


แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวร่วมกับการจัดกลุ่ม  
แบบพลวัตสำหรับโครงข่ายไร้สายมัลติมีเดีย



นายเอกชัย เจริญโรจน์มงคล

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-53-1799-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ADAPTIVE BANDWIDTH RESERVATION SCHEME WITH DYNAMIC  
GROUPING FOR MULTIMEDIA WIRELESS NETWORKS

Mr. Ekachai jalearnrojmongkol



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

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

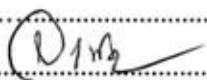
ISBN 974-53-1799-3



เอกชัย เจริญโรจน์มงคล: แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวร่วมกับการจัดกลุ่มแบบพลวัตสำหรับโครงข่ายไร้สายมัลติมีเดีย (ADAPTIVE BANDWIDTH RESERVATION SCHEME WITH DYNAMIC GROUPING FOR MULTIMEDIA WIRELESS NETWORKS)  
อ. ที่ปรึกษา: รศ. ดร.วาทิต เภญจพลกุล, 75 หน้า. ISBN 974-53-1799-3

โครงข่ายสื่อสารไร้สายในยุคถัดไปถูกกำหนดเป้าหมายให้มีความสามารถด้านบริการแบบมัลติมีเดีย เพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าวการออกแบบในการใช้งานจึงทำบนเซลล์ระดับไมโครหรือพิโคเพื่อจุดประสงค์ในการเพิ่มขนาดความจุให้แก่โครงข่าย แต่ลักษณะการออกแบบโครงข่ายเช่นนี้ส่งผลต่อโครงสร้างของคุณภาพของบริการมีความซับซ้อนมากขึ้น อันเนื่องจากสภาพการเคลื่อนที่ของโฮสต์เคลื่อนที่และอัตราการแฮนด์ออฟที่เพิ่มขึ้นของโฮสต์เคลื่อนที่ที่ส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของการดริอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟที่มีค่าสูงขึ้นด้วย เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวจึงมีการสำรองแบนด์วิดท์ในเซลล์เพื่อนบ้านเพื่อรองรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ แม้ว่าจะเป็นการเพิ่มค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่และทำให้ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของแบนด์วิดท์มีค่าต่ำลง ดังนั้นจุดประสงค์ของการออกแบบส่วนการตอบรับการเรียกคือการหาจุดที่เหมาะสมระหว่างการใช้ประโยชน์ของแบนด์วิดท์และปริมาณแบนด์วิดท์ที่สำรองซึ่งมีผลต่อการลดค่าความน่าจะเป็นของการดริอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอวิธีการควบคุมการตอบรับรับการเรียกใหม่โดยเพิ่มการรับประกันคุณภาพของบริการสำหรับทราฟฟิกประเภทมัลติมีเดีย โดยอาศัยโครงสร้างการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวร่วมกับการสร้างกลุ่มทางเวลาที่ถูกสร้างขึ้นมาใช้คำนวณหาปริมาณแบนด์วิดท์สำรองของโฮสต์เคลื่อนที่จากข่าวสาร โดยอาศัยข้อมูลประวัติของโฮสต์เคลื่อนที่แต่ละโฮสต์เคลื่อนที่ทำให้ระบบสามารถชะลอการตัดสินใจระยะเวลาการเข้าใช้โดยประมาณของแบนด์วิดท์สำรองในเซลล์เพื่อนบ้าน จากแนวคิดดังกล่าวผลกระทบจากการไม่ได้รับแบนด์วิดท์ที่สำรองไว้ในสถานี่ฐานในเซลล์เพื่อนบ้านของโฮสต์เคลื่อนที่ซึ่งจะส่งผลค่าความน่าจะเป็นของการดริอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟมีค่าลดลง จากนั้นได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบแผนที่เสนอกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้ โดยแสดงผลการทดสอบในรูปแบบการจำลองผลว่า แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวในวิทยานิพนธ์มีประสิทธิภาพสูงกว่าในสภาวะแวดล้อมที่ใช้ในการพิจารณาที่กำหนด

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....ลายมือชื่อนิสิต.....60000  
สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ปีการศึกษา.....2548.....



## 4570663121: MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD: CALL ADMISSION CONTROL (CAC) / BANDWIDTH RESERVATION/  
MULTIMEDIA WIRELESS NETWORK/

EKACHAI JALEARNROJMONGKOL: ADAPTIVE BANDWIDTH RESERVATION  
SCHEME WITH DYNAMIC GROUPING FOR MULTIMEDIA WIRELESS  
NETWORKS. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. WATIT BENJAPOLAKUL D.ENG.,  
75 pp. ISBN 974-53-1799-3

Next generation wireless networks are expected to support multimedia services. In wireless network have been implemented based on micro or pico-sized cells to allow higher capacity. When size of cell had been reduced, the Quality of Service(QoS) provisioning in this wireless networks became much more complex because there is upward trend in probability of handoff rate from the mobility of mobile host, as a result, the handoff call dropping probability is highly explosive. Reserving enough bandwidth for handoff call of mobile host had been applied in order to reduce handoff call dropping probability. However, this approach may lead to higher new call blocking probability and lower bandwidth utilization. Consequently, the objective of call admission control design is to optimize bandwidth utilization when some of bandwidth is reserved for reducing handoff calls dropping probability of their neighborhood cells.

In this thesis, a new call admission control scheme is proposed to provide higher degree of QoS guarantees for multimedia traffic in wireless network based on an adaptive bandwidth reservation. The scheme establishes several groups of bandwidth reservation of mobile host, by using the estimated information calculated from the mobility history of each mobile host of each base station. Based on dynamic group concept, the effect of reservation failed mobile hosts in reserved bandwidth that cause higher handoff dropping probability can be reduced. The comparison of the performance of our proposed method based on an adaptive bandwidth reservation scheme had been shown through simulations. Our findings identified that the proposed scheme provide a lower handoff call dropping probability under realistic circumstance.

Department.....Electrical Engineering.....Student's Signature.....*EKACHAI*.....

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

Academic year.....2005

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความช่วยเหลืออนุเคราะห์อย่างยิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ รศ. ดร.วาทิต เบญจพลกุล และคณะกรรมการทุกท่านในการให้คำแนะนำ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ. ดร.วาทิต เบญจพลกุล และคณะกรรมการทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและให้ความอนุเคราะห์ในทุกเรื่อง จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาและทุน AUN/SEED-Net Collaborative Research Project ที่ได้เอื้อเพื่อให้ใช้คอมพิวเตอร์ในการวิจัย นอกจากนี้ขอขอบคุณพี่ๆ ในห้องปฏิบัติการวิจัยทุกๆ คน รวมถึงเพื่อนๆ และคนรอบตัวของผู้วิจัยทุกๆ คน สำหรับความช่วยเหลือและแรงบันดาลใจที่ดีตลอดระยะเวลาของการทำงานวิจัย

สุดท้ายผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัวที่ให้กำลังใจและการสนับสนุนโดยตลอดแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

เอกชัย เจริญโรจน์มงคล

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	2
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
1.3 แนวคิดที่นำเสนอ.....	5
1.4 วัตถุประสงค์.....	5
1.5 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	5
1.6 ขั้นตอนและวิธีในการดำเนินงาน.....	6
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
2 ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 โมเดลการจัดการทรัพยากรคลื่นวิทยุ.....	7
2.2 แบบแผนช่องสัญญาณแบบกัน (Guard channel scheme).....	8
2.3 แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้.....	9
2.3.1 กระบวนการการตอบรับในส่วนการเรียกใหม่ของแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้.....	11
2.3.2 กระบวนการการตอบรับในส่วนการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้.....	12
2.4 แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดอิงสภาพการเคลื่อนที่.....	15
2.4.1 แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดอิงสภาพการเคลื่อนที่แบบพื้นฐาน (Basic mobility-based bandwidth reservation).....	15

2.4.2	แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดอิงสภาพการเคลื่อนที่แบบพยากรณ์ได้ (Predictive Mobility-based bandwidth reservation).....	16
3	แบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกและการจัดสรรแบนด์วิดท์ที่เสนอ.....	19
3.1	ระบบพิกัดของเซลล์.....	19
3.1.1	กลยุทธ์การบริหารข้อมูลตำแหน่งอิงระยะทาง.....	20
3.1.2	กลยุทธ์การอัปเดตข้อมูลตำแหน่งที่นำเสนอ.....	20
3.2	การสร้างกลุ่มทางเวลาของโฮสต์เคลื่อนที่.....	22
3.3	แบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอ.....	27
3.4	การควบคุมการตอบรับการเรียก.....	30
4	ผลการจำลองแบบและการวิเคราะห์ผล.....	32
4.1	สมมติฐานในการจำลองแบบ.....	32
4.2	ผลของการเปรียบเทียบกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัว ที่มีการเสนอไว้แล้วกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ที่เสนอ.....	35
5	สรุปและข้อเสนอแนะ.....	53
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	53
5.2	ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต.....	54
	รายการอ้างอิง.....	55
	ภาคผนวก.....	56
	ภาคผนวก ก.....	57
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	63



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติของกราฟฟิกแต่ละประเภทและค่าพารามิเตอร์ ที่ใช้ในการจำลองแบบ.....	35
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์ของความสำเร็จ ของการได้รับแบนด์วิดท์ของส่วนที่ถูกสำรอง.....	48



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ระบบการทำงานของการจัดสรรทรัพยากรคลื่นวิทยุ.....	8
รูปที่ 2.2 แบบจำลองการเปลี่ยนสถานะในแบบแผนช่องสัญญาณ แบบกันของทราฟฟิกชนิดเดียว.....	10
รูปที่ 2.3 แบบแผนช่องสัญญาณแบบกันชนิดส่วนย่อย.....	11
รูปที่ 2.4 แบบแผนช่องสัญญาณแบบกันชนิดส่วนย่อยจำกัด.....	11
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างของขั้นตอนการทำงานของการสำรวจแบนด์วิดท์.....	14
รูปที่ 2.6 ทิศทางการร้องขอการสำรวจแบนด์วิดท์ระหว่างเซลล์เพื่อนบ้าน.....	16
รูปที่ 3.1 ระบบพิกัดของเซลล์ที่ใช้ในการจำลองแบบ.....	21
รูปที่ 3.2 พิกัดอ้างอิงเปรียบเทียบเพื่อใช้ประมาณเวลาของการเปลี่ยนเซลล์.....	22
รูปที่ 3.3 แนวคิดการร่วมกลุ่มทางเวลา.....	24
รูปที่ 3.4 ตัวอย่างของกระบวนการสำรวจแบนด์วิดท์จากเซลล์เพื่อนบ้าน โดยเลือกแสดงเฉพาะเซลล์ที่ $j$ .....	25
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการจัดกลุ่มทางเวลาของการร้องขอการสำรวจแบนด์วิดท์ในเซลล์ที่ $j$ .....	26
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการตอบรับการเรียกใหม่ของส่วนควบคุมการตอบรับการเรียก.....	28
รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการตอบรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ ของส่วนควบคุมการตอบรับการเรียก.....	29
รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการทำงานของการสำรวจแบนด์วิดท์ในเซลล์.....	31
รูปที่ 4.1 การจัดวางเซลล์ของโครงข่ายไร้สายที่ใช้ในการจำลองแบบ.....	33
รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ของความผิดพลาดของเวลาที่ใช้ในเซลล์ ของไฮสปีดเคลื่อนที่ที่อยู่ในระบบเทียบกับเวลาสล้อตในการจำลองแบบ.....	36
รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิด จากการแฮนด์ออฟของทราฟฟิกเวลาจริงระหว่างแบบแผนการสำรวจ แบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรวจแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอ ที่ระดับการสำรวจของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 20 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์.....	37

รูปที่ 4.4	เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ของทราฟฟิก เวลาจริงระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผน การสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์ สูงสุดไม่เกิน 20 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์.....	38
รูปที่ 4.5	เปรียบเทียบค่าการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ของระบบระหว่างแบบแผน การสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ ชนิดปรับตัวที่เสนอที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 20 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์.....	39
รูปที่ 4.6	เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการรื้ออุปกรณ์ที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ ของทราฟฟิกเวลาจริงระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผน การสำรองแบนด์วิดท์ที่นำเสนอ ที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์.....	40
รูปที่ 4.7	เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการรื้ออุปกรณ์ที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ ของแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่นำเสนอของทราฟฟิกเวลาจริง ที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % และ 20% ของปริมาณ แบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์.....	41
รูปที่ 4.8	เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ระหว่างแบบแผน การสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัว ที่เสนอของทราฟฟิกเวลาจริงที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุด ไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์.....	41
รูปที่ 4.9	เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ของแบบแผน การสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่นำเสนอของทราฟฟิกเวลาจริงที่ระดับ การสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % และ 20% ของปริมาณ แบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์.....	43
รูปที่ 4.10	เปรียบเทียบค่าการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ของระบบระหว่างแบบแผน การสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่ เสนอที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ ทั้งหมดของเซลล์.....	44

รูปที่ 4.11	เปรียบเทียบค่าการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ของระบบระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % และที่ 20 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์.....	44
รูปที่ 4.12	เปรียบเทียบปริมาณแบนด์วิดท์ที่ถูกสำรองเฉลี่ยของระบบที่กับอัตราของการมาถึงเฉลี่ยที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์.....	45
รูปที่ 4.13	เปรียบเทียบปริมาณแบนด์วิดท์ที่ถูกสำรองเฉลี่ยของระบบที่กับอัตราของการมาถึงเฉลี่ยที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 20 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์.....	45
รูปที่ 4.14	เปรียบเทียบความสำเร็จในการได้รับแบนด์วิดท์ที่ได้ถูกสำรองระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่นำเสนอที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์ .....	47
รูปที่ 4.15	เปรียบเทียบความสำเร็จในการได้รับแบนด์วิดท์ที่ได้ถูกสำรองระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่นำเสนอที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 20 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์.....	47
รูปที่ 4.16	เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการรื้ออุปกรณ์ที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริงระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์.....	49
รูปที่ 4.17	เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ของทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริงระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอ ที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์.....	49

รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการดริบการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของของกราฟฟิกเวลาจริงและกราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริงระหว่างแบบแผนการสำรวจแบบดิวิตซ์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรวจแบบดิวิตซ์ชนิดปรับตัวที่เสนอ ที่ระดับการสำรวจของแบบดิวิตซ์สูงสุดไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบบดิวิตซ์ทั้งหมดของเซลล์.....50

รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ของกราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริงระหว่างแบบแผนการสำรวจแบบดิวิตซ์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรวจแบบดิวิตซ์ชนิดปรับตัวที่เสนอ ที่ระดับการสำรวจของแบบดิวิตซ์สูงสุดไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบบดิวิตซ์ทั้งหมดของเซลล์.....51



# บทที่ 1

## บทนำ

ระบบการสื่อสารไร้สายในยุคถัดไป (Next-generation wireless network) มีการคาดการณ์ว่าจะมีการใช้ปริมาณแบนด์วิดท์เป็นปริมาณสูงขึ้นและความต้องการต่อความสามารถในการประมวลผลที่สูงมากขึ้น อันเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของรูปแบบการใช้งานที่เป็นเวลาจริงมากขึ้น เช่น เสียง ออดิโอ วิดีโอ ข้อมูล หรือมัลติมีเดีย (Multimedia) โดยที่ในการใช้งานก็อาจจะถูกใช้งานหลายๆ รูปแบบการใช้งานในเวลาเดียวกัน อีกทั้งโครงข่ายไร้สายควรรับรองคุณภาพการบริการ (Quality of Service) ของแต่ละรูปแบบการใช้งานต่อผู้ใช้บริการ การบริหารจัดการทรัพยากรคลื่นวิทยุ (Radio Resource Management :RRM) เป็นส่วนประกอบสำคัญส่วนประกอบหนึ่งของระบบโครงข่ายไร้สาย ซึ่งการบริหารจัดการทรัพยากรคลื่นวิทยุในปัจจุบันถูกจำกัดโดยตัวระบบของเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน เช่น ระบบการสื่อสารไร้สายจะถูกจำกัดด้วยเงื่อนไขการแพร่สัญญาณ ความสูญเสียกำลังส่งตามระยะทาง มัลติพาส (Multipath) เป็นต้น

ดังนั้นในระบบสื่อสารไร้สายสิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นลำดับแรกๆ ที่มีผลต่อการออกแบบและประสิทธิภาพของกระบวนการบริหารจัดการทรัพยากรของระบบก็คือ แบนด์วิดท์ ในการบริหารจัดการทรัพยากรที่มีรูปแบบทราฟฟิกเป็นมัลติมีเดียในโครงข่ายเซลลูลาร์ไร้สาย การลดขนาดของเซลล์ในโครงข่ายให้เล็กลงเป็นระดับ Micro/Pico cell จึงจำเป็นเพื่อประโยชน์ในการส่งข้อมูลด้วยอัตราบิตที่สูงขึ้นและความสามารถในการใช้ความถี่ที่มากขึ้น ซึ่งโครงข่ายในลักษณะเช่นนี้มีปัญหาที่ตามมาคืออัตราการแฮนด์ออฟ (Handoff rate) มีสูงขึ้นตามขนาดพื้นที่ที่เล็กลง อันส่งผลกระทบต่อการรื้ออุปกรณ์เรียกขณะใช้งาน โดยเนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาที่นำมาศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นได้เสนอแนวคิดที่นำเสนอของวิทยานิพนธ์ วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ รวมไปถึงขั้นตอนการดำเนินงาน และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า เทคโนโลยีสื่อสารโทรคมนาคมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตและความเป็นอยู่ของมนุษย์ การสื่อสารไร้สายผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ซึ่งมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องกำลังนำพาเราไปสู่การใช้งานที่แตกต่างจากอุปกรณ์

ไร้สายแบบที่เป็นอยู่เดิมมาสู่ผู้ใช้บริการ การก้าวข้ามขีดจำกัดต่างๆ ทางเทคโนโลยีก่อให้เกิดการสื่อสารข้อมูลในรูปแบบใหม่ๆ ลักษณะการใช้งาน เช่น การส่งรูปหรือสื่อมัลติมีเดีย การประชุมแบบเวลาจริง ไปจนถึงการให้บริการอินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์สื่อสาร นั้นเป็นเงื่อนไขสำคัญในการก้าวสู่ยุคต่อไปของการสื่อสารไร้สาย การให้บริการมัลติมีเดียเหล่านี้บริเวณแบนด์วิดท์ซึ่งเป็นทรัพยากรที่สำคัญและมีอยู่จำกัดในโครงข่ายไร้สายมัลติมีเดีย (Multimedia Wireless network) เป็นปริมาณที่มากขึ้น ดังนั้นการบริหารจัดการแบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพจึงเป็นเรื่องสำคัญอีกทั้งยังต้องคำนึงถึงความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อคุณภาพการบริการ (Quality of Service, QoS) อีกด้วย การลดขนาดของเซลล์ในโครงข่ายให้เล็กลงเป็นระดับ Micro/Pico cell จึงถูกนำมาใช้เพื่อประโยชน์ในการส่งข้อมูลด้วยอัตราบิตที่สูงขึ้นและความสามารถในการใช้ความถี่ซ้ำที่มากขึ้นซึ่งโครงข่ายในลักษณะเช่นนี้มีปัญหาที่ตามมาคืออัตราการแฮนด์ออฟ (Handoff rate) มีสูงขึ้นตามขนาดพื้นที่ที่เล็กลงอันเป็นสาเหตุให้ค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ (Handoff connection-dropping probability, CDP) มีค่าสูงขึ้นส่งผลให้การรับประกันคุณภาพการบริการทำได้ยากขึ้น เพราะฉะนั้นหนึ่งในหัวข้อที่สำคัญในเรื่องการรับประกันคุณภาพของการบริการคือทำอย่างไรที่จะลดการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ (Handoff dropping) ลง ซึ่งมีผลกระทบต่อความรู้สึกของผู้ใช้บริการมากกว่าการไม่สามารถต่อสายเข้าไปใช้ใหม่ได้ [1]-[6] วิธีการสำรองแบนด์วิดท์ (Bandwidth reservation) อย่างเพียงพอเพื่อรองรับการแฮนด์ออฟของโฮสต์เคลื่อนที่ (Mobile host, MH) สามารถลดการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟในโครงข่ายไร้สายมัลติมีเดียได้

อย่างไรก็ตามการสำรองแบนด์วิดท์ในเซลล์เพื่อนบ้าน (Neighboring cell) นั้นเป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของความน่าจะเป็นของการบล็อกของการเรียกเข้าใหม่ (New connection-blocking probability, CBP) และการใช้ประโยชน์ของแบนด์วิดท์ (Bandwidth utilization) ที่ต่ำลง ดังนั้นแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ที่มีประสิทธิภาพในโครงข่ายไร้สายมัลติมีเดียต้องสามารถจัดสรรสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างความต้องการทั้งสองประการคือ การใช้แบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดและ มีการสำรองแบนด์วิดท์ที่พอเพียงเพื่อให้อัตราการแฮนด์ออฟไม่สำเร็จอยู่ในระดับที่ต้องการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ (Bandwidth reservation) ชนิดปรับตัวได้ที่เหมาะสมกับทราฟฟิกมัลติมีเดียในโครงข่ายเซลลูลาร์ไร้สายที่มีการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของโฮสต์เคลื่อนที่ รวมถึงกระบวนการทำงานของส่วนควบคุมการตอบรับ เพื่อการันตีคุณภาพการบริการ โดยอาศัยการสร้างกลุ่มทางเวลาของโฮสต์เคลื่อนที่ซึ่งหาได้จากการประมาณข้อมูลของสภาพการเคลื่อนที่ที่เก็บไว้โดยที่มีความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ

ความน่าจะเป็นของการปฏิเสธการเรียกใหม่และการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์เป็นดัชนีชี้วัดเปรียบเทียบกับจากแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้ที่มีเสนอไว้แล้ว

## 1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ที่ผ่านมาวิธีวิธีการสำรองแบนด์วิดท์และอัลกอริทึมที่ควบคุมการตอบรับการเรียก (Admission control algorithm) หลายๆ วิธีถูกเสนอเพื่อรองรับคุณภาพการบริการสำหรับผู้ใ้

งานวิจัยของ C. Oriveira, J. Bae Kim และ T. Suda [1] ได้เสนอแบบแผน Adaptive Bandwidth Reservation Scheme (ABRS) ที่สามารถรับประกันคุณภาพการบริการ โดยการสำรองแบนด์วิดท์ในเซลล์เพื่อนบ้านที่มีการเรียกใหม่เกิดขึ้น ซึ่งในแบบแผนนี้การเรียกเข้าใหม่และการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟจะถูกปฏิเสธก็ต่อเมื่อการสำรองแบนด์วิดท์ของการการเรียกนั้นๆ ในเซลล์เพื่อนบ้านไม่ประสบผลสำเร็จ ส่งผลให้การใช้ประโยชน์ของแบนด์วิดท์ (Bandwidth utilization) ลดประสิทธิภาพลงและเป็นการเพิ่มทั้งค่าความน่าจะเป็นการบล็อกของการต่อเข้าใหม่และค่าความน่าจะเป็นการรื้อปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ แบบแผน ABRS ใช้ในสภาวะแวดล้อมของการเคลื่อนที่เป็นแบบสุ่มและสนับสนุนการประยุกต์ใช้งานมัลติมีเดียที่เป็นแบบเวลาจริง (Real time) และไม่เป็นเวลาจริง (Non-real time) โยสต์เคลื่อนที่ที่ใช้ในการพิจารณาในแบบแผนนี้เป็นแบบรองรับทราฟฟิกหนึ่งชนิดในการต่อหนึ่งการต่อ สภาพการเคลื่อนที่ (Mobility) ของโยสต์เคลื่อนที่แยกตามอัตราการแฮนด์ออฟ

งานวิจัยของ D.A. Levine, I. F. Akyildiz และ M. Naghshineh [2] ได้เสนอวิธี Shadow Cluster Concept (SCC) ซึ่งถูกนำมาใช้เพื่อทำนายและประมาณทรัพยากรที่จัดสรรในอนาคตและสำรองแบนด์วิดท์สำหรับโยสต์เคลื่อนที่ในระบบ ในวิธีการนี้สถานีฐานที่โยสต์เคลื่อนที่จดทะเบียน (Home base station) จะส่งสัญญาณแจ้งข่าวสาร เช่น ปริมาณแบนด์วิดท์ที่ต้องการ ตำแหน่ง และพารามิเตอร์ของรูปแบบการเคลื่อนที่ของโยสต์เคลื่อนที่ไปยังสถานีฐานทุกสถานีที่อยู่ในพื้นที่เงา (Shadow cluster area) ของสถานีฐานปัจจุบันของโยสต์เคลื่อนที่ ซึ่งกระบวนการเช่นนี้ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนข่าวสารระหว่างสถานีฐานกับโยสต์เคลื่อนที่เป็นจำนวนมากทำให้เกิดภาระทางซิกแนลลิง (Signaling load) และยังเพิ่มในส่วนของโอเวอร์เฮด (Overhead) ระหว่างสถานีฐานด้วยกันเป็นผลให้เกิดความซับซ้อนในการคำนวณทำให้ไม่สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วเพียงพอในสภาวะที่การแฮนด์ออฟเกิดขึ้นบ่อย อีกทั้งแบนด์วิดท์ไม่ได้ถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพเต็มที่ วิธีการนี้เหมาะสำหรับสภาวะแวดล้อมที่โยสต์เคลื่อนที่เคลื่อนที่ไปอย่างมีทิศทาง อีกทั้งทราฟฟิกที่พิจารณาในระบบเป็นทราฟฟิกเวลาจริงเท่านั้น

งานวิจัยของ Jau-Yang Chang, Hsing-Lung Chen ใน [3] Dynamic Grouping Bandwidth Reservation Scheme (DGBR) ได้นำเสนอรูปแบบการพิจารณาการสำรองแบนด์วิดท์เพื่อสนับสนุนการรับประกันคุณภาพการบริการในโครงข่ายไร้สาย โดยมุ่งเน้นไปที่การลดความน่าจะเป็นจากการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟด้วยการสร้างกลุ่มทางเวลาเพื่อขยาย ช่วงเวลาประมาณของการมาถึงที่กำหนดกว้างกว่าเดิม ซึ่งวิธีการนี้ไม่มีการจัดระดับการบริการให้กับการเรียกที่มีทราฟฟิกประเภทเวลาจริงและไม่ให้ความสำคัญต่อโฮสต์เคลื่อนที่ที่มีความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟสูง โดยให้ความสำคัญเท่าๆ กันระหว่างทราฟฟิกประเภทเวลาจริงและประเภทที่ไม่เป็นเวลาจริง ซึ่งจะทำให้แบนด์วิดท์ในส่วนที่ทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริงสามารถใช้แบนด์วิดท์ในส่วนที่ถูกสำรองด้วย ส่งผลให้ทราฟฟิกเวลาจริงไม่ได้รับคุณภาพของบริการที่สูง

งานวิจัยของ P. Ramanathan, K. M. Sivalingam, P. Agrawal และ S. Kishore [4] ได้เสนอวิธีการประมาณค่าแบนด์วิดท์แบบพลวัต (Dynamic) เพื่อใช้สนับสนุนการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟสำหรับทราฟฟิกมัลติมีเดีย แต่วิธีการที่ใช้ในการประมาณมีความซับซ้อนมาก อีกทั้งไม่มีการจัดลำดับความสำคัญของทราฟฟิกแต่ละประเภท

งานวิจัยของ F. Hu และ N. K. Sharma [5] ได้เสนอวิธีการควบคุมการตอบรับการเรียกสำหรับทราฟฟิกมัลติมีเดีย โดยที่อาศัยข่าวสารของความเร็ว ระยะห่างของสถานีจากสถานีฐานและลำดับความสำคัญของบริการแต่ละบริการมาคำนวณแบบถ่วงน้ำหนัก เพื่อหาลำดับความสำคัญในการสำรองแบนด์วิดท์สำหรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ

### 1.3 แนวคิดที่นำเสนอ

ด้วยเหตุผลต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ในโครงร่างวิทยานิพนธ์นี้จึงได้นำเสนอรูปแบบการพิจารณาการสำรองแบนด์วิดท์เพื่อสนับสนุนการรับประกันคุณภาพการบริการในโครงข่ายไร้สาย โดยมุ่งเน้นไปที่การลดความน่าจะเป็นจากการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟด้วยการสร้างกลุ่มทางเวลาของโฮสต์เคลื่อนที่ของทราฟฟิกเวลาจริงที่กำลังใช้งานเพื่อขยายช่วงเวลาประมาณของการมาถึงที่กำหนดกว้างกว่าเดิมจากเวลาของการเปลี่ยนเซลล์โดยประมาณ ระยะเวลาการอยู่ภายในเซลล์และความน่าจะเป็นที่โฮสต์เคลื่อนที่จะเปลี่ยนเซลล์

รวมทั้งกระบวนการคำนวณปริมาณแบนด์วิดท์ที่ถูกสำรองจากการรับประกันคุณภาพการบริการที่มีให้กับทราฟฟิกประเภทเวลาจริงมากกว่าที่ให้กับทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริง และได้เสนอให้มีการลดอัตราบิตของการต่อของทราฟฟิกที่อนุญาตขณะกำลังใช้งานได้ในขณะช่วงเวลาที่มีการใช้งานที่คับคั่ง ซึ่งเป็นผลให้ประสิทธิภาพวิธีการสำรองแบนด์วิดท์มีสูงขึ้นและเป็นผลให้การแฮนด์ออฟประสบผลสำเร็จมากขึ้น โดยวิธีที่เสนอนี้อิงกับวิธีการที่เสนอใน [1], [3] และปรับปรุงการจัดการทางตำแหน่งของโฮสต์เคลื่อนที่เสนอไว้ใน [6] ให้เหมาะสมกับโครงข่ายที่เสนอ

## 1.4 วัตถุประสงค์

ออกแบบส่วนควบคุมการตอบรับ (Call admission control) และวิธีการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้ในโครงข่ายไร้สายมัลติมีเดียเพื่อลดอัตราการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟและปรับปรุงการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ในโครงข่ายให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

## 1.5 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอวิธีการสำรองแบนด์วิดท์แบบปรับตัวได้ในโครงข่ายไร้สายมัลติมีเดียเพื่อคุณภาพการบริการที่สูงขึ้น โดยสร้างกลุ่มทางเวลาของการสำรองแบนด์วิดท์จากเวลาของการเปลี่ยนเซลล์โดยประมาณของโฮสต์เคลื่อนที่ที่กำลังเคลื่อนที่จากเซลล์ปัจจุบันไปเซลล์เพื่อนบ้านและระยะเวลาการอยู่ในเซลล์โดยประมาณของโฮสต์เคลื่อนที่ เพื่อขยายเวลาการตอบรับการมาถึงของโฮสต์เคลื่อนที่ ให้สามารถได้รับแบนด์วิดท์ที่สำรองไว้ขณะแฮนด์ออฟและไม่ให้แบนด์วิดท์ที่สำรองไว้ในเซลล์เพื่อนบ้านถูกสำรองไว้โดยเปล่าประโยชน์ เนื่องจากการประกันคุณภาพการบริการที่ให้กับทราฟฟิกประเภทเวลาจริงมากกว่าที่ให้กับทราฟฟิกข้อมูลจึงมีการลดอัตราการดรอปของการเรียกของทราฟฟิกเมื่อระบบมีการใช้งานที่คับคั่ง ค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของการต่อเข้าใหม่ ค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟและค่าการใช้ประโยชน์ของแบนด์วิดท์จะถูกใช้เป็นตัวชี้เปรียบเทียบสมรรถนะกับวิธีการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้ที่ถูกเสนอไว้แล้วบนแนวคิดที่เสนอ

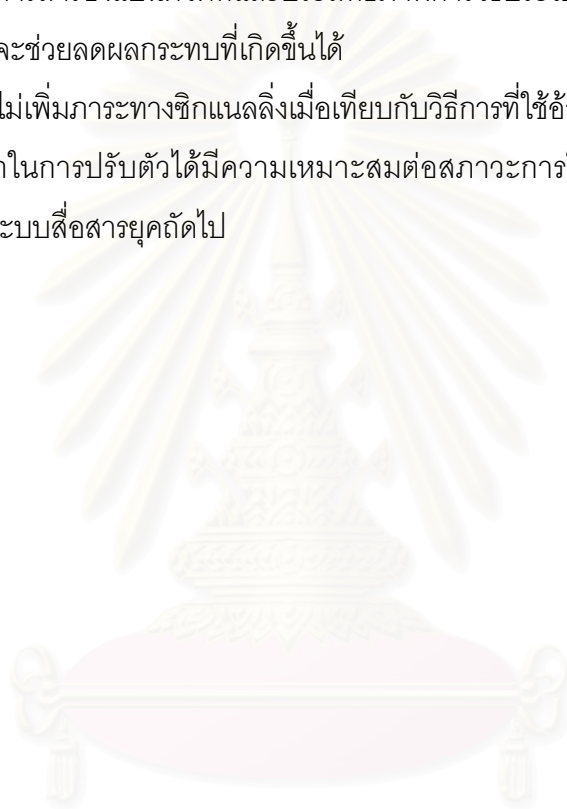
## 1.6 ขั้นตอนและวิธีในการดำเนินงาน

1. ศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องและพื้นฐานความรู้ที่จะใช้ในการวิจัย
2. ศึกษาลักษณะของระบบโครงข่ายเซลล์ลู่ลาร์ไร้สายเคลื่อนที่ซึ่งสนับสนุนการแฮนด์ออฟของโฮสต์เคลื่อนที่ได้และลักษณะของทราฟฟิกที่ให้บริการในระบบ
3. ออกแบบแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์และส่วนควบคุมการตอบรับสำหรับโครงข่ายไร้สายมัลติมีเดีย
4. เขียนโปรแกรมทดสอบแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ตามวิธีที่ได้นำเสนอ
5. วิเคราะห์ และประเมินผลการจำลองแบบและเปรียบเทียบผลกับวิธีที่มีการเสนอไว้แล้ว
6. สรุป วิจาร์ณ และรวบรวมข้อมูลทั้งหมด พร้อมทั้งจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์



## 1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ปรับปรุงคุณภาพการบริการในแง่อัตราการรื้ออุปกรณ์ที่เกิดจากการแฮนด์ออฟและการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์
2. เนื่องจากวิธีการบอกตำแหน่งของโฮสต์เคลื่อนที่ในปัจจุบันเป็นการประมาณยังไม่สามารถระบุช่วงเวลาแน่นอนอีกทั้งผลกระทบจากสภาพการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ในโครงข่ายซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการสำรองแบนด์วิดท์และประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากแบนด์วิดท์ ดังนั้นวิธีการที่เสนอจะช่วยลดผลกระทบที่เกิดขึ้นได้
3. วิธีการที่เสนอไม่เพิ่มภาระทางซิกแนลลิ่งเมื่อเทียบกับวิธีการที่ใช้อ้างอิง
4. ความสามารถในการปรับตัวได้มีความเหมาะสมต่อสภาวะการใช้งานในโครงข่ายไร้สายมัลติมีเดียในระบบสื่อสารยุคถัดไป



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

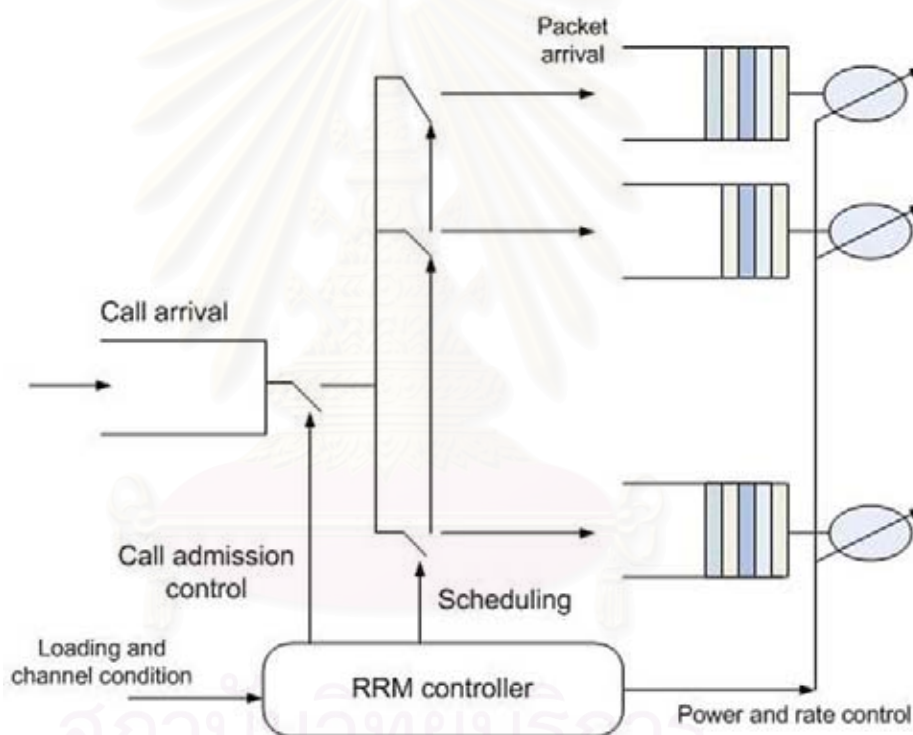
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอแบบแผนการการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวเพื่อสนับสนุนคุณภาพของบริการ ในโครงข่ายสื่อสารไร้สายเคลื่อนที่ที่รองรับรูปแบบบริการที่เป็นมัลติมีเดีย โดยพิจารณาประสิทธิภาพของแบบแผนที่เสนอในรูปการอนุญาตการเข้าใช้โครงข่ายของการเรียกและพิจารณาให้ลำดับความสำคัญของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟมากกว่าการเรียกใหม่ อีกทั้งแบบแผนที่เสนอต้องสามารถรองรับทราฟฟิกมัลติมีเดียและสามารถจัดลำดับความสำคัญของทราฟฟิกให้กับทราฟฟิกเวลาจริง ดังนั้นในบทนี้ซึ่งว่าด้วยทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยจะกล่าวถึงความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโมเดลการจัดการทรัพยากรคลื่นวิทยุ (Radio resource management model) การทำงานของแบบแผนช่องสัญญาณแบบกัน (Guard channel scheme) และแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้ (Adaptive bandwidth reservation scheme) จากนั้นจะกล่าวถึงแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดอิงสภาพการเคลื่อนที่ของโครงข่ายไร้สาย

#### 2.1 โมเดลการจัดการทรัพยากรคลื่นวิทยุ [7]

ทรัพยากรคลื่นวิทยุจะถูกบริหารจัดการด้วยโครงสร้างสามโครงสร้างหลักประกอบกันโดยโครงสร้างในส่วนแรกประกอบด้วยส่วนการจัดสรรทรัพยากรเวลาและแบนด์วิดท์ เช่น การจัดสรรช่องสัญญาณ (Channel allocation) การจัดลำดับเวลา (Scheduling) การควบคุมอัตราส่ง (Transmission rate control) และส่วนการสำรองแบนด์วิดท์ โครงสร้างในส่วนที่สองเป็นส่วนของการจัดสรรและควบคุมพลังงานส่งระหว่างสถานีฐานและเทอร์มินอล โครงสร้างสุดท้ายประกอบด้วย ส่วนควบคุมการตอบรับการเรียก (Call admission control) อัลกอริทึมการแฮนด์ออฟและส่วนการกำหนดสถานีฐาน รูปที่ 2.1 แสดงระบบการทำงานของ การจัดสรรทรัพยากรคลื่นวิทยุ เมื่อมีการเรียกต่อมายังโครงข่ายส่วนควบคุมการตอบรับการเรียกจะทำหน้าที่พิจารณาว่าการเรียกนั้นจะได้รับการอนุญาตหรือปฏิเสธให้เข้าใช้ทรัพยากรของโครงข่ายหรือไม่ขึ้นกับข้อมูลภาวะของโครงข่ายและอัลกอริทึมที่กำหนดไว้ หลังจากนั้นทราฟฟิกของการเรียกที่ได้รับอนุญาตเข้าใช้ทรัพยากรของโครงข่ายจะถูกควบคุมด้วยเทคนิคการบริหารจัดการทรัพยากรอื่นๆ เช่น การจัดลำดับเวลา กระบวนการแฮนด์ออฟ โครงสร้างการควบคุมอัตราส่งหรือโครงสร้างการควบคุม

กำลังส่ง เป็นต้น ในปัจจุบันส่วนควบคุมการตอบรับการเรียกของโครงข่ายสื่อสารไร้สายควรรองรับบริการมากกว่าหนึ่งบริการและการันตีพารามิเตอร์คุณภาพของบริการ ตัวอย่างเช่น

1. คุณภาพของสัญญาณ ส่วนควบคุมการตอบรับการเรียกจำเป็นต้องรักษาระดับของอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณแทรกสอด (Signal to Interference ratio) ของโครงข่ายไร้สายไว้ ตัวอย่างเช่น โครงข่ายโทรศัพท์ไร้สาย CDMA มีระดับความจุแบบซอฟต์แวร์ เป็นผลให้ในขณะที่ภาระของระบบสูงขึ้น คุณภาพของสัญญาณจะต่ำลง ดังนั้นส่วนควบคุมการตอบรับการเรียกต้องทำหน้าที่ปรับสมดุลระหว่างปริมาณผู้ใช้ที่จะเข้าใช้ระบบและอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณแทรกสอดโดยที่ยังรักษาคุณภาพสัญญาณที่ยอมรับได้ซึ่งเกณฑ์ที่ตัดสินในกรณีนี้ก็คือจำนวนผู้ใช้ต่อเซลล์หรือต่อกลุ่มของเซลล์เพื่อนบ้าน เป็นต้น



รูปที่ 2.1 ระบบการทำงานของการจัดสรรทรัพยากรคลื่นวิทยุ

2. ความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ เนื่องจากระดับความสำคัญต่อการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟสูงกว่าการเรียกเข้าใหม่ ส่วนการจัดสรรช่องสัญญาณต้องสามารถจำกัดระดับความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟซึ่งอาจทำได้โดยจัดสรรแบนด์วิดท์สำรองไว้สำหรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟโดยเฉพาะ

3. อัตราการส่งข้อมูล (Transmission rate) ส่วนการจัดสรรช่องสัญญาณสามารถกำหนดอัตราส่งต่ำสุด ซึ่งศึกษาโดยอิงโครงข่ายระบบสาย (Line network) แต่ในระบบไร้สายแตกต่างจากโครงข่ายระบบสายเพราะมีปัญหาจากสภาพการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ (User mobility) และปริมาณแบนด์วิดท์ที่มีอย่างจำกัด เป็นต้น

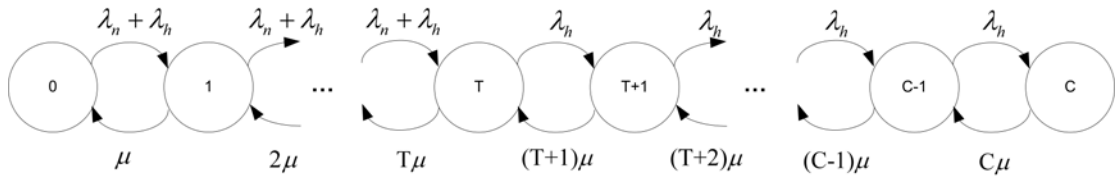
4. พารามิเตอร์ของระดับแพตเทกต (Packet-level parameters) เช่น ดีเลย์ของแพตเทกต Delay jitter และ Throughput เป็นต้น ตัวอย่างเช่นในบริการประเภทแพตเทกตเมื่อโครงข่ายมีการใช้งานหนาแน่นอาจเกิดปัญหาของดีเลย์เกินระดับที่ยอมรับได้

5. ความเป็นธรรมของการใช้ทรัพยากรร่วมกัน (Fair resource sharing) ผู้ใช้บริการในระดับบริการ (Class) เดียวกันและผู้ใช้บริการที่ต่างระดับบริการต้องได้รับความเป็นธรรมในการใช้ทรัพยากรของระบบโครงข่ายตามระดับคุณภาพการบริการ

## 2.2 แบบแผนช่องสัญญาณแบบกัน (Guard channel scheme)

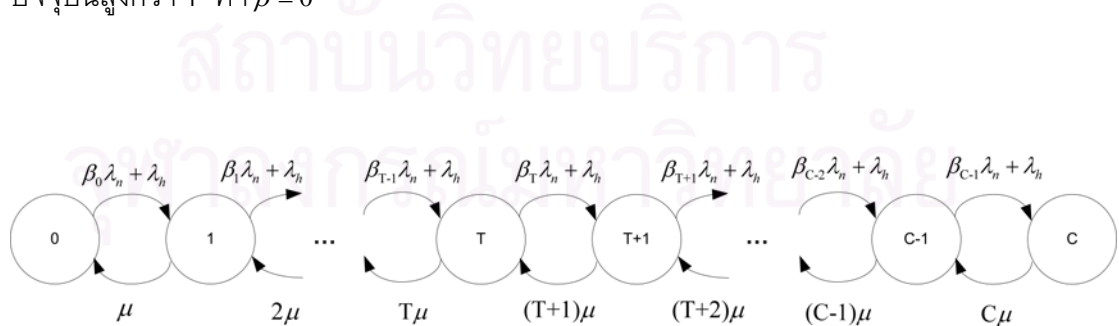
แบบแผนนี้ถูกเสนอไว้โดย Hong และ Rappaport ไว้ใน [8] ลักษณะของแบบแผนนี้คือช่องสัญญาณบางช่องจะถูกกันไว้สำหรับการเรียกที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าการเรียกที่เข้ามาในระบบขณะนั้น ซึ่งการเรียกที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าในที่นี้ก็หมายถึง การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟผลทำให้ความน่าจะเป็นของการดร็อปการเรียกจากการแฮนด์ออฟต่ำลง แต่ก็เป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของความน่าจะเป็นของการบล็อกของการเรียกใหม่ ดังนั้นแบบแผนช่องสัญญาณแบบกันที่มีประสิทธิภาพต้องสามารถรับค่าที่เหมาะสมระหว่างความน่าจะเป็นทั้งสองนี้ภายใต้สมมติฐานว่าทรัพยากรของระบบมีค่าคงที่

มีการเสนอแบบแผนช่องสัญญาณแบบกันพลวัต (Dynamic guard band scheme) ซึ่งจะรับค่าพารามิเตอร์ของทราฟฟิกในโครงข่ายเพื่อปรับจำนวนช่องสัญญาณแบบกันที่เหมาะสมและสามารถรองรับทราฟฟิกได้มากกว่าหนึ่งประเภท จากรูปที่ 2.2 เป็นแบบจำลองการเปลี่ยนสถานะ (State transition) ในแบบแผนช่องสัญญาณแบบกันของทราฟฟิกชนิดเดียวซึ่งจำกัดปริมาณการเรียกใหม่เพื่อกันช่องสัญญาณไว้สำหรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟโดยที่  $\lambda_n$  แทนอัตราการมาถึงของการเรียกใหม่ (Arrival rate for new calls) และ  $\lambda_h$  แทนอัตราการมาถึงของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ (Arrival rate for handoff calls)  $C$  แทนช่องสัญญาณที่มีอยู่  $1/\mu$  แทนเวลาครอบครองช่องสัญญาณเฉลี่ย (Average channel holding time) และ  $C$  แทนจำนวนช่องสัญญาณของเซลล์ เมื่อการใช้ช่องสัญญาณของการเรียกใหม่และการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟถึงขีดจำกัดของระดับช่องสัญญาณ  $T$  แล้วส่วนการตอบรับการเรียกจะพิจารณาตอบรับเฉพาะการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ



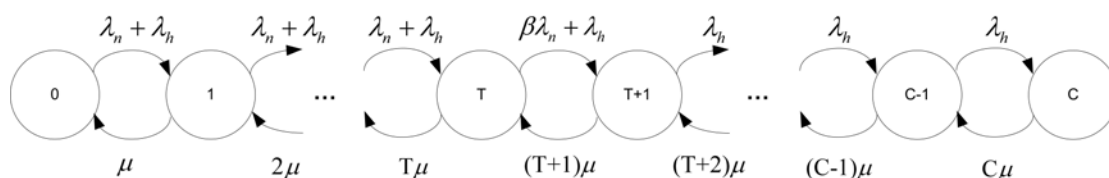
รูปที่ 2.2 แบบจำลองการเปลี่ยนสถานะในแบบแผนช่องสัญญาณแบบกันของทราฟฟิกชนิดเดียว

แบบแผนช่องสัญญาณแบบกันชนิดส่วนย่อย (Fractional guard channel scheme: FGCS) ถูกเสนอไว้ใน [9] โดยการประมาณค่าต่ำสุดของความน่าจะเป็นของการบล็อกของการเรียกเข้าใหม่จากค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกจากการแฮนด์ออฟและประมาณค่าต่ำสุดของจำนวนช่องสัญญาณที่ต้องการจากค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของการเรียกเข้าใหม่และค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกจากการแฮนด์ออฟแสดงดังรูปที่ 2.3 โดยที่การเรียกใหม่จะถูกตอบรับด้วยความน่าจะเป็น  $\beta_i$  ซึ่งเป็นฟังก์ชันของสแตทของช่องสัญญาณที่  $i$  แทนจำนวนช่องสัญญาณที่ถูกเข้าใช้ซึ่งมีแนวโน้มที่จะมีค่าลดลงหรือคงที่เมื่อเวลาดำเนินไป ขณะที่การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้ตลอดเวลาที่ยังมีช่องสัญญาณว่างจากรูปที่ 2.4 เป็นแบบแผนช่องสัญญาณแบบกันชนิดส่วนย่อยจำกัด (Limited FGCS) ให้ประสิทธิภาพสูงกว่าแบบแผนช่องสัญญาณแบบกันชนิดธรรมดา ในการลดค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของการเรียกใหม่ โดยที่ระดับของความน่าจะเป็นในการตอบรับการเข้าใช้ช่องสัญญาณของการเรียกใหม่มีค่าที่สามารถปรับระดับได้สามระดับ  $(1, \beta, 0)$  ตามสภาวะไหลของการเรียกใหม่ในโครงข่าย โดยที่ค่า  $\beta = 1$  เมื่อสแตทของช่องสัญญาณปัจจุบันต่ำกว่า  $T$  ค่า  $0 < \beta < 1$  เมื่อสแตทของช่องสัญญาณปัจจุบันอยู่ที่สแตทของช่องสัญญาณ  $T$  และเมื่อสแตทของช่องสัญญาณปัจจุบันสูงกว่า  $T$  ค่า  $\beta = 0$



รูปที่ 2.3 แบบแผนช่องสัญญาณแบบกันชนิดส่วนย่อย





รูปที่ 2.4 แบบแผนช่องสัญญาณแบบกันชนลดส่วนย่อยจำกัด

## 2.3 แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้ (An adaptive bandwidth reservation scheme) [1]

แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้เป็นแบบแผนช่องสัญญาณแบบกันชนเพื่อการันตีพารามิเตอร์คุณภาพของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟที่ถูกปรับปรุงเพื่อรองรับทราฟฟิกสองประเภทในเซลล์ที่มีขนาดเล็กด้วยระดับการบริการที่ต่างกัน ประเภทแรกทราฟฟิกเวลาจริง (Real time traffic) ซึ่งเป็นบริการที่ต้องการอัตราบิตคงที่ (Constant bit rate) ในการรับส่งข้อมูล ประเภทที่สองทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริง (Non real time traffic) หรือทราฟฟิกที่เป็นข้อมูลตัวอย่างเช่น ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic-mail) หรือ ทราฟฟิก TCP/IP ต่างๆ ในกรณีนี้ที่เกิดความคับคั่งการใช้บัพเฟอร์รองรับในกรณีนี้สามารถยอมรับได้หรือปรับอัตราบิตลดลงโดยที่ไม่มีการรับรองระดับคุณภาพเหมือนกับทราฟฟิกแบบเวลาจริง เมื่อใดที่โหนดเคลื่อนที่ต้องการเข้าใช้ทรัพยากรของโครงข่ายหรือเคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์ใหม่ต้องระบุข่าวสารต่อไปน้แก่โครงข่าย

1. ประเภทของทราฟฟิก
2. ปริมาณของแบนด์วิดท์ที่ต้องการ
3. ปริมาณแบนด์วิดท์ที่ต้องการต่ำที่สุด (เฉพาะทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริง)
4. ความน่าจะเป็นของการรื้อปการเรียกจากการแฮนด์ออฟที่ยอมรับได้

ปริมาณแบนด์วิดท์ที่ต้องการต่ำที่สุดสำหรับทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริงคือปริมาณแบนด์วิดท์ต่ำที่สุดที่แหล่งกำเนิดต้องการรักษาระดับคุณภาพของการใช้บริการที่ยอมรับได้ เช่น อัตราการเข้ารหัสต่ำที่สุดที่แหล่งกำเนิด

### 2.3.1 กระบวนการการตอบรับในส่วนการเรียกใหม่ของแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้

สำหรับการเรียกเข้าใหม่ระบบจะจัดสรรปริมาณแบนด์วิดท์ตามที่ได้มีการร้องขอ การเรียกเข้าใหม่จะได้รับการจัดสรรแบนด์วิดท์ที่มีอยู่ในเซลล์ พร้อมกับสถานะพื้นฐานจะทำการส่งสัญญาณร้องขอการสำรองไปยังเซลล์เพื่อนบ้านทุกๆเซลล์ ถ้าในกรณีที่ปริมาณแบนด์วิดท์ไม่

เพียงพอและการร้องขอการสำรองสิทธิ์ในการใช้แบนด์วิดท์สำรองในทุกๆ เซลล์เพื่อนบ้านไม่สำเร็จ การเรียกเข้าใหม่นั้นจะถูกบล็อกหากการเรียกใหม่ที่เกิดขึ้นเป็นการเรียกของทราฟฟิกเวลาจริง ส่วนกรณีการเรียกของทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริงแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้อนุญาตให้สามารถปรับลดอัตราบิตได้เมื่อมีปริมาณการใช้แบนด์วิดท์หนาแน่นจนกระทั่งปริมาณแบนด์วิดท์ที่ต้องการต่ำที่สุดที่ระบุไว้ และปรับเพิ่มอัตราบิตเมื่อปริมาณการใช้แบนด์วิดท์ต่ำลงซึ่งการปรับเพิ่มและลดอัตราบิตที่เกิดขึ้น

### 2.3.2 กระบวนการการตอบรับในส่วนการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้

สำหรับกระบวนการตอบรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของทราฟฟิกเวลาจริงถ้าปริมาณแบนด์วิดท์ของเซลล์ที่โฮสต์เคลื่อนที่จะเคลื่อนที่ไปมีปริมาณแบนด์วิดท์น้อยกว่าที่ปริมาณแบนด์วิดท์ของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟนั้นร้องขอ ส่วนการควบคุมการตอบรับของเซลล์เพื่อนบ้านที่การเรียกดังกล่าวจะแฮนด์ออฟจะอนุญาตให้การเรียกนั้นใช้ส่วนแบนด์วิดท์สำรองส่วนรวม (Reserved bandwidth pool) กับแบนด์วิดท์ที่ยังใช้สอยได้ (Available bandwidth) เพิ่มตอบรับการแฮนด์ออฟนั้นๆ หากว่าส่วนแบนด์วิดท์สำรองส่วนรวมรวมกับแบนด์วิดท์ที่ยังใช้สอยได้ขณะเวลานั้นยังน้อยกว่าปริมาณแบนด์วิดท์ของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟนั้นร้องขอ การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟนั้นถูกรับออกจากระบบไป แต่ถ้าส่วนแบนด์วิดท์สำรองส่วนรวมรวมกับแบนด์วิดท์ที่ยังใช้สอยได้ขณะเวลานั้นมากกว่าปริมาณแบนด์วิดท์ของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟนั้นร้องขอ สถานะฐานของเซลล์นั้นๆ จะจัดสรรแบนด์วิดท์ให้พร้อมๆ กับร้องขอการสำรองแบนด์วิดท์ไปยังกลุ่มเซลล์เพื่อนบ้านใหม่ในขณะเวลาเดียวกันกับสิทธิ์ของการครอบครองแบนด์วิดท์ที่สำรองไว้ในเซลล์เพื่อนบ้านเดิมจะถูกสละไป จากนั้นถ้าการร้องขอแบนด์วิดท์สำรองในทุกๆ เซลล์ของกลุ่มเพื่อนบ้านใหม่ตอบรับการสำรองของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟนั้น โฮสต์เคลื่อนที่นั้นจะแฮนด์ออฟได้สำเร็จ แต่ถ้าการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟร้องขอการสำรองจากเซลล์เพื่อนบ้านแล้วเซลล์เพื่อนบ้านใดไม่สามารถทำการสำรองได้สำเร็จการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟนั้นจะถูกตีกลับ

ข้อแตกต่างของแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้กับแบบแผนช่องสัญญาณแบบกันตรงที่แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้จะอาศัยค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟติดตาม (Monitor dropping probability) ที่ตอบสนองกลับจากระบบขณะเวลานั้นเพื่อปรับปริมาณแบนด์วิดท์สำรองส่วนรวมในกรณีที่ค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟมีค่ามากกว่าค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียก

จากการแฮนด์ออฟที่ยอมรับได้ โดยใช้ตัวแปร  $thres\_up_1$  ในการเปรียบเทียบและตัวแปร  $up_1$  เพื่อปรับเพิ่มปริมาณแบนด์วิดท์สำรองส่วนรวม เป็นไปตามสมการที่ 2.1 และ 2.2 เมื่อ  $up_1 > 1$

$$monitor\_dropping\_probabilty \geq thres\_up_1 \times request\_dropping\_probabilty \quad (2.1)$$

$$\begin{aligned} reserved\_bw\_pool\_size &= \min\{up_1 \times reserved\_bw\_pool\_size, \\ &reserved\_bw + unused\_bw\} \end{aligned} \quad (2.2)$$

เมื่อค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟมีค่าน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกจากการแฮนด์ออฟที่ยอมรับได้ระบบจะปรับลดปริมาณแบนด์วิดท์สำรองส่วนรวมเพื่อเพิ่มปริมาณแบนด์วิดท์ในส่วนที่ยังใช้สอยได้ให้กับระบบเพราะปริมาณแบนด์วิดท์สำรองส่วนรวมที่มีเพียงพอต่อการการรันตีค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกจากการแฮนด์ออฟที่ยอมรับได้แล้ว โดยที่ใช้ตัวแปร  $thres\_down_1$  ในการเปรียบเทียบและตัวแปร  $down_1$  เพื่อปรับลดปริมาณแบนด์วิดท์สำรองส่วนรวม เป็นไปตามสมการที่ 2.3 และ 2.4 เมื่อ  $0 < down_1 < 1$

$$monitor\_dropping\_probabilty \leq thres\_down_1 \times request\_dropping\_probabilty \quad (2.3)$$

$$reserved\_bw\_pool\_size = down_1 \times reserved\_bw\_pool\_size \quad (2.4)$$

ในขณะที่ค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟติดตามมีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งหมายความว่าระบบยังไม่มีแฮนด์ออฟของโฮสต์เคลื่อนที่เกิดขึ้นหรือมีการแฮนด์ออฟของโฮสต์เคลื่อนที่แล้วแต่ปริมาณแบนด์วิดท์สำรองส่วนรวมมีมากเกินไป ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความสูญเสียของปริมาณแบนด์วิดท์สำรองส่วนรวมหรือปริมาณแบนด์วิดท์สำรองส่วนรวมมีน้อยเกินไป ซึ่งก็จะส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของแบนด์วิดท์เช่นกัน แบบแผนนี้จะอาศัยค่าการใช้ประโยชน์ของแบนด์วิดท์สำรองรวม (Reserved bandwidth pool utilization) ที่ตอบกลับจากระบบขณะเวลานั้นเพื่อเปรียบเทียบกับตัวแปร  $thres\_up_2$  เป็นเงื่อนไขในการพิจารณาเพิ่มปริมาณแบนด์วิดท์สำรองรวม และ  $up_2$  เพื่อเพิ่มปริมาณแบนด์วิดท์สำรองส่วนรวมซึ่งเป็นไปตามสมการที่ 2.5 และ 2.6 และใช้เงื่อนไขของสมการที่ 2.7 เป็นเงื่อนไขในการพิจารณาลดปริมาณแบนด์วิดท์สำรองรวมโดยเปรียบเทียบกับตัวแปร  $thres\_down_2$  และ  $down_2$  ในการปรับลดปริมาณแบนด์วิดท์สำรองส่วนรวม เป็นไปตามสมการที่ 2.8 เมื่อ  $up_2 > 1$  และ  $0 < down_2 < 1$

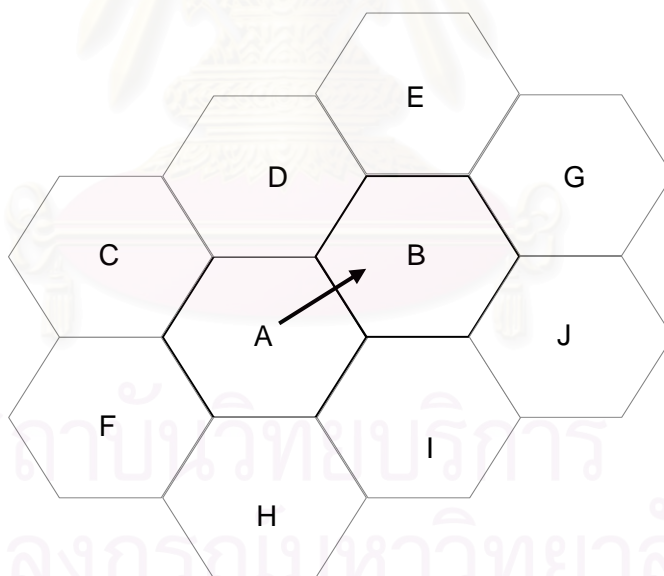
$$reserved\_bw\_pool\_size \geq thres\_up_2 \quad (2.5)$$

$$\begin{aligned} reserved\_bw\_pool\_size &= \min\{up_2 \times reserved\_bw\_pool\_size \\ &, reserved\_bw + unused\_bw\} \end{aligned} \quad (2.6)$$

$$reserved\_bw\_pool\_size \geq thres\_down_2 \quad (2.7)$$

$$reserved\_bw\_pool\_size = \min\{down_2 \times reserved\_bw\_pool\_size, reserved\_bw + unused\_bw\} \quad (2.8)$$

อย่างไรก็ตามปริมาณของแบนด์วิดท์สำรองส่วนรวมก็ยังคงควบคุมไม่ให้มีปริมาณเกิน  $R\%$  ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดในเซลล์ สำหรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริงจะไม่มีการสำรองแบนด์วิดท์ ดังนั้นการถูกตอบรับจะขึ้นอยู่กับปริมาณแบนด์วิดท์ที่ยังใช้สอยได้ในเซลล์ที่กำลังจะแฮนด์ออฟไปซึ่งไม่รวมส่วนแบนด์วิดท์สำรองส่วนรวม แต่เนื่องแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้อนุญาตให้มีการปรับอัตราบิดได้ ดังนั้นการต้อปจะเกิดก็ต่อเมื่อไม่มีแบนด์วิดท์เหลืออยู่พอที่จะตอบรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟในระดับปริมาณแบนด์วิดท์ที่ต้องการต่ำที่สุดในเซลล์ที่ต้องการข้ามไป กระบวนการปรับอัตราบิดนี้สามารถกระทำได้โดยอาศัยคุณสมบัติของทราฟฟิกประเภทนี้ที่ทนต่อการล่าช้าของการรับส่งและอัตราการส่งที่ลดลง เพราะฉะนั้นการปรับลดของอัตราการส่งสามารถทำได้โดยไม่มีขีดจำกัดของระดับคุณภาพของการใช้บริการที่ยอมรับได้เหมือนทราฟฟิกที่เป็นประเภทเวลาจริง



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างของขั้นตอนการทำงานของ การสำรองแบนด์วิดท์

ในรูปที่ 2.5 เป็นตัวอย่างของขั้นตอนการทำงานของ การขอสำรองแบนด์วิดท์ (Bandwidth Reservation) เมื่อโฮสต์เคลื่อนที่มาถึงเซลล์ A แบนด์วิดท์จะถูกสำรองในเซลล์ B, C, D, F, H, I เมื่อโฮสต์เคลื่อนที่เคลื่อนที่ข้ามไปเซลล์ B แบนด์วิดท์ที่สำรองไว้ที่เซลล์ C, F, H จะถูกปล่อยคืน

และสำรองแบนด์วิดท์ในเซลล์ E, G, J แทน ดังนั้นกลุ่มเซลล์ที่โฮสต์เคลื่อนที่ในเซลล์ B สำรองคือ A, D, I, J, G, E

## 2.4 แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดอิงสภาพการเคลื่อนที่

ผลจากการแฮนด์ออฟของโฮสต์เคลื่อนที่ระหว่างเซลล์ทำให้แต่ละเซลล์ไม่ได้อิสระต่อกันอย่างแท้จริงเนื่องจากเมื่อมีการเรียกใหม่โฮสต์เคลื่อนที่ไม่ได้บริโภคแบนด์วิดท์ของเซลล์ที่อยู่แต่เพียงเซลล์เดียวแต่ยังส่งข่าวสารแจ้งปริมาณแบนด์วิดท์ที่ต้องการสำรองไปยังเซลล์เพื่อนบ้านอีกด้วย กล่าวคือการเรียกที่กำลังใช้งานอยู่ภายในเซลล์จะส่งผลต่อการกำหนดช่องสัญญาณ (Channel assignment) ในเซลล์เพื่อนบ้านแต่ละเซลล์เพื่อนบ้าน

### 2.4.1 แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดอิงสภาพการเคลื่อนที่แบบพื้นฐาน (Basic mobility-based bandwidth reservation) [10]

กระบวนการทำงานของแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดอิงสภาพการเคลื่อนที่แบบพื้นฐานเริ่มต้นด้วยการสร้างเส้นโค้งอิทธิพล (Influence curve) ของแต่ละการเรียกที่  $k$  ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ (2.9)

$$I_k(i, j, t, T) = BW_k \alpha_{i,j} L_k(t, T) \quad (2.9)$$

เมื่อ  $BW_k$  แทนแบนด์วิดท์ที่ต้องการของการเรียกที่  $k$   $\alpha_{i,j}$  แทนแฟคเตอร์ทิศทาง (Directional factor) หรือความน่าจะเป็นที่การเรียกจะแฮนด์ออฟจากเซลล์ปัจจุบันที่  $i$  ไปเซลล์เพื่อนบ้านที่  $j$  และ  $L_k(t, T)$  แทนความน่าจะเป็นของการเรียกที่  $k$  ที่เวลา  $t$  จะร้องขอการแฮนด์ออฟหลังจากเวลา  $T$  ซึ่งสามารถคำนวณความน่าจะเป็นนี้ได้จากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของเวลา Dwell cell (The cell-dwell-time probability function :  $f_k(\tau)$ ) ของการเรียกที่  $k$  จากสมการที่ (2.10)

$$L_k(t, T) = \int_0^{T-t} f_k(\tau) d\tau \quad (2.10)$$

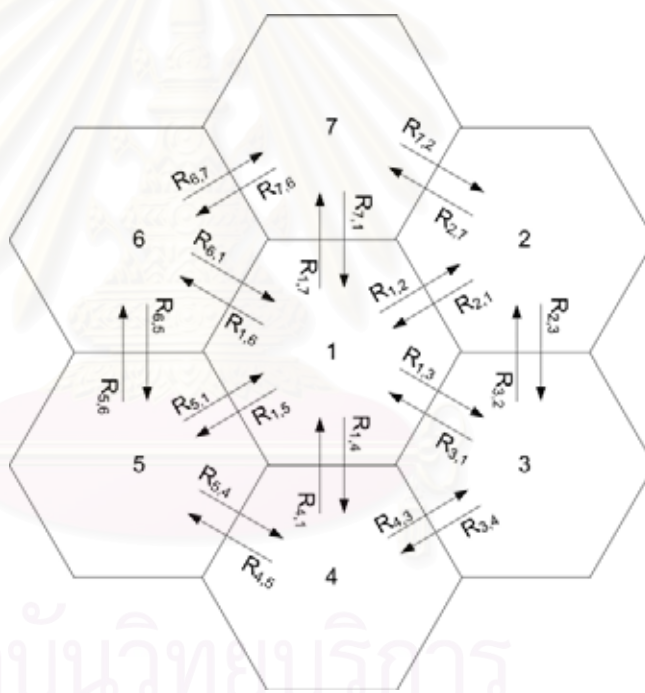
จากนั้นสามารถใช้สมการที่ (2.11) คำนวณหาปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดที่ต้องการสำรองของเซลล์ที่  $j$  โดยที่  $R_{i,j}$  แทนแบนด์วิดท์ที่ต้องการสำรองของเซลล์เพื่อนบ้านที่  $j$  สำหรับการเรียก



ในเซลล์ที่  $i$   $N_j$  แทนเซตของเซลล์เพื่อนบ้าน  $S_i$  แทนเซตของการเรียกทุกการเรียกที่อยู่ในการใช้งานภายในเซลล์ที่  $i$  และ  $D$  แทนค่าคงที่ของการปรับ (Tunable constant) ซึ่งขึ้นกับความสัมพันธ์ระหว่างเส้นโค้งอิทธิพลกับการสำรอง

$$R_j = \sum_{i \in N_j} R_{i,j} = D \sum_{i \in N_j} \sum_{k \in S_i} I_k(i, j, t, T) \quad (2.11)$$

อย่างไรก็ตามแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดอิงสภาพการเคลื่อนที่แบบพื้นฐานรองรับบริการได้เพียงบริการเดียวซึ่งในโครงข่ายไร้สายในยุคถัดไปโครงข่ายต้องสามารถรองรับบริการได้หลายบริการ รูปที่ (2.6) แสดงการร้องขอการสำรองแบนด์วิดท์ระหว่างเซลล์เพื่อนบ้าน



รูปที่ 2.6 ทิศทางการร้องขอการสำรองแบนด์วิดท์ระหว่างเซลล์เพื่อนบ้าน

#### 2.4.2 แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดอิงสภาพการเคลื่อนที่แบบพยากรณ์ได้ (Predictive Mobility-based bandwidth reservation) [11]

จากเทคโนโลยีด้านตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ไร้สาย (Wireless geolocation technology) ที่พัฒนามากขึ้นทำให้ความสามารถในการทำนายตำแหน่งมีประสิทธิภาพมากขึ้น ตัวแทนด้าน

ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geolocation Agent) จะทำการคำนวณตำแหน่งของโฮสต์เคลื่อนที่ต่างๆ ช่วงเวลาที่คงที่ค่าหนึ่งอิงข่าวสารตำแหน่งที่มี ประโยชน์ของการทำนายตำแหน่งจะช่วยให้ คาดการณ์เซลล์เพื่อนบ้านเป้าหมายได้ดีขึ้น แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดอิงสภาพการ เคลื่อนที่แบบพยากรณ์ได้มีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดอิงสภาพการ เคลื่อนที่แบบพื้นฐาน ดังต่อไปนี้

- แฟคเตอร์ทิศทาง : ค่าแฟคเตอร์ทิศทางในเซลล์ปัจจุบันของโฮสต์เคลื่อนที่ของ แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดอิงสภาพการเคลื่อนที่แบบพื้นฐานมีค่าเท่ากับแบบแผนการ สำรองแบนด์วิดท์ชนิดอิงสภาพการเคลื่อนที่แบบพยากรณ์ได้ แต่แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ ชนิดอิงสภาพการเคลื่อนที่แบบพยากรณ์ได้ค่าแฟคเตอร์ทิศทางของแต่ละเซลล์เพื่อนบ้านจะแปร ตามทิศทางการเคลื่อนที่ที่ถูกพยากรณ์ไว้และตำแหน่งปัจจุบันของโฮสต์เคลื่อนที่ เป็นผลให้แบนด์ วิดท์ที่ขอสำรองในเซลล์เพื่อนบ้านจะสูญเสียน้อยกว่าเมื่อเทียบกับแบบพื้นฐาน

- ความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟ (Handoff probability) เมื่อ  $t_k^{h_f}$  แทนช่วงเวลา ในอนาคตที่การเรียกที่  $k$  ร้องขอการแฮนด์ออฟโดยอิงข่าวสารของความเร็วและทิศทางของโฮสต์ เคลื่อนที่ ความน่าจะเป็นของการเรียกที่  $k$  จะร้องขอการแฮนด์ออฟในอนาคตสามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ (2.12) เมื่อ  $f(\tau)$  แทนฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของเวลาการใช้ ช่องสัญญาณของการเรียกที่เหลือ (The residual call life time probability density function) เมื่อกำหนดให้เวลาการใช้ช่องสัญญาณของการเรียกมีการกระจายแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential distribution)

$$\begin{aligned}
 P_k &= \Pr(\text{This call will request a handoff}) \\
 &= \Pr(\text{the residual call lifetime is longer than } t_k^{h_f}) \\
 &= \int_{t_k^{h_f}}^{\infty} f(\tau) d\tau \quad (2.12)
 \end{aligned}$$

อย่างไรก็ตามปัญหาที่มีผลกระทบต่อแบบแผนที่กล่าวไว้ข้างต้นก็คือ ผลของสภาพการ เคลื่อนที่ของโฮสต์เคลื่อนที่ทำให้เวลาของการเปลี่ยนเซลล์โดยประมาณที่ได้จากการคำนวณโดย วิธีการประมาณตำแหน่งของโฮสต์เคลื่อนที่มีความคลาดเคลื่อนอยู่พอสมควร อันจะส่งผลกระทบต่อกรณี ที่มีการสำรองแบนด์วิดท์ในเซลล์เพื่อนบ้านสำหรับโฮสต์เคลื่อนที่ไว้แล้ว โฮสต์เคลื่อนที่ไม่แฮนด์ ออฟที่เวลาของการเปลี่ยนเซลล์โดยประมาณที่โฮสต์เคลื่อนที่ระบุไว้ มีผลทำให้การใช้ประโยชน์ จากแบนด์วิดท์ (Bandwidth utilization) ในเซลล์เพื่อนบ้านมีประสิทธิภาพต่ำลงหรือกรณีที่มีการ แฮนด์ออฟไปก่อนเวลาของการเปลี่ยนเซลล์โดยประมาณที่โฮสต์เคลื่อนที่ระบุไว้ ความน่าจะเป็นที่

การแฮนด์ออฟนั้นจะถูกตรึงก็จะมีมากขึ้น ดังนั้นปริมาณแบนด์วิดท์ที่ถูกสำรองในเซตเพื่อนบ้านที่  $j$  คำนวณได้จากสมการที่ (2.13) เมื่อ  $S'_i$  แทนเซตของการเรียกทุกการเรียกที่อยู่ในการใช้งานภายในเซลล์ที่  $i$  ซึ่งจะถูกพยากรณ์ว่าจะแฮนด์ออฟภายในเวลา  $t_k^{hf}$  และ  $BW_k$  แทนแบนด์วิดท์ของการเรียกที่  $k$  ภายในเซต  $S'_i$

$$R_j = D \sum_{i \in N_j} \sum_{k \in S'_i} BW_k P_k \quad (2.13)$$



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 3

### แบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกและการสำรองแบนด์วิดท์ที่เสนอ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอแบบแผนการจัดสรรทรัพยากรชนิดปรับตัวได้ในโครงข่ายไร้สาย มัลติมีเดียเพื่อลดอัตราความผิดพลาดที่เกิดจากการแฮนด์ออฟและปรับปรุงการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ในโครงข่ายให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยเปรียบเทียบกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่ได้มีการเสนอไว้แล้ว แบบแผนที่ออกแบบประกอบด้วยส่วนการทำงานแยกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ ระบบพิกัดของเซลล์ที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาเวลาของการเปลี่ยนเซลล์และวิธีการสร้างกลุ่มทางเวลา (Establishing time section group)

จุดประสงค์ของการสร้างกลุ่มทางเวลาในแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัว เพื่อลดปัญหาของการประมาณตำแหน่งที่ส่งผลกระทบต่อช่วงเวลาของการสำรองแบนด์วิดท์ในเซลล์เพื่อนบ้าน เนื่องจากจากแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้เดิม ใช้เงื่อนไขของความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟเป็นตัวบ่งชี้สภาพการเคลื่อนที่ (Mobility) ของผู้ใช้บริการ ในวิทยานิพนธ์นี้การทำการสำรองแบนด์วิดท์ได้ใช้เงื่อนไขของเวลาในการเปลี่ยนเซลล์ร่วมกับความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟ ซึ่งเมื่อใดก็ตามการประมาณช่วงเวลานี้ถูกต้อง ประสิทธิภาพของแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์จะมีค่าสูงแต่เนื่องด้วยผลของสภาพการเคลื่อนที่ของโฮสต์เคลื่อนที่และความคลาดเคลื่อนของระบบการระบุและติดตามตำแหน่งของโฮสต์เคลื่อนที่จึงส่งผลกระทบต่อแบบแผนนี้โดยตรง ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอการสร้างกลุ่มทางเวลาเพื่อลดผลกระทบนี้ อีกทั้งแบบแผนที่เสนอรองรับการบริการมากกว่าหนึ่งบริการในโครงข่ายและปรับตัวได้ตามสภาพความหนาแน่นของการเข้าใช้โครงข่ายอีกด้วย เนื้อหาของแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกและการสำรองแบนด์วิดท์ที่เสนอในวิทยานิพนธ์แบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยในส่วนแรกจะกล่าวถึงระบบพิกัดของเซลล์ที่ใช้ในการจำลองแบบ ส่วนที่สองจะกล่าวถึงกระบวนการสร้างกลุ่มทางเวลา และในส่วนสุดท้ายจะกล่าวถึงแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอ

#### 3.1 ระบบพิกัดของเซลล์ (Cell coordinates system)

เนื่องจากสภาพการเคลื่อนที่ของโฮสต์เคลื่อนที่ส่งผลต่อการสำรองแบนด์วิดท์ในเซลล์เพื่อนบ้าน อีกทั้งภาวะที่มีต่อส่วนการประมวลผลและการเก็บมูลของอุปกรณ์เคลื่อนที่ที่ต้องไม่มาก เพราะขีดจำกัดทางขนาดและราคา ในแบบแผนการจัดสรรทรัพยากรชนิดปรับตัวได้ในโครงข่ายไร้

สายมัลติมีเดียที่ออกแบบได้เลือก กลยุทธ์การอัปเดตข้อมูลตำแหน่งชนิดโดเมน Spatial แบบอิงระยะทาง (Distance-based location management strategies) ซึ่งใช้ข่าวสารของระยะห่างจากเซลล์และทิศทางเป็นตัวระบุตำแหน่งของไฮสปีดเคลื่อนที่

### 3.1.1 กลยุทธ์การบริหารข้อมูลตำแหน่งอิงระยะทาง (Distance-based location management strategies) [11]

ในกลยุทธ์การอัปเดตข้อมูลตำแหน่งชนิดโดเมน Spatial แบบอิงระยะทาง ไฮสปีดเคลื่อนที่จะทำการเก็บทิศทางของการเคลื่อนที่และระยะทางในทอมของจำนวนเซลล์ ซึ่งไม่เหมาะต่อการนำไปปฏิบัติจริงกับเซลล์มีขนาด รูปร่างและรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้แตกต่างกัน เนื่องจากกลยุทธ์การอัปเดตข้อมูลตำแหน่งจะทำการเก็บค่าจำนวนเซลล์ที่เดินทางผ่านในรูป  $(i, j)$  ซึ่ง  $i$  แทนจำนวน  $i$  เซลล์จากทางขวาและจำนวน  $j$  เซลล์เหนือเซลล์อ้างอิง เมื่อ  $i$  และ  $j$  เป็นจำนวนเต็มด้วยสมมติฐานที่ใช้ว่าทุกๆ เซลล์ภายในชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ มีขนาด รูปร่าง เท่ากันและรูปแบบการวางตัวของเซลล์ที่มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งขัดกับสมมติฐานในทางปฏิบัติทำให้ในกลยุทธ์การอัปเดตข้อมูลตำแหน่งชนิดโดเมน Spatial แบบอิงระยะทางทำได้ยากในทางปฏิบัติ เพราะไฮสปีดเคลื่อนที่จำเป็นต้องทราบโทโพโลยีของโครงข่ายเพื่อใช้ในการนับจำนวนของเซลล์ซึ่งห่างออกมาจากเซลล์อ้างอิงที่ใช้ในการอัปเดตตำแหน่งครั้งล่าสุด

### 3.1.2 กลยุทธ์การอัปเดตข้อมูลตำแหน่งที่นำเสนอ

ดังนั้นวิธีการที่นำเสนอจะปรับปรุงให้เหมาะสมต่อสภาพการเคลื่อนที่ของไฮสปีดเคลื่อนที่และเป็นอิสระจากโทโพโลยีของโครงข่าย โดยที่ระบบพิกัดของเซลล์ที่เสนอจะเก็บข้อมูลตำแหน่งของไฮสปีดเคลื่อนที่ที่อยู่ภายในเซลล์เป็นคู่ลำดับ  $(x_i(n), y_i(n))$  โดยที่  $x_i(n)$  แทนระยะทางของไฮสปีดเคลื่อนที่ที่  $n$  ในทิศตะวันออกของเซลล์อ้างอิงที่  $i$  และ  $y_i(n)$  แทนระยะทางของไฮสปีดเคลื่อนที่ที่  $n$  ในทิศเหนือของเซลล์อ้างอิงที่  $i$  แต่ละไฮสปีดเคลื่อนที่จะเก็บค่าคู่ลำดับพิกัดของครั้งก่อนหน้าซึ่งแทนด้วย  $(x_0(n), y_0(n))$  ระยะทางระหว่างพิกัดทั้งสองแทนด้วย  $d_i$  หาได้จากสมการที่ (3.1) สมการที่ (3.2) ใช้เทียบหาระยะทางระหว่างสถานีฐานใดๆ กับระยะทางของไฮสปีดเคลื่อนที่เขียนแทนด้วย  $D(r)$  เมื่อ  $(a_r, b_r)$  แทนตำแหน่งของสถานีฐานของเซลล์ ซึ่ง  $r$  เป็นเซตของเซลล์ท้องถิ่นและเซลล์เพื่อนบ้าน

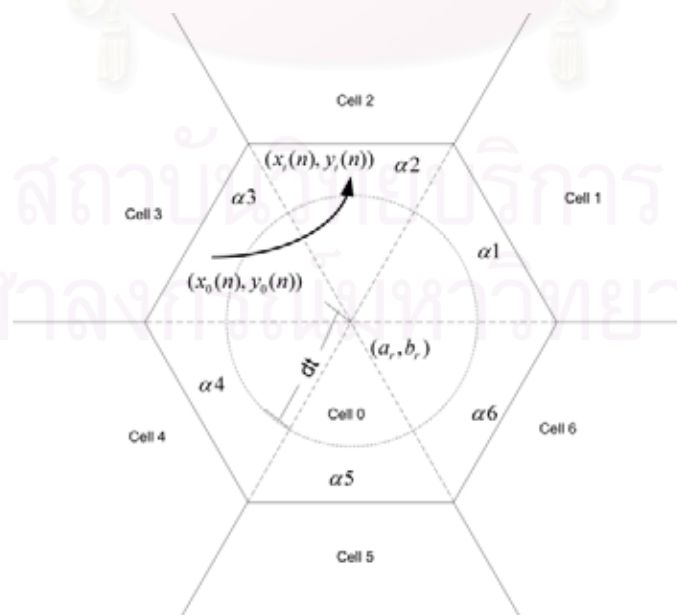
$$d_i = [(x_i(n) - x_0(n))^2 + (y_i(n) - y_0(n))^2]^{1/2} \quad (3.1)$$

$$D(r) = [(x_i(n) - a_r)^2 + (y_i(n) - b_r)^2]^{1/2} \quad (3.2)$$



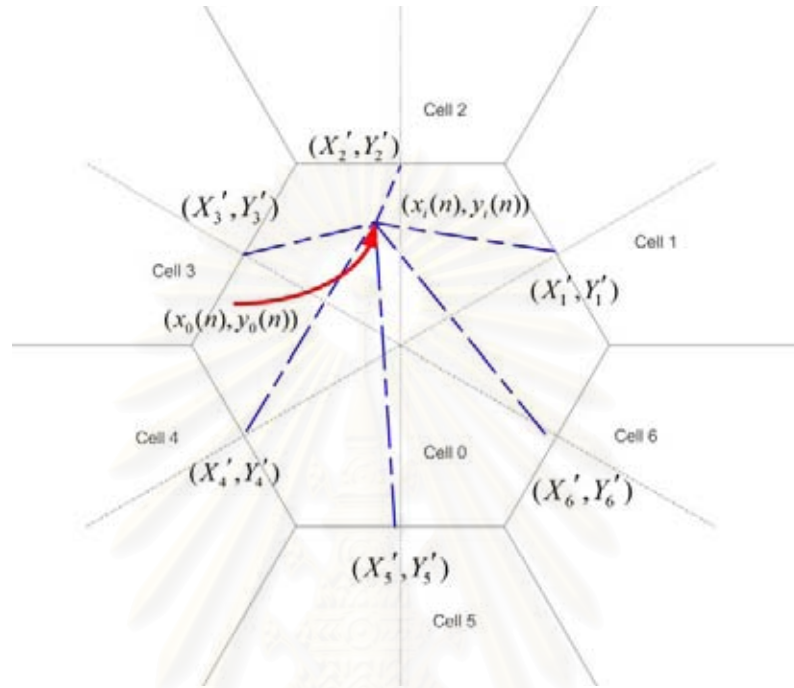
ถ้า  $d_i > d_r$  แล้วโฮสต์เคลื่อนที่จะอัปเดตข้อมูลตำแหน่ง โดยที่  $d_r$  แทนขีดจำกัดระยะทางที่ตั้งไว้โดยที่ค่าขีดจำกัดนี้สามารถปรับได้เองตามสภาพภูมิศาสตร์ของพื้นที่ สภาพการเคลื่อนที่และแพทเทิร์นของการเรียกและเมื่อโฮสต์เคลื่อนที่แฮนด์ออฟเข้าสู่เซลล์ใหม่จะทำการเปลี่ยนตัวระบุหมายเลขของเซลล์ (Cell identifier) จากนั้นสถานีฐานจะทำการแพร่สัญญาณเพื่ออัปเดตตำแหน่งใหม่ ซึ่งวิธีนี้โฮสต์เคลื่อนที่ไม่จำเป็นต้องรู้โทโพโลยีของโครงข่ายไร้สาย แสดงดังรูปที่ 3.1 โดยที่  $\alpha_i$  แทน เซกเตอร์  $60^\circ$  ของด้านแต่ละด้านของที่ติดต่อกับเซลล์เพื่อนบ้านที่  $i$  แต่ในการจำลองแบบภายใต้สมมติฐานที่ว่าในระบบเซลล์ลู่ลาร์เราจะทราบระยะทางระหว่างโฮสต์เคลื่อนที่และสถานีฐานของเซลล์ โดยอาศัย ตัวบ่งชี้ความแรงของสัญญาณภาครับ (Received signal strength indication) ซึ่งวัดค่าเป็นหน่วยเดซิเบล ซึ่งตัวบ่งชี้นี้ถูกโมเดลจากผลรวมของสองเทอมเทอมแรกคือการสูญเสียเชิงวิถี (Path loss) และเทอมที่สองคือ ซาโดว์ เฟดดิ้ง (Shadow fading,  $\xi_i$ ) โดยสุ่มความแรงของสัญญาณของภาครับจากเซลล์ที่  $i$  (Received signal strength,  $p_i$ ) เพื่อนำไปประมาณตำแหน่งของผู้ใช้บริการและระยะทางระหว่างผู้ให้บริการกับสถานีฐานของเซลล์จากสมการที่ (3.1) (3.2) โดยที่  $p_{oi}$  แทนกำลังงานภาคส่งของสถานีฐาน (Base station transmission power) ซึ่งในการจำลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 20 เดซิเบล ในเซลล์ที่  $i$  และ  $r$  แทนตัวชี้ความชัน (Slope index) โดยที่  $r = 4$  สำหรับกรณีเซลล์ขนาดเล็กภายในเขตเมืองและ  $r = 2$  กรณีเขตนอกเมือง โดยผลกระทบของซาโดว์ เฟดดิ้งมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation of lognormal shadowing) เท่ากับ 2 เดซิเบล [6] ซึ่งเป็นไปตามสมการที่ 3.3

$$p_i = p_{oi} - 10r \log d_i + \xi_i \quad (3.3)$$



รูปที่ 3.1 ระบบพิกัดของเซลล์ที่ใช้ในการจำลองแบบ

ค่า  $d_i$  ที่คำนวณได้จะถูกใช้ประมาณเวลาของการเปลี่ยนเซลล์จากเซลล์ปัจจุบันไปยังเซลล์เพื่อนบ้านทั้งหก โดยนำมาเทียบกับพิกัดอ้างอิง  $(X'_i, Y'_i)$  เมื่อ  $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$  ของเซลล์เพื่อนบ้านแต่ละเซลล์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 พิกัดอ้างอิงเปรียบเทียบเพื่อใช้ประมาณเวลาของการเปลี่ยนเซลล์

จุดประสงค์ที่เลือกใช้ระบบพิกัดเซลล์ จุดประสงค์ที่หนึ่ง คือ ความเป็นอิสระจากสภาพภูมิศาสตร์ของพื้นที่และโทโพโลยีของโครงข่ายไร้สาย จุดประสงค์ที่สอง คือ ความง่ายในการนำไปใช้งานเนื่องจากในระบบเซลล์ลู่ลาร์ไร้สายนั้นความแรงของสัญญาณของภาครับจากเซลล์นั้นเป็นข่าวสารที่มีอยู่แล้วจึงไม่เป็นการเพิ่มโหลดทางสัญญาณของระบบ อีกทั้งวิทยานิพนธ์ไม่อยู่บนสมมติฐานที่ไม่สามารถทำนายตำแหน่งของความถี่ของไฮสปีดเคลื่อนที่ที่มีลักษณะของการแฮนด์ออฟฟ์ได้ถูกต้อง

### 3.2 การสร้างกลุ่มทางเวลาของไฮสปีดเคลื่อนที่ [3]

เนื่องจากผลของสภาพแวดล้อมภายในเซลล์และสภาพการเคลื่อนที่ของไฮสปีดเคลื่อนที่ทำให้เวลาของการเปลี่ยนเซลล์โดยประมาณที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีการประมาณตำแหน่งของไฮสปีดเคลื่อนที่ มีความคลาดเคลื่อนอยู่พอสมควร อันจะส่งผลต่อกรณีที่มีการสำรองแบนด์วิดท์ใน

เซลล์เพื่อนบ้านสำหรับโฮสต์เคลื่อนที่ไปแล้ว โฮสต์เคลื่อนที่ไม่แฮนด์ออฟที่เวลาของการเปลี่ยนเซลล์โดยประมาณที่โฮสต์เคลื่อนที่ระบุไว้ มีผลทำให้การใช้ประโยชน์จากแบนด์วิดท์ในเซลล์เพื่อนบ้านมีประสิทธิภาพต่ำลงหรือกรณีที่มีการแฮนด์ออฟไปก่อนเวลาของการเปลี่ยนเซลล์โดยประมาณที่โฮสต์เคลื่อนที่ระบุไว้ ความน่าจะเป็นที่การแฮนด์ออฟนั้นจะถูกดรอปก็จะเป็นมากขึ้น

ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงเสนอวิธีการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้ (Adaptive bandwidth reservation) สำหรับรองรับลักษณะการทำงานที่ไม่เหมาะสมดังกล่าว โดยอิงกับวิธีการที่ถูกเสนอใน [1] ร่วมกับกลยุทธ์การอัปเดตข้อมูลตำแหน่งชนิดโดเมน Spatial แบบอิงระยะทาง เป็นโครงสร้างหลักในการพัฒนาต่อโดยเพิ่มเติมกระบวนการที่เรียกว่า การสร้างกลุ่มทางเวลา (Time section grouping) ซึ่งกระบวนการทำงานมีดังนี้

สถานีฐานแต่ละสถานีจะได้รับการร้องขอการสำรองแบนด์วิดท์จากสถานีฐานของเซลล์เพื่อนบ้านของมันเอง ในสถานีฐานของเซลล์ที่  $j$  นั้นจะได้รับข่าวสารประกอบที่ด้วย  $T_{x,i,j}^A(t), T_{x,i,j}^S(t), P_{x,i,j}(t)$  และ  $BW_x$  จากสถานีฐานของเซลล์ที่  $i$  โดยที่

$T_{x,i,j}^A(t)$  แทนเวลาของการเปลี่ยนเซลล์โดยประมาณของโฮสต์เคลื่อนที่ที่  $x$  ที่กำลังเคลื่อนที่จากเซลล์ปัจจุบันที่  $i$  ไปเซลล์เพื่อนบ้านที่  $j$  ที่เวลา  $t$  ใดๆ ซึ่งจะประมาณมาจากสมการที่ (3.1) (3.2) และ (3.3)

$T_{x,i,j}^S(t)$  แทนระยะเวลาการอยู่ภายในเซลล์ที่  $j$  โดยประมาณ เมื่อโฮสต์เคลื่อนที่ที่  $x$  เคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์เพื่อนบ้านที่  $j$  ที่เวลา  $t$  ใดๆ

$P_{x,i,j}(t)$  แทนความน่าจะเป็นที่โฮสต์เคลื่อนที่ที่  $x$  เคลื่อนที่จากเซลล์ที่  $i$  ไปเซลล์เพื่อนบ้านที่  $j$  ที่เวลา  $t$  ใดๆ คำนวณได้จากสมการที่ (3.5)

$BW_x$  แทนปริมาณแบนด์วิดท์ที่ต้องการของโฮสต์เคลื่อนที่  $x$

$T_{g,j}^{GA}(t)$  แทนเวลาของการเปลี่ยนเซลล์โดยประมาณของกลุ่มที่  $g$  ในเซลล์ที่  $j$  ที่เวลา  $t$  ใดๆ

$T_{g,j}^{GS}(t)$  แทนระยะเวลาการอยู่ในเซลล์โดยประมาณของกลุ่มที่  $g$  ในเซลล์ที่  $j$  ที่เวลา  $t$  ใดๆ

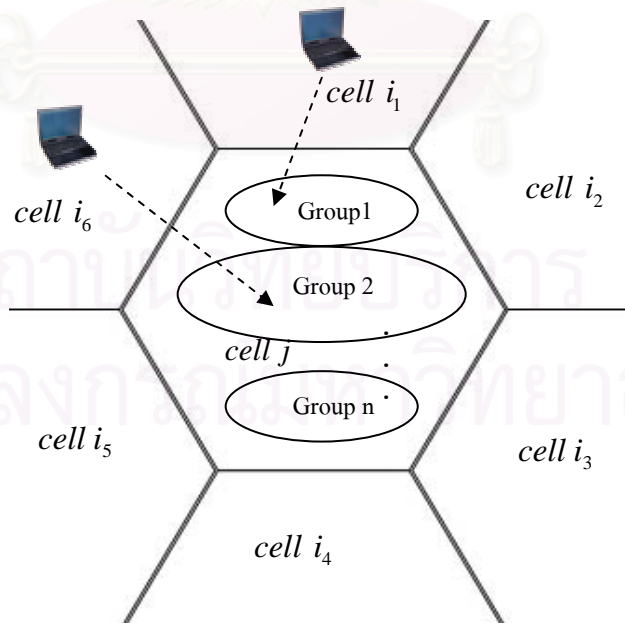
$P_{g,j}(t)$  คือผลรวมความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟของโฮสต์เคลื่อนที่ที่เป็นสมาชิกของกลุ่มที่  $g$  ในเซลล์ที่  $j$

$BW_{g,j}(t)$  คือปริมาณแบนด์วิดท์รวมของโฮสต์เคลื่อนที่ที่เป็นสมาชิกของกลุ่มที่  $g$  ในเซลล์ที่  $j$

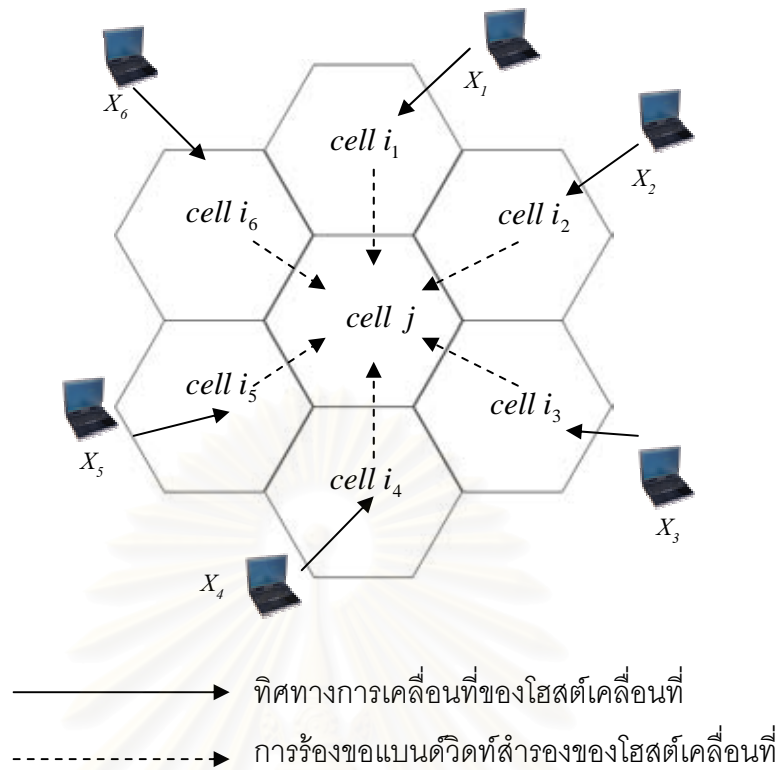
$$P_{g,j}(t) = \sum_{x \in g} P_{x,i,j}(t) \quad \text{โดยที่ } P_{g,j}(t) \leq 1 \quad (3.6)$$

$$BW_{g,j} = \sum_{x \in g} BW_x \quad \text{โดยที่ } BW_{g,j}(t) \leq BW_j^{total}(t) \quad (3.7)$$

สถานะพื้นฐานของเซลล์ที่  $j$  จะเปรียบเทียบกับ  $T_{g,j}^{GA}(t)$  และ  $T_{g,j}^{GS}(t)$  กับ  $T_{x,i,j}^A(t)$  และ  $T_{x,i,j}^S(t)$  เพื่อตัดสินใจว่ากลุ่มของโฮสต์เคลื่อนที่ที่  $x$  ควรจะอยู่กลุ่มใด โดยให้  $a$  แทนช่วงเวลาของกลุ่ม  $g$  จาก  $T_{g,j}^{GA}(t)$  ไป  $T_{g,j}^{GA}(t) + T_{g,j}^{GS}(t)$  และ  $b$  แทนช่วงเวลาการมาถึงของการร้องขอการสำรองที่เวลา  $T_{x,i,j}^A(t)$  ถึง  $T_{x,i,j}^A(t) + T_{x,i,j}^S(t)$  ของโฮสต์เคลื่อนที่ที่  $x$  ถ้า  $a$  และ  $b$  มีค่าทับซ้อนซึ่งกันและกันโฮสต์เคลื่อนที่ที่  $x$  จะได้รับเลือกเข้ากลุ่ม  $g$  ถ้าหากช่วงเวลา  $a$  และ  $b$  ไม่ซ้อนทับกันสถานะพื้นฐานของเซลล์ที่  $j$  จะสร้างกลุ่มทางเวลากลุ่มใหม่สำหรับโฮสต์เคลื่อนที่ที่  $x$  การที่โฮสต์เคลื่อนที่ใดๆ จะได้รับการตอบรับเข้ากลุ่ม สถานะพื้นฐานจะตรวจสอบการร้องขอการสำรองนั้นๆ โดยใช้เงื่อนไข  $P_{g,j}(t) \leq 1$  และ  $BW_{g,j}(t) \leq BW_j^{total}(t)$  ถ้าเงื่อนไขเป็นจริงถือว่าโฮสต์เคลื่อนที่นั้นได้เข้าเป็นสมาชิกของกลุ่มที่สำรองแบนด์วิดท์สำเร็จ ค่า  $P_{g,j}(t)$  และ  $BW_{g,j}(t)$  จะเป็นไปตามสมการที่ (3.6) และ (3.7) ถ้าหากการทับซ้อนของช่วงเวลาของโฮสต์เคลื่อนที่  $x$  ทับซ้อนมากกว่าหนึ่งกลุ่ม โฮสต์เคลื่อนที่  $x$  จะเลือกเข้าเป็นสมาชิกกับกลุ่มทางเวลาที่ตนเองมีส่วนของช่วงเวลาซ้อนทับที่มากกว่า รูปที่ 3.3 แสดงแนวคิดของการรวมกลุ่มทางเวลาและรูปที่ 3.4 เป็นตัวอย่างของขั้นตอนการสำรองแบนด์วิดท์เมื่อโฮสต์เคลื่อนที่แฮนด์ออฟไปยังเซลล์ใหม่สำเร็จ สถานะพื้นฐานของเซลล์ใหม่ส่งการร้องขอการสำรองแบนด์วิดท์ไปยังเซลล์เพื่อนบ้านของเซลล์ใหม่โดยในที่นี้เลือกแสดงเฉพาะเซลล์ที่  $j$



รูปที่ 3.3 แนวคิดการรวมกลุ่มทางเวลา (Time Section Grouping Concept)



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างของกระบวนการสำรองแบนด์วิดท์จากเซลล์เพื่อนบ้านโดยเลือกแสดงเฉพาะเซลล์ที่  $j$

อิงขั้นตอนที่กล่าวมาแล้วสมมติให้ปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดในเซลล์ที่  $j$   $BW_j^{total} = 30$  Mbps จากนั้นเซลล์ที่  $j$  ได้รับการร้องขอการสำรองจากโฮสต์เคลื่อนที่ที่  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$  ตามลำดับ

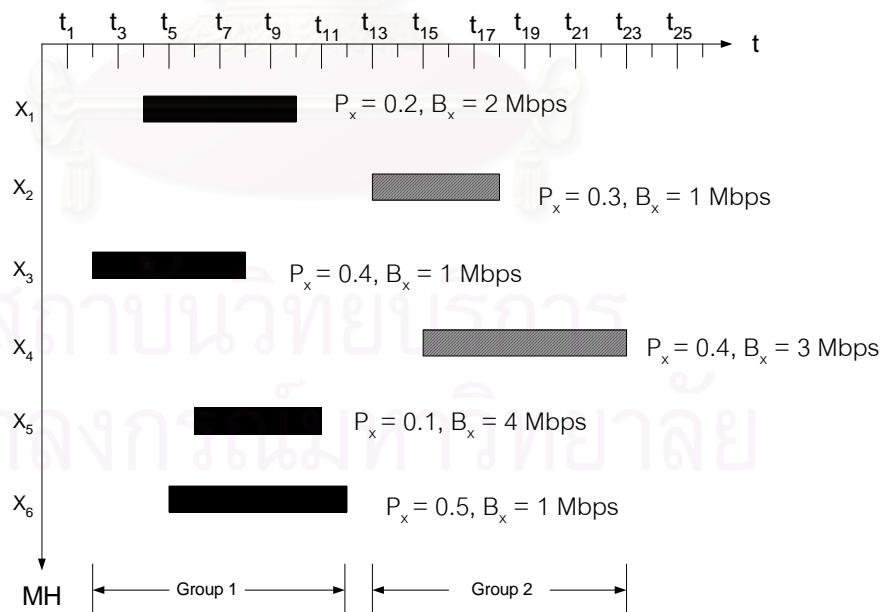
จากตัวอย่างที่สมมติขึ้นมาในรูปที่ 3.5 เพื่อใช้ในการอธิบาย เราสามารถสร้างกลุ่มทางเวลาของโฮสต์เคลื่อนที่ได้สองกลุ่ม โดยขณะเริ่มพิจารณาไม่มีกลุ่มทางเวลาของโฮสต์เคลื่อนที่ใดๆ อยู่ในเซลล์ เมื่อเซลล์ที่  $j$  ได้รับการร้องขอการสำรองจากโฮสต์เคลื่อนที่  $x_1$  กลุ่มทางเวลาของโฮสต์เคลื่อนที่จะถูกสร้างขึ้นเรียกว่ากลุ่มที่หนึ่ง โดยที่เวลา  $T_{g1,j}^{GA}(t)$  ของกลุ่มมีค่าเท่ากับ  $t_4$  และ  $T_{g1,j}^{GA}(t) + T_{g1,j}^{GS}(t)$  เท่ากับ  $t_{10}$  โดยที่  $P_{g1,j}(t)$  เท่ากับ 0.2 และ  $BW_{g1,j}$  เท่ากับ 2 Mbps ต่อมาเซลล์ที่  $j$  ได้รับการร้องขอสำรองจากโฮสต์เคลื่อนที่  $x_2$  แต่เนื่องจากช่วงเวลาจาก  $T_{g1,j}^{GA}(t)$  ถึง  $T_{g1,j}^{GA}(t) + T_{g1,j}^{GS}(t)$  ของโฮสต์เคลื่อนที่  $x_1$  กับช่วงเวลาจาก  $T_{x2,i2,j}^A(t)$  ถึง  $T_{x2,i2,j}^A(t) + T_{x2,i2,j}^S(t)$  ไม่เกิดการซ้อนทับซึ่งกันและกันทางเวลาขึ้น

ดังนั้นเซลล์ที่  $j$  จึงสร้างกลุ่มทางเวลาใหม่ขึ้นเรียกว่ากลุ่มที่สอง โดยที่เวลาของ  $T_{g2,j}^{GA}(t)$  กลุ่มที่สองเท่ากับ  $t_{13}$  และ  $T_{g2,j}^{GA}(t) + T_{g2,j}^{GS}(t)$  เท่ากับ  $t_{18}$  หลังจากนั้นเมื่อโฮสต์เคลื่อนที่  $x_3$  ส่งการร้องขอการสำรองแบนด์วิดท์มายังเซลล์ที่  $j$  จากนั้นเซลล์ที่  $j$  จะตรวจสอบค่า  $T_{x3,i3,j}^A(t)$  และ



$T_{x_3,i_3,j}^A(t) + T_{x_3,i_3,j}^S(t)$  ว่ามีช่วงเวลาทับซ้อนกับกลุ่มใดซึ่งในตัวอย่างนี้มีค่าทับซ้อนกับกลุ่มที่หนึ่ง จากนั้นทำการตรวจสอบเงื่อนไขตามสมการที่ (3.6) และ (3.7) ถ้าเงื่อนไขเป็นจริงโฮสต์เคลื่อนที่  $x_3$  จะถูกจัดเข้าเป็นสมาชิกของกลุ่มที่หนึ่ง โดยที่  $P_{g_1,j}(t)$  ใหม่เท่ากับ 0.6 และ  $BW_{g_1,j}$  ใหม่มีค่าเท่ากับ 3 Mbps ต่อมาเซลล์ที่  $j$  ได้รับการร้องขอการสำรองจากโฮสต์เคลื่อนที่  $x_4$  ด้วยค่า  $T_{x_4,i_4,j}^A(t)$  เท่ากับ  $t_{15}$  และค่า  $T_{x_4,i_4,j}^A(t) + T_{x_4,i_4,j}^S(t)$  เท่ากับ  $t_{23}$  ซึ่งมีค่าทับซ้อนกับค่า  $T_{g_2,j}^{GA}(t)$  ถึง  $T_{g_2,j}^{GA}(t) + T_{g_2,j}^{GS}(t)$  ของกลุ่มที่สอง เพราะฉะนั้นโฮสต์เคลื่อนที่  $x_4$  ถูกจัดเข้าเป็นสมาชิกในกลุ่มที่สอง โดยที่  $P_{g_2,j}(t)$  ใหม่เท่ากับ 0.7 และ  $BW_{g_2,j}$  ใหม่เท่ากับ 4 Mbps จากนั้นเซลล์ที่  $j$  ได้รับการร้องขอการสำรองแบนด์วิดท์จากโฮสต์เคลื่อนที่  $x_5$  และ  $x_6$  ด้วยขั้นตอนแบบเดียวกัน โฮสต์เคลื่อนที่  $x_5$  ได้เข้ากลุ่มที่หนึ่งสำเร็จด้วย  $P_{g_1,j}(t)$  ใหม่เท่ากับ 0.7 และ  $BW_{g_1,j}$  ใหม่เท่ากับ 7 Mbps แต่โฮสต์เคลื่อนที่  $x_6$  ไม่ได้รับการจัดเข้าเป็นสมาชิกในกลุ่มที่หนึ่งเพราะ  $P_{g_1,j}(t) > 1$

เพราะฉะนั้นระยะเวลาการอยู่โดยประมาณของกลุ่มที่หนึ่งซึ่งประกอบด้วยโฮสต์เคลื่อนที่  $x_1, x_3, x_5$  คือ  $t_2$  ถึง  $t_{11}$  และระยะเวลาการอยู่โดยประมาณของกลุ่มที่สองซึ่งประกอบด้วยโฮสต์เคลื่อนที่  $x_2, x_4$  คือ  $t_{13}$  ถึง  $t_{23}$  หากว่ากลุ่มใดไม่มีสมาชิกในกลุ่มกลุ่มนั้นจะถูกลบออกไปและเนื่องจากโฮสต์เคลื่อนที่ที่มีการเข้าและออกจากกลุ่มตลอดเวลา ดังนั้นระยะเวลาการอยู่โดยประมาณก็ต้องปรับค่าตาม

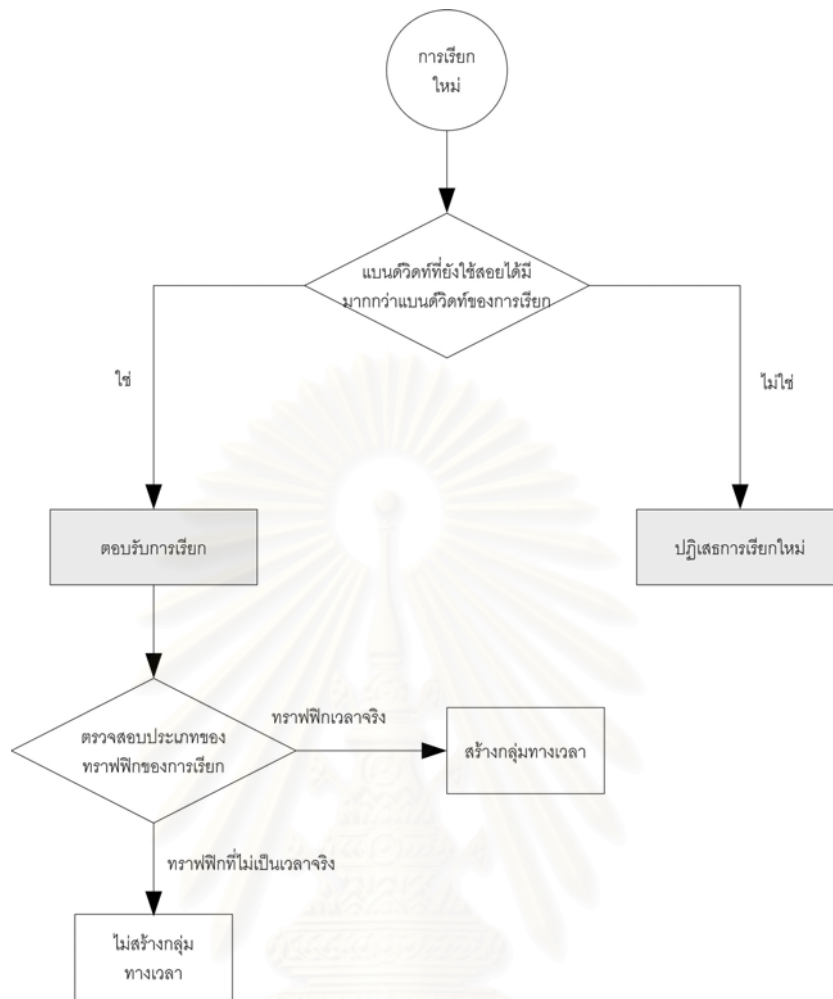


รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการจัดกลุ่มทางเวลาของการร้องขอการสำรองแบนด์วิดท์ในเซลล์ที่  $j$

### 3.3 แบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอ

แบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ออกแบบขึ้นเพื่อการันตีคุณภาพบริการและรองรับทราฟฟิกมัลติมีเดีย ในหัวข้อนี้จะอธิบายกระบวนการทำงานของแบบแผนการควบคุมการเรียกที่เสนอสำหรับทราฟฟิกสองประเภท ประเภทแรกคือทราฟฟิกแบบเวลาจริงและประเภทที่สองทราฟฟิกแบบไม่เป็นเวลาจริง ขั้นตอนการตอบรับการเรียกใหม่แสดงดังรูปที่ 3.6 ส่วนควบคุมการตอบรับการเรียกจะเปรียบเทียบกับแบนด์วิดท์ที่ยังใช้สอยได้ (Available bandwidth) ว่ามีเพียงพอจะตอบรับหรือไม่ หากมีแบนด์วิดท์ที่ยังใช้สอยได้เพียงพอ การเรียกนั้นจะถูกตอบรับพร้อมๆ เข้าสู่กระบวนการสร้างกลุ่มทางเวลาเพื่อแบ่งกลุ่มสมาชิกเป็นสมาชิกของกลุ่มทางเวลา จากนั้นจะมีการอัปเดตข้อมูลและส่งสัญญาณขอการสำรวจไปยังกลุ่มเซลล์เพื่อนบ้าน ส่วนในกรณีที่การเรียกเป็นแบบทราฟฟิกเวลาไม่จริง จะมีขั้นตอนเปรียบเทียบกับแบนด์วิดท์ที่ยังใช้สอยได้เช่นเดียวกันขั้นตอนการตอบรับการเรียกใหม่ที่เป็นทราฟฟิกแบบเวลาจริง แต่จะไม่มีกระบวนการสร้างกลุ่มทางเวลาเพื่อสำรวจแบนด์วิดท์ในเซลล์เพื่อนบ้าน

ในรูปที่ 3.7 แสดงขั้นตอนการตอบรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ เมื่อมีการแฮนด์ออฟของการเรียกสถานีฐานของเซลล์เพื่อนบ้านจะทำการตรวจสอบความเป็นสมาชิกของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟนั้นว่าเพื่อขอสิทธิ์ในการเข้าใช้แบนด์วิดท์ที่ถูกสำรองไว้ (Reserved bandwidth) ของกลุ่มทางเวลาที่เกิดจากการแฮนด์ออฟนั้นเป็นสมาชิกอยู่รวมกับแบนด์วิดท์ที่ยังใช้สอยได้ ส่วนกรณีที่มีการเข้าใช้หนาแน่นส่วนการควบคุมการตอบรับการเรียกจะให้ความสำคัญต่อการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟที่เป็นทราฟฟิกเวลาจริงสูงกว่าทราฟฟิกแบบเวลาไม่จริง โดยแต่ละครั้งของการเรียกที่เป็นทราฟฟิกเวลาไม่จริงร้องขอแบนด์วิดท์ที่คุณภาพของบริการมากกว่าความสามารถที่ส่วนควบคุมการตอบรับการเรียกจะตอบรับได้ ส่วนควบคุมการตอบรับการเรียกจะยินยอมให้มีการลดแบนด์วิดท์ที่คุณภาพบริการที่ยอมรับได้ต่ำที่สุด (Lowest acceptable bandwidth) ที่การเรียกนั้นจะสามารถใช้แบนด์วิดท์ที่ยังใช้สอยได้ขณะเวลานั้น ดังนั้นการปฏิเสธของการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริงจะเกิดเมื่อที่ระดับคุณภาพบริการต่ำที่สุดของทราฟฟิกประเภทนั้นแล้วแบนด์วิดท์ที่ยังใช้สอยได้ขณะเวลานั้นยังไม่สามารถเข้าใช้แบนด์วิดท์ที่ยังใช้สอยได้ของระบบได้



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการตอบรับการเรียกใหม่ของส่วนควบคุมการตอบรับการเรียก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถานี่ฐานสามารถปรับสมาชิกในกลุ่มโดยอัตโนมัติเป็นผลให้ปริมาณแบนด์วิดท์สำรองถูกปรับเปลี่ยนตามไปด้วย ปริมาณแบนด์วิดท์ที่สำรองไว้สำหรับกลุ่มของโฮสต์เคลื่อนที่ที่  $g$  ในเซลล์ที่  $j$  สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.8) และ (3.9)

$$\Omega_j(g) = \max\left\{\sum_{s=1}^6 \sum_{k=1}^n P_{x_k, i_s, j}(t) \cdot BW_{x_k}, BW_{x_k, \max}\right\} \quad (3.8)$$

$$BW_{x_k, \max} = \max\{BW_{x_k} \mid P_{x_k, i_s, j} \geq P_\alpha\} \quad (3.9)$$

โดยที่  $P_{x_k, i_s, j}(t)$  แทนความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟของโฮสต์เคลื่อนที่  $x_k$  ที่กำลังแฮนด์ออฟจากเซลล์ที่  $i_s$  ไปเซลล์ที่  $j$  เมื่อ  $x_k$  แทนสมาชิกโฮสต์เคลื่อนที่ในกลุ่มที่  $g$  ซึ่งมีจำนวน  $k=1,2,\dots,n$  และ  $i_s$  แทนกลุ่มของเซลล์เพื่อนบ้านของเซลล์ที่  $j$  เมื่อ  $s=1,2,\dots,6$

- $BW_{x_k}$  แทนปริมาณแบนด์วิดท์ที่โฮสต์เคลื่อนที่  $x_k$  ต้องการ
- $P_\alpha$  แทนระดับความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟที่ตั้งไว้

เมื่อโฮสต์เคลื่อนที่แฮนด์ออฟภายในระยะเวลาการอยู่โดยประมาณ โฮสต์เคลื่อนที่นั้นสามารถใช้แบนด์วิดท์ที่ถูกลำรอง (Reserved bandwidth) ได้ จากตัวอย่างในรูปที่ 3.3 สมมติมีปริมาณแบนด์วิดท์เหลือในเซลล์  $BW_j^{avail} = 1$  Mbps และโฮสต์เคลื่อนที่  $x_1$  เคลื่อนที่จากเซลล์ที่  $j$  ระยะเวลา  $t_2$  ซึ่งก่อนกำหนดของเวลาของการเปลี่ยนเซลล์โดยประมาณของโฮสต์เคลื่อนที่  $x_1$  ที่ระบุเท่ากับ  $t_4$  ในกรณีนี้โฮสต์เคลื่อนที่  $x_1$  จะไม่ได้รับการอนุญาตให้เข้าไปใช้ทรัพยากรของเซลล์ที่  $j$  เพราะปริมาณแบนด์วิดท์ที่ยังใช้สอยได้ ที่มีอยู่ขณะนั้นไม่เพียงพอที่เวลา  $t_2$  และโฮสต์เคลื่อนที่  $x_1$  จะไม่สามารถใช้แบนด์วิดท์ที่ถูกลำรอง (Reserved bandwidth) ได้อีกด้วย แต่เนื่องจากโฮสต์เคลื่อนที่  $x_1$  ได้รับการตอบรับเข้ากลุ่มที่หนึ่งทำให้โฮสต์เคลื่อนที่  $x_1$  ได้รับการสำรองและแฮนด์ออฟสำเร็จเพราะระยะเวลาการอยู่โดยประมาณ ขยายเป็นระยะเวลาการอยู่โดยประมาณของกลุ่มที่หนึ่ง

เนื่องจากวิธีการสร้างกลุ่มทางเวลานั้นสามารถลดการสำรองแบนด์วิดท์โดยเปล่าประโยชน์ และลดความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของโฮสต์เคลื่อนที่แฮนด์ออฟก่อนเวลาของการเปลี่ยนเซลล์โดยประมาณที่แจ้งไว้ สำหรับโฮสต์เคลื่อนที่ที่ไม่ได้รับจัดเข้ากลุ่ม ถ้า  $P_{g,j}(t) > 1$  รูปที่ 3.8 แสดงขั้นตอนการทำงานของสำรองแบนด์วิดท์ในเซลล์ ด้วยวิธีการสร้างกลุ่มทางเวลาชนิดปรับตัวได้ของโฮสต์เคลื่อนที่ (Adaptive Time Section Grouping) โดยอาศัยกระบวนการของส่วนควบคุมการตอบรับที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.3 โดยที่แบนด์วิดท์ที่จัดสรรสำหรับการเรียกมีค่าตามสมการที่ (3.8)



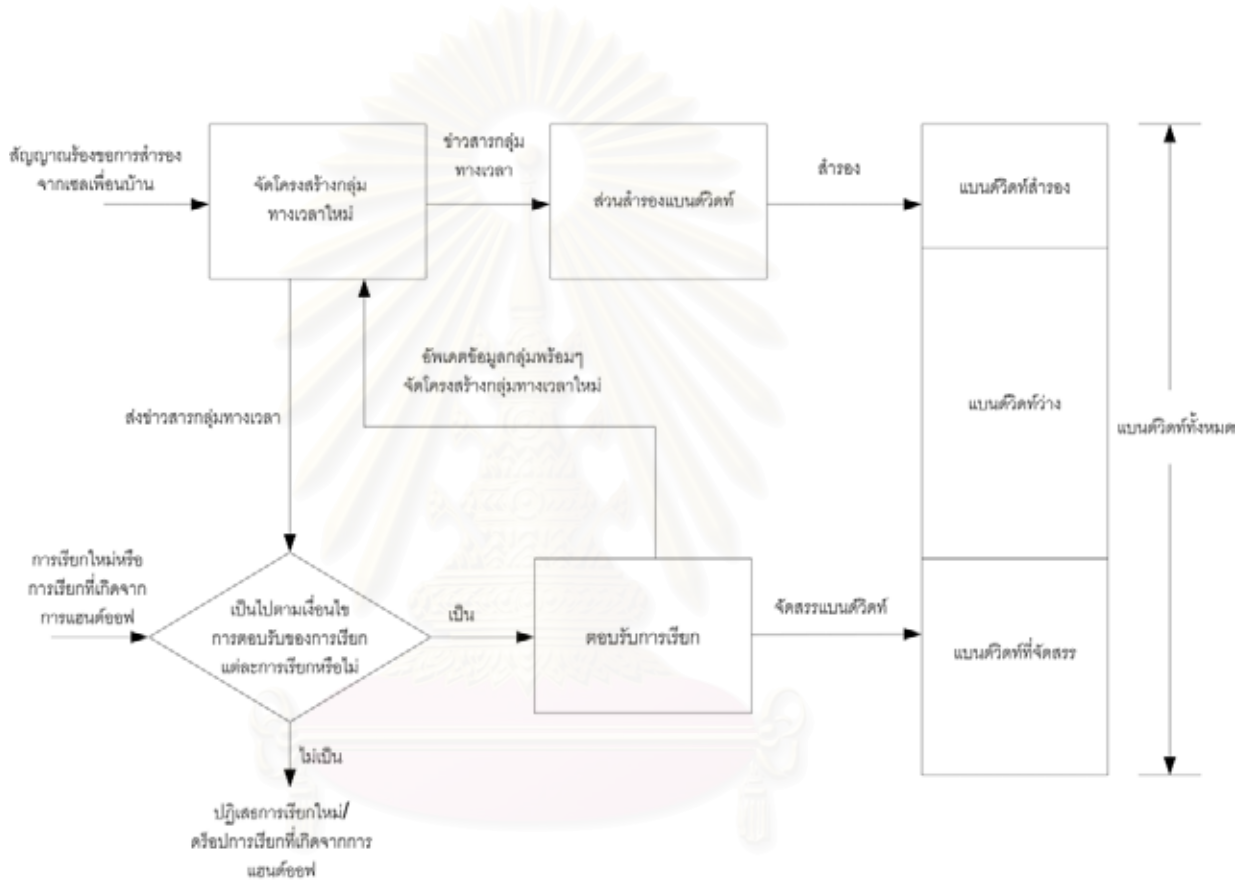
$$BW_j^{alloc} = BW_j^{total} - BW_j^{avail} - BW_j^{resv} \tag{3.10}$$

$BW_j^{total}$  แทนปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดในเซลล์ที่  $j$

$BW_j^{avail}$  แทนปริมาณแบนด์วิดท์ที่ยังใช้สอยได้ในเซลล์ที่  $j$

$BW_j^{resv}$  แทนปริมาณแบนด์วิดท์ที่ถูกสำรองในเซลล์ที่  $j$

$BW_j^{alloc}$  แทนปริมาณแบนด์วิดท์ที่ถูกจัดสรรในเซลล์ที่  $j$



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการทำงานของ การสำรองแบนด์วิดท์ในเซลล์

## บทที่ 4

### ผลการจำลองแบบและการวิเคราะห์ผล

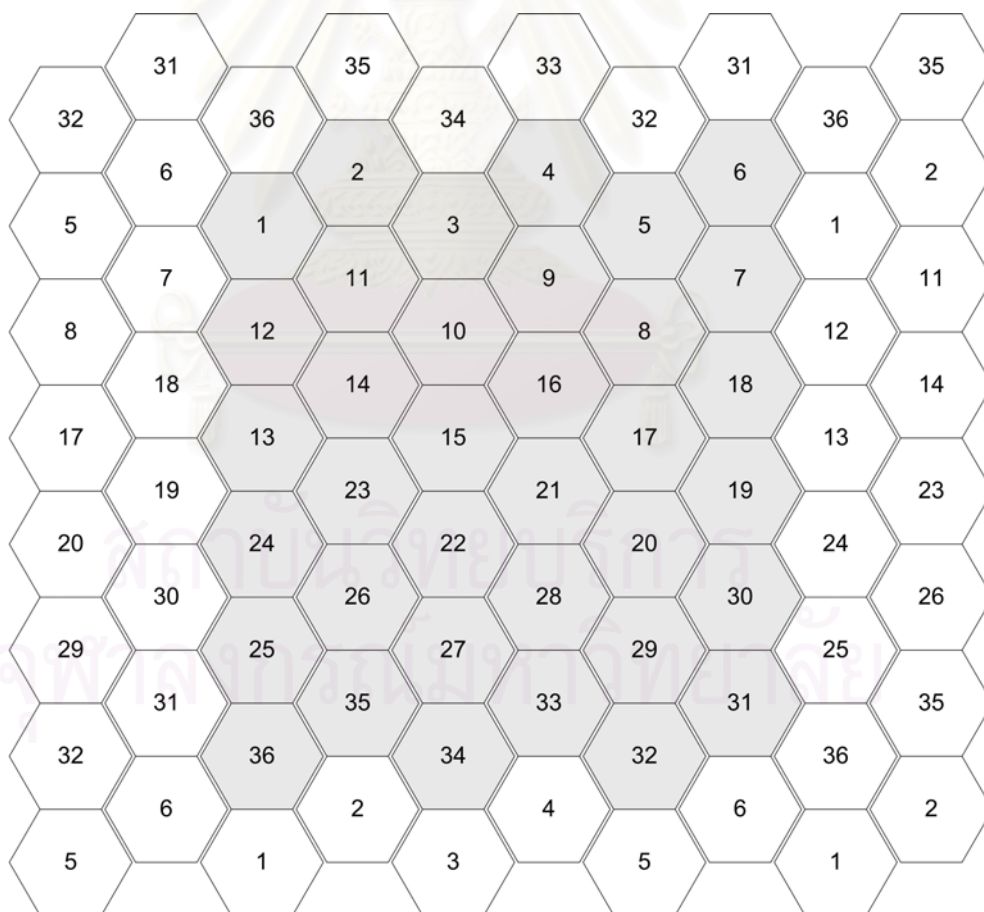
ในบทนี้อธิบายการจำลองแบบ เพื่อหาสมรรถนะระบบของแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ ชนิดปรับตัวและแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ที่นำเสนอ ค่าสมรรถนะที่ใช้ในการเปรียบเทียบ คือ ค่าความน่าจะเป็นของการรื้ออุปกรณ์ที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ ค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ ค่าการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ และค่าเปอร์เซ็นต์ของความสำเร็จของการใช้ของแบนด์วิดท์สำรองที่ถูกสำรองไว้แล้ว โดยเทียบกับค่าเฉลี่ยของอัตราการมาถึงของการเรียกใหม่ (Mean call arrival rate) พร้อมทั้งวิเคราะห์และสรุปผลในการจำลองแบบแต่ละชนิด

#### 4.1 สมมติฐานในการจำลองแบบ

แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่มีการเสนอไว้แล้วใช้เวลาที่อยู่ในเซลล์ปัจจุบัน หรืออีกความหมายก็คือเวลาในการเปลี่ยนเซลล์ ในการกำหนดค่าเฉลี่ยซึ่งโดยมากจะน้อยกว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาของการใช้บริการเพื่อจุดประสงค์ให้ผู้ใช้บริการในระบบเซลล์ผู้ให้บริการไร้สายมีการแฮนด์ออฟข้ามเซลล์ ซึ่งในแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวถูกออกแบบบนสมมติฐานที่ว่า ผู้ใช้บริการมีอัตราการเคลื่อนที่สูงดังนั้นจึงต้องมีการสำรองแบนด์วิดท์ให้กับเซลล์เพื่อนบ้านไว้ทั้งหกเซลล์ ซึ่งกระบวนการเช่นนี้เป็นภาระให้ระดับความสำคัญต่อการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟสูงกว่า การเรียกใหม่ ดังนั้นขั้นตอนการสำรองแบนด์วิดท์จะเกิดขึ้นตั้งแต่มีการเรียกใหม่เกิดขึ้นในเซลล์ใดๆ จากนั้นสถานะพื้นฐานของเซลล์ที่ผู้ใช้บริการทำการเรียกจะส่งสัญญาณแจ้งไปยังเซลล์เพื่อนบ้านที่ล้อมรอบ เมื่อพิจารณาสมมติฐานที่แตกต่างกันไป เช่น ในความเป็นจริงเราไม่ทราบว่าผู้ใช้บริการเคลื่อนที่ในลักษณะเช่นใด บนสมมติฐานที่ระบบสามารถประมาณตำแหน่งของอุปกรณ์เคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการจากกำลังส่งระหว่างสถานะพื้นฐานและอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้ ระบบจะสามารถประมาณเวลาในการเปลี่ยนเซลล์ได้จากตำแหน่งของอุปกรณ์เคลื่อนที่กับจุดอ้างอิงที่ระบบทราบตำแหน่งที่แน่นอน

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทดสอบแบบแผนการจัดสรรทรัพยากรชนิดปรับตัวได้ในโครงข่ายเซลล์ผู้ให้บริการไร้สายที่เสนอด้วยโปรแกรมการจำลองสถานการณ์แบบเวลาวิฤต (Discrete-time simulation) เพื่อวิเคราะห์สมรรถนะต่าง ๆ ด้วยโปรแกรมแมทแล็บ (MATLAB) ที่สมมติฐานในการจำลองแบบเป็นดังนี้

1. พื้นที่ในการจำลองแบบที่ใช้ประกอบด้วยเซลล์วิทยุรูปร่างหกเหลี่ยมจำนวน 36 เซลล์ซึ่งการจัดเรียงตัวดังรูปที่ 4.1 กำหนดให้รัศมีของเซลล์แต่ละเซลล์มีค่าเท่ากับ 500 เมตร โดยวิธีการวิเคราะห์โครงข่ายเซลล์ularไร้สายมีการจัดเรียงกลุ่มเซลล์เป็นแบบ wrap around [13] ซึ่งมีเพื่อนบ้านล้อมรอบหกเซลล์ ดังนั้นผู้ใช้สามารถแฮนด์ออฟได้หกทิศทาง โดยสมมติให้ผู้ใช้เข้ามาทางทิศทางตรงข้ามในกรณีที้ออกจากพื้นที่ในการจำลองของระบบที่มี 36 เซลล์ โดยที่เซลล์แต่ละเซลล์มีแบนด์วิดท์ 4 Mbps
2. การขอใช้บริการใหม่มีค่าเฉลี่ยของการเรียกเป็นหน่วยการเรียกต่อเซลล์ต่อวินาที (Call/Cell/Sec) ด้วยความน่าจะเป็นที่จะเกิดการเรียกในเซลล์ทุกๆ เซลล์มีค่าเท่าๆ กัน
3. ความน่าจะเป็นที่จะมีการเรียกเกิดขึ้นในเซลล์แต่ละเซลล์เป็นแบบเสมอภาค (Uniform)



รูปที่ 4.1 การจัดวางเซลล์ของโครงข่ายไร้สายที่ใช้ในการจำลองแบบ

4. ผู้ใช้บริการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ยสามระดับ ระดับที่ 1 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย 0-5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระดับที่ 2 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย 6-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระดับที่ 3 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย 41-90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง [2]
5. ตำแหน่งของผู้ใช้บริการแต่ละผู้ใช้บริการภายในเซลล์ถูกสุ่มขึ้น แบ่งเป็นตำแหน่งจริงของผู้ใช้บริการและตำแหน่งที่ประมาณขึ้นซึ่งคำนวณจากสมการที่ (3.3) โดยให้ค่าของ ซาโดว์ เฟดดิ้ง (Standard deviation of lognormal Shadowing,  $\sigma_\xi$ ) เท่ากับ 5 dB [6] ที่กำลังส่งของสถานีฐาน 20 วัตต์ กำลังขยายของสถานีฐาน 6 dB ซึ่งมุมที่ตำแหน่งของโฮสต์เคลื่อนที่เท่ากับแกนอ้างอิงของสถานีฐานของเซลล์ได้จากการสุ่มขึ้นในช่วง  $(0, 2\pi)$
6. ความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟไปยังเซลล์เพื่อนบ้านในแต่ละเซลล์โดยแยกคิดเป็นสามกรณี คือ กรณีที่หนึ่งมีความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟในทิศทางใดทิศทางหนึ่งเท่ากับ 0.5 อีกห้าทิศทางมีผลรวมเท่ากับ 0.5 กรณีที่สองมีความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟในทิศทางใดทิศทางหนึ่งเท่ากับ 0.4 อีกห้าทิศทางมีผลของความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟรวมเท่ากับ 0.6 กรณีที่สามคิดค่าเฉลี่ยจากการสุ่มค่าโดยฟังก์ชัน rand ในโปรแกรม MATLAB หกค่าเพื่อหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของค่าแต่ละค่าจากนั้นเทียบกับค่าผลรวมโดยค่าที่ได้จากการคำนวณใช้แทนค่าความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟไปในเซลล์เพื่อนบ้านทั้งหกเซลล์
7. ทราฟฟิกที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์แบ่งเป็น 2 แบบ คือ ทราฟฟิกแบบเวลาจริงและทราฟฟิกแบบไม่เป็นเวลาจริง โดยในแต่ละแบบจะถูกแบ่งเป็นอีก 2 ชนิดตามการประยุกต์ใช้ คือ การสนทนา วิดีโอ จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) และข้อมูล ซึ่งแต่ละโฮสต์เคลื่อนที่ที่สามารถส่งทราฟฟิกด้วยค่าความน่าจะเป็น 0.7, 0.05, 0.15, 0.1 แสดงดังตารางที่ (4.1)
8. เวลาของการใช้บริการ (Service time) ของการเรียกใหม่มีการแจกแจงเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล [14]
9. เงื่อนไขของการปรับลดการบริโภคทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริงในการจำลองแบบให้ลดลงเป็นขั้นๆ ขั้นละ 32 kbps จนถึงค่าแบนด์วิดท์ต่ำที่สุดของการเรียกทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริงจะที่ตอบรับได้
10. การวิเคราะห์สมรรถนะของระบบแสดงในรูป ค่าความน่าจะเป็นของการดริอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ ค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ ค่าการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ ซึ่งค่าทั้งสามคำนวณได้จากสมการ (4.1) (4.2) (4.3)

และค่าเปอร์เซ็นต์ของความล้มเหลวของการใช้ของแบนด์วิดท์สำรองที่ถูกสำรองไว้แล้ว

$$CDP = \frac{\text{The number of dropping call}}{\text{The number of total handoff call}} \quad (4.1)$$

$$CBP = \frac{\text{The number of blocking new call}}{\text{The number of total new call}} \quad (4.2)$$

$$BU = \frac{\sum_{\text{for each time slot}} \Phi}{\text{the number of simulation time slots}} \quad (4.3)$$

เมื่อ  $\Phi$  คือ อัตราผลรวมของแบนด์วิดท์ที่ถูกใช้ในแต่ละเซลล์ของแต่ละเวลาสล็อตต่อค่าแบนด์วิดท์ทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบที่ทดสอบ

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงคุณสมบัติของกราฟฟิกแต่ละประเภท  
และค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแบบ

Traffic Class	Class I		Class II	
	1	2	3	4
Application				
Mean Bandwidth Require			-	-
Minimum Bandwidth Require	32 kbps	256 kbps	32 kbps	32 kbps
Maximum Bandwidth Require			256 kbps	512 kbps
Mean service time (sec)	180	300	180	120
Slope index []	4			
Probability of each application	0.7	0.05	0.15	0.1

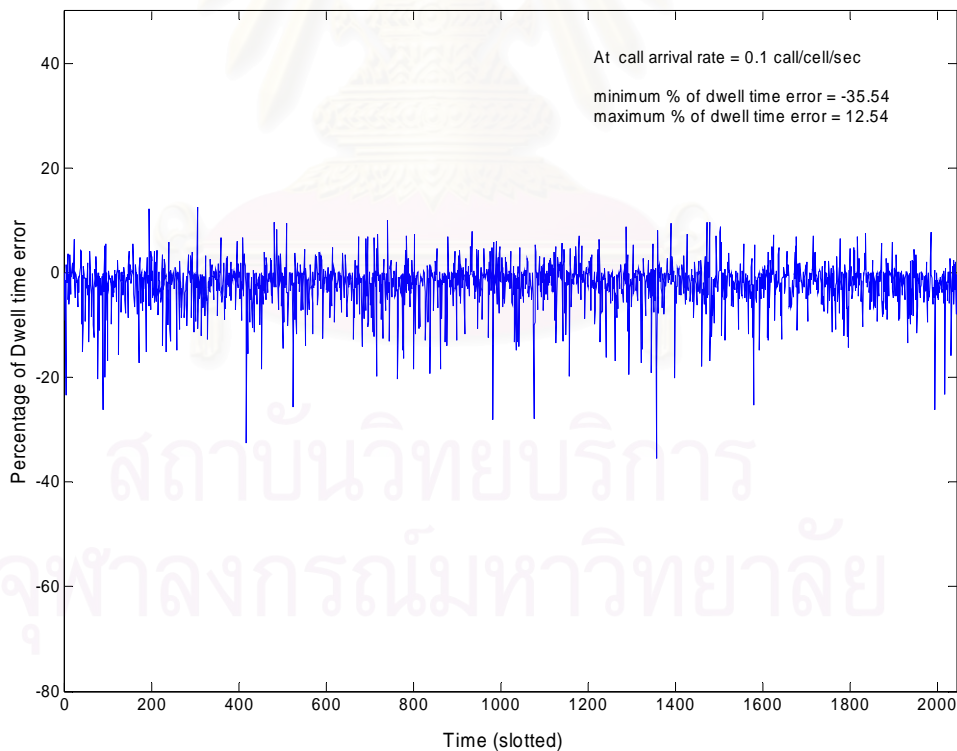
#### 4.2 ผลของการเปรียบเทียบกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่มีการเสนอไว้แล้วกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ที่เสนอ

ในวิทยานิพนธ์นี้จะทำการเปรียบเทียบสมรรถนะของส่วนการตอบรับการเรียกระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวและแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ที่เสนอบนระบบการพิกัดของเซลล์ในหัวข้อที่ (3.1) ในแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวเมื่อมีการเรียกเกิดขึ้นจะสำรองแบนด์วิดท์ไว้สำหรับเซลล์เพื่อนบ้านแต่ละเซลล์ทันทีเมื่อการเรียกถูกตอบรับ สำหรับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดอิงสภาพการเคลื่อนที่แบบพยากรณ์ได้ ค่าเวลาของการเปลี่ยนเซลล์โดยประมาณของโฮสต์เคลื่อนที่จะถูกคำนวณ จากตำแหน่งปัจจุบันเพื่อใช้สำรองแบนด์วิดท์ใน

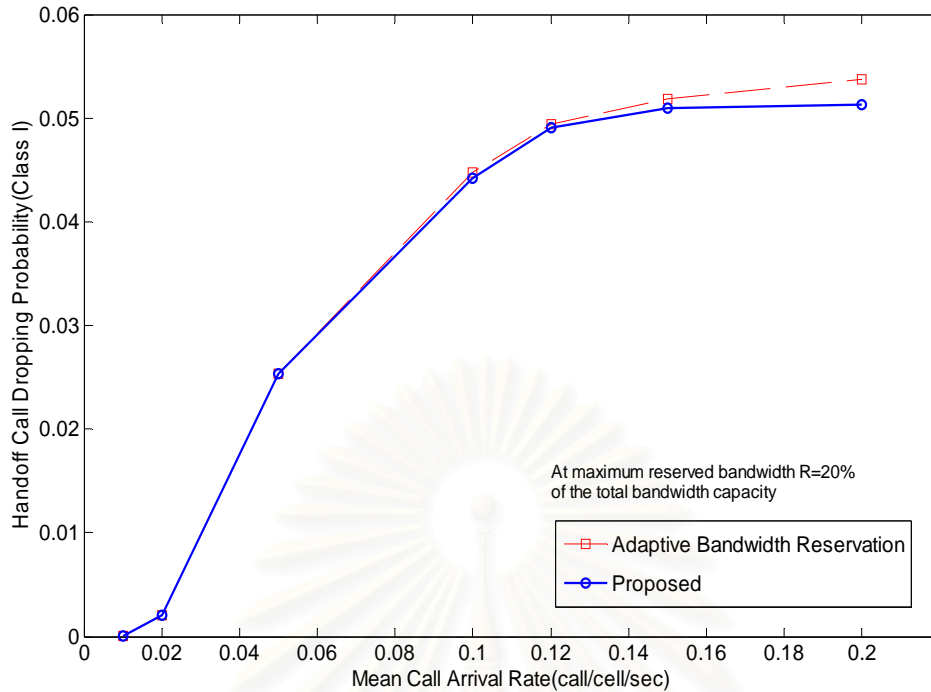


ช่วงเวลาดังกล่าว ส่วนแบบแผนที่เสนอจะมีกระบวนการเหมือนแบบแผนการสำรวจแบนด์วิดท์ ชนิดออสซิลเลชันที่ แต่มีขั้นตอนการรวมกลุ่มทางเวลาเพิ่มเข้ามา โดยที่ผลการทดลองที่ได้ ในแต่ละการจำลองได้จากการหาค่าเฉลี่ยของการทดลองจำนวน 30 ครั้ง โดยเริ่มเก็บผลทดลองที่ ช่วงเวลาที่ 100 เป็นต้นไป ของการใส่ค่าอัตราการมาถึงเฉลี่ย (Mean call arrival rate) ของการเรียก ต่อเซลล์ต่อวินาทีในการจำลองแบบ โดยให้ระดับคุณภาพของบริการแก่โทรศัพท์ประเภทที่หนึ่งสูงกว่าโทรศัพท์ประเภทที่สองด้วยความสามารถในการสำรวจแบนด์วิดท์ในเซลล์เพื่อนบ้านของเซลล์ที่มีการเรียกเกิดขึ้น

จากรูป 4.2 จะทำการเก็บค่าของความผิดพลาดของเวลาที่ใช้ในเซลล์ซึ่งคำนวณจากผลรวม ความผิดพลาดของเวลาประมาณในการเปลี่ยนเซลล์ทั้งทิศทางของโฮสต์เคลื่อนที่ทั้งหมดที่มีอยู่ใน ระบบที่ช่วงเวลาต่างๆ ของเวลาจำลองแบบ โดยคำนวณที่อัตราการเรียกต่อเซลล์ต่อวินาทีที่ 0.1 จุดประสงค์เพื่อตรวจสอบว่าความผิดพลาดมีการแกว่งของค่าเช่นไร ผลของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ ใส่เข้าไปในสมการที่ (3.3) ในหน่วยเดซิเบลทำให้ค่าความผิดพลาดค่อนข้างมาทางลบ ค่าผลรวมความ ผิดพลาดสูงสุดที่เกิดขึ้นในการจำลองแบบมีค่าเฉลี่ย -35.54 %



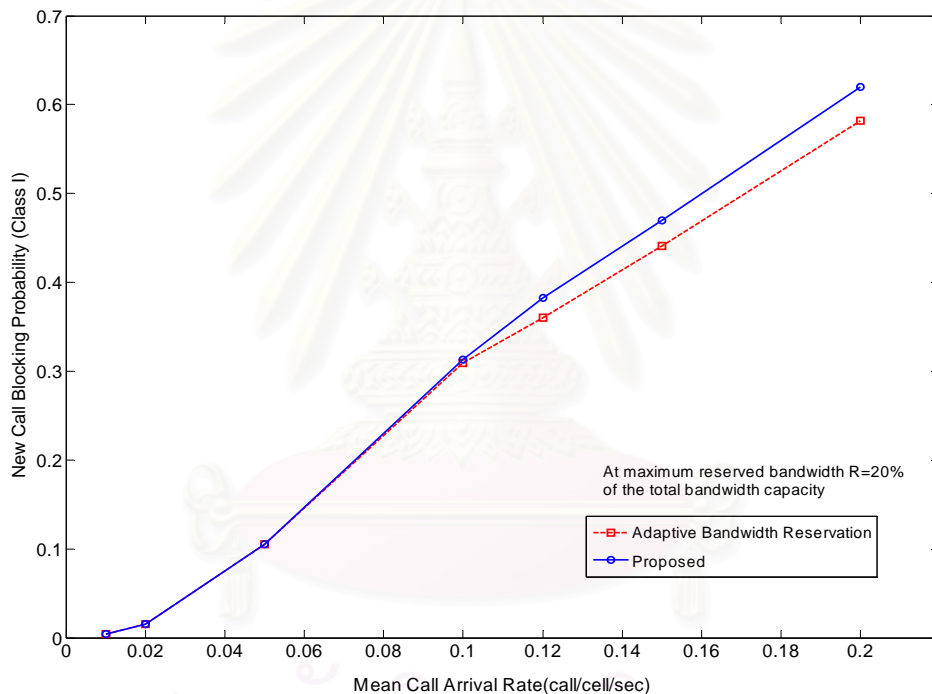
**รูปที่ 4.2** การเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ของความผิดพลาดของเวลาที่ใช้ในเซลล์ของโฮสต์เคลื่อนที่ที่อยู่ในระบบเทียบกับเวลาสล็อตในการจำลองแบบ



**รูปที่ 4.3** เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของกราฟฟิกเวลาจริงระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอ ที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 20 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์

จากรูปที่ 4.3 แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวและแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอในช่วงที่มีอัตราการมาถึงเฉลี่ย (Mean call arrival rate) ของการเรียกเข้าระบบต่ำที่ไม่เกิน 0.05 การเรียกต่อเซลล์ต่อวินาที จะไม่มีความแตกต่างกันของค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ เนื่องจากอัตราการเข้าใช้แบนด์วิดท์ในส่วนที่ถูกสำรองไว้ยังมีค่าต่ำผลของความผิดพลาดในการประมาณเวลาของการเปลี่ยนเซลล์จึงยังไม่ส่งผลต่อการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของกราฟฟิกประเภทที่หนึ่ง เมื่ออัตราการใช้ช่องสัญญาณในระบบมีค่าสูงขึ้นตามค่าอัตราการมาถึงเฉลี่ยของการเรียกของแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวทั้งสองแบบแผนมีแนวโน้มที่ต่ำลงซึ่งเป็นผลมาจากแบนด์วิดท์ที่ถูกสำรองไว้ในเซลล์เพื่อนบ้าน ซึ่งผลของความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟที่ต่ำค่าให้แก่แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวมีค่าไม่เท่ากันในแต่ละเซลล์ ทำให้สำรองแบนด์วิดท์ในปริมาณที่แตกต่างกันในแต่ละเซลล์ แบนด์วิดท์ในส่วนที่ถูกสำรองในเซลล์เพื่อนบ้านจะมีค่ามากขึ้นเมื่อความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟมีค่าสูงขึ้น อีกทั้งผลของความผิดพลาดของเวลาในการเปลี่ยนเซลล์เริ่มจะส่งผลต่อแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้เมื่ออัตราการมาถึงเฉลี่ย

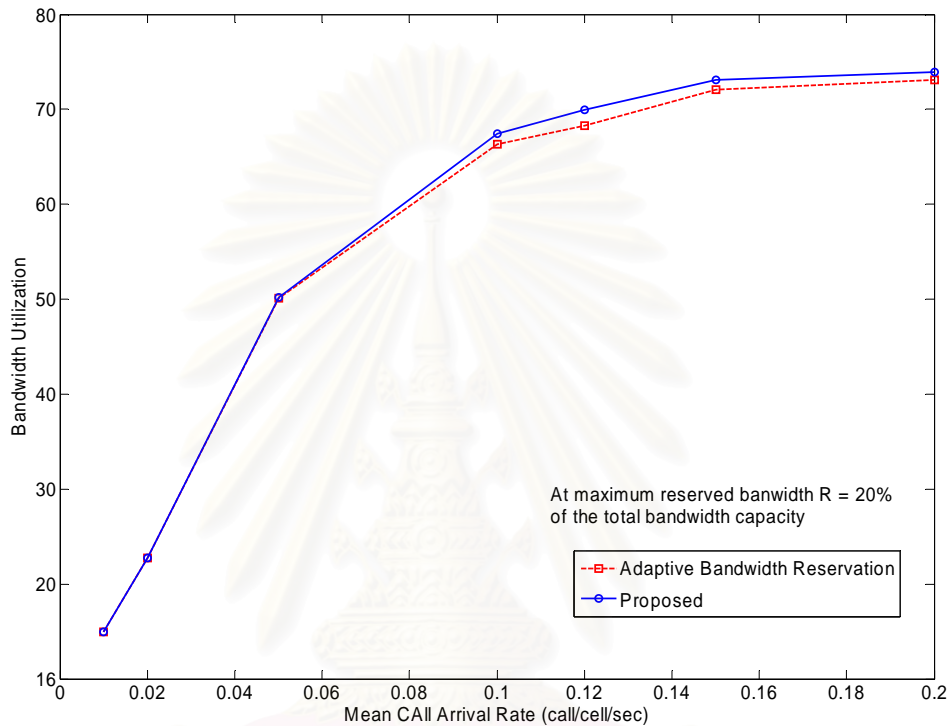
มีค่ามากขึ้น เนื่องจากเมื่อมีอัตราการมาถึงเฉลี่ยมีค่ามากขึ้นส่งผลให้อัตราการแฮนด์ออฟภายใน เซลล์มีมากขึ้นด้วยความผิดพลาดของการใช้แบนด์วิดท์ในส่วนที่ถูกสำรองไว้จึงมีค่าสูงขึ้นแต่ เนื่องจากแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวสามารถปรับระดับของปริมาณแบนด์วิดท์ สำรองโดยติดตามค่าตอบกลับของระดับความน่าจะเป็นของการรื้อปรการเรียกที่เกิดจากแฮนด์ ออฟที่ต้องการแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวจะพยายามปรับตัวเพิ่มระดับของแบนด์ วิดท์ในส่วนที่ถูกสำรองให้เพิ่มขึ้นเพื่อรองรับกับอัตราการแฮนด์ออฟซึ่งมากขึ้นแต่จะไม่สูงเกินระดับ การสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดที่ตั้งไว้ ในที่นี้เท่ากับ 20 % ซึ่งจากผลการทดลองแบนด์วิดท์ที่ถูก สำรองเพียงพอต่ออัตราการเรียกที่เกิดการแฮนด์ออฟที่มีอยู่ในระบบ ที่อัตราการมาถึงเฉลี่ย เดียวกัน



**รูปที่ 4.4** เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ของทราฟฟิกเวลาจริง ระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัว ที่เสนอที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 20 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของ เซลล์

รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ของทราฟฟิกเวลาจริง ระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัว ที่เสนอที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 20 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของ เซลล์ เนื่องจากผลของปริมาณแบนด์วิดท์ในส่วนที่ถูกสำรองของแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์

ชนิดปรับตัวได้นำเสนอในขณะที่ปริมาณทราฟฟิกในระบบหนาแน่น จะมีปริมาณมากกว่าแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัว ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อปริมาณแบนด์วิดท์ที่ยังใช้สอยได้ในระบบอีกทั้ง การเรียกที่เป็นทราฟฟิกเวลาจริงที่ใช้ในระบบมีลักษณะเป็นทราฟฟิกที่อัตราบิตคงที่ไม่สามารถปรับอัตราส่งได้ การบล็อกของการเรียกใหม่จึงมีค่าสูงขึ้นเมื่ออัตราการเรียกเข้าเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น

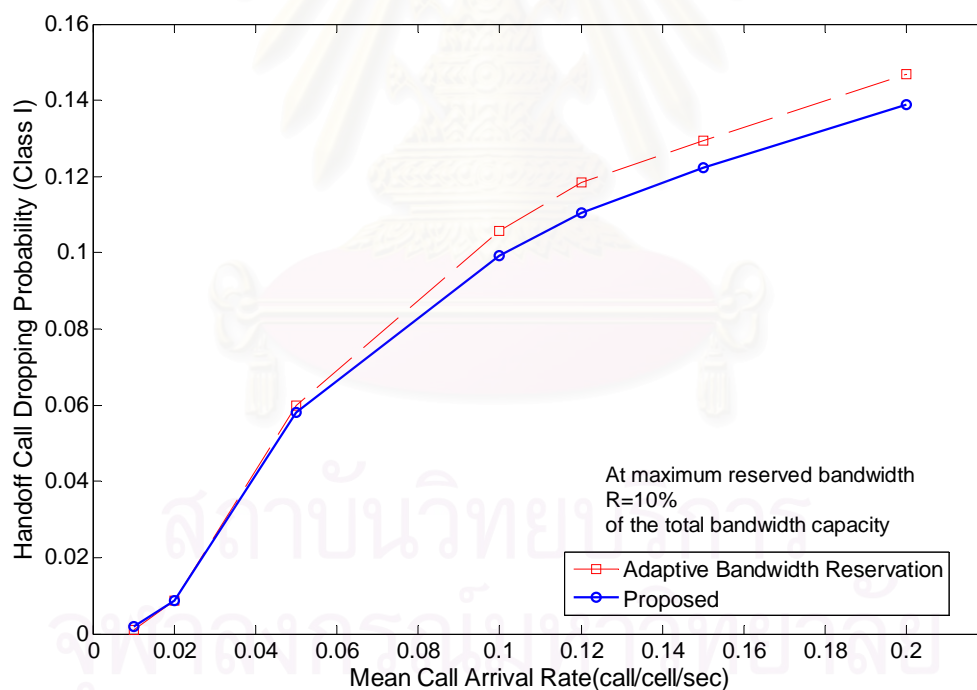


**รูปที่ 4.5** เปรียบเทียบค่าการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ของระบบระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 20 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์

จากรูปที่ 4.5 พิจารณาถึงค่าการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ของระบบ พบว่าแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่นำวิธีการจัดกลุ่มทางเวลามาขยายช่วงเวลาการมีสิทธิ์เข้าใช้แบนด์วิดท์ในส่วนที่ถูกสำรองไว้แล้วจะมีค่าการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ของระบบดีกว่าแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัว เนื่องจากในกรณีที่ไม่มีการจัดกลุ่มทางเวลาเมื่อมีการสำรองแบนด์วิดท์ในเซลล์เพื่อนบ้านแล้วในเวลาประมาณการเปลี่ยนเซลล์ค่าหนึ่งแล้วซึ่งไม่ตรงกับเวลาในการแฮนด์ออฟที่เกิดขึ้นจริงของโฮสต์เคลื่อนที่ นอกจากการเรียกที่แฮนด์ออฟไปยังเซลล์เพื่อนบ้านนี้จะถูกรีเซ็ตแล้วการสำรองแบนด์วิดท์ของโฮสต์เคลื่อนที่นี้ยังสูญเปล่า เมื่อเปรียบเทียบกับแบบแผนการสำรองชนิดปรับตัวร่วมกับวิธีการจัดกลุ่มทางเวลา ซึ่งการขยายช่วงเวลาในการเข้าใช้แบนด์วิดท์ในส่วนที่ถูกสำรองทำให้ผลกระทบดังกล่าวมีค่าต่ำลงอันส่งผลให้ค่าการใช้ประโยชน์

แบนด์วิดท์ของระบบมีค่าดีกว่าในช่วงปริมาณการใช้ช่องสัญญาณของระบบสูงๆ เพราะผลของการจัดกลุ่มทางเวลาจะประสบผลสำเร็จก็ต่อเมื่อมีสมาชิกในกลุ่มมากกว่าหนึ่งคนในหนึ่งกลุ่มไม่เช่นนั้นแบบแผนที่น่าเสนอยังได้รับผลกระทบในการแฮนด์ออฟไปไม่ตรงกับเวลาในการแฮนด์ออฟที่ถูกต้อง ในช่วงที่ปริมาณการใช้ช่องสัญญาณมีค่าต่ำการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ของระบบระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวและแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ที่น่าเสนอมีค่าเท่ากันเนื่องจากผลการจัดกลุ่มทางเวลาที่กลุ่มแต่ละกลุ่มมีจำนวนสมาชิกน้อยหรือมีจำนวนสมาชิกเพียงหนึ่งคนในแต่ละกลุ่มจะไม่ส่งผลต่อการสำรองแบนด์วิดท์ของแบบแผนทั้งสอง

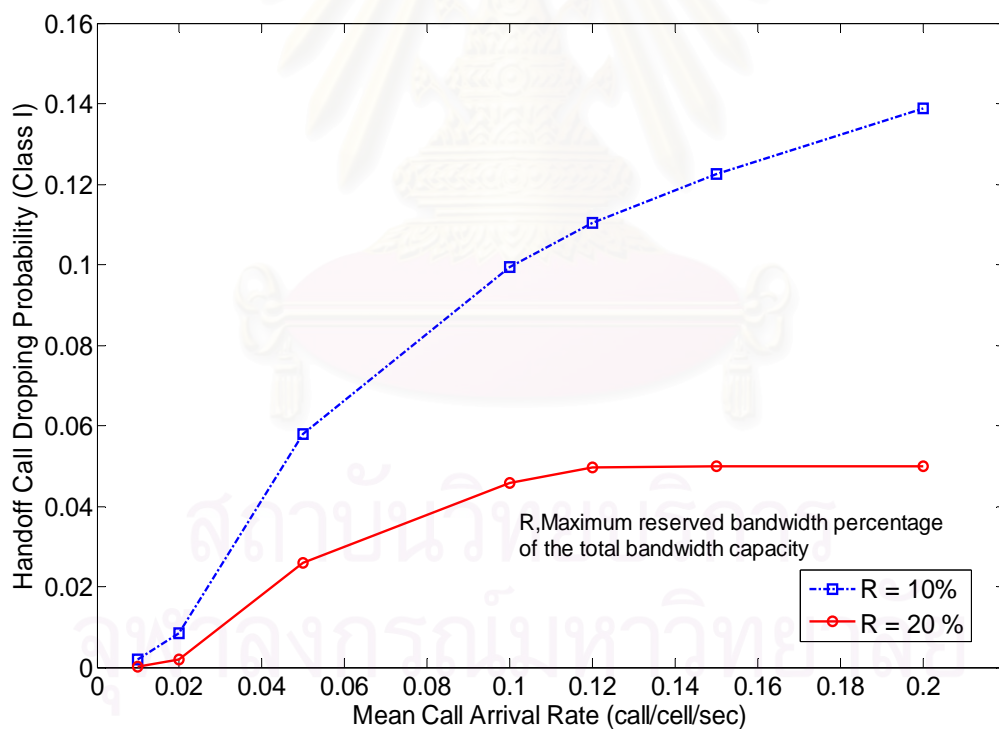
เมื่อลดค่าระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดเป็นที่ 10 % ของของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์ ดังรูปที่ 4.6 ค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของกราฟฟิกเวลาจริงของแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวมีค่าสูงกว่าแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่น่าเสนอเมื่ออัตราการเรียกเข้ามีค่าสูงขึ้น ซึ่งแนวโน้มเป็นเช่นเดียวกับระบบที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดเป็นที่ 20 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์



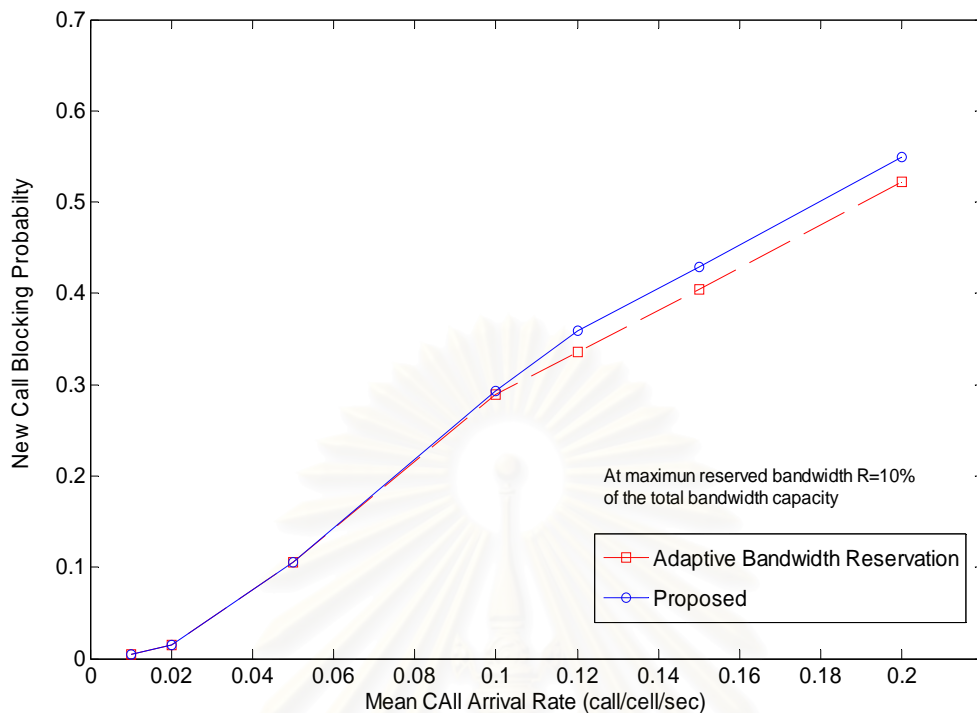
**รูปที่ 4.6** เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของกราฟฟิกเวลาจริงระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ที่น่าเสนอ ที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์



จากรูปที่ 4.7 เมื่อเปลี่ยนระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดเป็นที่ 10 % และ 20% ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์ ค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟที่อัตราการมาถึงเฉลี่ยเดียวกัน แนวโน้มของค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดมีค่าลดลง เนื่องจากเมื่ออนุญาตให้ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดเพิ่มขึ้นเสมือนกับเป็นการยินยอมให้ระบบสามารถจะสำรองแบนด์วิดท์ได้มากขึ้นดังนั้นเมื่อปริมาณการใช้ช่องสัญญาณในระบบมีค่าเพิ่มขึ้นอัตราการแฮนด์ออฟของระบบจะมีค่าสูงขึ้นด้วย หากจำกัดระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไว้ต่ำกว่าอัตราการแฮนด์ออฟที่มีในระบบค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟจะยังคงเพิ่มตามอัตราของการมาถึงเฉลี่ย จากผลการทดลองเมื่อเปลี่ยนระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดเป็นที่ 20 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์ เมื่ออัตราของการมาถึงเฉลี่ยที่ 0.12 การเรียกต่อเซลล์ต่อวินาทีค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟมีอัตราลดลงมากที่สุด



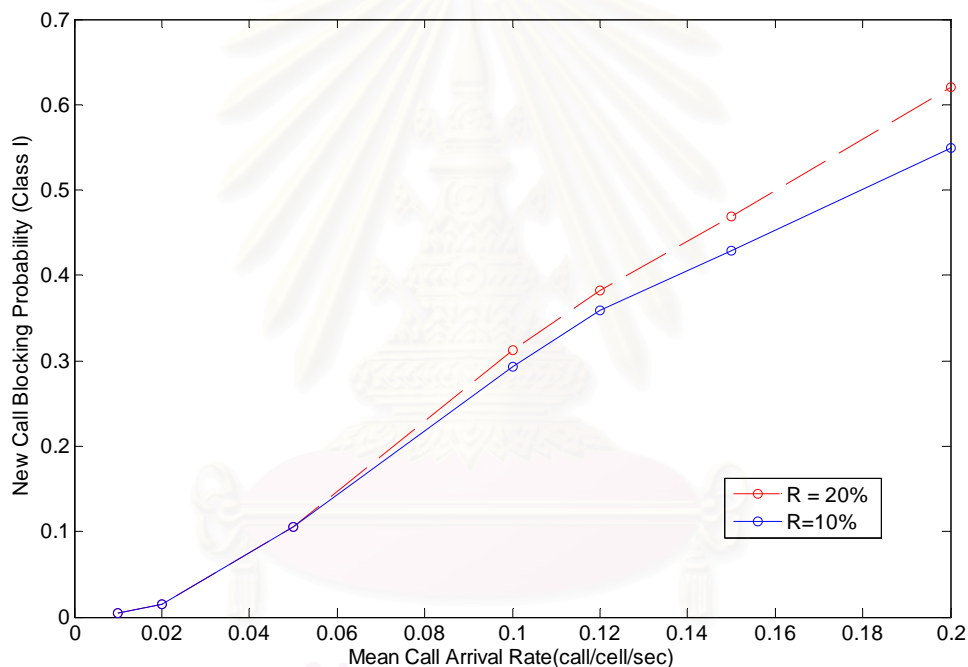
รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่นำเสนอของกราฟฟิกเวลาจริงที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % และ 20% ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์



**รูปที่ 4.8** เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอของกราฟฟิกเวลาจริงที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์

จากการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอของกราฟฟิกเวลาจริงที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % มีแนวโน้มคล้ายกับผลการทดลองของค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอของกราฟฟิกเวลาจริงที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 20 % ของผลการทดลองในรูปที่ 4.4 คือ เมื่ออัตราการมาถึงเฉลี่ยสูงขึ้นค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ก็มีค่าเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากอัตราการมาถึงเฉลี่ยที่ใส่ในระบบเป็นค่าเดียวกันทำให้เมื่ออัตราการมาถึงเฉลี่ยมีค่าต่ำ ค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่จะไม่มีมีความแตกต่างกัน ซึ่งเมื่ออัตราการมาถึงเฉลี่ยมีค่าสูงขึ้นผลการทดลองในรูปที่ 4.8 แบบแผนที่เสนอมีค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่สูงกว่าซึ่งก็มาจากเหตุผลเดียวกันคือเมื่อปริมาณแบนด์วิดท์ในส่วนที่ถูกสำรองมีปริมาณสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อแบนด์วิดท์ในส่วนที่ยังใช้สอยได้ทำให้รับการเรียกใหม่ได้น้อยกว่าแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัว ดังนั้นเมื่อปรับค่าระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดให้มีค่าเพิ่มขึ้น

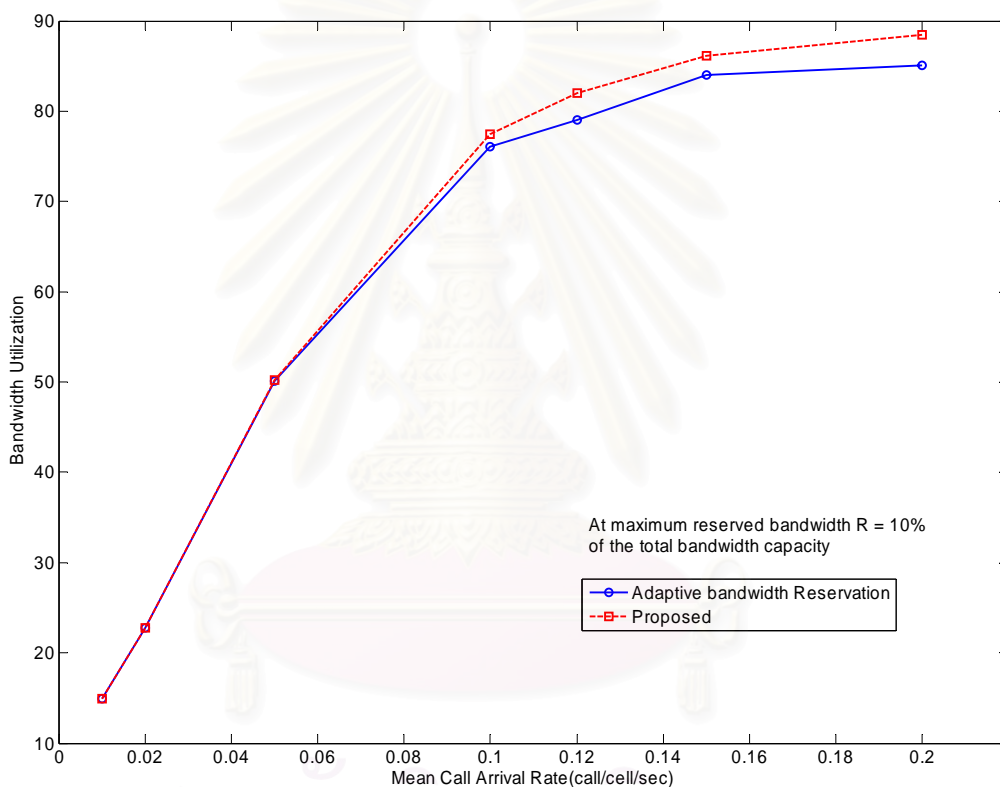
ที่ค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ที่ปริมาณการใช้ช่องสัญญาณสูงๆ ค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ของแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ที่นำเสนอจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดที่เพิ่มขึ้นแสดงผลการทดสอบกรณีนี้ไว้ที่รูปที่ 4.9 โดยที่อัตราการมาถึงเฉลี่ยที่ 0.2 การเรียกต่อเซลล์ต่อวินาทีซึ่งสูงที่สุดในการจำลองผล ค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ของระบบที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 20 % เท่ากับ 0.622 และค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ของระบบที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % เท่ากับ 0.549 ซึ่งความแตกต่างที่เกิดขึ้นมาจากระดับการสำรองที่แตกต่างกันและความชันที่อัตราการมาถึงเฉลี่ยที่ 0.1 ขึ้นไปแนวโน้มต่ำลงเล็กน้อย ซึ่งเป็นผลจากการลดอัตราบิดของกราฟฟิกเวลาไม่จริงที่ปริมาณการใช้ช่องสัญญาณของระบบมีค่าสูง



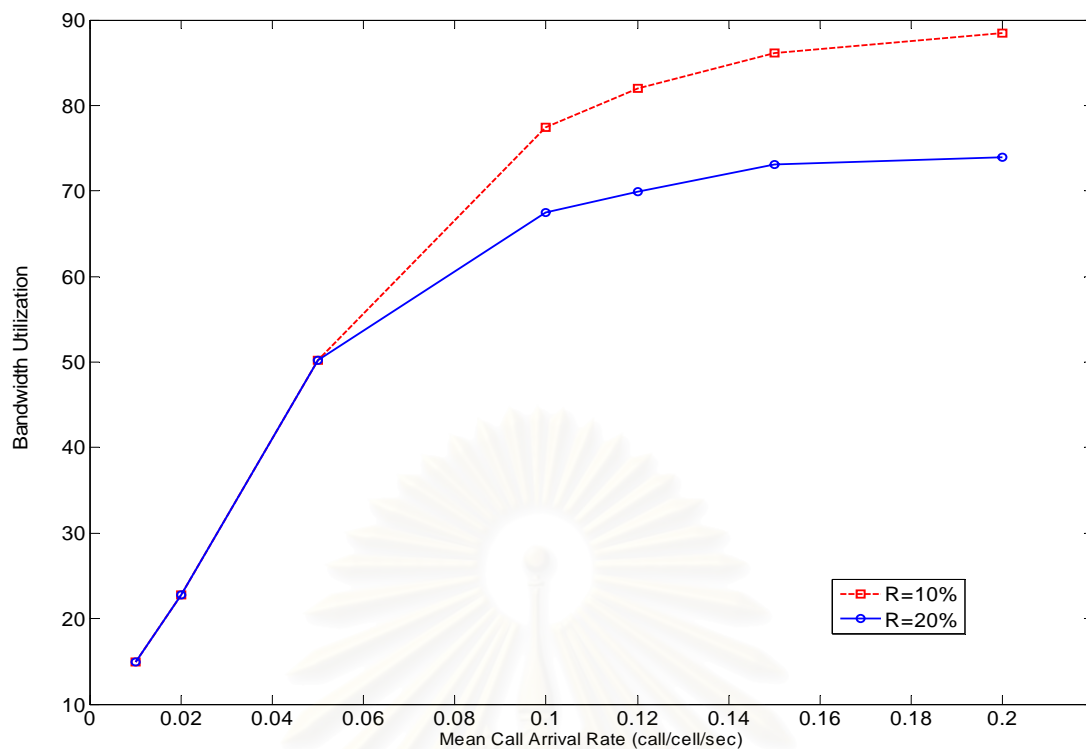
**รูปที่ 4.9** เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ของแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่นำเสนอของกราฟฟิกเวลาจริงที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % และ 20% ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์

ในการเปรียบเทียบค่าการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ของระบบระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการเปรียบเทียบค่าการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ของระบบระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 20 % แสดงดังรูปที่ 4.10

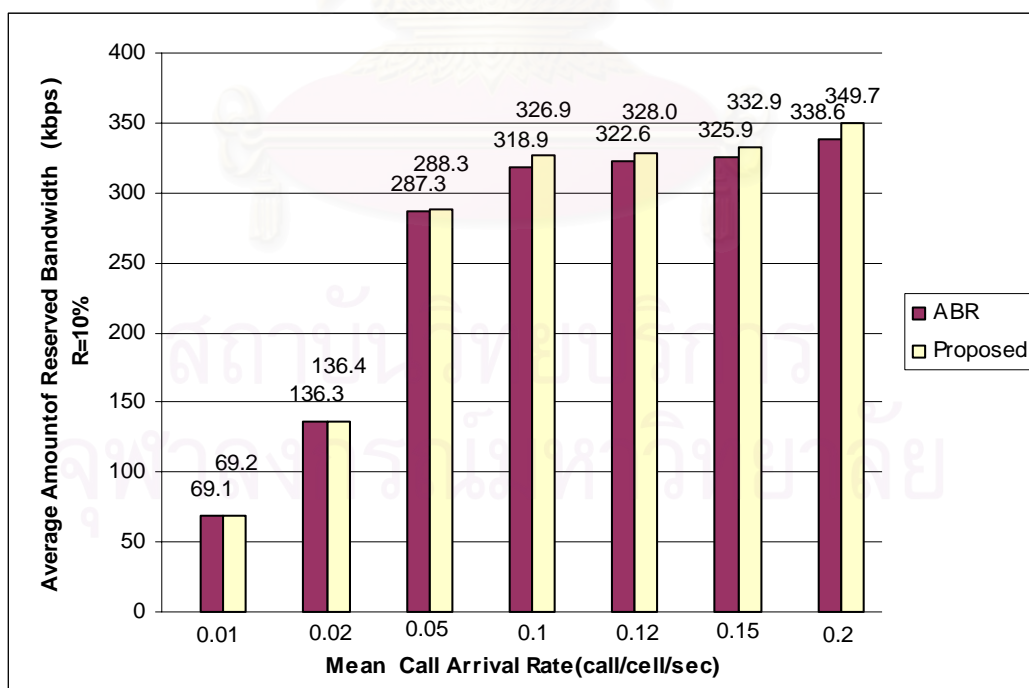
จากรูปที่ 4.11 อัตราการมาถึงเฉลี่ยเดียวกันค่าการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ที่อัตราการมาถึงเฉลี่ยสูงขึ้นแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุด 20% ซึ่งสูงกว่าที่ระดับการสำรองแบนด์วิดท์สูงสุด 10% จะมีค่าต่ำกว่าเมื่ออัตราการมาถึงเฉลี่ยเท่ากับ 0.05 การเรียกต่อเซลล์ต่อวินาทีและจะมีค่าแตกต่างเพิ่มมากขึ้นเมื่ออัตราการมาถึงเฉลี่ยมากขึ้น เนื่องจากปริมาณแบนด์วิดท์ในส่วนที่ถูกสำรองที่สูงขึ้นจะส่งผลต่อการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์เพราะการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์นั้นคำนวณมาจากปริมาณการใช้ช่องสัญญาณที่มีอยู่ในระบบของทั้งการเรียกใหม่และการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ



**รูปที่ 4.10** เปรียบเทียบค่าการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ของระบบระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10% ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์

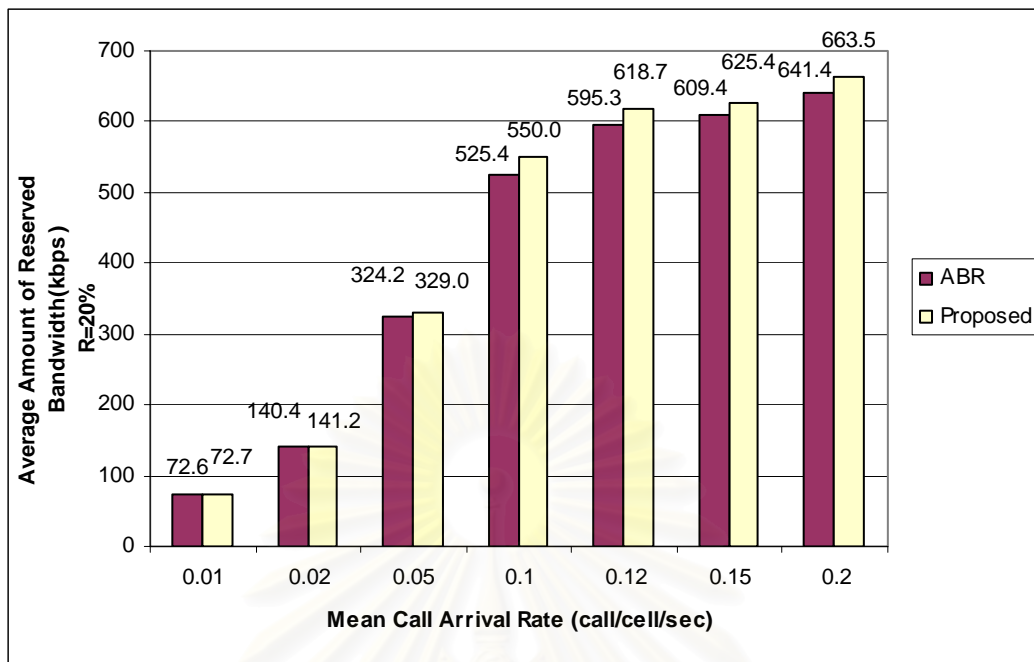


รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบค่าการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ของระบบระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % และที่ 20 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบปริมาณแบนด์วิดท์ที่ถูกสำรองเฉลี่ยของระบบที่กำกับการมาถึงเฉลี่ยที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์





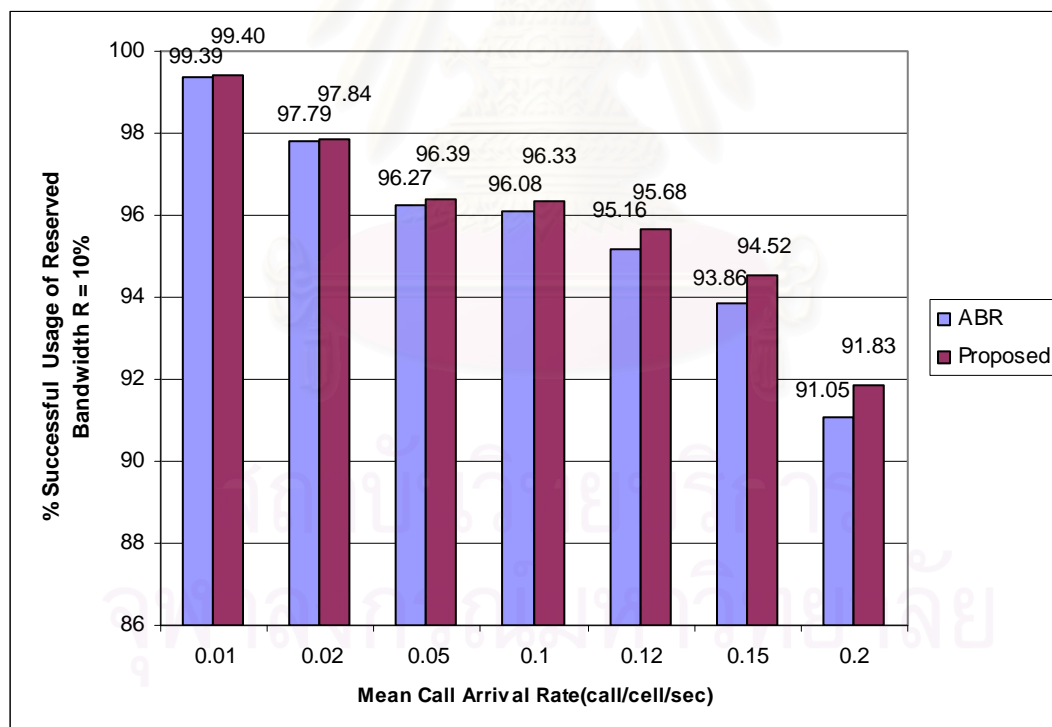
**รูปที่ 4.13** เปรียบเทียบปริมาณแบนด์วิดท์ที่ถูกสำรองเฉลี่ยของระบบที่กัับอัตราการมาถึงเฉลี่ยที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 20 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์

จากผลการทดลองในรูปที่ 4.12 และ 4.13 เป็นการติดตามปริมาณแบนด์วิดท์ที่ถูกสำรองเฉลี่ยของระบบที่กัับอัตราการมาถึงเฉลี่ยที่ค่าต่างๆ ซึ่งมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออัตราการมาถึงเฉลี่ยสูงขึ้นทั้งระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % และ 20% ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์ ซึ่งก็เนื่องมาจากแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวทั้งสองแบบมีการปรับปริมาณสำรองแบนด์วิดท์ตามอัตราการแฮนด์ออฟที่เพิ่มขึ้นซึ่งแปรผันตามปริมาณการใช้ช่องสัญญาณที่เพิ่มขึ้นอันเป็นแนวโน้มที่เกิดขึ้นของแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้ของแบบแผนทั้งสอง แต่เนื่องจากแบบแผนการสำรองชนิดปรับตัวที่นำเสนอมีขั้นตอนการรวมกลุ่มทางเวลา

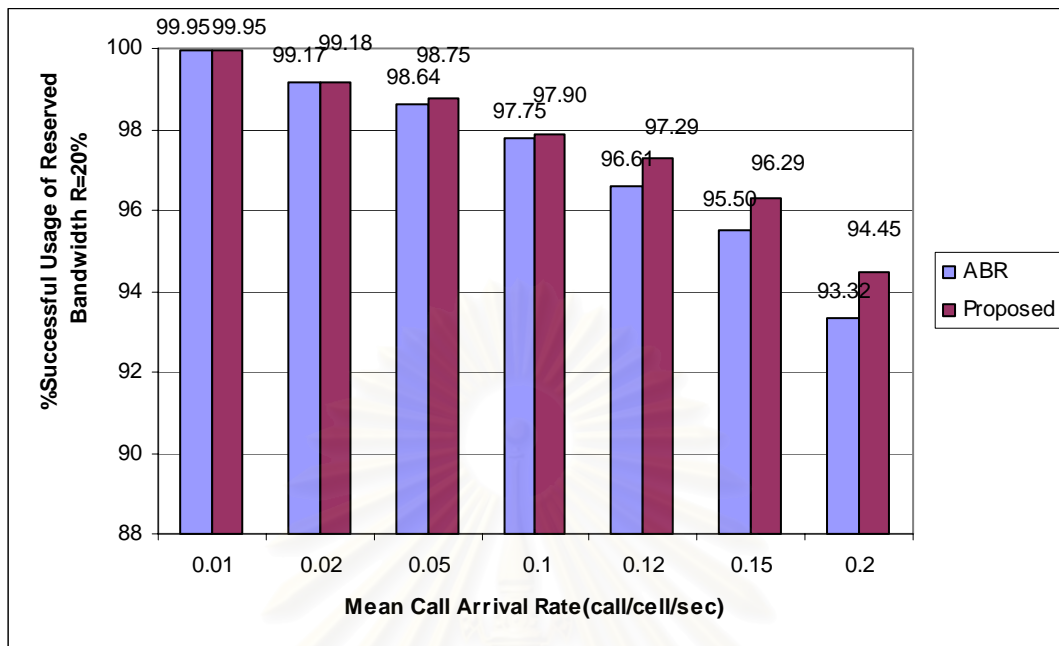
ผลที่ได้คือ เมื่ออัตราการมาถึงเฉลี่ยสูงขึ้นอัตราการแฮนด์ออฟจะมีมากขึ้น และเมื่ออัตราการมาถึงเฉลี่ยที่ 0.05 การเรียกต่อเซลล์ต่อวินาทีปริมาณแบนด์วิดท์สำรองของแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ที่นำเสนอมีค่าสูงกว่าแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวซึ่งสัมพันธ์กับอัตราการแฮนด์ออฟของไฮสปีดเคลื่อนที่ในระบบมากกว่าผลการทดลองในรูปที่ 4.12 และ 4.13 แบบแผนที่นำเสนอจึงมีปริมาณแบนด์วิดท์ที่ถูกสำรองเฉลี่ยสูงกว่าในทุกๆ อัตราการมาถึงเฉลี่ยและจะเพิ่มมากขึ้นด้วยค่าเฉลี่ยที่เกิน 1 kbps ตั้งแต่ที่อัตราการมาถึงเฉลี่ย 0.05 การเรียกต่อเซลล์ต่อวินาที ซึ่งจากข้อสังเกตของผลการทดลองทั้งสอง คือ ในรูปที่ 4.12 อนุญาตให้ระดับการสำรอง

ของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % เพราะฉะนั้นปริมาณแบนด์วิดท์เฉลี่ยทั้งหมดของระบบเท่ากับ 4 Mbps ดังนั้นปริมาณการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดจะไม่เกิน 400 kbps แต่จากการแบนด์วิดท์ในส่วนที่ถูกสำรองมีการปรับตัว ผลจากการปรับตัวทำให้การเรียกใหม่และการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟที่เกิดในระบบสามารถเข้าใช้แบนด์วิดท์ที่ยังใช้สอยได้ในเซลล์และแบนด์วิดท์ในส่วนที่ถูกสำรองเมื่อปริมาณแบนด์วิดท์ในส่วนที่ถูกสำรองยังมีค่าไม่ถึงระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุด ทำให้ผลที่ได้คือปริมาณแบนด์วิดท์ในส่วนที่ถูกสำรองมีค่าไม่คงที่และไม่เท่ากับ 400 kbps ที่อัตราการมาถึงเฉลี่ยที่มีค่าสูง

จากข้อสังเกตดังกล่าวนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ได้ในรูปที่ 4.13 ซึ่งมีระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 20 % เทียบได้เท่ากับ 800 kbps ผลที่ได้มีลักษณะเช่นเดียวกันคือ ปริมาณแบนด์วิดท์ที่ถูกสำรองเฉลี่ยของระบบที่ทุกๆ อัตราการมาถึงเฉลี่ยจะมีค่าไม่เกิน 800 kbps จากข้อสังเกตนี้ ทำให้ผลการทดลองในรูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.11 ยอมรับได้เนื่องมาจากปริมาณแบนด์วิดท์ในส่วนที่ถูกการสำรองที่สูงขึ้นย่อมส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่และค่าการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ของระบบ



**รูปที่ 4.14** เปรียบเทียบความสำเร็จในการได้รับแบนด์วิดท์ที่ได้ถูกสำรองระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่นำเสนอที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์



รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบความสำเร็จในการได้รับแบนด์วิดท์ที่ได้ถูกสำรองระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่นำเสนอที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 20 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์

จากรูปที่ 4.14 เป็นการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ของความสำเร็จในการได้รับแบนด์วิดท์ของส่วนที่ถูกสำรอง (Successful usage of reserved bandwidth) ระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่นำเสนอที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % โดยแนวโน้มที่เกิดขึ้น คือ เมื่ออัตราของการมาถึงเฉลี่ยสูงขึ้น และค่าความแตกต่างของค่าความสำเร็จในการได้รับแบนด์วิดท์ของส่วนที่ถูกสำรองระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวทั้งสองมีแนวโน้มต่ำลงขึ้นเมื่อมีปริมาณการใช้ช่องสัญญาณในระบบสูงขึ้น และเมื่ออัตราของการมาถึงเฉลี่ยสูงขึ้น ผลของการรวมกลุ่มทางเวลาจะแสดงความแตกต่างออกมาในรูปความสำเร็จในการได้รับแบนด์วิดท์ในส่วนที่ถูกสำรองได้มากขึ้น เนื่องจากเมื่ออัตราการมาถึงเฉลี่ยสูงขึ้นความน่าจะเป็นที่ในหนึ่งกลุ่มทางเวลาจะมีสมาชิกในกลุ่มมากกว่าหนึ่งสมาชิกมีมากขึ้น ดังนั้นผลของการซ้อนกันทางเวลาทำให้ค่าความสำเร็จในการได้รับแบนด์วิดท์ของส่วนที่ถูกสำรองมีความแตกต่างกันมากขึ้น

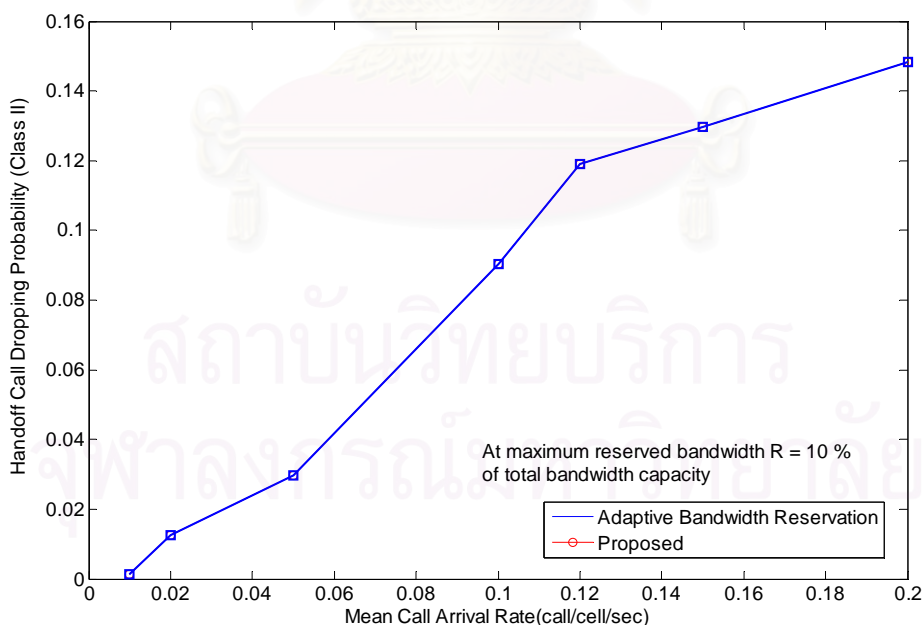
ผลการทดสอบของการจำลองผลที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 20 % ดังที่แสดงผลการทดสอบในรูปที่ 4.15 ที่อัตราของการมาถึงเฉลี่ยมีค่า 0.01 การเรียกต่อเซลล์ต่อวินาที ค่าของความสำเร็จในการได้รับแบนด์วิดท์ของส่วนที่ถูกสำรองจะไม่มี ความแตกต่างกันมาก

เมื่ออัตราของการมาถึงเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น แนวโน้มของค่าเปอร์เซ็นต์ของความสำเร็จในการได้รับแบนด์วิดท์ของส่วนที่ถูกสำรองมีค่าต่ำลงเมื่ออัตราของการมาถึงเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกันกับผลการทดสอบของการจำลองผลที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % แต่ระดับที่อัตราของการมาถึงเฉลี่ยเท่ากัน ผลการทดสอบของการจำลองผลที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % มีค่าความสำเร็จต่ำกว่าเพราะผลของระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดที่เป็นขีดจำกัดของปริมาณแบนด์วิดท์ปรับตัวตามปริมาณช่องสัญญาณที่ถูกใช้

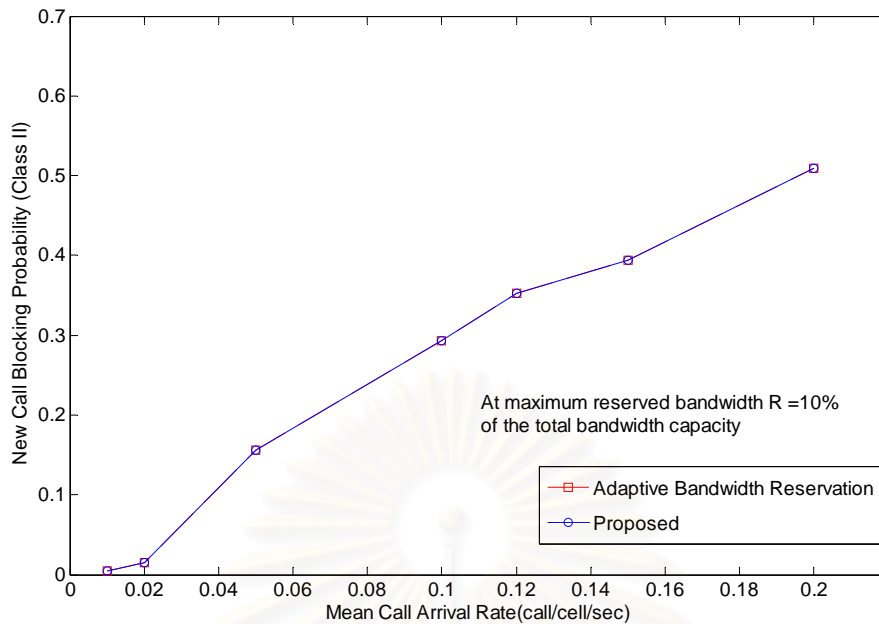
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์ของความสำเร็จของการได้รับแบนด์วิดท์ของส่วนที่ถูกสำรอง

Mean call arrival rate (call/cell/sec)	% Successful Usage of Reserved Bandwidth			
	ABR*	Proposed	ABR*	Proposed
	R=20%		R=10%	
0.01	99.95	99.95	99.39	99.40
0.02	99.17	99.18	97.79	97.84
0.05	98.64	98.75	96.27	96.39
0.1	97.75	97.90	96.08	96.33
0.12	96.61	97.29	95.16	95.68
0.15	95.50	96.29	93.86	94.52
0.2	93.32	94.45	91.05	91.83

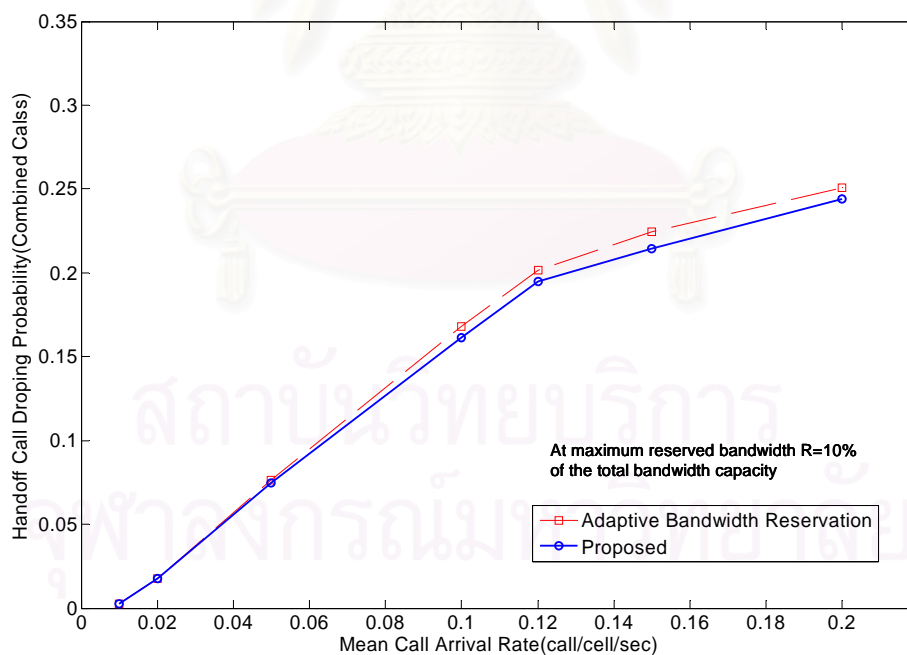
\*Adaptive Bandwidth Reservation



รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของกราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริงระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอ ที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์

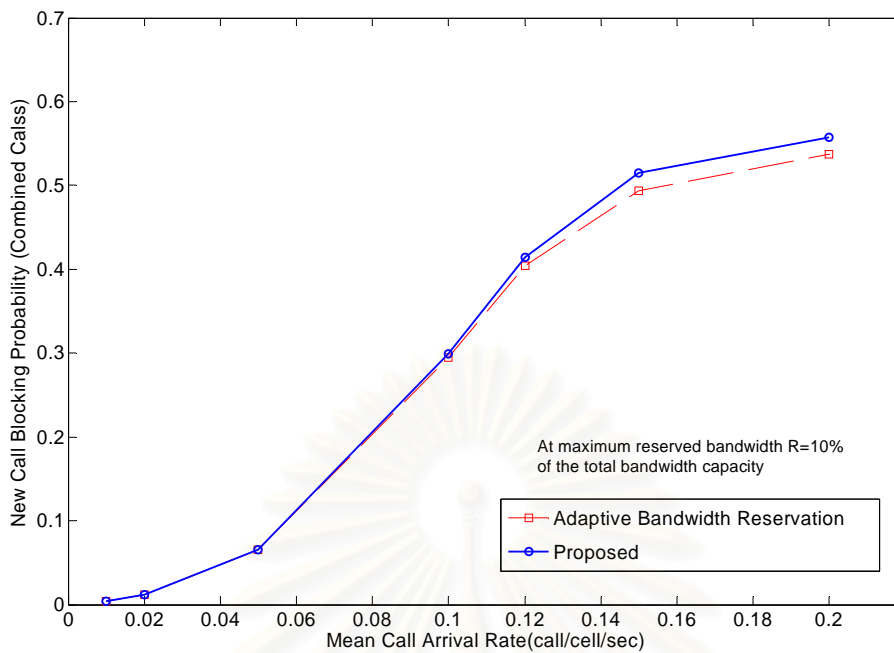


**รูปที่ 4.17** เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ของทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริงระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอ ที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์



**รูปที่ 4.18** เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการดรอปการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของของทราฟฟิกเวลาจริงและทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริงระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอ ที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์





**รูปที่ 4.19** เปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ของทราฟฟิกเวลาจริงและทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริงระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอ ที่ระดับการสำรองของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์

ผลการทดสอบการจำลองระบบที่ระดับของการสำรองแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์ เพื่อเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริง ในรูปที่ 4.16 สรุปได้ว่าทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริงของแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวทั้งสองแบบแผนไม่มีค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของทราฟฟิกแตกต่างกัน เนื่องจากในแบบแผนทั้งคู่ไม่มีการสำรองแบนด์วิดท์ในเซลล์เพื่อนบ้านเหมือนกันทั้งสองแบบแผน ส่วนลักษณะกราฟที่มีการลดลงของความชันที่อัตรามาถึงเฉลี่ย 0.12 เนื่องจากสมมติฐานที่ให้ทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริงของแบบแผนทั้งสอง สามารถปรับลดอัตราได้เมื่อปริมาณการใช้ช่องสัญญาณมีค่าสูงจึงส่งผลเมื่อปริมาณการใช้ช่องสัญญาณในระบบมีค่าสูงขึ้น จากรูปที่ 4.17 ค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ระหว่างแบบแผนทั้งสองซึ่งมีค่าเท่ากันเนื่องจากเงื่อนไขการตอบรับการเรียกใหม่ของแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวมีเพียงว่า ปริมาณแบนด์วิดท์ในส่วนที่ยังใช้สอยมีเพียงพอต่อการตอบรับการเรียกใหม่หรือไม่ จากรูปที่ 4.18 และ รูปที่ 4.19 แสดงค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของทราฟฟิกเวลาจริงและทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริงระหว่างแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรองแบนด์

วิดิทัศน์ปรับตัวที่เสนอ ที่ระดับการสำรวจของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์และค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ของทราฟฟิกเวลาจริง และทราฟฟิกที่ไม่เป็นเวลาจริงระหว่างแบบแผนการสำรวจแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวกับแบบแผนการสำรวจแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอ ที่ระดับการสำรวจของแบนด์วิดท์สูงสุดไม่เกิน 10 % ของปริมาณแบนด์วิดท์ทั้งหมดของเซลล์



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

การสำรองแบนด์วิดท์ชนิดกัน (Guard bandwidth reservation) จะสำรองปริมาณแบนด์วิดท์ที่มีค่าคงที่ อันจะส่งผลต่อการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ของระบบโดยรวม แม้ว่าค่าความน่าจะเป็นของการรื้ออุปกรณ์ที่เกิดจากการแฮนด์ออฟจะต่ำก็ตาม แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวถูกเสนอเพื่อปรับระดับแบนด์วิดท์ในส่วนสำรองได้จนกระทั่งถึงระดับสูงสุดของแบนด์วิดท์ในส่วนที่ถูกสำรองได้ และใช้ค่าจากการประมาณตำแหน่งเพื่อประมาณช่วงเวลาของการสำรองแบนด์วิดท์ของโฮสต์เคลื่อนที่ ซึ่งจากสมมติฐานนี้จะเกิดความคลาดเคลื่อนของช่วงเวลาในการใช้แบนด์วิดท์ในส่วนที่ถูกสำรอง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวในโครงข่ายไร้สายมัลติมีเดียบนพื้นฐานที่ระบบมีความสามารถคำนวณตำแหน่งโดยประมาณของโฮสต์เคลื่อนที่ ซึ่งบนสมมติฐานที่กล่าวมาจะเกิดความผิดพลาดของเวลาการเปลี่ยนเซลล์ที่เกิดขึ้นอันส่งผลต่อความน่าจะเป็นในการเข้าใช้แบนด์วิดท์ของส่วนที่ถูกสำรอง จากผลดังกล่าวทำให้ค่าความน่าจะเป็นของการรื้ออุปกรณ์ที่เกิดจากการแฮนด์ออฟมีค่าสูงขึ้นและการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ของระบบมีค่าต่ำลงอันเนื่องมาจากการสำรองแบนด์วิดท์สูญเปล่า ดังนั้นแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ที่นำเสนอประกอบด้วยส่วนการตอบรับการเรียกร่วมกับการจัดกลุ่มทางเวลาเพื่อลดผลกระทบจากสมมติฐานนี้ โดยการรวมกลุ่มของช่วงเวลาในการเปลี่ยนเซลล์และระยะเวลาที่ใช้ในเซลล์โดยประมาณ เพื่อนำช่วงเวลาที่ได้เป็นช่วงเวลาตัวแทนของสมาชิกในกลุ่มเพื่อทำการสำรองแบนด์วิดท์ในเซลล์เพื่อนบ้าน

จากผลการทดลองที่อัตราการเข้าถึงเฉลี่ยของโฮสต์เคลื่อนที่มีค่าสูงๆ ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของเวลาในการเปลี่ยนเซลล์ที่เกิดขึ้นจะมีค่าสูงขึ้นตามค่าอัตราการเข้าถึงเฉลี่ย ดังนั้นแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวร่วมกับการรวมกลุ่มทางเวลาแบบพลวัตจะประสบผลสำเร็จมากขึ้นก็ต่อเมื่อมีสมาชิกในกลุ่มมากขึ้นเพื่อให้ผลของการกระจายความน่าจะเป็นในการได้รับแบนด์วิดท์ในส่วนที่ถูกสำรองของโฮสต์เคลื่อนที่มีมากขึ้น โดยเวลาประมาณของการเปลี่ยนเซลล์สามารถคำนวณได้จากค่าความแรงของสัญญาณซึ่งอยู่บนพื้นฐานของระบบที่มีอยู่แล้วจึงไม่เป็นการเพิ่มโหลดทางซิลแลนซ์อีก อีกทั้งแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอมาจะสมกับการเรียกที่เป็นกราฟฟิกเวลาจริงไม่เหมาะที่จะนำกระบวนการสำรองแบนด์วิดท์ที่เสนอทำกับท

กราฟฟิกประเภทข้อมูลอันจะส่งผลให้จำนวนสมาชิกในกลุ่มมีปริมาณแบนด์วิดท์ในส่วนที่ถูกสำรวจสูงซึ่งอาจจะส่งผลต่อการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ของระบบ

## 5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

แบบแผนการสำรวจแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอร่วมกับกระบวนการจัดกลุ่มทางเวลาจะประสบความสำเร็จในสิ่งแวดล้อมที่มีการขอเข้าใช้หนาแน่น และผู้ใช้ในระบบมีสภาพการเคลื่อนที่ตลอดเวลาภายในบริเวณที่ขนาดของเซลล์ไม่เล็กมากจนกระทั่งไม่สามารถระบุตำแหน่งโดยประมาณได้ทันช่วงเวลาแฮนด์ออฟของผู้ใช้บริการ จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการรวมกลุ่มทางเวลาจะเกิดผลสำเร็จก็ต่อเมื่อมีสมาชิกในกลุ่มมาช่วยขยายช่วงเวลาของการเปลี่ยนเซลล์โดยประมาณดังนั้นหากสถานการณ์ของสภาวะแวดล้อมที่มีการขอเข้าใช้น้อยจะเป็นการเพิ่มโหลดให้กับส่วนประมวลผลโดยไม่จำเป็น ดังนั้นงานวิจัยในอนาคต อาจนำแบบแผนการสำรวจแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวที่เสนอไปใช้กับโครงข่ายมัลติมีเดียไร้สายที่มีการใช้ช่องสัญญาณระหว่างบริการหลายๆ บริการในบริเวณที่มีการเข้าใช้หนาแน่น

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## รายการอ้างอิง

1. C. Oliverira, J. B. Kim, and T. Suda. An adaptive bandwidth reservation scheme for high-speed mobile networks. IEEE J. Select. Areas Commun Vol. 16 ( August 1998): 858-874.
2. 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 Trans. Networking Vol. 5 (February 1997):1-12.
3. J. Y. Chang and H. L. Chen, Dynamic-grouping bandwidth reservation scheme for multimedia wireless network. IEEE J. Select. Areas Commun Vol. 19 (December 2003): 1566-1574.
4. Ramanathan, P., Sivalingam, K. M., P. and Kishore, S. Resource allocation during handoff through dynamics for mobile multimedia wireless network. Proceeding of IEEE Computer and Communications Societies Conference 1999 Vol. 3 (March 1999): 1204-1211.
5. Hu. F. and Sharma, N. K. A novel CAC mechanism for guaranteeing QoS of multimedia traffic in next-generation wireless and mobile networks. Proceeding of IEEE International Conference on Communications 2001 Vol. 2 (June 2001): 417-421.
6. Tong Liu, Paramvir Bahl. Mobility modeling, location tracking, and trajectory prediction in wireless ATM networks. IEEE J. Select. Areas Commu Vol. 16, (August 1998): 922-936.
7. Mohamed H. A. Call admission control in wireless network: A comprehensive survey. IEEE Communications Surveys & Tutorials Vol. 7 No. 1 (First Quarter 2005).
8. D. Hong and S. Rappaport. Traffic model and performance analysis for cellular mobile radio telephone systems with prioritized and nonprioritized handoff procedures. IEEE Trans. Vehic. Tech Vol. 35, No. 3 (August 1986): 77-92 .



9. C. Chao and W. Chen. Connection admission control for mobile multi-class personal communications networks. IEEE JSAC Vol. 15 No. 8 (October 1997): 1618-1626.
10. I. F. Akyildiz, J.S.M. Ho, and Y. B. Lin. Movement-based location update and selective paging for PCS networks. IEEE/ACM trans. Networking. Vol. 4 No. 4 (1996): 629-638.
11. C. K. Ng and H. W. Chan. Enhance distance-based location management of mobile communication systems using a cell coordinates approach. IEEE Transactions on Mobile Computing Vol. 4 No. 1 (January/February 2005): 41-55.
12. J. M. Pitts and J.A. Schormans Introduction to IP and ATM design and performance. John Wiley & Sons, LTD (2000)
13. Kovvuri, S., Pandey, V., Ghosal, D., Mukherjee, B., and Sarkar, D. A call admission control (CAC) algorithm for providing guaranteed QoS in cellular networks. International journal of wireless information networks 10 (August 2003): 73-85.
14. Fang, Y., and Zang, Y. Call admission control schemes and performance analysis in wireless mobile networks. IEEE Transactions on Vehicular Technology 51 (March 2002): 371-382.

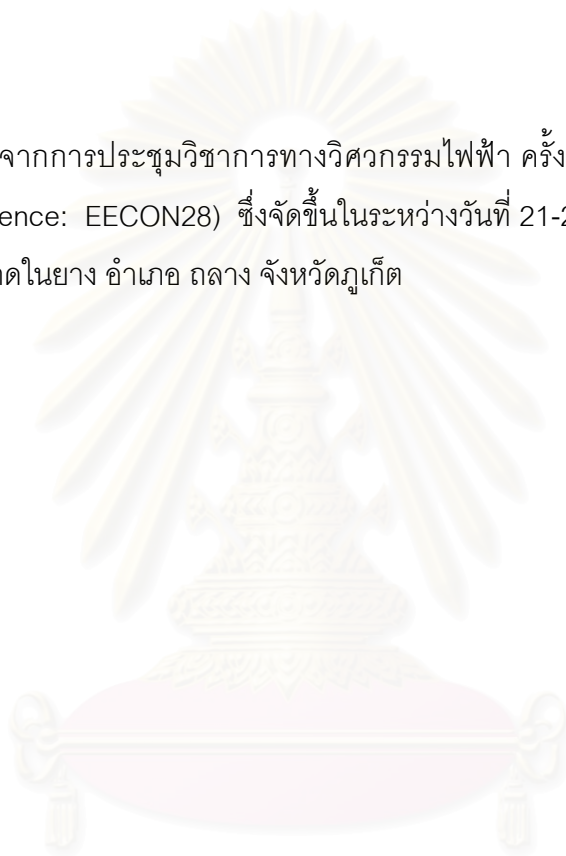


ภาคผนวก ก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทความทางวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่แล้ว

บทความทางวิชาการจากการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 28 (28<sup>th</sup> Electrical Engineering Conference: EECON28) ซึ่งจัดขึ้นในระหว่างวันที่ 21-22 ตุลาคม พ.ศ. 2548 ณ โรงแรมเพิร์ลวิลเลจ หาดในยาง อำเภอ ถลาง จังหวัดภูเก็ต



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวร่วมกับ  
การจัดกลุ่มแบบพลวัตสำหรับโครงข่ายไร้สายมัลติมีเดีย  
An Adaptive Bandwidth Reservation Scheme with  
Dynamic Grouping for Multimedia Wireless Networks

เอกชัย เจริญโรจน์มงคล และวาติต เบนญอพลกุล  
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทร. 0-2218-6902 โทรสาร 0-2218-6912 E-mail: [Ekachai.j@student.chula.ac.th](mailto:Ekachai.j@student.chula.ac.th), [watit.b@eng.chula.ac.th](mailto:watit.b@eng.chula.ac.th)

## บทคัดย่อ

ความสามารถในการรองรับรูปแบบการให้บริการมัลติมีเดีย  
หลายๆ ประเภท เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับโครงข่ายไร้สายในปัจจุบัน  
จุดมุ่งหมายที่สำคัญคือการรับประกันคุณภาพของการบริการ (Quality of  
Service; QoS) ของโฮสต์เคลื่อนที่ (Mobile host) ซึ่งอยู่ในรูปของการ  
รักษาค่าความน่าจะเป็นของการรื้อการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ  
(Handoff call-dropping probability: CDP) ให้มีค่าต่ำและความน่าจะเป็น  
ของการบล็อกการเรียกใหม่ (New call-blocking probability: CBP) ให้อยู่  
ในระดับที่ยอมรับได้ บทความนี้นำเสนอวิธีประมาณปริมาณแบนด์วิดท์  
สำรอง โดยอาศัยการจัดกลุ่มทางเวลาของโฮสต์เคลื่อนที่แต่ละตัวจาก  
ข่าวสารของโฮสต์เคลื่อนที่ที่อยู่ภายในสถานีฐาน กลุ่มทางเวลาเหล่านี้  
สามารถปรับปริมาณแบนด์วิดท์ที่สำรองไว้สำหรับสมาชิกในกลุ่มแบบ  
พลวัตเพื่อลดปริมาณการรื้อการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ การ  
บล็อกการเรียกเข้าใหม่และการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์

คำสำคัญ: โฮสต์เคลื่อนที่, คุณภาพของการบริการ

## Abstract

In next-generation wireless networks, it is important to  
provide quality of service (QoS) guarantee and to support multimedia  
applications for mobile host. The wireless network supports QoS  
requirements: keeping less handoff connection dropping probability  
while maintaining acceptable new connection blocking probability  
based on adaptive bandwidth reservation scheme. This article presents  
reserved bandwidth estimation from time section group of mobile host  
based on mobility information. Reserved bandwidth of base station can  
dynamically be adjusted for each member of each group. The  
performance is evaluated through handoff connection dropping  
probability, new connection-blocking probability and bandwidth  
utilization.

Keywords: Mobile host, QoS

## 1. คำนำ

โครงข่ายไร้สายในยุคถัดไปจะมีการลดขนาดของเซลล์ให้เล็ก  
ลงเป็นระดับ Micro/Pico cell เพื่อประโยชน์ในการส่งข้อมูลด้วยอัตราบิตที่  
สูงขึ้นและความสามารถในการใช้ความถี่ซ้ำที่ถี่ขึ้น ซึ่งโครงข่ายในลักษณะ  
เช่นนี้มีปัญหาที่ตามมาคืออัตราการแฮนด์ออฟ (Handoff rate) มีสูงขึ้นตาม  
ขนาดพื้นที่ที่เล็กลงอันเป็นสาเหตุให้ค่าความน่าจะเป็นของการรื้อการ  
เรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ (Handoff connection-dropping probability:  
CDP) มีค่าสูงขึ้นเป็นผลให้การรับประกันคุณภาพของการบริการทำได้ยาก  
ขึ้น

เพราะฉะนั้นหนึ่งในหัวข้อที่สำคัญในเรื่องการรับประกัน  
คุณภาพของการบริการคือทำอย่างไรที่จะลดการรื้อการเรียกที่เกิดจาก  
การแฮนด์ออฟ (Handoff dropping) ลง ซึ่งมีผลกระทบต่อความรู้สึกของ  
ผู้ใช้บริการมากกว่าการไม่สามารถต่อสายเข้าไปใช้ใหม่ได้ [1]-[4] การ  
สำรองแบนด์วิดท์ (Bandwidth reservation) อย่างเพียงพอเพื่อรองรับการ  
แฮนด์ออฟของโฮสต์เคลื่อนที่ (Mobile host) สามารถลดการรื้อการ  
เรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟในโครงข่ายไร้สายมัลติมีเดียได้

อย่างไรก็ตามการสำรองแบนด์วิดท์ในเซลล์เพื่อนบ้าน  
(Neighboring cell) นั้นเป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของความน่าจะเป็นของ  
การบล็อกการเรียกใหม่ (New connection-blocking probability: CBP)  
และการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ (Bandwidth utilization) ที่ต่ำลง ดังนั้น  
แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ที่มีประสิทธิภาพในโครงข่ายไร้สาย  
มัลติมีเดียต้องสามารถจัดสรรสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างความต้องการ  
หลักสองประการคือ

- 1) ใช้แบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด
- 2) มีการสำรองแบนด์วิดท์ที่พอเพียงเพื่อให้อัตราการแฮนด์  
ออฟไม่สำเร็จอยู่ในระดับที่ต้องการ

แบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้ที่ผ่านๆมา

[1] - [4] ต่างมีจุดมุ่งหมายเพื่อรับประกันคุณภาพการบริการ  
ในเชิงอัตราการรื้อการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟให้อยู่ในระดับที่  
ยอมรับได้ขณะเดียวกันการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ในเซลล์เพื่อนบ้าน  
ต้องถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย

## 2. การสร้างกลุ่มทางเวลาของโสตต์เคลื่อนที่

สถานีฐานแต่ละสถานีจะได้รับการร้องขอการสำรองแบนด์วิดท์จากสถานีฐานของเซลล์เพื่อนบ้านของมันเองในสถานีฐานของเซลล์เพื่อนบ้านที่  $j$  นั้นจะได้รับข่าวสารจากโสตต์เคลื่อนที่ที่ประกอบด้วย  $T_{x,i,j}^s(t)$   $T_{x,i,j}^n(t)$   $P_{x,i,j}(t)$  และ  $BW_x$  จากสถานีฐานของเซลล์ที่  $i$  โดยที่

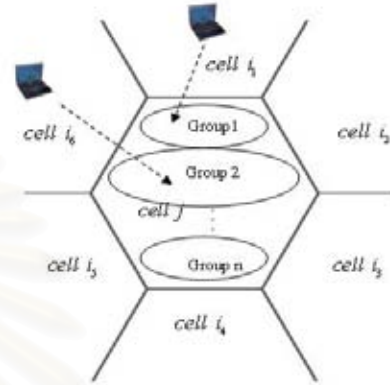
- $T_{x,i,j}^s(t)$  แทนเวลาในการเปลี่ยนเซลล์โดยประมาณของโสตต์เคลื่อนที่ที่  $x$  ที่กำลังเคลื่อนที่จากเซลล์ปัจจุบันที่  $i$  ไปเซลล์ที่  $j$  ที่เวลา  $t$  ใดๆ
- $T_{x,i,j}^n(t)$  แทนระยะเวลาการอยู่ในเซลล์ที่  $j$  โดยประมาณ เมื่อโสตต์เคลื่อนที่ที่  $x$  เคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์ที่  $j$  ที่เวลา  $t$  ใดๆ
- $P_{x,i,j}(t)$  แทนความน่าจะเป็นที่โสตต์เคลื่อนที่ที่  $x$  เคลื่อนที่จากเซลล์ที่  $i$  ไปเซลล์ที่  $j$  ที่เวลา  $t$  ใดๆ
- $T_{g,j}^{GS}(t)$  แทนเวลาเวลาของการเปลี่ยนเซลล์โดยประมาณของกลุ่มทางเวลาที่  $g$  ในเซลล์ที่  $j$  ที่เวลา  $t$  ใดๆ
- $T_{g,j}^{GN}(t)$  แทนระยะเวลาการอยู่ในเซลล์โดยประมาณของกลุ่มทางเวลาที่  $g$  ในเซลล์ที่  $j$  ที่เวลา  $t$  ใดๆ
- $P_{g,j}(t)$  แทนผลรวมความน่าจะเป็นของการเสนอออฟของโสตต์เคลื่อนที่ที่เป็นสมาชิกภายในกลุ่มทางเวลาที่  $g$  ในเซลล์ที่  $j$
- $BW_{g,j}(t)$  คือปริมาณแบนด์วิดท์รวมของโสตต์เคลื่อนที่ที่เป็นสมาชิกของกลุ่มทางเวลาที่  $g$  ในเซลล์ที่  $j$
- $BW_x$  คือปริมาณแบนด์วิดท์ของโสตต์เคลื่อนที่

$$P_{g,j}(t) = \sum_{x \in g} P_{x,i,j}(t) \quad ; \quad P_{g,j}(t) \leq 1 \quad (1)$$

$$BW_{g,j} = \sum_{x \in g} BW_x \quad ; \quad BW_{g,j}(t) \leq BW_j^{total}(t) \quad (2)$$

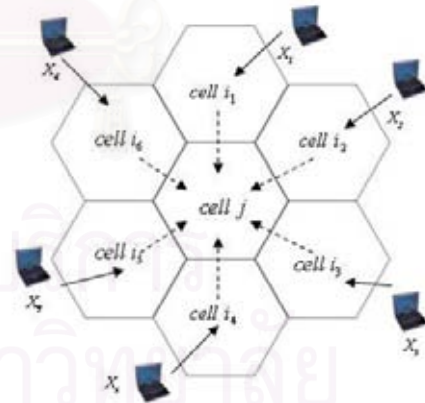
สถานีฐานของเซลล์ที่  $j$  จะเปรียบเทียบกับ  $T_{g,j}^{GS}(t)$  และ  $T_{g,j}^{GN}(t)$  กับ  $T_{x,i,j}^s(t)$  และ  $T_{x,i,j}^n(t)$  เพื่อตัดสินใจว่ากลุ่มของโสตต์เคลื่อนที่ที่  $x$  ควรจะอยู่กลุ่มทางเวลาใด โดยให้  $M$  แทนช่วงเวลาของกลุ่มทางเวลา  $g$  จาก  $T_{g,j}^{GS}(t)$  ไป  $T_{g,j}^{GS}(t) + T_{g,j}^{GN}(t)$  และ  $N$  แทนช่วงเวลาการมาถึงของการร้องขอการสำรองที่เวลา  $T_{x,i,j}^s(t)$  ถึง  $T_{x,i,j}^s(t) + T_{x,i,j}^n(t)$  ของโสตต์เคลื่อนที่ที่  $x$  ถ้า  $M$  และ  $N$  มีค่าทับซ้อนซึ่งกันและกันโสตต์เคลื่อนที่ที่  $x$  จะได้รับเลือกเข้ากลุ่มทางเวลา  $g$  ถ้าหากช่วงเวลา  $M$  และ  $N$  ไม่ซ้อนทับกันสถานีฐานของเซลล์ที่  $j$  จะสร้างกลุ่มทางเวลาใหม่สำหรับโสตต์เคลื่อนที่ที่  $x$  การที่โสตต์เคลื่อนที่ใดๆ จะได้รับการยอมรับเข้ากลุ่ม สถานีฐานจะตรวจสอบการร้องขอการสำรองนั้นๆ โดยใช้เงื่อนไข  $P_{g,j}(t) \leq 1$  และ  $BW_{g,j}(t) \leq BW_j^{total}(t)$  ถ้าเงื่อนไขเป็นจริงถือว่าโสตต์เคลื่อนที่นั้น

ได้เข้าเป็นสมาชิกของกลุ่มที่สำรองแบนด์วิดท์สำเร็จ ค่า  $P_{g,j}(t)$  และ  $BW_{g,j}(t)$  จะนำไปตั้งสมการที่ (1) และ (2) ถ้าหากการทับซ้อนของช่วงเวลาของโสตต์เคลื่อนที่ที่  $x$  ทับซ้อนมากกว่าหนึ่งกลุ่ม โสตต์เคลื่อนที่ที่  $x$  จะเลือกเข้าเป็นสมาชิกกับกลุ่มทางเวลาที่ตนเองมีส่วนของช่วงเวลาซ้อนทับที่มากกว่า รูปที่ 1 แสดงแนวคิดของการรวมกลุ่มทางเวลา



รูปที่ 1 แนวคิดการรวมกลุ่มทางเวลา

จากตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2 เป็นตัวอย่างของขั้นตอนการสำรองแบนด์วิดท์เมื่อโสตต์เคลื่อนที่เสนอออฟไปยังเซลล์ใหม่สำเร็จ สถานีฐานของเซลล์ใหม่ส่งการร้องขอการสำรองแบนด์วิดท์ไปยังเซลล์เพื่อนบ้านของเซลล์ใหม่โดยในที่นี้เลือกแสดงเฉพาะเซลล์เพื่อนบ้านที่  $j$  เราสามารถสร้างกลุ่มทางเวลาของโสตต์เคลื่อนที่ได้สองกลุ่มตามตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 3



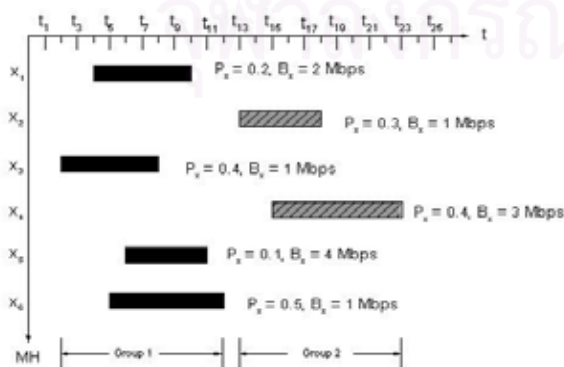
- ทิศทางการเคลื่อนที่ของโสตต์เคลื่อนที่
- - - - -> การร้องขอแบนด์วิดท์สำรองของโสตต์เคลื่อนที่

รูปที่ 2 กระบวนการสำรองแบนด์วิดท์โดยเลือกแสดงเฉพาะเซลล์ที่  $j$

โดยขณะเริ่มพิจารณาไม่มีกลุ่มทางเวลาของโสตต์เคลื่อนที่ใดๆ อยู่ในเซลล์ เซลล์เพื่อนบ้านที่  $j$  ได้รับการร้องขอการสำรองจากโสตต์เคลื่อนที่ที่  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$  ตามลำดับ เมื่อเซลล์ที่  $j$  ได้รับการร้องขอการสำรองจากโสตต์เคลื่อนที่  $x_1$  กลุ่มทางเวลาของโสตต์



เคลื่อนที่จะถูกสร้างขึ้นเรียกว่ากลุ่มทางเวลาที่หนึ่ง โดยที่เวลา  $T_{g1,j}^{GS}(t)$  ของกลุ่มมีค่าเท่ากับ  $t_4$  และ  $T_{g1,j}^{GS}(t) + T_{g1,j}^{GN}(t)$  เท่ากับ  $t_{10}$  โดยที่  $P_{g1,j}(t)$  เท่ากับ 0.2 และ  $BW_{g1,j}$  เท่ากับ 2 Mbps ต่อมาเซลล์ที่  $j$  ได้รับการร้องขอแบนด์วิดท์สำรองจากโฮสต์เคลื่อนที่  $x_2$  แต่เนื่องจากช่วงเวลาจาก  $T_{g1,j}^{GS}(t)$  ถึง  $T_{g1,j}^{GS}(t) + T_{g1,j}^{GN}(t)$  ของโฮสต์เคลื่อนที่  $x_1$  กับช่วงเวลาจาก  $T_{x2,i2,j}^s(t)$  ถึง  $T_{x2,i2,j}^s(t) + T_{x2,i2,j}^n(t)$  ไม่เกิดการซ้อนทับซึ่งกันและกันทางเวลาขึ้น ดังนั้นเซลล์ที่  $j$  จึงสร้างกลุ่มทางเวลาขึ้นใหม่เรียกว่ากลุ่มทางเวลาที่สอง โดยที่เวลาของ  $T_{g2,j}^{GS}(t)$  กลุ่มทางเวลาที่สองเท่ากับ  $t_{13}$  และ  $T_{g2,j}^{GS}(t) + T_{g2,j}^{GN}(t)$  เท่ากับ  $t_{18}$  หลังจากนั้นเมื่อโฮสต์เคลื่อนที่  $x_3$  ส่งการร้องขอการแบนด์วิดท์สำรองมายังเซลล์เพื่อนบ้านที่  $j$  เพื่อจะตรวจสอบค่าของ  $T_{x3,i3,j}^s(t)$  และ  $T_{x3,i3,j}^s(t) + T_{x3,i3,j}^n(t)$  ว่ามีช่วงเวลาทับซ้อนกับกลุ่มใด ซึ่งในตัวอย่างนี้มีค่าทับซ้อนกับกลุ่มทางเวลาที่หนึ่ง จากนั้นทำการตรวจสอบเงื่อนไขตามสมการที่ (1) และ (2) ถ้าเงื่อนไขเป็นจริงโฮสต์เคลื่อนที่  $x_3$  จะถูกจัดเข้าเป็นสมาชิกของกลุ่มที่หนึ่ง โดยที่  $P_{g1,j}(t)$  ใหม่เท่ากับ 0.6 และ  $BW_{g1,j}$  ใหม่มีค่าเท่ากับ 3 Mbps ต่อมาเซลล์ที่  $j$  ได้รับการร้องขอการสำรองจากโฮสต์เคลื่อนที่  $x_4$  ด้วยค่า  $T_{x4,i4,j}^s(t)$  เท่ากับ  $t_{15}$  และค่า  $T_{x4,i4,j}^s(t) + T_{x4,i4,j}^n(t)$  เท่ากับ  $t_{23}$  ซึ่งมีค่าทับซ้อนกับค่า  $T_{g2,j}^{GS}(t)$  ถึง  $T_{g2,j}^{GS}(t) + T_{g2,j}^{GN}(t)$  ของกลุ่มทางเวลาที่สอง เพราะฉะนั้นโฮสต์เคลื่อนที่  $x_4$  ถูกจัดเข้าเป็นสมาชิกในกลุ่มทางเวลาที่สอง โดยที่  $P_{g2,j}(t)$  ใหม่เท่ากับ 0.7 และ  $BW_{g2,j}$  ใหม่เท่ากับ 4 Mbps จากนั้นเซลล์เพื่อนบ้านที่  $j$  ได้รับการร้องขอการแบนด์วิดท์สำรองจากโฮสต์เคลื่อนที่  $x_5$  และ  $x_6$  ด้วยขั้นตอนแบบเดียวกัน โฮสต์เคลื่อนที่  $x_5$  ได้เข้ากลุ่มที่หนึ่งสำเร็จด้วย  $P_{g1,j}(t)$  ใหม่มีค่าเท่ากับ 0.7 และ  $BW_{g1,j}$  ใหม่เท่ากับ 7 Mbps แต่โฮสต์เคลื่อนที่  $x_6$  ไม่ได้รับการจัดเข้าเป็นสมาชิกในกลุ่มที่หนึ่งเพราะ  $P_{g1,j}(t) > 1$  เพราะฉะนั้นระยะเวลาการอยู่โดยประมาณของกลุ่มที่หนึ่งซึ่งประกอบด้วยโฮสต์เคลื่อนที่  $x_1, x_3, x_5$  คือ  $t_2$  ถึง  $t_{11}$  และระยะเวลาการคงอยู่โดยประมาณของกลุ่มทางเวลาที่สองซึ่งประกอบด้วยโฮสต์เคลื่อนที่  $x_2, x_4$  คือ  $t_{13}$  ถึง  $t_{23}$  หากว่ากลุ่มทางเวลากลุ่มใดไม่มีสมาชิกในกลุ่มทางเวลากลุ่มนั้นจะถูกลบออกไปและเนื่องจากโฮสต์เคลื่อนที่ที่มีการเข้าและออกจากกลุ่มตลอดเวลา ดังนั้นระยะเวลาการคงอยู่โดยประมาณก็ต้องปรับค่าตาม



รูปที่ 3 ตัวอย่างการจัดกลุ่มทางเวลาของการร้องขอการแบนด์วิดท์สำรองในเซลล์ที่  $j$

### 3. แบบจำลองของการควบคุมการตอบรับการเรียก

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการควบคุมการตอบรับการเรียก (Call admission control) สถานีฐานสามารถปรับสมาชิกในกลุ่มทางเวลาโดยอัตโนมัติเป็นผลให้ปริมาณแบนด์วิดท์สำรองถูกปรับเปลี่ยนตามไปด้วย โดยในแบบจำลองนี้สมมติให้โฮสต์เคลื่อนที่มีทราฟฟิกมากกว่าหนึ่งสาย (multi-flow) ในการเรียกหนึ่งการเรียก ซึ่งปริมาณแบนด์วิดท์ที่โฮสต์เคลื่อนที่ใช้งานได้จากสมการที่ (3)

$$BW_x = \sum_{f=1}^N BW_{x,f} \quad (3)$$

โดยที่  $\theta_j(g)$  แทนปริมาณแบนด์วิดท์ที่สำรองไว้สำหรับกลุ่มทางเวลาของโฮสต์เคลื่อนที่ที่  $g$  ในเซลล์เพื่อนบ้านที่  $j$  สามารถคำนวณได้จาก สมการที่ (4) และ (5)

$$\theta_j(g) = \max \left\{ \sum_{s=1}^6 \sum_{k=1}^n P_{x_k,i_s,j}(t) \cdot BW_{x_k}, BW_{x_k, \max} \right\} \quad (4)$$

โดยที่  $P_{x_k,i_s,j}(t)$  แทนความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟของโฮสต์เคลื่อนที่  $x_k$  ที่กำลังแฮนด์ออฟจากเซลล์ที่  $i_s$  ไปเซลล์ที่  $j$  เมื่อ  $x_k$  แทนสมาชิกโฮสต์เคลื่อนที่ในกลุ่มทางเวลาที่  $g$  ซึ่งมีจำนวน  $k = 1, 2, \dots, n$  และ  $i_s$  แทนกลุ่มของเซลล์เพื่อนบ้านของเซลล์ที่  $j$  เมื่อ  $s = 1, 2, \dots, 6$  โดยที่  $P_\alpha$  แทนระดับความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟที่ตั้งไว้ (Threshold of handoff probability)

$$BW_{x_k, \max} = \max \{ BW_{x_k} \mid P_{x_k,i_s,j} \geq P_\alpha \} \quad (5)$$

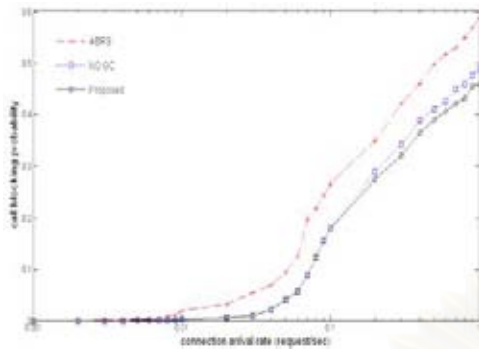
### 4. การประเมินประสิทธิภาพ

ในส่วนนี้ได้ทำการประเมินประสิทธิภาพจากวิธีการที่เสนอ โดยเปรียบเทียบกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้ที่ได้มีการเสนอไว้ใน [1] และ โครงสร้างซึ่งไม่มีการสำรองแบนด์วิดท์สมมติฐานในการจำลองแบบ

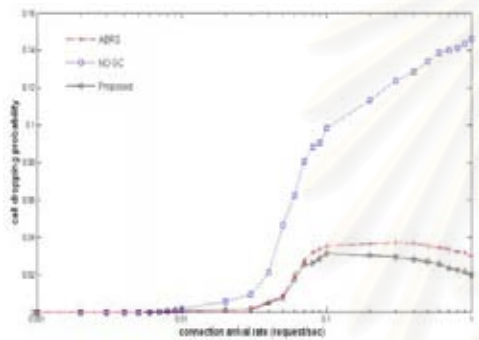
- ในระบบที่ทดสอบประกอบด้วยเซลล์ทั้งหมด 36 เซลล์
- ชนิดของการเคลื่อนที่ของโฮสต์เคลื่อนที่ถูกกำหนดขึ้นเมื่อเข้าสู่ระบบ แบ่งเป็นสามลักษณะตามความเร็วของโฮสต์เคลื่อนที่
- ความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟ ของโฮสต์เคลื่อนที่ถูกกำหนดขึ้นแบบสุ่มในตอนเริ่มแรกของการเรียก
- สมมติให้การมาถึงของการเรียกของโฮสต์เคลื่อนที่ที่มีการแจกแจงแบบปัวส์ซง (Poisson) เวลาการใช้บริการและเวลาการใช้ช่องสัญญาณมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล
- ลักษณะของทราฟฟิกที่ใช้โปรแกรมแบ่งเป็นสามลักษณะ ทราฟฟิกเสียง ทราฟฟิกวิดีโอ ทราฟฟิกข้อมูล
- ระดับความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟที่ตั้งไว้เท่ากับ 0.4

การประเมินผลของแบบแผนที่เสนอแสดงออกมาในรูปของความน่าจะเป็นของการรื้อบริการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ ความ

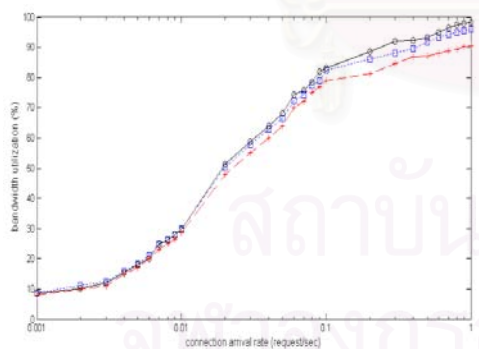
น่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่และการใช้สอยได้ของแบนด์วิดท์ ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 4 5 และ 6



รูปที่ 4 ความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ (New call-blocking probability: CBP)



รูปที่ 5 ความน่าจะเป็นของการครี้อการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟ (Handoff call-dropping probability: CDP)



รูปที่ 6 การใช้ประโยชน์ของแบนด์วิดท์ (Bandwidth utilization)

ผลของสภาพการเคลื่อนที่ของโฮสต์เคลื่อนที่ทำให้เวลาของการเปลี่ยนเซลล์โดยประมาณที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีการประมาณตำแหน่งของโฮสต์เคลื่อนที่มีความคลาดเคลื่อนอยู่พอสมควร อันจะส่งผลกระทบต่อกรณีที่มีการสำรองแบนด์วิดท์ในเซลล์เพื่อนบ้านสำหรับโฮสต์เคลื่อนที่ไว้แล้ว แต่โฮสต์เคลื่อนที่ไม่แฮนด์ออฟที่เวลาของการเปลี่ยนเซลล์โดยประมาณที่โฮสต์เคลื่อนที่ระบุไว้ มีผลทำให้ ความน่าจะเป็นที่การแฮนด์ออฟนั้นจะถูกครี้อก็จะเพิ่มมากขึ้นตามที่แสดงในรูปที่ 5 และ

การใช้ประโยชน์จากแบนด์วิดท์ในเซลล์เพื่อนบ้านมีประสิทธิภาพต่ำลงตามที่แสดงในรูปที่ 6 เมื่อการสำรองแบนด์วิดท์ในเซลล์เพื่อนบ้านเซลล์ใดเซลล์หนึ่งไม่สำเร็จ การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟนั้นจะถูกครี้อไป

## 5. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการจัดกลุ่มทางเวลาร่วมกับแบบแผนการสำรองแบนด์วิดท์ชนิดปรับตัวได้เพื่อลดปัญหาการสูญเสียการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ที่สูญเสียไปเนื่องจากการสำรองแบนด์วิดท์ไว้แล้วโฮสต์เคลื่อนที่ไม่แฮนด์ออฟในช่วงเวลาที่ประมาณไว้หรือโฮสต์เคลื่อนที่จะถูกครี้อเนื่องจากแฮนด์ออฟก่อนช่วงเวลาที่ประมาณไว้เนื่องจากไม่มีแบนด์วิดท์เพียงพอสำหรับการแฮนด์ออฟนั้น

## เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Oliverira, J. B. Kim, and T. Suda, "An Adaptive Bandwidth Reservation Scheme for High-Speed Mobile Networks," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 16, Aug. 1998, pp. 858-874
- [2] G. S. Kuo, P.C. Ko, and M. L. Kuo, "A Probabilistic Resource Estimation and Semi-Reservation Scheme for Flow-Oriented Multimedia Wireless Networks," *IEEE Commun. Mag.*, Feb. 2001, pp. 135-141
- [3] 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 Trans. Networking.*, vol. 5, Feb. 1997, pp. 1-12
- [4] J. Y. Chang and H. L. Chen, "Dynamic-Grouping Bandwidth Reservation Scheme for Multimedia Wireless Network," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 19, Dec. 2003, pp. 1566-1574



เอกชัย เจริญโรจน์มงคล สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย งานวิจัยที่สนใจในปัจจุบันคือคุณภาพการบริการในระบบสื่อสารไร้สาย



วาติต เบญจพลกุล สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาอิเล็กทรอนิกส์ จากมหาวิทยาลัยโคเกีย ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย งานวิจัยที่สนใจในปัจจุบันคือ ระบบสื่อสารเคลื่อนที่ โครงข่ายแถบกว้าง และการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในระบบสื่อสาร

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย เอกชัย เจริญโรจน์มงคล เกิดวันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2521 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร เข้าศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2539 สำเร็จการศึกษาได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในปีการศึกษา 2543 และ เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่ห้องปฏิบัติการวิจัยศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะ ด้านโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อภาคการศึกษาที่ 1 ปี การศึกษา 2545



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย