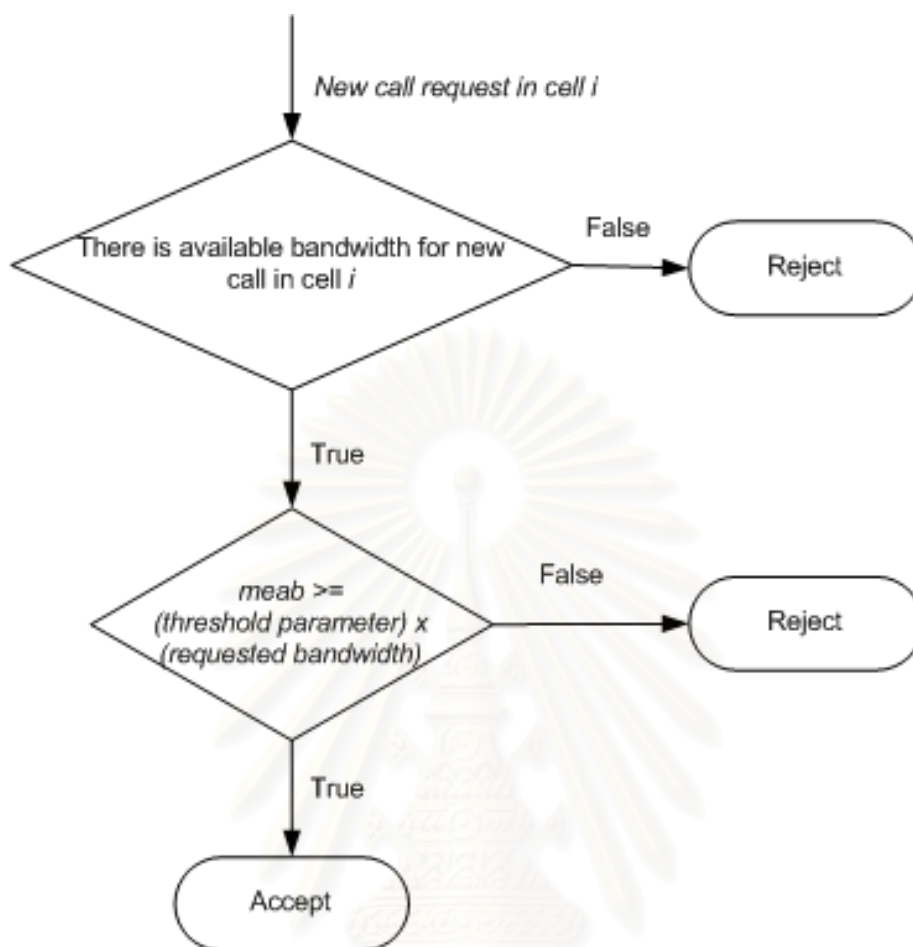
โดยที่  $B_j^a(t)$  เป็นแบนด์วิทว่างทั้งหมด (รวมถึงแบนด์วิทสำรองสำหรับสัญญาณแฮนด์ออฟ) ในเซลล์  $j$  ที่เวลา  $t$  (available bandwidth in cell  $j$ )  $B_j^r$  เป็นแบนด์วิทสำรองที่สงวนไว้สำหรับสัญญาณแฮนด์ออฟที่จะเข้ามาใช้บริการในเซลล์  $j$  (reserved bandwidth in cell  $j$ )  $B_k^a(t)$  เป็นแบนด์วิทว่างทั้งหมดในเซลล์  $k$  ที่เวลา  $t$  (available bandwidth in cell  $k$ )

พจน์แรกทางด้านขวามือของสมการ (3.4) แสดงถึงจำนวนแบนด์วิทว่างสำหรับผู้ให้บริการใหม่ภายในเซลล์  $j$  และถ่วงน้ำหนักด้วยน้ำหนักการใช้บริการของผู้ใช้บริการในเซลล์  $j$  สำหรับผู้ใช้ที่เริ่มใช้บริการในเซลล์  $j$  เป็นเซลล์แรก ในขณะที่พจน์ที่สองทางด้านขวามือของสมการ (3.4) แสดงถึงจำนวนแบนด์วิทว่างสำหรับสัญญาณแฮนด์ออฟและถ่วงน้ำหนักด้วยน้ำหนักการใช้บริการในเซลล์ข้างเคียงสำหรับผู้ผู้ใช้ที่เริ่มใช้บริการในเซลล์  $j$  เป็นเซลล์แรก

ดังนั้นถ้าน้ำหนักการใช้บริการในเซลล์  $j$  สำหรับผู้ใช้บริการที่เริ่มใช้บริการในเซลล์  $j$  เป็นเซลล์แรกมีค่ามาก หรือ  $w_{jj}$  มีค่าสูง ค่าแบนด์วิทว่างประสิทธิผลจะขึ้นอยู่กับจำนวนแบนด์วิทว่างสำหรับผู้ให้บริการใหม่ในเซลล์  $j$  ในทางกลับกันถ้าน้ำหนักการใช้บริการในเซลล์ข้างเคียงสำหรับผู้ผู้ใช้บริการที่เริ่มใช้บริการในเซลล์  $j$  เป็นเซลล์แรกมีค่ามากหรือ  $w_{jk}$  มีค่าสูง ค่าแบนด์วิทว่างประสิทธิผลจะขึ้นอยู่กับจำนวนแบนด์วิทว่างสำหรับสัญญาณแฮนด์ออฟในเซลล์ข้างเคียง

สำหรับเหตุผลในการกำหนดให้ค่า  $w_{jj} = 1$  ในกรณีที่ไม่มีผู้ขอใช้บริการใหม่ภายในเซลล์  $j$  ( $T_j = 0$ ) เนื่องจากการที่ไม่มีข้อมูลของผู้ใช้บริการที่ขอใช้บริการภายในเซลล์  $j$  ดังนั้นเมื่อมีการขอใช้บริการใหม่ในเซลล์  $j$  การคำนวณหาแบนด์วิทว่างประสิทธิผลจึงควรคิดแบบการควบคุมการตอบรับการเรียกทั่ว ๆ ไปคือพิจารณาเฉพาะแบนด์วิทว่างสำหรับเซลล์  $j$  เท่านั้น จากสมการ (3.4) เมื่อค่า  $w_{jj} = 1$  พจน์ที่สองทางด้านขวามือจะเป็น 0 ค่าแบนด์วิทว่างประสิทธิผลคือจำนวนแบนด์วิทว่างสำหรับผู้ขอใช้บริการใหม่ในเซลล์  $j$





รูปที่ 3.2 แผนภูมิการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอ

### 3.3 การควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์โดยใช้ค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้

ในหัวข้อนี้จะนำค่าแบนด์วิทว่างประสิทธิผลเมื่อพิจารณาผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ในโครงข่ายสำหรับผู้ใช้บริการใหม่ที่เสนอในหัวข้อที่ผ่านมาใช้ในการควบคุมการตอบรับการเรียก เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมคุณภาพการให้บริการของโครงข่าย วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอการควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์โดยใช้ค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้ ที่สามารถนำไปใช้ในโครงข่ายที่มีการให้บริการแบบสื่อผสม การควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอมีแผนภูมิแสดงการทำงานดังรูปที่ 3.2

เมื่อมีผู้ใช้ขอใช้บริการใหม่ภายในเซลล์  $j$  กระบวนการควบคุมการตอบรับการเรียกจะตรวจสอบว่ามีแบนด์วิทว่างเพียงพอสำหรับรูปแบบการให้บริการของผู้ใช้หรือไม่ ถ้ามีจำนวนแบนด์วิทว่างไม่เพียงพอผู้ใช้จะถูกปฏิเสธจากการขอใช้บริการทันที

ในกรณีที่มีแบนด์วิทว่างเพียงพอระบบจะทำการคำนวณค่าแบนด์วิทว่างประสิทธิภาพจากสมการ (3.4) สำหรับค่าพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่ที่ใช้ในสมการ (3.4) ซึ่งคำนวณจากสมการ (3.1)-(3.3) ผู้วิจัยเสนอให้เก็บเป็นค่าพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่สำหรับแต่ละช่วงเวลา อาทิเช่น ช่วงกลางวัน ช่วงกลางคืน หรือช่วงหัวโมงแรงด่วน เพื่อให้พารามิเตอร์ที่คำนวณมีความเหมาะสมสำหรับรูปแบบการเคลื่อนที่และการใช้บริการของผู้ใช้ในแต่ละช่วงเวลา และเปรียบเทียบกับผลคูณแบนด์วิทที่ต้องการจากผู้ใช้และค่าพารามิเตอร์ขีดเริ่มเปลี่ยน (threshold parameter,  $\alpha$ ) ถ้าค่าแบนด์วิทว่างประสิทธิภาพมีค่ามากกว่าผลคูณที่ได้จะตอบรับผู้ใช้บริการใหม่เข้ามาในระบบ แต่ถ้าค่าแบนด์วิทว่างประสิทธิภาพน้อยกว่าจะปฏิเสธการขอใช้บริการใหม่ สำหรับค่าพารามิเตอร์ขีดเริ่มเปลี่ยนในการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอนี้เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมค่าคุณภาพการให้บริการต่าง ๆ ภายในโครงข่าย

### 3.4 โปรแกรมจำลองสถานการณ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทดสอบการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอด้วยโปรแกรมจำลองสถานการณ์แบบเหตุการณ์เต็มหน่วย (discrete-event simulation) ที่พัฒนามานซอฟต์แวร์แมทแลบ (MATLAB) สำหรับจำลองการใช้การควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์ โปรแกรมที่ออกแบบนี้รองรับการเคลื่อนที่ทั้งแบบ 1 มิติ และ 2 มิติ สำหรับค่าอินพุต (input) ต่าง ๆ ในโปรแกรมมีดังนี้

1. รูปแบบการจัดวางเซลล์ภายในโครงข่ายเซลลูลาร์
2. รัศมีของแต่ละเซลล์
3. อัตราการเข้าใช้บริการใหม่ของผู้ใช้ในโครงข่าย
4. ความน่าจะเป็นในการใช้บริการของรูปแบบการใช้บริการแต่ละชนิด การสนทนา สัญญาณเสียง สัญญาณภาพ และรับส่งข้อมูล
5. จำนวนแบนด์วิทที่ต้องการในแต่ละรูปแบบการใช้บริการ
6. ความเร็วเฉลี่ยของผู้ใช้บริการในแต่ละรูปแบบการใช้บริการ
7. เวลาเฉลี่ยของผู้ใช้บริการในแต่ละรูปแบบการใช้บริการ
8. รูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการในโครงข่าย
9. จำนวนแบนด์วิทในแต่ละเซลล์
10. จำนวนแบนด์วิทสำรองสำหรับสัญญาณแฮนด์ออฟในแต่ละเซลล์

สำหรับผลการทดสอบการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอโดยโปรแกรมจำลองสถานการณ์ในเหตุการณ์ต่าง ๆ จะแสดงในบทถัดไป

### 3.5 สรุป

ในบทนี้ได้เสนอแนวคิดหลักในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ โดยเริ่มจากเสนอแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่แบบพารามิเตอร์ ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่ ที่คำนวณมาจากเวลาการใช้บริการในแต่ละเซลล์ของผู้ใช้ในโครงข่าย พร้อมทั้งแสดงตัวอย่างการคำนวณ จากนั้นเสนอค่าแบนด์วิทว่างประสิทธิภาพเมื่อพิจารณาผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ในโครงข่ายสำหรับผู้ขอใช้บริการใหม่ ที่แสดงถึงจำนวนแบนด์วิทว่างภายในโครงข่ายทั้งหมดสำหรับผู้ขอใช้บริการใหม่ เมื่อคำนึงถึงการเคลื่อนที่และเวลาในการใช้บริการของผู้ใช้ และเสนอการควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์โดยการใช้ค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้ ที่ใช้ควบคุมคุณภาพการให้บริการในโครงข่าย โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ขีดเริ่มเปลี่ยน และสุดท้ายได้กล่าวถึงโปรแกรมจำลองสถานการณ์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้ทดสอบกระบวนการที่นำเสนอ



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 4

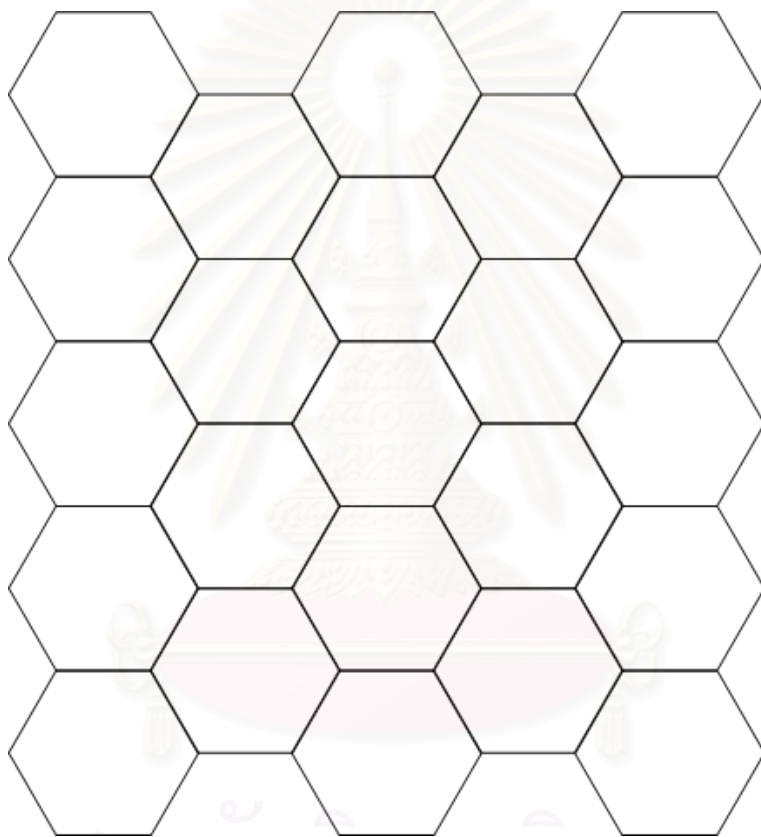
### ผลการทดสอบ

ในบทที่ผ่านมาได้เสนอการควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์โดยการใช้ค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้ ที่นำข้อมูลเวลาในการใช้บริการในแต่ละเซลล์ของผู้ใช้บริการมาใช้ในการคำนวณรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการโดยรวมในระบบ ในบทนี้จะทำการตรวจสอบประสิทธิภาพของการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอด้วยโปรแกรมจำลองสถานการณ์ โดยหัวข้อในการทดสอบมีดังนี้ การพิจารณาผลจากการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ซีดีเริ่มเปลี่ยน การพิจารณาผลจากการเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการในโครงข่าย การพิจารณาผลจากการเปลี่ยนปริมาณทราฟฟิกในโครงข่าย การพิจารณาผลจากการเปลี่ยนความเร็วเฉลี่ยของผู้ใช้บริการในโครงข่าย การจำลองสถานการณ์ในสถานการณ์เดียวกับการทดลองในงานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา การจำลองสถานการณ์ในสภาวะจำลองแบบเหมือนจริงและพิจารณาผลกระทบจากการเปลี่ยนรูปแบบการให้บริการของผู้ใช้ในโครงข่าย และการจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอกับการควบคุมการตอบรับการเรียกแบบสำรองช่องสัญญาณคงที่

#### 4.1 การพิจารณาผลจากการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ซีดีเริ่มเปลี่ยน

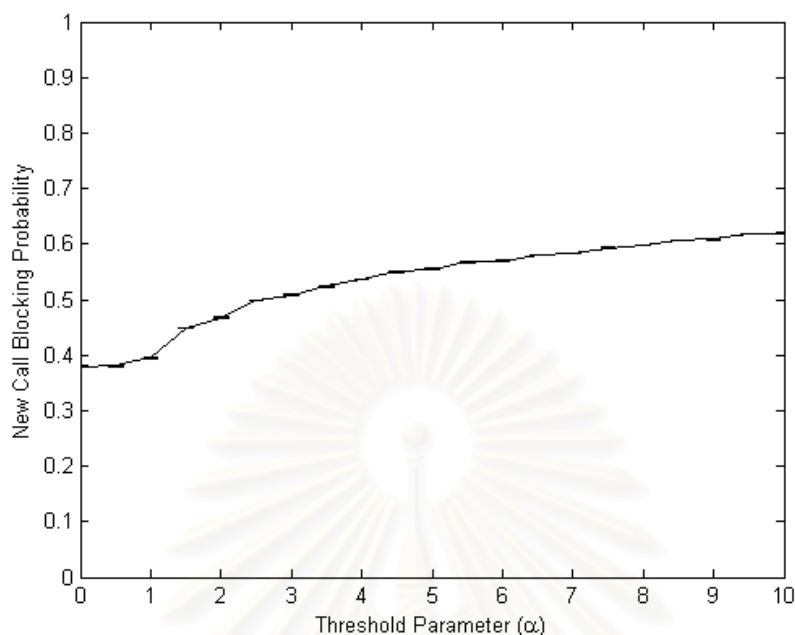
กำหนดให้โครงข่ายที่พิจารณาเป็นโครงข่ายเซลลูลาร์แบบสองมิติ โดยสมมุติฐานที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์มีลักษณะใกล้เคียงกับในงานวิจัย [4, 5, 6] โดยสมมุติฐานที่ใช้มีดังนี้

1. พื้นที่ที่พิจารณาครอบคลุมด้วยเซลล์หกเหลี่ยม 23 เซลล์ดังรูปที่ 4.1 แต่ละเซลล์มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 กิโลเมตร และเมื่อผู้ใช้เคลื่อนที่ออกจากโครงข่ายเซลลูลาร์ทางด้านขอบของโครงข่าย จะสมมุติให้ผู้ใช้รายนั้นเคลื่อนที่เข้ามาภายในโครงข่ายเซลลูลาร์จากขอบด้านตรงข้ามของโครงข่าย เพื่อป้องกันการลดลงของจำนวนผู้ใช้บริการภายในโครงข่ายที่เกิดจากการเคลื่อนที่ออกจากโครงข่ายของผู้ใช้
2. การเริ่มขอใช้บริการใหม่ของผู้ใช้เกิดขึ้นได้ในทุก ๆ เซลล์ ด้วยความน่าจะเป็นเท่า ๆ กัน
3. ผู้ใช้บริการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยผู้ใช้บริการสามารถแฮนด์ออฟไปยังเซลล์ข้างเคียงทั้ง 6 ด้วยความน่าจะเป็นเท่า ๆ กัน
4. ทราฟฟิกที่ผู้ใช้บริการสามารถส่งได้มี 4 ชนิดคือ การสนทนา, เสียง, ภาพเคลื่อนไหว และข้อมูล ด้วยค่าความน่าจะเป็น 0.5, 0.2, 0.1 และ 0.2 ตามลำดับ
5. เวลาในการใช้บริการ (call holding time) มีค่าเท่ากันสำหรับทราฟฟิกทุกชนิด โดยมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (exponential) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 180 วินาที



รูปที่ 4.1 การจัดวางเซลล์ของโครงข่ายเซลล์ูลารีในการจำลองสถานการณ์

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

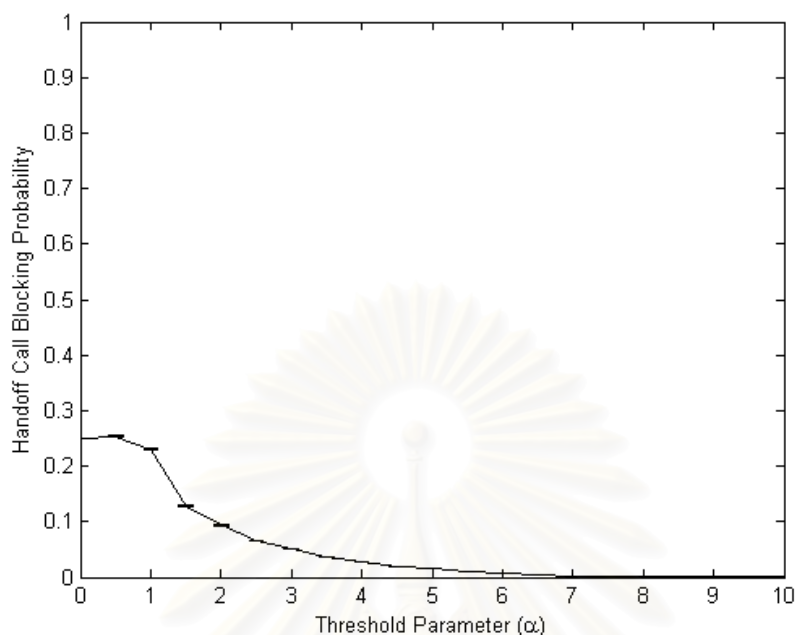


รูปที่ 4.2 ความน่าจะเป็นการบล็อกการเรียกใหม่ในแต่ละค่าพารามิเตอร์ขีดเริ่มเปลี่ยน

6. แต่ละเซลล์มีจำนวนแบนด์วิทเท่ากับ 30 แบนด์วิทยูนิต (bandwidth unit, BU)
7. จำนวนแบนด์วิทที่ต้องการสำหรับทราฟฟิกแต่ละชนิดคือ การสนทนา = 1 BU, สัญญาณเสียง = 5 BU, สัญญาณภาพ = 10 BU และ ข้อมูล = 2 BU
8. ปริมาณทราฟฟิกที่เกิดขึ้นคือ 720 ครั้งต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการจำลองสถานการณ์ 1 ชั่วโมง

เพื่อให้เห็นผลกระทบจากการตัดสินใจการขอใช้บริการใหม่อย่างชัดเจน จึงกำหนดให้ทุก ๆ เซลล์มีแบนด์วิทสำรองสำหรับสัญญาณแฮนด์ออฟเป็นศูนย์เช่นเดียวกับในงานวิจัย [4, 5, 6] ในการจำลองสถานการณ์ได้ทดสอบกระบวนการควบคุมการตอบรับการเรียกเข้าในแต่ละค่า  $\alpha$  ทั้งหมด 21 ค่า ตั้งแต่ 0 จนถึง 10 โดยเพิ่มทีละ 0.5 โดยค่าที่ใช้สำหรับการเปรียบเทียบ (benchmark) คือค่าจากการทดลองเมื่อค่า  $\alpha$  เท่ากับศูนย์ เนื่องจากค่า  $meab$  ที่คำนวณจากสมการ (3.4) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ ในขณะที่การควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอมจะตอบรับการขอใช้บริการใหม่เมื่อมีแบนด์วิทเพียงพอและค่า  $meab \geq \alpha$  ดังนั้นเมื่อค่า  $\alpha = 0$  การควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอมจะเหมือนกับการควบคุมการตอบรับการเรียกทั่วไป ที่จะทำการตอบรับการขอใช้บริการใหม่ทันทีเมื่อมีจำนวนแบนด์วิทเพียงพอ โดยผลการทดลองจะแสดงอยู่ในรูปของช่วงความเชื่อมั่น (confidence interval) 95 เปอร์เซนต์

รูปที่ 4.2 แสดงความน่าจะเป็นการบล็อกการเรียกใหม่ในแต่ละค่า  $\alpha$  จากรูปที่แสดงพบว่าเมื่อค่า  $\alpha$  เพิ่มขึ้นค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการเรียกใหม่จะสูงขึ้น เพราะจากแผนภูมิการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอม (รูปที่



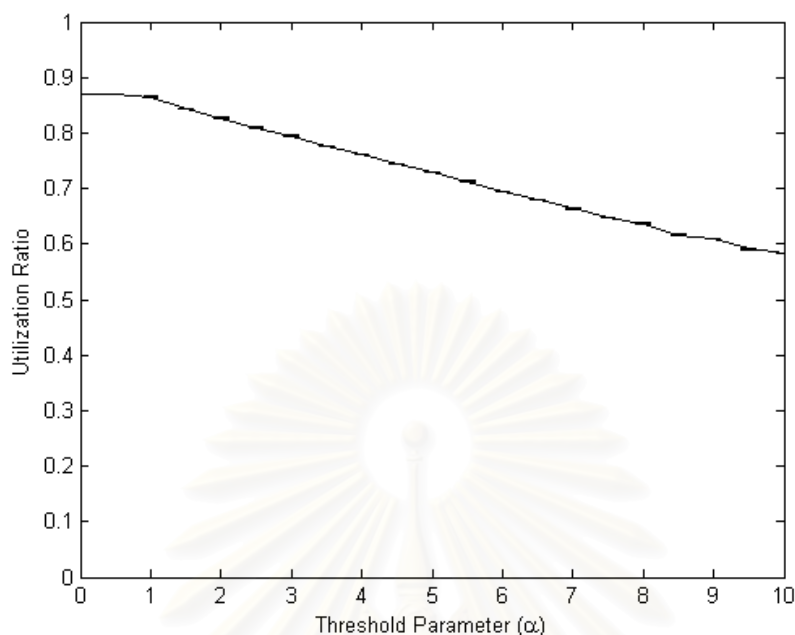
รูปที่ 4.3 ความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าพารามิเตอร์ซีดีเริ่มเปลี่ยน

3.2) ระบบจะปฏิเสธการเรียกใหม่เมื่อ  $meab < \alpha$  ดังนั้นเมื่อค่า  $\alpha$  เพิ่มขึ้น โอกาสที่ค่า  $meab \geq \alpha$  จะน้อยลง ทำให้ระบบปฏิเสธการเรียกใหม่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นความน่าจะเป็นการบล็อกการเรียกใหม่จึงสูงขึ้นเมื่อค่า  $\alpha$  เพิ่มขึ้น

รูปที่ 4.3 แสดงความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟในแต่ละค่า  $\alpha$  จากรูปที่แสดงพบว่าเมื่อค่า  $\alpha$  เพิ่มขึ้น ความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟจะลดลง เนื่องจากในการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอผู้ใช้บริการที่มีค่า  $meab$  สูงกว่าหรือเท่ากับค่า  $\alpha$  เท่านั้นที่สามารถเข้ามาใช้บริการในระบบได้ โดยผู้ใช้บริการที่มีค่า  $meab$  สูงแสดงถึงการที่ผู้ใช้คนนั้นมีจำนวนแบนด์วิทประสิทธิภาพสำหรับการใช้บริการเมื่อพิจารณาผลกระทบจากการเคลื่อนที่ในโครงข่ายเป็นจำนวนมาก เป็นผลให้โอกาสที่ผู้ใช้บริการจะถูกบล็อกการแฮนด์ออฟจึงลดลงตามค่า  $meab$  ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อค่า  $\alpha$  เพิ่มขึ้น ผู้ใช้ที่มีค่า  $meab$  สูงเท่านั้นที่จะเข้ามาใช้บริการโครงข่ายได้ ความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟภายในระบบจึงลดลง

รูปที่ 4.4 แสดงอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรในแต่ละค่า  $\alpha$  จากรูปที่แสดงพบว่าเมื่อค่า  $\alpha$  เพิ่มขึ้นอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรจะลดลง เพราะว่าจากผลการทดสอบในรูปที่ 4.2 เมื่อค่า  $\alpha$  เพิ่มขึ้นระบบจะปฏิเสธการเรียกใหม่เพิ่มขึ้น ทำให้มีผู้ใช้เข้ามาใช้บริการในโครงข่ายลดลง เป็นผลให้อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรลดลงเมื่อค่า  $\alpha$  เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้วิทยานิพนธ์นี้ยังได้พิจารณาพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญสำหรับคุณภาพการให้บริการอีกสองค่าด้วยกันได้แก่ อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ (good utilization ratio,  $U_g$ ) และความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ (suc-



รูปที่ 4.4 อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรในแต่ละค่าพารามิเตอร์ขีดเริ่มเปลี่ยน

successful call blocking probability,  $S$ )

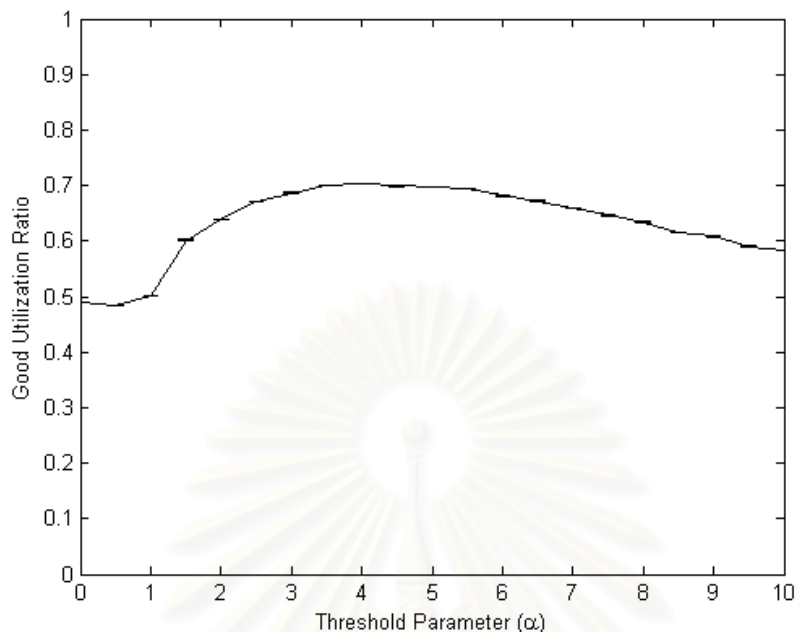
กำหนดให้  $i \in I$  เมื่อ  $I$  คือเซตของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ และให้  $j \in J$  เมื่อ  $J$  คือเซตของสถานีฐานทั้งหมดในโครงข่ายเซลลูลาร์ อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟสามารถนิยามได้ดังสมการ

$$U_g = \frac{\sum_{\forall i} b_i t_i}{\sum_{\forall j} B_j T} \quad (4.1)$$

เมื่อ  $b_i$  คือแบนด์วิทในการใช้บริการของผู้ใช้  $i$  และ  $t_i$  คือเวลาในการใช้บริการของผู้ใช้  $i$  ในขณะที่  $B_j$  คือจำนวนแบนด์วิทให้บริการของสถานีฐาน  $j$  โดยสมมติให้สถานีฐานมีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบคงที่ (fixed channel allocation, FCA) และ  $T$  คือเวลาในการสังเกตการณ์ (ในที่นี้คือเวลาในการจำลองสถานการณ์) อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟจึงเป็นอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่สามารถใช้บริการได้จนสิ้นสุด ดังนั้นการนำค่านี้มาเป็นพารามิเตอร์คุณภาพการให้บริการจะทำให้ผู้บริการมีความพึงพอใจมากยิ่งขึ้น

รูปที่ 4.5 แสดงอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่า  $\alpha$  จากรูปที่แสดงพบว่าในช่วงแรกเมื่อค่า  $\alpha$  เพิ่มขึ้นอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟจะสูงขึ้น เพราะจากผลการทดสอบในรูปที่ 4.3 เมื่อ  $\alpha$  เพิ่มขึ้นความน่าจะเป็นการบล็อก





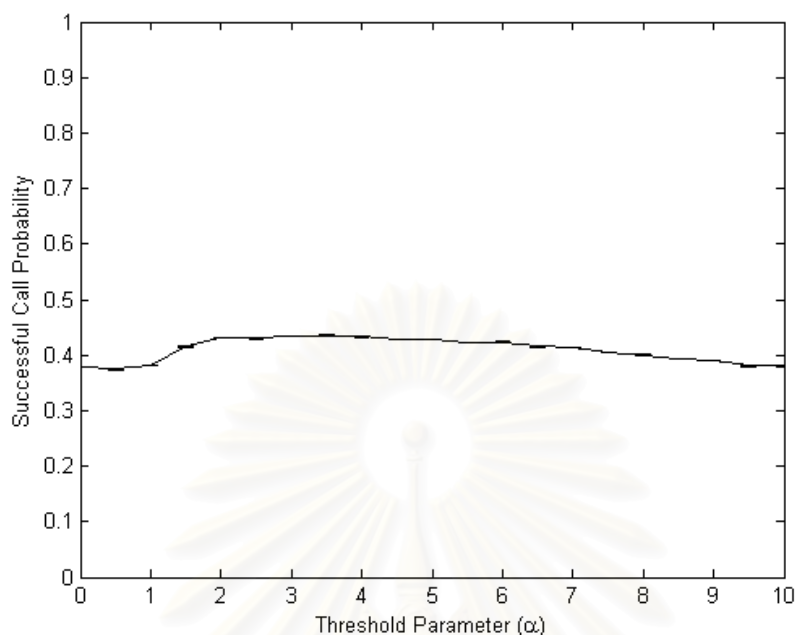
รูปที่ 4.5 อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าพารามิเตอร์ขีดเริ่มเปลี่ยน

การแฮนด์ออฟในระบบจะลดลง ทำให้อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟเพิ่มขึ้น แต่เมื่อค่า  $\alpha$  เพิ่มขึ้นถึงช่วงหนึ่งการเพิ่มค่า  $\alpha$  ทำให้อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟลดลง เพราะจากผลการทดสอบในรูปที่ 4.2 เมื่อ  $\alpha$  เพิ่มขึ้นความน่าจะเป็นการบล็อกการเรียกใหม่จะสูงขึ้น จนถึงค่า  $\alpha$  ค่าหนึ่ง ที่การลดลงของการบล็อกการแฮนด์ออฟในระบบไม่สามารถทดแทนการเพิ่มขึ้นของการบล็อกการเรียกใหม่ได้ ทำให้อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟลดลง

สำหรับความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟสามารถนิยามได้ดังสมการ

$$S = \frac{N - N_{B_N} - N_{B_H}}{N} \quad (4.2)$$

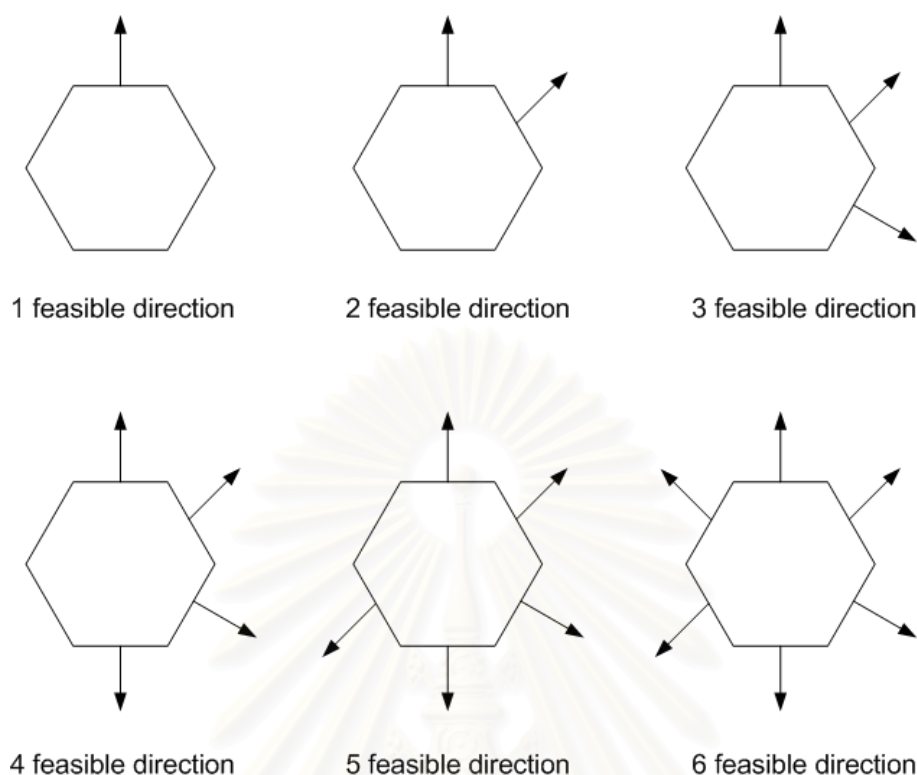
เมื่อ  $N$  คือจำนวนผู้ที่ขอใช้บริการทั้งหมดในระบบ  $N_{B_N}$  คือจำนวนผู้ใช้บริการที่ถูกล็อกในขั้นตอนการขอใช้บริการใหม่  $N_{B_H}$  คือจำนวนผู้ใช้บริการที่ถูกล็อกในขั้นตอนการแฮนด์ออฟ ค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟแสดงถึงความสำเร็จในการใช้บริการของผู้ใช้ ดังนั้นการนำค่านี้มาเป็นพารามิเตอร์คุณภาพการให้บริการจะช่วยให้ผู้ใช้บริการมีความพึงพอใจเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกันกับการพิจารณาอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ



รูปที่ 4.6 ความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าพารามิเตอร์ขีดเริ่มเปลี่ยน

รูปที่ 4.6 แสดงความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่า  $\alpha$  จากรูปที่แสดงพบว่าในช่วงแรกเมื่อค่า  $\alpha$  เพิ่มขึ้นความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟจะสูงขึ้น เพราะจากผลการทดสอบในรูปที่ 4.3 เมื่อ  $\alpha$  เพิ่มขึ้นความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟในระบบจะลดลง ทำให้ความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟสูงขึ้น แต่เมื่อค่า  $\alpha$  เพิ่มขึ้นถึงช่วงหนึ่งการเพิ่มค่า  $\alpha$  ทำให้ความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟลดลง เพราะจากผลการทดสอบในรูปที่ 4.2 เมื่อ  $\alpha$  เพิ่มขึ้นความน่าจะเป็นการบล็อกการเรียกใหม่จะสูงขึ้น จนถึงค่า  $\alpha$  ค่าหนึ่ง ที่การลดลงของการบล็อกการแฮนด์ออฟในระบบไม่สามารถทดแทนการเพิ่มขึ้นของการบล็อกการเรียกใหม่ได้ ทำให้ความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟลดลง

จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถนำไปใช้ในการควบคุมพารามิเตอร์คุณภาพการให้บริการพื้นฐาน ได้แก่ ความน่าจะเป็นการบล็อกการเรียกใหม่ ความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟ และอัตราส่วนการใช้ทรัพยากร นอกจากนี้การควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในด้าน อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ และความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ เมื่อเทียบกับค่าจากการควบคุมการตอบรับการเรียกแบบทั่วไป (ผลการทดลองที่ค่า  $\alpha = 0$ )

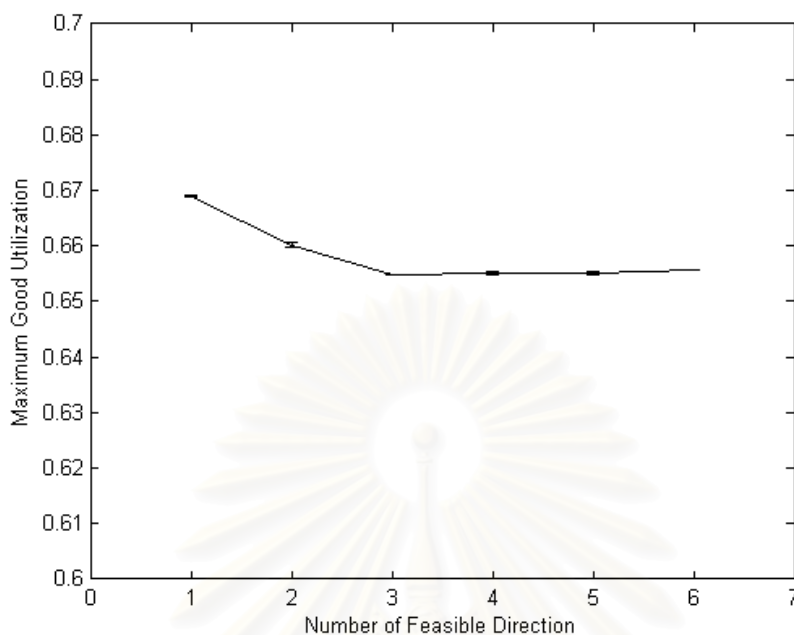


รูปที่ 4.7 ทิศทางที่เคลื่อนที่ไปได้ในการแฮนด์ออฟ

## 4.2 การ พิจารณา ผล จาก การ เปลี่ยน รูปแบบ การ เคลื่อนที่ ของ ผู้ใช้ บริการ ภายใน โครงข่าย

จากผลการทดสอบในหัวข้อที่ 4.1 พบว่าเมื่อเปลี่ยนค่า  $\alpha$  ทั้งหมด 21 ค่า ตั้งแต่ 0, 0.5, 1, 1.5,  $\dots$ , 10 ค่า อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ และค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ จะมีค่าสูงสุด (maximum value) ที่ค่า  $\alpha$  ค่าหนึ่ง ในหัวข้อนี้จะทำการตรวจสอบผลกระทบของรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการภายในโครงข่ายที่มีต่อค่าสูงสุดทั้งสอง โดยสมมุติฐานต่าง ๆ ในการจำลองโครงข่ายเหมือนกับสมมุติฐานในหัวข้อที่ 4.1 แต่จะกำหนดให้รูปแบบการเคลื่อนที่ที่พิจารณาจะมีทั้งหมด 6 รูปแบบ โดยจะกำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่ด้วยจำนวนทิศทางที่เคลื่อนที่ไปได้ (number of feasible direction) ในการแฮนด์ออฟ ดังที่แสดงในรูปที่ 4.7

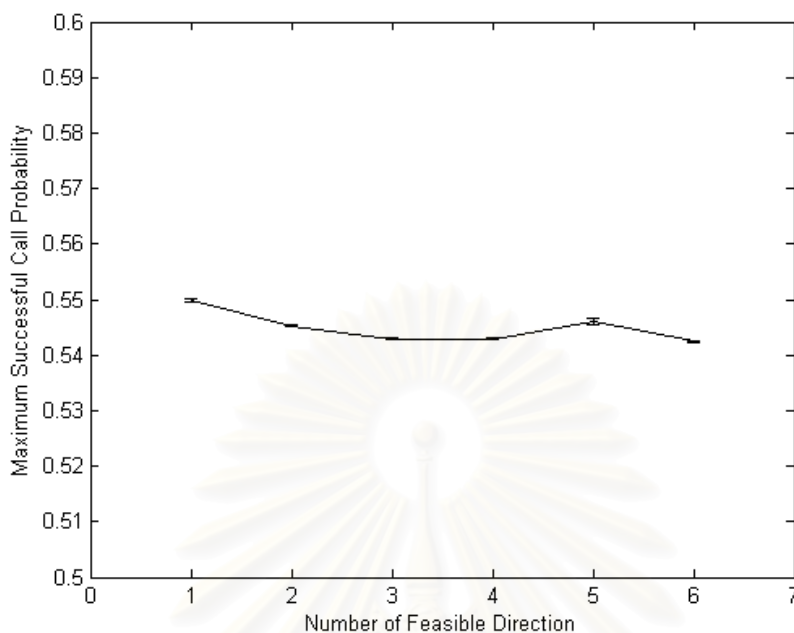
สำหรับ ผล การ ทดสอบ จะ แสดง ค่าสูงสุด อัตราส่วน การ ใช้ ทรัพยากร ของ ผู้ใช้ บริการ ที่ ไม่ ถูก บล็อก ใน กระบวนการ แฮนด์ ออฟ และ ค่าสูงสุด ค่าความน่าจะเป็น ที่ การ เรียก ใหม่ ได้ รับ การ ตอบรับ และ ไม่ ถูก บล็อก ใน กระบวนการแฮนด์ออฟ ในแต่ละจำนวนทิศทางที่ผู้ให้บริการสามารถเคลื่อนที่ออกจากเซลล์ตั้งแต่ 1, 2,  $\dots$ , 6 โดยผลการทดสอบจะแสดงอยู่ในรูปของช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ดังรูปที่ 4.8 และ 4.9



รูปที่ 4.8 ค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละจำนวนทิศทางที่เคลื่อนที่ไปได้

รูปที่ 4.8 แสดงค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละทิศทางที่เคลื่อนที่ไปได้ พบว่าเมื่อจำนวนทิศทางที่เคลื่อนที่ไปได้มีค่าน้อยลง ค่าสูงสุดจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากเมื่อจำนวนทิศทางเคลื่อนที่มีค่าน้อย ทิศทางในการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการในโครงข่ายจะสามารถคาดการณ์ได้แม่นยำมากขึ้น ซึ่งเป็นผลดีต่อการควบคุมการตอบรับการเรียกที่พิจารณารูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ที่เสนอ ทำให้โครงข่ายมีค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟเพิ่มขึ้น

รูปที่ 4.9 แสดงค่าสูงสุดค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละจำนวนทิศทางที่เคลื่อนที่ไปได้ พบว่าจำนวนทิศทางที่เคลื่อนที่ไปได้ไม่มีผลต่อค่าสูงสุดค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟเท่าใดนัก เมื่อเปรียบเทียบกับผลกระทบที่จำนวนทิศทางที่เคลื่อนที่ไปได้มีผลต่อค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ เนื่องจากการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอจะใช้ค่าแบนด์วิทประสิทธิภาพ (สมการ (3.4)) เป็นพารามิเตอร์สำคัญในการตัดสินใจตอบรับการเรียก (รูปที่ 3.2) ซึ่งแบนด์วิทประสิทธิภาพนี้คำนวณจากปริมาณทรัพยากรในโครงข่าย ดังนั้นการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอจะคำนึงถึงผลกระทบต่ออัตราส่วนการใช้ทรัพยากรมากกว่าโอกาสที่ผู้ใช้จะประสบความสำเร็จในการใช้บริการ เป็นผลให้การเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ มากกว่าค่า



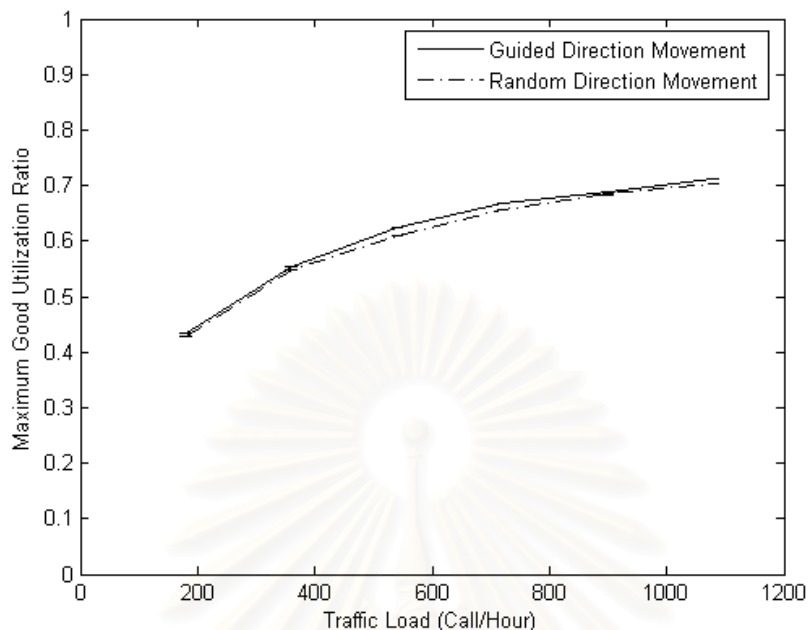
รูปที่ 4.9 ค่าสูงสุดค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละจำนวนทิศทางที่เคลื่อนที่ไปได้

ความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ เมื่อระบบรับรู้ข้อมูลการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการภายในโครงข่ายแม่นยำมากขึ้น

อย่างไรก็ดีจากผลการทดสอบในรูปที่ 4.8 และ 4.9 ค่าความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดทั้ง 2 ค่าที่รูปแบบการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย (ประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์) ดังนั้นจากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ และค่าสูงสุดความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ ที่ได้รับการปรับปรุงจากการใช้การควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอ ไม่ถูกผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการ

### 4.3 การพิจารณาผลจากการเปลี่ยนปริมาณทราฟฟิกในโครงข่าย

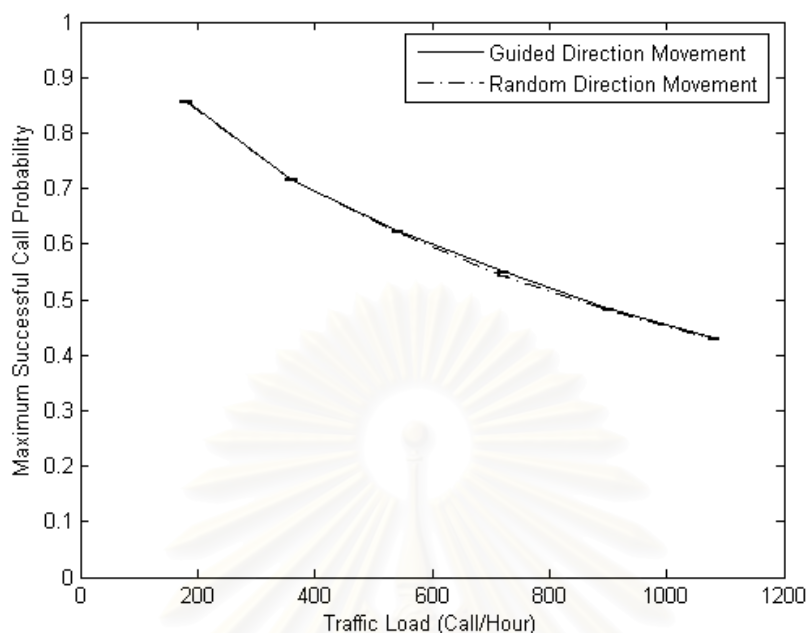
ในหัวข้อนี้จะทำการพิจารณาผลกระทบของปริมาณทราฟฟิกในโครงข่ายที่มีต่อค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ และค่าสูงสุดความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ โดยกำหนดให้สมมุติฐานในการทดสอบเหมือนกับสมมุติฐานในหัวข้อ 4.1 และเพิ่มเติมในส่วนของรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการ โดยจะพิจารณาสองกรณี คือ การเคลื่อนที่แบบมีทิศทาง (guided direction) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ที่แต่ละเซลล์มีจำนวนทิศทางที่ผู้ใช้



**รูปที่ 4.10** ค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าปริมาณทราฟฟิก

สามารถเคลื่อนที่ออกจากเซลล์เท่ากับ 1 และการเคลื่อนที่แบบสุ่ม (random direction) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ที่แต่ละเซลล์มีจำนวนทิศทางที่ผู้ใช้สามารถเคลื่อนที่ออกจากเซลล์เท่ากับ 6 สำหรับการพิจารณาผลกระทบจากการเปลี่ยนปริมาณทราฟฟิกในโครงข่าย จะทำโดยการทดสอบการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในโครงข่ายแบบเดียวกัน และเปลี่ยนปริมาณทราฟฟิกที่เกิดขึ้นในโครงข่ายทั้งหมด 6 ค่า ได้แก่ 180, 360, 540, 720, 900 และ 1080 ครั้งต่อชั่วโมง จากนั้นจะตรวจสอบค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ และค่าสูงสุดค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ โดยผลการทดสอบจะแสดงอยู่ในรูปของช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

รูปที่ 4.10 แสดงค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าปริมาณทราฟฟิก พบว่าเมื่อปริมาณทราฟฟิกในโครงข่ายเพิ่มขึ้น ค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าปริมาณทราฟฟิกจะสูงขึ้น โดยที่ค่าจากกรณีที่ผู้ใช้บริการเคลื่อนที่แบบมีทิศทางมีมากกว่าค่าจากกรณีที่ผู้ใช้บริการเคลื่อนที่แบบสุ่มเล็กน้อย (ตรงตามผลการทดสอบในหัวข้อ 4.2) เนื่องจากเมื่อปริมาณทราฟฟิกเพิ่มมากขึ้น จำนวนผู้ใช้ที่เข้ามาใช้บริการภายในโครงข่ายก็จะเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน เป็นผลให้ค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟสูงขึ้น และเนื่องจากผลการทดสอบนี้แสดงถึงค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละปริมาณทราฟฟิก โดยทดสอบจากการปรับค่า  $\alpha$  เพื่อปรับปรุงอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของ



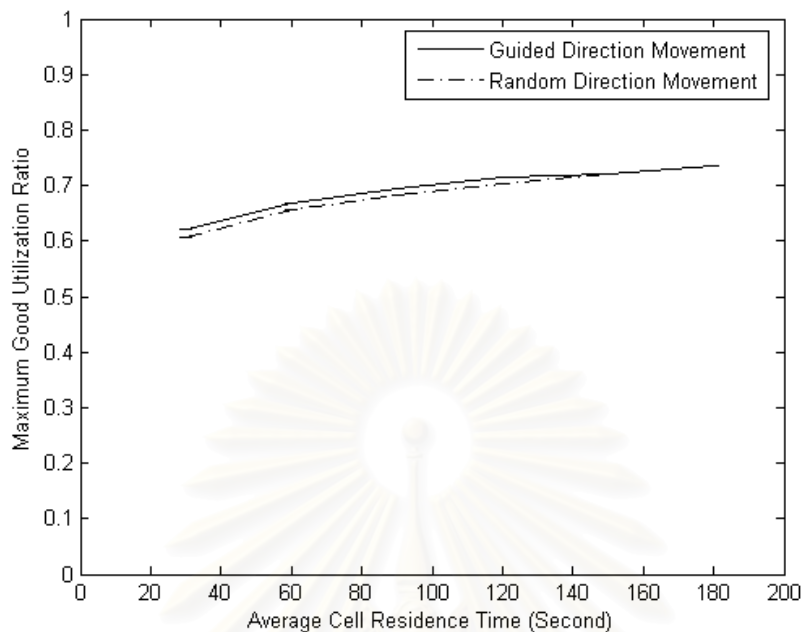
รูปที่ 4.11 ค่าสูงสุดค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าปริมาณทราฟฟิก

ผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟและนำค่าที่ดีที่สุดมาใช้ ดังนั้นผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของการบล็อกการแฮนด์ออฟที่เกิดจากปริมาณทราฟฟิกในโครงข่ายที่สูงขึ้น จึงมีไม่มากนักเนื่องจากการเลือกใช้ค่า  $\alpha$  ที่เหมาะสม

รูปที่ 4.10 แสดงค่าสูงสุดค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าปริมาณทราฟฟิก พบว่าเมื่อปริมาณทราฟฟิกมากขึ้น ค่าสูงสุดค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าปริมาณทราฟฟิกจะลดลง โดยที่ค่าจากกรณีที่ใช้บริการเคลื่อนที่แบบมิตีตทางมีมากกว่าค่าจากกรณีที่ใช้บริการเคลื่อนที่แบบสุมเล็กน้อย เนื่องจากเมื่อปริมาณทราฟฟิกในโครงข่ายสูงขึ้น ผู้ใช้บริการจะเข้ามาใช้บริการภายในโครงข่ายเพิ่มขึ้น จำนวนแบนด์วิธภายในโครงข่ายจะลดลง ส่งผลให้การบล็อกการเรียกใหม่และการบล็อกการแฮนด์ออฟสูงขึ้น เนื่องจากมีจำนวนแบนด์วิธไม่เพียงพอ ก่อให้เกิดการลดลงของค่าสูงสุดค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ

#### 4.4 การพิจารณาผลจากการเปลี่ยนความเร็วเฉลี่ยของผู้ใช้บริการในโครงข่าย

ในหัวข้อนี้จะพิจารณาผลกระทบจากความเร็วของผู้ใช้บริการในโครงข่ายที่มีต่อค่าสูงสุดค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ และค่าสูงสุดค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่

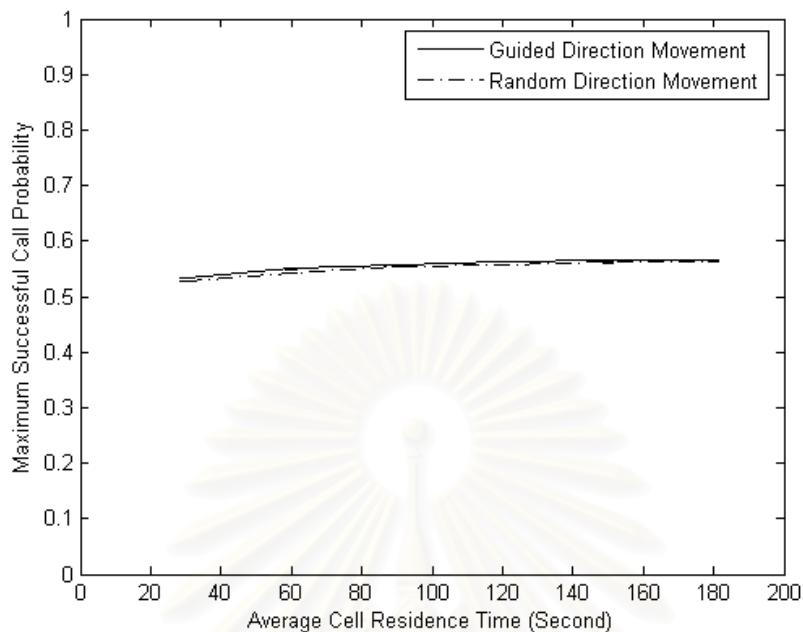


รูปที่ 4.12 ค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าเวลาอาศัยเฉลี่ย

ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ โดยกำหนดให้สมมุติฐานในการทดสอบเหมือนกับสมมุติฐานในหัวข้อ 4.1 และพิจารณารูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการสองกรณีคือการเคลื่อนที่แบบมีทิศทางและการเคลื่อนที่แบบสุ่ม สำหรับความเร็วของผู้ใช้บริการภายในโครงข่ายจะถูกแสดงด้วยค่าเวลาอาศัยเฉลี่ย (average cell residence time) ซึ่งเป็นเวลาเฉลี่ยที่ผู้ใช้จะใช้บริการภายในเซลล์ ก่อนที่จะแฮนด์ออฟไปสู่เซลล์ข้างเคียง สำหรับการพิจารณาผลจากการเปลี่ยนความเร็วเฉลี่ยของผู้ใช้บริการภายในโครงข่าย จะทดสอบโดยการเปลี่ยนค่าเวลาอาศัยเฉลี่ย 6 ค่า ได้แก่ 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 วินาที (กำหนดให้เซลล์มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 กิโลเมตร) จากนั้นจะตรวจสอบค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ และค่าสูงสุดค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ โดยผลการทดสอบจะแสดงอยู่ในรูปของช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

รูปที่ 4.12 แสดงค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าเวลาอาศัยเฉลี่ย พบว่าเมื่อเวลาอาศัยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟจะสูงขึ้น โดยที่ค่าจากกรณีที่ผู้ใช้บริการเคลื่อนที่แบบมีทิศทางมีมากกว่าค่าจากกรณีที่ผู้ใช้บริการเคลื่อนที่แบบสุ่มเล็กน้อย เนื่องจากเวลาอาศัยเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นจากความเร็วที่ลดลงของผู้ใช้บริการ ทำให้อัตราการเดินทางข้ามเซลล์ระหว่างการให้บริการน้อยลง ส่งผลให้อัตราการแฮนด์ออฟและการบล็อกการแฮนด์ออฟลดลง ค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟจึงเพิ่มขึ้น





รูปที่ 4.13 ค่าสูงสุดค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าเวลาอาศัยเฉลี่ย

รูปที่ 4.13 แสดงค่าสูงสุดค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าเวลาอาศัยเฉลี่ย พบว่าเมื่อเวลาอาศัยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นค่าสูงสุดค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟจะสูงขึ้น โดยที่ค่าจากกรณีที่ใช้บริการเคลื่อนที่แบบมีทิศทางมีมากกว่าค่าจากกรณีที่ผู้ใช้บริการเคลื่อนที่แบบสุ่มเล็กน้อย เนื่องจากเหตุผลเดียวกันกับการวิเคราะห์ผลการทดสอบรูปที่ 4.12 ที่กล่าวว่าเวลาอาศัยเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นจากความเร็วที่ลดลงของผู้ใช้บริการ ทำให้อัตราการเดินทางข้ามเซลล์ระหว่างการให้บริการน้อยลง ส่งผลให้อัตราการแฮนด์ออฟและการบล็อกการแฮนด์ออฟลดลง ค่าสูงสุดค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟจึงเพิ่มขึ้น

#### 4.5 การจำลองสถานการณ์ในสถานการณ์เดียวกับการทดลองในงานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา

ในหัวข้อนี้จะทดสอบการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในสถานการณ์เดียวกับการจำลองสถานการณ์ในงานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา [4] ที่มีสมมุติฐานต่าง ๆ ดังนี้

1. พิจารณาโครงข่ายเซลลูลาร์บนถนนที่ครอบคลุมด้วยเซลล์สี่เหลี่ยม 10 เซลล์ดังรูปที่ 4.14 แต่ละเซลล์มีความยาว 1 กิโลเมตร และเมื่อผู้ใช้เคลื่อนที่ออกจากโครงข่ายเซลลูลาร์ทางด้านขอบของโครงข่าย จะสมมุติให้ผู้ใช้

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

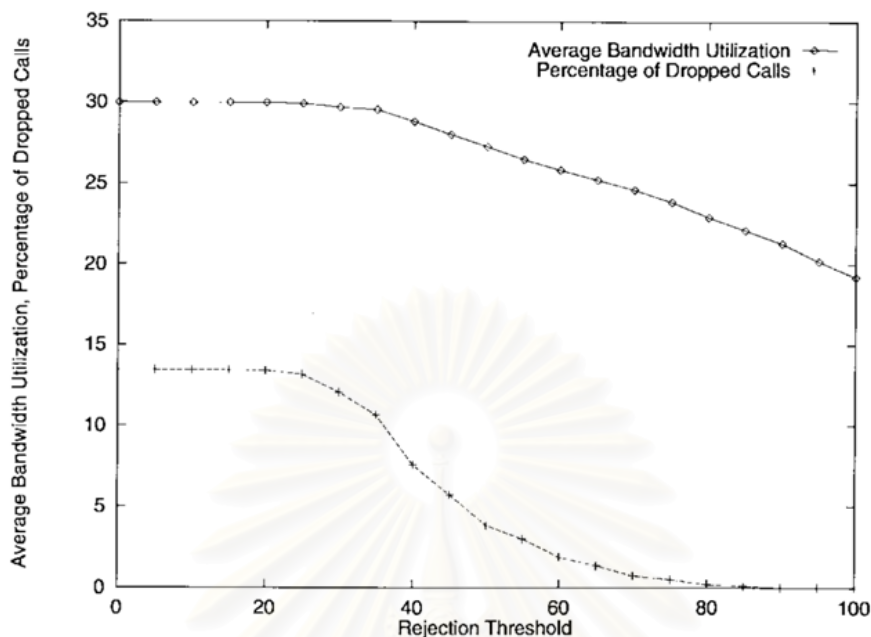
#### รูปที่ 4.14 การจัดวางเซลล์ของโครงข่ายเซลลูลาร์ในการจำลองสถานการณ์

รถยนต์เคลื่อนที่เข้ามาภายในโครงข่ายเซลลูลาร์จากขอบด้านตรงข้ามของโครงข่าย เพื่อป้องกันการลดลงของจำนวนผู้ใช้บริการภายในโครงข่ายที่เกิดจากการเคลื่อนที่ออกจากโครงข่ายของผู้ใช้

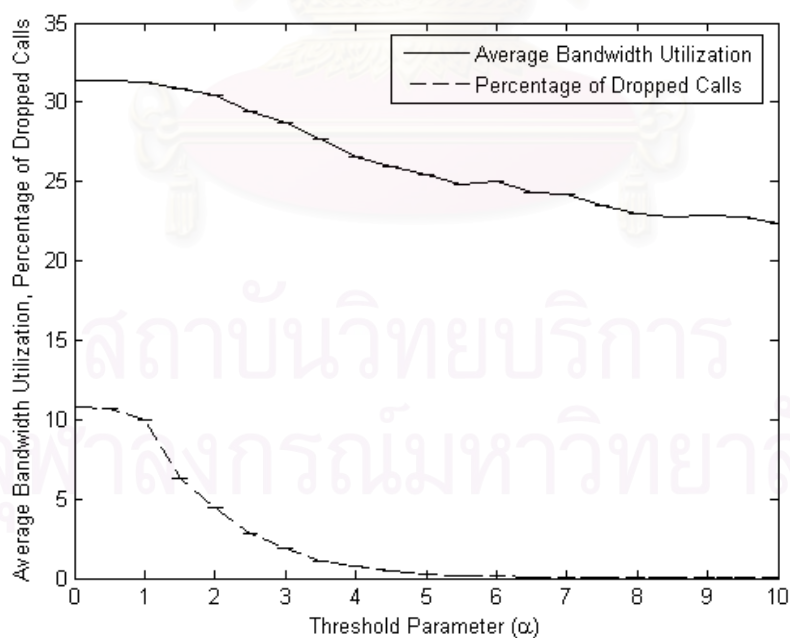
- ผู้ใช้บริการสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 70, 90 และ 105 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ด้วยความน่าจะเป็นของแต่ละความเร็วเท่ากับ  $1/3$  ผู้ใช้สามารถเคลื่อนที่ไปได้ทั้ง 2 ทิศทางด้วยความน่าจะเป็นเท่า ๆ กัน
- รูปแบบการใช้บริการมี 3 ชนิด คือ การสนทนา สัญญาณเสียง และสัญญาณภาพ ด้วยความน่าจะเป็น 0.7, 0.2 และ 0.1 ตามลำดับ
- เวลาในการใช้บริการเหมือนกันทั้ง 3 รูปแบบการใช้บริการ โดยมีลักษณะการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่มีค่าเฉลี่ย 180 วินาที
- แต่ละเซลล์มีจำนวนแบนด์วิทเท่ากับ 40 BU
- จำนวนแบนด์วิทที่ต้องการสำหรับทราฟฟิกแต่ละชนิดคือ การสนทนา = 1 BU, สัญญาณเสียง = 5 BU, และสัญญาณภาพ = 10 BU
- ปริมาณทราฟฟิกที่เกิดขึ้นคือ 720 ครั้งต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการจำลองสถานการณ์ 4 ชั่วโมง

สำหรับโปรแกรมที่ใช้จำลองสถานการณ์ในงานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงาเป็นการจำลองสถานการณ์แบบเวลาเต็มหน่วย (discrete-time simulation) โดยประมาณทราฟฟิกที่เข้ามาด้วยกระบวนการเบอร์นูลลี (Bernoulli process) ที่มีความกว้างของช่วงเวลา (time slot) เท่ากับ 10 วินาที ในขณะที่การจำลองสถานการณ์ในวิทยานิพนธ์นี้ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์แบบเหตุการณ์เต็มหน่วย (discrete-event simulation) โดยกำหนดให้ทราฟฟิกที่เข้ามามีลักษณะเป็นกระบวนการปัวซอง (Poisson process)

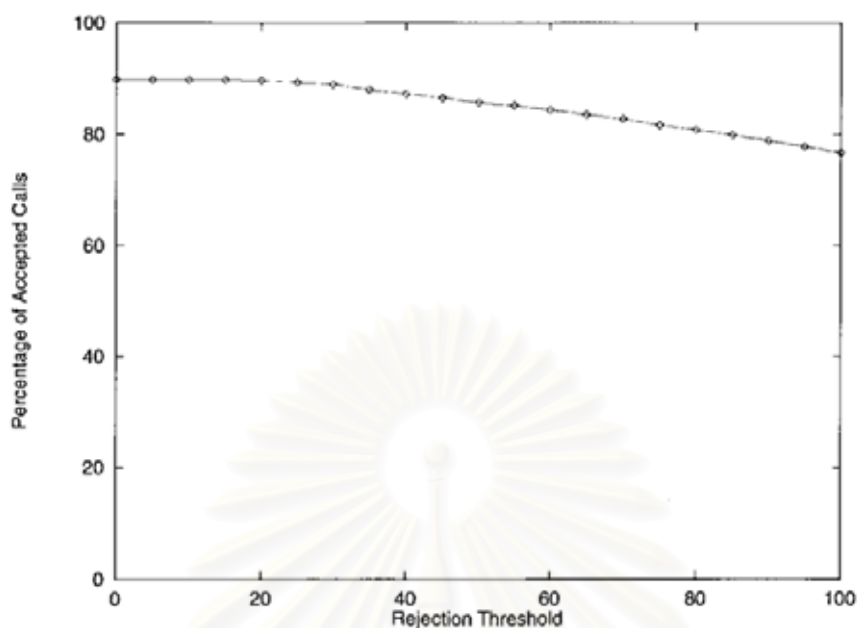
รูปที่ 4.15 แสดงค่าเฉลี่ยแบนด์วิทใช้งานและเปอร์เซ็นต์การบล็อกการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าขีดเริ่มเปลี่ยนการปฏิเสธ (rejection threshold) ในงานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา โดยที่ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนการปฏิเสธเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ใช้แนวคิดกลุ่มเงา ซึ่งทำหน้าที่เหมือนกับพารามิเตอร์ขีดเริ่มเปลี่ยนในการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จากรูปที่แสดงพบว่าเมื่อค่าขีดเริ่มเปลี่ยนการปฏิเสธเพิ่มขึ้นค่าเฉลี่ยแบนด์วิทใช้งานและเปอร์เซ็นต์การบล็อกการแฮนด์ออฟลดลง เนื่องจากเมื่อค่าขีดเริ่มเปลี่ยนการปฏิเสธเพิ่มขึ้นระบบจะปฏิเสธการเรียกที่มีแนวโน้มว่าจะเกิดการบล็อกการแฮนด์ออฟในอนาคตมากขึ้น ดังนั้น



รูปที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยแบนด์วิทใช้งานและเปอร์เซ็นต์การบล็อกการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าขีดเริ่มเปลี่ยนการปฏิบัติในการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในงานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา [4]



รูปที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยแบนด์วิทใช้งานและเปอร์เซ็นต์การบล็อกการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าพารามิเตอร์ขีดเริ่มเปลี่ยนในการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้



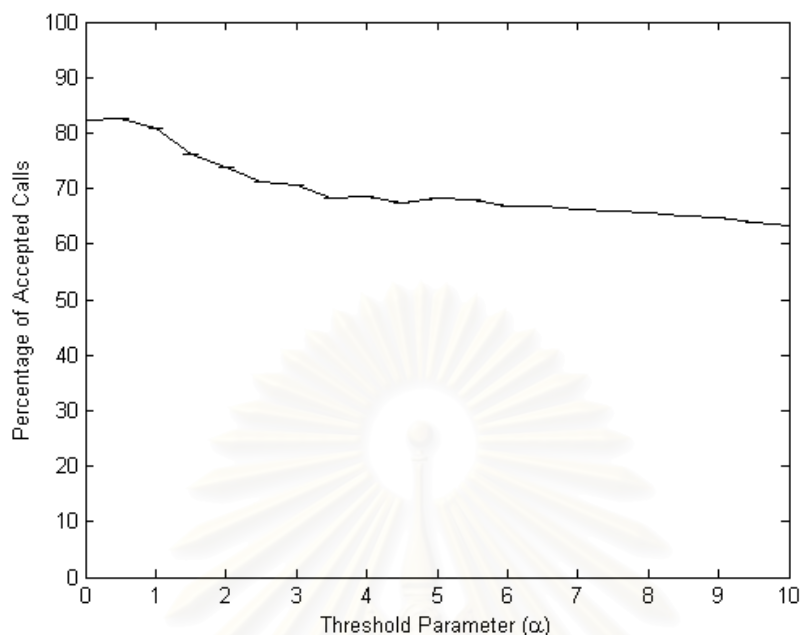
รูปที่ 4.17 เปอร์เซนต์การตอบรับการเรียกในแต่ละค่าขีดเริ่มเปลี่ยนการปฏิเสธในการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในงานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา [4]

เปอร์เซนต์การบล็อกการเสนอต่อฟจึงลดลง ในขณะที่เดียวกันค่าเฉลี่ยแบนด์วิทใช้งานก็ลดลงเช่นเดียวกัน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของการบล็อกการเรียกใหม่

รูปที่ 4.16 แสดงค่าเฉลี่ยแบนด์วิทใช้งานและเปอร์เซนต์การบล็อกการเสนอต่อฟในแต่ละค่าพารามิเตอร์ขีดเริ่มเปลี่ยนในการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ พบว่าเมื่อพารามิเตอร์ขีดเริ่มเปลี่ยนเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยแบนด์วิทใช้งานและเปอร์เซนต์การบล็อกการเสนอต่อฟจะลดลง เหมือนกับผลการทดสอบการควบคุมการตอบรับการเรียกในงานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา (รูปที่ 4.15) เนื่องจากเมื่อค่าพารามิเตอร์ขีดเริ่มเปลี่ยนเพิ่มขึ้นระบบจะปฏิเสธการเรียกที่มีแนวโน้มว่าจะเกิดการบล็อกการเสนอต่อฟในอนาคตมากขึ้น ดังนั้นเปอร์เซนต์การบล็อกการเสนอต่อฟจึงลดลง ในขณะที่เดียวกันค่าเฉลี่ยแบนด์วิทใช้งานก็ลดลงเช่นเดียวกัน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของการบล็อกการเรียกใหม่

รูปที่ 4.17 แสดงเปอร์เซนต์การตอบรับการเรียกในแต่ละค่าขีดเริ่มเปลี่ยนการปฏิเสธในการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในงานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา พบว่าเมื่อค่าขีดเริ่มเปลี่ยนการปฏิเสธเพิ่มขึ้น เปอร์เซนต์การตอบรับการเรียกจะลดลง เนื่องจากเมื่อค่าขีดเริ่มเปลี่ยนการปฏิเสธเพิ่มขึ้น ระบบจะปฏิเสธการเรียกใหม่ที่มีแนวโน้มจะถูกล็อกการเสนอต่อฟในอนาคตเพิ่มมากขึ้น ทำให้เปอร์เซนต์การตอบรับการเรียกลดลง

รูปที่ 4.18 แสดงเปอร์เซนต์การตอบรับการเรียกในแต่ละค่าขีดเริ่มเปลี่ยนการปฏิเสธในการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ พบว่าเมื่อค่าขีดเริ่มเปลี่ยนการปฏิเสธเพิ่มขึ้น เปอร์เซนต์การตอบรับการเรียก



**รูปที่ 4.18** เปอร์เซนต์การตอบรับการเรียกในแต่ละค่าพารามิเตอร์ขีดเริ่มเปลี่ยนในการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

จะลดลง เหมือนกับผลการทดสอบการควบคุมการตอบรับการเรียกในงานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา (รูปที่ 4.17) เนื่องจากเมื่อค่าขีดเริ่มเปลี่ยนการปฏิเสธเพิ่มขึ้น ระบบจะปฏิเสธการเรียกใหม่ที่มีแนวโน้มจะถูกบล็อกการเสนอต่อพในอนาคตเพิ่มมากขึ้น ทำให้เปอร์เซนต์การตอบรับการเรียกลดลง

จากผลการทดสอบในรูปที่ 4.15-4.18 แสดงให้เห็นว่าการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถใช้ในการควบคุมค่าคุณภาพการให้บริการพื้นฐาน ได้แก่ การบล็อกการเรียกใหม่ การบล็อกการเสนอต่อพและอัตราส่วนการใช้ทรัพยากร โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ขีดเริ่มเปลี่ยน ได้เช่นเดียวกับการควบคุมการตอบรับการเรียกในงานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา

#### 4.6 การจำลองสถานการณ์ ใน สภาวะจำลองแบบเหมือนจริง และ พิจารณาผลกระทบจากการเปลี่ยนรูปแบบการให้บริการของผู้ใช้ในโครงข่าย

ในหัวข้อนี้จะทดสอบการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในสถานการณ์เหมือนจริง (practical scenario) พร้อมทั้งตรวจสอบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการให้บริการหรืออัตราส่วนการใช้ทรัพยากรในแต่ละชนิด ที่มีต่อประสิทธิภาพของการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอ โดยจำลองสถานการณ์ในโครงข่ายดังรูปที่ 4.19 ซึ่งเป็นถนนที่มีทางสรรพสินค้าตั้งอยู่ทั้ง 2 ฝั่งโดยคนสามารถเดินเข้าออกระหว่างทางสรรพสินค้าและ

ตารางที่ 4.1 รูปแบบการใช้บริการของผู้ใช้ในโครงข่าย

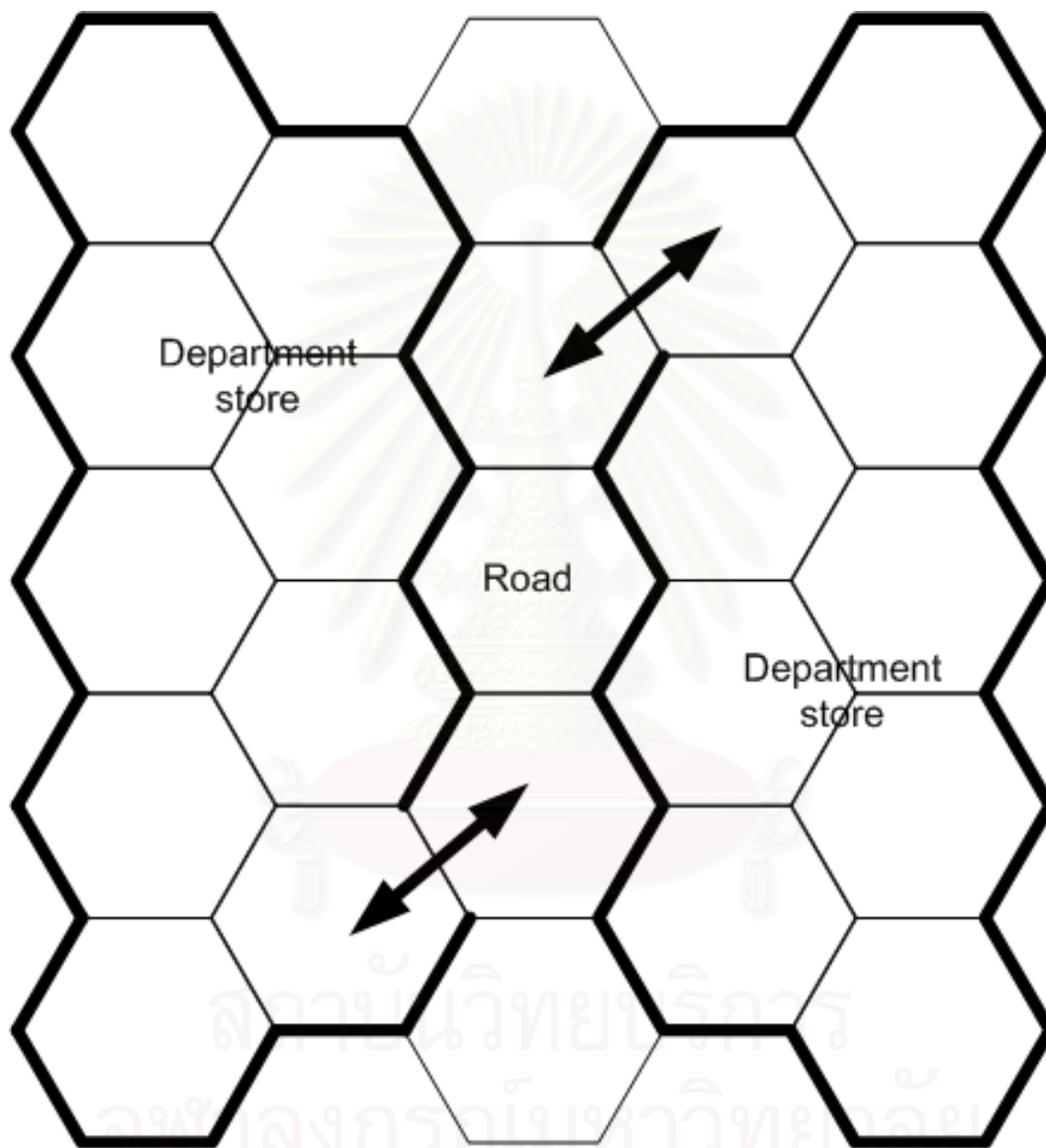
scenario	voice probability	audio probability	video probability	data probability
1	0	0.1	0.8	0.1
2	0.2	0.1	0.6	0.1
3	0.4	0.1	0.4	0.1
4	0.6	0.1	0.2	0.1
5	0.8	0.1	0	0.1

ถนนผ่านทางประตู โดยความน่าจะเป็นที่คนบนถนนจะอยู่บนถนนต่อไปและคนในห้างสรรพสินค้าต่อไปจะเท่ากับ 0.9 ในขณะที่ความน่าจะเป็นที่คนในห้างสรรพสินค้าจะเคลื่อนที่ออกมาสู่ถนนและคนบนถนนจะเคลื่อนที่เข้าไปในห้างสรรพสินค้าจะเท่ากับ 0.1 สำหรับสมมติฐานในการทดสอบอื่น ๆ จะเหมือนกับสมมติฐานในหัวข้อ 4.1 แต่ในอัตราส่วนของกราฟฟิกจะกำหนดให้อัตราส่วนของสัญญาณเสียงและข้อมูลคงที่เท่ากับ 0.1 และเปลี่ยนอัตราส่วนของสารสนเทศและสัญญาณภาพ 5 ค่าคือ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ดังตารางที่ 4.1

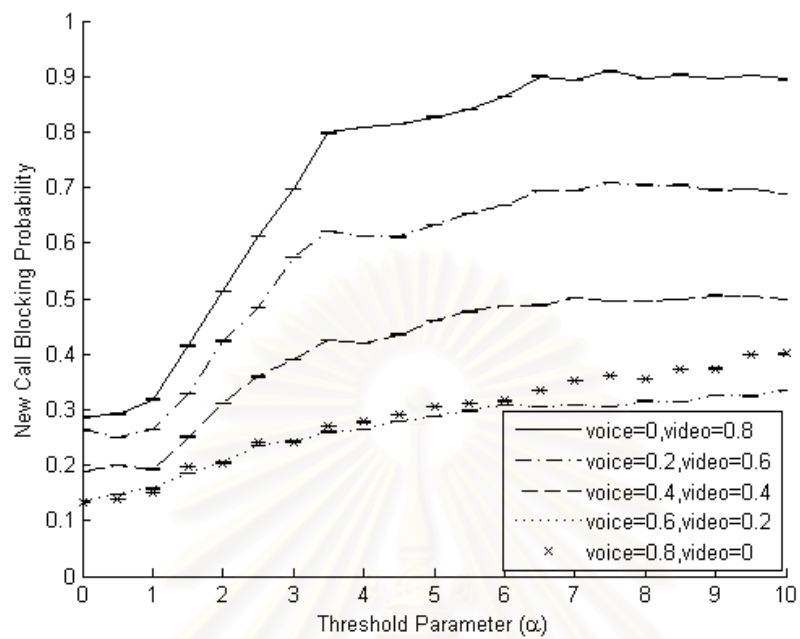
รูปที่ 4.20 แสดงความน่าจะเป็น การบล็อก การเรียกใหม่ ใน แต่ละ รูปแบบ การใช้ บริการ พบว่า เมื่ออัตราส่วนกราฟฟิกสัญญาณภาพเพิ่มขึ้นค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการเรียกใหม่จะสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อกราฟฟิกที่ต้องการจำนวนแบนด์วิทเป็นจำนวนมากเพิ่มขึ้น (ความต้องการจำนวนแบนด์วิทของกราฟฟิกแต่ละชนิดคือ การสนทนา = 1 BU, สัญญาณเสียง = 5 BU, สัญญาณภาพ = 10 BU และข้อมูล = 2 BU) โอกาสที่จำนวนแบนด์วิทว่างในแต่ละเซลล์จะมีเพียงพอสำหรับการเรียกใหม่จะลดลง ทำให้ความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟเพิ่มขึ้น

รูปที่ 4.21 แสดงความน่าจะเป็น การบล็อก การแฮนด์ ออฟ ใน แต่ละ รูปแบบ การใช้ บริการ พบว่า เมื่ออัตราส่วนกราฟฟิกสัญญาณภาพเพิ่มขึ้นค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟจะสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อกราฟฟิกที่ต้องการจำนวนแบนด์วิทเป็นจำนวนมากเพิ่มขึ้นโอกาสที่จำนวนแบนด์วิทว่างในแต่ละเซลล์จะมีเพียงพอสำหรับสัญญาณแฮนด์ออฟจะลดลง ทำให้ความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟเพิ่มขึ้น

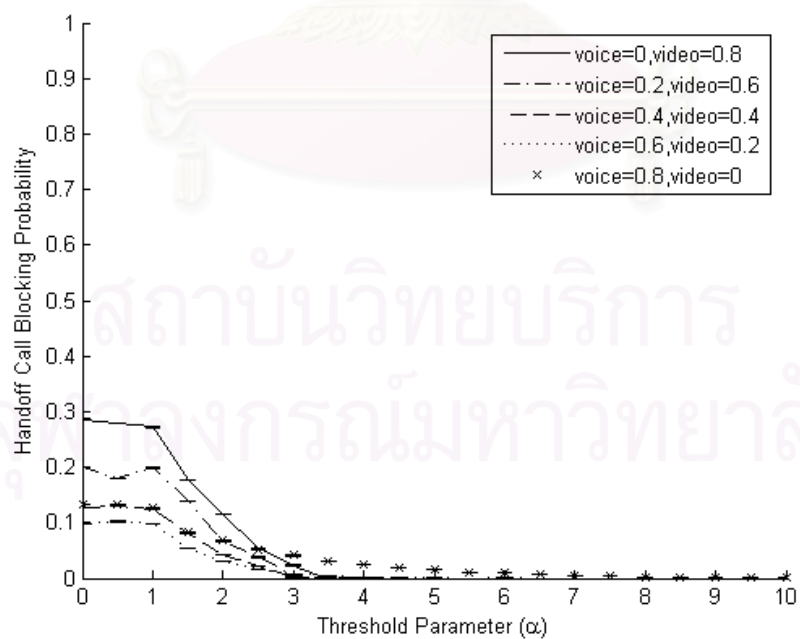
รูปที่ 4.22 แสดงอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรในแต่ละรูปแบบการใช้บริการพบว่า เมื่ออัตราส่วนกราฟฟิกสัญญาณภาพเพิ่มขึ้นอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรจะลดลง เนื่องจากเมื่อกราฟฟิกที่ต้องการจำนวนแบนด์วิทเป็นจำนวนมากเพิ่มขึ้นโอกาสที่จำนวนแบนด์วิทว่างในแต่ละเซลล์จะมีเพียงพอสำหรับการเรียกใหม่และสัญญาณแฮนด์ออฟจะลดลง จำนวนผู้ใช้ที่เข้ามาใช้บริการในโครงข่ายจึงลดลง เป็นผลให้ค่าอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรต่ำลง



รูปที่ 4.19 การจัดวางเซลล์ของโครงข่ายเซลลูลาร์ในการจำลองสถานการณ์แบบเหมือนจริง

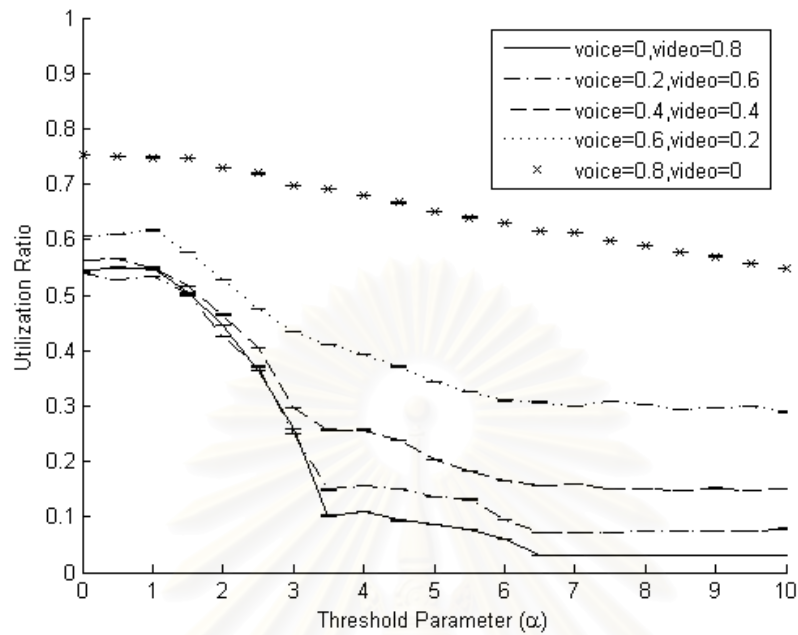


รูปที่ 4.20 ความน่าจะเป็นการบล็อกการเรียกใหม่ในแต่ละรูปแบบการให้บริการ

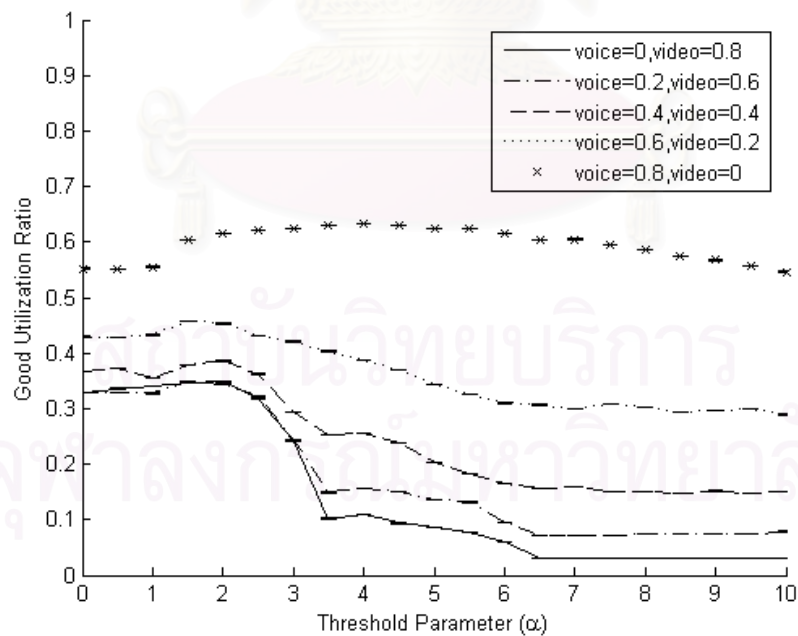


รูปที่ 4.21 ความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟในแต่ละรูปแบบการให้บริการ

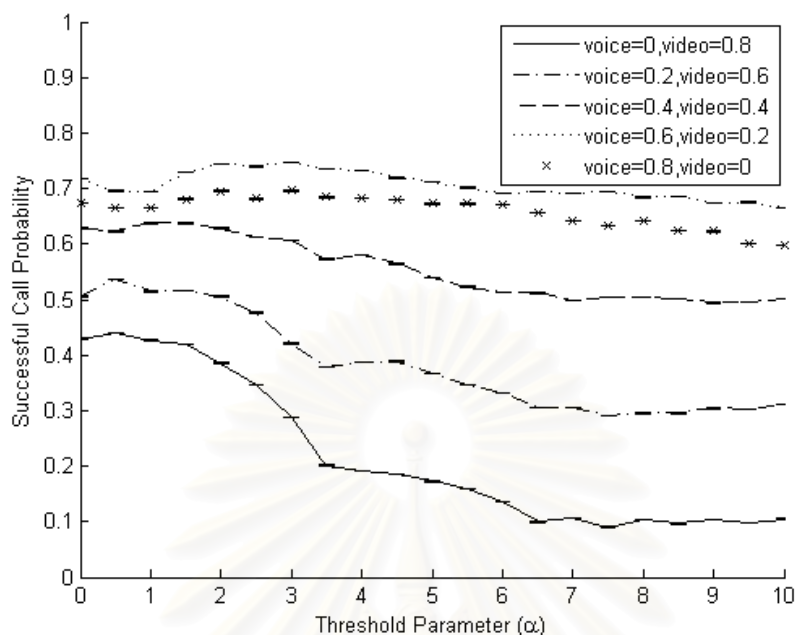




รูปที่ 4.22 อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรในแต่ละรูปแบบการให้บริการ



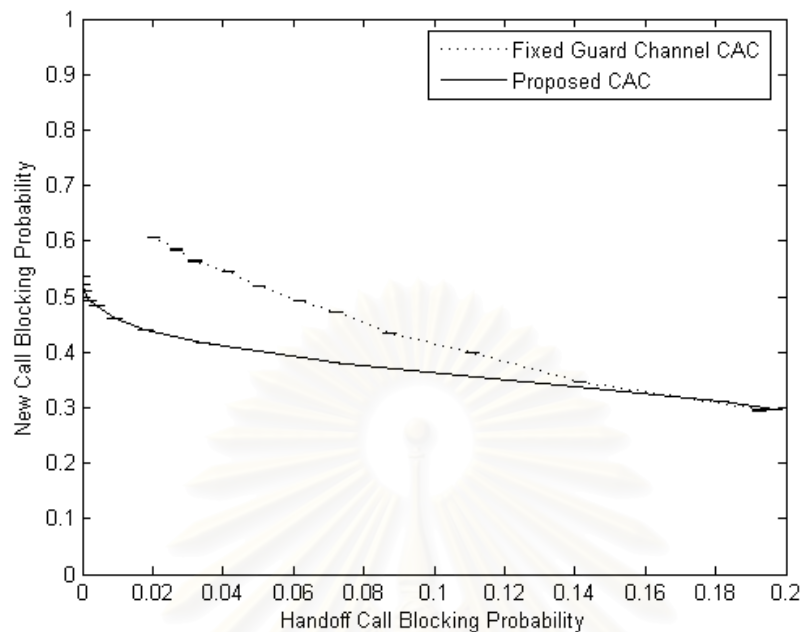
รูปที่ 4.23 อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละรูปแบบการให้บริการ



รูปที่ 4.24 ความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละรูปแบบการให้บริการ

รูปที่ 4.23 แสดงอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละรูปแบบการให้บริการพบว่า เมื่ออัตราส่วนกราฟิกสัญญาณภาพเพิ่มขึ้นอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟจะลดลง เนื่องจากเมื่อกราฟิกที่ต้องการจำนวนแบนด์วิทเป็นจำนวนมากเพิ่มขึ้นโอกาสที่จำนวนแบนด์วิทว่างในแต่ละเซลล์จะมีเพียงพอสำหรับการเรียกใหม่และสัญญาณแฮนด์ออฟจะลดลง จำนวนผู้ใช้ที่เข้ามาใช้บริการในโครงข่ายจึงลดลง เป็นผลให้ค่าอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟต่ำลง

รูปที่ 4.24 แสดงความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละรูปแบบการให้บริการพบว่า เมื่ออัตราส่วนกราฟิกสัญญาณภาพเพิ่มขึ้นความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟจะลดลง เนื่องจากเมื่อกราฟิกที่ต้องการจำนวนแบนด์วิทเป็นจำนวนมากเพิ่มขึ้นโอกาสที่จำนวนแบนด์วิทว่างในแต่ละเซลล์จะมีเพียงพอสำหรับการเรียกใหม่และสัญญาณแฮนด์ออฟจะลดลง จำนวนผู้ใช้ที่ถูกบล็อกในขั้นตอนการเรียกใหม่และการแฮนด์ออฟจึงเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ค่าอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟต่ำลง

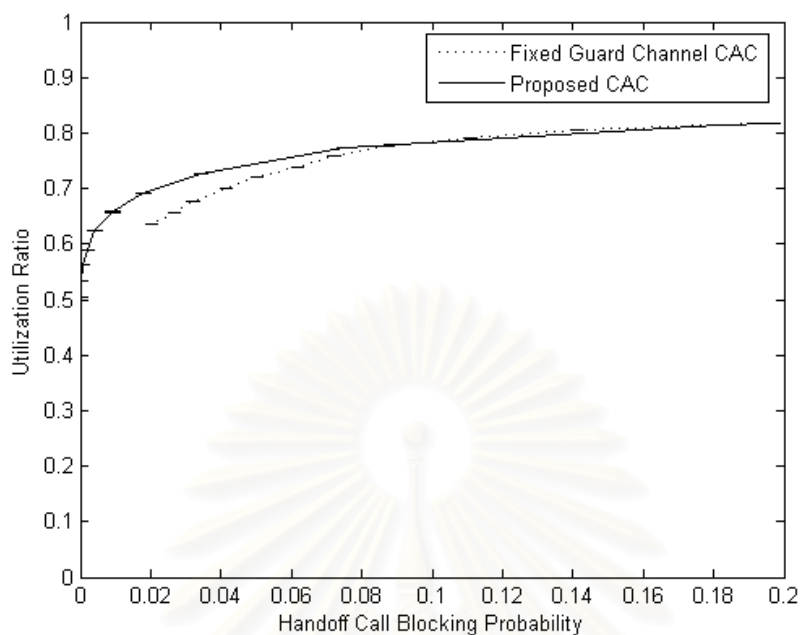


รูปที่ 4.25 ความน่าจะเป็นการบล็อกการเรียกใหม่ในแต่ละค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟ

#### 4.7 การจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอกับการควบคุมการตอบรับการเรียกแบบสำรองช่องสัญญาณคงที่

ในหัวข้อนี้จะเปรียบเทียบการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอกับการควบคุมการตอบรับการเรียกแบบสำรองช่องสัญญาณคงที่ (fixed guard channel CAC) โดยที่สมมุติฐานต่าง ๆ ในการจำลองสถานการณ์จะเหมือนกับสมมุติฐานในหัวข้อ 4.1 สำหรับการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอจะปรับค่า  $\alpha$  ทั้งหมด 11 ค่า ตั้งแต่ 0, 1, 2, ..., 10 และไม่มีแบนด์วิทสำรองสำหรับสัญญาณแฮนด์ออฟ ในขณะที่การควบคุมการตอบรับการเรียกแบบสำรองช่องสัญญาณคงที่จะปรับจำนวนแบนด์วิทสำรองสำหรับสัญญาณแฮนด์ออฟทั้งหมด 11 ค่า ตั้งแต่ 0, 1, 2, ..., 10 แบนด์วิทชนิด โดยเปรียบเทียบความน่าจะเป็นการบล็อกการเรียกใหม่ อัตราส่วนการใช้ทรัพยากร อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ และความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ ในแต่ละค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟ

รูปที่ 4.25 แสดงความน่าจะเป็นการบล็อกการเรียกใหม่ในแต่ละค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟ สำหรับการควบคุมการตอบรับการเรียกแบบสำรองช่องสัญญาณคงที่และการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอ จากผลการทดสอบพบว่าที่ค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟค่าเดียวกัน การควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอมีความน่าจะเป็นการบล็อกการเรียกใหม่ต่ำกว่าการควบคุมการตอบรับการเรียกแบบสำรองช่องสัญญาณคงที่

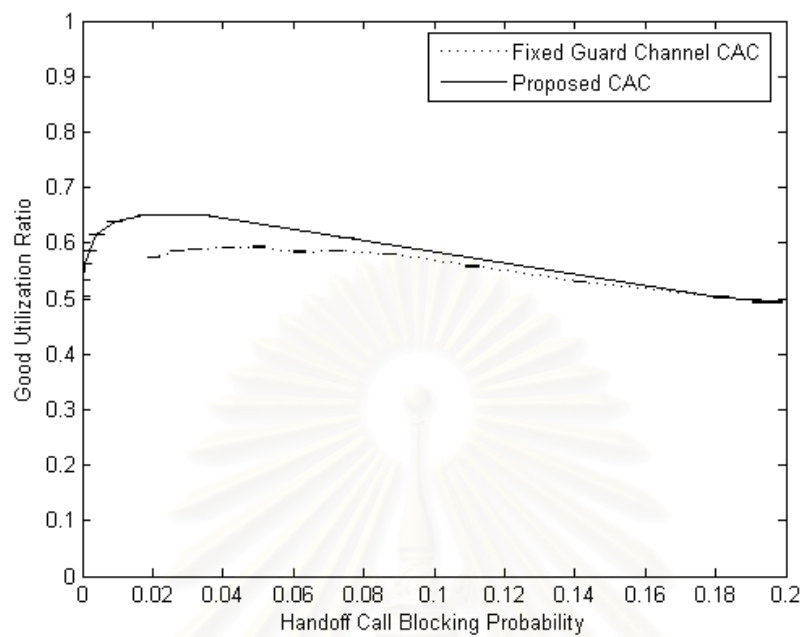


รูปที่ 4.26 อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรในแต่ละค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟ

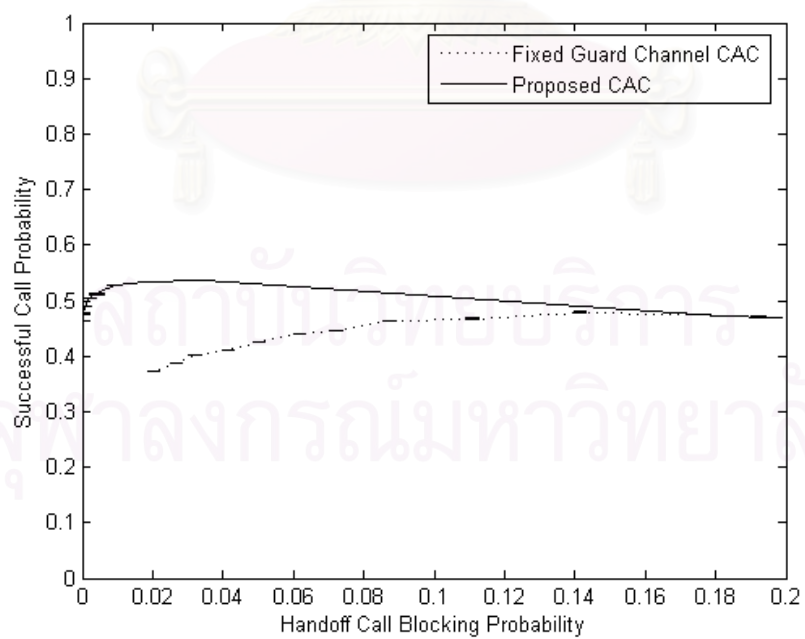
รูปที่ 4.26 แสดงอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรในแต่ละค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟสำหรับการควบคุมการตอบรับการเรียกแบบสำรองช่องสัญญาณคงที่และการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอ จากผลการทดสอบพบว่าที่ค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟค่าเดียวกัน การควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอมีอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรสูงกว่าการควบคุมการตอบรับการเรียกแบบสำรองช่องสัญญาณคงที่

รูปที่ 4.27 แสดงอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟสำหรับการควบคุมการตอบรับการเรียกแบบสำรองช่องสัญญาณคงที่และการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอ จากผลการทดสอบพบว่าที่ค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟค่าเดียวกัน การควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอมีอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟสูงกว่าการควบคุมการตอบรับการเรียกแบบสำรองช่องสัญญาณคงที่

รูปที่ 4.28 แสดงความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟในแต่ละค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟสำหรับการควบคุมการตอบรับการเรียกแบบสำรองช่องสัญญาณคงที่และการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอ จากผลการทดสอบพบว่าที่ค่าความน่าจะเป็นการบล็อกการแฮนด์ออฟค่าเดียวกัน การควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอมีความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟสูงกว่าการควบคุมการตอบรับการเรียกแบบสำรองช่องสัญญาณคงที่



รูปที่ 4.27 อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ



รูปที่ 4.28 ความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟ

## 4.8 สรุป

ในบทนี้ได้แสดงการทดสอบการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ด้วยโปรแกรมจำลองสถานการณ์แบบเหตุการณ์เต็มหน่วย จากผลการทดสอบการพิจารณาปรับค่าพารามิเตอร์ซีดีเริ่มเปลี่ยนสามารถสรุปว่า สามารถนำการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอไปใช้ในการควบคุมและปรับปรุงคุณภาพการให้บริการต่าง ๆ ภายในโครงข่ายด้วยการเลือกค่าพารามิเตอร์ซีดีเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสม จากผลการทดสอบการพิจารณาผลกระทบจากรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการสามารถสรุปว่า ประสิทธิภาพของการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอสำหรับกรณีที่ใช้เคลื่อนที่แบบมีทิศทางดีกว่าในกรณีที่ผู้ใช้เคลื่อนที่แบบสุ่มเล็กน้อย จากผลการทดสอบการปรับปริมาณทราฟฟิกในโครงข่ายสามารถสรุปว่า ปริมาณทราฟฟิกที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟเพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกันค่าสูงสุดค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟจะลดลง จากผลการทดสอบการปรับความเร็วเฉลี่ยหรือปรับเวลาอาศัยเฉลี่ยในแต่ละเซลล์ของผู้ใช้บริการสามารถสรุปว่า เมื่อเวลาอาศัยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ค่าสูงสุดอัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟและค่าสูงสุดค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกใหม่ได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการแฮนด์ออฟจะสูงขึ้น จากผลการทดสอบการจำลองสถานการณ์ในสถานการณ์เดียวกับการทดลองในงานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงาสามารถสรุปว่า การควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอสามารถใช้ควบคุมค่าสมรรถนะต่าง ๆ ภายในโครงข่ายใกล้เคียงกับการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในงานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา จากการจำลองสถานการณ์ในสภาวะจำลองแบบเหมือนจริงและพิจารณาผลกระทบจากการเปลี่ยนรูปแบบการให้บริการของผู้ใช้ในโครงข่ายสรุปว่าการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นเมื่อทราฟฟิกในโครงข่ายมีอัตราส่วนของการใช้บริการที่ต้องการปริมาณแบนด์วิธน้อยเป็นจำนวนมาก และจากผลการทดสอบการจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอกับการควบคุมการตอบรับการเรียกแบบสำรองช่องสัญญาณคงที่สามารถสรุปว่า การควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอมีประสิทธิภาพดีกว่าการควบคุมการตอบรับการเรียกแบบสำรองช่องสัญญาณคงที่ สำหรับทุกค่าคุณภาพการให้บริการที่นำมาพิจารณา

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 บทสรุป

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาการควบคุม การตอบรับ การเรียกที่ใช้แนวคิดกลุ่มเงา ที่มีหลักการพื้นฐานว่า ตำแหน่ง ทิศทางในการเคลื่อนที่ และความเร็วของผู้ใช้บริการภายในโครงข่าย ณ เวลาปัจจุบันมีอิทธิพลต่อเซลล์รอบข้าง เปรียบเสมือนกับกลุ่มเงาที่ทอดผ่านไป โดยจะคำนวณหากกลุ่มเงาจากข้อมูลการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการแต่ละคนในโครงข่าย และนำกลุ่มเงาที่คำนวณได้มาคาดการณ์ปริมาณกราฟฟิคที่จะเกิดขึ้นในแต่ละเซลล์ในอนาคต เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการตัดสินใจตอบรับการเรียกใหม่ อย่างไรก็ตามจากการศึกษางานวิจัยที่นำแนวคิดกลุ่มเงามาใช้ในการควบคุมการตอบรับการเรียก พบว่าแนวคิดที่เสนอมายังไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในโครงข่ายเซลลูลาร์จริง เนื่องจากต้องอาศัยฐานข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการทุกคนในโครงข่าย นอกจากนี้การนำเอาข้อมูลตำแหน่ง ความเร็ว และทิศทางในการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการในแต่ละช่วงเวลามาเป็นพารามิเตอร์สำคัญในการคำนวณหากกลุ่มเงาเป็นการเพิ่มภาระให้กับโครงข่ายในการเก็บข้อมูลเหล่านี้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ที่คำนวณจากเวลาใช้บริการในแต่ละเซลล์ของผู้ใช้แต่ละคนเนื่องจากเป็นข้อมูลที่ผู้ให้บริการทุกรายต้องรวบรวมไว้สำหรับคิดค่าบริการ โดยพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่ที่เสนอมจะมีข้อมูลการเคลื่อนที่ของผู้ใช้และอัตราส่วนเวลาใช้บริการในแต่ละเซลล์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอค่าแบนด์วิทว่าง ประสิทธิภาพ เมื่อพิจารณาผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ในโครงข่ายสำหรับผู้ขอใช้บริการใหม่ ที่แสดงถึงแบนด์วิทว่างภายในโครงข่ายทั้งหมดสำหรับผู้ขอใช้บริการใหม่เมื่อคำนึงถึงการเคลื่อนที่และเวลาในการใช้บริการของผู้ใช้ โดยคำนวณจากพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่ที่เสนอและจำนวนทรัพยากรภายในเซลล์ที่พิจารณาและเซลล์ข้างเคียง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอการควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์โดยการใช้ค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้ โดยนำค่าแบนด์วิทว่างประสิทธิภาพมาใช้ในขั้นตอนการตัดสินใจตอบรับการขอใช้บริการใหม่ จากนั้นทำการทดสอบการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอด้วยการจำลองสถานการณ์แบบเหตุการณ์เต็มหน่วยจากการทดสอบพบว่า การควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอมสามารถใช้ในการควบคุมและปรับปรุงคุณภาพการภายในโครงข่ายโดยการเลือกค่าพารามิเตอร์ขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสม เหมือนกับการควบคุมการตอบรับการเรียกในงานวิจัยแนวคิดกลุ่มเงา และเมื่อเปรียบเทียบการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอกับการควบคุมการตอบรับการเรียกแบบสำรองช่องสัญญาณคงที่พบว่า การควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอมีประสิทธิภาพดีกว่าการควบคุมการตอบรับการเรียกแบบสำรองช่องสัญญาณคงที่ สำหรับทุกค่าคุณภาพการให้บริการที่นำมาพิจารณา

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

หัวข้อที่ควรศึกษาและวิจัยต่อไปในอนาคตคือ

1. การแยกประเภทพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่สำหรับกราฟิกแต่ละชนิด

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คำนวณค่าพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่ในโครงข่ายแบบสื่อผสมโดยไม่ได้แยกประเภทกราฟิก อย่างไรก็ตามเนื่องจากรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการกราฟิกแต่ละชนิดจะมีลักษณะแตกต่างกัน ดังนั้นการแยกประเภทพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักการเคลื่อนที่สำหรับแต่ละชนิดกราฟิก จะทำให้การควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

2. การประยุกต์ฟังก์ชันผลตอบแทนหรือรายได้กับการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอ

การควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คำนึงถึงการควบคุมและปรับปรุงคุณภาพการให้บริการเป็นจุดประสงค์หลัก อย่างไรก็ตามการจะนำไปใช้ในโครงข่ายจริงต้องมีการพิจารณาถึงผลตอบแทนหรือรายได้ ดังนั้นการประยุกต์ฟังก์ชันผลตอบแทนหรือรายได้กับการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอ จะทำให้งานวิจัยนี้มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในโครงข่ายจริงมากยิ่งขึ้น

3. การประยุกต์การสำรองแบนด์วิธสำหรับสัญญาณแฮนด์ออฟกับการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอ

การควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นำข้อมูลการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการมาใช้ในขั้นตอนการตัดสินใจตอบรับการเรียกใหม่เท่านั้น ดังนั้นแนวทางหนึ่งสำหรับการพัฒนางานวิจัยต่อไปในอนาคตคือ การนำข้อมูลการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการมาใช้ในการคำนวณหาจำนวนแบนด์วิธสำรองสำหรับสัญญาณแฮนด์ออฟที่เหมาะสม



## รายการอ้างอิง

- [1] Y. Jiang, and V. K. Bhargava. Mobility-Oriented Guard Channel Assignment for Personal Communication Systems. Proceedings of the IEEE International Conference on Personal Wireless Communications (1997) :15-18.
- [2] M. Ruggieri, D. Giancristofaro, F. Graziosi, and F. Santucci. An Optimizable Guard-Channel-Based Handover Procedure for Mobile Microcellular Systems. Wireless Networks 3(1997) :29-41.
- [3] Y. Zhang, and D. Lui. An Adaptive Algorithm for Call Admission Control in Wireless Networks. Global Telecommunications Conference 6 (2001) :3628-3632.
- [4] D. A. Levine, I. F. Akyildiz, and M. Naghshineh. A Resource Estimation and Call Admission Algorithm for Wireless Multimedia Networks Using the Shadow Cluster Concept. IEEE/ACM Transaction on Networking 5 (1997) :1-12.
- [5] F. Yu, and V. C. M. Leung. Mobility-Based Predictive Call Admission Control and Bandwidth Reservation in Wireless Cellular Networks. Infocom 1 (2001) :518-526.
- [6] A. Aljadhai, and T. F. Znati. Predictive Mobility Support for QoS Provisioning in Mobile Wireless Environments. IEEE Journal on Selected Areas in Communications 19(2001) :1915-1930.
- [7] M. M. Islam, M. Murshed, and L. S. Dooley. New Mobility Based Call Admission Control with On-Demand Borrowing Scheme for QoS Provisioning. Proceedings of the International Conference on Information Technology: Computers and Communications (ITCC) (2003) :263-267.
- [8] M. M. Islam, and M. Murshed. Novel Velocity and Call Duration Support for QoS Provision in Mobile Wireless Networks. Wireless Communications 11 (2004) :22-30.
- [9] G. Hernandez-Valdez, F. A. Cruz-Perez, and D. Lara-Rodriguez. Dynamic Channel Assignment Schemes Using Vehicular Mobility Information and Violation to the Reuse Pattern for Highway Microcellular Systems. IEICE Transaction on Communications (2000)

- [10] P. Camarda, G. Schiraldi, and F. Talucci. Mobility Modeling in Cellular Communication Networks. Proceeding 21st IEEE Conference (1996) :518-525.
- [11] E. S. Cho, G. W. Jin, and C. H. Cho. Comparisons of Mobility Models in Cellular Systems. Vehicular Technology Conference 1 (1999) :564-568.
- [12] P. I. Bratanov, and E. Bonek. Mobility Model of Vehicle-Borne Terminals in Urban Cellular Systems. IEEE Transactions on Vehicular Technology 52 (2003) :947-952.
- [13] T. S. Kim, J. K. Kwon, and D. K. Sung. Mobility Modeling and Traffic Analysis in Three-Dimensional High-Rise Building Environment. IEEE Transactions on Vehicular Technology 49 (2000) :1633-1640.
- [14] S. Tekinay, and B. Jabbari. Handover and Channel Assignment in Mobile Cellular Networks. IEEE Communications Magazine 29 (1991) :42-46.
- [15] J. W. Mark, and W. Zhuang. Wireless Communication and Networking (2003).

## บทความทางวิชาการจากวิทยานิพนธ์

- [1] เศรษฐรา รพีพันธุ์, จุฑาพร อุดมวิทยาไกร, และ เซวณัดิต อัสวกุล. การควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์โดยการใช้ค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้. การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 4.
- [2] เศรษฐรา รพีพันธุ์, และ เซวณัดิต อัสวกุล. การปรับปรุงการควบคุมการตอบรับการเรียกเข้าในโครงข่ายสื่อผสมแบบไร้สายโดยการใช้ข้อมูลการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการ. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า (EECON) ครั้งที่ 28.
- [3] S. Rapeepun, and C. Aswakul. Multimedia Wireless Network CAC with Mobility-Based Effective Available Bandwidth. International Symposium on Wireless Pervasive Computing (ISWPC) 2006. (รอผลการพิจารณา)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การควบคุมการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์โดยการใช้ค่าสถิติจากแบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้

CALL ADMISSION CONTROL IN CELLULAR NETWORK USING STATISTICS FROM USER MOBILITY MODEL

เสฐรา รัพีพันธุ์, จุฑาพร อุดมวิทยาไกร และ ชาวัฒน์ อัสวกุล

Sestha Rapeepun, Jutapon Udomwithayakrai and Chaodit Aswakul

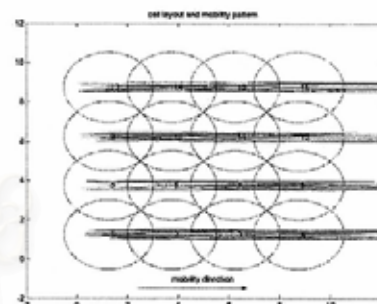
Telecommunication System Research Laboratory, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand; e-mail address: eksclar@hotmail.com, jutapon@hotmail.com and Chaodit.A@chula.ac.th

**บทคัดย่อ:** การควบคุมการตอบรับการเรียก (Call Admission Control, CAC) เป็นกลไกที่ทำการตัดสินใจตอบรับการขอใช้ช่องสัญญาณ ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพการให้บริการของเครือข่าย ดังนั้นการเลือกใช้ CAC ที่เหมาะสมกับรูปแบบการให้บริการของผู้ใช้ในเครือข่ายจะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพที่ดี ในเครือข่ายเซลลูลาร์ผู้ใช้สามารถเคลื่อนที่ระหว่างการให้บริการ ดังนั้นการนำรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้มาช่วยในการตัดสินใจตอบรับการขอใช้ช่องสัญญาณจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนา CAC ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในงานวิจัยนี้ได้เสนอ CAC ในเครือข่ายเซลลูลาร์ที่นำค่าสถิติการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ที่คำนวณจากแบบจำลองการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการ มาช่วยพิจารณาในการตอบรับการขอใช้ช่องสัญญาณ ร่วมกับกระบวนการปรับจำนวนช่องสัญญาณสำรองสำหรับผู้ที่ใช้บริการข้ามเซลล์ โดยปรับจำนวนช่องสัญญาณสำรอง ตามค่าความน่าจะเป็นที่การส่งต่อสัญญาณระหว่างเซลล์ถูกขัดขวาง

**ระเบียบวิธีวิจัย:** ใช้คอมพิวเตอร์ในการจำลองสถานการณ์ โดยใช้โปรแกรมจำลองการเคลื่อนที่ในการเก็บค่าสถิติการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการ จากนั้นนำค่าสถิติมาใช้ในการโปรแกรมจำลองกระบวนการ CAC ในเครือข่ายเซลลูลาร์เพื่อตรวจสอบสมรรถนะของระบบ โดยเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการ CAC ที่ใช้ค่าสถิติการเคลื่อนที่ของผู้ใช้กับกระบวนการ CAC ที่ไม่ใช้ค่าสถิติ

**ผลการวิจัย อภิปราย และ สรุปผลการวิจัย:**

พื้นที่สมมติที่ทำการพิจารณาเป็นถนน 4 เลนขนานกันครอบคลุมโดยเซลล์ทั้งหมด 16 เซลล์แต่ละเซลล์มีรัศมี 1.7 กิโลเมตร และมีจำนวนช่องสัญญาณในแต่ละเซลล์เท่ากับ 5 ช่องสัญญาณ จำนวนผู้ใช้บริการในระบบ 3000 คน แต่ละคนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการโทรเฉลี่ยเท่ากับ 1 ครั้งต่อชั่วโมง เวลาในการโทรโดยเฉลี่ย 3 นาที เวลาที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์เท่ากับ 20 นาที ผลการจำลองสถานการณ์พบว่าเมื่อนำค่าสถิติการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการมาใช้ในการกระบวนการ CAC ค่าความน่าจะเป็นที่สัญญาณเรียกเข้าถูกขัดขวางแย่งคือเพิ่มขึ้นจาก 0.63 เป็น 0.65 ค่าความน่าจะเป็นที่การส่งต่อสัญญาณถูกขัดขวางดีขึ้นคือลดลงจาก 0.13 เป็น 0.11 และค่าอัตราการใช้ทรัพยากรแย่งคือลดลงจาก 0.71 เป็น 0.69



**เอกสารอ้างอิง:**

- (1) Y. Zhang and D. Lui (2001) "An Adaptive Algorithm for Call Admission Control in Wireless Networks" *Global Telecom Conference*. 6:3268-3632
- (2) D.A. Levine, I.F. Akyildiz and M. Naghshineh (1997) "A Resource Estimation and Call Admission Algorithm for Wireless Multimedia Networks Using the Shadow Cluster Concept" *IEEE/ACM Transaction on Networking*. 5:1-12

**คำสำคัญ:**

การควบคุมการตอบรับการเรียก, การปรับจำนวนช่องสัญญาณสำรอง, แบบจำลองสภาพเคลื่อนที่ของผู้ใช้

# Call Admission Control Improvement in Multimedia Wireless Network Using User Mobility Information

## การปรับปรุงการควบคุมการตอบรับการเรียกเข้าในโครงข่ายสื่อผสมแบบไร้สาย โดยการใช้ข้อมูลการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการ

เสขรฐา รพีพันธุ์ เชาวนดิศ อัครกุล  
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330  
E-mail:ekscalar@yahoo.com, chaodit.a@chula.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอการควบคุมการตอบรับการเรียกเข้าในโครงข่ายไร้สายแบบสื่อผสมที่ใช้ข้อมูลสถิติการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ที่คำนวณมาจากแบบจำลองการเคลื่อนที่ ซึ่งคำนึงถึงความสามารถในการนำไปใช้ในโครงข่ายจริงได้ สำหรับแบบจำลองการเคลื่อนที่ที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลเวลาในการใช้บริการในแต่ละเซลล์ของผู้ใช้บริการแต่ละคน เพราะเป็นข้อมูลที่ผู้ให้บริการทุกรายต้องเก็บเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการคำนวณค่าบริการอยู่แล้ว จากนั้นตรวจสอบประสิทธิภาพของกระบวนการควบคุมการตอบรับการเรียกเข้าที่เสนอโดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบเหตุการณ์เต็มหน่วย จากผลการจำลองสถานการณ์ในโครงข่ายไร้สายแบบสื่อผสมพบว่ากระบวนการควบคุมการตอบรับการเรียกเข้าที่เสนอสามารถนำไปใช้เพื่อควบคุมและปรับปรุงคุณภาพการให้บริการให้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: การควบคุมการตอบรับการเรียกเข้า, โครงข่ายไร้สายแบบสื่อผสม, การเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการ

### Abstract

This paper is concerned about the design of call admission control (CAC) in multimedia wireless network using user mobility statistics from mobility model. This work considers the importance of implementation in real wireless network. Mobility model in this work is calculated from service time in each cell of each user because service provider must collect this information for billing processes. Then performance evaluation is done by discrete-event simulation program. Result shows that this CAC can be used for controlling and improving quality of service.

Keywords: call admission control, multimedia wireless network, user mobility

### 1 บทนำ

การควบคุมการตอบรับการเรียกเข้า (call admission control, CAC) เป็นกระบวนการตัดสินใจตอบรับการขอใช้ทรัพยากร

ในระบบเครือข่าย ที่ทำหน้าที่จัดสรรทรัพยากรให้กับผู้ใช้บริการด้วยคุณภาพการให้บริการ (quality of service, QoS) ที่เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ใช้บริการ และผู้ให้บริการ ในระบบโครงข่ายทั่วไป การตัดสินใจตอบรับการเรียกเข้าจะพิจารณาจากทรัพยากรที่ยังว่างอยู่ (available resource) เมื่อผู้ใช้บริการทำการขอใช้บริการกระบวนการควบคุมการตอบรับการเรียกเข้าจะทำการตรวจสอบทรัพยากรในโครงข่ายที่ยังว่างอยู่ ถ้ามีทรัพยากรเพียงพอจะทำการตอบรับการขอใช้ช่องสัญญาณ ถ้าไม่เพียงพอจะทำการปฏิเสธ ([1]-[5])

สำหรับระบบโครงข่ายไร้สาย (wireless network) จะแตกต่างจากโครงข่ายธรรมดาทั่วไปตรงที่ผู้ใช้บริการในระบบสามารถเคลื่อนที่ระหว่างการให้บริการ ซึ่งทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ผู้ใช้บริการเดินทางข้ามเซลล์ที่อยู่ติดกันระหว่างการให้บริการ ระบบจึงต้องส่งต่อสัญญาณจากเซลล์เดิมไปสู่เซลล์ใหม่ซึ่งเรียกว่าการส่งต่อสัญญาณ (handoff) ในกรณีที่เซลล์ใหม่ที่ผู้ใช้บริการเคลื่อนที่เข้าไปไม่มีช่องสัญญาณว่าง สัญญาณส่งต่อนั้นจะถูกปฏิเสธการให้บริการ (handoff blocking) โดยในมาตรฐานของคุณภาพการให้บริการจะให้ความสำคัญของกรณีนี้มากกว่ากรณีที่การขอใช้ช่องสัญญาณถูกปฏิเสธ (new call blocking) เนื่องจากการที่สัญญาณขาดหายระหว่างการใช้งานย่อมสร้างความไม่พึงพอใจมากกว่าการถูกปฏิเสธตั้งแต่ตอนแรก แนวทางการพัฒนาโครงข่ายไร้สายในปัจจุบันนี้มุ่งเน้นที่จะรองรับการให้บริการแบบสื่อผสม (multimedia) ซึ่งต้องอาศัยการจัดการทรัพยากรที่มีอยู่ในระบบอย่างลงตัวเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ถูกนำมาพิจารณาในโครงข่ายไร้สายคือ การเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการ (user mobility)

เพื่อให้ระบบสามารถจัดการกับคุณภาพการให้บริการได้ดียิ่งขึ้น งานวิจัยหลายงานในอดีต เช่น [2]-[5] ได้เสนอให้นำรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ (user mobility model) มาเป็นพารามิเตอร์สำคัญของกระบวนการควบคุมการตอบรับการเรียกโดยถ้าผู้ใช้บริการมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ไปสู่เซลล์ที่มีทรัพยากรไม่เพียงพอจะทำการปฏิเสธการเรียกเข้า อย่างไรก็ตาม งานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวมาข้างไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในโครงข่ายไร้สายจริงเนื่องจากต้องทำการเก็บข้อมูลการให้บริการ และข้อมูลรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการทุกคนใน

ระบบ จึงเป็นแรงจูงใจในงานวิจัยนี้ ที่จะออกแบบกระบวนการควบคุม การตอบรับการเรียกเข้าที่ ใช้ข้อมูลสถิติการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ที่คำนวณ มาจากแบบจำลองการเคลื่อนที่ ที่สามารถนำไปใช้ในระบบโครงข่ายจริง ได้

ในงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต ได้มีการหาสมการทางคณิตศาสตร์ ที่แสดงรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้เรียกว่าแบบจำลองการเคลื่อนที่ ซึ่ง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานหลายๆ ด้าน เช่น ใช้ในการออกแบบ โปรแกรม จำลอง สถานการณ์ (simulation program) สำหรับ เครือข่าย ไร้ สาย หรือ ใช้ ในการ ประเมิน สมรรถนะ ของ ระบบ โดย จะต้อง เลือกแบบจำลอง การเคลื่อนที่ ให้เหมาะสมกับสถานการณ์หรือ สอดคล้อง กับรูปแบบ การเคลื่อนที่ ของ ผู้ใช้ บริการ มากที่สุด สำหรับ แบบจำลองการเคลื่อนที่ที่สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ คือ แบบจำลองการเคลื่อนที่แบบ 1 มิติ ใช้กับการเคลื่อนที่บนถนน [6] แบบจำลองการเคลื่อนที่แบบ 2 มิติ ใช้กับการเคลื่อนที่ในอาณาบริเวณ [7],[8] และแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบ 3 มิติ ใช้กับการเคลื่อนที่ใน ตึก [9] ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้แบบจำลองการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการ แบบ 2 มิติ ในการออกแบบโปรแกรมจำลองสถานการณ์ที่จำลองการ เคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการในเครือข่ายไร้สาย

## 2 การปรับปรุงการตอบรับการเรียกเข้าโดยใช้ข้อมูลการเคลื่อนที่

เนื่องจาก งาน วิจัย นี้ ต้องการ ออกแบบ การ ควบคุม การ ตอบรับ การ เรียก ที่ สามารถ นำ ไป ใช้ได้ ใน ระบบเครือข่าย จริง จึง คำนึง ถึง ค่า พหามิตเตอร์ที่ต้องใช้ในกระบวนการควบคุมการเรียก ดังนั้นแบบจำลอง การเคลื่อนที่ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จะใช้ข้อมูลเวลาในการใช้บริการ (service time) ในแต่ละเซลล์ของผู้ใช้บริการแต่ละคน เพราะเป็นข้อมูลที่มี ให้บริการทุกรายต้องเก็บเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการคำนวณค่าบริการ (billing process) โดยกำหนดให้  $w_{ij}$  แทนอัตราส่วนของเวลาที่ผู้ใช้ จะใช้บริการในเซลล์  $j$  เมื่อผู้ใช้บริการเริ่มทำการขอใช้บริการจากเซลล์  $i$  เป็นเซลล์แรกก่อนจะมีการเคลื่อนที่ไปยังเซลล์อื่นๆ ดังสมการ

$$w_{ij} = \frac{\sum_n t_{nj}}{\sum_j \sum_n t_{nj}} \quad (1)$$

เมื่อ  $n$  คือผู้ใช้ที่เริ่มทำการใช้บริการในเซลล์  $i$  ในขณะ  $t_{nj}$  คือเวลาที่ ผู้ใช้  $n$  ใช้บริการในเซลล์  $j$  เมื่อมีการเรียกใหม่ (new call request) เข้า มาในเซลล์  $i$  ในกระบวนการตอบรับการเรียกเข้าในบทความนี้จะเสนอ ให้ใช้พหามิตเตอร์ใหม่ซึ่งเรียกว่าค่าแบนด์วิทประสิทธิผลที่เหลือนำมาเพื่อ ผู้ขอใช้บริการเมื่อพิจารณาผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ในระบบ แล้ว (mobility-based effective available bandwidth,  $meab$ ) โดยมีนิยามดังนี้

$$meab = w_{ii}(B_i^a - B_i^g) + \sum_{j \neq i} w_{ij} B_j^a \quad (2)$$

เมื่อ  $B_i^a$  เป็นแบนด์วิทในเซลล์  $i$  ที่ยังว่างอยู่ (available bandwidth in cell  $i$ )  $B_i^g$  เป็นการคั่นแบนด์วิทที่สงวนไว้สำหรับสัญญาณ แชนด์ออฟในเซลล์  $i$  (guard bandwidth in cell  $i$ )  $j$  คือเซลล์ทุก เซลล์ในเครือข่ายที่ไม่ใช่เซลล์  $i$   $B_j^a$  เป็นแบนด์วิทในเซลล์  $j$  ที่ยังว่าง



รูปที่ 1: แผนภูมิแสดงการทำงานของกระบวนการควบคุมการตอบรับการเรียกเข้าที่เสนอ

อยู่ (available bandwidth in cell  $j$ ) โดยที่กระบวนการตอบรับการเรียกเข้าจะยอมรับการขอใช้บริการเมื่อเซลล์ที่ผู้ใช้ขอใช้บริการมีทรัพยากรเพียงพอ และค่าแบนด์วิทที่เหลือนำมาเพื่อผู้ใช้บริการเมื่อพิจารณาผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ในระบบแล้ว มากกว่าหรือเท่ากับผลคูณระหว่างค่าพหามิตเตอร์เริ่มต้นเปลี่ยนแปลง (threshold parameter,  $\alpha$ ) และแบนด์วิทที่ขอใช้ ดังแผนภูมิในรูปที่ 1

## 3 ผลการทดสอบ

ใน หัวข้อ นี้ ทำ การ ตรวจสอบ ประสิทธิภาพ ของ กระบวนการ ควบคุมการตอบรับการเรียกเข้าที่เสนอโดยใช้เทคนิคจำลองสถานการณ์ แบบเหตุการณ์เดิมนหน่วย (discrete-event simulation) กำหนดให้ เครือข่ายที่พิจารณาเป็นโครงข่ายไร้สายแบบ 2 มิติ สมมุติฐานที่ใช้ใน การจำลองสถานการณ์ มีดังนี้

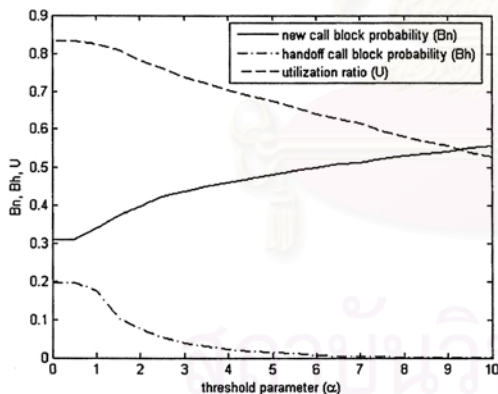
- 1) พื้นที่ที่พิจารณาครอบคลุมด้วยเซลล์หกเหลี่ยม 23 เซลล์ แต่ละเซลล์มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 กิโลเมตร
- 2) การเริ่มขอใช้ช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการใหม่เกิดขึ้นได้ใน ทุกๆ เซลล์ ด้วยความน่าจะเป็นเท่าๆ กัน
- 3) ผู้ใช้บริการสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย 60 กิโลเมตร ต่อชั่วโมง โดยผู้ให้บริการสามารถเคลื่อนที่ไปยังเซลล์ข้างเคียงทั้ง 6 ด้วยความน่าจะเป็นเท่าๆ กัน
- 4) ทราฟฟิกที่ผู้ใช้บริการสามารถส่งได้มี 4 ชนิดคือ การสนทนา, เสียง, ภาพเคลื่อนไหว และข้อมูล ด้วยค่าความน่าจะเป็น 0.5, 0.2, 0.1 และ 0.2 ตามลำดับ
- 5) เวลาในการใช้บริการ (call holding time) มีค่าเท่าๆ กัน สำหรับทราฟฟิกทุกชนิด โดยมีการแจกแจงแบบ exponential ที่มี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 180 วินาที
- 6) แต่ละเซลล์มีแบนด์วิทเท่ากับ 30 แบนด์วิทยูนิท (Band-

width Unit, BU)

7) จำนวนแบนด์วิทที่ต้องการสำหรับทรานฟิกร์แต่ละชนิดคือ การสนทนา = 1 BU, เสียง = 5 BU, ภาพเคลื่อนไหว = 10 BU และ ข้อมูล = 2 BU

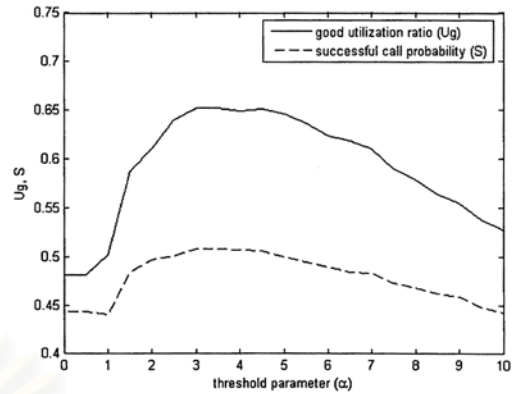
8) ปริมาณทรานฟิกร์ที่เกิดขึ้นคือ 720 ครั้ง ใช้เวลาในการจำลองสถานการณ์ 1 ชั่วโมง

ในการจำลองสถานการณ์ ได้ทดสอบ กระบวนการควบคุม การตอบรับการเรียกเข้าในแต่ละค่า  $\alpha$  ทั้งหมด 21 ค่า ตั้งแต่ 0 จนถึง 10 โดยเพิ่มทีละ 0.5 จากนั้นประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการ โดยการพิจารณาจาก ความน่าจะเป็นที่การเริ่มขอใช้ช่องสัญญาณถูกปฏิเสธ (new call blocking probability) ความน่าจะเป็นที่การส่งต่อสัญญาณถูกปฏิเสธ (handoff call blocking probability) อัตราส่วนการใช้ทรัพยากร (utilization ratio) อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการส่งต่อสัญญาณ (good utilization ratio) ความน่าจะเป็นที่การขอใช้ช่องสัญญาณได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการส่งต่อสัญญาณ (successful call blocking probability) โดยค่าที่ใช้สำหรับการเปรียบเทียบ (benchmark) คือค่าจากการทดลองเมื่อค่า  $\alpha$  เท่ากับศูนย์ เนื่องจากค่า  $meab$  ที่คำนวณจากสมการ (2) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ ในขณะที่กระบวนการตอบรับการเรียกที่เสนอจะตอบรับการขอใช้บริการใหม่เมื่อมีแบนด์วิทเพียงพอและค่า  $meab \geq \alpha$  ดังนั้นเมื่อค่า  $\alpha = 0$  กระบวนการตอบรับการเรียกที่เสนอจะเหมือนกับกระบวนการตอบรับการเรียกทั่วไป ที่จะทำการตอบรับการขอใช้บริการใหม่ทันทีเมื่อมีจำนวนแบนด์วิทเพียงพอ ค่าทั้งหมดจากการจำลองสถานการณ์แสดงไว้ในรูปที่ 2 และรูปที่ 3



รูปที่ 2: กราฟแสดงความน่าจะเป็นที่การเริ่มขอใช้ช่องสัญญาณถูกปฏิเสธ ความน่าจะเป็นที่การส่งต่อสัญญาณถูกปฏิเสธ และอัตราส่วนการใช้ทรัพยากร ในแต่ละค่า  $\alpha$

จากรูปที่ 2 ค่าความน่าจะเป็นที่การเริ่มขอใช้ช่องสัญญาณถูกปฏิเสธ มีค่าลดลงเมื่อ  $\alpha$  เพิ่มขึ้นเพราะว่าเมื่อค่า  $\alpha$  เพิ่มขึ้นโอกาสที่จะรับการเรียกเข้าจะน้อยลงเพราะกระบวนการควบคุมการตอบรับจะรับการเรียกเข้าก็ต่อเมื่อค่า  $meab$  มากกว่าหรือเท่ากับผลคูณระหว่างค่า  $\alpha$  และแบนด์วิทของการเรียกเข้า จากเหตุผลดังกล่าวจึงอธิบายการลดลงของอัตราส่วนการใช้ทรัพยากร เมื่อค่า  $\alpha$  เพิ่มขึ้นเนื่องจากระบบมี



รูปที่ 3: กราฟแสดง อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการส่งต่อสัญญาณ และความน่าจะเป็นที่การขอใช้ช่องสัญญาณได้รับการตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการส่งต่อสัญญาณ ในแต่ละค่า  $\alpha$

การตอบรับการเรียกเข้าลดลง

สำหรับค่าความน่าจะเป็นที่การขอส่งต่อสัญญาณถูกปฏิเสธ มีค่าลดลงเมื่อ  $\alpha$  เพิ่มขึ้นเพราะว่าเมื่อ  $\alpha$  สูงขึ้นระบบจะทำการปฏิเสธการเรียกเข้ามากขึ้นโดยจะทำการปฏิเสธการเรียกเข้า ที่มีแนวโน้มจะเกิดการบล็อกในการส่งต่อสัญญาณขึ้นในอนาคตเพราะค่า  $meab$  ที่ใช้พิจารณาในการตัดสินใจตอบรับการขอใช้ทรัพยากรคำนวณจากข้อมูลการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการและทรัพยากรที่ยังว่างอยู่ในขณะนั้น

อัตราส่วน การใช้ ทรัพยากร ของ ผู้ใช้ บริการ ที่ ไม่ ถูก บล็อก ใน กระบวนการ ส่ง ต่อ สัญญาณ และ ความน่าจะเป็น ที่ การ ขอ ใช้ ช่องสัญญาณ ได้รับการ ตอบรับ และไม่ ถูก บล็อก ใน กระบวนการ ส่ง ต่อ สัญญาณ จะแตกต่างจากค่าอื่นๆ คือจะมีค่าที่ดีที่สุด (optimal value) ที่ค่า  $\alpha$  ค่าหนึ่ง จากรูปที่ 3 ค่า อัตราส่วนการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้บริการที่ไม่ถูกบล็อกในกระบวนการส่งต่อสัญญาณ มีค่าที่ดีที่สุด เมื่อ  $\alpha$  เท่ากับ 4 เนื่องจากกระบวนการควบคุมการตอบรับการเรียกเข้าทำการปฏิเสธการเรียกเข้าเพื่อสงวนทรัพยากรไว้สำหรับทรานฟิกร์จากเซลล์ข้างเคียงที่จะเข้ามาในอนาคต เพื่อลดความน่าจะเป็นที่การส่งต่อสัญญาณถูกปฏิเสธ เมื่อค่า  $\alpha$  น้อยกว่า 4 ระบบทำการปฏิเสธการเรียกเข้าที่คาดว่าจะเกิดการส่งต่อสัญญาณถูกปฏิเสธ น้อยเกินไป ในขณะที่เมื่อค่า  $\alpha$  มากกว่า 4 ระบบมีความน่าจะเป็นที่การส่งต่อสัญญาณถูกปฏิเสธลดลงแต่ ไม่สามารถทดแทนการปฏิเสธการเรียกเข้าที่มากเกินไปได้

สำหรับ ค่า ความน่าจะเป็น ที่ การ ขอ ใช้ ช่องสัญญาณ ได้ รับ การตอบรับและไม่ถูกบล็อกในกระบวนการส่งต่อสัญญาณ มีค่าที่ดีที่สุดเมื่อ  $\alpha$  เท่ากับ 3 เพราะว่าเมื่อ  $\alpha$  น้อยกว่า 3 ระบบทำการปฏิเสธการเรียกเข้าที่คาดว่าจะเกิดการส่งต่อสัญญาณถูกปฏิเสธน้อยเกินไป ในขณะที่เมื่อค่า  $\alpha$  มากกว่า 3 ระบบมีความน่าจะเป็นที่การส่งต่อสัญญาณถูกปฏิเสธลดลงแต่ ไม่สามารถทดแทนการปฏิเสธการเรียกเข้าที่มากเกินไปได้

ขั้นตอนถัดไปจะทดสอบการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอ

ตารางที่ 1: ผลการทดสอบการควบคุมตอบรับการเรียกในงานวิจัยแนวคลิกกลุ่มเงาและการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอ

	shadow cluster			proposed		
	start (%)	chosen (%)	change (%)	start (%)	chosen (%)	change (%)
$B_n$	10	17	↑ 7	19	33	↑ 14
$B_h$	13	1	↓ 12	11	1	↓ 10
$U$	75	63	↓ 12	80	71	↓ 9

ในสถานการณ์เดียวกับการทดลองในงานวิจัยแนวคลิกกลุ่มเงา (shadow cluster concept) ที่ทำการทดสอบกระบวนการตอบรับการเรียกในโครงข่ายเซลลูลาร์บนถนนที่มีการเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ สำหรับสมมุติฐานต่าง ๆ ในการจำลองสถานการณ์สามารถดูได้ในงานวิจัยแนวคลิกกลุ่มเงา [5] โดยการทดสอบจะทำการปรับพารามิเตอร์ของทั้ง 2 กระบวนการเพื่อคุมให้ค่าความน่าจะเป็นที่การขอส่งต่อสัญญาณถูกปฏิเสธอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการคือน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของค่าสมรรถนะอื่น ๆ ในโครงข่าย กำหนดให้  $B_n$  คือความน่าจะเป็นที่การเริ่มขอใช้ช่องสัญญาณ ถูกปฏิเสธ  $B_h$  คือความน่าจะเป็นที่การส่งต่อสัญญาณถูกปฏิเสธ และ  $U$  คืออัตราส่วนการใช้ทรัพยากร ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 1

จากผลการทดสอบพบว่ากระบวนการตอบรับการเรียกที่เสนอสามารถนำมาใช้ในการควบคุมโครงข่ายได้ใกล้เคียงกับกระบวนการตอบรับการเรียกในงานวิจัยแนวคลิกกลุ่มเงา สำหรับสาเหตุที่ค่าเริ่มต้นไม่เท่ากันเนื่องจากโปรแกรมจำลองสถานการณ์ในงานวิจัยที่เสนอเป็นการจำลองสถานการณ์แบบเหตุการณ์เต็มหน่วย (discrete event simulation) ที่มีกราฟิกเข้ามาแบบกระบวนการปัวส์ซอง (Poisson process) ในขณะที่โปรแกรมจำลองสถานการณ์ในงานวิจัยแนวคลิกกลุ่มเงาเป็นการจำลองสถานการณ์แบบเวลาเต็มหน่วย (discrete time simulation) ที่ประมาณกราฟิกที่เข้ามาด้วยกระบวนการเบอร์นูลลี (Bernoulli process)

#### 4 สรุป

จาก ผล การ จำลอง สถานการณ์ แสดง ให้ เห็น ว่า กระบวนการควบคุม การ ตอบรับ การ เรียก เข้า ใน โครงข่าย สื่อผสม แบบ ไร้สาย ที่ ใช้ ข้อมูล การ เคลื่อนที่ ของ ผู้ใช้ บริการ เป็น ส่วนหนึ่ง ใน การ พิจารณาตัดสินใจตอบรับการเรียกเข้าที่เสนอในงานวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้ในเครือข่ายไร้สายเพื่อควบคุมคุณภาพการให้บริการ (ความน่าจะเป็นที่การเริ่มขอใช้ช่องสัญญาณ ถูกปฏิเสธ, ความน่าจะเป็นที่การส่งต่อสัญญาณ ถูกปฏิเสธ และ อัตราส่วน การใช้ ทรัพยากร) ให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ใช้บริการ และผู้ให้บริการ นอกจากนี้ยังสามารถปรับปรุง อัตราส่วน การใช้ ทรัพยากร ของผู้ใช้บริการ ที่ ไม่ ถูก บล็อก ในกระบวนการส่งต่อสัญญาณ และความน่าจะเป็นที่การขอใช้ช่องสัญญาณ ได้รับการตอบรับ และ ไม่ถูกบล็อก ในกระบวนการส่งต่อสัญญาณ ให้ได้ค่าที่ดีที่สุดได้

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] Y. Zhang and D. Liu, "An Adaptive Algorithm for Call Admission Control in Wireless Networks," *Global Telecommunications Conference*, pp.3268-3632, November 2001.
- [2] Y. Iraqi and R. Boutaba, "Performance Evaluation of a Distributed Call Admission Control for QoS-Sensitive Wireless Mobile Networks," *Sixth IEEE Symposium on Computers and Communications Proceedings*, pp.540-545, July 2001.
- [3] Y. Iraqi and R. Boutaba, "An Adaptive Distributed Call Admission Control for QoS-Sensitive Wireless Mobile Networks," *Wireless Communications and Networking Conference*, vol.1, pp.449-453, September 2000.
- [4] Y. Iraqi and R. Boutaba, "When is It Worth Involving Several Cells in the Call Admission Control Process for Multimedia Cellular Networks?," *IEEE International Conference on Communications*, vol.2, pp.336-340, June 2001.
- [5] D. A. Levine, I. F. Akyildiz and M. Naghshineh, "A Resource Estimation and Call Admission Algorithm for Wireless Multimedia Networks Using the Shadow Cluster Concept," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, , vol.5 Issue1, pp.1-12, February 1997.
- [6] G. Hernandez-Valdez, F. A. Cruz-Perez and D. Lara-Rodriguez, "Dynamic Channel Assignment Schemes Using Vehicular Mobility Information and Violation to the Reuse Pattern for Highway Microcellular Systems," *IEICE Transaction on Communications*, vol.E83-B, no.8, August 2000.
- [7] E. S. Cho, G. W. Jin and C. H. Cho, "Comparisons of Mobility Models in Cellular Systems," *Vehicular Technology Conference*, vol.1, pp.564-568, September 1999.
- [8] P. I. Bratanov and E. Bonek, "Mobility Model of Vehicle-Borne Terminals in Urban Cellular Systems," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol.52, no.4, July 2003.
- [9] T. S. Kim, J. K. Kwon and D. K. Sung, "Mobility Modeling and Traffic Analysis in Three-Dimensional High-Rise Building Environment," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, , vol.49, no.5, September 2000.



# Multimedia Wireless Network CAC with Mobility-Based Effective Available Bandwidth

Sestha Rapeepun and Chaodit Aswakul

Telecommunication System Research Laboratory  
 Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering  
 Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand 10300  
 Phone +662-218-6908 Fax +662-218-6912  
 E-mail : ekscalar@yahoo.com, chaodit.a@chula.ac.th

## I. INTRODUCTION

In wireless networks, users can change their locations while services are in progress. This leads to the situation of handover or handoff, where users move from their current cell to a new one to improve the received wireless signal quality. During a handoff process, if there is no available resource in the new cell, then the handoff call is dropped. Handoff call dropping probability is one of the most important quality of service (QoS) parameters in mobile wireless networks since a termination of an ongoing service usually upsets the users more than the rejection of new service requests.

In order to improve these QoS parameters, many researchers have tried to incorporate some information on user movements in the decision criteria of call admission control (CAC) module (e.g. [1]–[4]). Most note-worthy concept is that of the *shadow cluster*[1], of which principle is to use the mobility information of users in the estimation of future resource requirements. In particular, the shadow-cluster CAC module uses the mobility pattern of each user to help predict the total required bandwidth of that user in all the neighboring cells. Such prediction is carried out on the per-call basis for the whole duration of call. Unfortunately, despite the potential advantage from this concept, the implementation of shadow cluster requires too large a database to keep track of the mobility information of all users.

With major concerns on practicality of algorithm implementation, this paper has improved upon the shadow cluster concept by proposing a simple yet efficient CAC algorithm. Instead of trying to keep track of every user in the system, it is here envisioned that only some mobility statistics should suffice in improving the CAC performance. Specifically, the *user mobility weight* parameter is introduced as a statistical measure of user mobility patterns. These mobility weights are essentially computable from user's service times with each cell. Since service providers must collect this information in their billing process, it is clear that the proposed algorithm can be readily implemented in the real network. By using this concept in CAC, a user moving to a congested cell will naturally be prevented from accessing the system; hence the avoidance of unsatisfactory handoff droppings.

## II. PROPOSED CAC WITH MOBILITY-BASED EFFECTIVE AVAILABLE BANDWIDTH

Let  $n$  index the users who want to initiate their services in cell  $i$ . During the service, a user  $n$  may traverse many cells. Let  $t_{nj}$  be the time duration of user  $n$  spent with cell  $j$  during its service. To compress the mobility information into a measurable form, let us define for each cell  $i$  a set of user mobility weights  $w_{ij}$  as

$$w_{ij} = \frac{\sum_n t_{nj}}{\sum_j \sum_n t_{nj}} \quad (1)$$

The parameter  $w_{ij}$  represents the average proportion of time spent in cell  $j$ , given that the users have initiated their service in cell  $i$ .

To convert from the time proportion into a predicted resource requirement, let us also introduce the *mobility-based effective available bandwidth (meab)* parameter

$$meab = w_{ii}(B_i^a - B_i^r) + \sum_{j \neq i} w_{ij} B_j^a \quad (2)$$

Here,  $B_i^a$  is the available bandwidth in cell  $i$ .  $B_i^r$  is the reserved (or guarded) bandwidth for handoff requests in cell  $i$ . Without the second term on RHS of (2) and  $w_{ii} = 1$ , *meab* is simply the amount of bandwidth available for new call requests. Considering both terms, *meab* thus represents a weighted average of bandwidth that would be effectively available for usages by the new calls at cell  $i$ .

By using (1) and (2), we now define the CAC algorithm as summarized in Fig. II. CAC mechanism will accept a new call request at cell  $i$  if, and only if, there is an adequate bandwidth at that station for the request and the parameter *meab* is greater than the multiplication between the requested bandwidth and a threshold parameter  $\alpha$ . Note that the proposed CAC algorithm is readily applicable for multi-service calls which can request different values of bandwidths.

## III. PERFORMANCE EVALUATION

Evaluation of the proposed CAC has been carried out for two dimensional multimedia wireless networks. Discrete-event computer simulation has been used as a testing platform with the following settings.

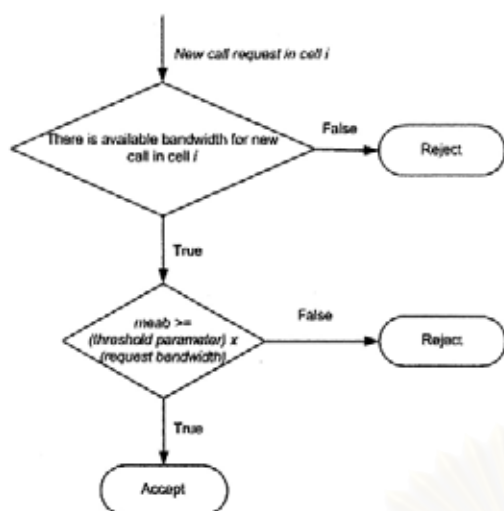


Fig. 1. Call admission control flow chart

- 1) Network is covered by 23 hexagonal cells, each with a normalized diameter of 1 unit distance.
- 2) New call requests occur uniformly randomly across all the cells.
- 3) Users request for four types of traffic, namely, voice, audio, video and data with probability 0.5, 0.2, 0.1 and 0.2, respectively
- 4) Call holding times are independently and exponentially distributed with mean of 3 minutes.
- 5) Each cell poses a capacity of 30 bandwidth units (BUs).
- 6) The amount of BUs required by each traffic type is: voice = 1, audio = 5, video = 10 and data = 2.
- 7) New users arrive at each cell according to a Poisson process with rate 12 calls/min/cell. Simulation time is 1 hour.

Example of obtained results with 95% confidence intervals are given in Figs. III–III. More results and discussions on the study of different mobility patterns and loadings for the proposed CAC will be reported in the final version of paper.

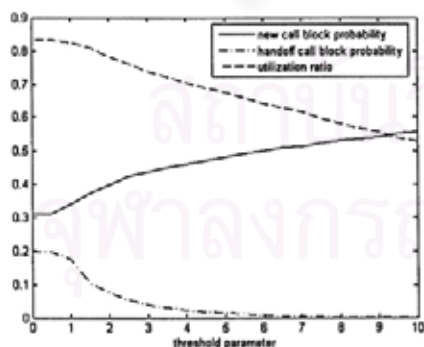


Fig. 2. Call blocking probabilities and overall utilization

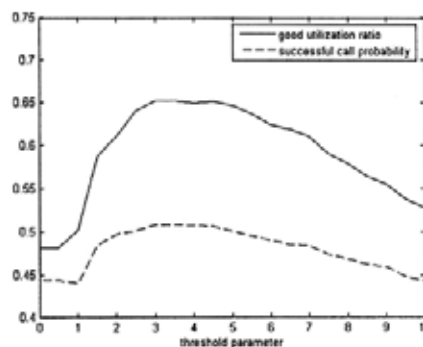


Fig. 3. Successful call probability and corresponding (good) utilization of network

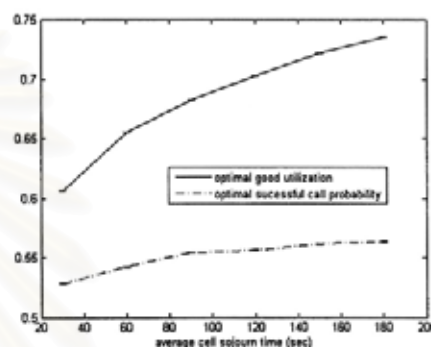


Fig. 4. Effect of cell sojourn time

#### IV. CONCLUSION

From the obtained results, it can be suggested that the proposed CAC with mobility-based effective available bandwidth is a flexible mechanism. By using the available knowledge of user mobility, the proposed CAC can be employed to balance between the new call blocking and handoff dropping. Consequently, the probability of call being completed successfully and the corresponding good utilization of the network can be much improved. All these evidences suggest the practicality of the proposed CAC mechanism in the real multimedia mobile wireless networks.

#### REFERENCES

- [1] D. A. Levine, J. F. Akyildiz and M. Naghshineh, "A Resource Estimation and Call Admission Algorithm for Wireless Multimedia Networks Using the Shadow Cluster Concept," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, February 1997.
- [2] A. Aljadhai and T. F. Znati, "Predictive Mobility Support for QoS Provisioning in Mobile Wireless Environments," *IEEE Journal on Selected Area in Communications*, October 2001.
- [3] M. M. Islam, M. Murshed and L. S. Dooley, "New Mobility Based Call Admission Control with On-Demand Borrowing Scheme for QoS Provisioning," *Proceedings of the International Conference on Information Technology: Computers and Communications (ITCC'03)*, April 2003.
- [4] Y. Iraqi and R. Boutaba, "Performance Evaluation of a Distributed Call Admission Control for QoS-Sensitive Wireless Mobile Networks," *Proceedings Computers and Communications*, July 2001.

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

เศรษฐา รพีพันธุ์ เกิดเมื่อวันที่ 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาในปี พ.ศ. 2541 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จนสำเร็จหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตในปี พ.ศ. 2545 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จนสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2548



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย