

การปรับปรุงประสิทธิภาพของการจัดสรรช่องสัญญาณแบบพลวัตสำหรับ  
เครือข่ายเซลลูลาร์

PERFORMANCE IMPROVEMENT OF DYNAMIC CHANNEL  
ALLOCATION FOR CELLULAR NETWORKS

ธณสันต์ สอนิสิริ

THANASAN SONTISIRI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคณะหลังสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-EN-M-OT0-179

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การปรับปรุงประสิทธิภาพของการจัดสรรช่องสัญญาณแบบพลวัตสำหรับ  
เครือข่ายเซลลูลาร์

PERFORMANCE IMPROVEMENT OF DYNAMIC CHANNEL  
ALLOCATION FOR CELLULAR NETWORKS



ชนสันต์ สนธิศิริ

THANASAN SONTISIRI

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 87869  
วัน,เดือน,ปี..... 19 ส.ค. 2552

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-EN-M-070-179

**PERFORMANCE IMPROVEMENT OF DYNAMIC CHANNEL  
ALLOCATION FOR CELLULAR NETWORKS**

**THANASAN SONTISIRI**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING IN COMPUTER ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2008  
KMITL-2008-EN-M-070-179**

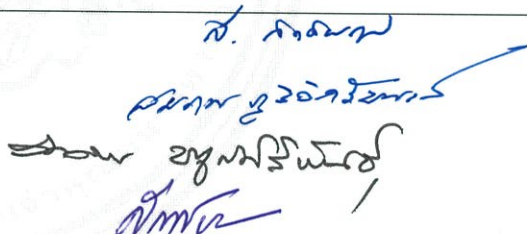
**COPYRIGHT 2008**

**FACULTY OF ENGINEERING**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงประสิทธิภาพของการจัดสรรช่องสัญญาณแบบพลวัตสำหรับเครือข่ายเซลลูลาร์  
Thesis Title Performance Improvement of Dynamic Channel Allocation for Cellular Networks  
นักศึกษา นายชนสันต์ สนธิศิริ  
รหัสประจำตัว 46063003  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ศักดิ์ชัย ทิพย์จักษ์รัตน์  
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2008-EN-M-070-179

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สุรินทร์	กิตติธรกุล	
รศ.ดร.สมภพ	ภูริวิรัชพงศ์	
รศ.ดร.รัตติกร	วรากุลศิริพันธุ์	
ผศ.ดร.ศักดิ์ชัย	ทิพย์จักษ์รัตน์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันศุกร์ที่ 17 ตุลาคม พ.ศ. 2551 เวลา 09.00-11.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 2 ห้องประชุม 6

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 17 ตุลาคม พ.ศ. 2551

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงประสิทธิภาพของการจัดสรรช่องสัญญาณแบบพลวัตสำหรับเครือข่ายเซลลูล่า
นักศึกษา	นาย ธนสันต์ สนธิศิริ
รหัสประจำตัว	46063003
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ. ดร. ศักดิ์ชัย ทิพย์จักษ์ภูรัตน์

### บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอวิธีควบคุมการใช้ช่องสัญญาณของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเครือข่ายเซลลูล่า โดยการปรับปรุงวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสภาวะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต ร่วมกับวิธีการจองช่องสัญญาณล่วงหน้าสำหรับเครือข่ายเซลลูล่าเพื่อลดค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ เพื่อให้มีการใช้ช่องสัญญาณของเครือข่ายอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการกำหนดพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ทำให้ระบบสามารถปรับค่าช่องสัญญาณเพื่อรองรับปริมาณนิวคอลลได้มากขึ้น และการจองช่องสัญญาณของเซลล์ล่วงหน้าก่อนที่จะเกิดการแฮนด์ออฟทำให้ระบบสามารถลดค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ เราได้ทำการจำลองการทำงานของระบบด้วยเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวและสองมิติเพื่อศึกษาวิจัยวิธีควบคุมการใช้ช่องสัญญาณที่นำเสนอกับพื้นที่ประเภททางหลวงพิเศษและถนนในเขตเมือง โดยเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวจะเหมาะสมกับพื้นที่ประเภททางหลวงพิเศษ เนื่องจากแต่ละเซลล์ในเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวจะมีเซลล์ข้างเคียงสองเซลล์ และผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวจะเคลื่อนที่ได้สองทิศทาง ในขณะที่เซลล์ในเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติจะมีจำนวนเซลล์ข้างเคียงสี่เซลล์และผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติจะเคลื่อนที่ได้สี่ทิศทาง ทำให้เครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิตินี้มีความเหมาะสมกับพื้นที่ประเภทถนนในเขตเมือง

<b>Thesis</b>	Performance Improvement of Dynamic Channel Allocation for Cellular Networks
<b>Student</b>	Mr. Thanasan Sontisiri
<b>Student ID.</b>	46063003
<b>Degree</b>	Master of Engineering
<b>Program</b>	Computer Engineering
<b>Year</b>	2008
<b>Thesis Advisor</b>	Asst. Prof. Dr. Sakchai Thipchaksurat

## **ABSTRACT**

This thesis proposes the call admission control scheme for cellular networks using the modification of measurement-based dynamic guard channel and reserves for the next cell beforehand. This will help to reduce new-call-blocking probability and handoff-dropping probability so that network channel can be useful. Using new-call threshold improves system to support more new call. In addition reserving the next cell in advance before handoff help decrease handoff-dropping probability. We simulated One-dimensional Cellular Networks and Two-dimensional Cellular Networks in order to study the call admission control scheme using on highway and downtown street. One-dimensional Cellular Networks is suitable for using on highway because each cell in One-dimensional Cellular Networks has two adjacent cells so the call in One-dimensional Cellular Networks can move only two directions, whereas call in Two-dimensional Cellular Networks has four adjacent cells so the call in Two-dimensional Cellular Networks can move totally four directions. It is appropriate using on downtown street accordingly.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ดร. ศักดิ์ชัย ทิพย์จักษ์ยุรัตน์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำความรู้ทางทฤษฎีต่างๆและชี้แนะแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างทุ่มเท รวมทั้งอบรมสั่งสอนข้าพเจ้าให้มีความสามารถในการทำวิจัยและพัฒนาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ. ดร. รัตติกร วรากุลศิริพันธุ์ ซึ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และหัวหน้าห้องปฏิบัติการวิจัยเครือข่ายสื่อสาร สำนักวิจัยการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ (ReCCIT) ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนแนะแนวทางแก้ไขในการทำวิจัย เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. สุรินทร์ กิตติชรกุล และ รศ. ดร. สมภพ ภูริวิกรัยพงศ์ ซึ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำที่มีคุณค่าซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องของข้าพเจ้า ผู้ที่คอยห่วงใย เข้าใจและให้การสนับสนุนในการศึกษามาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ต้องขอขอบคุณรุ่นพี่และเพื่อนของข้าพเจ้าทุกคนที่คอยให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่เคารพรักยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์อันดีแก่ข้าพเจ้า

ธนสันต์ สานศิริ

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	2
1.3 หลักการใหม่ของวิทยานิพนธ์.....	3
1.4 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 หลักการทำงานของเครือข่ายเซลลูล่า.....	6
2.1 การเชื่อมต่อกับเครือข่ายเซลลูล่า.....	6
2.2 การกำหนดแบบจำลองของเซลในเครือข่ายเซลลูล่า.....	9
2.3 การใช้ความถี่ซ้ำในเครือข่ายเซลลูล่า.....	13
2.4 การกำหนดช่องสัญญาณในเครือข่ายเซลลูล่า.....	16
2.4.1 การร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งความถี่.....	16
2.4.2 การร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลา.....	19
2.4.3 การร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบเข้ารหัส.....	23
2.4.3.1 วิธีโคเร็คซีแควนสเปรดสเปกตรัม.....	25
2.4.3.2 วิธีพีรีแควนซีฮอปปีงสเปรดสเปกตรัม.....	27
2.5 การแฮนด์ออฟในเครือข่ายเซลลูล่า.....	28
บทที่ 3 เครือข่ายเซลลูล่าแบบมิตติเดียวและสองมิตติ.....	33
3.1 เครือข่ายเซลลูล่าแบบมิตติเดียว.....	33
3.2 เครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิตติ.....	34

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณ .....	37
4.1 วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบต่างๆ.....	37
4.2 วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีกำหนดค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ.....	40
4.3 วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่า แนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต.....	42
บทที่ 5 วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่นำเสนอ.....	46
5.1 การปรับปรุงวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลลูล่า และปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต.....	46
5.2 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ที่ใช้วัดคุณภาพบริการของเครือข่ายเซลลูล่า.....	53
5.2.1 ค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้.....	53
5.2.2 ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้.....	54
5.2.3 ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์.....	55
5.3 การจองช่องสัญญาณในเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิตติเดียวและสองมิตติ.....	56
บทที่ 6 การจำลองการทำงานของระบบและผลการจำลอง.....	58
6.1 แบบจำลองการทำงานของเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิตติเดียวและสองมิตติ.....	58
6.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองการทำงานของระบบ.....	61
6.3 ผลการจำลองการทำงานของระบบ.....	62
6.3.1 ผลการจำลองการทำงานของระบบด้วยโครงสร้างเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิตติ เดียว.....	62
6.3.2 ผลการจำลองการทำงานของระบบด้วยโครงสร้างเครือข่ายเซลลูล่าแบบสอง มิตติ.....	93
บทที่ 7 บทสรุป.....	124
7.1 สรุปงานวิจัยที่นำเสนอ.....	124
7.2 สรุปผลการทดลอง.....	125

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
7.3 ปัญหาและอุปสรรค.....	125
7.4 แนวทางการปรับปรุงงานวิจัยในอนาคต.....	126
เอกสารอ้างอิง.....	127
ภาคผนวก.....	131
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการจำลองการทำงานของระบบในส่วนที่มีการเรียกใช้วิธีการ จัดสรรห้องสัญญาณ .....	131
ภาคผนวก ข ผลงานวิจัยในระหว่างการศึกษาที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	158
ประวัติผู้เขียน.....	178

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ผลกระทบจากการกำหนดแบบจำลองของเซลล์รูปทรงต่างๆ.....	12
2.2 ตัวอย่างการหาจำนวนเซลล์ใน 1 กลุ่ม.....	14
6.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองการทำงานของระบบ.....	62
6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ ช่องสัญญาณได้กับเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลบนเครือข่าย เซลล์เดี่ยวแบบมิตติเดี่ยว.....	65
6.3 ค่าพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ที่เหมาะสม ที่สุดบนเครือข่ายเซลล์เดี่ยวแบบมิตติเดี่ยว.....	74
6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ ช่องสัญญาณได้กับเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลบนเครือข่าย เซลล์เดี่ยวแบบสองมิตติ.....	96
6.5 ค่าพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ที่เหมาะสม ที่สุดบนเครือข่ายเซลล์เดี่ยวแบบสองมิตติ.....	104

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงระบบเครือข่ายเซลลูลาร์.....	6
2.2 แสดงชนิดช่องสัญญาณที่ใช้สื่อสารกับสถานีฐาน.....	7
2.3 ขั้นตอนการเชื่อมต่อเครือข่ายเซลลูลาร์จากผู้ใช้งานเครือข่ายไปยังสถานีฐาน.....	8
2.4 ขั้นตอนการเชื่อมต่อเครือข่ายเซลลูลาร์จากสถานีฐานไปยังผู้ใช้งานเครือข่าย.....	9
2.5 แสดงพื้นที่เซลในอุดมคติและเซลที่แท้จริง.....	10
2.6 แสดงแบบจำลองของเซลด้วยรูปทรงหกเหลี่ยมด้านเท่าและรูปทรงสี่เหลี่ยมด้านเท่า.....	11
2.7 แบบจำลองของเซลรูปทรงต่างๆ.....	11
2.8 แสดงการใช้ความถี่ซ้ำของเครือข่ายเซลลูลาร์.....	13
2.9 การหาเซลศูนย์กลางของกลุ่ม.....	15
2.10 ตัวอย่างการจัดกลุ่มเซลเพื่อใช้ความถี่ซ้ำ.....	15
2.11 หลักการของวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งความถี่.....	17
2.12 การใช้ช่องสัญญาณคู่ด้วยวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งความถี่.....	18
2.13 การเว้นระยะระหว่างช่องสัญญาณด้วยวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งความถี่.....	19
2.14 แถบความถี่คุ่มในระบบการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งความถี่.....	19
2.15 หลักการของวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลา.....	20
2.16 การใช้ช่องสัญญาณคู่ด้วยวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลา.....	21
2.17 การร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลาโดยการสื่อสารสองทางด้วยความถี่.....	22
2.18 การร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลาโดยการสื่อสารสองทางด้วยเวลา.....	22
2.19 โครงสร้างของกรอบความถี่ในวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลา.....	22
2.20 หลักการของวิธีร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบเข้ารหัส.....	24
2.21 การใช้ช่องสัญญาณคู่ด้วยวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบเข้ารหัส.....	24
2.22 หลักการของเทคโนโลยีการแผ่สเปกตรัม.....	25
2.23 หลักการของวิธีไคเร็กซีแควนสเปกตรัม.....	26
2.24 ตัวอย่างการสร้างออโทโกนอลโค้ด.....	27
2.25 ตัวอย่างวิธีวิธีฟรีแควนซ์ฮอปปีงสเปกตรัม.....	27
2.26 ระดับความแรงของสัญญาณและขอบเขตของเซลในอุดมคติ.....	28
2.27 ตัวอย่างระดับความแรงของสัญญาณและขอบเขตเซลในความเป็นจริง.....	29
2.28 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับความแรงของสัญญาณกับระยะห่างจากสถานีฐาน.....	29

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.29 ตำแหน่งที่เกิดการแฮนด์ออฟ.....	30
2.30 วิธีฮาร์ดแฮนด์ออฟ.....	31
2.31 วิธีซอฟต์แวร์แฮนด์ออฟ.....	32
3.1 แสดงการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานบนทางหลวงพิเศษ.....	33
3.2 โครงสร้างเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิตติเดียวที่มีแบบจำลองของเซลเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม.....	34
3.3 โครงสร้างเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิตติเดียวที่มีแบบจำลองของเซลเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม.....	34
3.4 แผนที่ถนนเมืองแมนฮัตตัน.....	35
3.5 โครงสร้างถนนของเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติ.....	36
3.6 โครงสร้างเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติ.....	36
4.1 หลักการทำงานของวิธีกำหนดแนวควบคุมช่องสัญญาณ.....	41
4.2 ฟังก์ชันวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกำหนดค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ.....	42
4.3 ฟังก์ชันวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสภาวะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต.....	44
5.1 ฟังก์ชันการปรับปรุงวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสภาวะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต.....	47
5.2 ฟังก์ชันกระบวนการจองช่องสัญญาณ.....	48
5.3 ฟังก์ชันกระบวนการปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ.....	48
5.4 ตัวอย่างกรณีที่แฮนด์ออฟคอลหลายคอลเรียกใช้ช่องสัญญาณในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน.....	51
5.5 ฟังก์ชันการจัดลำดับความสำคัญของแฮนด์ออฟคอล.....	52
5.6 ตัวอย่างการวัดค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้.....	54
5.7 ตำแหน่งการจองช่องสัญญาณ.....	57
6.1 เครือข่ายเซลลูล่าแบบมิตติเดียว.....	59
6.2 เครือข่ายเซลลูล่าแบบมิตติเดียวที่ใช้ในการจำลองการทำงาน.....	59
6.3 เครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติ.....	60
6.4 การเชื่อมต่อเซลแถวบนสุดกับแถวล่างสุด.....	60
6.5 การเชื่อมต่อเซลแถวซ้ายสุดกับแถวขวาสุด.....	61
6.6 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิตติเดียว.....	63







## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
6.46 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่ง สื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอล เป็น 0.5.....	90
6.47 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่ง สื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอล เป็น 0.6.....	91
6.48 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่ง สื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอล เป็น 0.7.....	91
6.49 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่ง สื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอล เป็น 0.8.....	92
6.50 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่ง สื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอล เป็น 0.9.....	92
6.51 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่ง สื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอล เป็น 1.....	93
6.52 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของการจำลอง ระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติ.....	94
6.53 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของการ จำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติ.....	94
6.54 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของ เครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลเท่ากับ 0.....	99
6.55 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของ เครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลเท่ากับ 0.1.....	99
6.56 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของ เครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลเท่ากับ 0.2.....	100







## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
6.95 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอด เป็น 0.8.....	122
6.96 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอด เป็น 0.9.....	122
6.97 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอด เป็น 1.....	123

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นการสื่อสารที่สะดวกและเป็นที่ยอมรับมากจนกลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวันของเรา เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือเครือข่ายเซลลูลาร์ (Cellular Network) [1] จำเป็นจะต้องรองรับปริมาณผู้ใช้งานจำนวนมาก เนื่องจากทรัพยากรของเครือข่ายเซลลูลาร์มีจำนวนจำกัดจึงต้องควบคุมการใช้งานให้เหมาะสม เนื่องจากระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นการสื่อสารไร้สาย ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ (Mobile Station) [1] จึงต้องเชื่อมต่อกับเครือข่ายผ่านคลื่นวิทยุ โดยเครือข่ายเซลลูลาร์แบ่งคลื่นวิทยุออกเป็นช่องสัญญาณจำนวนหนึ่ง ปริมาณผู้ใช้งานที่เครือข่ายเซลลูลาร์สามารถรองรับได้จึงขึ้นอยู่กับจำนวนช่องสัญญาณที่มี ดังนั้นช่องสัญญาณของเครือข่ายเซลลูลาร์จึงเป็นทรัพยากรของเครือข่ายที่มีความสำคัญมาก

การเรียกใช้ช่องสัญญาณของเครือข่ายเซลลูลาร์แบ่งออกเป็นสองประเภทคือนิวคอล (New Call) [2] หมายถึงการเรียกใช้ช่องสัญญาณเมื่อเริ่มต้นใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ และแฮนด์ออฟคอล (Handoff Call) [2] หมายถึงการเรียกใช้ช่องสัญญาณเมื่อผู้ที่กำลังใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์เคลื่อนที่ข้ามเซลล์ (Cell) [1] เนื่องจากนิวคอลและแฮนด์ออฟคอลเรียกใช้ช่องสัญญาณจากแหล่งเดียวกัน จึงต้องใช้วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณ (Call Admission Control Scheme) [3] เพื่อควบคุมการใช้งานช่องสัญญาณของนิวคอลและแฮนด์ออฟคอลให้เหมาะสม

วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณใช้พารามิเตอร์ 3 ค่าเพื่อวัดคุณภาพบริการ (Quality of Service) [3] ของเครือข่ายเซลลูลาร์คือ ค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ (New-Call-Blocking Probability) [3] ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ (Handoff-Dropping Probability) [3] และค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์ (Call Successful Probability) [3] ถ้านิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ จะทำให้ไม่สามารถเริ่มใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ได้ ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้จึงใช้วัดประสิทธิภาพของการเชื่อมต่อกับเครือข่ายเซลลูลาร์ ในขณะที่เดียวกันถ้าแฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์จะถูกตัดการสื่อสารก่อนที่การสื่อสารจะสิ้นสุด ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้จึงใช้วัดประสิทธิภาพของความต่อเนื่องในการใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ การลดค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และการลด

ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้จึงเป็นจุดประสงค์ของวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณ

โดยทั่วไปการถูกตัดการสื่อสารในขณะที่การสื่อสารยังไม่สิ้นสุดจะส่งผลกระทบต่อความรู้สึของผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่ามากกว่าการที่ไม่สามารถเริ่มใช้งานเครือข่ายได้ ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงให้ความสำคัญกับค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มากกว่าค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้

พารามิเตอร์ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เป็นพารามิเตอร์ที่แสดงให้เห็นว่า ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่ามีโอกาสเท่าไรที่จะทำการสื่อสารกับคู่สนทนาจนกระทั่งเสร็จสิ้นและตัดการเชื่อมต่อ ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ เนื่องจากผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าที่สามารถทำการสื่อสารจนเสร็จสมบูรณ์และตัดการเชื่อมต่อจากเครือข่ายด้วยตัวเองนั้น แสดงว่าเป็นผู้ใช้งานเครือข่ายที่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณเมื่อเคลื่อนที่ข้ามเซลล์ได้สำเร็จทุกครั้ง ซึ่งค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้นั้นไม่ได้รับประกันว่าถ้าผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณเมื่อเคลื่อนที่ข้ามเซลล์สำเร็จในครั้งนี้แล้วจะสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้สำเร็จอีก เมื่อเคลื่อนที่ข้ามเซลล์ในครั้งถัดไป ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เป็นพารามิเตอร์ที่ช่วยวัดคุณภาพบริการของเครือข่ายที่ให้ความสำคัญกับแฮนด์ออฟคอลมากกว่านิวคอลล

## 1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการปรับปรุงประสิทธิภาพของวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับเครือข่ายเซลลูล่า เพื่อลดค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ และเพื่อลดค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ โดยศึกษาวิธีจัดสรรช่องสัญญาณแบบกำหนดแนวควบคุมช่องสัญญาณ (Guard Channel Scheme) [4] เพื่อปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ (Guard Channel) [4] ให้สอดคล้องกับสภาวะของเครือข่ายเซลลูล่า ณ เวลานั้น ซึ่งจะวิเคราะห์ปริมาณแฮนด์ออฟคอลเป็นสำคัญ ถ้าเครือข่ายเซลลูล่ามีปริมาณแฮนด์ออฟคอลมาก แนวควบคุมช่องสัญญาณจะจัดสรรช่องสัญญาณให้นิวคอลลในปริมาณน้อย เพื่อให้แฮนด์ออฟคอลเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ปริมาณมาก ถ้าเครือข่ายเซลลูล่ามีปริมาณแฮนด์ออฟคอลน้อย แนวควบคุมช่องสัญญาณจะจัดสรรช่องสัญญาณให้นิวคอลลในปริมาณมาก นอกจากนี้ในสภาวะที่ระบบสามารถทราบทิศทางเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่า ระบบสามารถปรับแนวควบคุมช่องสัญญาณเพื่อรองรับแฮนด์ออฟคอลก่อนที่ผู้ใช้งานเครือข่ายจะเคลื่อนที่ข้ามเซลล์ได้ ดังนั้นในการจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การปรับปรุงประสิทธิภาพของการจัดสรรช่องสัญญาณแบบพลวัตสำหรับ

เครือข่ายเซลลูลาร์” (Performance Improvement of Dynamic Channel Allocation for Cellular Networks) จึงได้กำหนดวัตถุประสงค์ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ไว้ดังนี้

- 1) ศึกษาค้นหาและพัฒนาเทคนิคและวิธีการใหม่สำหรับวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณ เพื่อลดค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ และเพื่อลดค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้
- 2) นำลักษณะการทำงานของวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแต่ละชนิดมาวิเคราะห์ เพื่อหาความสัมพันธ์ที่จะนำไปประยุกต์สำหรับการออกแบบวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณ
- 3) สามารถนำวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่ออกแบบไปประยุกต์ใช้งานได้ถูกต้อง
- 4) วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่ออกแบบมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานจริงบนเครือข่ายเซลลูลาร์

### 1.3 หลักการใหม่ของวิทยานิพนธ์

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้มีการนำเสนอวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับเครือข่ายเซลลูลาร์ โดยปรับปรุงวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลลูลาร์และปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต (Measurement-Based Dynamic Guard Channel) [5] โดยเพิ่มการวัดค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ และนำมาเปรียบเทียบกับพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ (New-Call Threshold) เพื่อให้ระบบปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณเมื่อเครือข่ายเซลลูลาร์มีปริมาณแฮนด์ออฟคอลลน้อยลงได้เหมาะสมยิ่งขึ้น ซึ่งผลที่ได้คือวิธีการที่นำเสนอให้ค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ลดลง นอกจากนี้ยังเพิ่มวิธีการจองช่องสัญญาณล่วงหน้าสำหรับแฮนด์ออฟคอลลบนสถานะเครือข่ายเซลลูลาร์แบบมิติเดียว (One-dimensional Cellular Networks) [6] และเครือข่ายเซลลูลาร์แบบสองมิติ (Two-dimensional Cellular Networks) [7] เพื่อให้ระบบปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณก่อนที่แฮนด์ออฟคอลลจะเรียกใช้ช่องสัญญาณ ผลที่ได้คือวิธีการที่นำเสนอจะให้ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ลดลง

### 1.4 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการปรับปรุงประสิทธิภาพวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณ ซึ่งทำการปรับปรุงในสองส่วนคือ เพิ่มวิธีการวัดค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ และเพิ่มวิธีการจองช่องสัญญาณล่วงหน้าสำหรับแฮนด์ออฟคอลลบนสถานะเครือข่ายเซลลูลาร์แบบมิติเดียวและสองมิติ เพื่อลดค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้

ช่องสัญญาณได้ และเพื่อลดค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ โดยรายละเอียดต่างๆภายในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้จัดแบ่งส่วนเนื้อหาออกเป็น 7 บท ซึ่งแต่ละบทมีหัวข้อและเนื้อหาดังต่อไปนี้

#### บทที่ 1 บทนำ

อธิบายถึงความเป็นมา ความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ และหลักการใหม่ของวิทยานิพนธ์ รวมไปถึงรายละเอียดเนื้อหาโดยสรุปของแต่ละบท

#### บทที่ 2 หลักการทำงานของเครือข่ายเซลลูล่า

อธิบายถึงระบบการทำงานของเครือข่ายเซลลูล่าซึ่งได้แก่ การเชื่อมต่อกับเครือข่ายเซลลูล่า การแบ่งช่องสัญญาณของแถบ การทำแฮนด์ออฟในเครือข่ายเซลลูล่า

#### บทที่ 3 โครงสร้างเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวและสองมิติ

อธิบายถึงโครงสร้างเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวและสองมิติ ซึ่งเป็นโครงสร้างเครือข่ายเซลลูล่าที่นำไปใช้ในพื้นที่ที่มีลักษณะพิเศษ โดยเครือข่ายเซลลูล่าสามารถทราบทิศทางเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานเครือข่ายได้

#### บทที่ 4 วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณ

อธิบายหลักการการทำงานของวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณบนเครือข่ายเซลลูล่าแบบต่างๆที่ได้ศึกษาค้นคว้า และอธิบายหลักการการทำงานของวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่นำมาปรับปรุงประสิทธิภาพ

#### บทที่ 5 วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่นำเสนอ

อธิบายถึงหลักการใหม่ของวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอ การคำนวณค่าพารามิเตอร์ที่ใช้วัดคุณภาพบริการของเครือข่าย และวิธีการจองช่องสัญญาณสำหรับแฮนด์ออฟคอล

#### บทที่ 6 การจำลองการทำงานระบบและผลการจำลอง

แสดงแบบจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายเซลลูล่า ซึ่งใช้วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่นำเสนอ วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสภาวะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต และระบบซึ่งไม่ทำการจัดสรรช่องสัญญาณ รวมทั้งวิเคราะห์ผลการจำลองการทำงานระบบ

บทที่ 7 บทสรุป

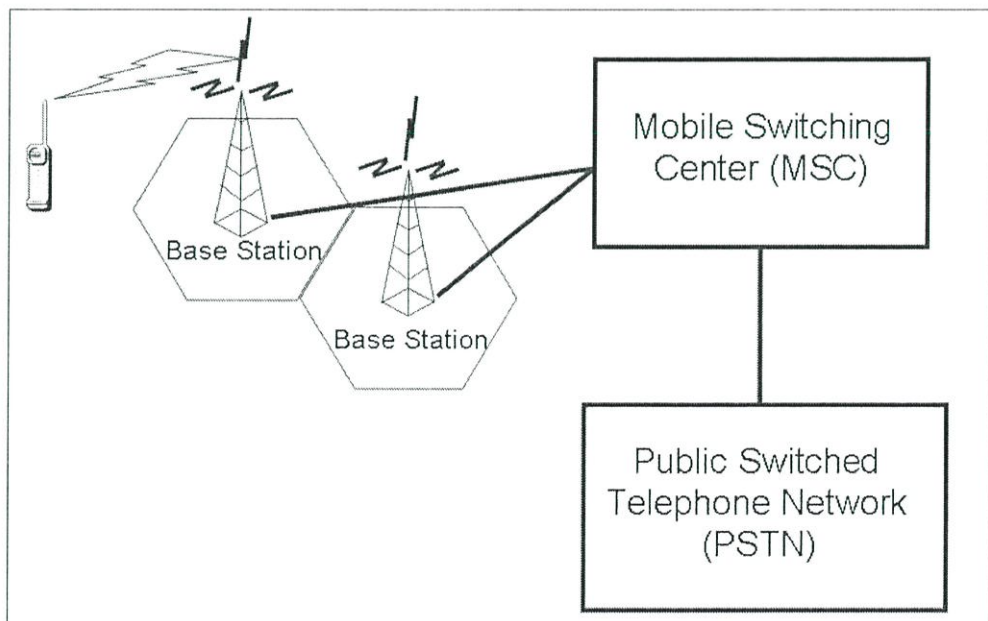
สรุปและวิจารณ์ผลที่ได้จากการจำลองการทำงานระบบ พร้อมทั้งปัญหาที่เกิดขึ้น ตลอดจนข้อเสนอแนะต่างๆในการทำวิจัยต่อไป

## บทที่ 2

# หลักการการทำงานของเครือข่ายเซลลูลาร์

### 2.1 การเชื่อมต่อกับเครือข่ายเซลลูลาร์

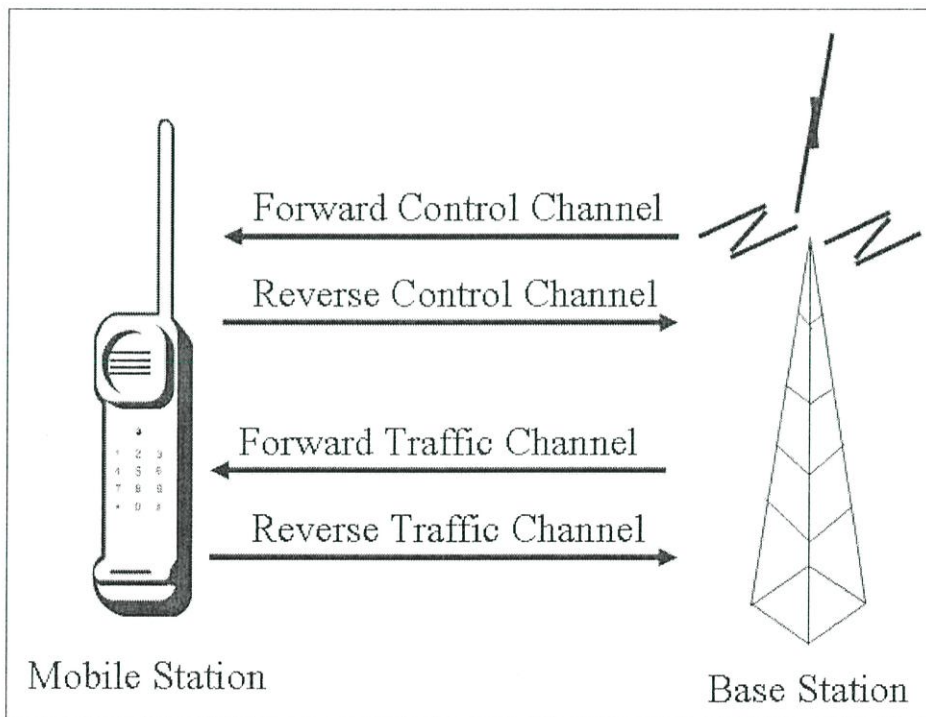
ในเครือข่ายเซลลูลาร์ผู้ใช้จะต้องเชื่อมต่อกับเครือข่ายผ่านความถี่วิทยุดังรูปที่ 2.1 จากรูปเห็นว่าผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์จะเชื่อมต่อกับเครือข่ายผ่านสถานีฐาน (Base Station) [8] โดยสถานีฐานแต่ละสถานีจะเชื่อมต่อไปยังศูนย์สลับสายบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ [8] ซึ่งจากศูนย์สลับสายบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ จะสามารถเชื่อมต่อไปยังเครือข่ายอื่นๆเช่น เครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ (Public Switched Telephone Network) [8] ในเครือข่ายเซลลูลาร์สถานีฐานมีหน้าที่รับส่งข้อมูลกับผู้ใช้งานเครือข่ายผ่านความถี่วิทยุ เมื่อสถานีฐานรับข้อมูลจากผู้ส่งที่เดินทางก็จะส่งข้อมูลต่อไปยังศูนย์สลับสายบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมสถานีฐานทั้งหมด ศูนย์สลับสายบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ก็จะค้นหาว่าผู้รับที่ปลายทางเชื่อมต่ออยู่กับสถานีฐานใด และก็จะส่งข้อมูลไปยังสถานีฐานนั้นเพื่อส่งต่อไปให้ผู้รับที่ปลายทางต่อไป ถ้าผู้รับที่ปลายทางเชื่อมต่ออยู่กับเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ ศูนย์สลับสายบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ก็จะส่งข้อมูลต่อไปยังเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะเพื่อส่งต่อไปให้ผู้รับที่ปลายทางต่อไป ศูนย์สลับสายบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่ายเซลลูลาร์ที่สามารถติดต่อสื่อสารกับสถานีฐานได้ทั้งหมด จึงมีหน้าที่ควบคุม สร้างการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้ บันทึกข้อมูลการใช้งาน และคิดค่าบริการการใช้งานเครือข่าย



รูปที่ 2.1 แสดงระบบเครือข่ายเซลลูลาร์

ก่อนจะทำการติดต่อสื่อสาร ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าจะต้องทำการเชื่อมต่อกับเครือข่าย โดยทำการรับส่งข้อมูลกับสถานีฐานผ่านช่องสัญญาณควบคุม [9] ซึ่งข้อมูลที่รับส่งผ่านช่องสัญญาณควบคุมได้แก่ การพิสูจน์ตัวตน ข้อมูลของเจ้าของหมายเลขโทรศัพท์ พารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้กำหนดรูปแบบการเชื่อมต่อเป็นต้น เมื่อผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าเชื่อมต่อกับเครือข่ายสำเร็จก็จะสามารถทำการสื่อสารได้โดยผ่านช่องสัญญาณข้อมูล [9] จากรูปที่ 2.2 ช่องสัญญาณที่สถานีฐานรับส่งกับผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าจึงแบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ

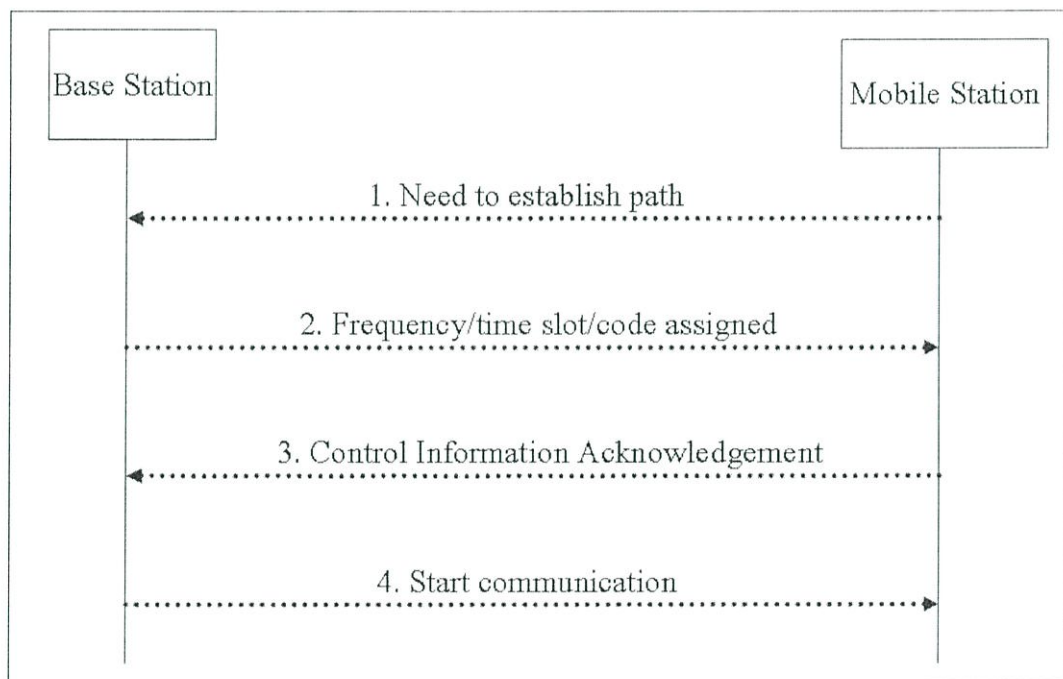
- 1) ฟอเวิร์ดคอนโทรลแชนแนล (Forward Control Channel) [9] ใช้สำหรับส่งข้อมูลควบคุมจากสถานีฐานไปยังผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่า
- 2) รีเวิร์สคอนโทรลแชนแนล (Reverse Control Channel) [9] ใช้สำหรับส่งข้อมูลควบคุมจากผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่ากลับไปยังสถานีฐาน
- 3) ฟอเวิร์ดแทรฟฟิกแชนแนล (Forward Traffic Channel) [9] ใช้สำหรับการสื่อสารโดยส่งข้อมูลที่สื่อสารจากสถานีฐานไปยังผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่า
- 4) รีเวิร์สแทรฟฟิกแชนแนล (Reverse Traffic Channel) [9] ใช้สำหรับการสื่อสารโดยส่งข้อมูลที่สื่อสารจากผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าไปยังสถานีฐาน



รูปที่ 2.2 แสดงชนิดช่องสัญญาณที่ใช้สื่อสารกับสถานีฐาน

การสร้างการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์กับเครือข่ายจะต้องใช้ช่องสัญญาณควบคุม โดยขั้นตอนการเชื่อมต่อแบ่งออกเป็นสองส่วน ซึ่งต้องทำให้เสร็จทั้งหมดจึงจะเริ่มทำการสื่อสารได้ ขั้นตอนการเชื่อมต่อมีดังต่อไปนี้

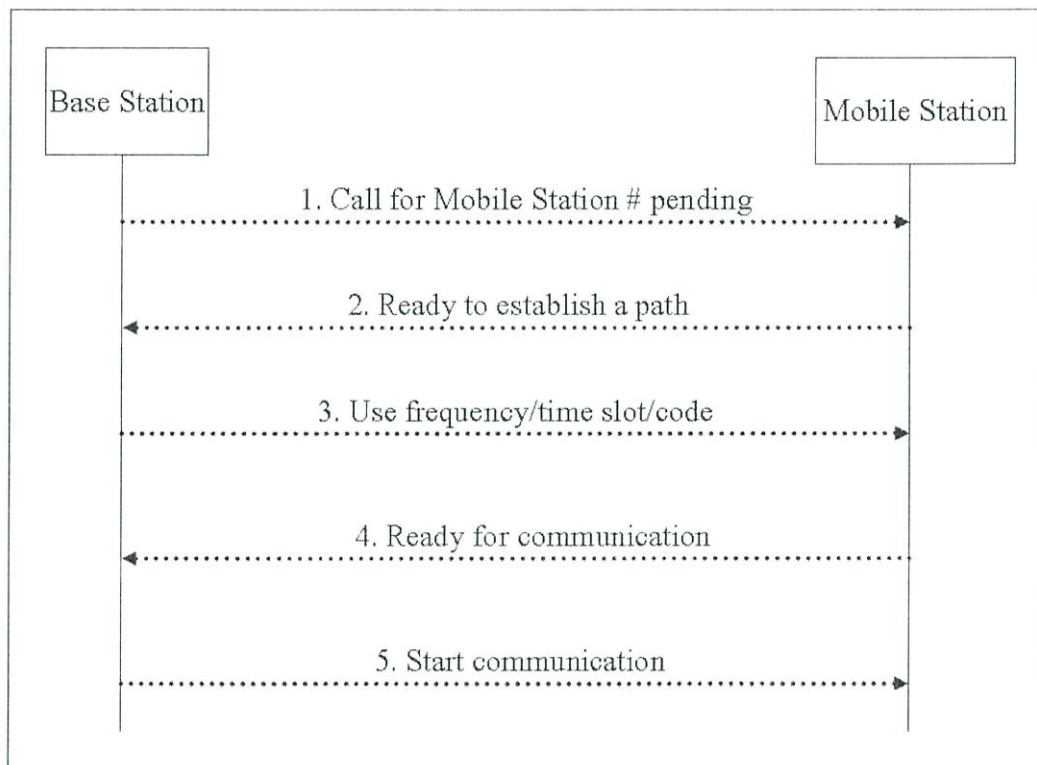
- 1) การเชื่อมต่อจากผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ไปยังสถานีฐานเป็นขั้นตอนเพื่อทำการเชื่อมต่อเครือข่ายเซลลูลาร์กับผู้ส่งข้อมูลต้นทาง จากรูปที่ 2.3 มีขั้นตอนดังต่อไปนี้
  - 1 ผู้ส่งข้อมูลต้นทางส่งสัญญาณต้องการทำการเชื่อมต่อไปยังสถานีฐานผ่านรีเวิร์สคอนโทรลแชนแนล
  - 2 สถานีฐานส่งข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้เพื่อทำการเชื่อมต่อเช่น แลบบความถี่ ไทม์สล็อต (Time Slot) หรือรหัสไปยังผู้ส่งข้อมูลต้นทาง โดยส่งข้อมูลผ่านฟอเวิร์ดคอนโทรลแชนแนล
  - 3 ผู้ส่งข้อมูลต้นทางส่งข้อมูลการตอบรับกลับไปยังสถานีฐานผ่านรีเวิร์สคอนโทรลแชนแนล
  - 4 เริ่มทำการสื่อสารได้



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการเชื่อมต่อเครือข่ายเซลลูลาร์จากผู้ใช้งานเครือข่ายไปยังสถานีฐาน

- 2) การเชื่อมต่อจากสถานีฐานไปยังผู้ใช้งานเครือข่ายเป็นขั้นตอนเพื่อทำการเชื่อมต่อเครือข่ายเซลลูลาร์กับผู้รับข้อมูลปลายทาง จากรูปที่ 2.4 มีขั้นตอนดังต่อไปนี้
  - 1 สถานีฐานส่งสัญญาณเรียกผู้รับข้อมูลปลายทางผ่านฟอเวิร์ดคอนโทรลแชนแนล

- 2 ผู้รับข้อมูลปลายทางส่งสัญญาณพร้อมทำการเชื่อมต่อกับเครือข่ายเซลลูล่าไปยังสถานีฐานผ่านรีเวิร์สคอนโทรลเซนแนล
- 3 สถานีฐานส่งข้อมูลที่จำเป็นต่อใช้เพื่อทำการเชื่อมต่อเช่น แถบความถี่ ไทม์สล็อต หรือรหัสไปยังผู้รับข้อมูลปลายทาง โดยส่งข้อมูลผ่านฟอเวิร์ดคอนโทรลเซนแนล
- 4 ผู้รับข้อมูลปลายทางส่งสัญญาณพร้อมทำการสื่อสารไปยังสถานีฐานผ่านรีเวิร์สคอนโทรลเซนแนล
- 5 เริ่มทำการสื่อสารได้

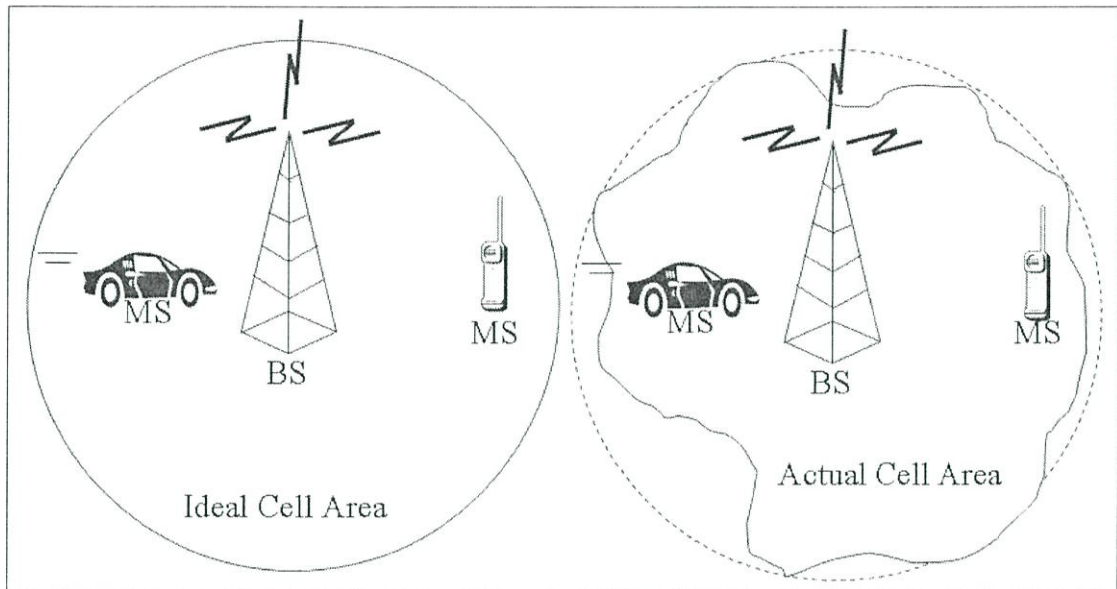


รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการเชื่อมต่อเครือข่ายเซลลูล่าจากสถานีฐานไปยังผู้ใช้งานเครือข่าย

## 2.2 การกำหนดแบบจำลองของเซลล์ในเครือข่ายเซลลูล่า

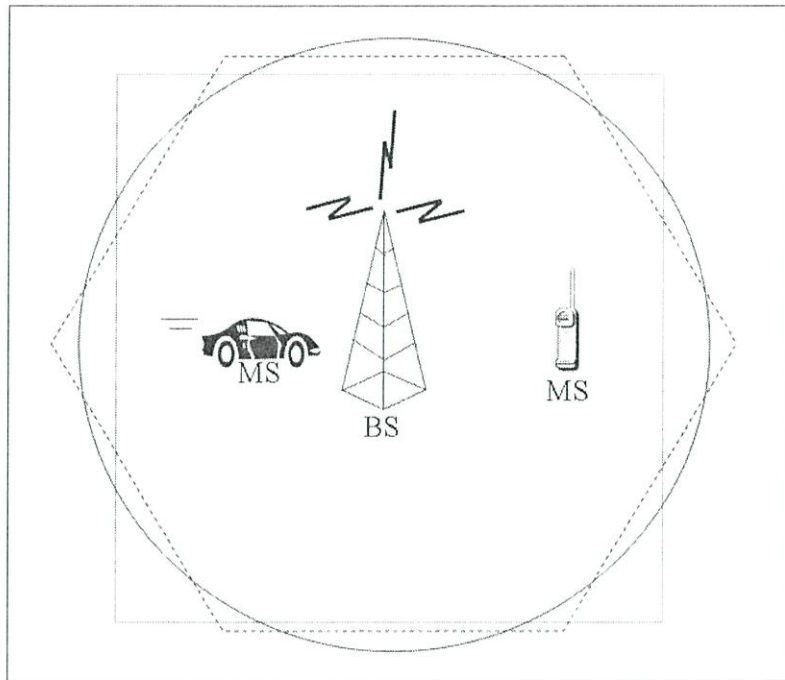
เพื่อให้เครือข่ายเซลลูล่าสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้งานเครือข่ายได้มากขึ้น จึงมีการแบ่งพื้นที่การสื่อสารออกเป็นพื้นที่ขนาดเล็กจำนวนมาก เพื่อให้สามารถนำแถบความถี่ที่มีผู้ใช้งานแล้วมาใช้งานซ้ำในพื้นที่อื่นๆได้ โดยเครือข่ายเซลลูล่าแบ่งพื้นที่การสื่อสารตามพื้นที่ที่สถานีฐานสามารถรับส่งความถี่วิทยุกับผู้ใช้เครือข่ายเซลลูล่าได้ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวจะถูกเรียกว่าเซลล์ โดยปกติความถี่วิทยุจะกระจายออกจากสถานีฐานรอบทิศทาง ทำให้รูปร่างของเซลล์ในอุดมคติจะเป็นรูปวงกลมดังรูปที่ 2.5 จากรูป Ideal Cell Area หมายถึงเซลล์ในอุดมคติ [10] MS ย่อมาจาก Mobile Station และ BS ย่อมาจาก Base Station เนื่องจากความถี่วิทยุเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งจึงจะ

เกิดการสะท้อน หักเห และลดทอนระดับความแรงของสัญญาณลงเมื่อคลื่นตกกระทบสิ่งกีดขวาง ทำให้รูปร่างของเซลล์ในความเป็นจริงจะมีรูปร่างไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิตดังรูปที่ 2.5 จากรูป Actual Cell Area (เส้นทึบ) หมายถึงเซลล์ที่แท้จริง [10]



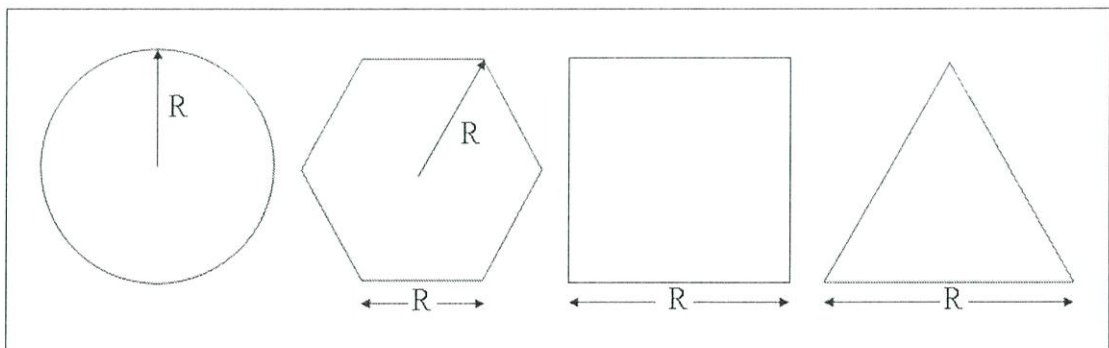
รูปที่ 2.5 แสดงพื้นที่เซลล์ในอุดมคติและเซลล์ที่แท้จริง

เนื่องจากเซลล์รูปวงกลมจะมีพื้นที่ซ้อนทับกับเซลล์ข้างเคียง เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ระบบเครือข่ายเซลล์ลู่ค่า จึงกำหนดแบบจำลองของเซลล์ให้เป็นรูปเรขาคณิตโดยมีเงื่อนไขว่า พื้นที่เซลล์ข้างเคียงจะไม่ซ้อนทับกัน มีรูปทรงใกล้เคียงพื้นที่ที่สถานีฐานส่งคลื่นวิทยุครอบคลุม และสามารถใช้อุปกรณ์เดียวกันแทนพื้นที่ทั้งหมด จึงมีการกำหนดแบบจำลองของเซลล์ออกเป็นรูปทรงต่างๆ เช่น รูปทรงหกเหลี่ยมด้านเท่า รูปทรงสี่เหลี่ยมด้านเท่า และรูปทรงสามเหลี่ยมด้านเท่า เป็นต้น จากรูปที่ 2.6 จะเห็นว่ารูปทรงหกเหลี่ยมด้านเท่ามีลักษณะใกล้เคียงรูปวงกลมที่สุด แบบจำลองของเซลล์ส่วนใหญ่จึงนิยมออกแบบเป็นรูปทรงหกเหลี่ยมด้านเท่า ในขณะที่แบบจำลองของเซลล์รูปทรงสี่เหลี่ยมด้านเท่าจะได้รับความนิยมรองลงมา ส่วนแบบจำลองของเซลล์รูปทรงสามเหลี่ยมด้านเท่าจะนิยมใช้กับพื้นที่บางประเภท ถึงแม้ว่ารูปทรงแปดเหลี่ยมด้านเท่าจะมีลักษณะใกล้เคียงกับรูปวงกลมมากกว่ารูปทรงหกเหลี่ยมด้านเท่า แต่รูปทรงแปดเหลี่ยมด้านเท่าไม่สามารถใช้อุปกรณ์เดียวกันแทนพื้นที่ทั้งหมดได้ จึงไม่นิยมนำมาใช้เป็นแบบจำลองของเซลล์



รูปที่ 2.6 แสดงแบบจำลองของเซลล์ด้วยรูปทรงหกเหลี่ยมด้านเท่าและรูปทรงสี่เหลี่ยมด้านเท่า

ขนาดของเซลล์คือพื้นที่ที่ความถี่วิทยุจากสถานีฐานสามารถส่งไปถึงผู้ใช้งานเครือข่ายเซลล์ได้ โดยผู้ใช้งานเครือข่ายเซลล์ทุกคนอยู่ในเซลล์จะต้องเชื่อมต่อกับเครือข่ายเซลล์ผ่านสถานีฐานของเซลล์นั้น ถ้าแบบจำลองของเซลล์เป็นรูปวงกลม พื้นที่ของเซลล์จะมีขนาดเท่ากับวงกลมที่มีรัศมี  $R$  หน่วย ดังรูปที่ 2.7 จากรูปถ้ากำหนดแบบจำลองของเซลล์ให้เป็นรูปทรงต่างๆ เช่น รูปทรงหกเหลี่ยมด้านเท่ารัศมี  $R$  หน่วย รูปทรงสี่เหลี่ยมด้านเท่าที่มีด้านกว้าง  $R$  หน่วย หรือรูปทรงสามเหลี่ยมด้านเท่าที่มีด้านกว้าง  $R$  หน่วย จะสามารถคำนวณหาขนาดของเซลล์ ความจุของเซลล์ และผลกระทบจากการกำหนดแบบจำลองของเซลล์รูปทรงต่างๆ ได้ดังตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.7 แบบจำลองของเซลล์รูปทรงต่างๆ

ตารางที่ 2.1 ผลกระทบจากการกำหนดแบบจำลองของเซตรูปทรงต่างๆ

รูปทรงของ แบบจำลองเซต	พื้นที่ของแบบจำลอง เซต	เส้นรอบวงของ แบบจำลองเซต	ความยาวเส้นรอบวง ต่อพื้นที่	จำนวนช่องสัญญาณ ต่อพื้นที่ (กำหนด $N$ ช่องสัญญาณต่อเซต)	จำนวนช่องสัญญาณ ต่อพื้นที่ (เมื่อจำนวน ช่องสัญญาณเพิ่มขึ้น $K$ เท่า)	จำนวนช่องสัญญาณ ต่อพื้นที่ (เมื่อขนาดของเซต ลดลง $M$ เท่า)
รูปทรงสี่เหลี่ยมด้าน เท่า (ด้านกว้าง $R$ หน่วย)	$R^2$	$4R$	$\frac{4}{R}$	$\frac{N}{R^2}$	$\frac{KN}{R^2}$	$\frac{K^2 N}{R^2}$
รูปทรงหกเหลี่ยม ด้านเท่า (ด้านกว้าง $R$ หน่วย)	$\frac{3\sqrt{3}}{2} R^2$	$6R$	$\frac{4}{\sqrt{3}R}$	$\frac{N}{1.5\sqrt{3}R^2}$	$\frac{KN}{1.5\sqrt{3}R^2}$	$\frac{K^2 N}{1.5\sqrt{3}R^2}$
รูปร่างกลม (รัศมี $R$ หน่วย)	$\pi R^2$	$2\pi R$	$\frac{2}{R}$	$\frac{N}{\pi R^2}$	$\frac{KN}{\pi R^2}$	$\frac{K^2 N}{\pi R^2}$
รูปทรงสามเหลี่ยม ด้านเท่า (ด้านกว้าง $R$ หน่วย)	$\frac{\sqrt{3}}{4} R^2$	$3R$	$\frac{4\sqrt{3}}{R}$	$\frac{4\sqrt{3}N}{3R^2}$	$\frac{4\sqrt{3}KN}{3R^2}$	$\frac{4\sqrt{3}K^2 M^2 N}{3R^2}$

### 2.3 การใช้ความถี่ซ้ำในเครือข่ายเซลลูล่า

เนื่องจากเครือข่ายเซลลูล่ามีแถบความถี่ของคลื่นวิทยุให้ใช้งานได้จำกัด ซึ่งแถบความถี่ของคลื่นวิทยุนี้แบ่งเป็นช่องสัญญาณได้จำนวนจำกัดเช่นกัน ถ้าเครือข่ายเซลลูล่าไม่แบ่งพื้นที่การสื่อสารออกเป็นเซลล์จำนวนมาก จะทำให้ปริมาณผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าที่เครือข่ายสามารถรองรับได้มีจำนวนเท่ากับช่องสัญญาณ ดังนั้นเพื่อให้เครือข่ายเซลลูล่าสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้งานเครือข่ายได้มากขึ้น จึงต้องแบ่งพื้นที่การสื่อสารออกเป็นเซลล์จำนวนมากและนำแถบความถี่มาใช้ซ้ำ [11] ในเซลล์อื่นๆ จากรูปที่ 2.8 เครือข่ายเซลลูล่าจะแบ่งแถบความถี่ออกเป็นแถบความถี่ย่อย 7 แถบความถี่คือ F1, F2, F3... F7 โดยเซลล์ที่อยู่ติดกันจะไม่ใช้แถบความถี่เดียวกัน ซึ่งแถบความถี่จะใช้ซ้ำได้ก็ต่อเมื่อเซลล์ที่ใช้แถบความถี่ซ้ำอยู่ห่างกันพอที่คลื่นวิทยุที่สถานีฐานส่งออกมาจะไม่เกิดการรบกวนกัน



รูปที่ 2.8 แสดงการใช้ความถี่ซ้ำของเครือข่ายเซลลูล่า

จากรูปที่ 2.8 ถ้ากำหนดแบบจำลองของเซลล์ในเครือข่ายเซลลูล่าเป็นรูปทรงหกเหลี่ยมด้านเท่า และแบ่งแถบความถี่ออกเป็น 7 แถบทำให้ 1 กลุ่มจะมี 7 เซลล์ ระยะ  $D$  เป็นระยะรียูสตีสแทน (Reuse Distance) [11] จากรูปค่า  $D$  สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

$$D = \sqrt{3NR}. \quad (2.1)$$

โดย  $D$  คือระยะรียูสตีสแทน

$N$  คือจำนวนเซลล์ใน 1 กลุ่ม

$R$  คือรัศมีของเซลล์

ในการใช้ความถี่ซ้ำนั้นนอกจากการกำหนดให้ 1 กลุ่มมี 7 เซลแล้ว ยังนิยามกำหนดให้ 1 กลุ่มมี 4 เซลอีกด้วย โดยถ้ากำหนดแบบจำลองของเซลในเครือข่ายเซลลูล่าเป็นรูปทรงหกเหลี่ยม ด้านเท่า จำนวนเซลใน 1 กลุ่มจะสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.2

$$N = i^2 + ij + j^2. \quad (2.2)$$

โดย  $N$  คือจำนวนเซลใน 1 กลุ่ม

$i$  คือเลขจำนวนเต็มที่มีค่าตั้งแต่ 0

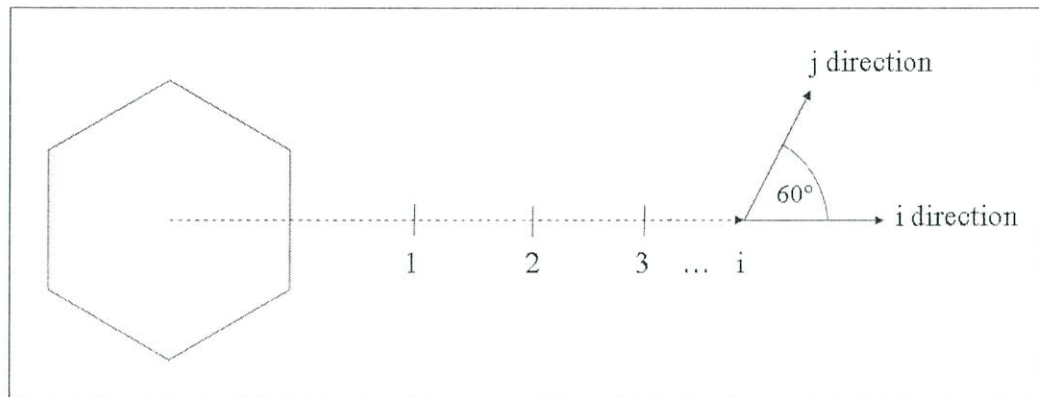
$j$  คือเลขจำนวนเต็มที่มีค่าตั้งแต่ 0

จากสมการที่ 2.2 เราสามารถหาค่า  $N$  ได้ดังตารางที่ 2.2 โดยค่า  $N$  ที่ใช้ในการกำหนดกลุ่มในเครือข่ายเซลลูล่า เพื่อใช้ความถี่ซ้ำจะมีค่าตั้งแต่ 3, 4, 7, 9, 12, 13, 16, 19... จากตารางที่ 2.2 ถ้า  $N$  มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึง ไม่มีเซลเลย และถ้า  $N$  มีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง ไม่มีการใช้ความถี่ซ้ำ

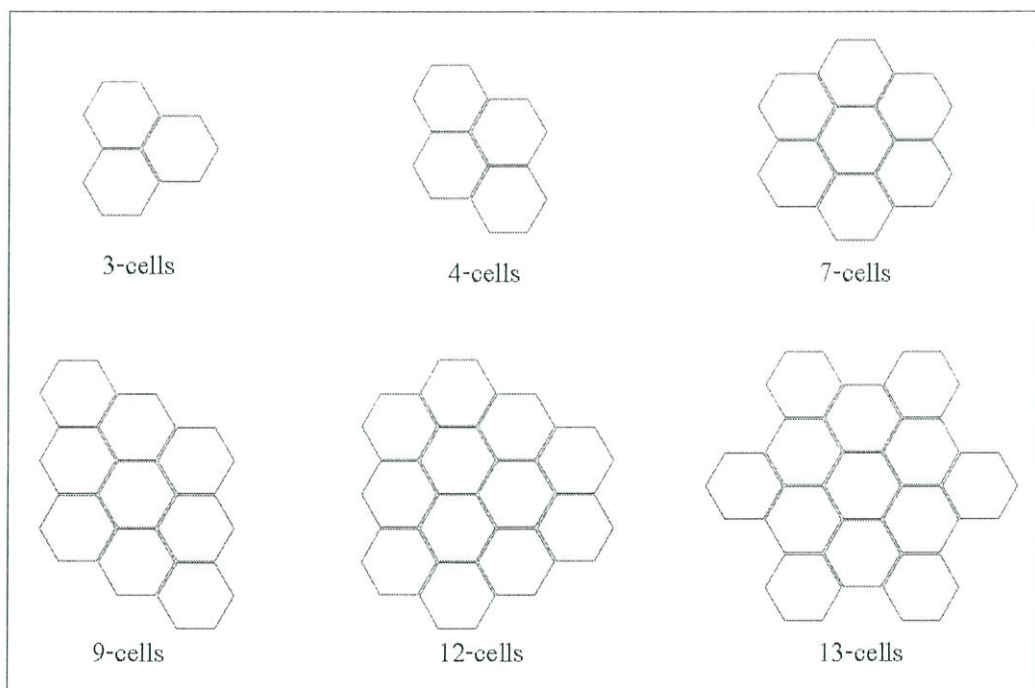
ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างการหาจำนวนเซลใน 1 กลุ่ม

$i$	$j$	$N$
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	3
2	0	2
0	2	2
2	1	7
1	2	7
2	2	12
3	0	9
0	3	9
3	1	13
1	3	13
3	2	19
2	3	19

นอกจากนี้จากสมการที่ 2.2 ค่า  $i$  และ  $j$  ยังใช้หาตำแหน่งของเซลล์ที่เป็นศูนย์กลางของกลุ่มในเครือข่ายเซลล์ลูก่าได้อีกด้วย จากรูปที่ 2.9 เมื่อเคลื่อนที่จากเซลล์ที่เป็นศูนย์กลางของกลุ่มไปยังทิศทางที่ตั้งฉากกับด้านของเซลล์ด้านใดด้านหนึ่งตามจำนวนค่า  $i$  แล้วเคลื่อนที่จากตำแหน่งนั้นไปในทิศทางที่ทำมุม  $60^\circ$  องศากับทิศทางเคลื่อนที่ของค่า  $i$  เมื่อเคลื่อนที่ไปตามจำนวนค่า  $j$  จะไปถึงเซลล์ที่เป็นศูนย์กลางของกลุ่มถัดไป เมื่อทำครบทั้ง 6 ด้าน เราจะสามารถหาเซลล์ที่เป็นศูนย์กลางของกลุ่มที่อยู่ติดกันได้ทั้งหมด ทำให้สามารถกำหนดรูปร่างของกลุ่มในเครือข่ายเซลล์ลูก่าได้ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.9 การหาเซลล์ศูนย์กลางของกลุ่ม



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างการจัดกลุ่มเซลล์เพื่อใช้ความถี่ซ้ำ

## 2.4 การกำหนดช่องสัญญาณในเครือข่ายเซลลูลาร์

ในเครือข่ายเซลลูลาร์ผู้ใช้งานเครือข่ายที่อยู่ภายในพื้นที่ของเซลล์จะต้องเชื่อมต่อกับเครือข่ายผ่านสถานีฐานของเซลล์นั้น เนื่องจากแถบความถี่ของคลื่นวิทยุที่เซลล์สามารถใช้งานได้มีจำกัด เพื่อให้เซลล์สามารถรองรับปริมาณผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ได้เป็นจำนวนมาก จึงต้องแบ่งคลื่นวิทยุที่เซลล์สามารถใช้งานได้ออกเป็นช่องสัญญาณ ซึ่งผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์แต่ละคนจะใช้ช่องสัญญาณไม่ซ้ำกัน โดยสัญญาณของคลื่นวิทยุนั้นสามารถเขียนแทนด้วยฟังก์ชันของความถี่เวลา และรหัสได้ดังสมการที่ 2.3

$$s(f, t, c) = s(f, t)c(t). \quad (2.3)$$

โดย  $s(f, t, c)$  คือฟังก์ชันของความถี่ เวลา และรหัส

$s(f, t)$  คือฟังก์ชันของความถี่และเวลา

$c(t)$  คือฟังก์ชันของรหัส

$f$  คือแถบความถี่

$t$  คือช่วงเวลา

$c$  คือรหัส

การแบ่งคลื่นวิทยุออกเป็นช่องสัญญาณมี 3 วิธีดังนี้ ถ้าเซลล์ใช้ความถี่คลื่นพาห้ต่างกันเพื่อส่งผ่านสัญญาณไปยังผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์แต่ละคน จะเรียกรวมวิธีการนี้ว่าการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งความถี่ ถ้าเซลล์ใช้ช่วงเวลาที่แตกต่างกันในการส่งผ่านสัญญาณไปยังผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์แต่ละคน จะเรียกรวมวิธีการนี้ว่าการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลา ถ้าเซลล์ใช้รหัสที่แตกต่างกันในการส่งผ่านสัญญาณไปยังผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์แต่ละคน จะเรียกรวมวิธีการนี้ว่าการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบเข้ารหัส

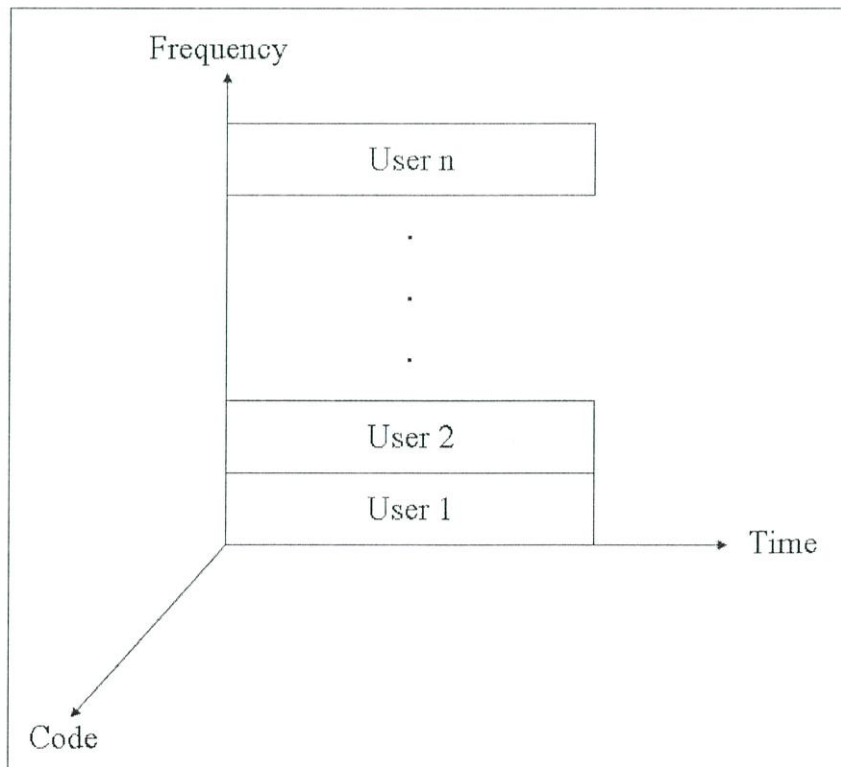
### 2.4.1 การร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งความถี่

วิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งความถี่ [12] สามารถแสดงความสัมพันธ์ของสัญญาณแต่ละแถบความถี่ที่ส่งผ่านไปยังผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ได้ดังสมการที่ 2.4 จากสมการจะเห็นว่าวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งความถี่นั้น สัญญาณแต่ละสัญญาณจะไม่มี การซ้อนกันของแถบความถี่เลย ดังนั้นช่องสัญญาณแต่ละช่องจะไม่เกิดการรบกวนกัน

$$\int_{f_i} s_i(f, t) s_j(f, t) df = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}, i, j = 1, 2, \dots, k. \quad (2.4)$$

โดย  $F$  คือโดเมนของแถบความถี่ทั้งหมด  
 $s_i(f,t)$  คือสัญญาณลำดับที่  $i$   
 $s_j(f,t)$  คือสัญญาณลำดับที่  $j$   
 $i$  คือเลขจำนวนเต็มบวก  
 $j$  คือเลขจำนวนเต็มบวก  
 $f$  คือแถบความถี่  
 $t$  คือช่วงเวลา

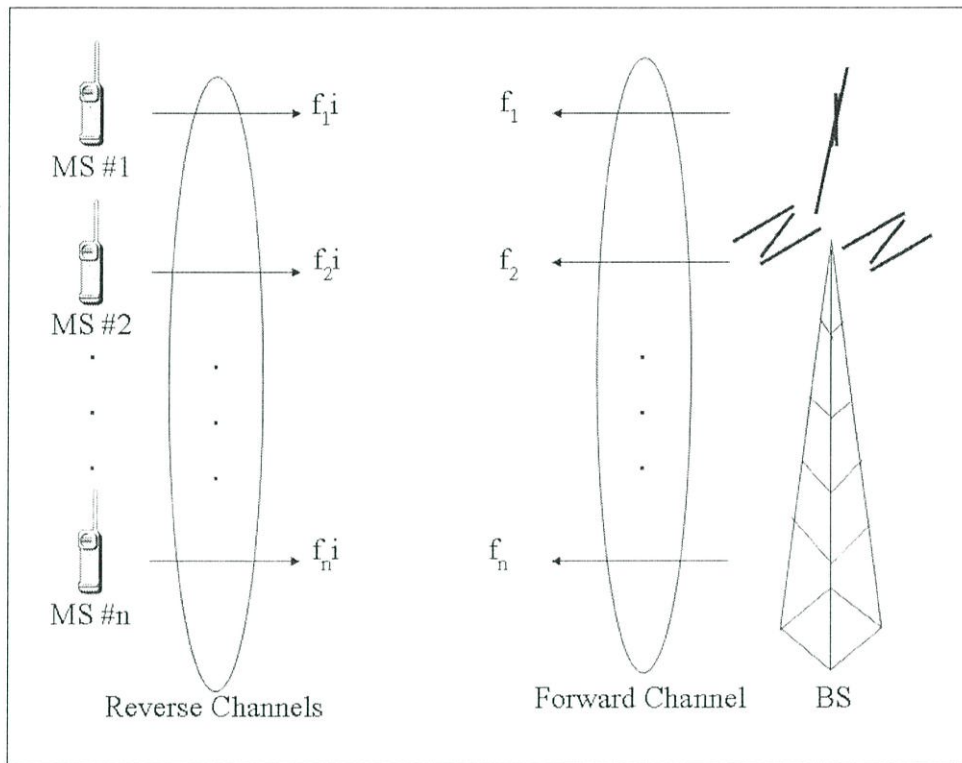
การร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งความถี่นั้นนิยมใช้สำหรับเครือข่ายเซลลูล่าเชิงอุปมาน [12] ซึ่งหลักการของการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งความถี่แสดงได้ดังรูปที่ 2.11 จากรูปช่องสัญญาณที่สถานีฐานกำหนดให้ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าแต่ละคนจะใช้ความถี่คลื่นพาห์แตกต่างกัน โดยผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าแต่ละคนเมื่อเข้าใช้งานช่องสัญญาณแล้ว จะสามารถใช้ช่องสัญญาณนั้นเพื่อสื่อสารได้ตลอดจนกว่าจะการสื่อสารจะสิ้นสุด จากรูปวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลาจะไม่มีแบ่งรหัสสำหรับช่องสัญญาณใดๆ



รูปที่ 2.11 หลักการของวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งความถี่

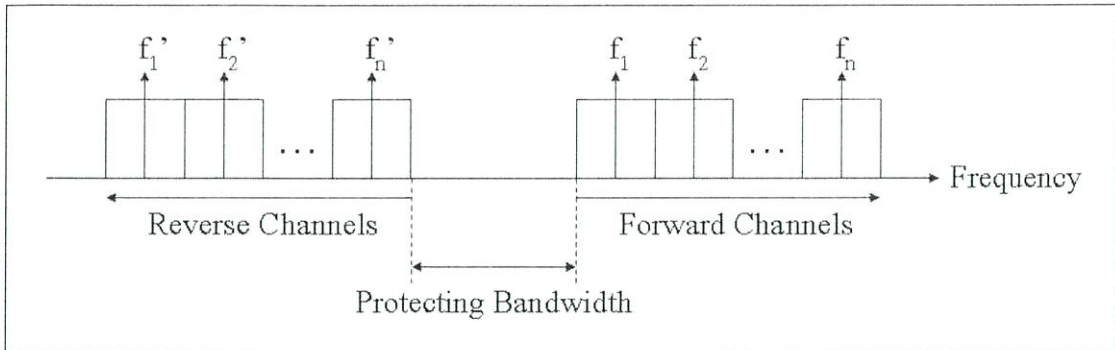
ระบบเครือข่ายเซลลูล่าที่ใช้วิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งความถี่นั้น สถานีฐานของแต่ละเซลล์จะใช้ช่องสัญญาณคู่เพื่อสื่อสารกับผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 2.12 จากรูปช่องสัญญาณคู่จะแบ่งออกเป็นฟอเวิร์ดแชนแนล (Forward Channel) และรีเวิร์สแชนแนล (Reverse

Channel) ซึ่งโฟเวิร์ดแชนแนลจะมีหน้าที่ส่งข้อมูลจากสถานีฐานไปยังผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่า ส่วนรีเวิร์สแชนแนลจะมีหน้าที่ส่งข้อมูลจากผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าไปยังสถานีฐาน โดยช่องสัญญาณทั้งสองประเภทนี้จะใช้ความถี่คลื่นพาห์ต่างกันจึงไม่เกิดการรบกวนกัน จากรูปที่ 2.12 ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าคนที่ 1 (MS #1) จะใช้โฟเวิร์ดแชนแนลด้วยความถี่คลื่นพาห์  $f_1$  และจะใช้ช่องสัญญาณย้อนกลับด้วยความถี่คลื่นพาห์  $f_{1i}$

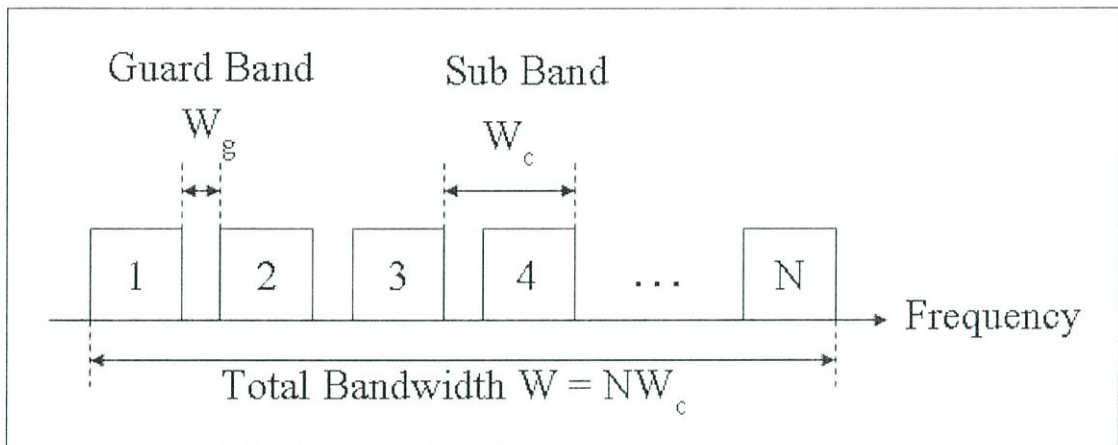


รูปที่ 2.12 การใช้ช่องสัญญาณคู่ด้วยวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งความถี่

โครงสร้างของโฟเวิร์ดแชนแนลและรีเวิร์สแชนแนลแสดงได้ดังรูปที่ 2.13 จากรูปจะเห็นว่าระหว่างโฟเวิร์ดแชนแนลและรีเวิร์สแชนแนลจะมีการเว้นระยะของแถบความถี่ เพื่อป้องกันไม่ให้ช่องสัญญาณทั้งสองเกิดการรบกวนกัน โดยจะเรียกระยะระหว่างโฟเวิร์ดแชนแนลและรีเวิร์สแชนแนลว่าโปรเทคตติ้งแบนด์วิดท์ (Protecting Bandwidth) [12] นอกจากนี้ภายในโฟเวิร์ดแชนแนลและย้อนกลับจะมีการเว้นระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณแต่ละช่องที่อยู่ใกล้กัน เพื่อป้องกันไม่ให้ช่องสัญญาณที่อยู่ใกล้กันเกิดการรบกวนกันดังรูปที่ 2.14 ซึ่งระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณแต่ละช่องจะเรียกว่าแถบความถี่คุ่ม [12] จากรูปแถบความถี่คุ่มจะมีความกว้างแถบความถี่เท่ากับ  $W_c$  โดยช่องสัญญาณแต่ละช่องที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าใช้สื่อสารนั้นจะมีความกว้างแถบความถี่เท่ากับ  $W_c$  ซึ่งถ้ามีผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่า  $N$  คน ความกว้างแถบความถี่รวมจะเท่ากับ  $N \times W_c$



รูปที่ 2.13 การเว้นระยะระหว่างช่องสัญญาณด้วยวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งความถี่



รูปที่ 2.14 แถบความถี่คุ่มในระบบการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งความถี่

2.4.2 การร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลา

วิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่ง [13] เวลาสามารถแสดงความสัมพันธ์ของช่วงเวลาที่สัญญาณส่งผ่านไปยังผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าได้ดังสมการที่ 2.5 จากสมการแสดงให้เห็นว่าช่วงเวลาที่สถานีฐานรับส่งสัญญาณแต่ละสัญญาณจะไม่เหลื่อมล้ำกัน เพื่อป้องกันไม่ให้สัญญาณเกิดการรบกวนกัน

$$\int_T s_i(f,t)s_j(f,t)dt = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}, i, j = 1, 2, \dots, k. \tag{2.5}$$

โดย  $T$  คือโดเมนของช่วงเวลาทั้งหมด

$s_i(f,t)$  คือสัญญาณลำดับที่  $i$

$s_j(f,t)$  คือสัญญาณลำดับที่  $j$

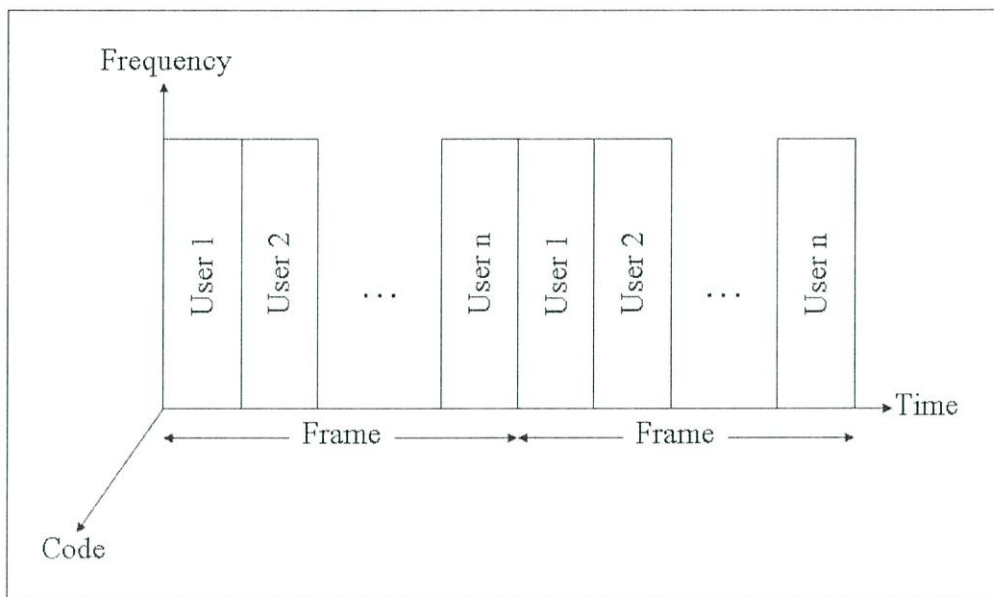
$i$  คือเลขจำนวนเต็มบวก

$j$  คือเลขจำนวนเต็มบวก

$f$  คือแถบความถี่

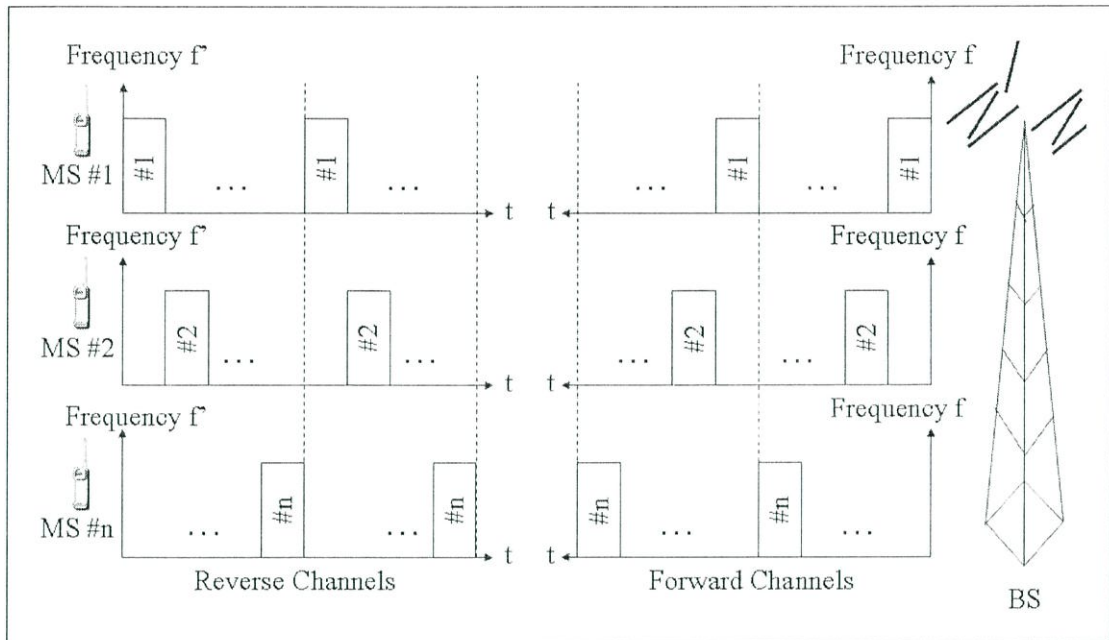
$t$  คือช่วงเวลา

วิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลานั้นนิยมใช้กับเครือข่ายเซลลูลาร์เชิงเลข [13] ซึ่งผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ทุกคนที่อยู่ภายในเซลล์เดียวกันจะใช้ความถี่คลื่นพาห์เดียวกันเพื่อทำการสื่อสาร โดยจะไม่มีแบ่งความถี่คลื่นพาห์ แต่จะทำการแบ่งช่วงเวลาในการใช้ความถี่คลื่นพาห์ ออกเป็นไทม์สล็อตดังรูปที่ 2.15 ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์แต่ละคนจะมีไทม์สล็อตในการสื่อสาร เป็นของตัวเอง ซึ่งจะต้องสื่อสารกันตามลำดับไทม์สล็อต โดยระบบจะกำหนดเวลาครบรอบไว้ซึ่งเรียกว่าการรอบความ เมื่อเวลาผ่านไปเท่ากับกรอบความ ไทม์สล็อตจะวนกลับมาเป็นไทม์สล็อตแรกใหม่อีกครั้ง เพื่อให้ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์สามารถสื่อสารได้อีกครั้งตามลำดับไทม์สล็อต



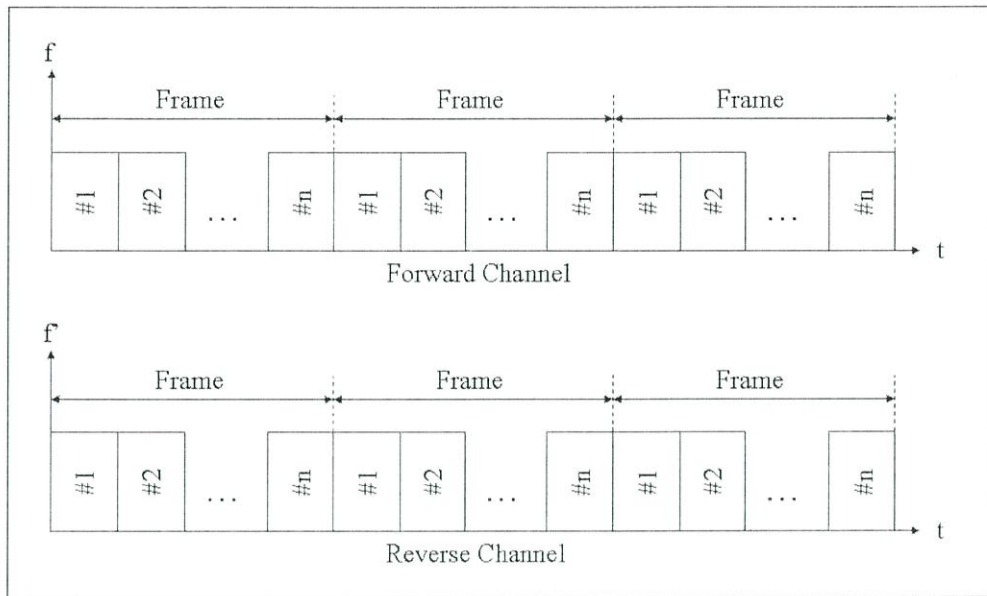
รูปที่ 2.15 หลักการของวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลา

วิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลานั้นสถานการณ์จะใช้ช่องสัญญาณคู่เพื่อสื่อสารกับ ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ โดยจะแบ่งช่องสัญญาณออกเป็นสองประเภทคือพรีเว็คแซนแนลและรี เวิร์สแซนแนลดังรูปที่ 2.16 โดยช่องสัญญาณทั้งสองประเภทจะทำการแบ่งเวลาออกเป็นไทม์สล็อต ซึ่งผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์จะสามารถใช้ความถี่คลื่นพาห์ได้เต็มแถบความถี่ที่ระบบกำหนด จาก รูปที่ 2.16 ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์สามารถสื่อสารผ่านพรีเว็คแซนแนลด้วยความถี่คลื่นพาห์  $f$  และสื่อสารผ่านรีเวิร์สแซนแนลด้วยความถี่คลื่นพาห์  $f$

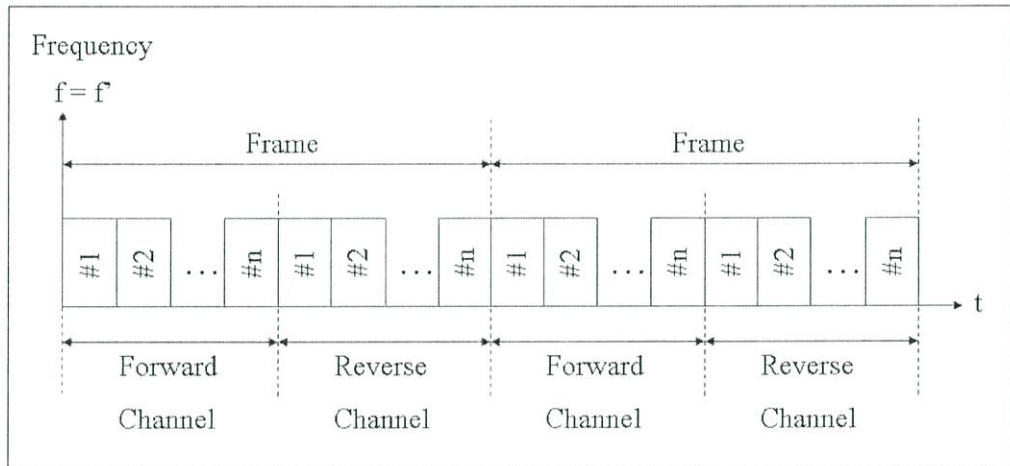


รูปที่ 2.16 การใช้ช่องสัญญาณคู่ด้วยวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลา

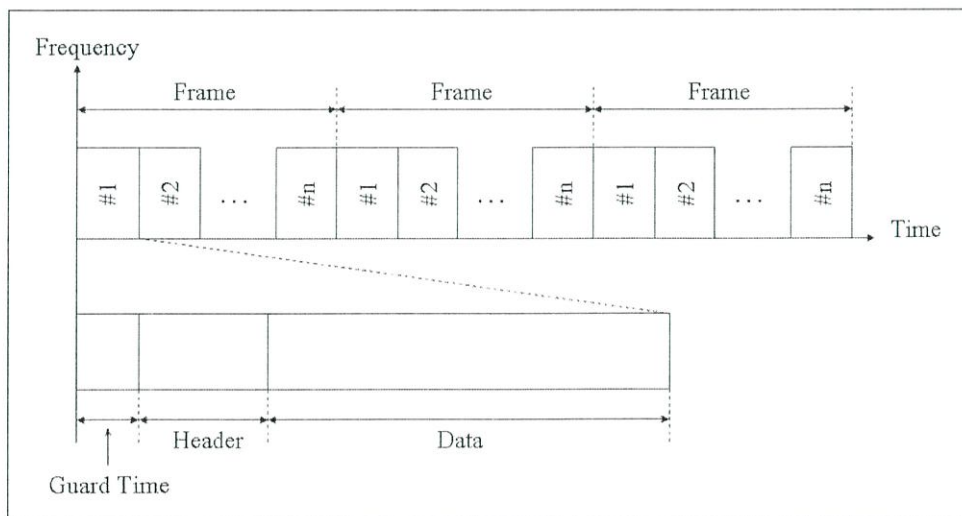
วิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลานั้นจะใช้งานช่องสัญญาณคู่ได้สองแบบคือการสื่อสารสองทางด้วยความถี่ (Frequency Division Duplex) [13] และการสื่อสารสองทางด้วยเวลา (Time Division Duplex) [13] รูปที่ 2.17 แสดงวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลาโดยการสื่อสารสองทางด้วยความถี่ จากรูปจะแบ่งแถบความถี่ออกเป็นสองแถบ เพื่อให้ฟอเวอร์ดแซนแนลและรีเวิร์สแซนแนลใช้แถบความถี่คนละแถบกัน ดังนั้นช่องสัญญาณทั้งสองจะไม่เกิดการรบกวนกัน โดยภายในช่องสัญญาณทั้งสองจะใช้วิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลา ซึ่งวิธีการนี้ฟอเวอร์ดแซนแนลและรีเวิร์สแซนแนลจะมีความกว้างแถบความถี่ให้ใช้น้อยกว่าแถบความถี่รวมที่สถานีฐานใช้งานได้ จากรูปที่ 2.17 ความกว้างแถบความถี่ที่ฟอเวอร์ดแซนแนลใช้งานได้เท่ากับ  $f$  และความกว้างแถบความถี่ที่รีเวิร์สแซนแนลใช้งานได้เท่ากับ  $f$  ในขณะที่วิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลาโดยการสื่อสารสองทางด้วยเวลานั้นแสดงได้ดังรูปที่ 2.18 โดยทั้งฟอเวอร์ดแซนแนลและรีเวิร์สแซนแนลจะใช้แถบความถี่เดียวกัน ซึ่งช่องสัญญาณทั้งสองจะไม่ต้องแบ่งความกว้างแถบความถี่ออกเป็นสองช่วง ดังนั้นวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลาโดยการสื่อสารสองทางด้วยเวลานั้นฟอเวอร์ดแซนแนลและรีเวิร์สแซนแนลจะมีความกว้างแถบความถี่ให้ใช้งานได้กว้างกว่าวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลาโดยการสื่อสารสองทางด้วยความถี่เพื่อป้องกันไม่ให้ฟอเวอร์ดแซนแนลและรีเวิร์สแซนแนลเกิดการรบกวนกัน ระบบจะแบ่งช่วงเวลาของช่องสัญญาณทั้งสองทำการสื่อสารไม่ให้เหลื่อมล้ำกัน ดังรูปที่ 2.18 ในหนึ่งกรอบความถี่จะแบ่งเป็นไทม์สล็อตสำหรับฟอเวอร์ดแซนแนลและรีเวิร์สแซนแนลอย่างละครึ่ง



รูปที่ 2.17 การร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลาโดยการสื่อสารสองทางด้วยความถี่



รูปที่ 2.18 การร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลาโดยการสื่อสารสองทางด้วยเวลา



รูปที่ 2.19 โครงสร้างของกรอบความถี่ในการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลา

การร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลานั้น ไทม์สล็อตแต่ละช่องยังแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ การ์ดไทม์ (Guard Time) [13] ส่วนหัวและข้อมูลดังรูปที่ 2.19 โดยการ์ดไทม์มีหน้าที่ป้องกันไม่ให้ ไทม์สล็อตที่อยู่ใกล้กันเกิดการรบกวนกัน ส่วนหัวใส่ข้อมูลเกี่ยวกับการทำการสื่อสารของผู้ใช้งาน เครือข่ายเซลลูล่า ข้อมูลที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าต้องการสื่อสารจริงนั้นจะใส่ในข้อมูล

### 2.4.3 การร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบเข้ารหัส

การร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบเข้ารหัส [14] สามารถแสดงความสัมพันธ์ของสัญญาณกับ รหัสได้ดังสมการที่ 2.6 จากสมการจะเห็นว่าไม่มีสัญญาณใดมีรหัสซ้ำกันเลย ดังนั้นสัญญาณจะไม่เกิดการรบกวนกัน

$$\int_C s_i(t)s_j(t)dt = \begin{cases} 1, i = j \\ 0, i \neq j \end{cases}, i, j = 1, 2, \dots, k. \quad (2.5)$$

โดย  $C$  คือโดเมนของรหัสทั้งหมด

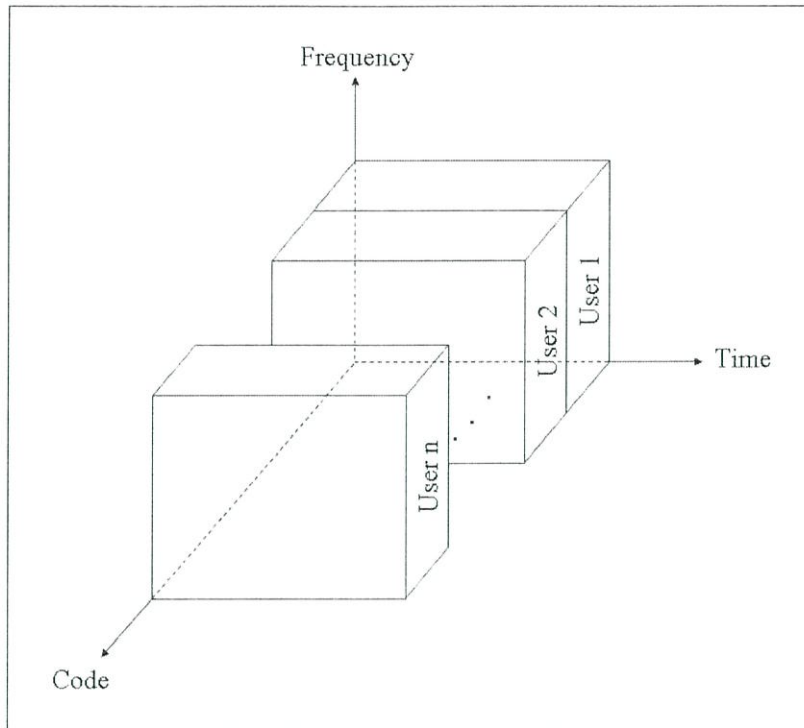
$s_i(t)$  คือสัญญาณลำดับที่  $i$

$s_j(t)$  คือสัญญาณลำดับที่  $j$

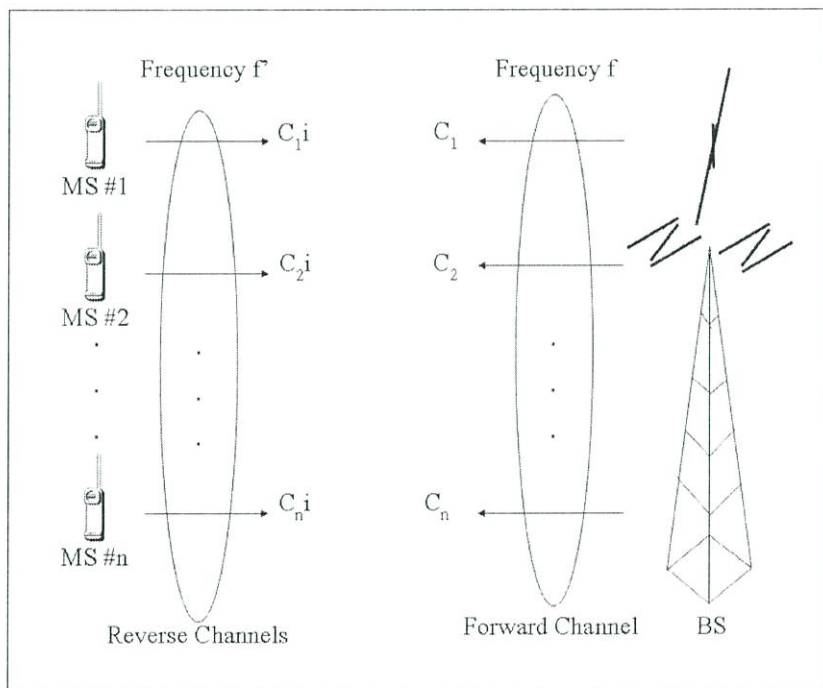
$i$  คือเลขจำนวนเต็มบวก

$j$  คือเลขจำนวนเต็มบวก

ในวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบเข้ารหัสนั้นจะเลือกใช้รหัสการแผ่สเปกตรัม (Spread-Spectrum Code) [14] ที่แตกต่างกันสำหรับผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าแต่ละคนภายในเซลล์ ดังนั้น ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าทุกคนที่อยู่ภายในเซลล์เดียวกันจะสามารถใช้ความถี่คลื่นพาห์เดียวกัน โดยไม่ต้องแบ่งแถบความถี่และช่วงเวลาดังรูป 2.20 วิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบเข้ารหัสนั้นจะใช้ช่องสัญญาณคู่ โดยจะแบ่งช่องสัญญาณออกเป็นสองประเภทคือฟอเวิร์ดแชนแนลและรีเวิร์สแชนแนลดังรูปที่ 2.21 จากรูปฟอเวิร์ดแชนแนลจะใช้ความถี่คลื่นพาห์  $f$  ในขณะที่รีเวิร์สแชนแนลจะใช้ความถี่คลื่นพาห์  $f'$  โดยฟอเวิร์ดแชนแนลจะกำหนดรหัสให้ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าตั้งแต่ค่า  $C_{1i}, C_{2i} \dots C_{ni}$  และรีเวิร์สแชนแนลจะกำหนดรหัสตั้งแต่ค่า  $C_{1i}, C_{2i} \dots C_{ni}$  ซึ่งวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบเข้ารหัสนั้นนิยมนำมาใช้กับระบบเครือข่ายเซลลูล่าในยุคที่สาม



รูปที่ 2.20 หลักการของวิธีร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบเข้ารหัส



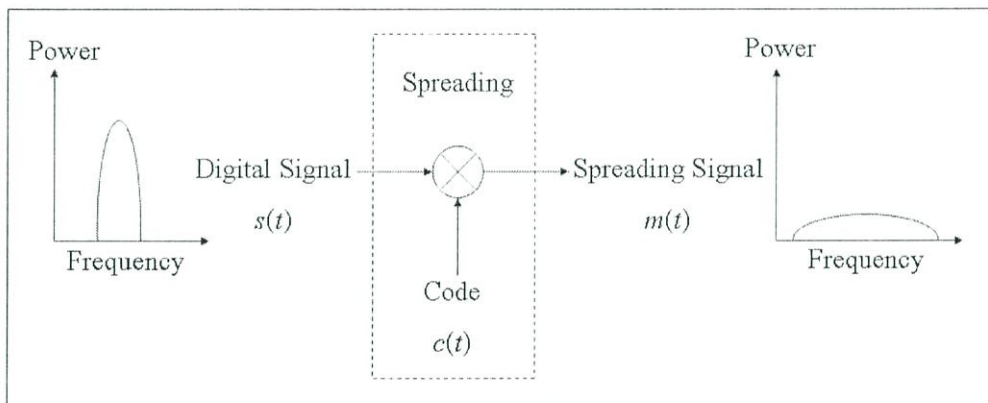
รูปที่ 2.21 การใช้ช่องสัญญาณคู่ด้วยวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบเข้ารหัส

วิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบเข้ารหัสนั้นใช้เทคโนโลยีการแผ่สเปกตรัม โดยจะทำการกล้ำสัญญาณที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าต้องการส่งกับรหัสสำหรับผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าคนนั้นๆ ซึ่งเทคโนโลยีการแผ่สเปกตรัมสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 2.6 จากสมการเมื่อทำ

การกล่าสัญญาณที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าต้องการส่งกับรหัสแล้วจะได้สเปคตัมซิกนัล (Spreading Signal) [14] โดยหลักการของเทคโนโลยีการแผ่สเปกตรัมแสดงได้ดังรูปที่ 2.22 จากรูป สัญญาณที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าต้องการส่ง ( $s(t)$ ) ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัล จะเป็นสัญญาณที่มีความกว้างแถบความถี่แคบแต่มีกำลังสัญญาณสูง เมื่อนำสัญญาณนี้มาคูณกับสัญญาณกับรหัส ( $c(t)$ ) จะทำให้ได้สเปคตัมซิกนัล ( $m(t)$ ) ที่มีความกว้างแถบความถี่กว้างขึ้นและกำลังสัญญาณต่ำลง เทคโนโลยีการแผ่สเปกตรัมนั้นจะแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีคือโคเร็คซีเวนสเปกตรัม (Direct Sequence Spread Spectrum) [14] และฟรีควเอนซีฮอปปีงสเปกตรัม (Frequency Hopping Spread Spectrum) [14] ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวในหัวข้อย่อยต่อไป

$$m(t) = s(t) \otimes c(t). \quad (2.6)$$

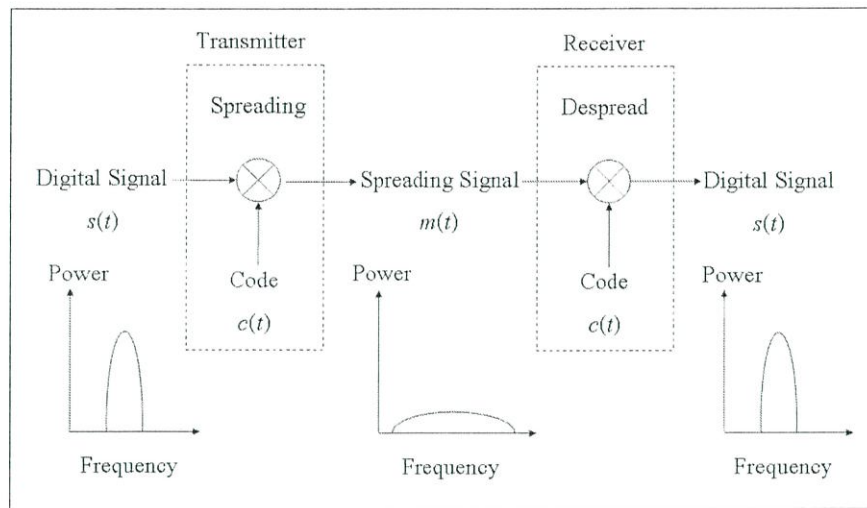
โดย  $m(t)$  คือสเปคตัมซิกนัล  
 $s(t)$  คือสัญญาณที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าต้องการส่ง  
 $c(t)$  คือรหัส



รูปที่ 2.22 หลักการของเทคโนโลยีการแผ่สเปกตรัม

#### 2.4.3.1 วิธีโคเร็คซีเวนสเปกตรัม

วิธีโคเร็คซีเวนสเปกตรัมนั้นจะนำสัญญาณที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าต้องการส่งมาทำการกล่าสัญญาณกับรหัส โดยจะทำการกล่าสัญญาณตามลำดับของสัญญาณที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าต้องการส่ง หลักการของวิธีโคเร็คซีเวนสเปกตรัมแสดงได้ดังรูปที่ 2.23 จากรูปเครื่องส่งจะกล่าสัญญาณของผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่ากับรหัสทำให้ได้สเปคตัมซิกนัล เมื่อสเปคตัมซิกนัลไปถึงเครื่องรับจะทำการแยกสัญญาณด้วยรหัส ทำให้ได้สัญญาณที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าต้องการส่งในตอนแรก



รูปที่ 2.23 หลักการของวิธีไดเร็กซีควนสเปรดสเปกตรัม

รหัสที่ใช้ในวิธีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบเข้ารหัสนั้นจะต้องเป็นอโทโกนอลโค้ด (Orthogonal Code) [14] ซึ่งจะมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- ถ้าคูณรหัสแต่ละหลักด้วยค่า  $-1$  ผลลัพธ์ที่ได้จะต้องเป็นส่วนเติมเต็มของรหัสนั้น
- ถ้าเอารหัสเดียวกันคูณกันแล้วนำผลลัพธ์ของแต่ละหลักที่ได้มาบวกกันจะได้จำนวนหลักของรหัสนั้น

- ถ้าเอารหัสคนละค่ากันมาคูณกันจะได้  $0$

- ถ้าเอารหัสคูณด้วยส่วนเติมเต็มของรหัสนั้นจะได้เท่ากับจำนวนหลักของรหัสคูณด้วย  $-1$

การสร้างรหัสที่มีคุณสมบัติอโทโกนอลโค้ดนั้นจะใช้วอลเทเบิล (Walsh Table) ซึ่งเขียนได้ดังสมการที่ 2.7 โดยการสร้างรหัสจะต้องสร้างต่อจากรหัสก่อนหน้านี้ เช่น  $W_4$  สร้างจาก  $W_2$  และ  $W_2$  สร้างจาก  $W_1$  เป็นต้น ซึ่งตัวอย่างของการสร้างอโทโกนอลโค้ดแสดงได้ดังรูปที่ 2.24

$$W_1 = [1]$$

$$W_{2N} = \begin{bmatrix} W_N & W_N \\ W_N & \overline{W_N} \end{bmatrix} \quad (2.27)$$

โดย  $W_1$  คือเมตริกของรหัสที่มี 1 หลัก

$W_{2N}$  คือเมตริกของรหัสที่มี  $2N$  หลัก

$N$  คือเลขจำนวนเต็มบวก

$$W_1 = [1]$$

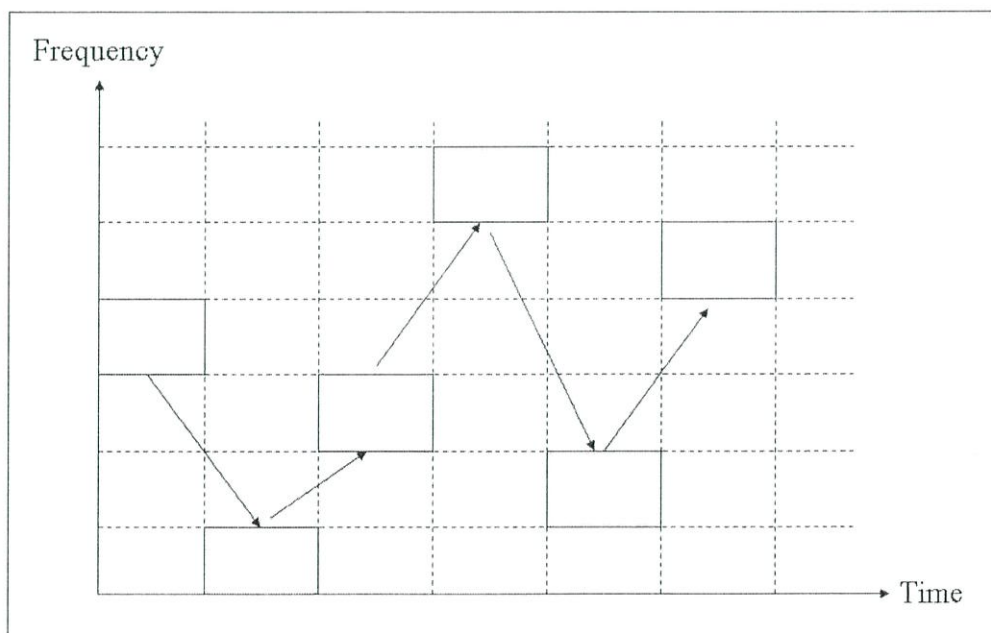
$$W_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$W_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.24 ตัวอย่างการสร้างออโทโกนอลโค้ด

### 2.4.3.2 วิธีฟรีควนซ์ฮอปปีงสเปกตรัม

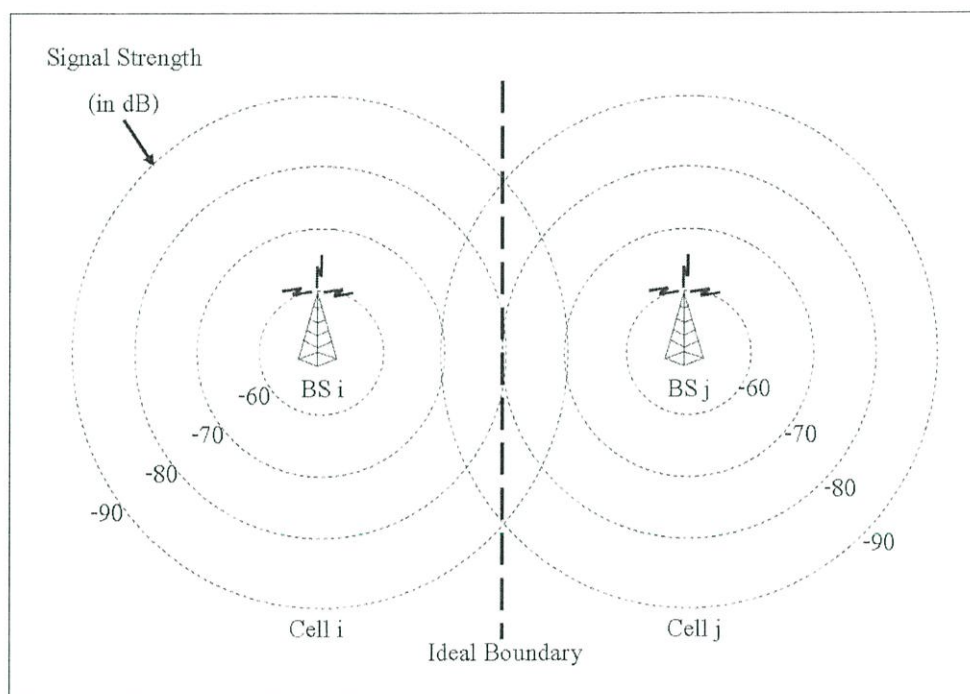
วิธีฟรีควนซ์ฮอปปีงสเปกตรัมนั้นจะทำการสุมความถี่คลื่นพาห์ในแต่ละช่วงเวลาขึ้นมา ทำให้สัญญาณที่ส่งจะเปลี่ยนความถี่คลื่นพาห์ไปเรื่อยๆ ดังรูปที่ 2.25 โดยทางด้านผู้รับจะต้องมีรูปแบบของการเปลี่ยนแถบความถี่ เพื่อที่จะสามารถเปลี่ยนแถบความถี่เพื่อรับสัญญาณได้ทันเวลา โดยถ้าเปลี่ยนความถี่คลื่นพาห์แบบเร็วจะทำให้สัญญาณเพียงสัญญาณเดียวใช้ความถี่คลื่นพาห์หลายแถบความถี่ หรือถ้าเปลี่ยนความถี่คลื่นพาห์แบบช้าจะทำให้ความถี่คลื่นพาห์เดียวใช้ส่งสัญญาณหลายสัญญาณ



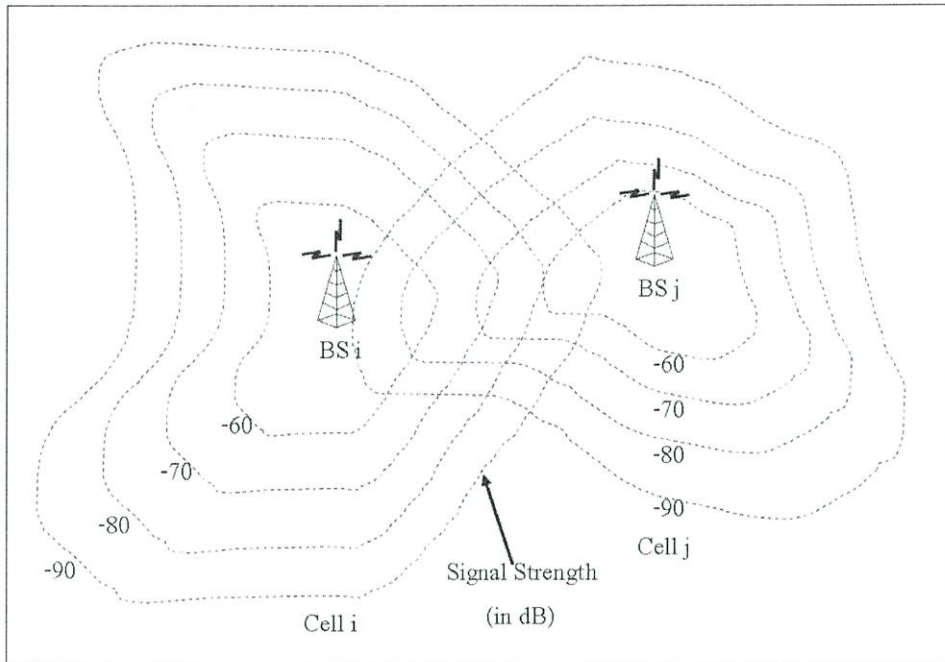
รูปที่ 2.25 ตัวอย่างวิธีวิธีฟรีควนซ์ฮอปปีงสเปกตรัม

## 2.5 การเสนอข้อผิดพลาดในเครือข่ายเซลลูลาร์

ในเครือข่ายเซลลูลาร์ขอบเขตการสื่อสารของเซลล์นั้นขึ้นอยู่กับระดับความแรงของสัญญาณที่สถานีฐานส่งผ่านไปยังผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ ถ้าสถานีฐานส่งผ่านสัญญาณที่มีระดับความแรงของสัญญาณสูงพื้นที่ของเซลล์ก็จะกว้างกว่าพื้นที่ของเซลล์ที่สถานีฐานส่งผ่านสัญญาณด้วยระดับความแรงของสัญญาณต่ำ ถ้าสัญญาณที่สถานีฐานส่งผ่านไปไม่เกิดการสะท้อนหรือการลดทอนโดยสิ่งกีดขวาง ขอบเขตของเซลล์ก็จะเป็นเซลล์ในอุดมคติดังรูปที่ 2.26 จากรูปเซลล์จะมีพื้นที่เป็นรูปวงกลม โดยระดับความแรงของสัญญาณจะลดลงเรื่อยๆเมื่อสัญญาณเคลื่อนที่ผ่านอากาศออกจากสถานีฐานไปเรื่อยๆ โดยจะวัดระดับความแรงของสัญญาณด้วยหน่วยเดซิเบล จากรูปถ้าวัดระดับความแรงของสัญญาณที่ตำแหน่งไกลที่สุดของสถานีฐานจะวัดระดับความแรงของสัญญาณได้ -60 เดซิเบล ถ้าวัดระดับความแรงของสัญญาณที่ตำแหน่งไกลที่สุดของสถานีฐานจะวัดได้ -90 เดซิเบล โดยเส้นแบ่งขอบเขตระหว่างเซลล์  $i$  และเซลล์  $j$  จะอยู่ที่ -80 เดซิเบล

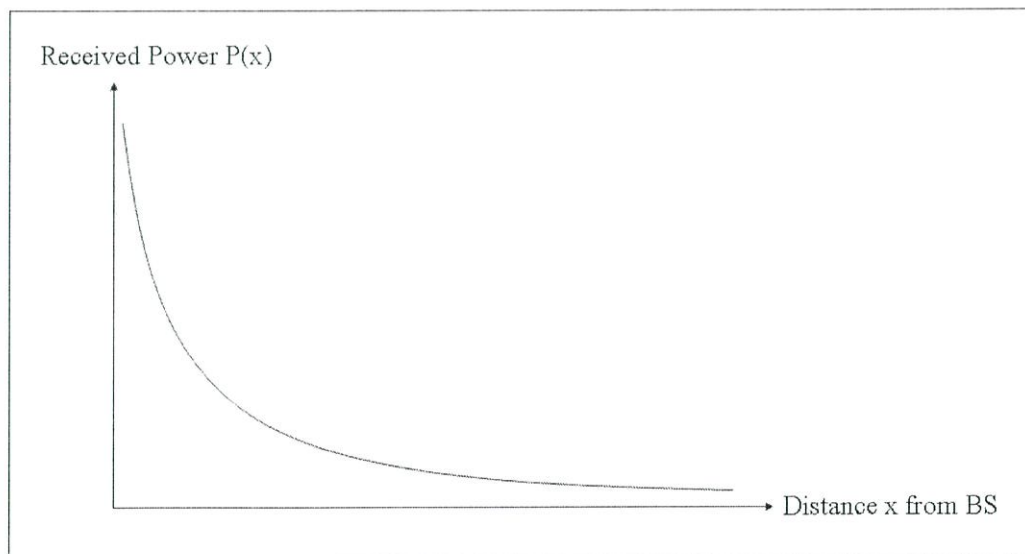


รูปที่ 2.26 ระดับความแรงของสัญญาณและขอบเขตของเซลล์ในอุดมคติ



รูปที่ 2.27 ตัวอย่างระดับความแรงของสัญญาณและขอบเขตเซลล์ในความเป็นจริง

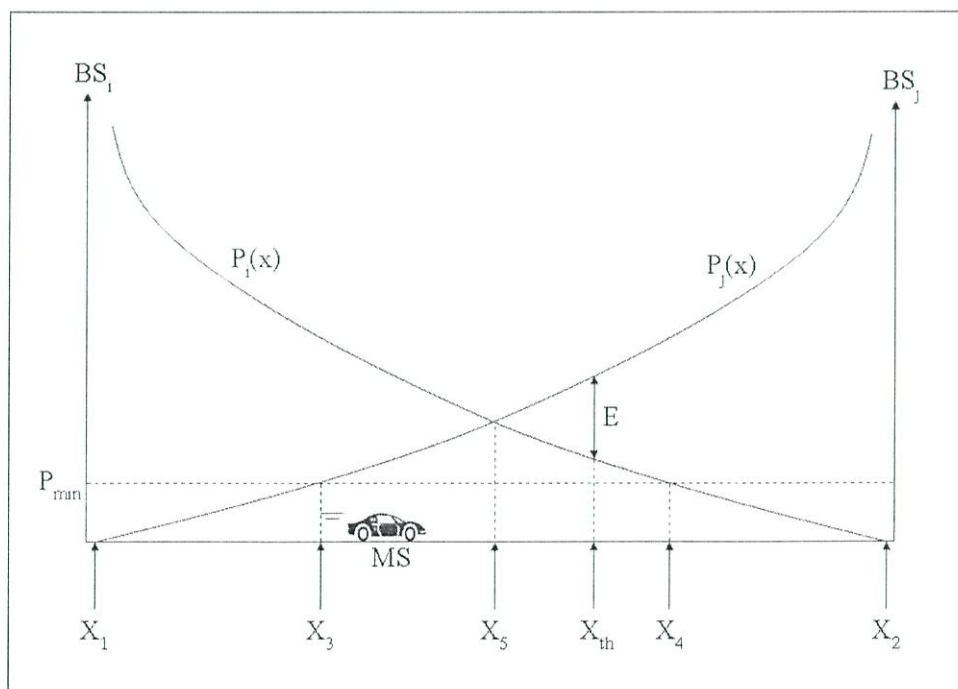
ในความเป็นจริงสัญญาณที่สถานีฐานส่งผ่านไปยังผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์นั้นจะถูกสะท้อนและลดทอนโดยสิ่งกีดขวางเช่น อาคาร สะพาน หรือภูเขาเป็นต้น ดังนั้นพื้นที่ของเซลล์ในความเป็นจริงจะไม่เป็นรูปวงกลมแต่จะเป็นดังรูปที่ 2.27 จากรูปลักษณะพื้นที่ของเซลล์จะมีรูปทรงเว้าๆแหว่งๆ เมื่อวัดระดับความแรงของสัญญาณที่ตำแหน่งไกลสถานีฐานที่สุดจะวัดได้ -60 เดซิเบล และถ้าวัดระดับความแรงของสัญญาณที่ตำแหน่งใกล้สถานีฐานที่สุดจะวัดได้ -90 เดซิเบล



รูปที่ 2.28 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับความแรงของสัญญาณกับระยะห่างจากสถานีฐาน

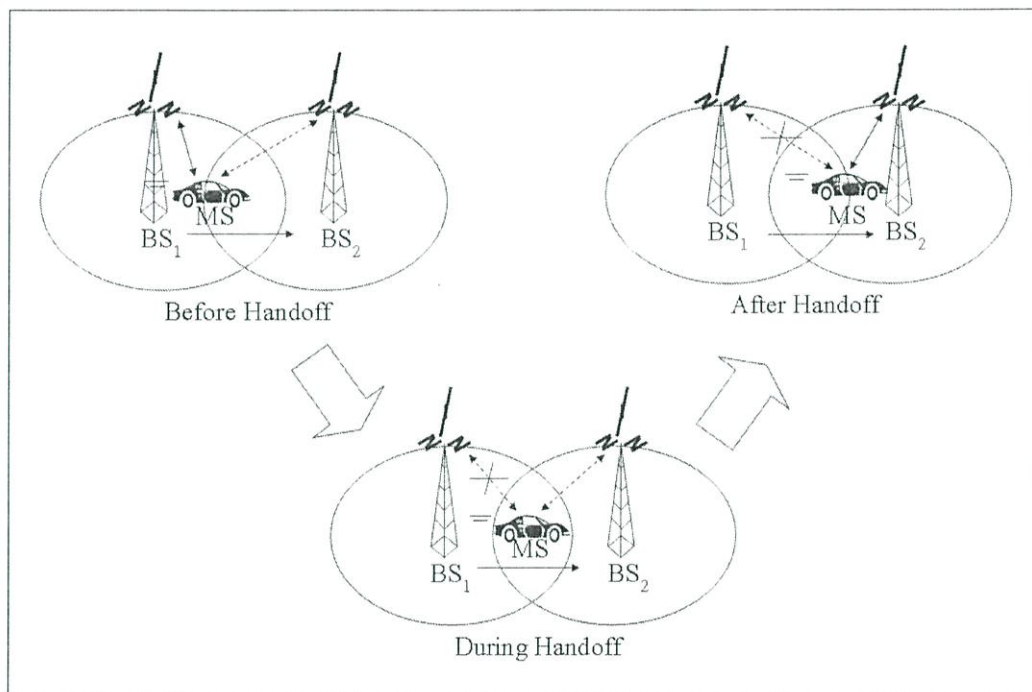
เนื่องจากเมื่ออยู่ห่างจากสถานีฐานระดับความแรงของสัญญาณจะยิ่งลดลง ดังนั้นจึงสามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับความแรงของสัญญาณกับระยะห่างจากสถานีฐานได้ดังรูปที่ 2.28 ถ้าผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าเคลื่อนที่ออกห่างจากสถานีฐาน ระดับความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าได้รับก็จะลดลงเรื่อยๆ เมื่อระดับความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าได้รับมีค่าน้อยกว่าค่าที่ระบบกำหนด ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าจะต้องทำการแฮนด์ออฟเพื่อเชื่อมต่อช่องสัญญาณไปยังเซลล์ข้างเคียงที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าได้รับสัญญาณที่มีระดับความแรงของสัญญาณสูงกว่า

ตำแหน่งที่เกิดแฮนด์ออฟ [15] แสดงได้ดังรูปที่ 2.29 จากรูปเมื่อผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าเคลื่อนที่จากเซลล์  $i$  ไปใกล้เซลล์  $j$  ระดับความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าได้รับจากสถานีฐานของเซลล์  $i$  มีค่าเท่ากับ  $P_i(x)$  และระดับความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าได้รับจากสถานีฐานของเซลล์  $j$  มีค่าเท่ากับ  $P_j(x)$  โดยระดับความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าได้รับจากเซลล์  $i$  และเซลล์  $j$  แสดงได้ดังกราฟในรูปที่ 2.29 ที่ตำแหน่ง  $X_1$  ระดับความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้งานได้รับจากสถานีฐานของเซลล์  $j$  มีค่าใกล้เคียง 0 และระดับความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้งานได้รับจากสถานีฐานของเซลล์  $i$  มีค่าสูงสุด ดังนั้นที่ตำแหน่ง  $X_1$  ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าต้องเชื่อมต่อกับเซลล์  $i$  ในทำนองเดียวกันที่ตำแหน่ง  $X_2$  ระดับความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าได้รับจากสถานีฐานของเซลล์  $i$  มีค่าใกล้เคียง 0 และระดับความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าได้รับจากเซลล์  $j$  มีค่าสูงสุด ดังนั้นที่ตำแหน่ง  $X_2$  ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าต้องเชื่อมต่อกับเซลล์  $j$



รูปที่ 2.29 ตำแหน่งที่เกิดการแฮนด์ออฟ

เพื่อให้ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์รับสัญญาณและแปลความหมายของสัญญาณได้ถูกต้อง เครือข่ายเซลลูลาร์จึงต้องกำหนดระดับความแรงของสัญญาณขั้นต่ำที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์สามารถใช้สื่อสารได้ จากรูปที่ 2.29 ระดับความแรงของสัญญาณขั้นต่ำมีค่าเท่ากับ  $P_{min}$  และในตำแหน่งที่  $X_3$  ถึงตำแหน่งที่  $X_4$  ระดับความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ได้รับจากเซล  $i$  และเซล  $j$  มีค่าสูงกว่าระดับความแรงของสัญญาณขั้นต่ำ ดังนั้นในช่วง  $X_3$  ถึง  $X_4$  ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์สามารถเชื่อมต่อช่องสัญญาณได้จากทั้งเซล  $i$  และเซล  $j$  โดยขึ้นอยู่กับผู้ให้บริการเครือข่ายเซลลูลาร์และเทคโนโลยีที่ใช้ว่าจะกำหนดให้ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์เชื่อมต่อช่องสัญญาณกับเซลใด ถ้าผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์เคลื่อนที่จากเซล  $i$  ไปยังเซล  $j$  เมื่อเข้าใกล้เซล  $j$  มากๆ ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ต้องทำการแฮนด์ออฟจากเซล  $i$  ไปยังเซล  $j$  ดังนั้นช่วงระยะ  $X_3$  ถึง  $X_4$  ก็คือระยะที่เกิดการแฮนด์ออฟ

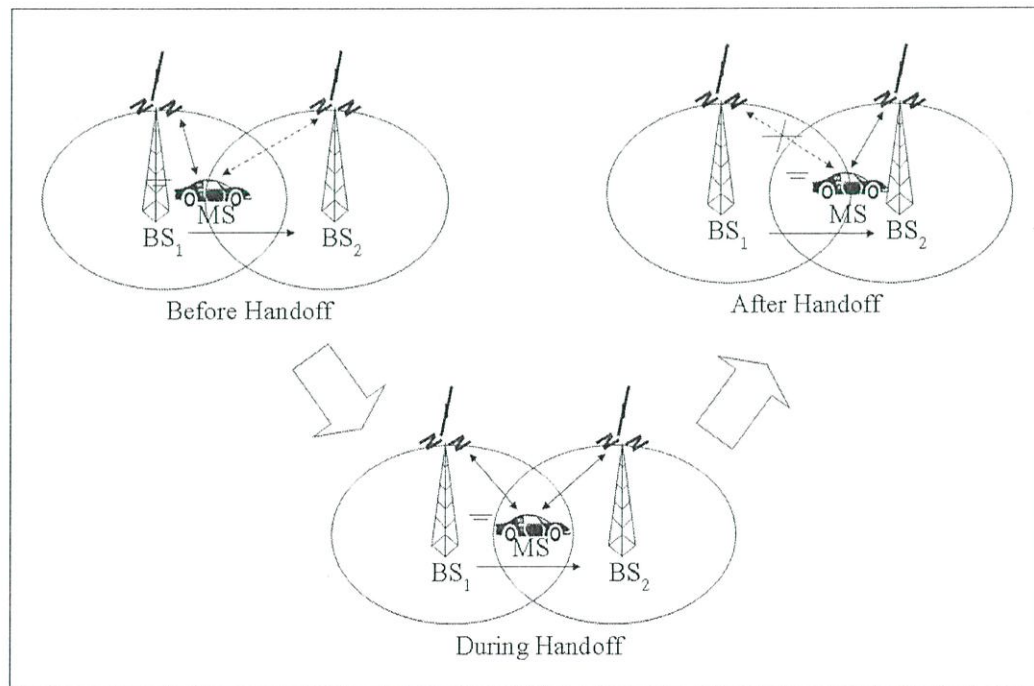


รูปที่ 2.30 วิธีแฮนด์ออฟ

ตำแหน่งที่จะเกิดการแฮนด์ออฟขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ทางเลือกที่นิยมใช้กำหนดตำแหน่งการแฮนด์ออฟคือตำแหน่งที่ระดับความแรงของสัญญาณที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ได้รับจากเซล  $i$  และเซล  $j$  มีค่าเท่ากัน จากรูปที่ 2.29 ตำแหน่งที่เกิดแฮนด์ออฟคือตำแหน่ง  $X_3$  ปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาคือการแฮนด์ออฟต้องไม่เกิดเร็วเกินไปและบ่อยเกินไป เมื่ออยู่ในช่วง  $X_3$  ถึง  $X_4$  และผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์เคลื่อนที่จากเซล  $i$  ไปยังเซล  $j$  ถ้าระบบทำการแฮนด์ออฟเร็วเกินไปแล้วผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ โดยเคลื่อนที่จากเซล  $j$  ไปยังเซล  $i$  ระบบจะต้องทำการแฮนด์ออฟซ้ำอีกครั้ง ซึ่งจะทำให้เกิดการแฮนด์ออฟบ่อยเกินไป ปัญหาที่เกิดขึ้น

เรียกว่าปิงปองเอฟเฟค (Ping Pong Effect) [15] เพื่อป้องกันการเกิดปิงปองเอฟเฟค ระบบควรให้ ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าเชื่อมต่อช่องสัญญาณกับเซล  $i$  ต่อไปก่อน จนกระทั่งผู้ใช้งานเครือข่าย เซลลูล่าเคลื่อนที่เข้าใกล้เซล  $j$  จนระดับความแรงของสัญญาณจากสถานีฐานของเซล  $j$  สูงกว่าระดับ ความแรงของสัญญาณที่ได้รับจากสถานีฐานของเซล  $i$  เท่ากับค่า  $E$  ดังรูปที่ 2.29 จึงจะทำการแฮนด์ ออฟที่ตำแหน่ง  $X_n$

การแฮนด์ออฟแบ่งออกเป็นสองประเภทคือฮาร์ดแฮนด์ออฟ (Hard Handoff) [15] และ ซอฟต์แฮนด์ออฟ (Soft Handoff) [15] ในวิธีฮาร์ดแฮนด์ออฟนั้นผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าจะไม่ เชื่อมต่อช่องสัญญาณกับสถานีฐานมากกว่าหนึ่งสถานีในเวลาเดียวกัน ดังนั้นเมื่อทำการฮาร์ดแฮนด์ ออฟ ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าจะต้องยกเลิกการเชื่อมต่อช่องสัญญาณกับสถานีฐานของเซลเก่า (BS<sub>1</sub>) แล้วจึงสามารถเชื่อมต่อช่องสัญญาณกับสถานีฐานของเซลใหม่ (BS<sub>2</sub>) ซึ่งวิธีฮาร์ดแฮนด์ออฟ แสดงได้ดังรูปที่ 2.30 โดยวิธีฮาร์ดแฮนด์ออฟนิยมใช้ในเครือข่ายเซลลูล่าที่ใช้เทคโนโลยีการร่วมใช้ ช่องสัญญาณแบบแบ่งความถี่และการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลา ในวิธีซอฟต์แฮนด์ออฟนั้น ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อช่องสัญญาณกับสถานีฐานได้มากกว่าหนึ่งสถานีในเวลา เดียวกัน ทำให้เมื่อเกิดการซอฟต์แฮนด์ออฟ ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อช่องสัญญาณ กับสถานีฐานของเซลใหม่ (BS<sub>2</sub>) แล้วจึงยกเลิกการเชื่อมต่อช่องสัญญาณกับสถานีฐานของเซลเก่า (BS<sub>1</sub>) วิธีซอฟต์แฮนด์ออฟแสดงได้ดังรูปที่ 2.31 โดยวิธีซอฟต์แฮนด์ออฟนั้นนิยมใช้ในเครือข่าย เซลลูล่าที่ใช้เทคโนโลยีการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบเข้ารหัส



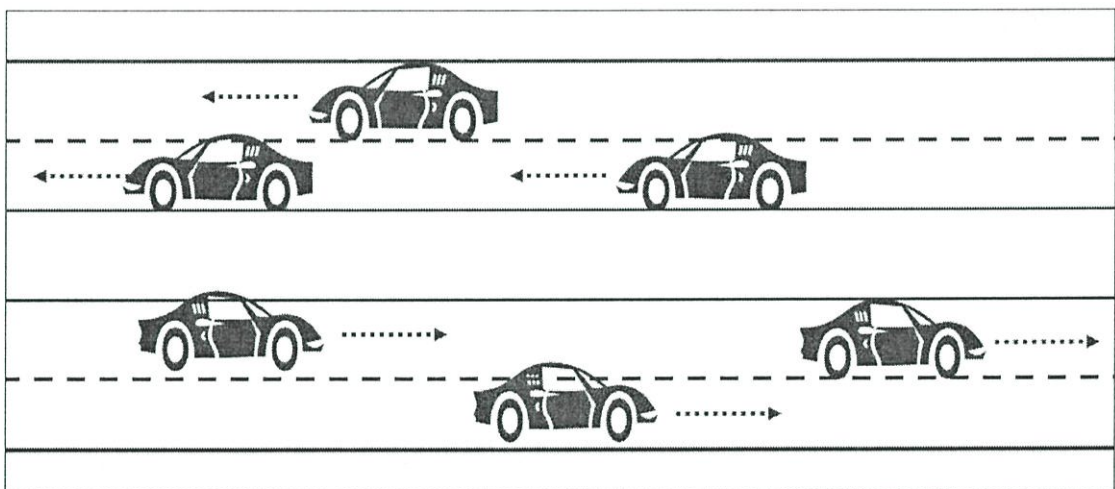
รูปที่ 2.31 วิธีซอฟต์แฮนด์ออฟ

### บทที่ 3

## เครือข่ายเซลลูลาร์แบบมิติเดียวและสองมิติ

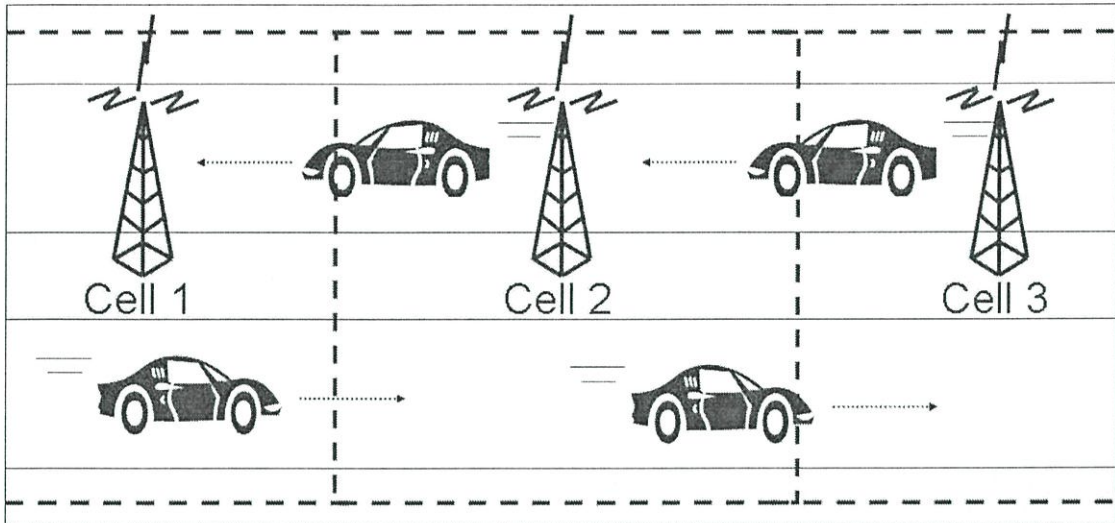
### 3.1 เครือข่ายเซลลูลาร์แบบมิติเดียว

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณ (Call Admission Control Scheme) โดยทำการจำลองระบบสองแบบคือ การจำลองระบบด้วยเครือข่ายเซลลูลาร์แบบมิติเดียว (One-dimensional Cellular Networks) และการจำลองระบบด้วยเครือข่ายเซลลูลาร์แบบสองมิติ (Two-dimensional Cellular Networks) โดยเครือข่ายเซลลูลาร์แบบมิติเดียวเป็นเครือข่ายเซลลูลาร์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้งานบนพื้นที่ประเภททางหลวงพิเศษ เช่น ทางหลวงหมายเลข 7 หรือเส้นทางมอเตอร์เวย์ กรุงเทพฯ – ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 9 หรือถนนกาญจนาภิเษก เป็นต้น ซึ่งผู้ใช้งานส่วนมากจะเคลื่อนที่ในสองทิศทางคือเคลื่อนที่ไปทางซ้ายและขวาดังรูปที่ 3.1

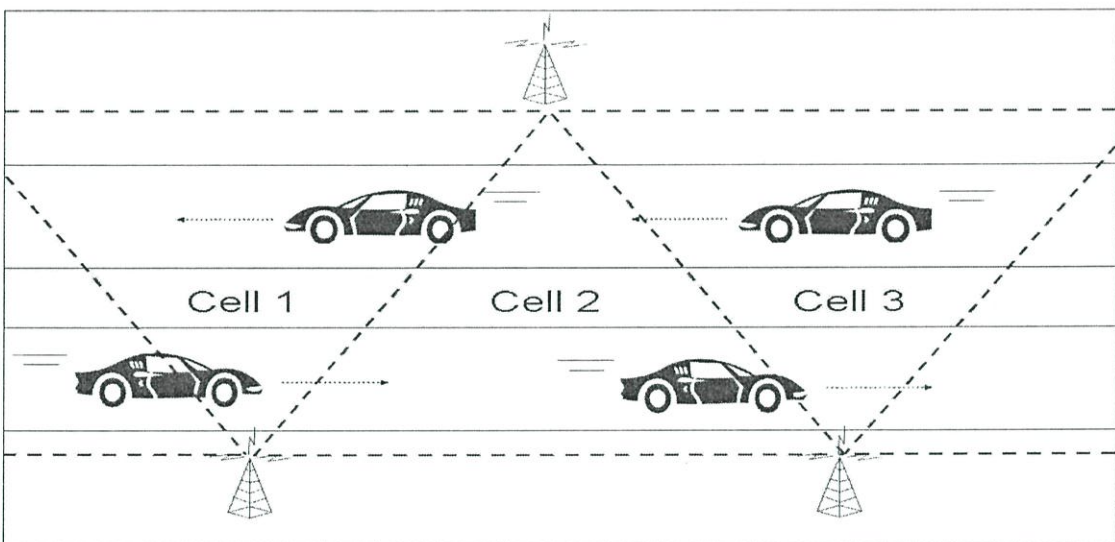


รูปที่ 3.1 แสดงการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานบนทางหลวงพิเศษ

เนื่องจากผู้ใช้งานบนทางหลวงพิเศษส่วนมากจะเคลื่อนที่ในสองทิศทาง ทำให้โครงสร้างเครือข่ายเซลลูลาร์แบบมิติเดียวมีลักษณะดังรูปที่ 3.2 และ 3.3 จากรูปเซลล์จะเรียงต่อกันในแนวนอน คลอบคลุมพื้นที่บนถนน แต่ละเซลล์จะมีเซลล์ข้างเคียง 2 เซลล์เท่านั้น ซึ่งเซลล์ที่อยู่ติดกันจะใช้แถบความถี่คนละแถบกัน การใช้ความถี่ซ้ำนั้นสามารถกำหนดให้ 1 กลุ่มมี 2 เซลล์หรือ 3 เซลล์ก็ได้ แบบจำลองของเซลล์จะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมด้านเท่าดังรูปที่ 3.2 หรือรูปทรงสามเหลี่ยมด้านเท่าดังรูปที่ 3.3 ถ้าแบบจำลองของเซลล์เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมด้านเท่า สถานีฐานจะตั้งระหว่างถนนทั้งสองฝั่ง แต่ถ้าแบบจำลองของเซลล์เป็นรูปทรงสามเหลี่ยมด้านเท่า สถานีฐานจะตั้งอยู่ริมถนนแต่ละฝั่ง โดยสายอากาศของสถานีฐานจะเป็นแบบเซกเตอร์แอนเทนนา (Sector Antenna) [16]



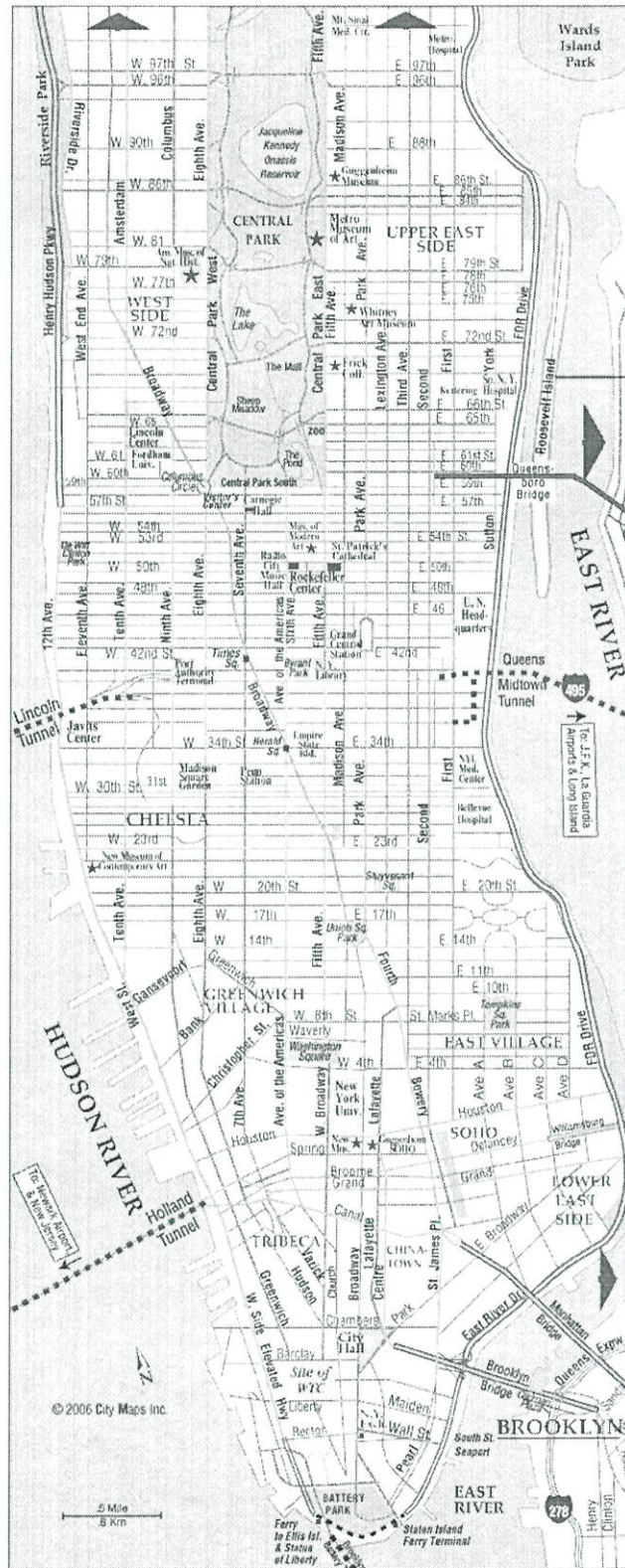
รูปที่ 3.2 โครงสร้างเครือข่ายเซลลูลาร์แบบมิติเดียวที่มีแบบจำลองของเซลเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม



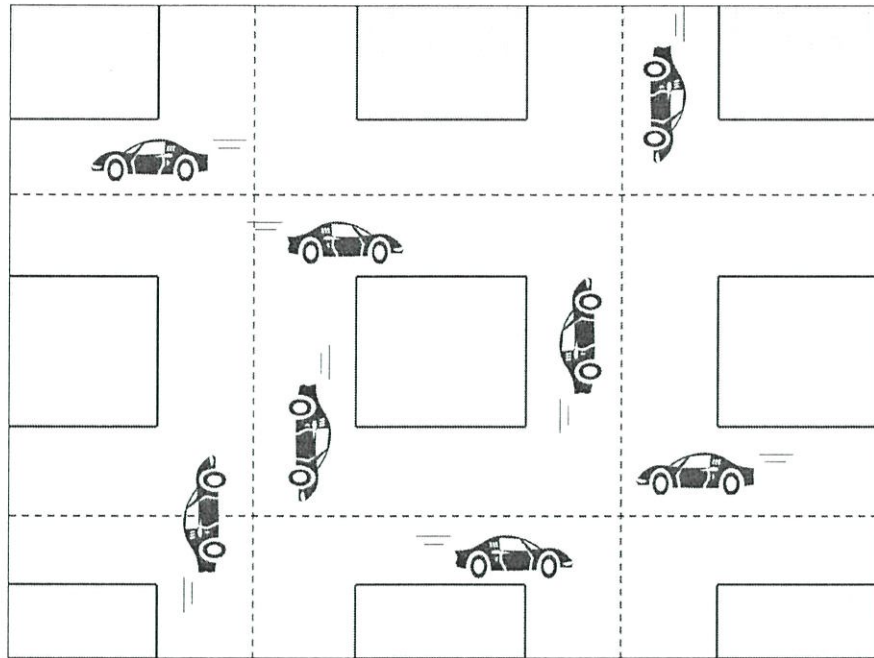
รูปที่ 3.3 โครงสร้างเครือข่ายเซลลูลาร์แบบมิติเดียวที่มีแบบจำลองของเซลเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม

### 3.2 เครือข่ายเซลลูลาร์แบบสองมิติ

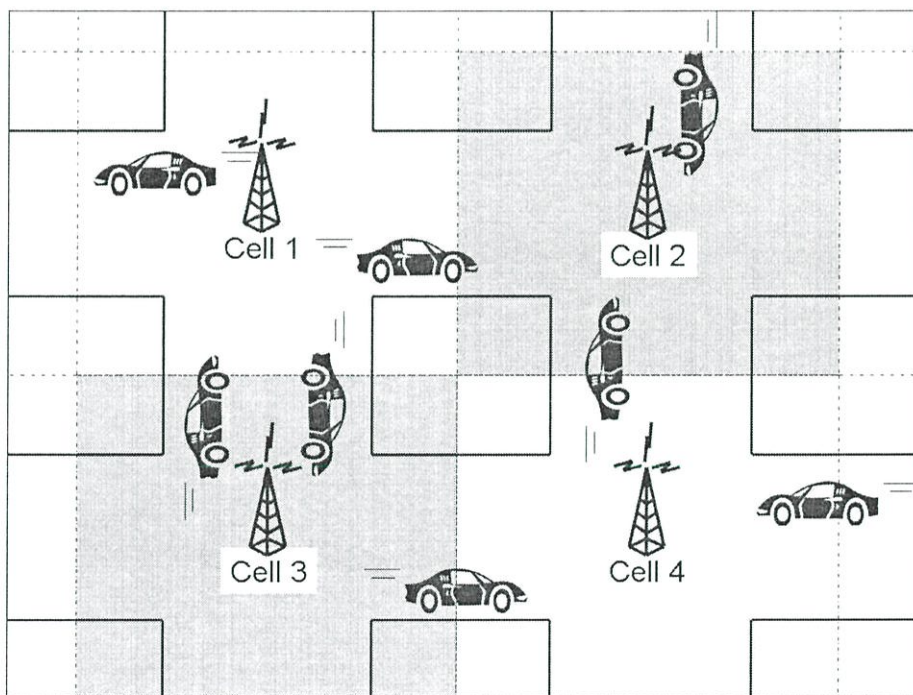
เครือข่ายเซลลูลาร์แบบสองมิติที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำการจำลองระบบนั้นออกแบบมาจากโครงสร้างของถนนในเมืองแมนฮัตตัน [17] ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3.4 จากรูปถนนในเมืองแมนฮัตตันจะแบ่งออกเป็นสองแบบคือ ถนนที่ทอดยาวในแนวแกน  $x$  กับถนนที่ทอดยาวในแนวแกน  $y$  ทำให้ถนนทั้งสองแบบตัดกันเป็นมุมฉากและแบ่งพื้นที่ของเมืองออกเป็นรูปสี่เหลี่ยม ดังนั้นเครือข่ายเซลลูลาร์แบบสองมิติจึงออกแบบมาเพื่อพื้นที่ประเภทถนนในเขตเมืองหรือในย่านชุมชนที่มีโครงสร้างถนนที่ถนนในแนวแกน  $x$  ตัดกับถนนในแนวแกน  $y$  และแบ่งพื้นที่ออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 แผนที่ถนนเมืองแมนฮัตตัน



รูปที่ 3.5 โครงสร้างถนนของเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติ



รูปที่ 3.6 โครงสร้างเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติ

ถนนที่ออกแบบมาสำหรับเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิตินั้น ผู้ใช้งานเครือข่ายจะเคลื่อนที่ได้ 4 ทิศทางคือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ทำให้ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าจะเคลื่อนที่ข้ามเซลได้แค่ 4 ทิศทางเท่านั้น โครงสร้างเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติจึงเป็นดังรูปที่ 3.6 จากรูปแบบจำลองเซลในเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านเท่า เพื่อให้เซลแต่ละเซลมีเซลข้างเคียงเพียง 4 เซล ซึ่งการใช้ความถี่ซำนั้นจะกำหนดให้ 1 กลุ่มมี 4 เซล

## บทที่ 4

# วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณ

### 4.1 วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบต่างๆ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณเพื่อควบคุมการใช้ช่องสัญญาณของระบบเครือข่ายเซลลูล่าให้เหมาะสม วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณถูกนำเสนอและถูกพัฒนาขึ้นมาหลายชนิด ซึ่งวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแต่ละชนิดจะมีรูปแบบการทำงานและตัวแปรที่จะนำมาพิจารณาแตกต่างกันไป วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่ถูกนิยมนำมาประยุกต์ใช้งานในเครือข่ายเซลลูล่ามีดังต่อไปนี้

- Reservation Scheme (RS) [18] เป็นวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่มีการจองช่องสัญญาณภายในเซลล์สำหรับแอสต์ออฟคอล โดยนิวกอลจะสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณที่ยังไม่มีการจองเท่านั้น

- Linear Weighted Scheme (LWS) [19] เป็นวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่พิจารณาค่าเฉลี่ยของการเรียกใช้ช่องสัญญาณในกลุ่มของเซลล์ โดยนิวกอลจะสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ก็ต่อเมื่อค่าเฉลี่ยของการเรียกใช้ช่องสัญญาณในกลุ่มของเซลล์น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ในขณะที่แอสต์ออฟคอลจะเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ก็ต่อเมื่อเซลล์มีช่องสัญญาณว่าง

- Distributed Admission Control Scheme (DACS) [20] เป็นวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่ใช้กับเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิตติเดียวหรือสองมิตติ ซึ่งจะพิจารณาแอสต์ออฟคอลที่เคลื่อนที่เข้าและออกจากเซลล์ไปยังเซลล์ข้างเคียง โดยนิวกอลจะสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ก็ต่อเมื่อในช่วงเวลาที่กำหนดค่าความน่าจะเป็นที่แอสต์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของเซลล์หรือเซลล์ข้างเคียงทุกเซลล์น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ในขณะที่แอสต์ออฟคอลจะเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ก็ต่อเมื่อเซลล์มีช่องสัญญาณว่าง

- Weighted Sum Scheme (WSS) [21] เป็นวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่จะพิจารณาปริมาณแอสต์ออฟคอลของกลุ่มเซลล์ โดยนิวกอลจะสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ก็ต่อเมื่อมีช่องสัญญาณว่างและอสมการที่ 4.1 เป็นจริง ในขณะที่แอสต์ออฟคอลจะเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ก็ต่อเมื่อเซลล์มีช่องสัญญาณว่าง

$$\sum_{i=0}^{\infty} p_i r_i < N - N_h \tag{4.1}$$

โดย  $p_i$  คือค่าน้ำหนักที่กำหนดให้กับแต่ละเซลล์  
 $n_i$  คือค่าเฉลี่ยของแฮนด์ออฟคอลที่เคลื่อนที่จากเซลล์แรกไปยังเซลล์  $i$   
 $N - N_h$  คือแนวควบคุมช่องสัญญาณ (Guard Channel)

- Probability Index Scheme (PIS) [22] เป็นวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่พิจารณาค่าความน่าจะเป็นที่การใช้ช่องสัญญาณถูกตัดการเชื่อมต่อจากระบบก่อนที่จะสื่อสารเสร็จสิ้น โดยนิวคอลลจะสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ก็ต่อเมื่อมีช่องสัญญาณว่างและค่าความน่าจะเป็นที่การใช้ช่องสัญญาณถูกตัดการเชื่อมต่อจากระบบก่อนที่จะสื่อสารเสร็จสิ้นมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ในขณะที่แฮนด์ออฟคอลจะเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ก็ต่อเมื่อเซลล์มีช่องสัญญาณว่าง

- Priority Based Call Admission Control Protocol [23] เป็นวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่มีการกำหนดระดับความสำคัญของประเภทของข้อมูลที่สื่อสารไว้ ซึ่งข้อมูลแต่ละประเภทจะใช้ปริมาณช่องสัญญาณแตกต่างกัน โดยระบบจะกำหนดปริมาณช่องสัญญาณสูงสุดและต่ำสุดที่ข้อมูลแต่ละประเภทต้องการใช้งานไว้ ถ้ามีการเรียกใช้ช่องสัญญาณเพื่อส่งข้อมูลที่มีความสำคัญสูงกว่าการใช้ช่องสัญญาณของข้อมูลที่เชื่อมต่ออยู่ในเครือข่าย ระบบจะทำการลดจำนวนช่องสัญญาณของข้อมูลที่มีความสำคัญน้อยกว่าเพื่อนำไปเพิ่มให้กับการใช้ช่องสัญญาณของข้อมูลที่มีความสำคัญสูงกว่า ทั้งนี้ระบบจะไม่ลดปริมาณช่องสัญญาณให้น้อยกว่าปริมาณช่องสัญญาณต่ำสุดที่ข้อมูลต้องการ

- Integral Mobility-Based Channel Reservation (IMBCR) [24] เป็นวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่จะทำการคาดเดาปริมาณช่องสัญญาณที่จะต้องจองไว้สำหรับแฮนด์ออฟคอลด้วยการคำนวณจากรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานเครือข่าย โดยค่าที่คำนวณได้อาจจะไม่ใช่เลขจำนวนเต็ม ซึ่งจะต้องทำการประมาณค่าด้วยเลขจำนวนเต็มที่ใกล้เคียงที่สุด ในการเรียกใช้ช่องสัญญาณของนิวคอลลจะทำได้ก็ต่อเมื่อช่องสัญญาณที่เหลืออยู่หลังการจองและการใช้งานช่องสัญญาณมีมากพอที่นิวคอลลจะใช้งานได้

- Fractional Mobility-Based Channel Reservation (FMBCR) [25] เป็นวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่จะทำการคาดเดาปริมาณช่องสัญญาณที่จะต้องจองไว้สำหรับแฮนด์ออฟคอลเช่นเดียวกับวิธี IMBCR แต่เนื่องจากค่าที่คำนวณได้อาจจะไม่ใช่เลขจำนวนเต็ม การประมาณค่าด้วยเลขจำนวนเต็มที่มีค่าใกล้เคียงที่สุดจะทำให้การจองช่องสัญญาณอาจจะไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงนำค่าทศนิยมที่เหลือจากการประมาณมาใช้พิจารณาประกอบ

- New Call Bounding (NCB) [26] เป็นวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่พิจารณาจำนวนช่องสัญญาณที่นิวคอลลใช้งานเป็นหลัก โดยนิวคอลลจะสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ก็ต่อเมื่อจำนวนช่องสัญญาณสำหรับนิวคอลลที่มีการใช้งานอยู่ขณะนั้นน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและมีจำนวนช่องสัญญาณเหลือพอที่นิวคอลลจะเรียกใช้ได้ ในขณะที่แฮนด์ออฟคอลจะเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ก็ต่อเมื่อเซลล์มีช่องสัญญาณว่าง

- Differential Bandwidth Reservation (DBR) [28] เป็นวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่พิจารณาอัตราการถูกตัดการเชื่อมต่อจากเครือข่ายและอัตราการเชื่อมต่อกับเครือข่ายสำเร็จ โดยจะทำการจองช่องสัญญาณสำหรับแชนด์ออฟคอลลด้วยการกำหนดกลุ่มเซลล์ที่แชนด์ออฟคอลลมีโอกาสเคลื่อนที่ผ่านสูงและกลุ่มเซลล์ที่แชนด์ออฟคอลลมีโอกาสเคลื่อนที่ผ่านน้อย โดยดูจากทิศทาง การเคลื่อนที่ของแชนด์ออฟคอลลที่ผ่านมา สำหรับกลุ่มเซลล์ที่แชนด์ออฟคอลลมีโอกาสเคลื่อนที่ผ่านสูง ระบบจะทำการจองช่องสัญญาณสำหรับแชนด์ออฟคอลลไว้ แต่สำหรับกลุ่มเซลล์ที่แชนด์ออฟคอลลมีโอกาสเคลื่อนที่ผ่านน้อยระบบจะทำการจองช่องสัญญาณไว้ในรูปแบบการใช้ร่วมกันกับแชนด์ออฟคอลลอื่นๆ ในขณะที่นิวคอลลจะสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ก็ต่อเมื่อมีช่องสัญญาณว่างที่ยังไม่ถูกจองไว้

- User Profile-Based Differential Bandwidth Reservation (UPDBR) [29] เป็นวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่จะทำการจองช่องสัญญาณสำหรับแชนด์ออฟคอลลเช่นเดียวกับวิธี DBR แต่มีการนำรูปแบบการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานมาวิเคราะห์ทิศทาง การเคลื่อนที่ ทำให้กลุ่มของเซลล์ที่แชนด์ออฟคอลลมีโอกาสเคลื่อนที่ผ่านน้อยจะมีขนาดเล็กลง

- QoS-Aware Admission Control Scheme [30] เป็นวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่พัฒนามาจากวิธี UPDBR ซึ่งยังคงใช้วิธี UPDBR เพื่อจองช่องสัญญาณสำหรับแชนด์ออฟคอลล แต่เพิ่มการจองช่องสัญญาณสำหรับนิวคอลลเข้ามาด้วย เมื่อนิวคอลลเรียกใช้ช่องสัญญาณ ระบบจะทำการจองช่องสัญญาณสำหรับนิวคอลลในเซลล์ข้างเคียงด้วยวิธีการ UPDBR โดยใช้ข้อมูลการเคลื่อนที่ของนิวคอลลที่เคยบันทึกไว้ ถ้าระบบจองช่องสัญญาณไม่ได้ นิวคอลลจะไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ เมื่อระบบจองช่องสัญญาณสำหรับนิวคอลลได้แล้ว ระบบจะทำการคำนวณอัตราเฉลี่ยของการถูกตัดการเชื่อมต่อจากเครือข่าย โดยนิวคอลลจะสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ก็ต่อเมื่ออัตราเฉลี่ยของการถูกตัดการเชื่อมต่อจากเครือข่ายมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้จำนวนเซลล์ที่จะทำการจองช่องสัญญาณยังปรับเปลี่ยนได้ตามอัตราเฉลี่ยของการถูกตัดการเชื่อมต่อจากเครือข่าย

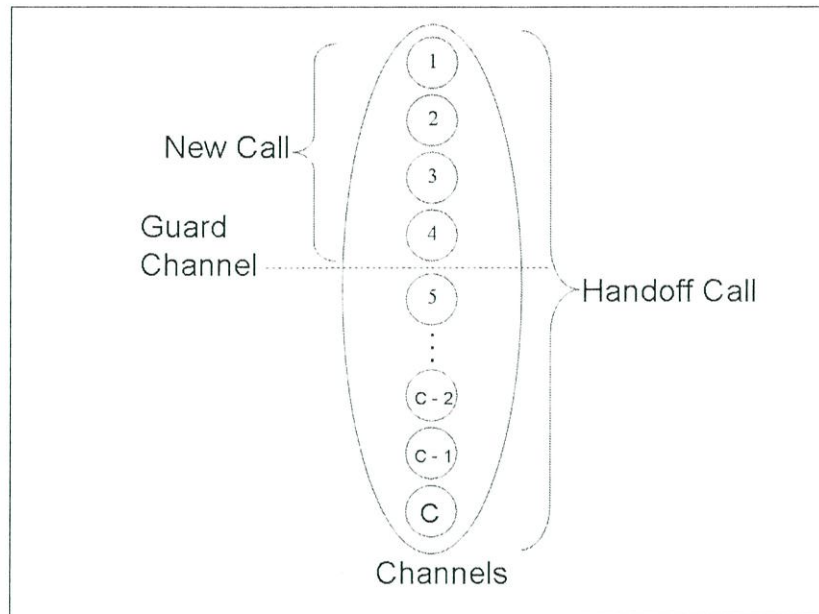
- Double-Threshold Admission Control Scheme [31] เป็นวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่ควบคุมการเรียกใช้ช่องสัญญาณของเครือข่ายเซลล์ลู่ล่าในสองระดับคือระดับเซลล์เดี่ยวและระดับกลุ่มเซลล์ โดยจะกำหนดขีดแบ่งในระดับเซลล์เดี่ยวและขีดแบ่งในระดับกลุ่มเซลล์ไว้ เพื่อควบคุมการเรียกใช้ช่องสัญญาณของนิวคอลล โดยนิวคอลลจะเรียกใช้ช่องสัญญาณของเซลล์ได้ก็ต่อเมื่อจำนวนช่องสัญญาณของเซลล์เดี่ยวที่ถูกใช้งานอยู่น้อยกว่าขีดแบ่งในระดับเซลล์เดี่ยวและจำนวนช่องสัญญาณของกลุ่มเซลล์ที่ถูกใช้งานอยู่น้อยกว่าขีดแบ่งในระดับกลุ่มเซลล์ สำหรับแชนด์ออฟคอลลสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ก็ต่อเมื่อเซลล์มีช่องสัญญาณว่าง

- Measurement-Based Dynamic Guard Channel Scheme เป็นวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่ใช้แนวควบคุมช่องสัญญาณในการควบคุมการเรียกใช้ช่องสัญญาณของนิวคอลล โดยนิวคอลลจะสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ก็ต่อเมื่อปริมาณช่องสัญญาณที่ถูกใช้งานและปริมาณช่องสัญญาณที่

นิวกอลเรียกใช้น้อยกว่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ ในขณะที่แฮนด์ออฟคอลสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ถ้ามีช่องสัญญาณว่าง จุดเด่นของ Measurement-Based Dynamic Guard Channel Scheme คือแนวควบคุมช่องสัญญาณสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามสถานะของเครือข่าย โดยระบบจะทำการวัดความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อแฮนด์ออฟคอลถูกตัดการเชื่อมต่อจากเครือข่าย ถ้าค่าที่วัดได้สูงกว่าเกณฑ์ของคุณภาพบริการ (Quality of Service) ระบบจะลดระดับแนวควบคุมช่องสัญญาณเพื่อให้นิวกอลมีช่องสัญญาณให้เรียกใช้ได้น้อยลง นอกจากนี้ระบบสามารถเพิ่มระดับแนวควบคุมช่องสัญญาณได้ ถ้าภายในระยะเวลาที่กำหนดแฮนด์ออฟคอลไม่ถูกตัดการเชื่อมต่อจากเครือข่ายเลย

#### 4.2 วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีกำหนดค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับเครือข่ายเซลลูลาร์ โดยปรับปรุงวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลลูลาร์และปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต (Measurement-Based Dynamic Guard Channel) จากการศึกษาพบว่าหลักการดำเนินงานของวิธีการนี้ใช้การปรับเปลี่ยนค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณตามเวลาจริง เพื่อควบคุมให้การจัดสรรช่องสัญญาณมีความเหมาะสมกับสถานะของเครือข่ายในขณะนั้น ดังนั้นวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลลูลาร์และปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัตจึงเป็นวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่พัฒนามาจากวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีกำหนดค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ [32] ทั้งสองวิธีการนี้แนวควบคุมช่องสัญญาณมีบทบาทสำคัญในการจัดสรรช่องสัญญาณเป็นอย่างมาก เนื่องจากในเครือข่ายเซลลูลาร์นิวกอลและแฮนด์ออฟคอลใช้งานช่องสัญญาณร่วมกัน แนวควบคุมช่องสัญญาณจะเป็นขอบเขตที่กำหนดปริมาณช่องสัญญาณที่นิวกอลสามารถเรียกใช้ได้ ในขณะที่แฮนด์ออฟคอลใช้งานช่องสัญญาณได้อย่างอิสระดังรูปที่ 4.1 จากรูปกำหนดให้เซลล์จะมีช่องสัญญาณทั้งหมด  $C$  ช่อง และค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณกำหนดไว้ที่ช่องสัญญาณที่ 4 ทำให้นิวกอลสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ตั้งแต่ช่องสัญญาณที่ 1 ถึงช่องสัญญาณที่ 4 เท่านั้น ในขณะที่แฮนด์ออฟคอลสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ตั้งแต่ช่องสัญญาณที่ 1 ถึงช่องสัญญาณที่  $C$  ดังนั้นวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกำหนดค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณจึงเป็นวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่ให้ความสำคัญกับแฮนด์ออฟคอลสูงกว่านิวกอล



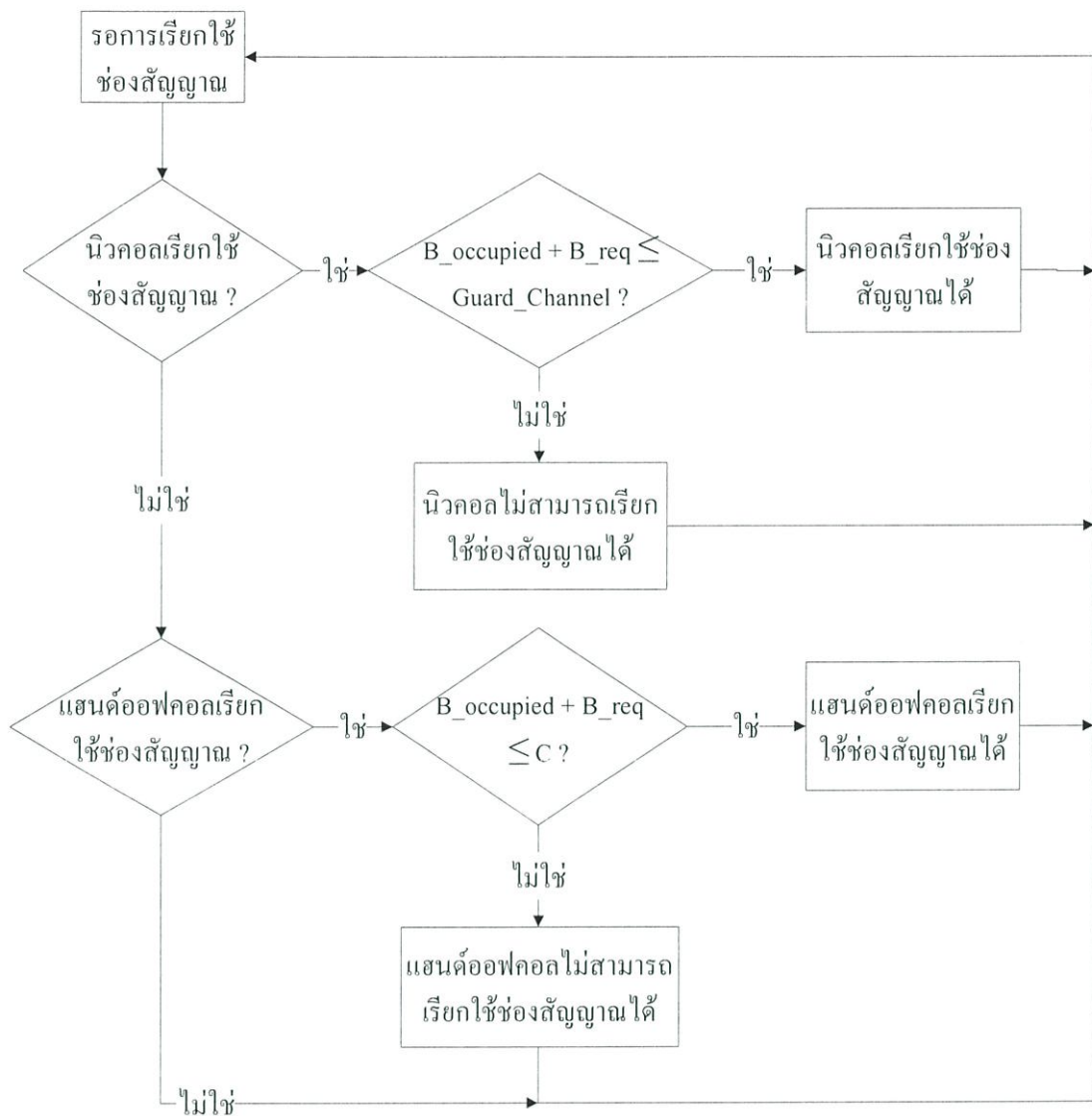
รูปที่ 4.1 หลักการทำงานของวิธีกำหนดแนวควบคุมช่องสัญญาณ

ขั้นตอนการทำงานของวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกำหนดค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณเป็นดังรูปที่ 4.2 จากรูปตัวแปรต่างๆมีความหมายดังนี้

C	หมายถึงปริมาณช่องสัญญาณทั้งหมดในเซลล์
B_occupied	หมายถึงจำนวนช่องสัญญาณที่ถูกใช้งานอยู่
B_req	หมายถึงจำนวนช่องสัญญาณที่เรียกใช้
Guard_Channel	หมายถึงค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ

จากรูปที่ 4.2 ระบบจะรอการเรียกใช้ช่องสัญญาณ เมื่อนิวคอลลเรียกใช้ช่องสัญญาณ ระบบจะตรวจสอบว่าจำนวนช่องสัญญาณที่ถูกใช้งานอยู่รวมกับจำนวนช่องสัญญาณที่นิวคอลลเรียกใช้มีค่าสูงกว่าแนวควบคุมช่องสัญญาณหรือไม่ โดยนิวคอลลจะสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ก็ต่อเมื่อค่าดังกล่าวน้อยกว่าหรือเท่ากับแนวควบคุมช่องสัญญาณ แต่ถ้าค่าที่ได้สูงกว่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ นิวคอลลจะไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และจะต้องทำการเรียกใช้ช่องสัญญาณใหม่ในภายหลัง

เมื่อแฮนด์ออฟคอลลเรียกใช้ช่องสัญญาณ ระบบจะตรวจสอบว่าจำนวนช่องสัญญาณที่ถูกใช้งานอยู่รวมกับจำนวนช่องสัญญาณที่แฮนด์ออฟคอลลเรียกใช้มีค่าสูงกว่าปริมาณช่องสัญญาณทั้งหมดหรือไม่ ถ้าค่าดังกล่าวน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณช่องสัญญาณทั้งหมด แฮนด์ออฟคอลลจะสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ แต่ถ้าค่าที่ได้สูงกว่าปริมาณช่องสัญญาณทั้งหมด แฮนด์ออฟคอลลจะไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และจะต้องถูกตัดการเชื่อมต่อออกจากเครือข่าย



รูปที่ 4.2 ฟังงานวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกำหนดค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ

#### 4.3 วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต

วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัตเป็นวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่มีจุดประสงค์ต้องการเพิ่มคุณภาพบริการของเครือข่าย โดยมุ่งเน้นไปที่พารามิเตอร์ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ (Handoff-Dropping Probability) โดยจะทำการวัดค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ตามเวลาจริง ถ้าค่าที่วัดได้มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายที่กำหนด แสดงว่าในขณะนั้นเซลมีจำนวนช่องสัญญาณเหลือให้แฮนด์ออฟคอลเรียกใช้น้อยเกินไป เนื่องจากชนิดของการเรียกใช้ช่องสัญญาณของเครือข่ายเซลลูล่ามีสองประเภทคือนิวคอลและแฮนด์ออฟคอล ระบบจึงต้องลดปริมาณการเรียกใช้ช่องสัญญาณของนิว

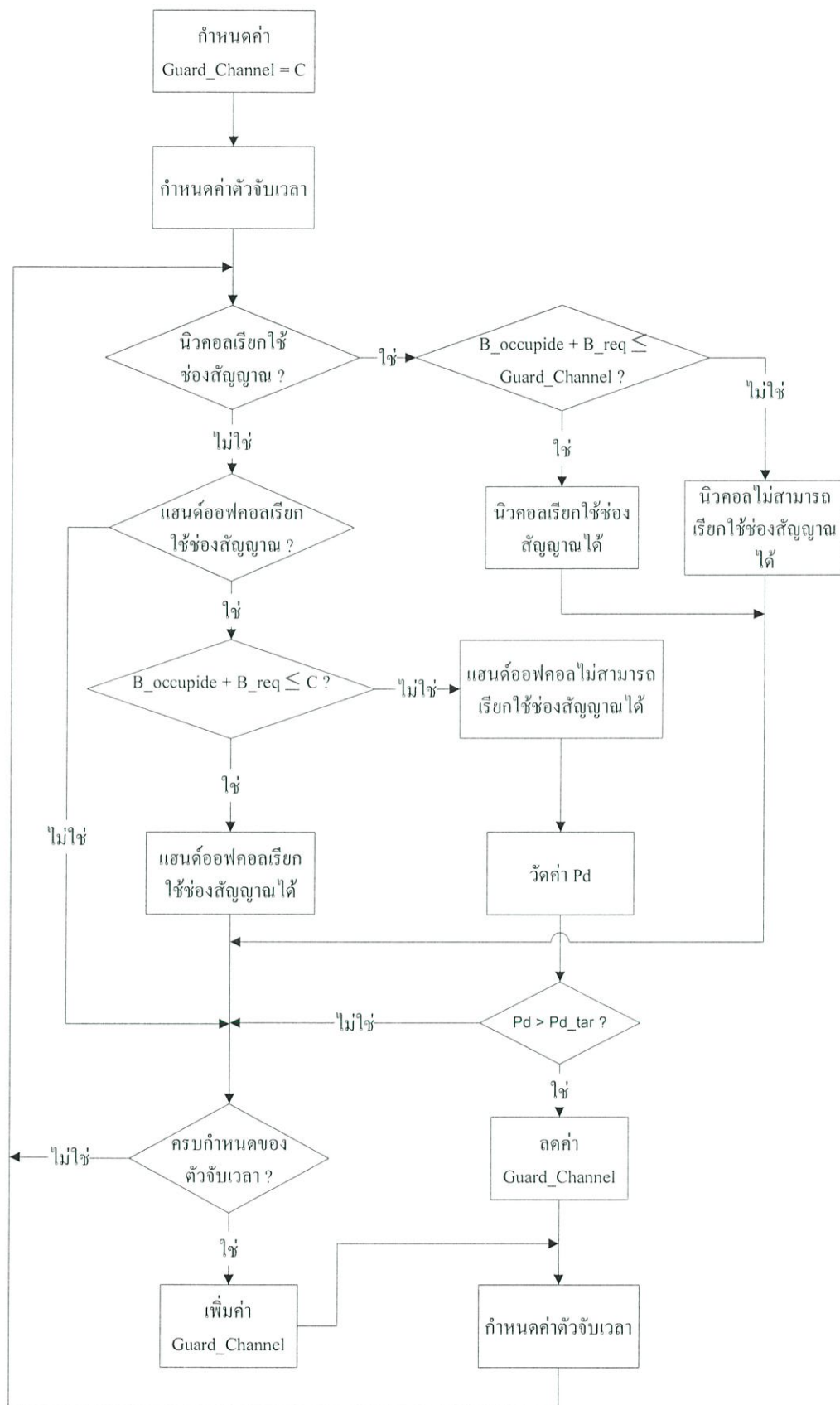
ลดลง โดยการลดค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ เพื่อให้ช่องสัญญาณที่นิวคอลมีสิทธิ์เรียกใช้มีจำนวนน้อยลง ดังนั้นเซลล์จึงรับนิวคอลได้น้อยลง ส่งผลให้เซลล์มีช่องสัญญาณที่จะรองรับแชนด์ออฟคอลลที่คับคั่งอยู่ขณะนั้นได้มากขึ้น

เมื่อใดก็ตามที่ค่าความน่าจะเป็นที่แชนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าลดลงจนต่ำกว่าเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายที่กำหนด แสดงว่าสถานะของเครือข่ายเซลล์คู่ในขณะนั้นมีจำนวนช่องสัญญาณเหลือมากพอที่จะรองรับแชนด์ออฟคอลลได้ ระบบจึงทำการเพิ่มค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ เพื่อให้ช่องสัญญาณที่นิวคอลมีสิทธิ์เรียกใช้มีจำนวนมากขึ้น ทำให้เซลล์รองรับนิวคอลลได้มากขึ้น ดังนั้นจุดเด่นของวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลล์คู่และปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัตคือสามารถปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณให้เข้ากับสถานะของเครือข่ายเซลล์คู่ตามเวลาจริง

หลักการการทำงานของวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลล์คู่และปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัตเป็นดังรูปที่ 4.3 จากรูปตัวแปรต่างๆมีความหมายดังนี้

C	หมายถึงปริมาณช่องสัญญาณทั้งหมดในเซลล์
B <sub>occupide</sub>	หมายถึงจำนวนช่องสัญญาณที่ถูกใช้งานอยู่
B <sub>req</sub>	หมายถึงจำนวนช่องสัญญาณที่เรียกใช้
Guard_Channel	หมายถึงค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ
Pd	หมายถึงค่าความน่าจะเป็นที่แชนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้
Pd <sub>tar</sub>	หมายถึงเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟคอลล

จากรูปที่ 4.3 เมื่อเริ่มต้นระบบจะกำหนดค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณให้เท่ากับปริมาณช่องสัญญาณทั้งหมดในเซลล์ เพื่อให้นิวคอลลและแชนด์ออฟคอลลมีสิทธิ์เรียกใช้ช่องสัญญาณได้เท่าเทียมกัน เพราะในจุดเริ่มต้นของระบบนั้นช่องสัญญาณทั้งหมดในเซลล์จะเป็นช่องสัญญาณที่ไม่ถูกใช้งาน เมื่อนิวคอลลและแชนด์ออฟคอลลเรียกใช้ช่องสัญญาณ ช่องสัญญาณในเซลล์จะค่อยๆถูกใช้งานมากขึ้นจนกระทั่งช่องสัญญาณถูกใช้งานทั้งหมด เมื่อจำนวนครั้งที่แชนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าสูงขึ้นจนค่าความน่าจะเป็นที่แชนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายที่กำหนด ระบบจะลดค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณลงจนกระทั่งค่าความน่าจะเป็นที่แชนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่าย ระบบจะหยุดลดค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ



รูปที่ 4.3 ฟังงานวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่า  
แนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต

จากรูปที่ 4.3 หลังจากระบบกำหนดค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณให้เท่ากับปริมาณช่องสัญญาณทั้งหมดแล้ว ระบบจะเริ่มทำการนับเวลาโดยตัวจับเวลา ซึ่งการนับเวลาจะนับเพื่อตรวจสอบว่าครบรอบเวลาที่กำหนดหรือยัง ถ้าภายในรอบเวลาที่กำหนดไม่มีแฮนด์ออฟคอลลูกตัดการเชื่อมต่อจากเครือข่ายเลย แสดงว่าปริมาณช่องสัญญาณที่มีในขณะนั้นมีจำนวนมากพอที่จะรองรับแฮนด์ออฟคอลลได้ ทำให้ระบบจะเพิ่มค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณเพื่อให้นิวคอลลมีจำนวนช่องสัญญาณให้เรียกใช้มากขึ้น

หลังจากเริ่มทำการนับเวลาแล้วระบบจะรอรับการเรียกใช้ช่องสัญญาณ ถ้านิวคอลลเรียกใช้ช่องสัญญาณ ระบบจะตรวจสอบว่าจำนวนช่องสัญญาณที่ถูกใช้งานอยู่รวมกับจำนวนช่องสัญญาณที่นิวคอลลเรียกใช้มีค่าสูงกว่าค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณหรือไม่ ถ้ามีค่าสูงกว่าค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ นิวคอลลจะไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ทำให้นิวคอลลไม่สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายได้และจะต้องทำการเรียกใช้ช่องสัญญาณในภายหลัง แต่ถ้าจำนวนช่องสัญญาณที่ถูกใช้งานอยู่รวมกับจำนวนช่องสัญญาณที่นิวคอลลเรียกใช้มีค่าสูงกว่าค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ นิวคอลลจะสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ และระบบจะทำการรอรับการเรียกใช้ช่องสัญญาณครั้งต่อไป

ถ้าแฮนด์ออฟคอลลเรียกใช้ช่องสัญญาณ ระบบจะตรวจสอบว่าจำนวนช่องสัญญาณที่ถูกใช้งานอยู่รวมกับจำนวนช่องสัญญาณที่แฮนด์ออฟคอลลเรียกใช้มีค่าสูงกว่าจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดหรือไม่ ถ้าค่าที่ได้ไม่สูงกว่าจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมด แฮนด์ออฟคอลลจะสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ แต่ถ้าค่าที่ได้สูงกว่าจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมด แฮนด์ออฟคอลลจะไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และจะถูกตัดการเชื่อมต่อจากเครือข่าย เมื่อใดก็ตามที่แฮนด์ออฟคอลลูกตัดการเชื่อมต่อจากเครือข่าย ระบบจะทำการวัดค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ณ ขณะนั้น ถ้าค่าที่วัดได้มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลล ระบบจะลดค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณเพื่อให้นิวคอลลมีจำนวนช่องสัญญาณให้เรียกใช้น้อยลง จึงส่งผลให้แฮนด์ออฟคอลลมีจำนวนช่องสัญญาณให้ใช้งานมากขึ้น เพื่อเตรียมรองรับการเรียกใช้ช่องสัญญาณของแฮนด์ออฟคอลลในครั้งถัดไป เมื่อใดก็ตามที่ระบบทำการปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ ระบบจะเริ่มต้นนับเวลาใหม่ทุกครั้ง เพื่อตรวจสอบว่าค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณที่ใช้ในปัจจุบันมีความเหมาะสมหรือไม่

## บทที่ 5

# วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่นำเสนอ

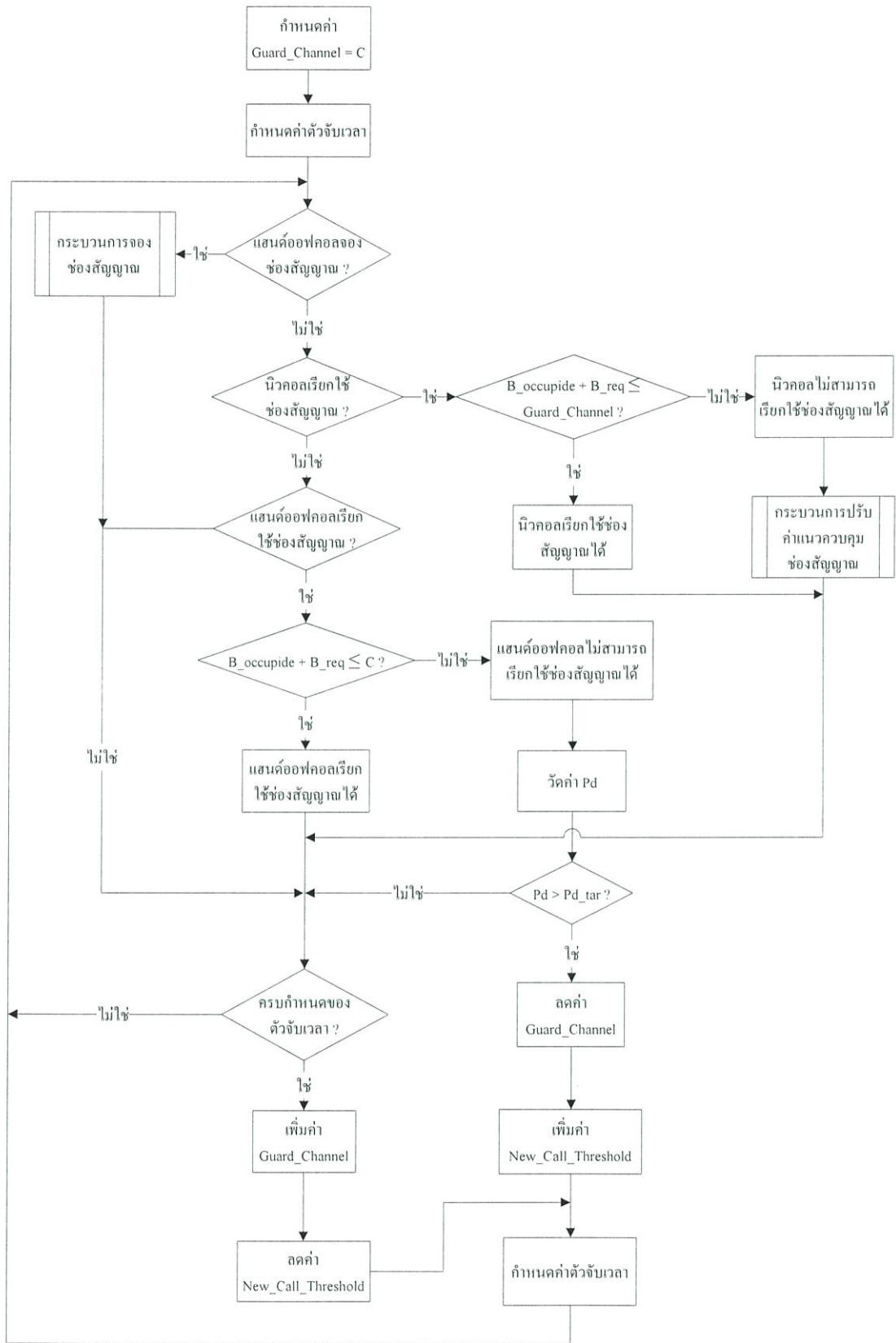
### 5.1 การปรับปรุงวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่าย

#### เซลล์และปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต

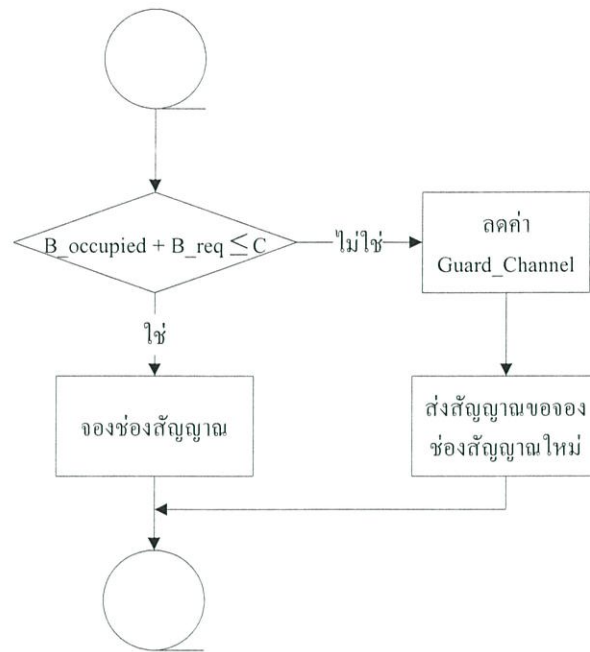
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณ (Call Admission Control Scheme) สำหรับเครือข่ายเซลล์ โดยปรับปรุงวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลล์และปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต (Measurement-Based Dynamic Guard Channel) ซึ่งมีวิธีการทำงานดังรูปที่ 5.1, 5.2, 5.3 จากรูปตัวแปรต่างๆมีความหมายดังนี้

C	หมายถึงปริมาณช่องสัญญาณทั้งหมดในเซลล์
B_occupide	หมายถึงจำนวนช่องสัญญาณที่ถูกใช้งานอยู่
B_req	หมายถึงจำนวนช่องสัญญาณที่เรียกใช้
Guard_Channel	หมายถึงค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ
Pb	หมายถึงค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ (New-Call-Blocking Probability)
Pd	หมายถึงค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ (Handoff-Dropping Probability)
Pd_tar	หมายถึงเกณฑ์ของคุณภาพบริการ (Quality of Service) ของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลล
New_Call_Threshold	หมายถึงพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ (New-Call Threshold)

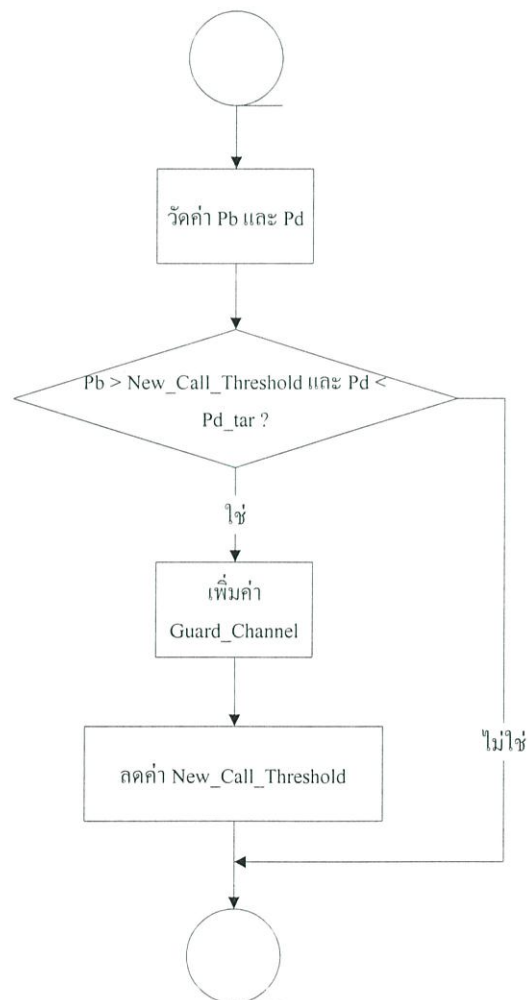
จากรูปที่ 5.1 เป็นผังงานของวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่นำเสนอซึ่งเป็นขั้นตอนการเรียกใช้ช่องสัญญาณสำหรับเซลล์หนึ่งเซลล์เท่านั้น โดยการนำไปใช้งานในระบบเครือข่ายเซลล์ล่านั้นจะประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์ ซึ่งวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่นำเสนอถูกออกแบบมาเพื่อนำไปใช้กับเครือข่ายเซลล์ลุ่มแบบมิติเดียว (One-dimensional Cellular Networks) และเครือข่ายเซลล์ลุ่มแบบสองมิติ (Two-dimensional Cellular Networks) ขั้นตอนการทำงานของวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณในรูปที่ 5.1 เริ่มด้วยการกำหนดค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณให้มีค่าเท่ากับปริมาณช่องสัญญาณทั้งหมดในเซลล์และกำหนดค่าตัวจับเวลา ระบบจะรอรับการเรียกใช้ช่องสัญญาณจากผู้ใช้งานเครือข่ายเซลล์ลุ่มซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ นิวคอลลเรียกใช้ช่องสัญญาณ แฮนด์ออฟคอลลเรียกใช้ช่องสัญญาณและแฮนด์ออฟคอลลทำการขอจองช่องสัญญาณ



รูปที่ 5.1 ฟังงานการปรับปรุงวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่าย เซลล์และปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต



รูปที่ 5.2 ฟังก์ชันกระบวนการจองช่องสัญญาณ



รูปที่ 5.3 ฟังก์ชันกระบวนการปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ

เมื่อแฮนด์ออฟคอลลทำการขจองช่องสัญญาณระบบจะมีขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 5.2 โดยระบบจะทำการวัดปริมาณการใช้ช่องสัญญาณของเซล ณ ขณะนั้นแล้วนำไปรวมกับขนาดช่องสัญญาณที่แฮนด์ออฟคอลลต้องการจองคังอสมการที่ 5.1

$$C \geq B\_occupied + B\_req \quad (5.1)$$

โดย  $C$  คือปริมาณช่องสัญญาณทั้งหมดในเซล

$B\_occupide$  คือจำนวนช่องสัญญาณที่ถูกใช้งานอยู่

$B\_req$  คือจำนวนช่องสัญญาณที่เรียกใช้

ถ้าอสมการที่ 5.1 เป็นจริงแสดงว่า ณ ขณะนั้นเซลมีจำนวนช่องสัญญาณว่างเพียงพอที่จะรองรับการจองช่องสัญญาณของแฮนด์ออฟคอลลได้ ทำให้แฮนด์ออฟคอลลสามารถจองช่องสัญญาณได้สำเร็จ ถ้าอสมการที่ 5.1 เป็นเท็จแสดงว่า ณ ขณะนั้นการใช้ช่องสัญญาณของเซลมีปริมาณสูงมากจนช่องสัญญาณที่ว่างอยู่มีจำนวนน้อยเกินไปที่จะทำการจองช่องสัญญาณได้ ทำให้ระบบจะปรับลดค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณลง เพื่อให้ปริมาณช่องสัญญาณที่นิวคอลลสามารถเรียกใช้ได้ลดลง ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้ช่องสัญญาณของเซลลงได้แล้วจึงทำการจองช่องสัญญาณซ้ำ ซึ่งจะทำการจองช่องสัญญาณซ้ำจนกว่าจะสามารถจองช่องสัญญาณได้หรือจนกระทั่งแฮนด์ออฟคอลลเรียกใช้ช่องสัญญาณ ถ้าหากแฮนด์ออฟคอลลเรียกใช้ช่องสัญญาณ โดยที่ไม่สามารถจองช่องสัญญาณได้ แฮนด์ออฟคอลลจะสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ก็ต่อเมื่อมีช่องสัญญาณว่างเท่านั้น ถ้าเซลไม่มีช่องสัญญาณว่างเหลืออยู่เลยแฮนด์ออฟคอลลจะถูกตัดการเชื่อมต่อออกจากเครือข่าย

$$Guard\_Channel \geq B\_occupied + B\_req \quad (5.2)$$

โดย  $Guard\_Channel$  คือค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ

$B\_occupide$  คือจำนวนช่องสัญญาณที่ถูกใช้งานอยู่

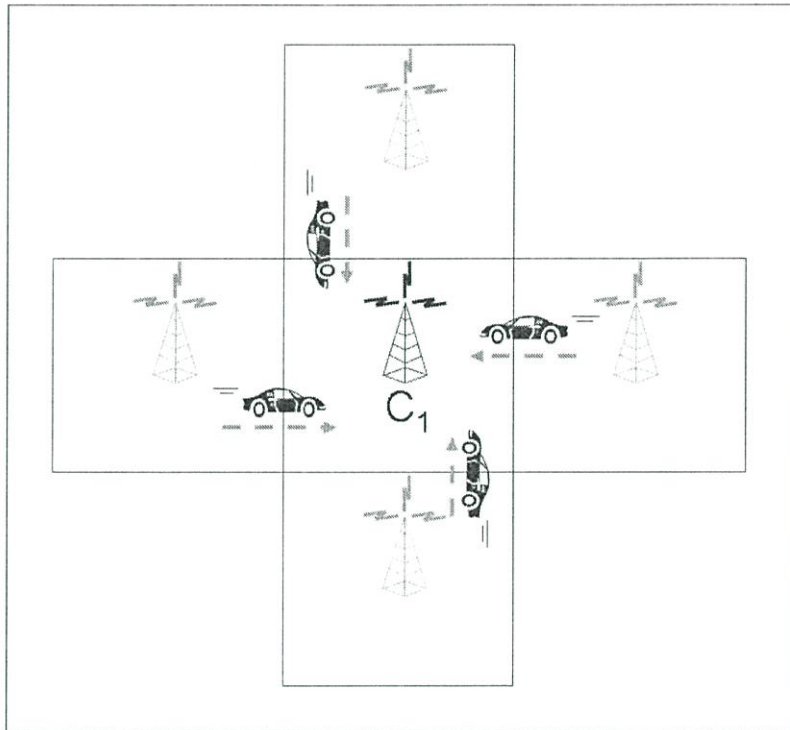
$B\_req$  คือจำนวนช่องสัญญาณที่เรียกใช้

จากรูปที่ 5.1 ปริมาณช่องสัญญาณที่นิวคอลลสามารถเรียกใช้ได้จะถูกจำกัดด้วยค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ เมื่อนิวคอลลเรียกใช้ช่องสัญญาณระบบจำค่านวนว่าอสมการที่ 5.2 เป็นจริงหรือไม่ ถ้าเป็นจริงแสดงว่า ณ เวลานั้นเซลมีจำนวนช่องสัญญาณว่างเพียงพอที่จะรองรับการเรียกใช้ช่องสัญญาณของนิวคอลล เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณที่กำลังถูกใช้งานรวมกับจำนวนช่องสัญญาณที่นิวคอลลเรียกใช้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ ดังนั้นนิวคอลลสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ถ้าอสมการที่ 5.2 เป็นเท็จนิวคอลลจะไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ เพราะจำนวนช่องสัญญาณที่กำลังถูกใช้งานรวมกับจำนวนช่องสัญญาณที่นิวค

ลเรียกใช้มีค่าสูงกว่าค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ เมื่อนิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้นิวคอลลจะไม่สามารถเชื่อมต่อเข้ามายังเครือข่ายเซลลูล่าและต้องทำการเรียกใช้ช่องสัญญาณใหม่หลังจากที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ระบบจะทำการปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณดังรูปที่ 5.3 โดยจะทำการวัดค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟฟอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ถ้าค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่ามากกว่าพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ และค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟฟอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟฟอล แสดงว่า ณ เวลานั้นเซลมีปริมาณการเรียกใช้ช่องสัญญาณของนิวคอลลมากและมีปริมาณการเรียกใช้ช่องสัญญาณของแฮนด์ออฟฟอลลน้อย ดังนั้นระบบจะทำการเพิ่มค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ เพื่อให้ปริมาณช่องสัญญาณที่นิวคอลลสามารถเรียกใช้ได้มีมากขึ้น และระบบจะลดค่าพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ เพื่อเพิ่มโอกาสในการปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณให้สูงขึ้น เมื่อมีเหตุการณ์ที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ในอนาคต ถ้าค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่ามากกว่าพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ และค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟฟอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่ามากกว่าเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟฟอล หมายความว่าปริมาณการเรียกใช้ช่องสัญญาณของนิวคอลลและแฮนด์ออฟฟอลมีค่ามากทั้งคู่ ระบบจะไม่เพิ่มค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ เนื่องจากระบบให้ความสำคัญกับแฮนด์ออฟฟอลสูงกว่านิวคอลล

เมื่อแฮนด์ออฟฟอลเรียกใช้ช่องสัญญาณจะมีการทำงานดังรูปที่ 5.1 ถ้าแฮนด์ออฟฟอลที่เรียกใช้ช่องสัญญาณสามารถจองช่องสัญญาณได้ล่วงหน้าแล้วจะสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้ทันที แต่ถ้าแฮนด์ออฟฟอลจองช่องสัญญาณไม่ได้ ระบบก็จะตรวจสอบว่าเซลมีช่องสัญญาณว่างหรือไม่ โดยพิจารณาว่าอสมการที่ 5.1 เป็นจริงหรือไม่ ถ้าเป็นจริงแสดงว่าเซลมีช่องสัญญาณว่างเพียงพอที่แฮนด์ออฟฟอลจะเรียกใช้ได้ ถ้าเซลมีช่องสัญญาณว่างไม่เพียงพอ แฮนด์ออฟฟอลจะถูกตัดการเชื่อมต่อจากเครือข่ายเซลลูล่า แล้วระบบจะทำการพิจารณาปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณโดยการวัดค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟฟอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ณ ขณะนั้น ถ้าค่าที่วัดได้มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟฟอลแสดงว่าค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณของเซล ณ ขณะนั้นมีค่าสูงเกินไป ระบบจะทำการลดค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณลง เพื่อให้แฮนด์ออฟฟอลมีช่องสัญญาณให้เรียกใช้มากขึ้น และระบบยังเพิ่มค่าพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ เพื่อลดโอกาสที่ระบบจะปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณเพิ่มสำหรับนิวคอลล เนื่องจาก ณ ขณะนี้สภาวะของเซลมีปริมาณแฮนด์ออฟฟอลสูง นอกจากนี้ระบบยังทำการกำหนดค่าตัวจับเวลาใหม่อีกด้วย

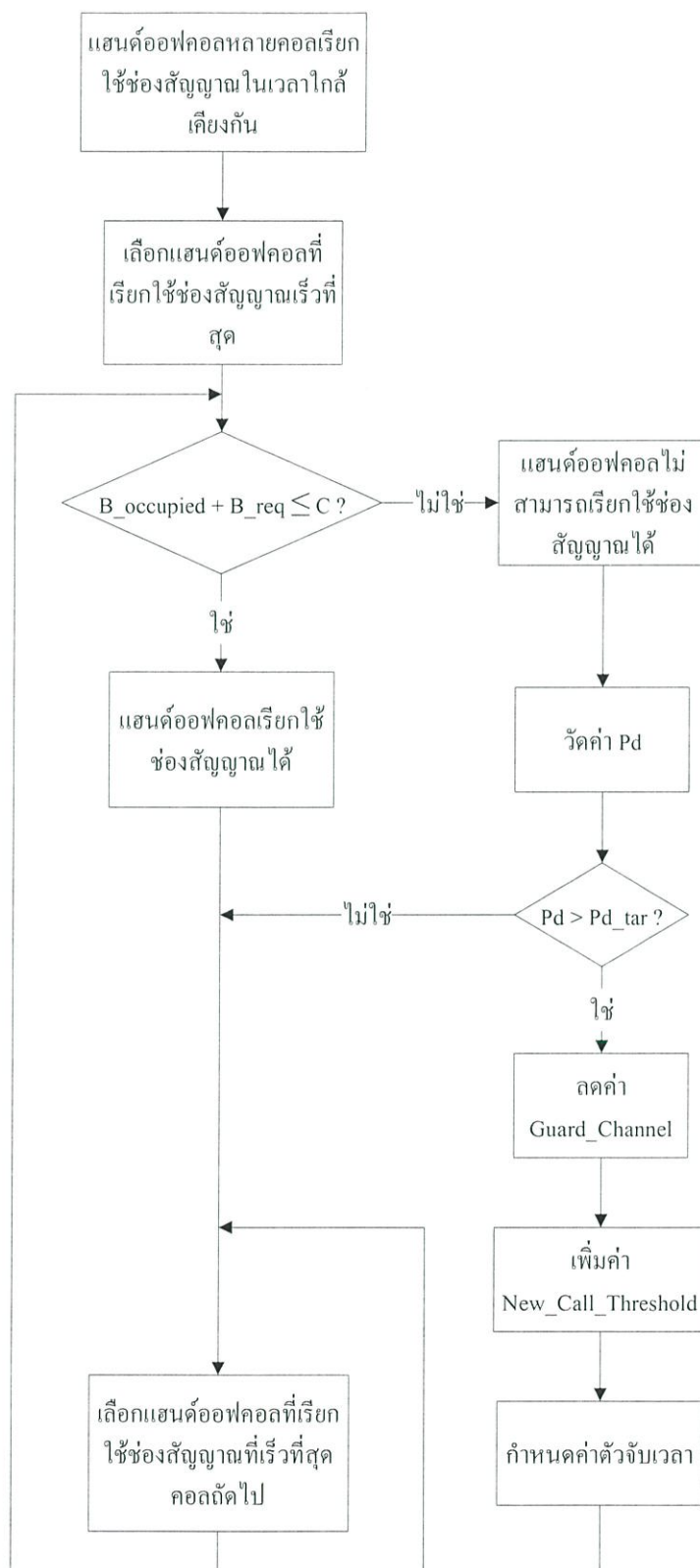
จากระบบในรูป 5.1 ถ้าเซลล์ใดครบกำหนดของตัวจับเวลา แสดงว่าภายในระยะเวลาที่กำหนดเซลล์นั้นไม่มีเหตุการณ์ที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เลย สถานะของเซลล์นี้จะมีปริมาณแฮนด์ออฟคอลน้อย ระบบจะทำการเพิ่มค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณเพื่อให้สามารถรองรับปริมาณนิวคอลได้มากขึ้น เพื่อให้สามารถใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และระบบจะลดค่าพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ เพื่อเพิ่มโอกาสในการปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณเพิ่มขึ้นในอนาคต



รูปที่ 5.4 ตัวอย่างกรณีที่แฮนด์ออฟคอลหลายคอลเรียกใช้ช่องสัญญาณในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 5.4 แสดงตัวอย่างในกรณีที่แฮนด์ออฟคอลหลายคอลเรียกใช้ช่องสัญญาณจากเซลล์เดียวกันในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน โดยมีแฮนด์ออฟคอล 4 คอลเรียกใช้ช่องสัญญาณของเซลล์  $C_1$  ในเวลาใกล้เคียงกัน เพื่อให้สามารถระบุได้ว่าแฮนด์ออฟคอลใดสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณจากเซลล์ได้ ระบบจะทำการจัดลำดับความสำคัญของแฮนด์ออฟคอลทุกคอลลดรูปที่ 5.5 เมื่อเริ่มต้นระบบจะให้โอกาสแฮนด์ออฟคอลที่เรียกใช้ช่องสัญญาณได้เร็วที่สุด โดยจะตรวจสอบค่า  $B_{req}$  จากสมการที่ 5.1 ถ้าเป็นจริงแฮนด์ออฟคอลนี้จะสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ แต่ถ้าสมการที่ 5.1 เป็นเท็จ แฮนด์ออฟคอลนี้จะไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ส่งผลให้ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าถูกตัดการเชื่อมต่อจากเครือข่ายทันที และระบบจะทำการวัดค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ถ้าค่าที่วัดได้สูงกว่าเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอล ระบบจะทำการปรับลดค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณและเพิ่มค่าพารามิเตอร์ขอบเขต

ความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ หลังจากนั้นระบบจะให้โอกาสแชนด์ออฟคอลลที่เรียกใช้ช่องสัญญาณเป็นรายต่อไปตามลำดับ



รูปที่ 5.5 ฟังงานการจัดลำดับความสำคัญของแชนด์ออฟคอลล

จากรูปที่ 5.5 ตัวแปรต่าง ๆ มีความหมายดังนี้

C	หมายถึงปริมาณช่องสัญญาณทั้งหมดในเซลล์
B_occupide	หมายถึงจำนวนช่องสัญญาณที่ถูกใช้งานอยู่
B_req	หมายถึงจำนวนช่องสัญญาณที่เรียกใช้
Guard_Channel	หมายถึงค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ
Pd	หมายถึงค่าความน่าจะเป็นที่เสด็จออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้
Pd_tar	หมายถึงเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเสด็จออฟคอล
New_Call_Threshold	หมายถึงพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้

## 5.2 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ที่ใช้วัดคุณภาพบริการของเครือข่ายเซลลูล่า

พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มี 3 ค่าคือค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ค่าความน่าจะเป็นที่เสด็จออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ และค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์ (Call Successful Probability) โดยการคำนวณค่าทั้งสามมีหลักการดังนี้

### 5.2.1 ค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้

ค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้นั้นคำนวณได้จากสมการที่ 5.3 โดยระบบจะนับจำนวนครั้งที่นิวคอลเรียกใช้ช่องสัญญาณและจำนวนครั้งที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เอาไว้ ถ้าผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าไม่สามารถเชื่อมต่อเข้ามายังเครือข่ายได้ ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าอาจจะทำการเชื่อมต่อซ้ำเรื่อยๆจนกว่าจะสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ทำให้จำนวนครั้งที่นิวคอลทำการเรียกใช้ช่องสัญญาณเพิ่มขึ้นเรื่อยๆถึงแม้จะเกิดจากผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าคนเดียวก็ตาม ทำให้ค่า *New\_Call\_Request* จากสมการที่ 5.3 เป็นค่าความถี่สะสมของจำนวนครั้งที่นิวคอลทำการเรียกใช้ช่องสัญญาณ

$$P_b = \frac{\text{New\_Call\_Block}}{\text{New\_Call\_Request}} \quad (5.3)$$

โดย  $P_b$  คือค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้

$\text{New\_Call\_Block}$  คือจำนวนครั้งที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้

$New\_Call\_Request$  คือจำนวนครั้งที่นิวคอลเรียกใช้ช่องสัญญาณ

### 5.2.2 ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้

ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้คำนวณได้จากสมการที่ 5.4 เมื่อนิวคอลสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ จะทำให้ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายและเริ่มทำการสื่อสารได้ หลังจากนั้นถ้าผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าเคลื่อนที่ข้ามเซล จะต้องทำการแฮนด์ออฟหรือการเรียกใช้ช่องสัญญาณจากเซลปลายทางโดยผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าหนึ่งคนอาจจะทำการแฮนด์ออฟหลายครั้งเนื่องจากเคลื่อนที่ข้ามเซลหลายเซล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานเครือข่าย ดังนั้นค่า  $Handoff\_Call\_Request$  จากสมการที่ 5.4 จึงเป็นค่าความถี่สะสมของจำนวนครั้งที่แฮนด์ออฟทำการเรียกใช้ช่องสัญญาณ

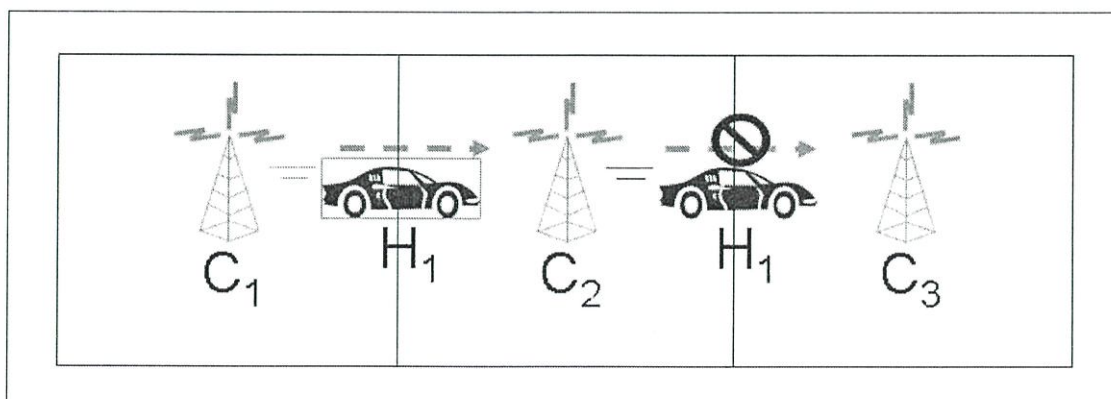
$$Pd = \frac{Handoff\_Call\_Drop}{Handoff\_Call\_Request} \quad (5.4)$$

โดย  $Pd$  คือค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้

$Handoff\_Call\_Drop$  คือจำนวนครั้งที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้

$Handoff\_Call\_Request$  คือจำนวนครั้งที่แฮนด์ออฟคอลเรียกใช้ช่องสัญญาณ

เมื่อผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าเคลื่อนที่ข้ามเซล ถ้าไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณของเซลที่ปลายทางได้ ผู้ใช้งานเครือข่ายจะถูกตัดการเชื่อมต่อกับเครือข่ายกลางคัน และระบบจะนับว่าแฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ 1 ครั้ง ดังนั้นผู้ใช้งานเครือข่ายหนึ่งคนอาจจะทำการแฮนด์ออฟได้หลายครั้ง แต่ถ้าแฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้แม้แต่ครั้งเดียว ผู้ใช้งานเครือข่ายรายนั้นจะถูกตัดการเชื่อมต่อจากเครือข่ายทันที ดังนั้นค่า  $Handoff\_Call\_Drop$  จากสมการที่ 5.4 จึงเป็นค่าความถี่สะสม



รูปที่ 5.6 ตัวอย่างการวัดค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้

จากรูปที่ 5.6 เป็นตัวอย่างของการนับความถี่สะสมของการแฮนด์ออฟ เมื่อผู้ใช้งานเครือข่ายเซลล์ลู่ล่า  $H_1$  เคลื่อนที่ข้ามเซลล์  $C_1$  ไปยังเซลล์  $C_2$  ระบบจะนับค่า *Handoff\_Call\_Request* เป็น 1 ครั้ง หลังจากที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลล์ลู่ล่า  $H_1$  เรียกใช้ช่องสัญญาณของเซลล์  $C_2$  ได้แล้ว เมื่อผู้ใช้งานเครือข่ายเซลล์ลู่ล่า  $H_1$  เคลื่อนที่ข้ามเซลล์  $C_2$  ไปยังเซลล์  $C_3$  ระบบจะนับค่า *Handoff\_Call\_Request* เป็น 2 ครั้ง ถ้าผู้ใช้งานเครือข่ายเซลล์ลู่ล่า  $H_1$  ไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณของเซลล์  $C_3$  ได้ ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลล์ลู่ล่า  $H_1$  จะถูกตัดการเชื่อมต่อกับเครือข่ายทันที และระบบจะทำการนับค่า *Handoff\_Call\_Drop* เป็น 1 ครั้ง ดังนั้นจากรูปที่ 5.4 ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้จะมีค่า 0.5

### 5.2.3 ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลล์ลู่ล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์

ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลล์ลู่ล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์คำนวณได้ดังสมการที่ 5.5 เมื่อผู้ใช้งานเครือข่ายเซลล์ลู่ล่าทำการเชื่อมต่อเข้ามายังเครือข่าย ถ้าผู้ใช้งานเครือข่ายรายใดสามารถเชื่อมต่อเข้ามาได้ ระบบจะนับค่าของ *New\_Call\_Successful* จากสมการที่ 5.5 ได้ 1 ครั้ง ซึ่งการเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เพียงครั้งเดียวก็เพียงพอที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลล์ลู่ล่าจะเริ่มทำการสื่อสาร หลังจากที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลล์ลู่ล่าเริ่มทำการสื่อสารแล้ว ถ้าทุกครั้งที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเคลื่อนที่ข้ามเซลล์สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณของเซลล์ปลายทางได้เสมอ จนกระทั่งผู้ใช้งานเครือข่ายทำการสื่อสารเสร็จสิ้น แล้วตัดการเชื่อมต่อออกจากเครือข่ายด้วยตัวเอง ระบบจะนับค่า *Call\_Termination* จากสมการที่ 5.5 ได้ 1 ครั้ง ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลล์ลู่ล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์จึงหมายถึงอัตราส่วนของผู้ใช้งานเครือข่ายเซลล์ลู่ล่าที่สามารถทำการแฮนด์ออฟได้ทุกครั้งที่จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสิ้น ต่อจำนวนผู้ที่เชื่อมต่อเข้ามายังเครือข่ายเซลล์ลู่ล่าทั้งหมด

$$Call\_Successful = \frac{Call\_Termination}{New\_Call\_Successful} \quad (5.5)$$

โดย *Call\_Successful* คือค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลล์ลู่ล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์

*Call\_Termination* คือจำนวนผู้ใช้งานเครือข่ายเซลล์ลู่ล่าที่สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์

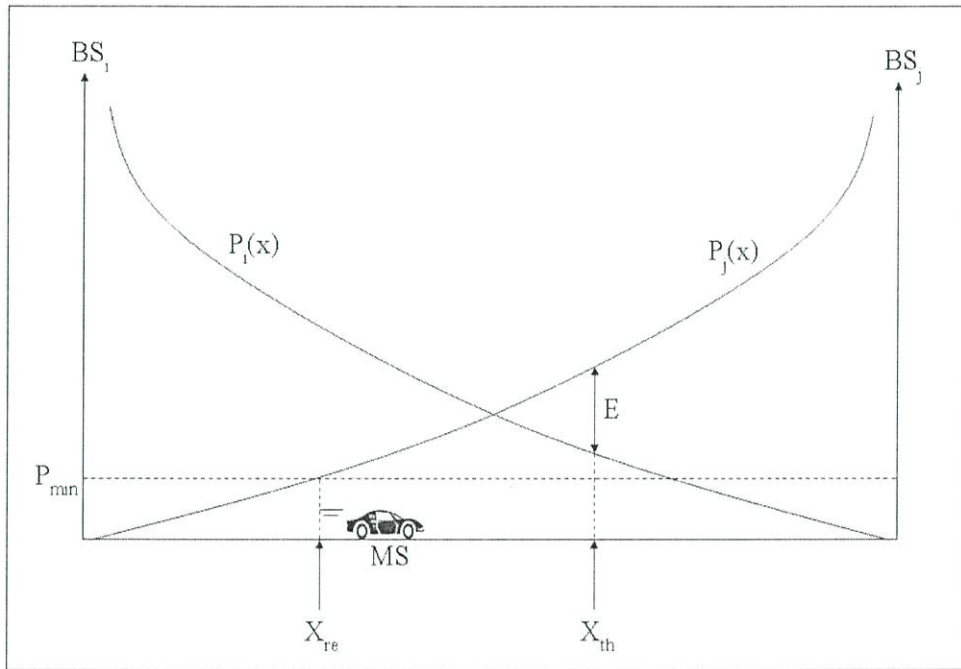
*New\_Call\_Successful* คือจำนวนนิวคอลที่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้

### 5.3 การจองช่องสัญญาณในเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวและสองมิติ

วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่นำเสนอขึ้นทำการจองช่องสัญญาณของแฮนด์ออฟคอลในเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวและสองมิติ โดยในเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวแฮนด์ออฟคอลจะเคลื่อนที่ได้ 2 ทิศทางและในเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติแฮนด์ออฟคอลจะเคลื่อนที่ได้เพียง 4 ทิศทาง ทำให้การคาดเดาเซลล์ถัดไปที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าจะเคลื่อนที่ไปถึงสามารถตรวจสอบจากประวัติการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าว่าเคลื่อนที่ผ่านเซลล์ใดมาบ้าง โดยสถานีฐานของเซลล์ที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าเคลื่อนที่ผ่านจะส่งข้อมูลไปยังสถานีฐานของเซลล์ปัจจุบันทำให้สามารถทราบทิศทางการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่า เมื่อเซลล์ปัจจุบันทราบทิศทางการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าแล้วก็จะจองช่องสัญญาณของเซลล์ที่คาดเดาว่าจะเกิดแฮนด์ออฟ

การจองช่องสัญญาณจะมีระยะเวลาการจองจำกัดดังรูปที่ 5.7 จากรูปแฮนด์ออฟจะเกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าเคลื่อนที่ไปถึงจุด  $X_n$  ดังนั้นระบบจะต้องจองช่องสัญญาณให้ได้ก่อนที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าเคลื่อนที่ไปถึงจุด  $X_n$  เนื่องจากระบบคาดเดาเซลล์ที่จะถูกจองช่องสัญญาณดังนั้นเพื่อความแม่นยำในการคาดเดาระบบจะรอให้ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าเคลื่อนที่เข้าใกล้เซลล์ถัดไปจึงจะทำการจองช่องสัญญาณ จากรูประบบจะเริ่มจองช่องสัญญาณเมื่อผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าเคลื่อนที่ไปถึงจุด  $X_c$  เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่ระดับความแรงของสัญญาณจากเซลล์  $j$  มีค่ามากกว่าระดับความแรงของสัญญาณขั้นต่ำ ( $P_{min}$ ) ดังนั้นระยะเวลาที่สามารถจองช่องสัญญาณได้จะมีค่าเท่ากับระยะเวลาที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าเคลื่อนที่จากจุด  $X_c$  ไปยังจุด  $X_n$  เมื่อจองช่องสัญญาณสำเร็จระบบจะบันทึกหมายเลขช่องสัญญาณที่ถูกจองสำหรับผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าแต่ละราย เพื่อให้ระบบสามารถจัดสรรช่องสัญญาณที่ถูกจองให้กับแฮนด์ออฟคอลที่ทำการจองได้อย่างถูกต้อง

ในกรณีที่ระบบคาดเดาเซลล์ที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าจะเคลื่อนที่ไปผิดพลาด จะทำให้เกิดการจองช่องสัญญาณผิดพลาด ซึ่งช่องสัญญาณที่ถูกจองแล้วแฮนด์ออฟคอลอื่นจะไม่สามารถเรียกใช้ได้ เพื่อแก้ไขปัญหาการจองช่องสัญญาณผิดพลาด เมื่อจองช่องสัญญาณสำเร็จถ้าเวลาผ่านไประยะหนึ่งแล้วช่องสัญญาณที่ถูกจองไม่มีแฮนด์ออฟคอลเรียกใช้ ช่องสัญญาณนั้นจะมีสถานะเป็นช่องสัญญาณว่าง เพื่อให้ระบบสามารถนำช่องสัญญาณนั้นกลับมาใช้งานได้



รูปที่ 5.7 ตำแหน่งการจอดของสัญญาณ

## บทที่ 6

### การจำลองการทำงานของระบบและผลการจำลอง

#### 6.1 แบบจำลองการทำงานของเครือข่ายเซลลูลาร์แบบมิติเดียวและสองมิติ

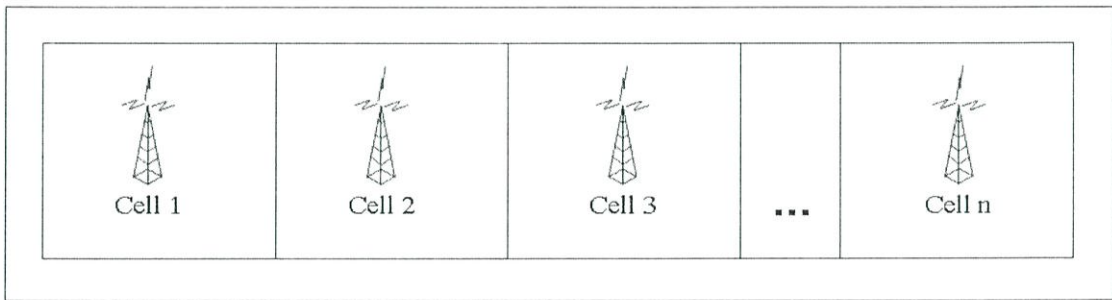
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำการจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายเซลลูลาร์โดยเริ่มต้นการทำงานของระบบด้วยการกำหนดให้เครือข่ายเซลลูลาร์ทั้งเครือข่ายจะยังไม่มีผู้ใช้งานเครือข่าย ดังนั้นช่องสัญญาณทั้งหมดของเครือข่ายจะมีสถานะเป็นช่องสัญญาณว่าง เมื่อมีผู้เริ่มใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ทุกคนจะมีสถานะเป็นนิวคอด ซึ่งระบบจะทำการจำลองข้อมูลต่างๆ ให้ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์แต่ละคน ได้แก่ ทิศทางการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ เซลล์ที่เริ่มใช้งาน ระยะเวลาในการใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์และชนิดของข้อมูลที่ใช้สื่อสาร โดยการจำลองการทำงานของระบบจะกำหนดให้ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ไม่มีการเปลี่ยนทิศทางเคลื่อนที่และอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ นอกจากนี้ยังกำหนดให้ชนิดของข้อมูลที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ทำการสื่อสารมี 3 ประเภท ได้แก่

- สัญญาณเสียง (Voice) [33] เป็นการสื่อสารด้วยเสียงพูดระหว่างผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์สองคน ซึ่งการส่งสัญญาณเสียงจะใช้จำนวนช่องสัญญาณเพื่อการสื่อสารน้อยที่สุด
- เพิ่มข้อมูลเสียง (Audio) [33] เป็นการส่งเพิ่มข้อมูลที่เป็นข้อมูลเสียงไปยังผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ เช่น เสียงเพลง, สัญญาณเรียกเป็นต้น โดยการส่งเพิ่มข้อมูลเสียงจะใช้จำนวนช่องสัญญาณเพื่อการสื่อสารมากกว่าการส่งสัญญาณเสียง
- เพิ่มข้อมูลวีดิทัศน์ (Video) [33] เป็นการส่งเพิ่มข้อมูลที่เป็นภาพเคลื่อนไหวพร้อมเสียงประกอบไปยังผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ ซึ่งการส่งเพิ่มข้อมูลวีดิทัศน์จะใช้จำนวนช่องสัญญาณเยอะที่สุด

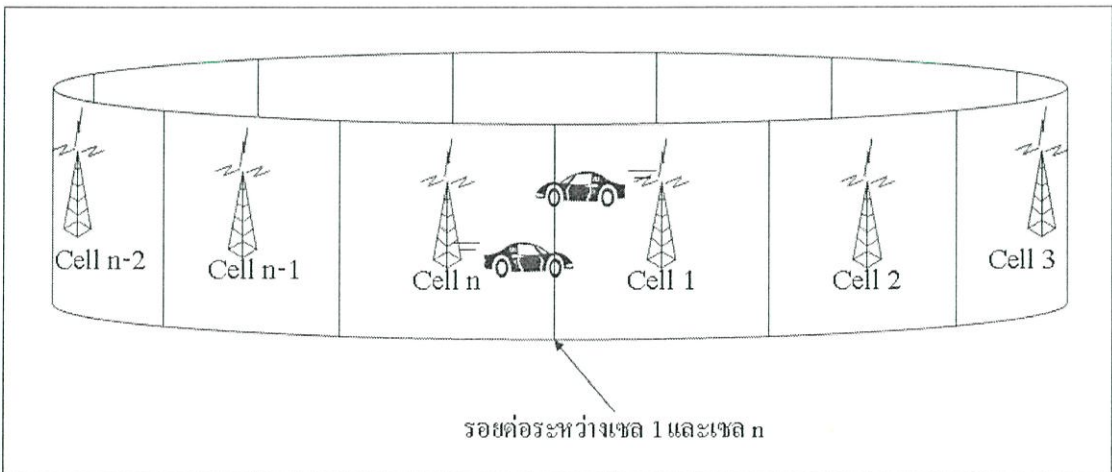
การจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายเซลลูลาร์จะแบ่งออกเป็นสองแบบจำลองคือแบบจำลองเครือข่ายเซลลูลาร์แบบมิติเดียว (One-dimensional Cellular Networks) และแบบจำลองเครือข่ายเซลลูลาร์แบบสองมิติ (Two-dimensional Cellular Networks) โดยจะกำหนดรูปทรงของเซลล์ในเครือข่ายเซลลูลาร์แบบมิติเดียวให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสดังรูปที่ 6.1 แต่ในการจำลองการทำงานของระบบจะทำการเชื่อมเซลล์แรกและเซลล์สุดท้ายเข้าหากันดังรูปที่ 6.2 เมื่อแฮนด์ออฟคอลลเคลื่อนที่จากเซลล์แรกไปทางซ้ายจะเคลื่อนที่ข้ามไปยังเซลล์สุดท้าย ถ้าแฮนด์ออฟคอลลเคลื่อนที่จากเซลล์สุดท้ายไปทางขวาจะเคลื่อนที่ข้ามเซลล์ไปยังเซลล์แรก เพื่อป้องกันมิให้เกิดการสูญหายของแฮนด์ออฟคอลล

มาก่อนสิ้นสุดการสื่อสาร และเพื่อให้การจำลองการทำงานของระบบเสมือนกับเป็นการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าด้วยจำนวนเซลล์นับไม่ถ้วน

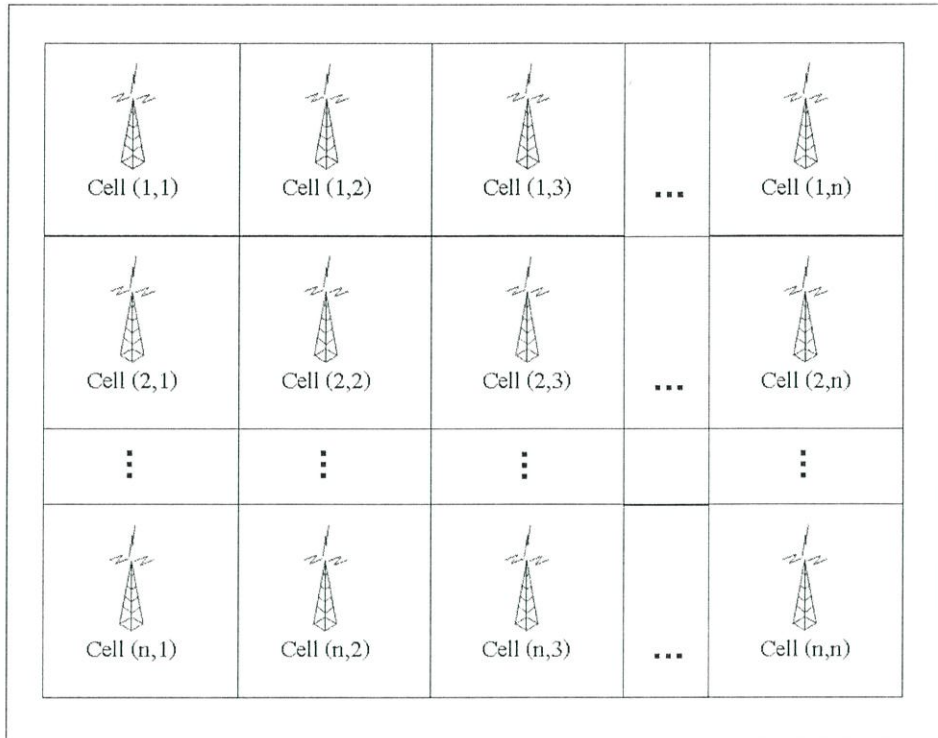
โครงสร้างเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติมีลักษณะดังรูปที่ 6.3 โดยจะกำหนดรูปทรงของเซลล์เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส แต่ในการจำลองการทำงานจะทำการเชื่อมเซลล์บนสุดกับเซลล์ด้านล่างสุดดังรูปที่ 6.4 และเชื่อมต่อเซลล์ขวาสุดกับเซลล์ซ้ายสุดดังรูปที่ 6.5 ดังนั้นเมื่อแฮนด์ออฟคอลลเคลื่อนที่จากเซลล์บนสุดไปทางทิศเหนือ แฮนด์ออฟคอลลจะเคลื่อนที่ข้ามเซลล์มายังเซลล์ล่างสุด ถ้าแฮนด์ออฟคอลลเคลื่อนที่จากเซลล์ล่างสุดไปทางทิศใต้ แฮนด์ออฟคอลลจะเคลื่อนที่ข้ามไปยังเซลล์บนสุด ถ้าแฮนด์ออฟคอลลเคลื่อนที่จากเซลล์ขวามือสุดไปทางทิศตะวันออก แฮนด์ออฟคอลลจะเคลื่อนที่ข้ามไปยังเซลล์ซ้ายมือสุด และถ้าแฮนด์ออฟคอลลเคลื่อนที่จากเซลล์ซ้ายมือสุดไปทางทิศตะวันตก แฮนด์ออฟคอลลจะเคลื่อนที่ข้ามไปยังเซลล์ขวามือสุด ดังนั้นจะไม่มี การสูญหายของแฮนด์ออฟคอลลก่อนสิ้นสุดการสื่อสารและทำให้การจำลองการทำงานของระบบเสมือนกับเป็นการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าด้วยจำนวนเซลล์นับไม่ถ้วน



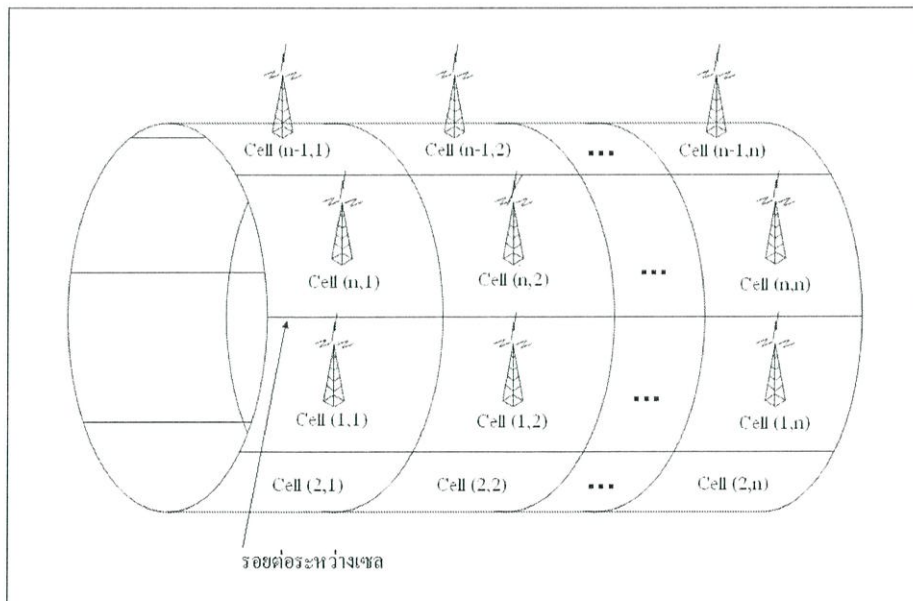
รูปที่ 6.1 เครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียว



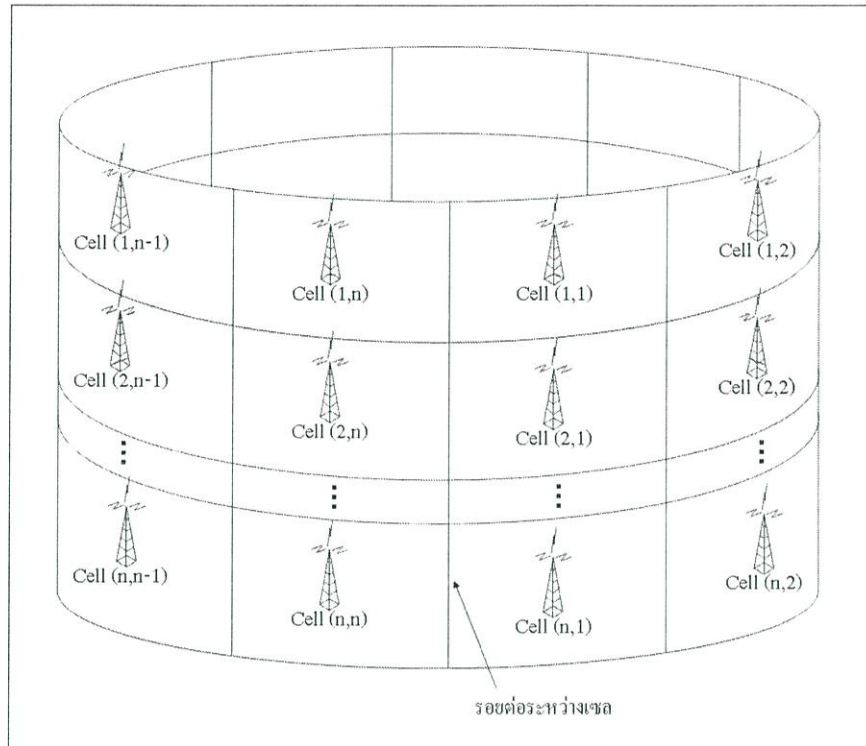
รูปที่ 6.2 เครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวที่ใช้ในการจำลองการทำงาน



รูปที่ 6.3 เครือข่ายเซลล์คู่แบบสองมิติ



รูปที่ 6.4 การเชื่อมต่อเซลล์แถวบนสุดกับแถวล่างสุด



รูปที่ 6.5 การเชื่อมต่อเซลล์แนวซ้ายสุดกับแนวขวาสุด

## 6.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองการทำงานของระบบ

การจำลองการทำงานของเครือข่ายเซลลูล่าในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้วิธีการจำลองไม่ต่อเนื่อง [34] โดยแบบจำลองเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวและสองมิติจะใช้พารามิเตอร์ค่าเดียวกัน ซึ่งพารามิเตอร์ต่างๆจะมีรูปแบบการกระจายของข้อมูลดังนี้ การเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิวกอลจะมีอัตราการเข้ามาแบบ Poisson Process [34] และระบบจะสุ่มระยะเวลาในการใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าแบบ Exponential Distribution [34] ซึ่งอัตราการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ Poisson Process และระยะเวลาการใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าแบบ Exponential Distribution นั้นเป็นรูปแบบมาตรฐานของการจำลองการทำงานของเครือข่ายเซลลูล่า โดยอัตราการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ Poisson Process จะมีลักษณะพิเศษคือคอลแต่ละคอลจะถูกกำหนดให้เข้าใช้ช่องสัญญาณไม่พร้อมกัน เนื่องจากการใช้งานในระบบจริงนั้นผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าแต่ละคนจะทำการเชื่อมต่อกับเครือข่ายไม่พร้อมกัน ถึงแม้จะเชื่อมต่อในเวลาใกล้เคียงกันมากแต่ก็ยังมีส่วนต่างของเวลาเป็นเสี้ยววินาที หลังจากนั้นระบบจะทำการสุ่มอัตราเร็ว ทิศทางการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่า ชนิดของข้อมูลที่ใช้สื่อสาร และเซลล์ที่เริ่มใช้งานแบบ Uniform Distribution [34] เนื่องจากการกระจายแบบ Uniform Distribution เป็นรูปแบบการกระจายที่ค่าแต่ละค่ามีโอกาสเท่าเทียมกัน เช่น ทิศทางการเคลื่อนที่ 4 ทางในเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติได้แก่ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ระบบจะสุ่มให้ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่ามีโอกาสเคลื่อนที่ในทิศทางดังกล่าวเท่าเทียมกัน ซึ่งพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการจำลองการทำงานของระบบมีค่าดังตารางที่ 6.1 ประเภท

ของข้อมูลที่ใช้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าทำการสื่อสารแบ่งออกเป็น 3 ชนิด โดยกำหนดเป็นอัตราส่วนของนิวกอลดังต่อไปนี้

- สัญญาณเสียงจะมีอัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าเป็น 50 % ของนิวกอลทั้งหมด
- เพิ่มข้อมูลเสียงจะมีอัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าเป็น 25 % ของนิวกอลทั้งหมด
- เพิ่มข้อมูลวีดิทัศน์จะมีอัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าเป็น 25 % ของนิวกอลทั้งหมด

ตารางที่ 6.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองการทำงานของระบบ

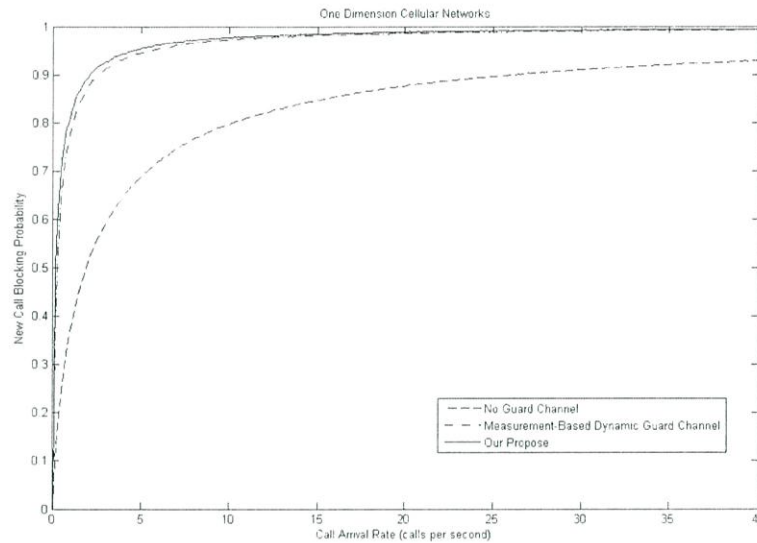
พารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
จำนวนช่องสัญญาณ	64 ช่องสัญญาณต่อเซล
จำนวนเซล	9 เซล
ขนาดเซล	600 เมตร × 600 เมตร
ระยะเริ่มของช่องสัญญาณ	100 เมตร
อัตราเฉลี่ยของการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิวกอล	0.1 ถึง 4 คอลต่อวินาที
ระยะเวลาเฉลี่ยในการใช้งานเครือข่ายเซลลูล่า	120 วินาที
อัตราเร็วของผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่า	0 ถึง 50 เมตรต่อวินาที

### 6.3 ผลการจำลองการทำงานของระบบ

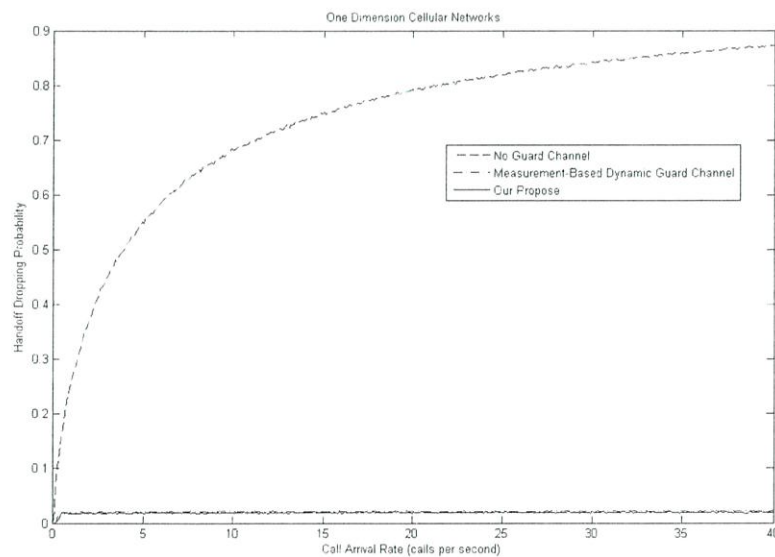
#### 6.3.1 ผลการจำลองการทำงานของระบบด้วยโครงสร้างเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียว

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำการจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวโดยเปรียบเทียบผลการจำลองระบบของวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต (Measurement-Based Dynamic Guard Channel) และวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไม่กำหนดแนวควบคุมช่องสัญญาณ (No Guard Channel) จากรูปที่ 6.6 และ 6.7 เป็นผลการจำลองระบบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์อัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิวกอลกับค่าความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ (New-Call-Blocking Probability) และค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ (Handoff-Dropping Probability) เพื่อหาอัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิวกอลที่ทำให้ค่าความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เข้าสู่ค่าคงที่ โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ (New-Call Threshold) เป็น 0.7 และกำหนดค่าเกณฑ์ของคุณภาพบริการ (Quality

of Service) ของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟคอลลเป็น 0.02 จากรูปที่ 6.6 และ 6.7 เมื่ออัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิวคอลลมีค่าตั้งแต่ 4 คอลลต่อวินาทีค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และค่าความน่าจะเป็นที่แชนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ จะเริ่มเข้าสู่ค่าคงที่ จึงกำหนดให้อัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิวคอลลที่ใช้ในการจำลองระบบมีค่าตั้งแต่ 0.1 ถึง 4 คอลลต่อวินาที



รูปที่ 6.6 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียว



รูปที่ 6.7 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นที่แชนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียว

ตารางที่ 6.2 แสดงผลการจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมัลติเดี่ยวด้วย อัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิวกอล 4 คอลต่อวินาที เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง พารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ กับเกณฑ์ของ คุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลที่มีผลกระทบกับค่าความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่ สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ และค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ ช่องสัญญาณได้ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่ สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ กับเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลที่ จะใช้ในการจำลองระบบ โดยการวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมที่สุดจะพิจารณาค่าที่ทำให้ค่าความ น่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เป็นปัจจัยหลักและพิจารณาค่าความ น่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เป็นปัจจัยรอง เนื่องจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ให้ความสำคัญกับแฮนด์ออฟคอลสูงกว่านิวกอล ดังนั้นพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวกอล ไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ กับเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ ออฟคอลที่มีค่าเหมาะสมที่สุดจะต้องให้ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ ช่องสัญญาณได้น้อยกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอล และให้ค่าความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้น้อยที่สุด จากตารางที่ 6.2 ตัว แปรต่างๆมีความหมายดังนี้

New_Call_Threshold	หมายถึงพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถ เรียกใช้ช่องสัญญาณได้
Pd_tar	หมายถึงเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ ออฟคอล
New_Pro	หมายถึงค่าความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ ช่องสัญญาณได้
Hand_Pro	หมายถึงค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ ช่องสัญญาณได้

ตารางที่ 6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของบทความน่าจะเป็นที่นิวคอลลี่ใช้ของสัญญาณได้กับเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ  
แผนเครือข่ายคอลบนเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิตีเดีย

Pd_tar	New_Call_Threshold											
	0		0.1		0.2		0.3		0.4		0.5	
	New_Pro	Hand_Pro	New_Pro	Hand_Pro	New_Pro	Hand_Pro	New_Pro	Hand_Pro	New_Pro	Hand_Pro	New_Pro	Hand_Pro
0	0.8934	0.1286	0.9033	0.0918	0.9274	0.0579	0.9117	0.0437	0.9338	0.0331	0.9264	0.0176
0.1	0.8092	0.2907	0.8295	0.2547	0.8261	0.2538	0.8385	0.2312	0.8746	0.1376	0.8953	0.0985
0.2	0.7115	0.3711	0.7682	0.3252	0.7857	0.2488	0.7822	0.2517	0.8137	0.2138	0.8494	0.1903
0.3	0.6781	0.4918	0.693	0.4249	0.7258	0.4086	0.7664	0.3519	0.7413	0.3372	0.8028	0.2931
0.4	0.6841	0.4837	0.7027	0.4481	0.7139	0.4451	0.7461	0.4266	0.7578	0.3979	0.7425	0.3925
0.5	0.6501	0.5092	0.653	0.5017	0.6505	0.5094	0.6542	0.4924	0.6563	0.4973	0.6518	0.5011
0.6	0.6597	0.5068	0.6544	0.5097	0.658	0.5029	0.6518	0.5044	0.6599	0.5076	0.6521	0.5031
0.7	0.6579	0.5099	0.6532	0.5013	0.6588	0.5061	0.6502	0.5025	0.6564	0.5015	0.6505	0.5096
0.8	0.6539	0.503	0.6531	0.5013	0.6534	0.5057	0.6517	0.5049	0.6545	0.505	0.6553	0.5017
0.9	0.6518	0.5094	0.6522	0.5048	0.6502	0.5061	0.6524	0.5052	0.6549	0.5022	0.6587	0.5028
1.0	0.6537	0.5029	0.6524	0.5083	0.6519	0.5071	0.6584	0.5012	0.6544	0.5	0.6511	0.5092

ตารางที่ 6.2 (ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของบทความน่าจะเป็นที่นิวคอลลที่ไม่สามารถเรียกใช้ของสัญญาณได้กับเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่าย  
สำหรับแบนด์ออฟคอลบนเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิตีเดีย

Pd_tar	New_Call_Threshold											
	0.6		0.7		0.8		0.9		1.0			
	New_Pro	Hand_Pro	New_Pro	Hand_Pro	New_Pro	Hand_Pro	New_Pro	Hand_Pro	New_Pro	Hand_Pro		
0	0.9663	0.0053	0.9584	0.0068	0.9861	0.0058	0.9715	0.0074	0.9968	0.0059		
0.1	0.9117	0.0971	0.8838	0.1073	0.8977	0.0965	0.9152	0.1019	0.9011	0.0985		
0.2	0.8311	0.1974	0.8459	0.1971	0.8612	0.1933	0.8434	0.1916	0.8526	0.1983		
0.3	0.7815	0.289	0.7922	0.2817	0.8192	0.2906	0.8076	0.2857	0.7938	0.2948		
0.4	0.7488	0.3864	0.7621	0.3973	0.7535	0.4011	0.7519	0.3904	0.7612	0.3981		
0.5	0.6549	0.4987	0.6579	0.4802	0.6535	0.4933	0.6546	0.4912	0.6582	0.5038		
0.6	0.6574	0.5085	0.6554	0.5093	0.6523	0.5017	0.6504	0.5084	0.6539	0.5063		
0.7	0.6537	0.501	0.6531	0.5012	0.6541	0.5028	0.6507	0.5034	0.6514	0.5063		
0.8	0.652	0.5092	0.6575	0.5026	0.6524	0.5012	0.6514	0.5087	0.6597	0.5022		
0.9	0.6507	0.5039	0.6592	0.5076	0.6531	0.5033	0.653	0.5019	0.6516	0.5057		
1.0	0.6535	0.5026	0.6519	0.5018	0.651	0.5035	0.6522	0.5073	0.6532	0.503		

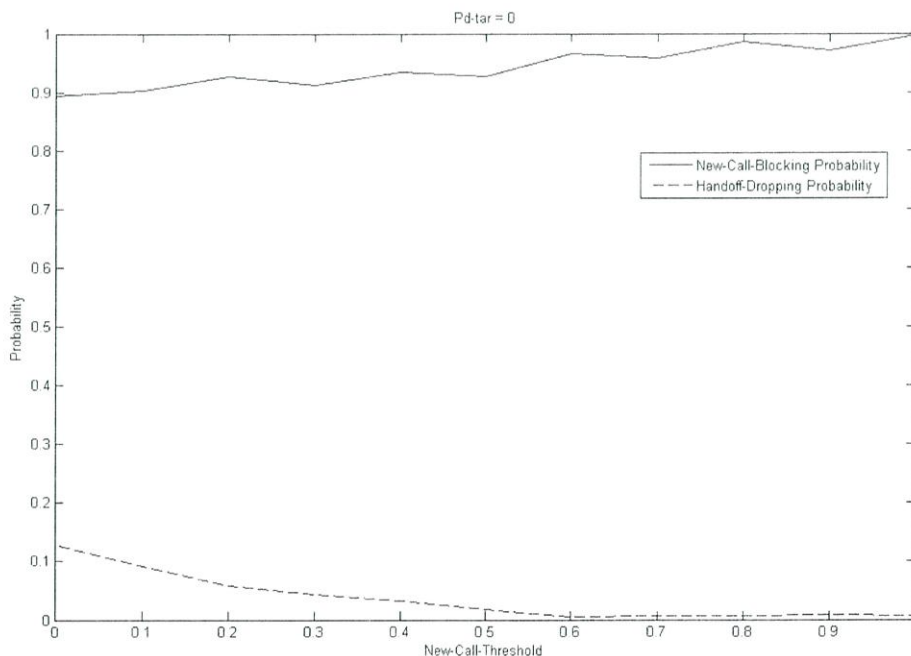
จากตารางที่ 6.2 สามารถแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ กับเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแบนด์ออฟคอลลได้ดังรูปที่ 6.8 ถึง 6.18 จากกราฟเมื่อพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ มีค่าน้อยจะทำให้ค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าลดลงและทำให้ค่าความน่าจะเป็นที่แบนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ มีค่ามากจะทำให้ค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าเพิ่มขึ้นและทำให้ค่าความน่าจะเป็นที่แบนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าลดลง เพราะการกำหนดพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ให้มีค่าน้อยจะทำให้ระบบปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ (Guard Channel) สำหรับนิวคอลลได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้นิวคอลลมีจำนวนช่องสัญญาณให้เรียกใช้มากขึ้น ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้จึงลดลงและทำให้ค่าความน่าจะเป็นที่แบนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าเพิ่มขึ้น ถ้ากำหนดพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ให้มีค่ามาก ระบบจะปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณสำหรับนิวคอลลได้ยาก ทำให้จำนวนช่องสัญญาณที่นิวคอลลเรียกใช้ได้น้อย ค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้จึงมีค่ามากขึ้น

จากกราฟความน่าจะเป็นที่แบนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้จะมีค่าอยู่ในเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแบนด์ออฟคอลลที่กำหนดไว้ ถ้ากำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแบนด์ออฟคอลลให้มีย่านน้อยจะส่งผลให้ระดับของค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าสูง เมื่อเพิ่มเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแบนด์ออฟคอลลให้มีย่านมากขึ้น ระดับของค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าต่ำลง เพราะแบนด์ออฟคอลลกับนิวคอลลใช้ช่องสัญญาณร่วมกันและระบบให้ความสำคัญกับแบนด์ออฟคอลลสูงกว่านิวคอลล เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแบนด์ออฟคอลลแล้วระบบจะควบคุมให้ค่าความน่าจะเป็นที่แบนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด เนื่องจากค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้จะแปรผกผันกับค่าความน่าจะเป็นที่แบนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ดังนั้นเมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแบนด์ออฟคอลลให้มีย่านน้อย ระดับของค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้จึงมีค่ามาก และเมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแบนด์ออฟคอลลให้มีย่านมาก ระดับของค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้จึงมีค่าน้อยลง

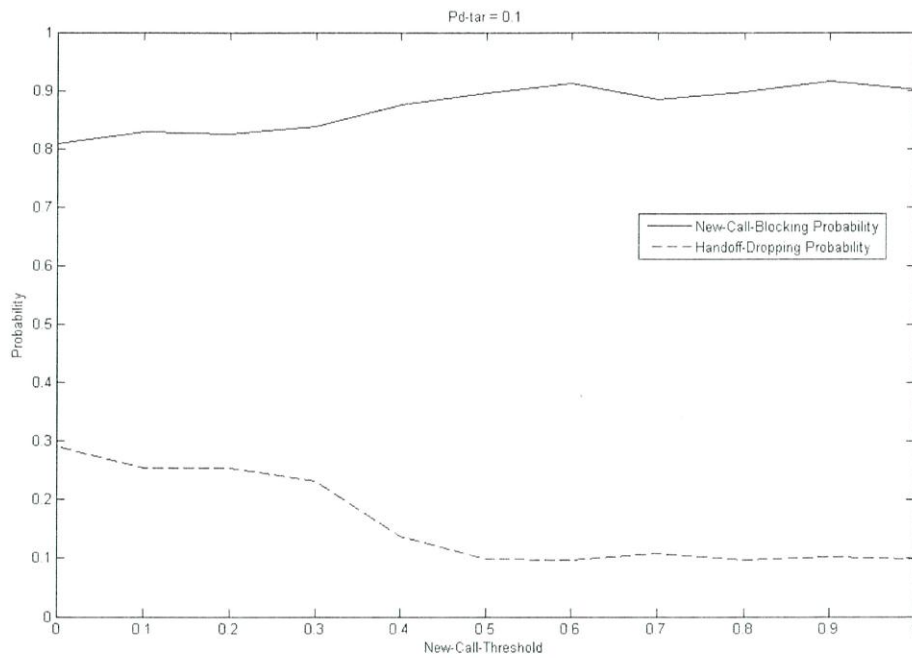
จากกราฟที่ 6.8 กำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแบนด์ออฟคอลลเป็น 0 แต่ค่าความน่าจะเป็นที่แบนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้จะมีค่าตั้งแต่ 0.0053 ถึง

0.1286 เนื่องจากเป็นไปไม่ได้ที่ผลการจำลองระบบด้วยวิธีการที่นำเสนอจะให้ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เป็น 0 ในกรณีนี้เกณฑ์ในการเลือกค่าพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ที่เหมาะสมที่สุดจะเลือกจากค่าพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ที่ให้ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้น้อยกว่า 0.01 และค่าความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าน้อยที่สุด

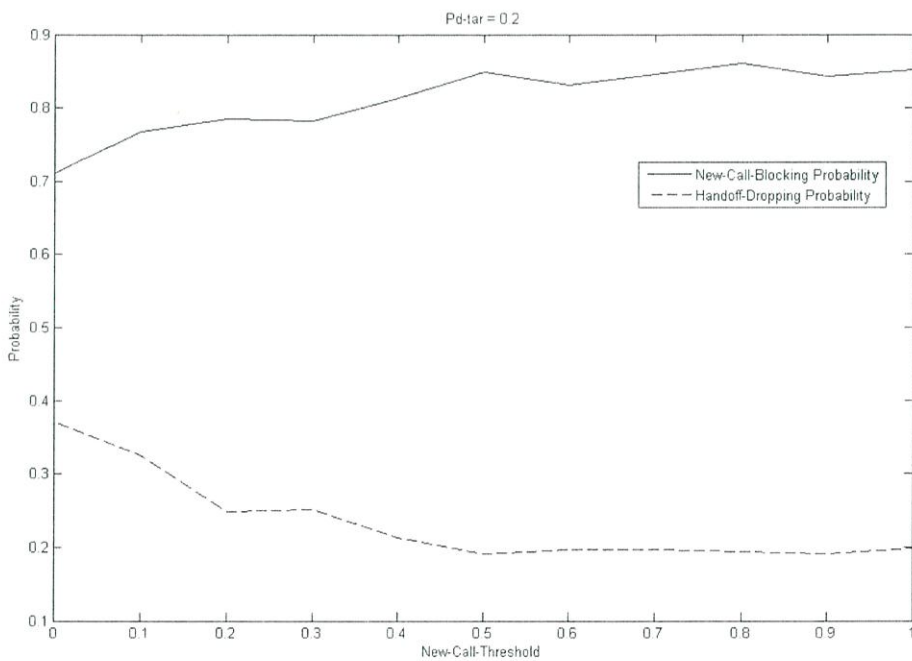
จากกราฟที่ 6.14 ถึง 6.18 เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลให้มีค่าตั้งแต่ 0.6 จนถึง 1.0 ระดับของค่าความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้จะไม่เปลี่ยนแปลง เพราะในการจำลองการทำงานของระบบได้กำหนดอัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลล์คู่ของนิวกอลไว้ที่ 4 คอลต่อวินาที ทำให้ค่าความน่าจะเป็นสูงสุดที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าไม่ถึง 0.6 ดังนั้นการกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไปจะทำให้ระบบแทบจะไม่มีการปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณเลย ส่งผลให้ระดับของค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และระดับของค่าความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ไม่เปลี่ยนแปลง



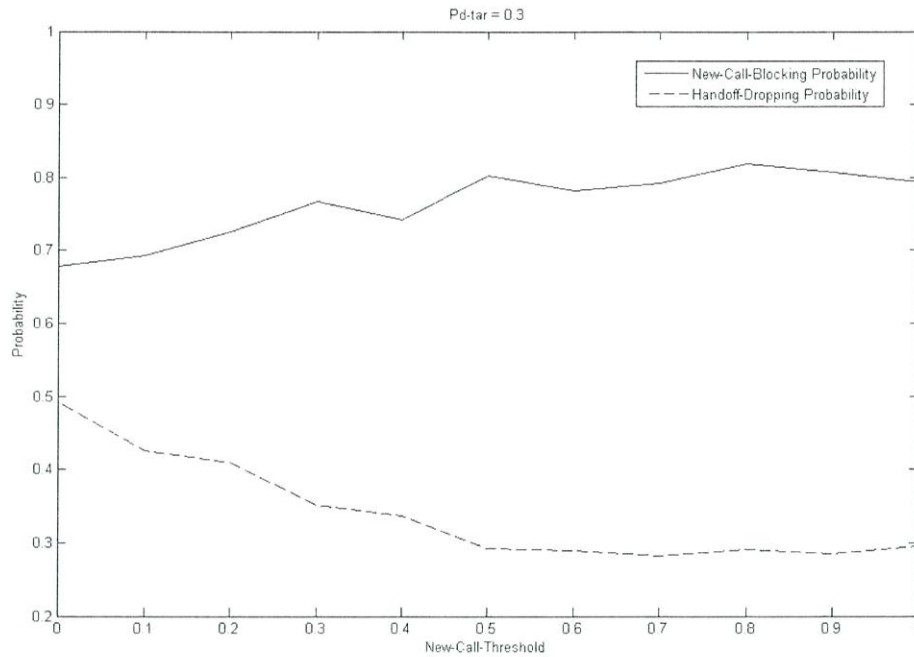
รูปที่ 6.8 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลล์คู่แบบมิติเดียวด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลเท่ากับ 0



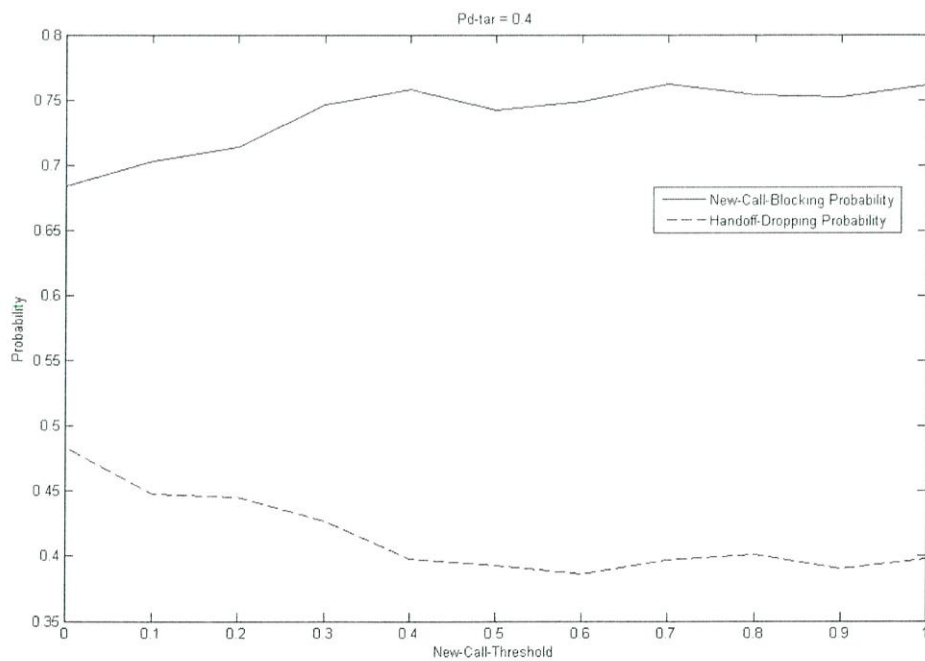
รูปที่ 6.9 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลลเท่ากับ 0.1



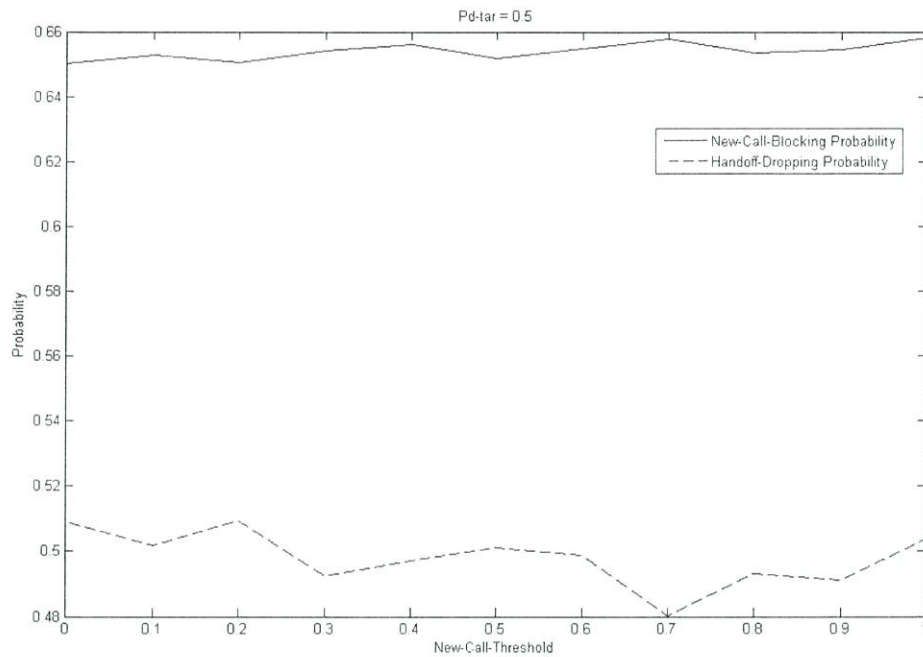
รูปที่ 6.10 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลลเท่ากับ 0.2



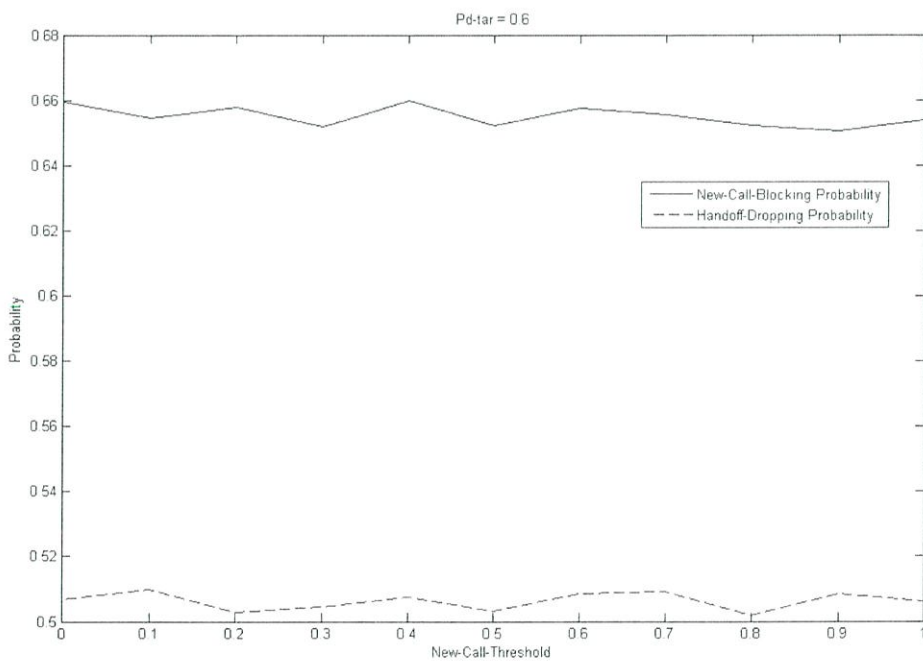
รูปที่ 6.11 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟคอลเท่ากับ 0.3



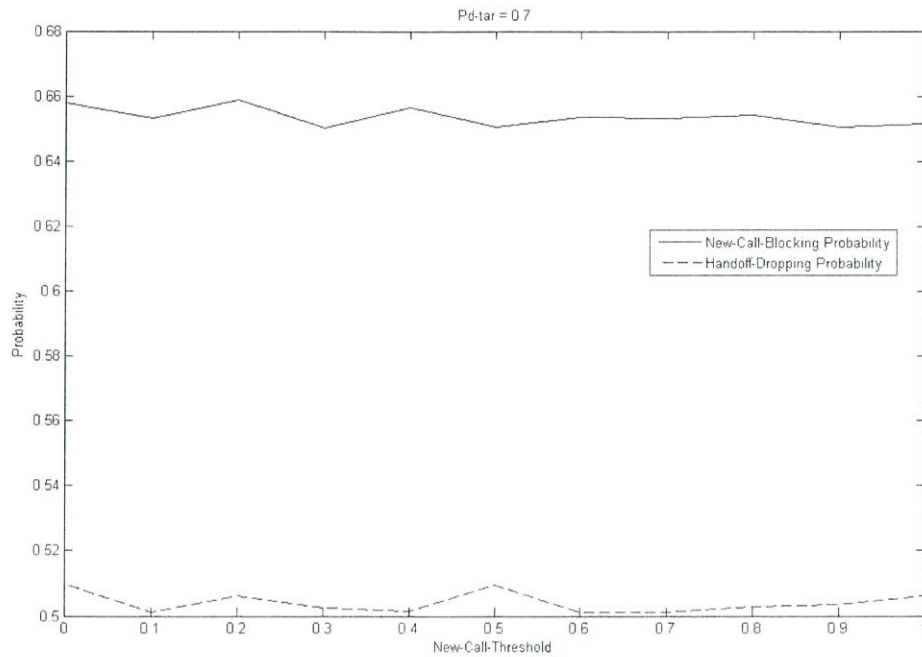
รูปที่ 6.12 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟคอลเท่ากับ 0.4



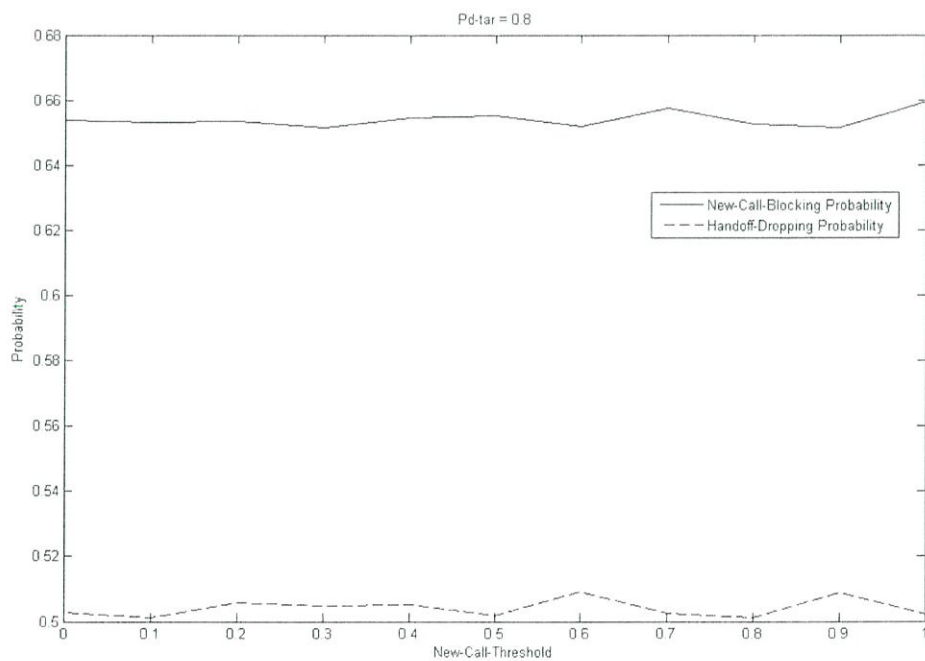
รูปที่ 6.13 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟคอลเท่ากับ 0.5



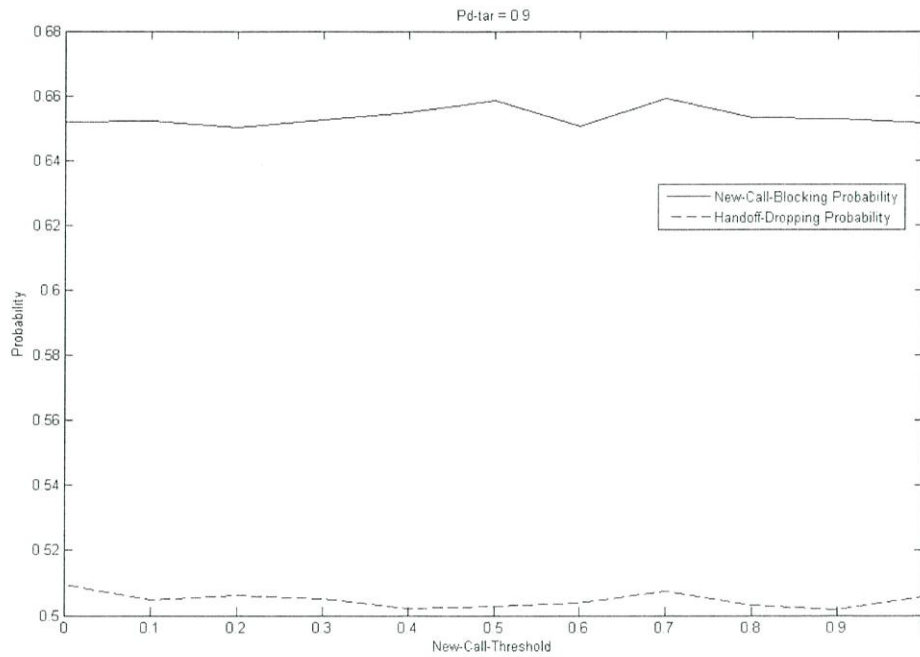
รูปที่ 6.14 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟคอลเท่ากับ 0.6



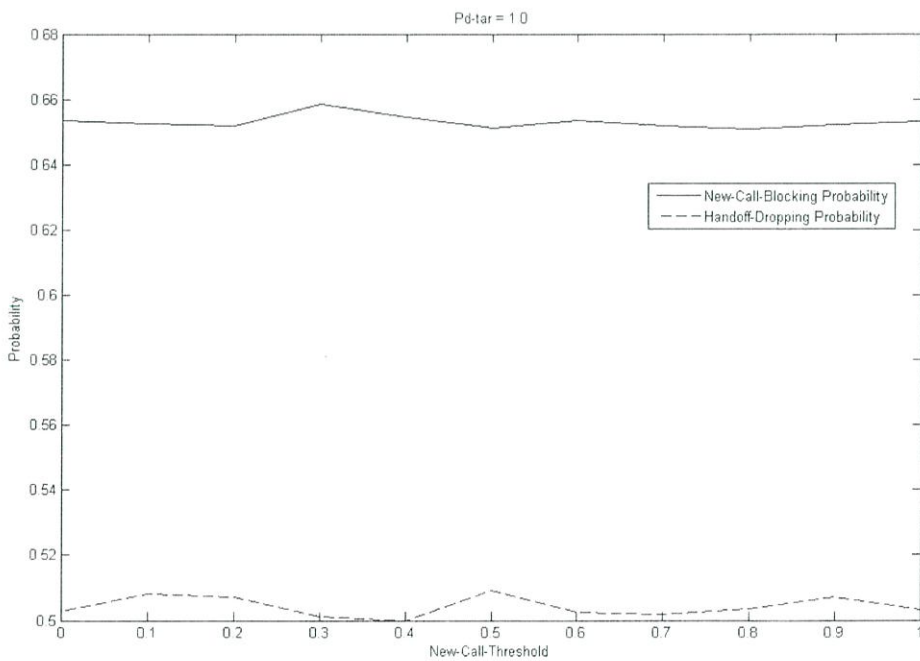
รูปที่ 6.15 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟคอลเท่ากับ 0.7



รูปที่ 6.16 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟคอลเท่ากับ 0.8



รูปที่ 6.17 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟคอลเท่ากับ 0.9



รูปที่ 6.18 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟคอลเท่ากับ 1

ตารางที่ 6.3 ค่าพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ที่เหมาะสมที่สุดบนเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิตติเดียว

Pd_tar	Optimize New_Call_Threshold
0	0.7
0.1	0.5
0.2	0.6
0.3	0.6
0.4	0.5
0.5	0.8
0.6	0.9
0.7	0.3
0.8	0.9
0.9	0.2
1	0.8

จากตารางที่ 6.2 สามารถแบ่งระดับเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลออกเป็น 11 ช่วงและสามารถหาค่าพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละช่วงได้ดังตารางที่ 6.3 ซึ่งตัวแปรต่าง ๆ มีความหมายดังนี้

Optimize New\_Call\_Threshold หมายถึงพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละช่วง

Pd\_tar หมายถึงเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอล

จากตารางที่ 6.3 สามารถจำลองการทำงานของระบบด้วยวิธีการที่นำเสนอโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ที่เหมาะสมที่สุดและทำการเปรียบเทียบกับวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสภาวะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัตและวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไม่กำหนดแนวควบคุมช่องสัญญาณได้ดังกราฟที่ 6.19 ถึง 6.40

จากกราฟที่ 6.19 ถึง 6.28 แสดงให้เห็นว่าเมื่ออัตราการใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิวกอลมีค่าน้อย ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของวิธีการที่

นำเสนอมีค่าน้อยกว่าวิธีการที่เปรียบเทียบทั้งสองวิธี เนื่องจากวิธีการที่นำเสนอมีระบบการจองช่องสัญญาณล่วงหน้าสำหรับแฮนด์ออฟคอล ทำให้สามารถลดค่าค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ลง ในขณะที่วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไม่กำหนดแนวควบคุมช่องสัญญาณจะให้ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้สูงกว่าอีกสองวิธีมาก เนื่องจากไม่มีการกำหนดค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ

เมื่ออัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ของนิวคอลลมีค่าน้อยค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าสูงกว่าวิธีการที่เปรียบเทียบทั้งสองวิธี เนื่องจากผลกระทบจากการจองช่องสัญญาณล่วงหน้าสำหรับแฮนด์ออฟคอล ทำให้มีการใช้งานช่องสัญญาณสิ้นเปลืองกว่าวิธีการที่เปรียบเทียบทั้งสองวิธี สาเหตุที่วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไม่กำหนดแนวควบคุมช่องสัญญาณให้ค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ต่ำกว่าวิธีอื่นเนื่องจากวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไม่กำหนดแนวควบคุมช่องสัญญาณไม่มีการจำกัดปริมาณช่องสัญญาณที่นิวคอลเรียกใช้ นิวคอลจึงสามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้อย่างอิสระเทียบเท่ากับแฮนด์ออฟคอล

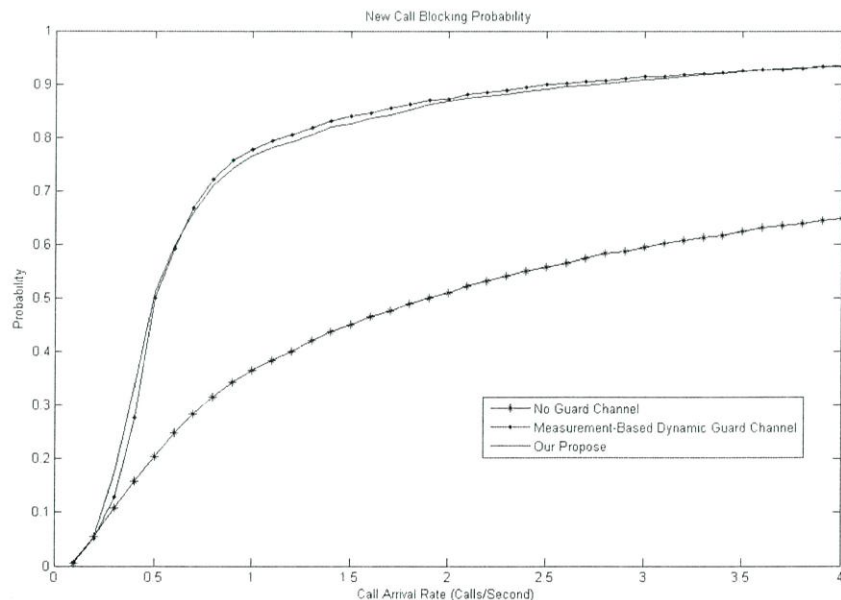
เมื่ออัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ของนิวคอลมีค่าสูงขึ้น วิธีการที่นำเสนอและวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลลูลาร์และปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัตจะให้ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้จะมีค่าอยู่ในเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลที่กำหนดไว้ เนื่องจากระบบการปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณตามสถานะของเครือข่ายของทั้งสองวิธี โดยค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลลูลาร์และปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัตจะเข้าสู่เกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลเร็วกว่าวิธีการที่นำเสนอเนื่องจากวิธีการที่นำเสนอมีระบบการจองช่องสัญญาณสำหรับแฮนด์ออฟคอล เมื่อค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของวิธีการที่นำเสนอเข้าสู่เกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลแล้ว ระบบการจองช่องสัญญาณล่วงหน้าจะไม่ค่อยส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ เพราะอัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ของนิวคอลมีค่าสูงมาก

ในช่วงที่อัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ของนิวคอลมีค่ามาก ค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของวิธีการที่นำเสนอมีค่าน้อยกว่าวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลลูลาร์และปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต เนื่องจากวิธีการที่นำเสนอมีการปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณสำหรับนิวคอลด้วยพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ทำให้ระบบมีการ

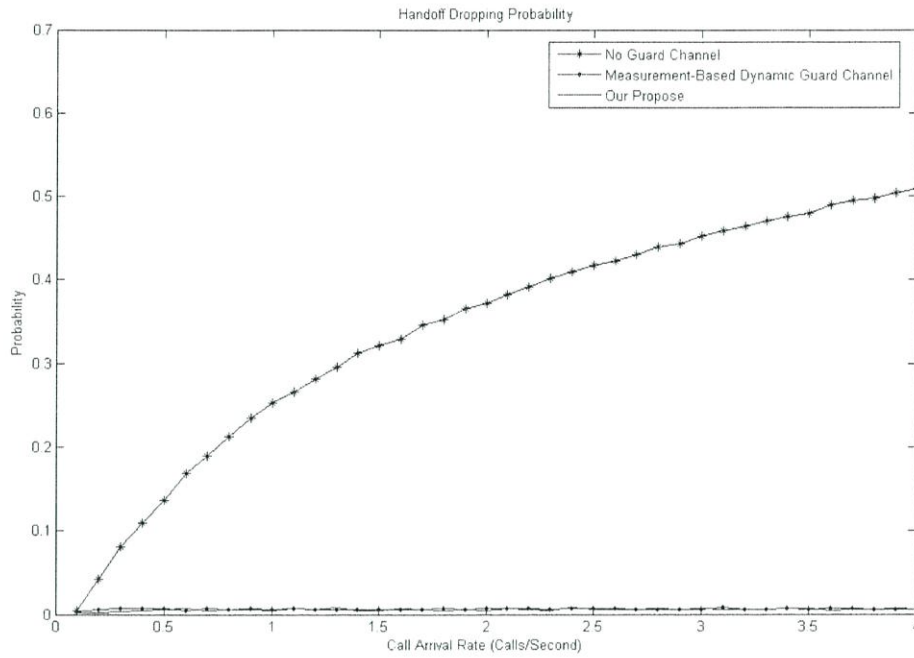
ใช้งานช่องสัญญาณของนิวคอลลได้เต็มประสิทธิภาพกว่าวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต

จากกราฟที่ 6.19 ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของวิธีการที่นำเสนอและวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัตไม่เข้าสู่เกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลลเป็น 0 เนื่องจากระบบกำหนดค่าเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลลเป็น 0 ซึ่งเป็นไปไม่ได้ที่ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของทั้งสองวิธีจะมีค่าเป็น 0 จากกราฟค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของทั้งสองวิธีจะเข้าสู่ค่า 0.005

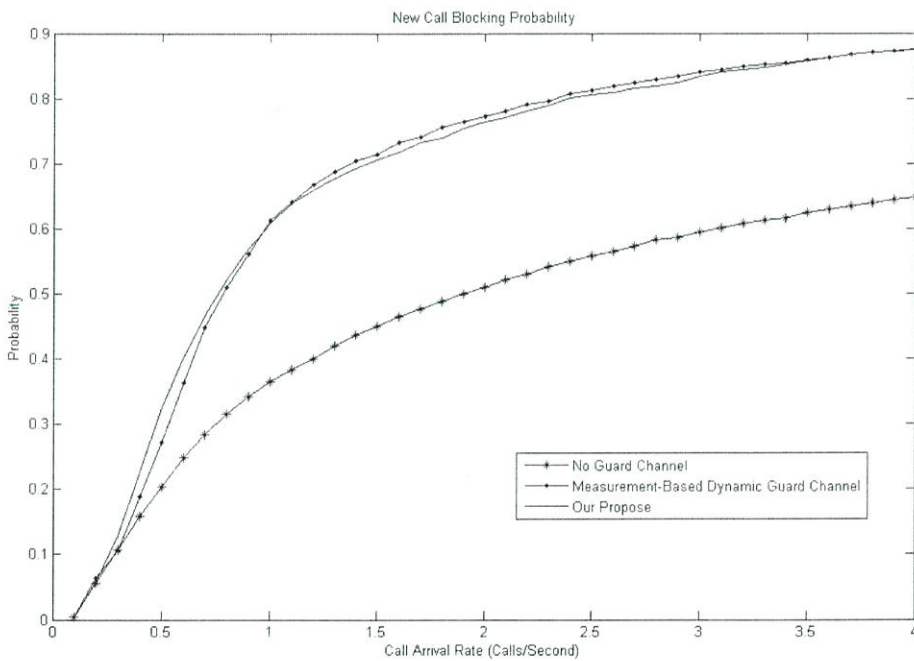
จากกราฟที่ 6.29 ถึง 6.40 ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของวิธีการที่นำเสนอมีค่าน้อยกว่าวิธีการที่เปรียบเทียบทั้งสองวิธีตลอดช่วงการจำลองระบบ เนื่องจากเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลลมีค่าสูงมาก การจองช่องสัญญาณล่วงหน้าสำหรับแฮนด์ออฟคอลลจึงส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ตลอดช่วงการจำลองระบบ ในขณะที่ค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของวิธีการที่นำเสนอมีค่าสูงกว่าวิธีการที่เปรียบเทียบทั้งสองวิธีเพียงเล็กน้อย เนื่องจากผลกระทบจากการจองช่องสัญญาณล่วงหน้าสำหรับแฮนด์ออฟคอลลของวิธีการที่นำเสนอ



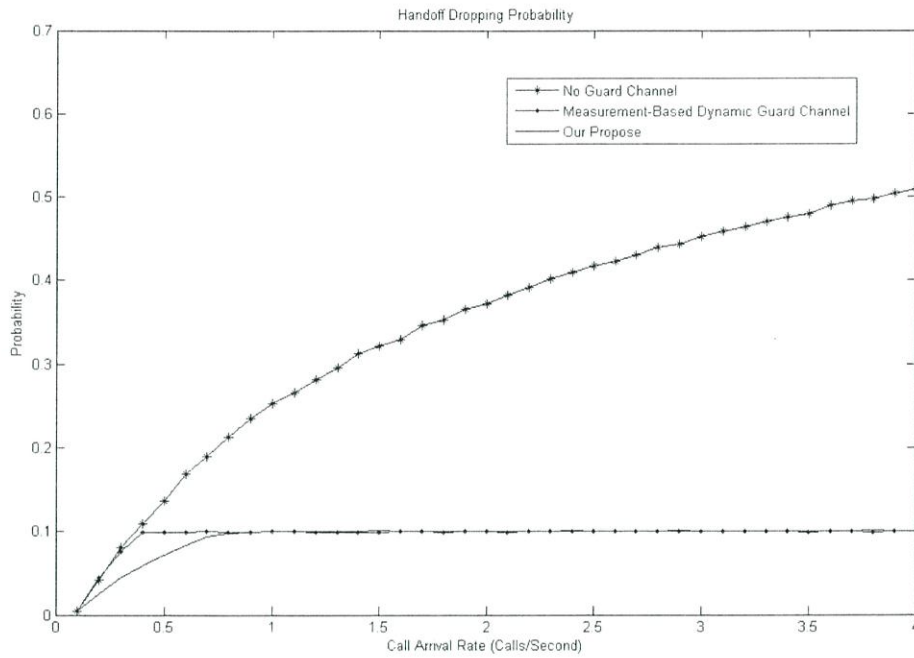
รูปที่ 6.19 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลลเป็น 0



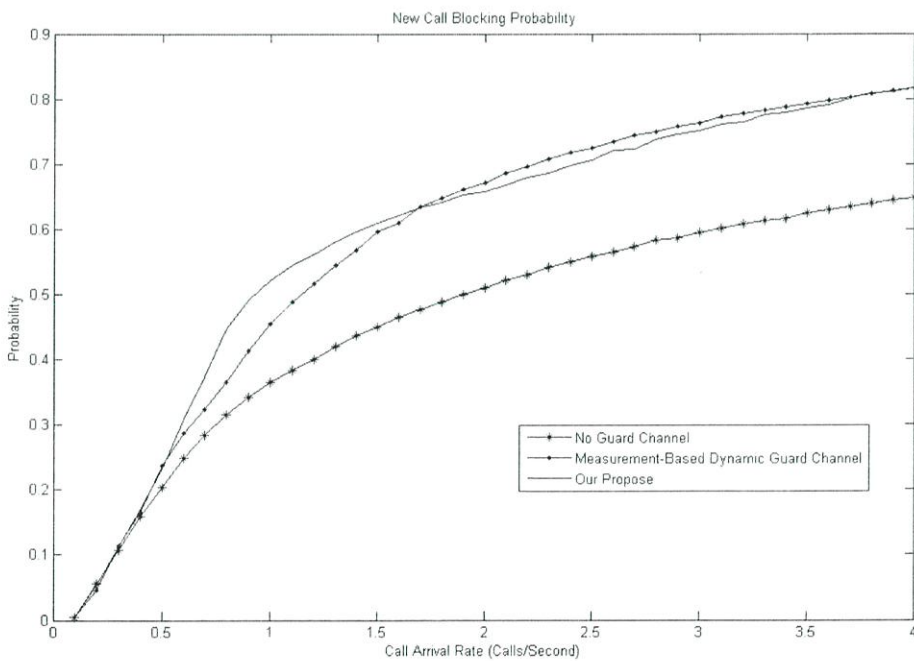
รูปที่ 6.20 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่เส้นค่อฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นค่อฟคอลเป็น 0



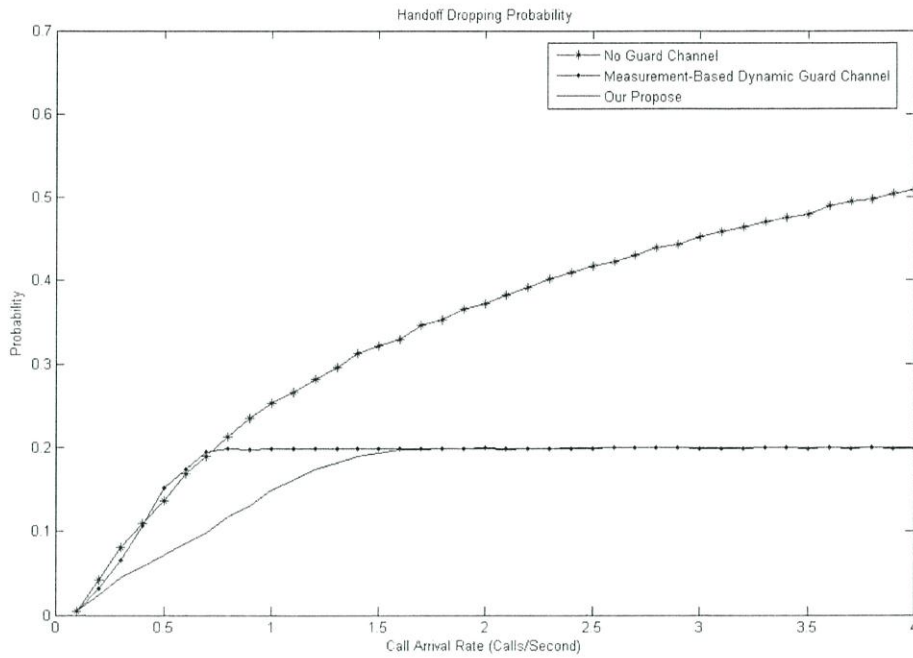
รูปที่ 6.21 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นค่อฟคอลเป็น 0.1



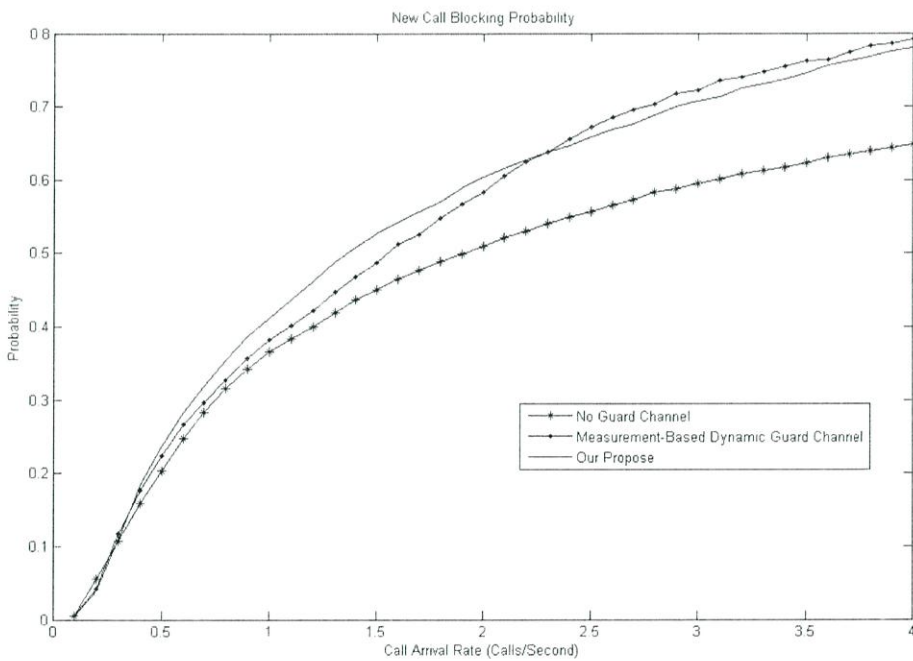
รูปที่ 6.22 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลเป็น 0.1



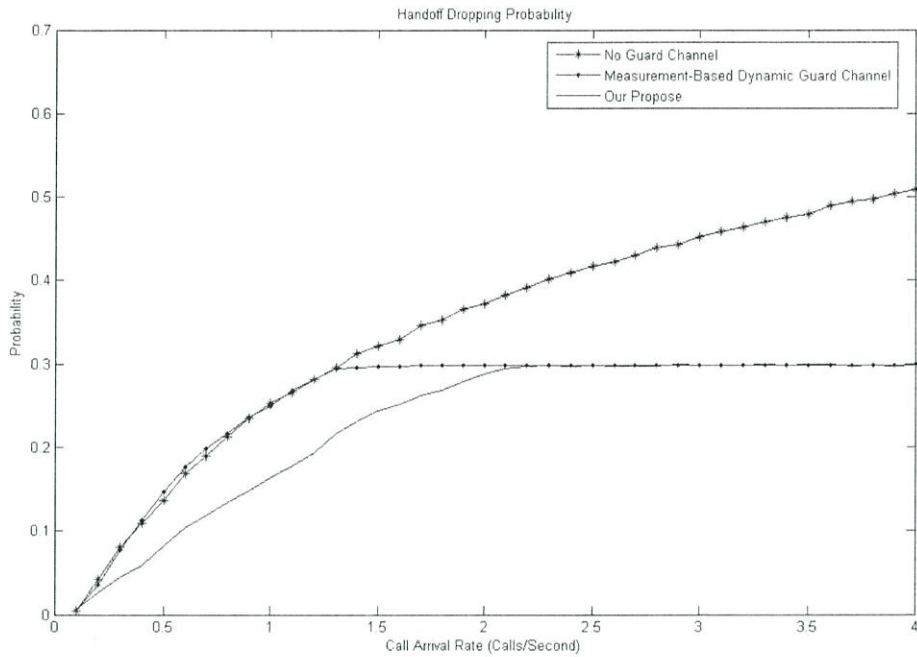
รูปที่ 6.23 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลเป็น 0.2



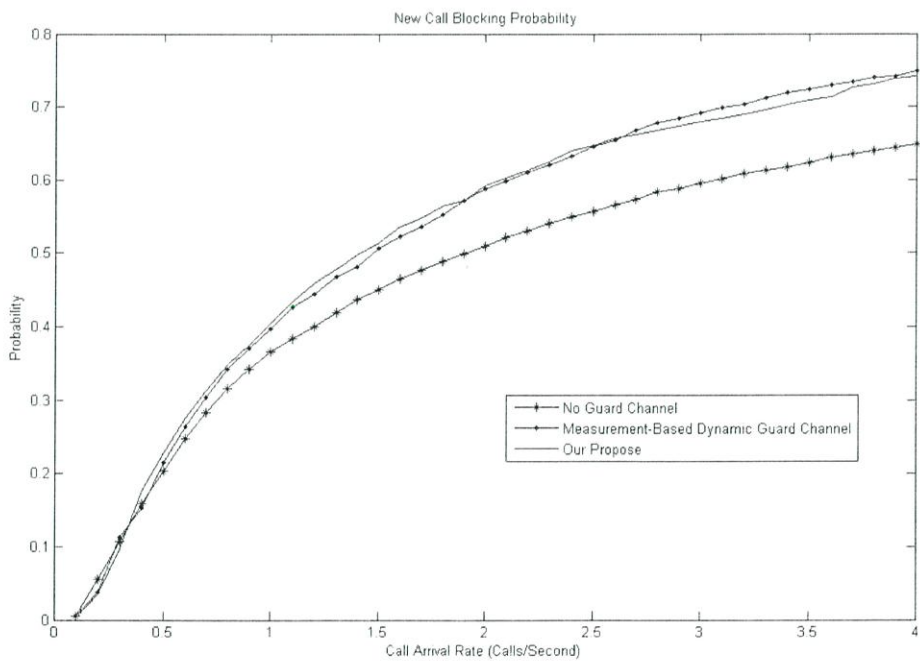
รูปที่ 6.24 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่เส้นดอ์ฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นดอ์ฟคอลลเป็น 0.2



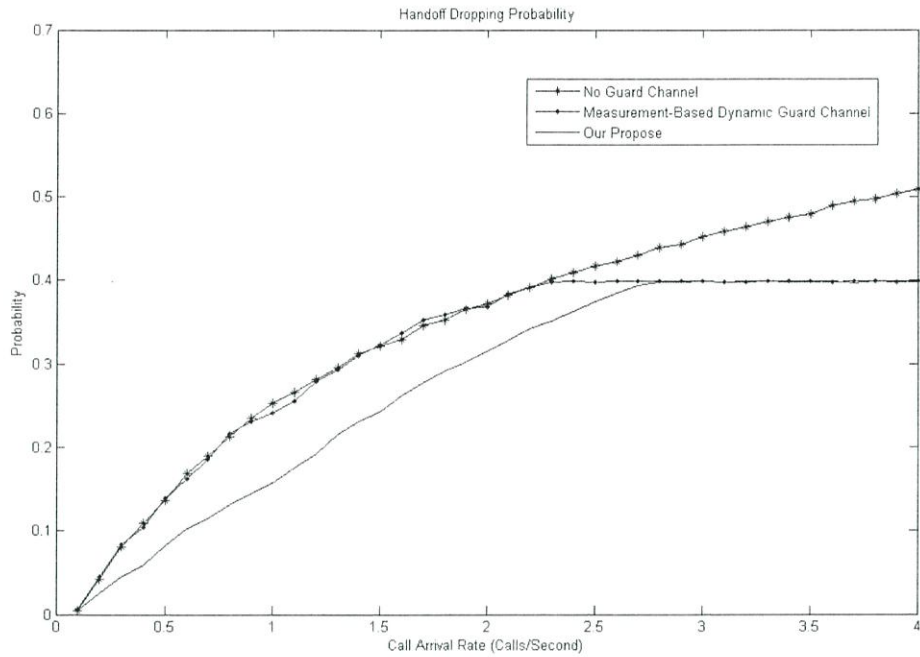
รูปที่ 6.25 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นดอ์ฟคอลลเป็น 0.3



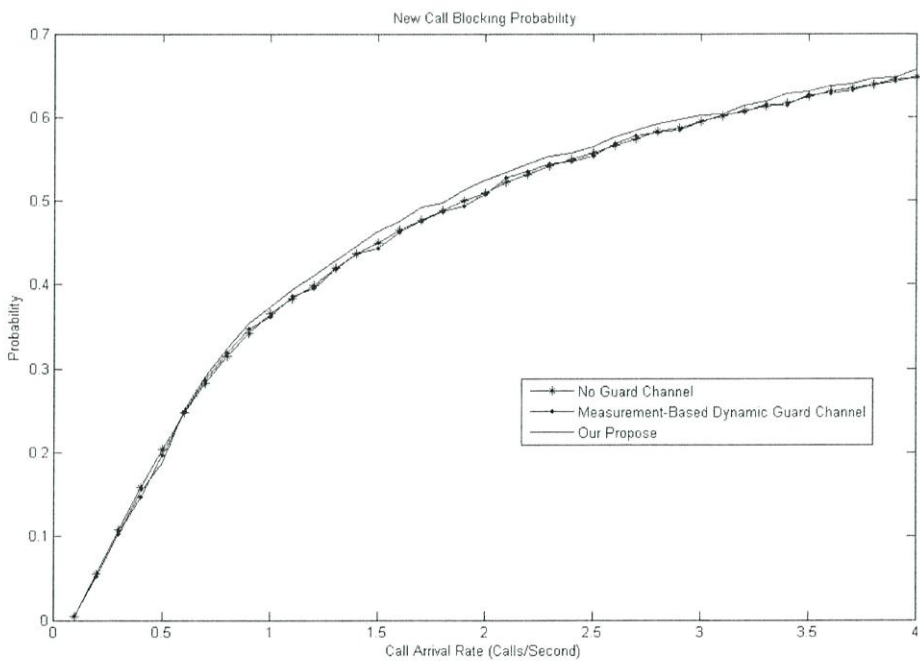
รูปที่ 6.26 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่เส้นค่อฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นค่อฟคอลเป็น 0.3



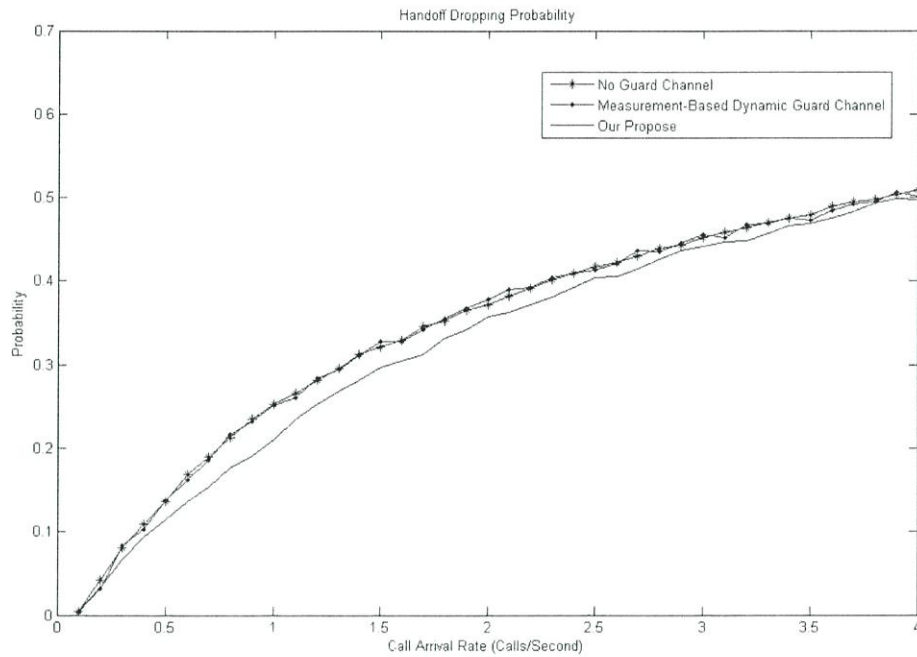
รูปที่ 6.27 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นค่อฟคอลเป็น 0.4



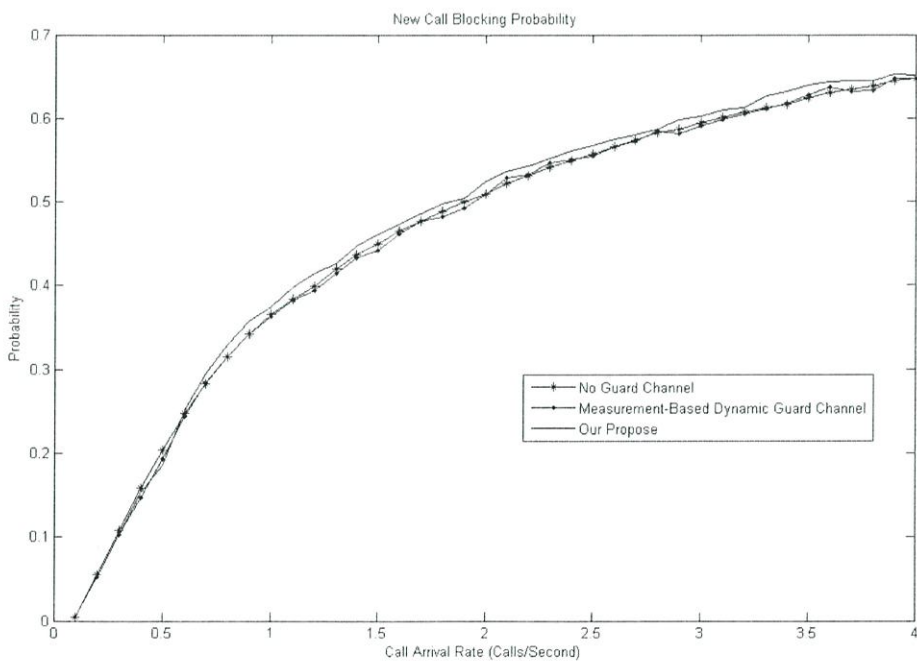
รูปที่ 6.28 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่เส้นค่อฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นค่อฟคอลเป็น 0.4



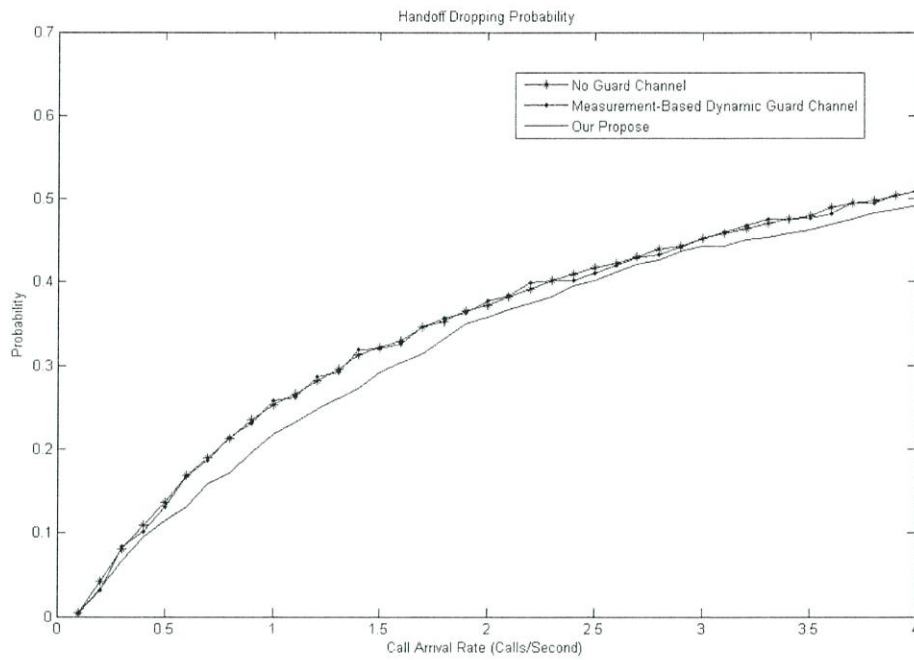
รูปที่ 6.29 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นค่อฟคอลเป็น 0.5



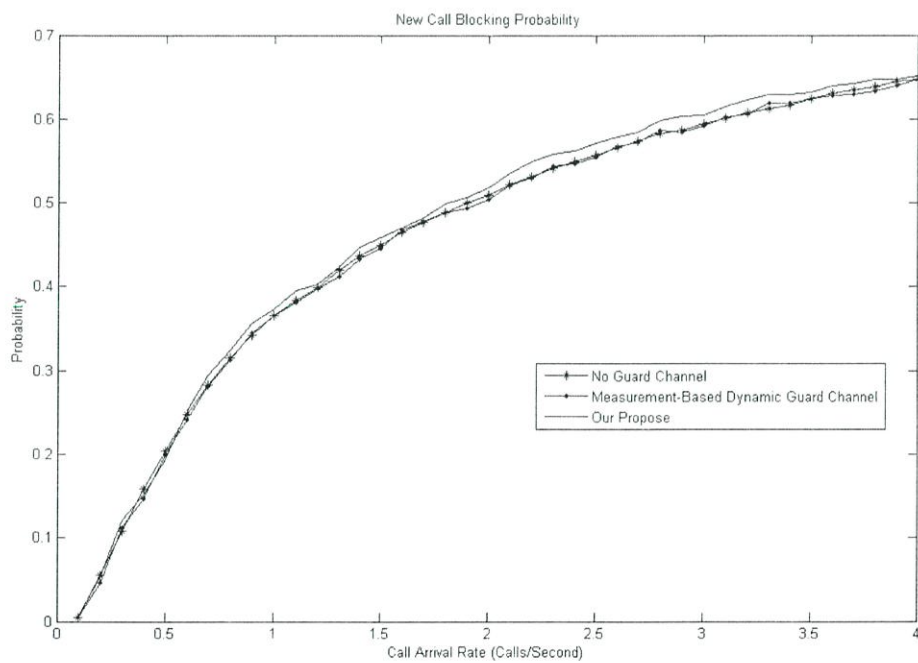
รูปที่ 6.30 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่เส้นค่อฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นค่อฟคอลเป็น 0.5



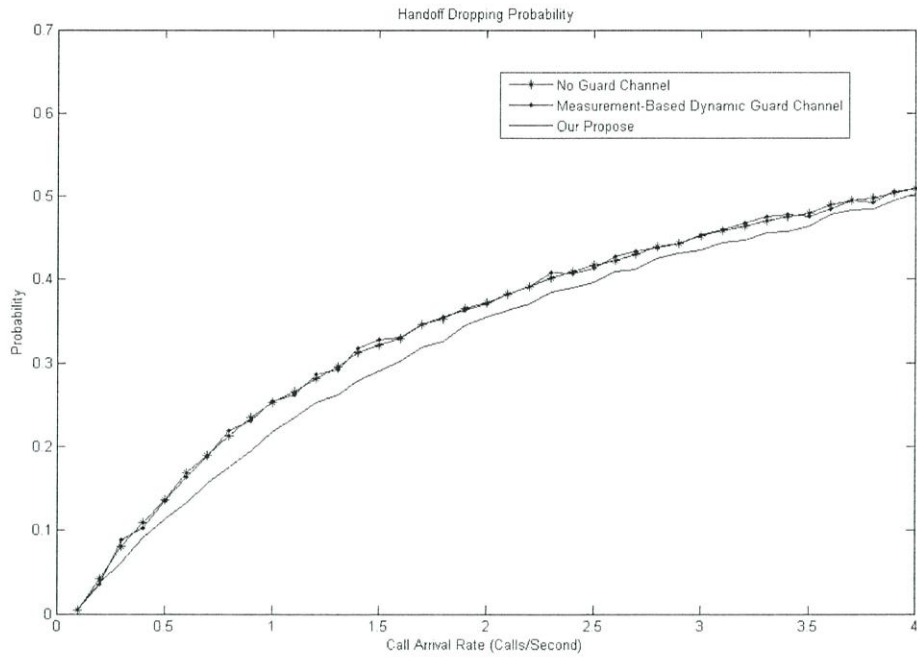
รูปที่ 6.31 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นค่อฟคอลเป็น 0.6



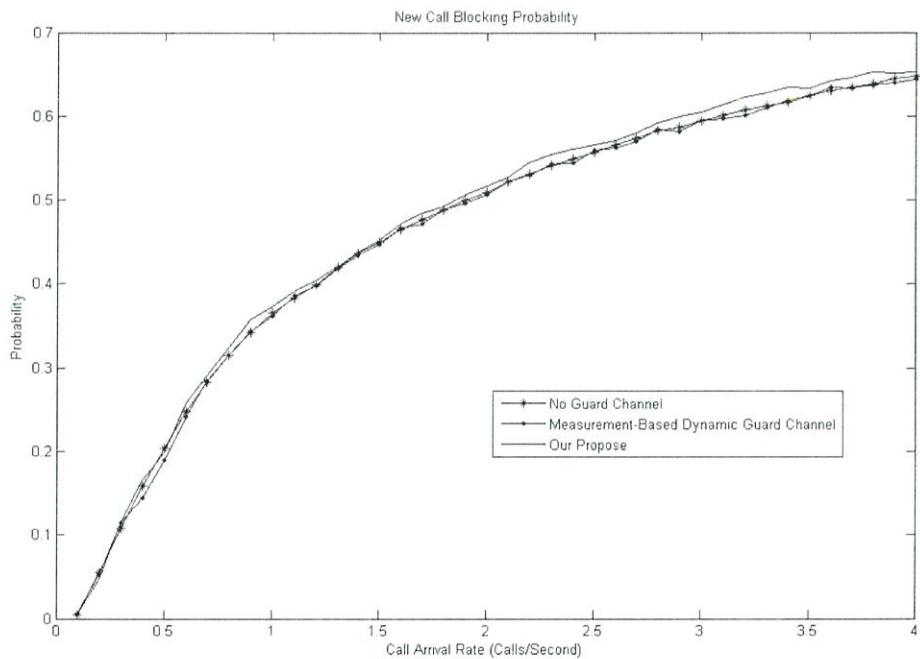
รูปที่ 6.32 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่เส้นด้อฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นด้อฟคอลลเป็น 0.6



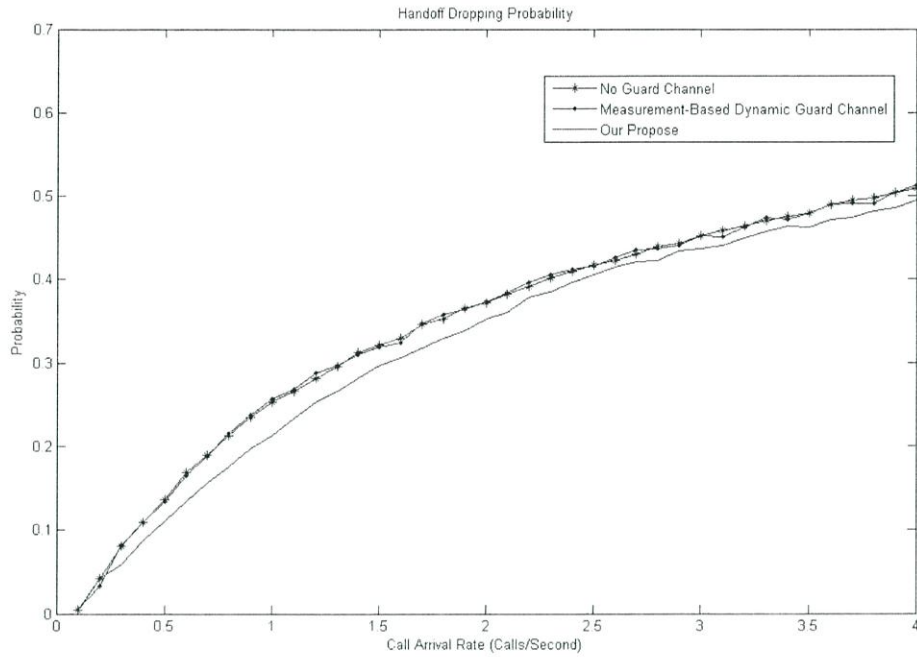
รูปที่ 6.33 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นด้อฟคอลลเป็น 0.7



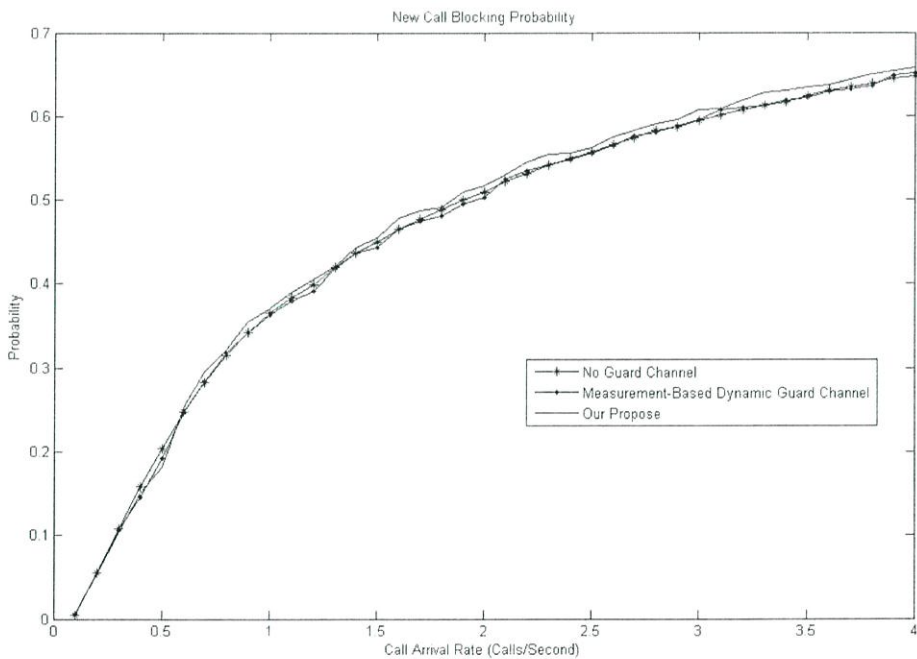
รูปที่ 6.34 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลเป็น 0.7



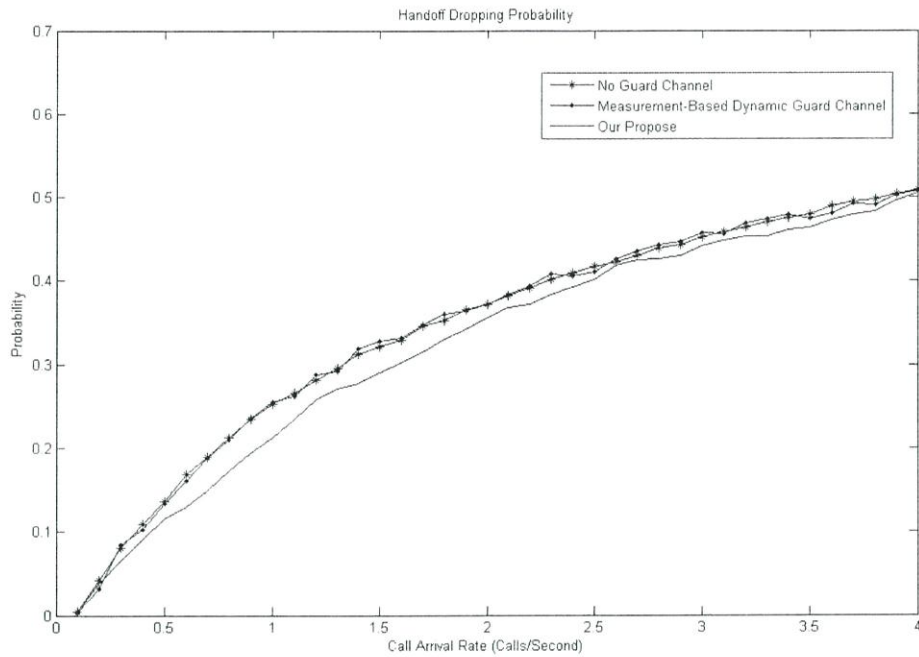
รูปที่ 6.35 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลเป็น 0.8



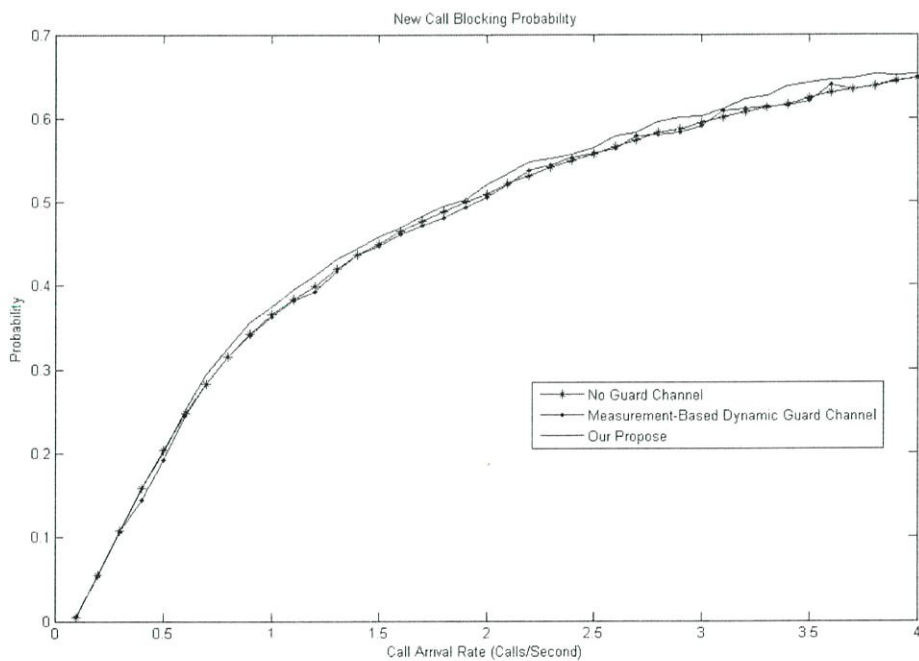
รูปที่ 6.36 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลลเป็น 0.8



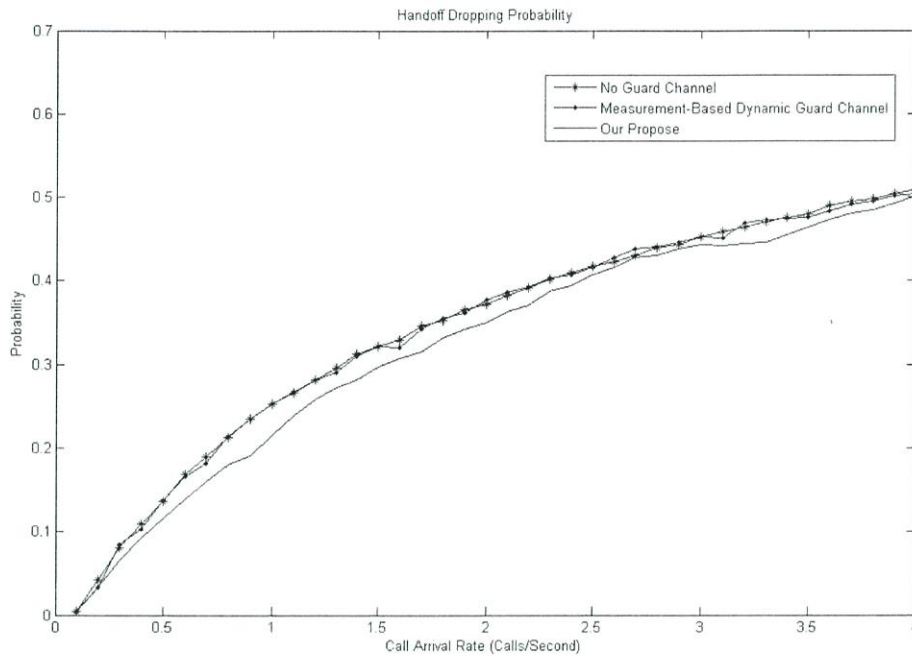
รูปที่ 6.37 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลลเป็น 0.9



รูปที่ 6.38 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่เส้นด้อฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นด้อฟคอลเป็น 0.9

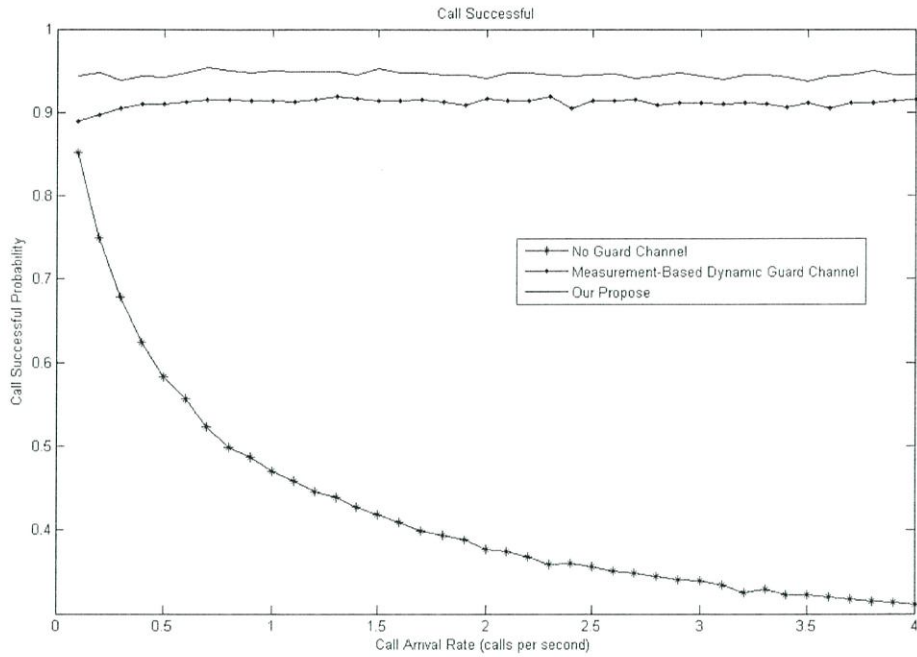


รูปที่ 6.39 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นด้อฟคอลเป็น 1

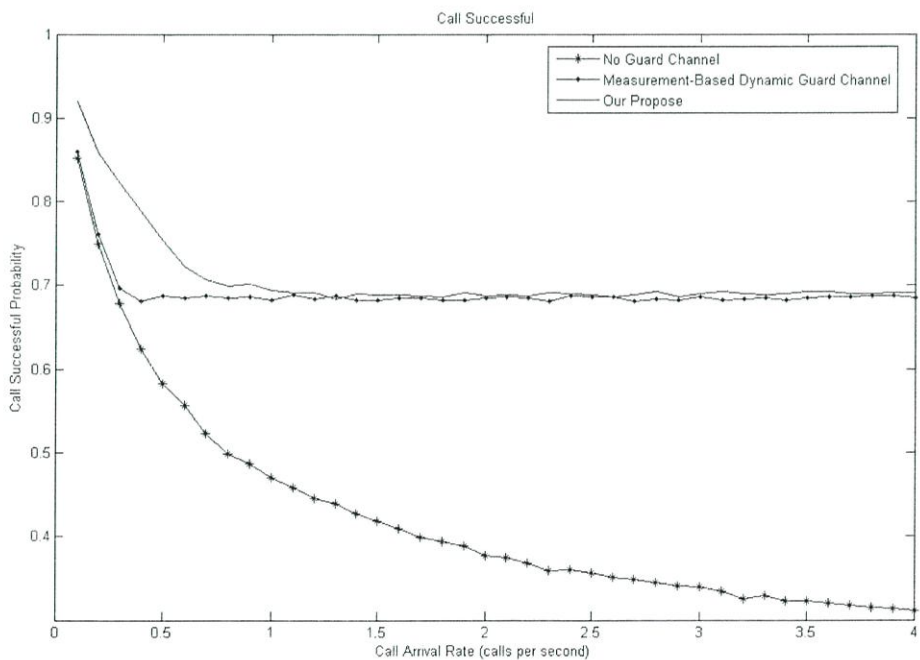


**รูปที่ 6.40** กราฟค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลเป็น 1

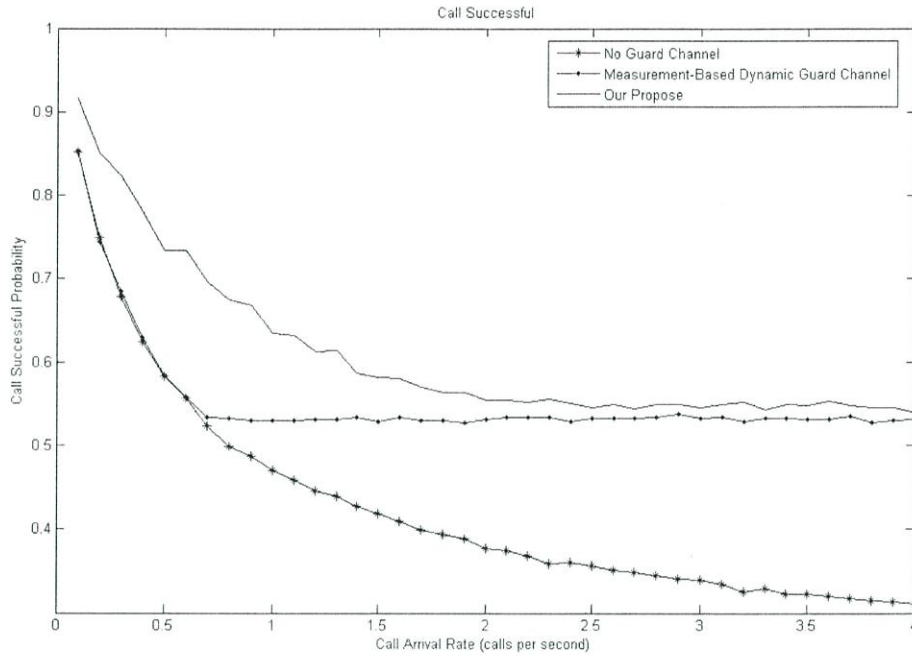
นอกจากนี้ยังได้ทำการจำลองการทำงานของระบบเพื่อวัดค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์ (Call Successful Probability) เพื่อวัดประสิทธิภาพของเครือข่ายถึงโอกาสที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถทำการสื่อสารจนเสร็จสมบูรณ์ได้ ซึ่งผลการจำลองระบบเป็นดังรูปที่ 6.41 ถึง 6.51 จากกราฟจะเห็นว่าเมื่ออัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิเวศมีค่ามากขึ้น ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์จะมีค่าลดลง แต่วิธีการที่นำเสนอและวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสภาวะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัตจะรักษาระดับของค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เอาไว้ได้ เนื่องจากการปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต แต่วิธีการที่นำเสนอจะให้ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์สูงกว่าวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสภาวะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต เนื่องจากวิธีการที่นำเสนอให้การจองช่องสัญญาณล่วงหน้าก่อนที่แฮนด์ออฟคอลจะทำการเรียกใช้ช่องสัญญาณ



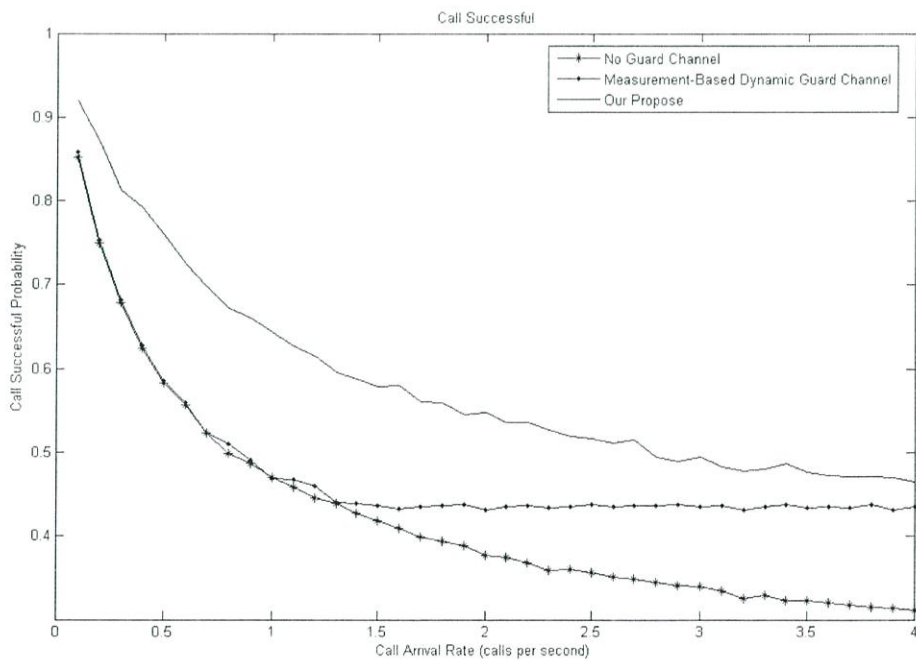
รูปที่ 6.41 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ แชนด์ออฟคอลลเป็น 0



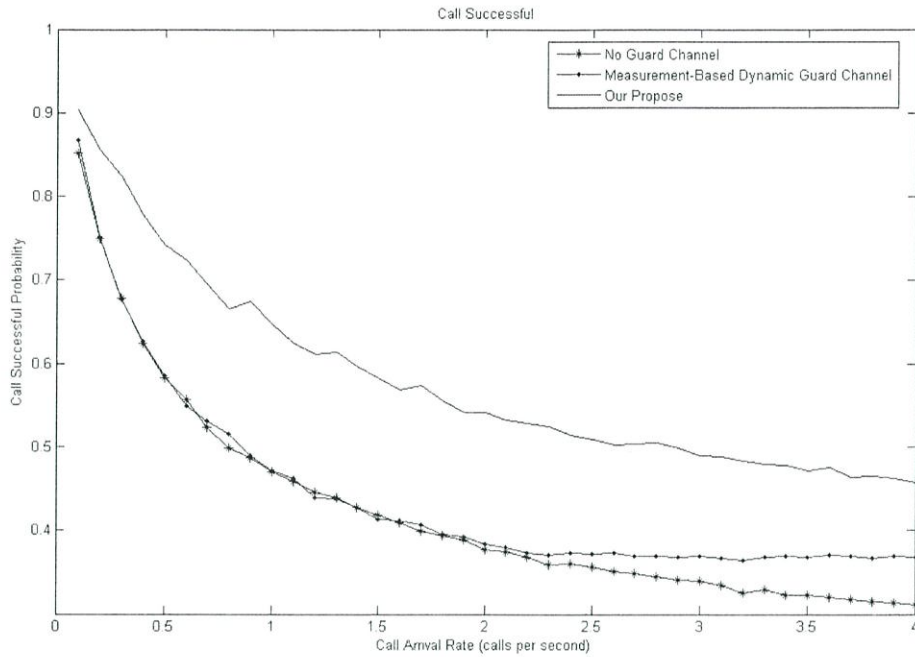
รูปที่ 6.42 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ แชนด์ออฟคอลลเป็น 0.1



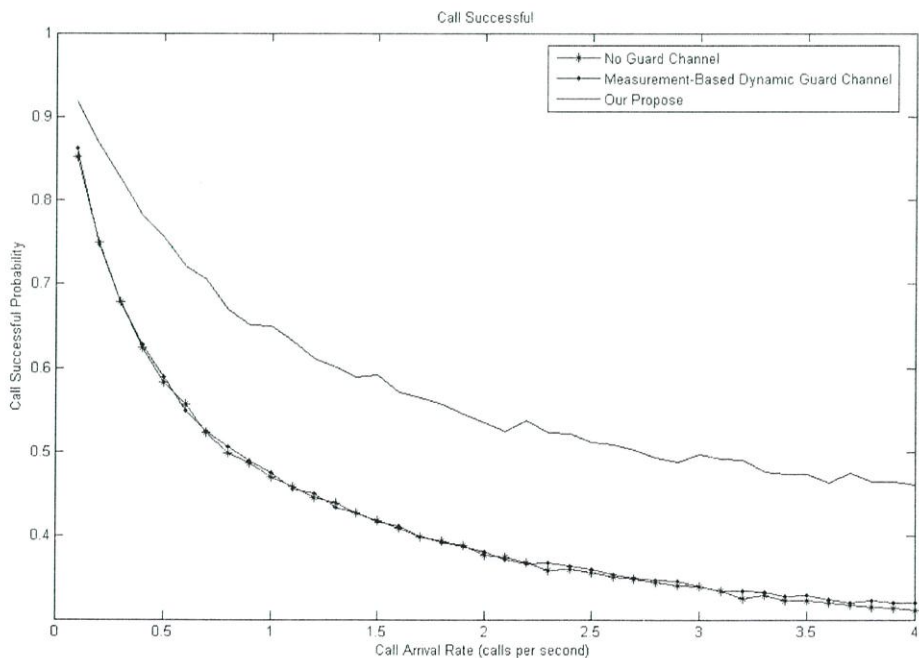
รูปที่ 6.43 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย  
จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ  
แชนด์ออฟคอลลเป็น 0.2



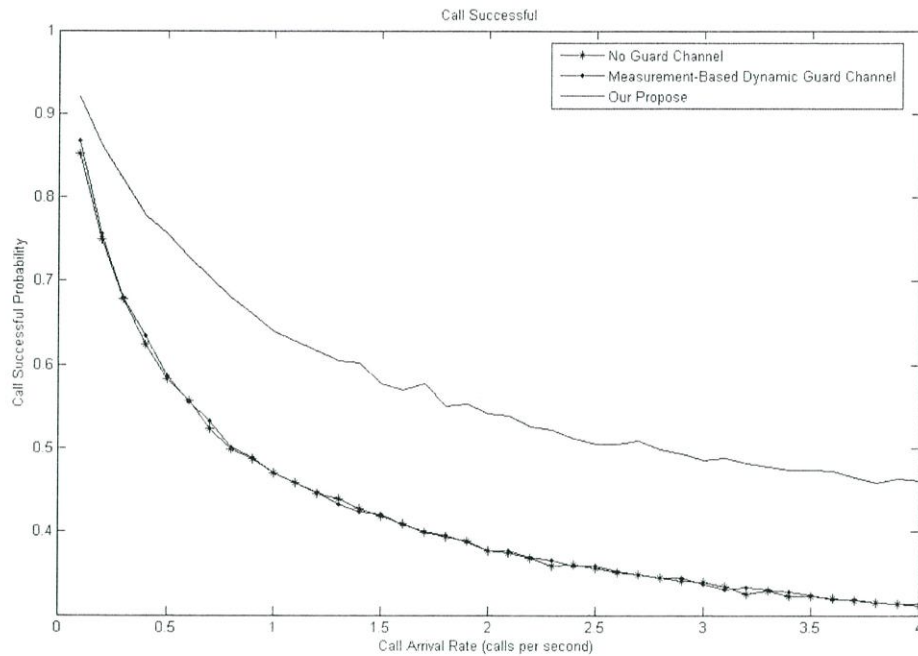
รูปที่ 6.44 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย  
จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ  
แชนด์ออฟคอลลเป็น 0.3



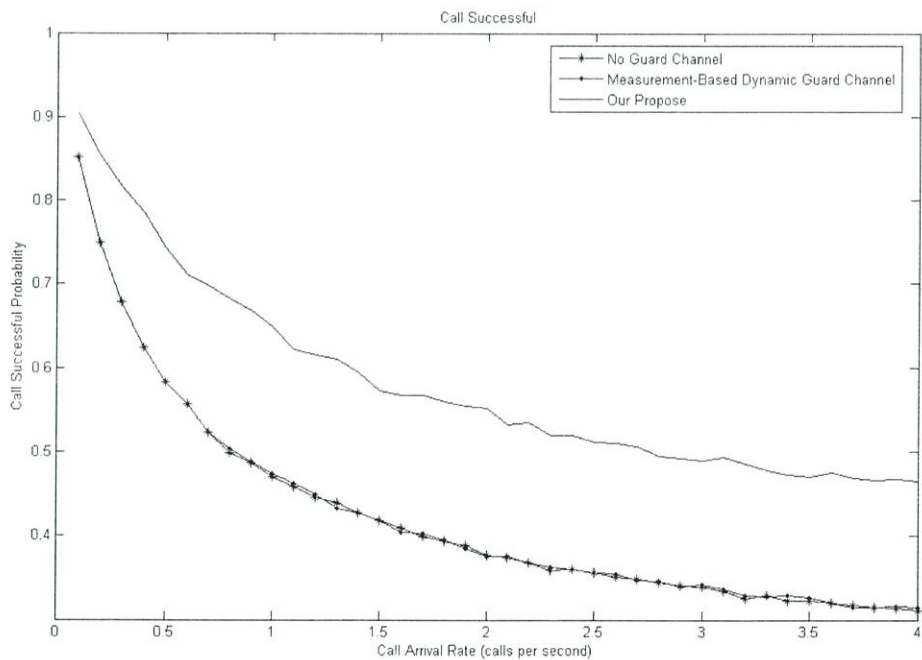
รูปที่ 6.45 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย  
จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ  
แฮนด์ออฟคอลลเป็น 0.4



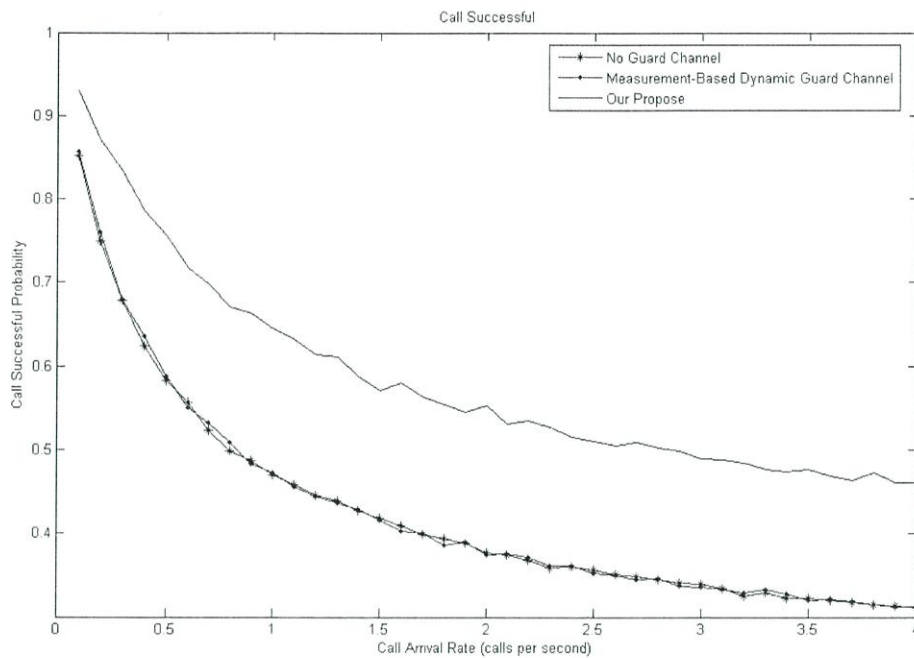
รูปที่ 6.46 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย  
จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ  
แฮนด์ออฟคอลลเป็น 0.5



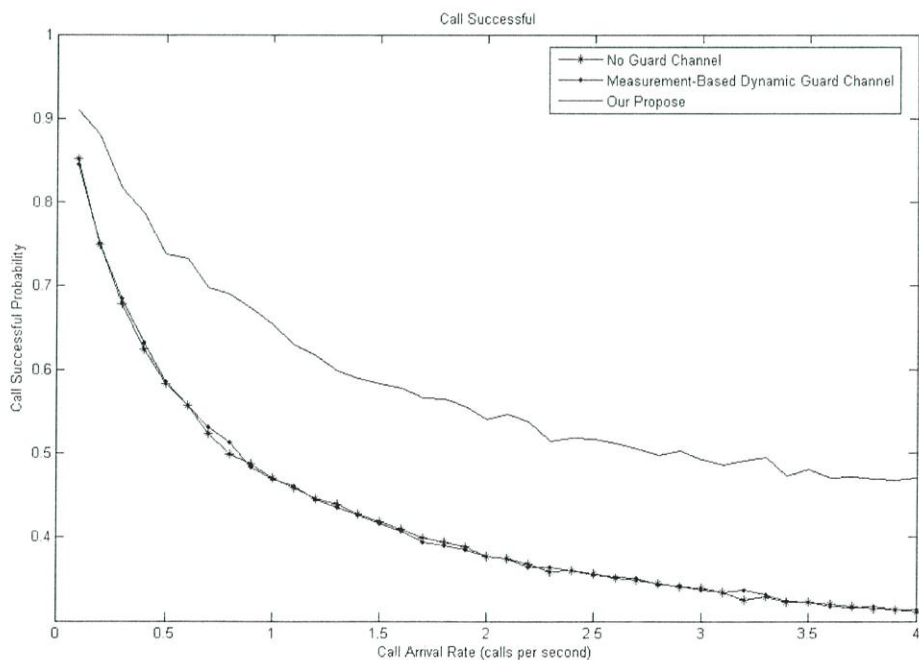
รูปที่ 6.47 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ แชนด์ออฟคอลลเป็น 0.6



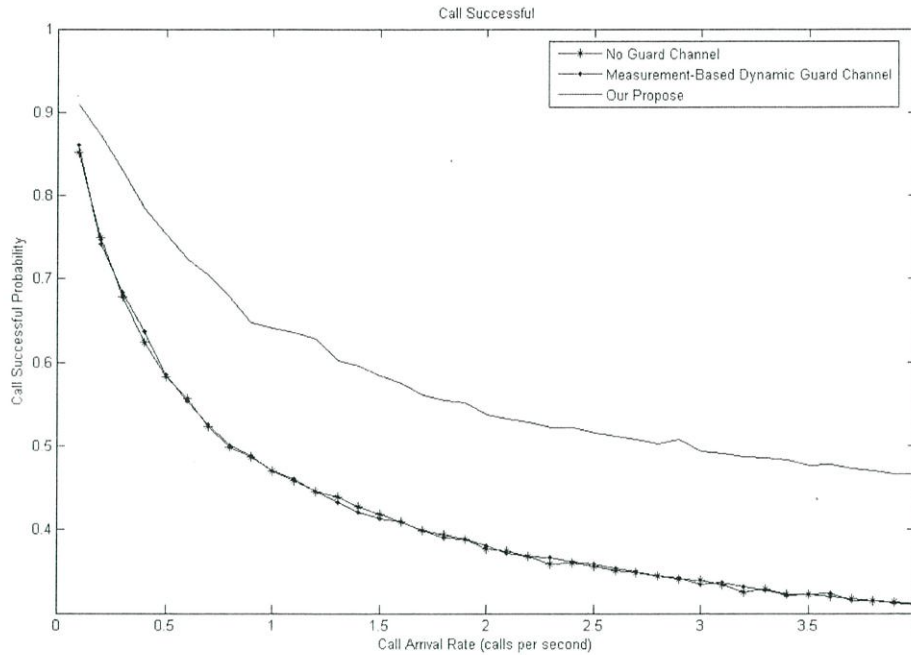
รูปที่ 6.48 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ แชนด์ออฟคอลลเป็น 0.7



รูปที่ 6.49 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ แชนด์ออฟคอลลเป็น 0.8



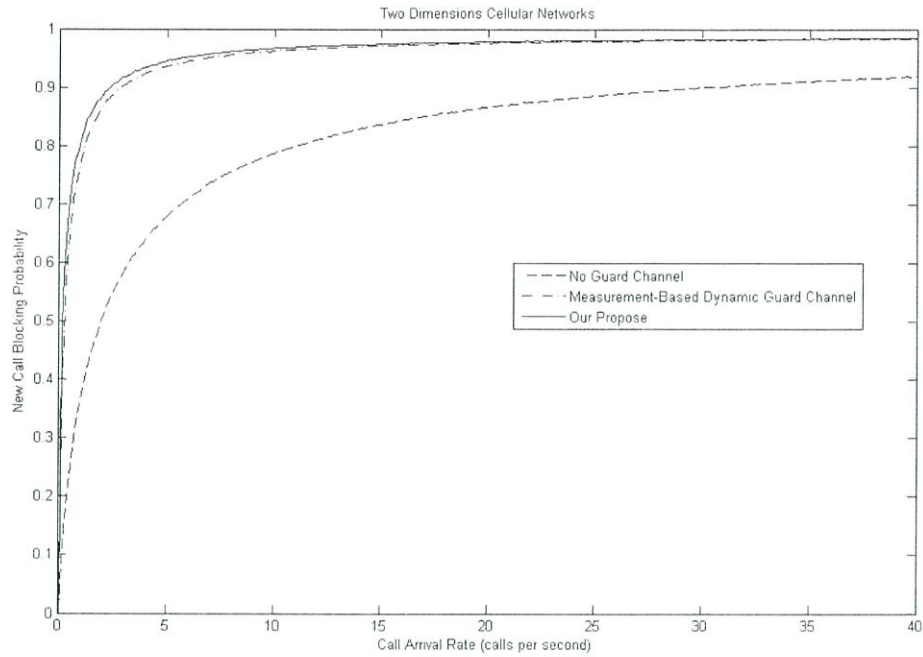
รูปที่ 6.50 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ แชนด์ออฟคอลลเป็น 0.9



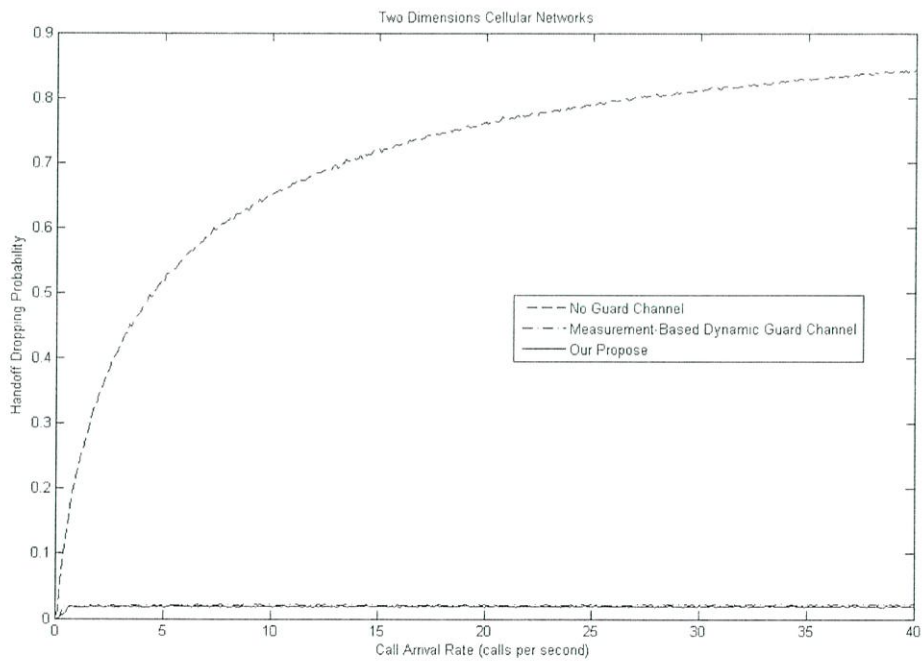
รูปที่ 6.51 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ แชนด์ออฟคอลเป็น 1

### 6.3.2 ผลการจำลองการทำงานของระบบด้วยโครงสร้างเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติ

นอกจากการจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวแล้ววิทยานิพนธ์ฉบับนี้ยังทำการจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติด้วย โดยเปรียบเทียบผลการจำลองระบบของวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสภาวะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัตและวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไม่กำหนดแนวควบคุมช่องสัญญาณเช่นเดียวกับการจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียว ผลการจำลองระบบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์อัตราการใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิวคอลกับค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ และค่าความน่าจะเป็นที่แชนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เป็นดังรูปที่ 6.52 และ 6.53 โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เป็น 0.7 และกำหนดค่าเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟคอลเป็น 0.02 จากรูปที่ 6.52 และ 6.53 ค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และค่าความน่าจะเป็นที่แชนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้จะเริ่มเข้าสู่ค่าคงที่เมื่ออัตราการการใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิวคอลมีค่าตั้งแต่ 4 คอลต่อวินาที จึงกำหนดให้อัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิวคอลที่ใช้ในการจำลองระบบมีค่าตั้งแต่ 0.1 ถึง 4 คอลต่อวินาที



รูปที่ 6.52 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติ



รูปที่ 6.53 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติ

การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ กับเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลที่จะใช้ในการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติใช้หลักเกณฑ์เดียวกับหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียว ผลการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ กับเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลที่มีผลกระทบกับค่าความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้แสดงดังตารางที่ 6.4 โดยกำหนดอัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิวกอล 4 คอลต่อวินาที จากตารางที่ 6.4 ตัวแปรต่างๆมีความหมายดังนี้

New_Call_Threshold	หมายถึงพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้
Pd_tar	หมายถึงเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอล
New_Pro	หมายถึงค่าความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้
Hand_Pro	หมายถึงค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้

ตารางที่ 6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ของสัญญาณได้ กับเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ  
เส้นต่อฟลอคอบนเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติ

Pd_tar	New_Call_Threshold											
	0		0.1		0.2		0.3		0.4		0.5	
	New_Pro	Hand_Pro	New_Pro	Hand_Pro	New_Pro	Hand_Pro	New_Pro	Hand_Pro	New_Pro	Hand_Pro	New_Pro	Hand_Pro
0	0.8823	0.1184	0.8985	0.0613	0.9152	0.0452	0.9374	0.0332	0.9416	0.028	0.9598	0.0059
0.1	0.7816	0.2751	0.7992	0.2325	0.8153	0.2382	0.8326	0.1743	0.8424	0.1416	0.8536	0.1031
0.2	0.6968	0.3446	0.7032	0.3023	0.7104	0.2256	0.7336	0.2119	0.7941	0.2287	0.7952	0.1954
0.3	0.6524	0.4714	0.6585	0.4305	0.7141	0.3938	0.7343	0.3082	0.7316	0.2936	0.7635	0.2961
0.4	0.662	0.4598	0.6843	0.4275	0.7028	0.4243	0.7134	0.4112	0.7395	0.3942	0.7371	0.3902
0.5	0.6467	0.4865	0.6425	0.4753	0.6479	0.4811	0.6498	0.4862	0.6436	0.4813	0.645	0.4864
0.6	0.6433	0.4879	0.6451	0.4776	0.6489	0.4842	0.6405	0.4823	0.6467	0.4715	0.6483	0.4812
0.7	0.648	0.4838	0.6403	0.4862	0.6496	0.4835	0.6479	0.4841	0.6458	0.4818	0.6472	0.4827
0.8	0.6427	0.4893	0.6451	0.4862	0.6419	0.4781	0.6452	0.4793	0.6489	0.4834	0.6432	0.4715
0.9	0.6459	0.4881	0.6411	0.4863	0.6478	0.4893	0.6435	0.4843	0.6424	0.4827	0.6468	0.4822
1.0	0.6486	0.4863	0.6425	0.4838	0.6403	0.4792	0.6427	0.4839	0.6441	0.4813	0.6493	0.4803

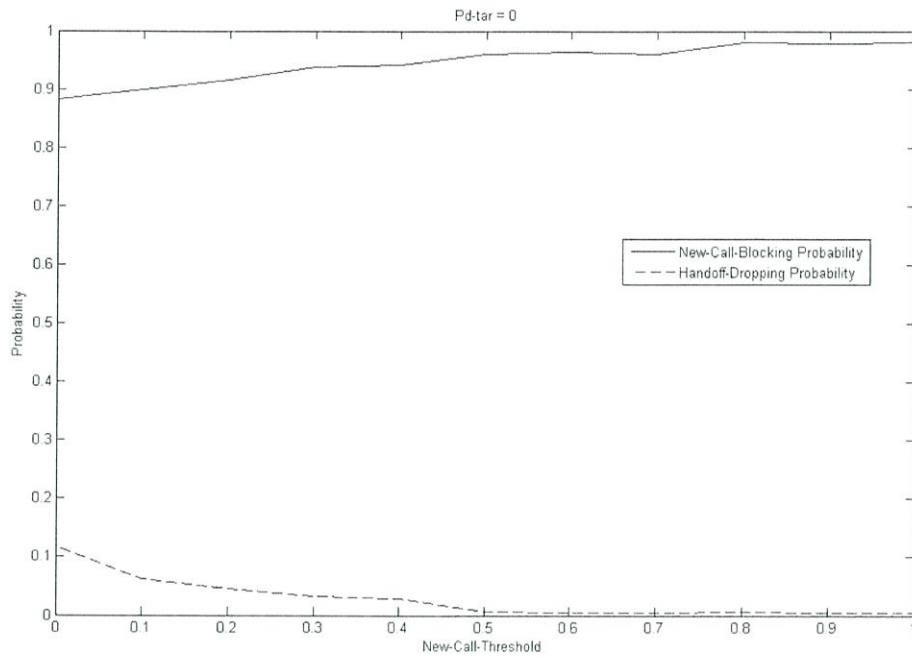
ตารางที่ 6.4 (ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ของสัญญาณได้ กับเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่าย  
สำหรับแฮนด์ออฟคอลบนเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติ

Pd_tar	New_Call_Threshold											
	0.6		0.7		0.8		0.9		1.0			
	New_Pro	Hand_Pro	New_Pro	Hand_Pro	New_Pro	Hand_Pro	New_Pro	Hand_Pro	New_Pro	Hand_Pro		
0	0.9633	0.0045	0.9603	0.0052	0.9815	0.0056	0.978	0.0043	0.9814	0.0051		
0.1	0.8849	0.0964	0.8643	0.0954	0.8708	0.0972	0.8875	0.0995	0.8821	0.0983		
0.2	0.8238	0.1972	0.8119	0.1944	0.7946	0.1916	0.8147	0.1963	0.8212	0.1918		
0.3	0.7451	0.2937	0.7691	0.2874	0.7627	0.2941	0.771	0.2923	0.7869	0.2972		
0.4	0.7312	0.3933	0.7419	0.3978	0.7453	0.3935	0.7383	0.3968	0.7467	0.3965		
0.5	0.6431	0.4841	0.6414	0.4858	0.6469	0.4823	0.6482	0.4882	0.6417	0.4861		
0.6	0.6447	0.4825	0.6429	0.4861	0.6451	0.4833	0.6458	0.4826	0.6491	0.4831		
0.7	0.6411	0.4743	0.6429	0.4751	0.6437	0.4862	0.6426	0.4822	0.6495	0.4851		
0.8	0.6415	0.4802	0.6461	0.4774	0.6436	0.4831	0.6445	0.4758	0.6469	0.4877		
0.9	0.6414	0.4852	0.6423	0.4791	0.6483	0.4767	0.6498	0.4713	0.6423	0.4827		
1.0	0.6428	0.4711	0.6412	0.4835	0.6445	0.4825	0.6426	0.4752	0.6452	0.4825		

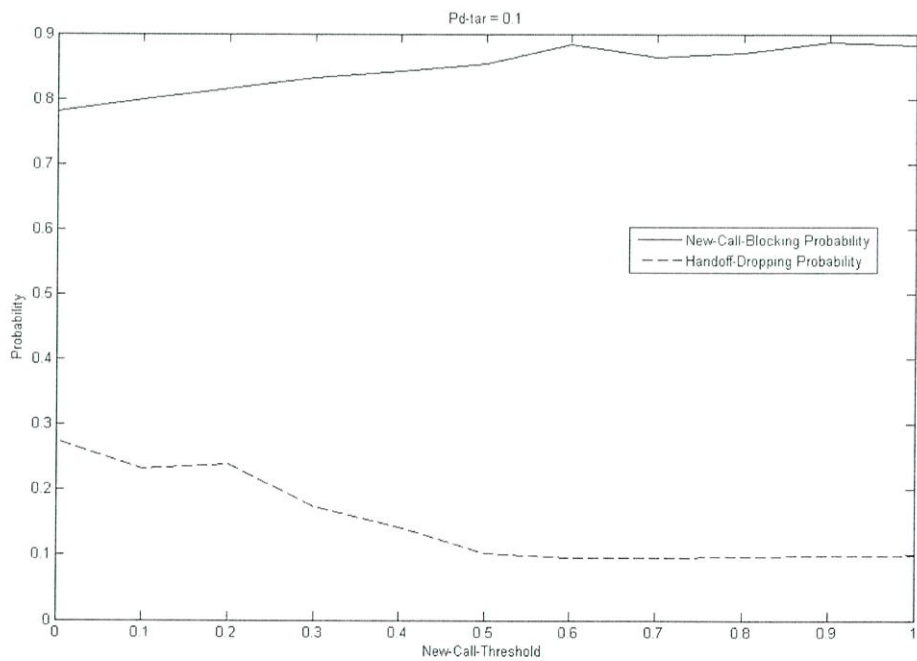
จากตารางที่ 6.4 สามารถแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ กับเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแบนด์ออฟโหลดได้ดังรูปที่ 6.54 ถึง 6.64 จากกราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และค่าความน่าจะเป็นที่แบนด์ออฟโหลดไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีแนวโน้มเช่นเดียวกับกราฟผลการจำลองระบบเซลล์ลู่ค่าแบบมิติเดียว เมื่อพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ มีค่าน้อยจะทำให้ค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าลดลงและทำให้ค่าความน่าจะเป็นที่แบนด์ออฟโหลดไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ มีค่ามากจะทำให้ค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าเพิ่มขึ้นและทำให้ค่าความน่าจะเป็นที่แบนด์ออฟโหลดไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าลดลง

นอกจากนี้ค่าความน่าจะเป็นที่แบนด์ออฟโหลดไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ยังมีค่าอยู่ในเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแบนด์ออฟโหลด ซึ่งสอดคล้องกับกราฟผลการจำลองระบบเซลล์ลู่ค่าแบบมิติเดียว และเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแบนด์ออฟโหลดมีผลต่อค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เช่นเดียวกับกราฟผลการจำลองระบบเซลล์ลู่ค่าแบบมิติเดียว ถ้ากำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแบนด์ออฟโหลดให้มีย่าน้อยจะส่งผลให้ระดับของค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าสูง เมื่อเพิ่มเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแบนด์ออฟโหลดให้มีย่านมากขึ้น ระดับของค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าต่ำลง

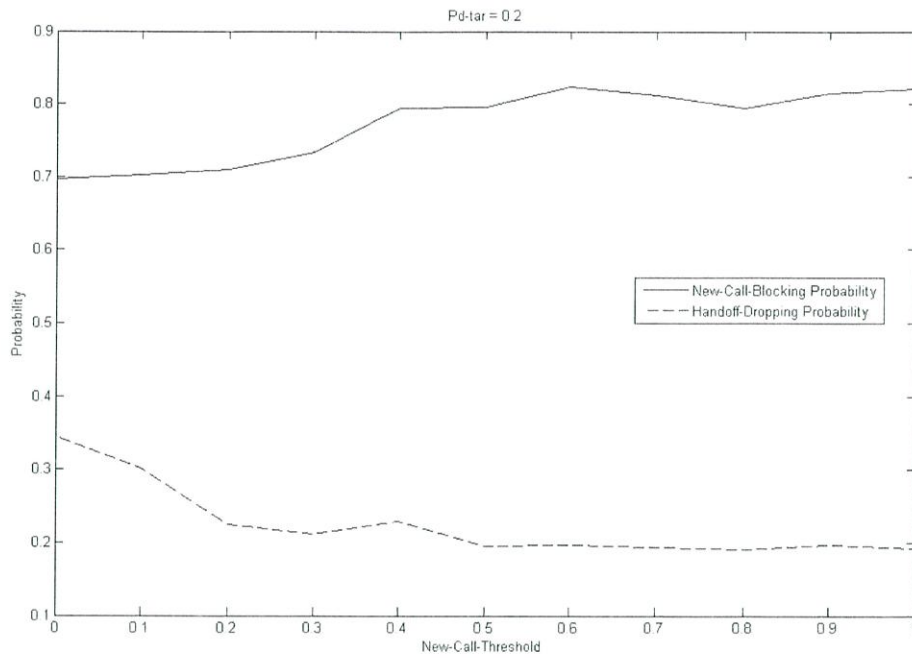
กราฟที่ 6.54 ได้กำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแบนด์ออฟโหลดเป็น 0 แต่ค่าความน่าจะเป็นที่แบนด์ออฟโหลดไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ไม่เข้าสู่เกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแบนด์ออฟโหลด ค่าความน่าจะเป็นที่แบนด์ออฟโหลดไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าเข้าใกล้ 0 เท่านั้น เนื่องจากวิธีการที่นำเสนอไม่สามารถให้ค่าความน่าจะเป็นที่แบนด์ออฟโหลดไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เป็น 0 จากกราฟที่ 6.59 ถึง 6.64 เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแบนด์ออฟโหลดให้มีย่านตั้งแต่ 0.5 จนถึง 1.0 ระดับของค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และค่าความน่าจะเป็นที่แบนด์ออฟโหลดไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้จะอยู่ในระดับเดิม เพราะการจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายเซลล์ลู่ค่าแบบสองมิติให้ค่าความน่าจะเป็นสูงสุดที่แบนด์ออฟโหลดไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าไม่ถึง 0.5



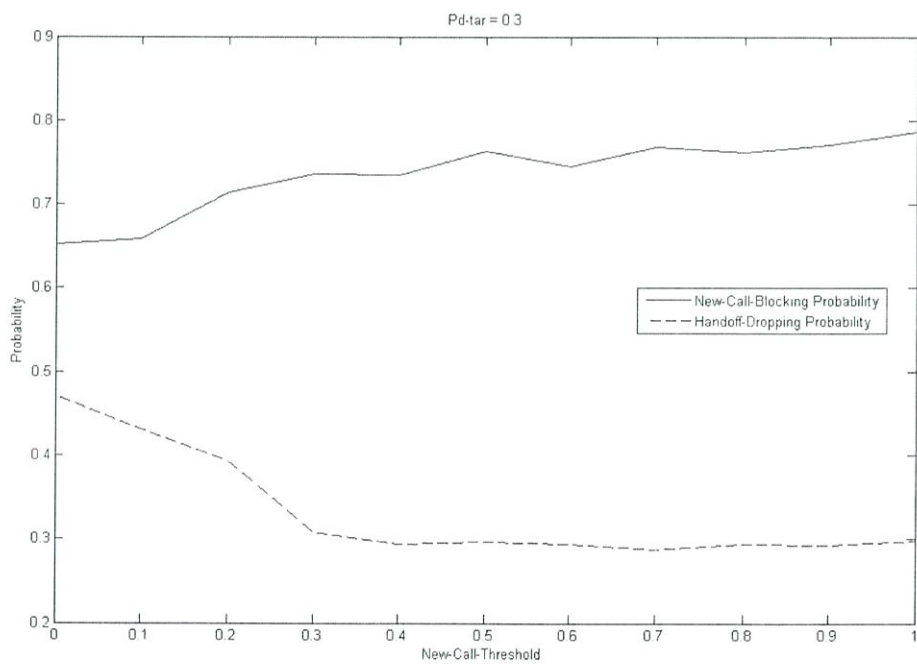
รูปที่ 6.54 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟคอลเท่ากับ 0



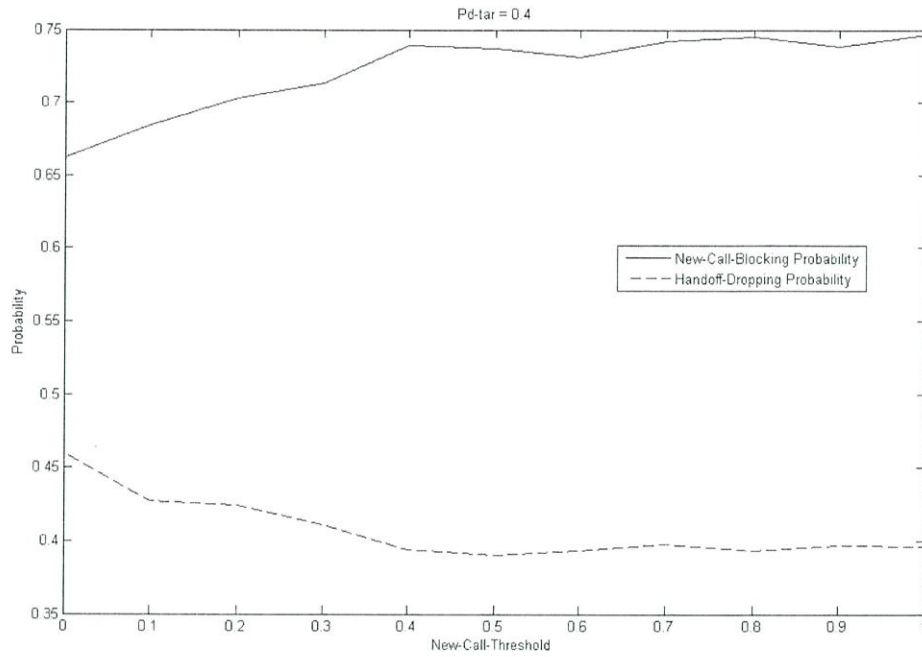
รูปที่ 6.55 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟคอลเท่ากับ 0.1



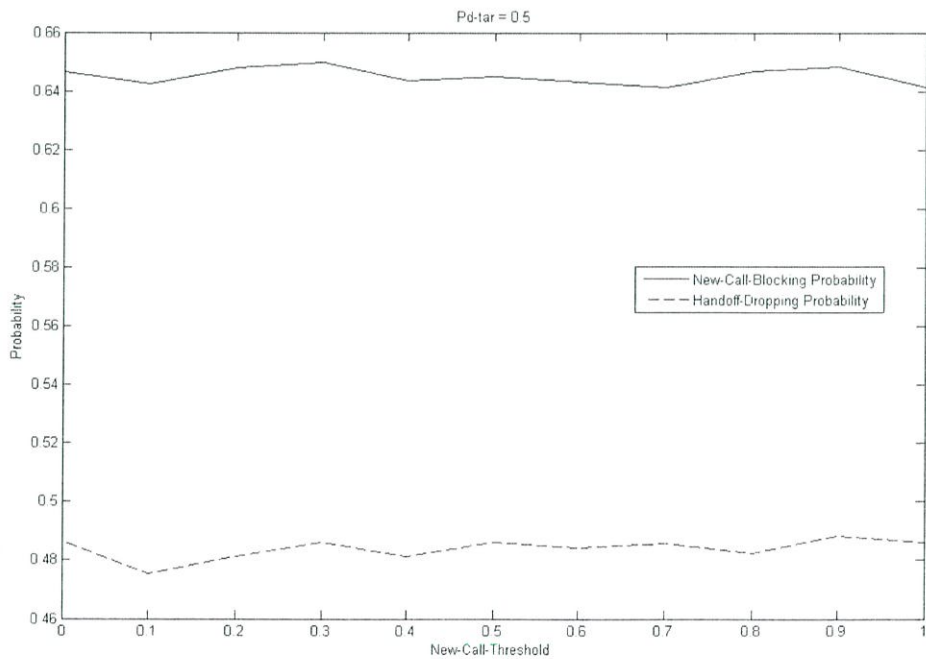
รูปที่ 6.56 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟคอลเท่ากับ 0.2



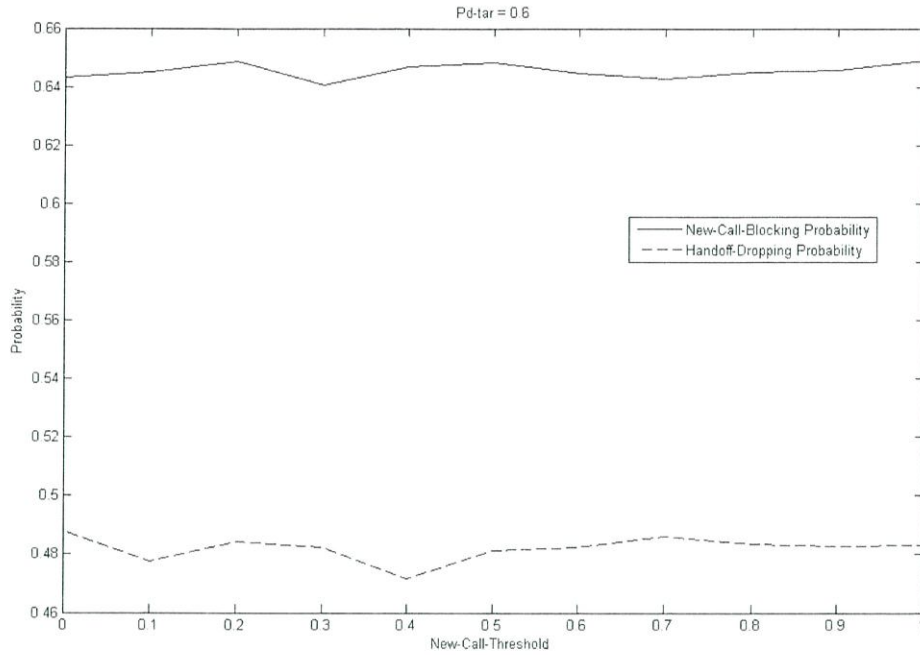
รูปที่ 6.57 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟคอลเท่ากับ 0.3



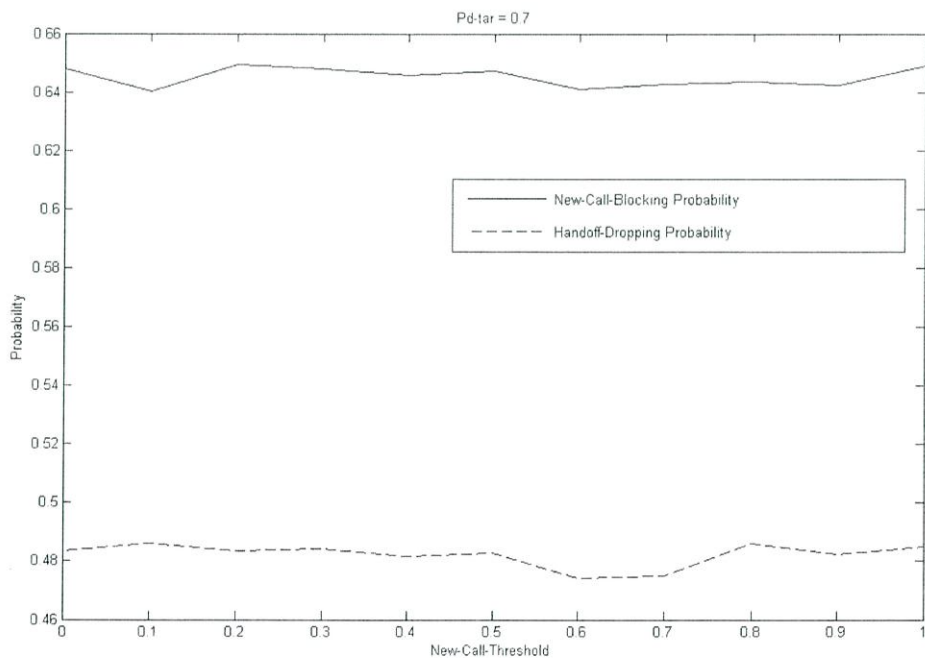
รูปที่ 6.58 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูลาร์แบบสองมิติด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นคัตออฟคอลเท่ากับ 0.4



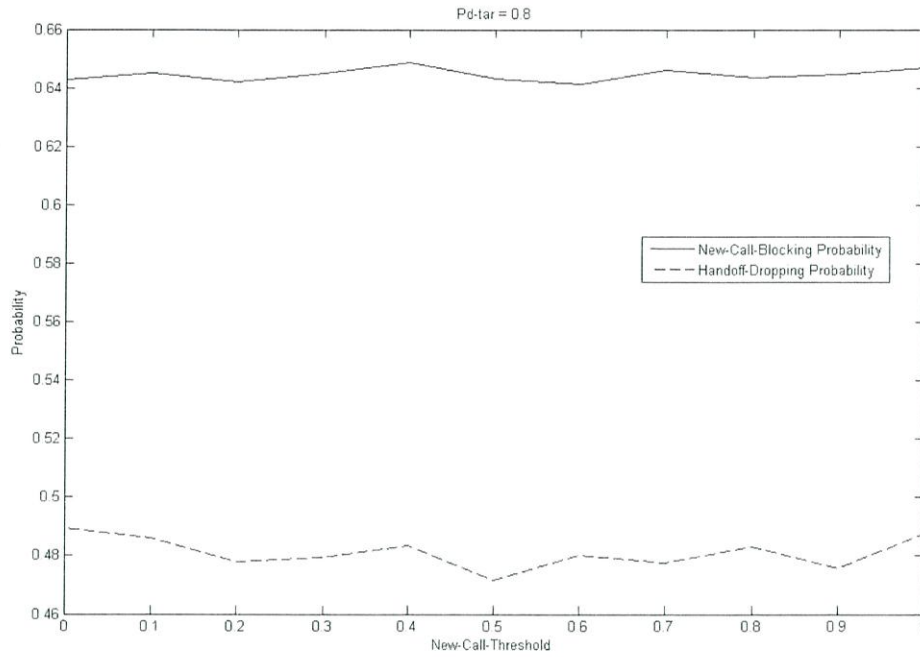
รูปที่ 6.59 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูลาร์แบบสองมิติด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นคัตออฟคอลเท่ากับ 0.5



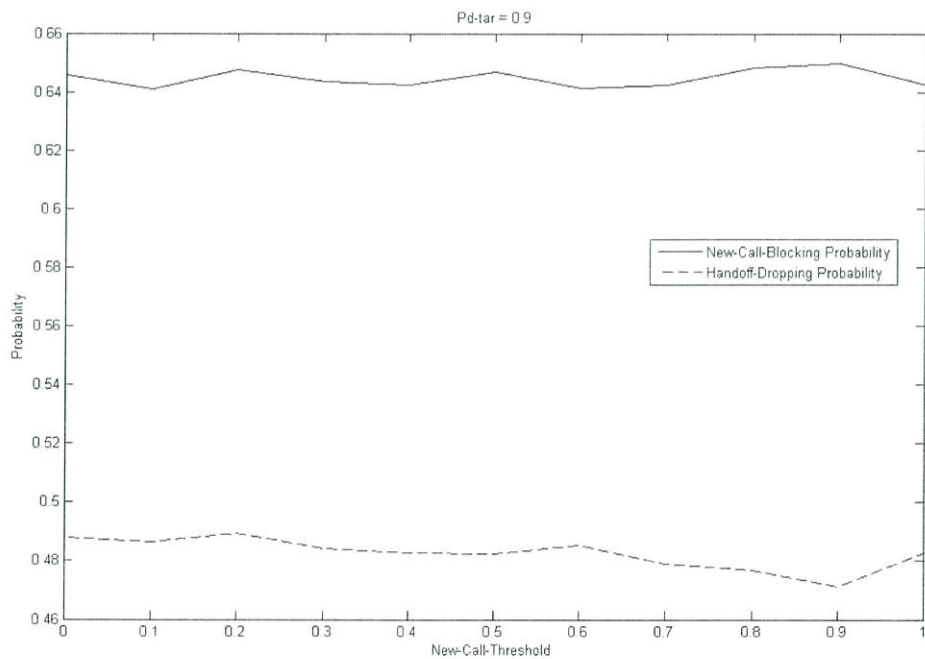
รูปที่ 6.60 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟคอลเท่ากับ 0.6



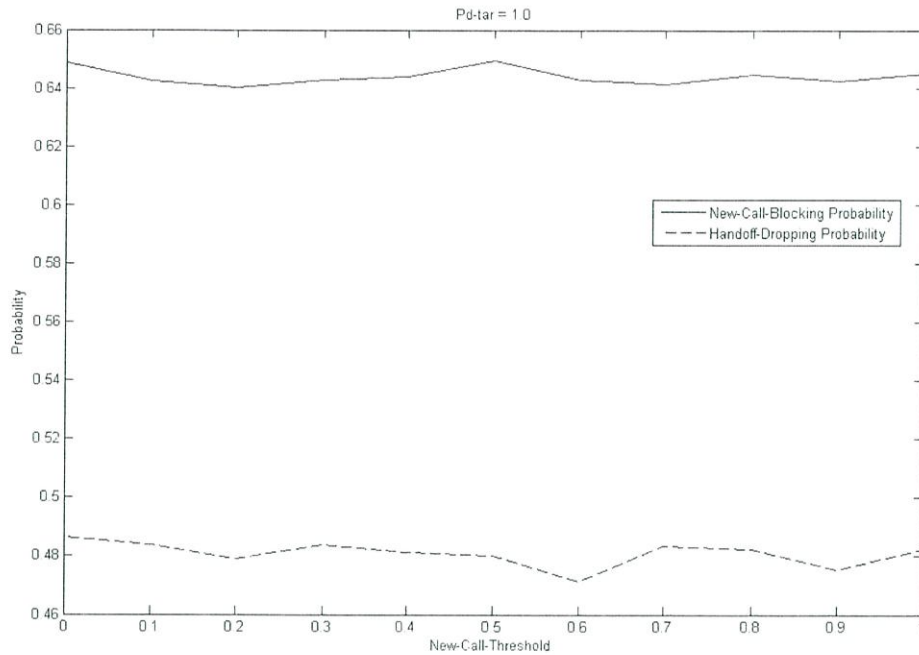
รูปที่ 6.61 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟคอลเท่ากับ 0.7



รูปที่ 6.62 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟคอลลเท่ากับ 0.8



รูปที่ 6.63 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟคอลลเท่ากับ 0.9



รูปที่ 6.64 กราฟการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลเท่ากับ 1

ตารางที่ 6.5 ค่าพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ที่เหมาะสมที่สุดบนเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติ

Pd_tar	Optimize New_Call_Threshold
0	0.5
0.1	0.7
0.2	0.8
0.3	0.4
0.4	0.6
0.5	0.7
0.6	0.3
0.7	0.1
0.8	0.6
0.9	0.1
1	0.2

จากตารางที่ 6.4 สามารถหาค่าพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละช่วงได้ดังตารางที่ 6.5 ซึ่งตัวแปรต่างๆมีความหมายดังนี้

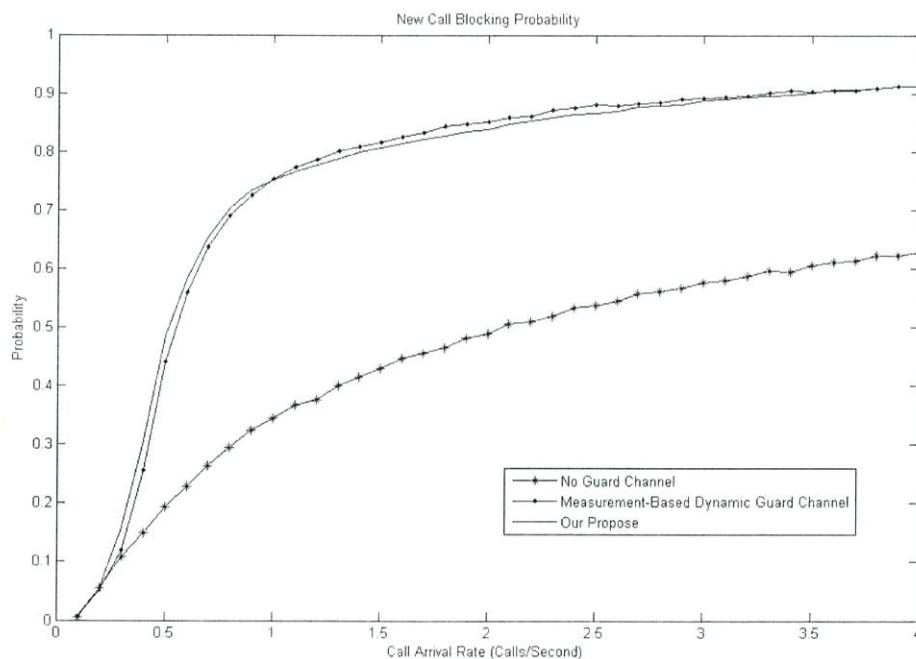
Optimize New_Call_Threshold	หมายถึงพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละช่วง
Pd_tar	หมายถึงเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอล

ผลการจำลองการทำงานของระบบด้วยวิธีการที่นำเสนอโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ที่เหมาะสมที่สุดจากตารางที่ 6.5 แสดงดังกราฟที่ 6.65 ถึง 6.86 โดยทำการเปรียบเทียบวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัตและวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไม่กำหนดแนวควบคุมช่องสัญญาณ จากกราฟที่ 6.65 ถึง 6.74 แสดงให้เห็นว่าเมื่ออัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิวกอลมีค่าน้อย ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของวิธีการที่นำเสนอมีค่าน้อยกว่าวิธีการที่เปรียบเทียบทั้งสองวิธี ในขณะที่ค่าความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าสูงกว่าวิธีการที่เปรียบเทียบทั้งสองวิธี ซึ่งสอดคล้องกับผลการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียว

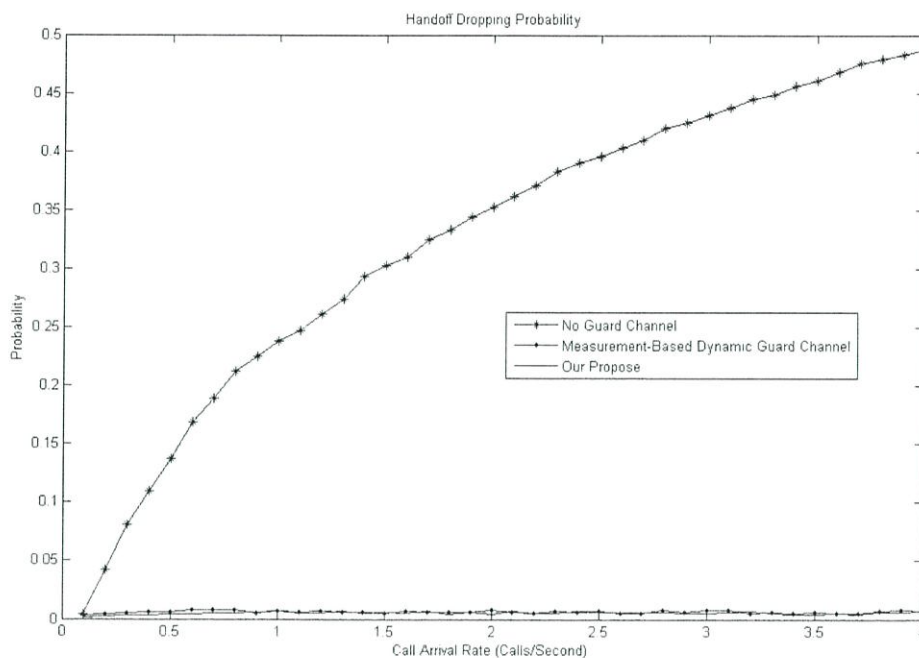
เมื่ออัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิวกอลมีค่าสูงขึ้น ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของวิธีการที่นำเสนอและวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัตจะมีค่าอยู่ในเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลที่กำหนดไว้ แต่ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัตจะเข้าสู่เกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลเร็วกว่าวิธีการที่นำเสนอ ซึ่งเป็นผลมาจากระบบการจองช่องสัญญาณสำหรับแฮนด์ออฟคอล

ในช่วงที่อัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิวกอลมีค่ามาก ค่าความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของวิธีการที่นำเสนอมีค่าน้อยกว่าวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต เช่นเดียวกับผลการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียว เนื่องจากวิธีการที่นำเสนอมีการปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณสำหรับนิวกอลด้วยพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวกอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้

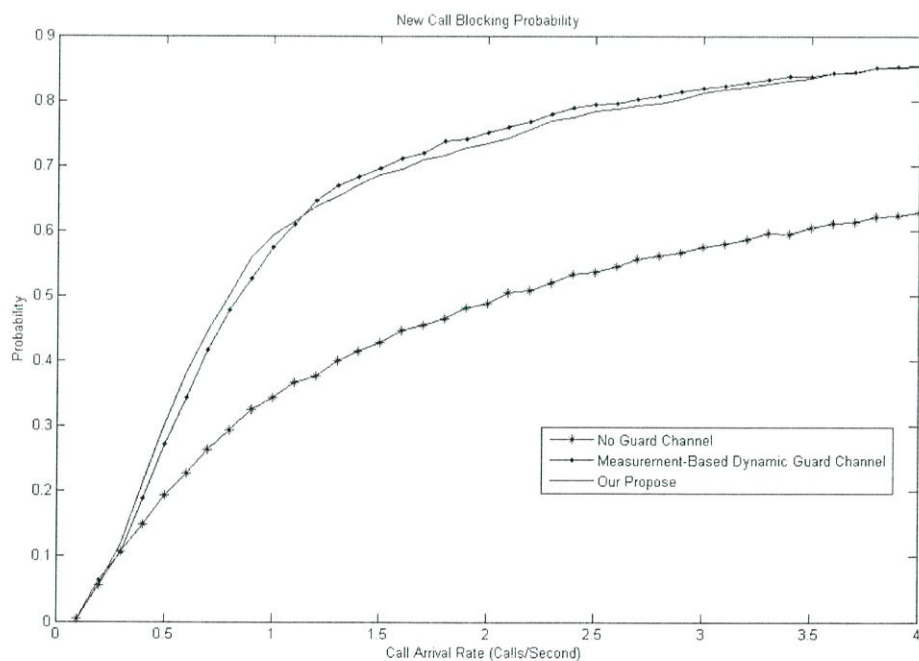
จากกราฟที่ 6.65 เมื่อกำหนดค่าเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลลเป็น 0 ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของวิธีการที่นำเสนอและวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสภาวะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัตมีค่าเข้าใกล้ 0 แต่ไม่ลดลงจนเหลือ 0 เนื่องจากทั้งสองวิธีไม่สามารถให้ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณเป็น 0 ได้ จากกราฟที่ 6.75 ถึง 6.86 ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของวิธีการที่นำเสนอมีค่าน้อยกว่าวิธีการที่เปรียบเทียบทั้งสองวิธีตลอดช่วงการจำลองระบบ เนื่องจากเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลลมีค่าสูงมาก ในขณะที่ค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของวิธีการที่นำเสนอมีค่าสูงกว่าวิธีการที่เปรียบเทียบทั้งสองวิธีเพียงเล็กน้อย เนื่องจากผลกระทบจากการจองช่องสัญญาณล่วงหน้าสำหรับแฮนด์ออฟคอลลของวิธีการที่นำเสนอ ซึ่งสอดคล้องกับผลการจำลองระบบเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิตติเดียว



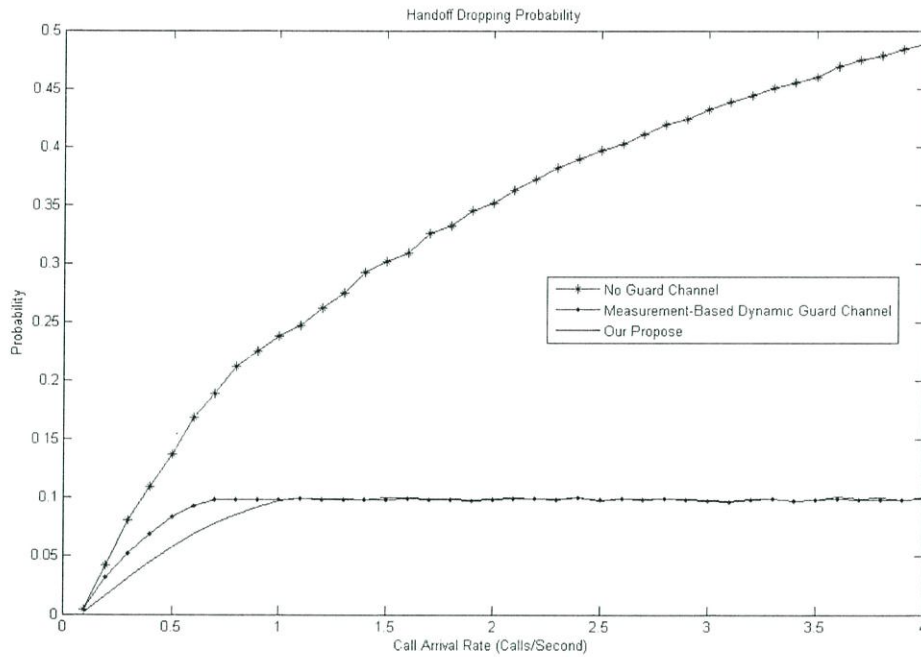
รูปที่ 6.65 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลลเป็น 0



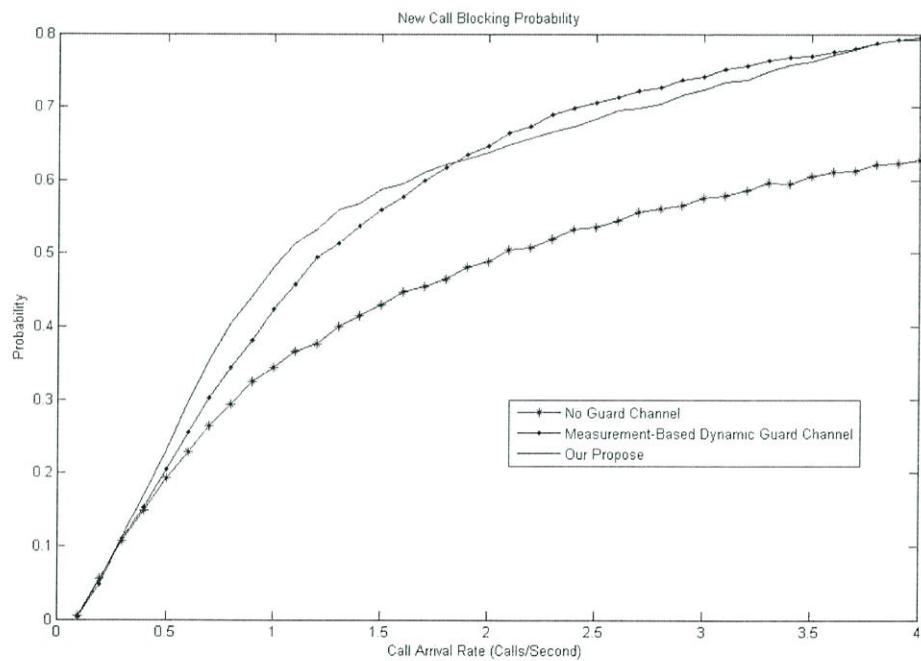
รูปที่ 6.66 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่เส้นค้อฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นค้อฟคอลลเป็น 0



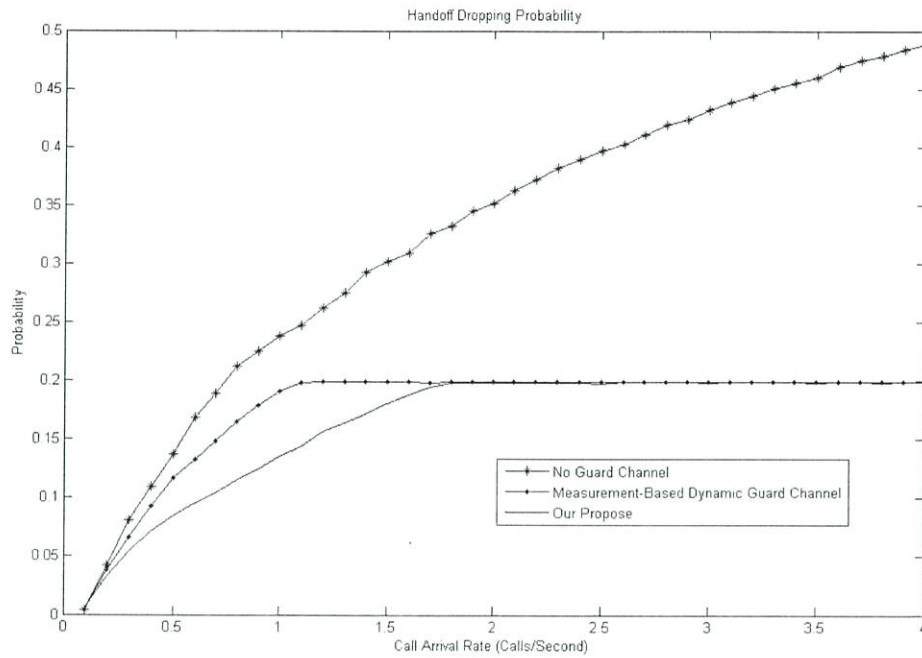
รูปที่ 6.67 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นค้อฟคอลลเป็น 0.1



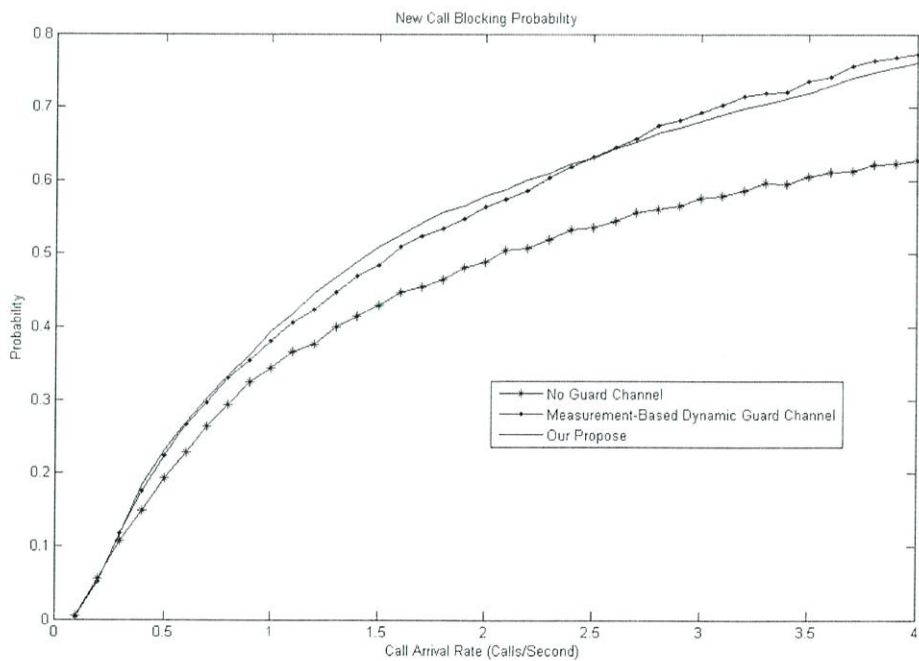
รูปที่ 6.68 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่เส้นคอร์ดออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นคอร์ดออฟคอลลเป็น 0.1



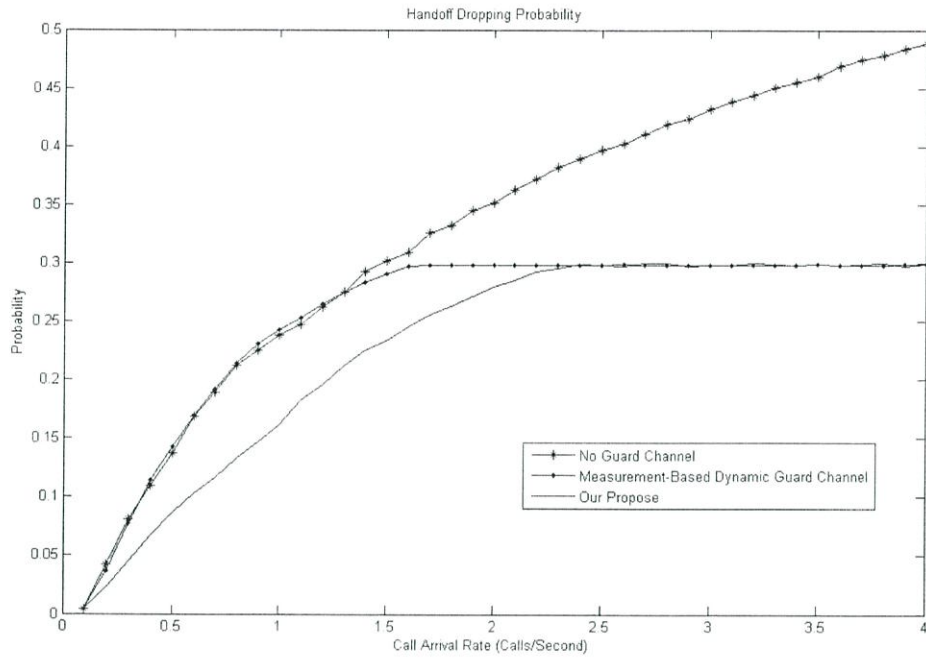
รูปที่ 6.69 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นคอร์ดออฟคอลลเป็น 0.2



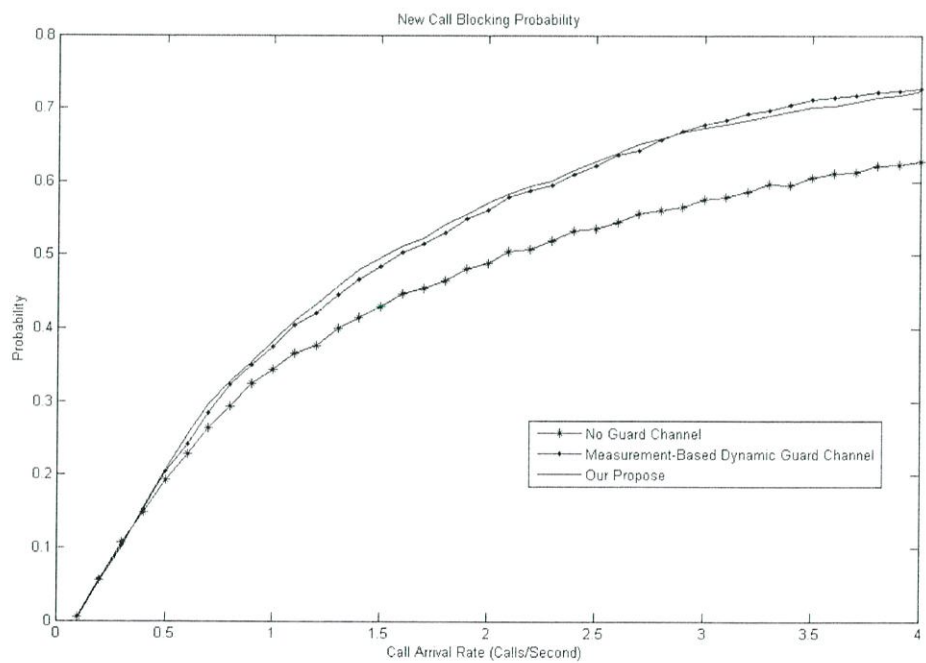
รูปที่ 6.70 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่แชนค้อฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนค้อฟคอลลเป็น 0.2



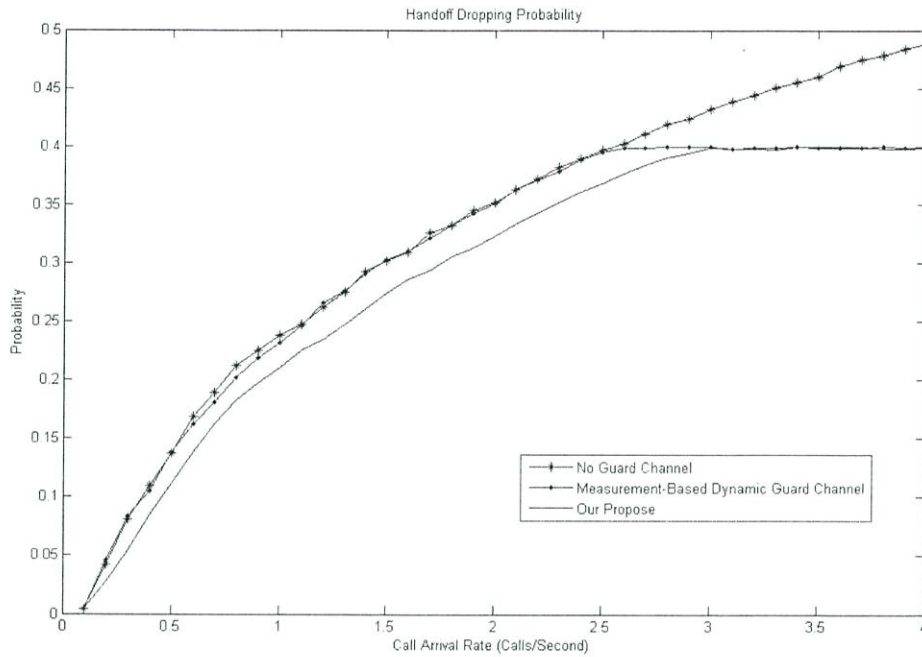
รูปที่ 6.71 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนค้อฟคอลลเป็น 0.3



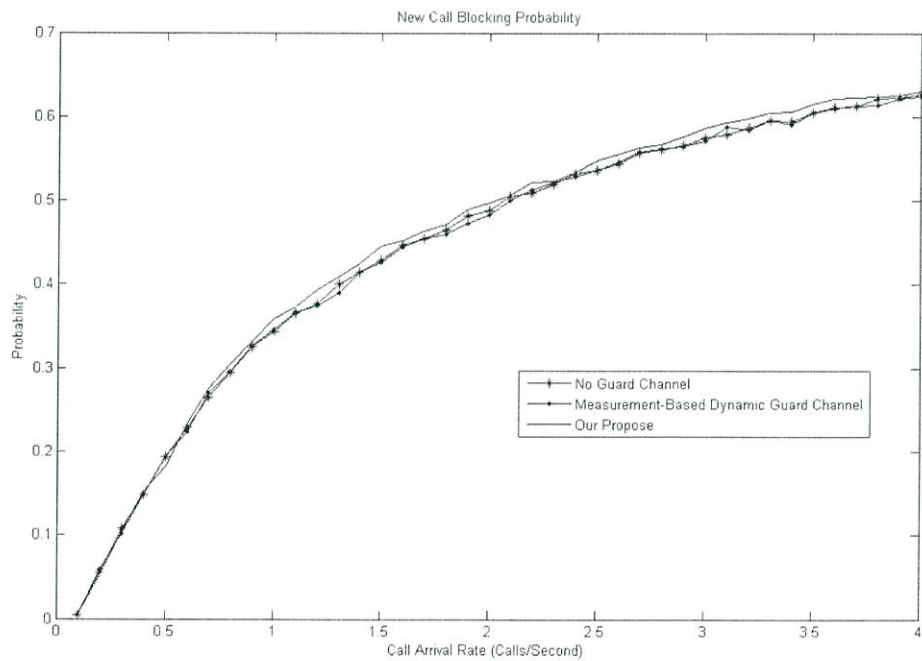
รูปที่ 6.72 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่เสนค้อฟคอดไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเสนค้อฟคอดเป็น 0.3



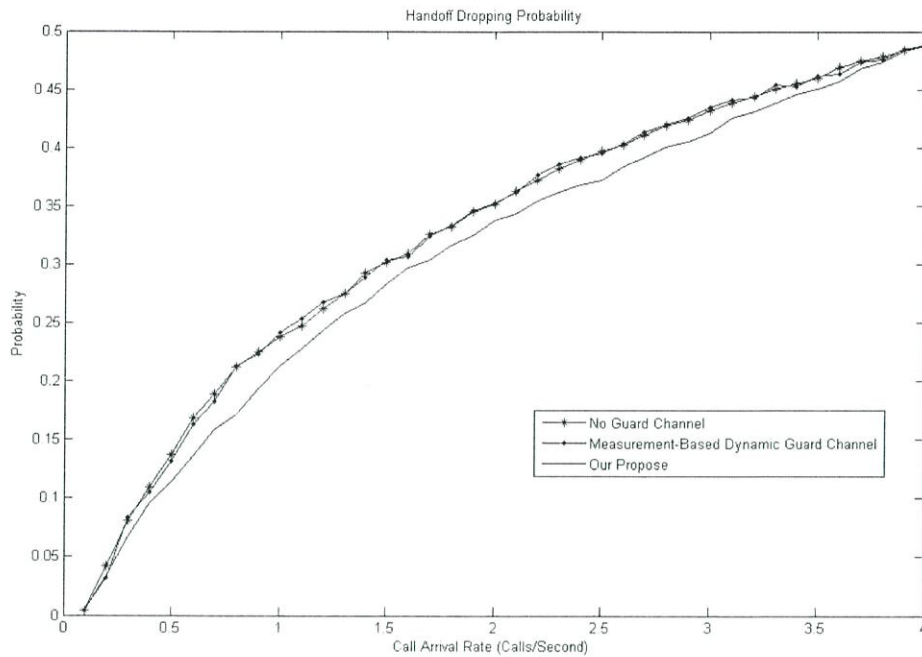
รูปที่ 6.73 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอดไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเสนค้อฟคอดเป็น 0.4



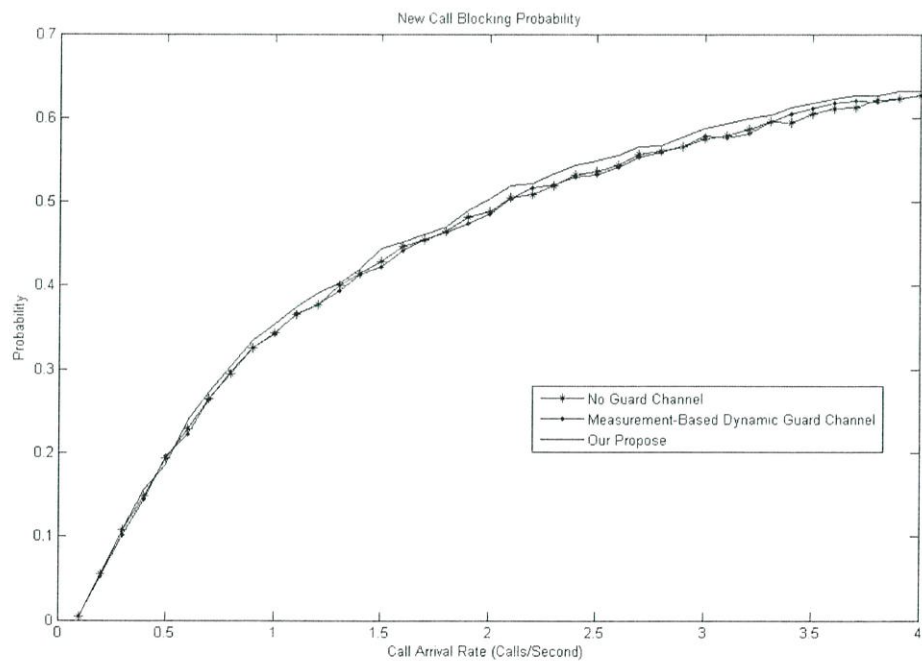
รูปที่ 6.74 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่เส้นค่อฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นค่อฟคอลลเป็น 0.4



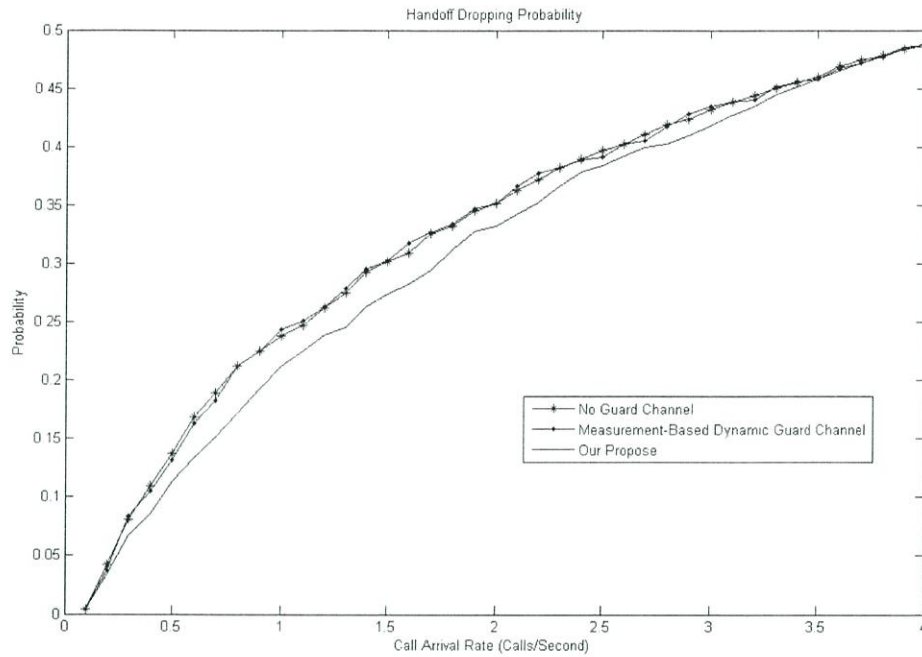
รูปที่ 6.75 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นค่อฟคอลลเป็น 0.5



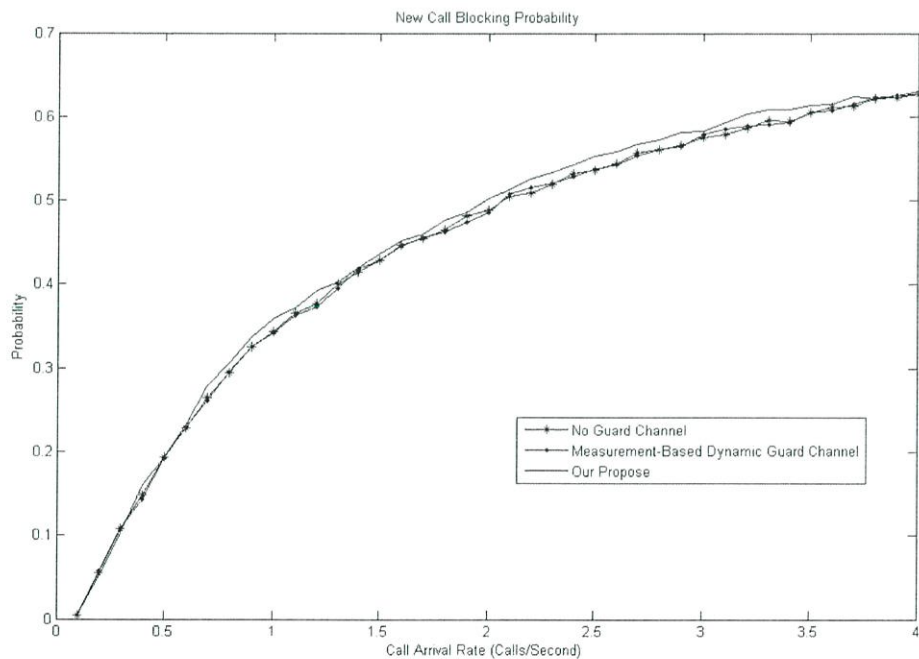
รูปที่ 6.76 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่เส้นค่อฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นค่อฟคอลเป็น 0.5



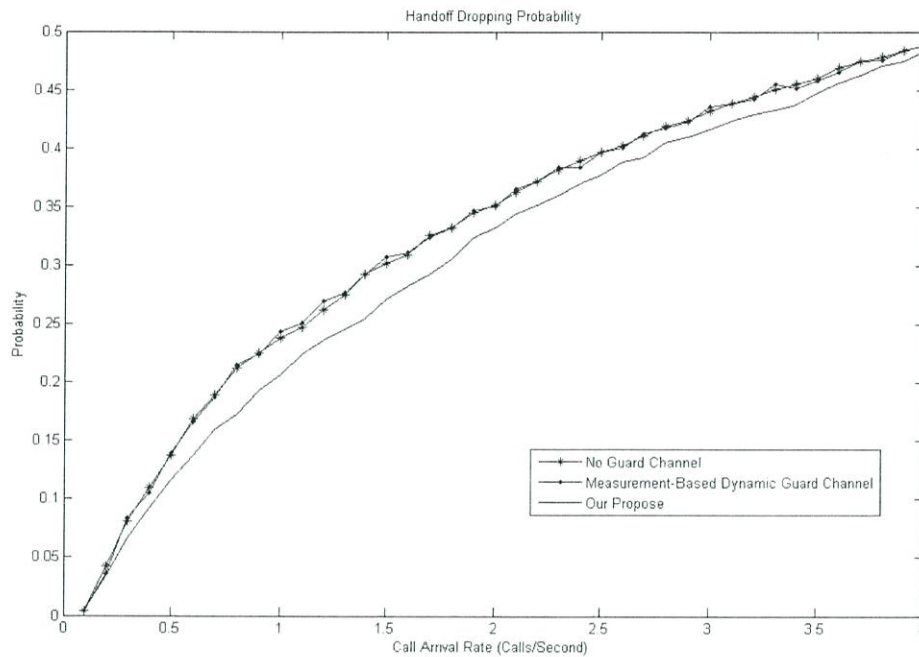
รูปที่ 6.77 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นค่อฟคอลเป็น 0.6



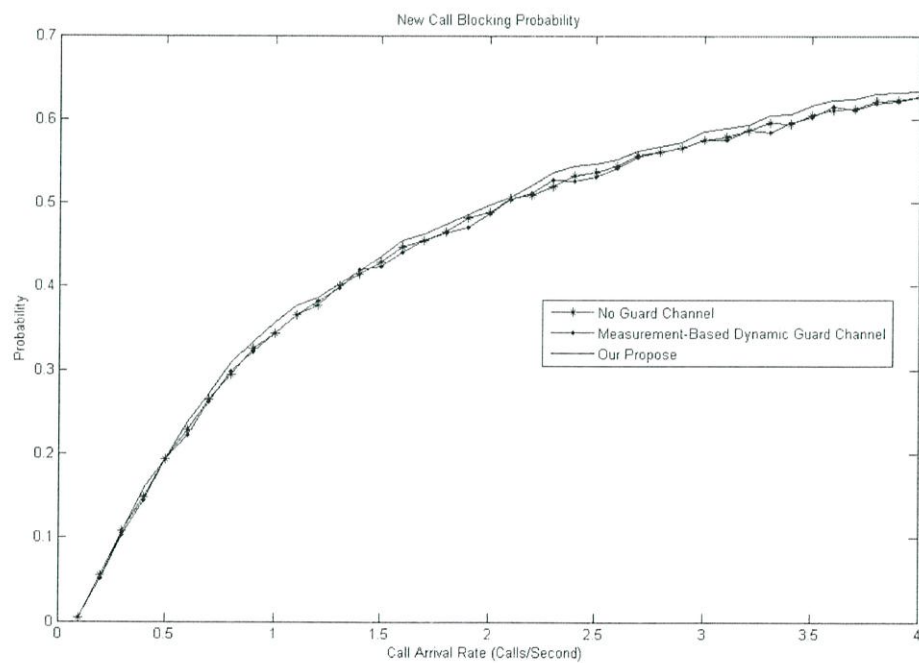
รูปที่ 6.78 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่เส้นค่อฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นค่อฟคอลลเป็น 0.6



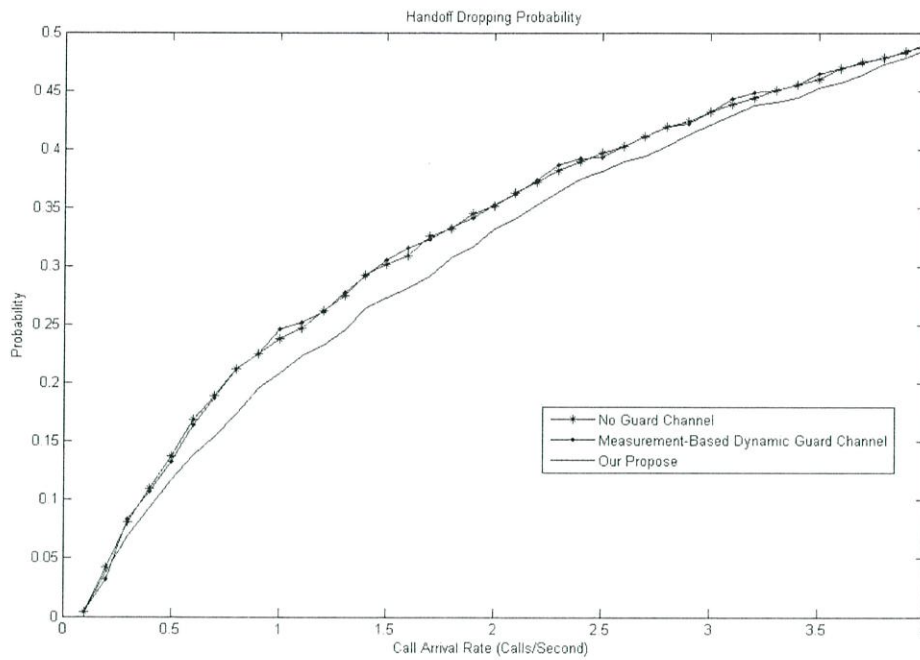
รูปที่ 6.79 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นค่อฟคอลลเป็น 0.7



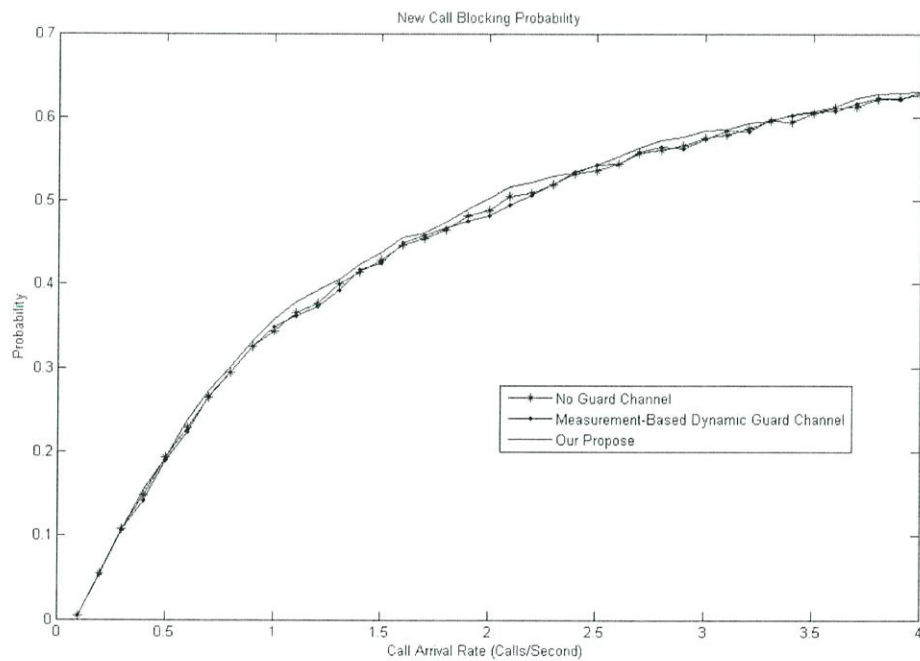
รูปที่ 6.80 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่เสนค้อฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเสนค้อฟคอลลเป็น 0.7



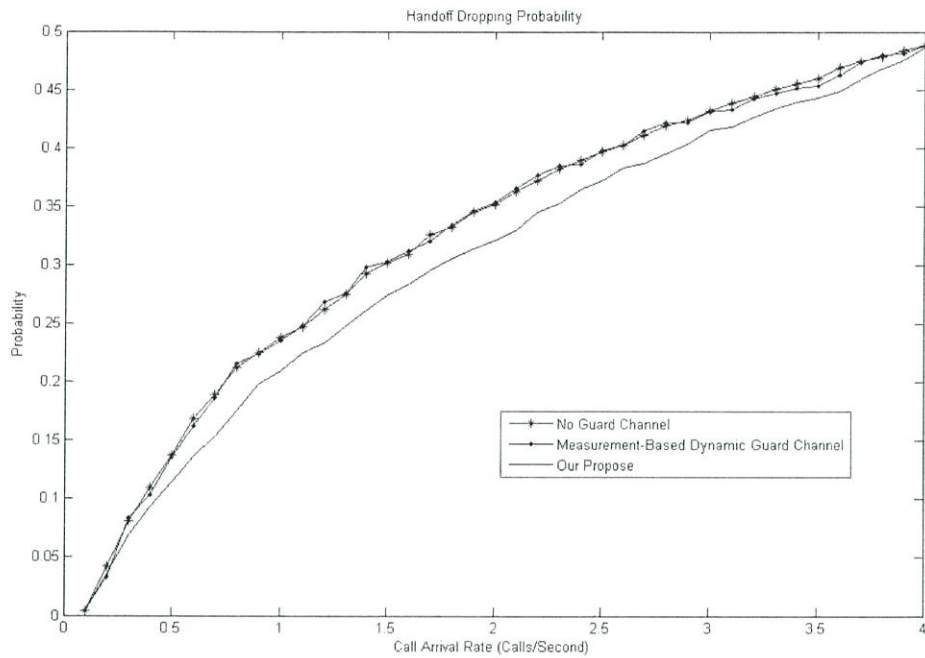
รูปที่ 6.81 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเสนค้อฟคอลลเป็น 0.8



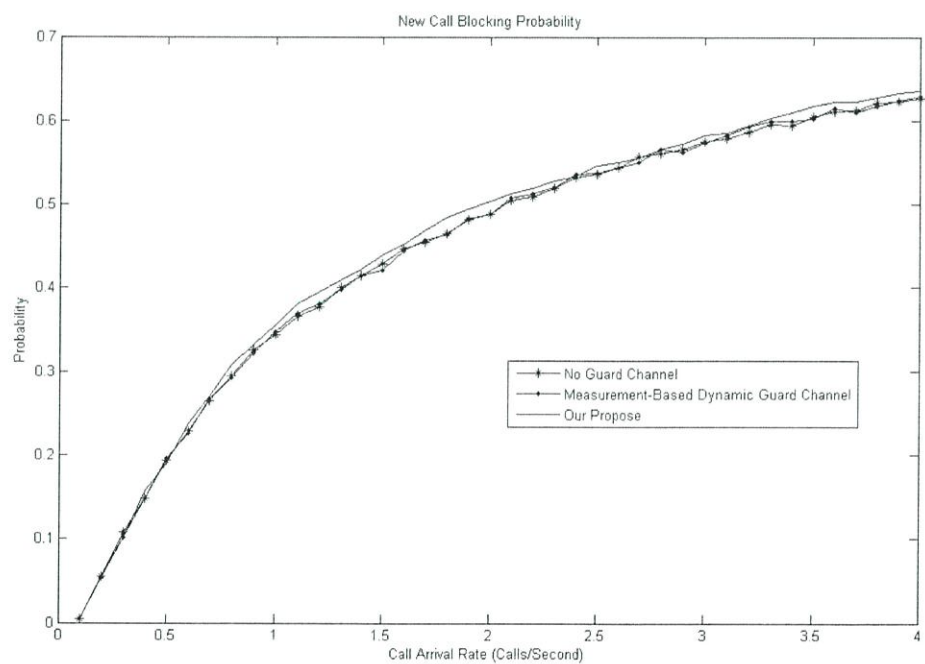
รูปที่ 6.82 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่เส้นค่อฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นค่อฟคอลลเป็น 0.8



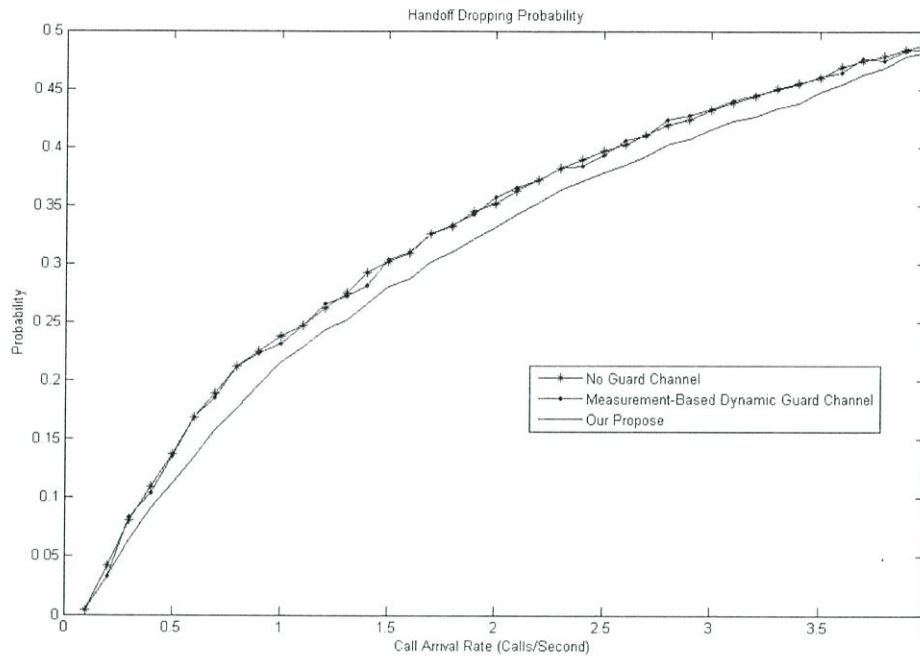
รูปที่ 6.83 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเส้นค่อฟคอลลเป็น 0.9



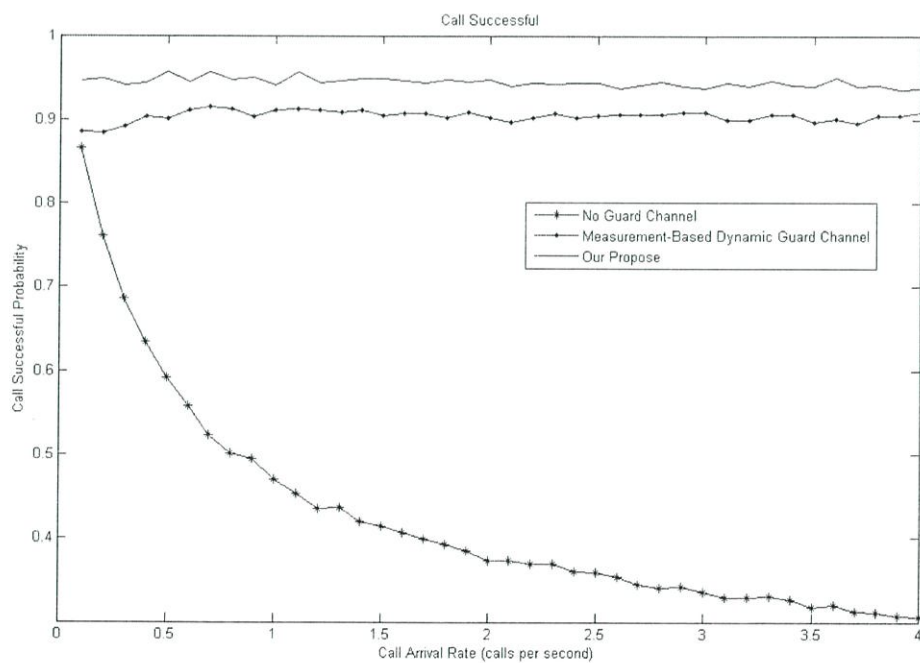
รูปที่ 6.84 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลเป็น 0.9



รูปที่ 6.85 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลเป็น 1

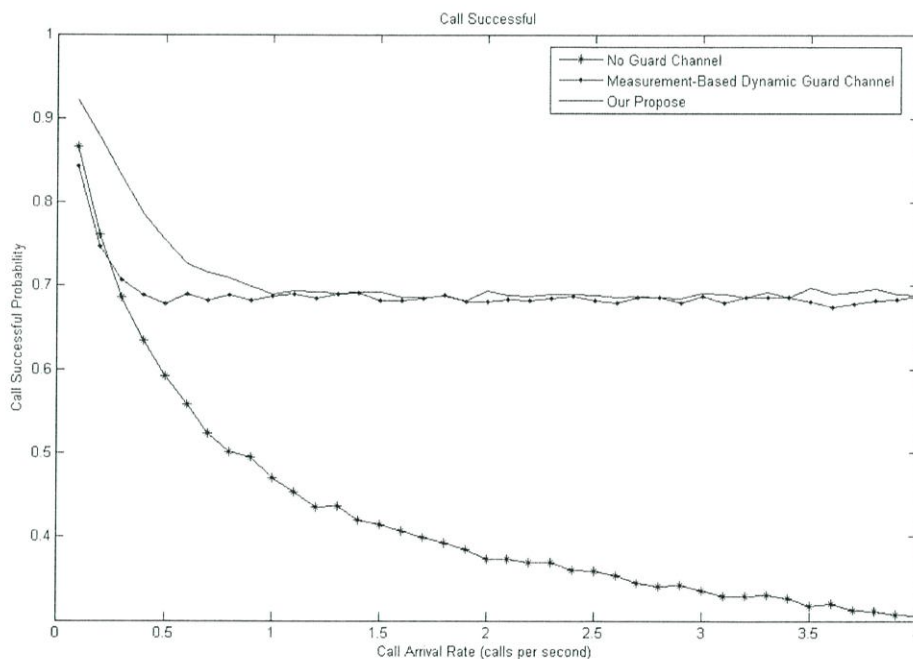


รูปที่ 6.86 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่เสนค้อฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเสนค้อฟคอลลเป็น 1

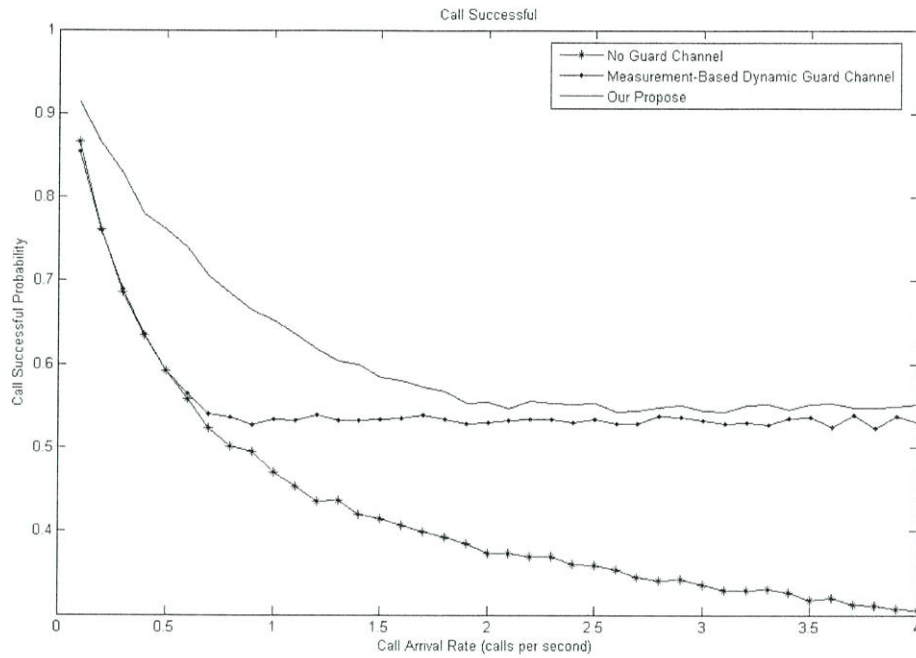


รูปที่ 6.87 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับเสนค้อฟคอลลเป็น 0

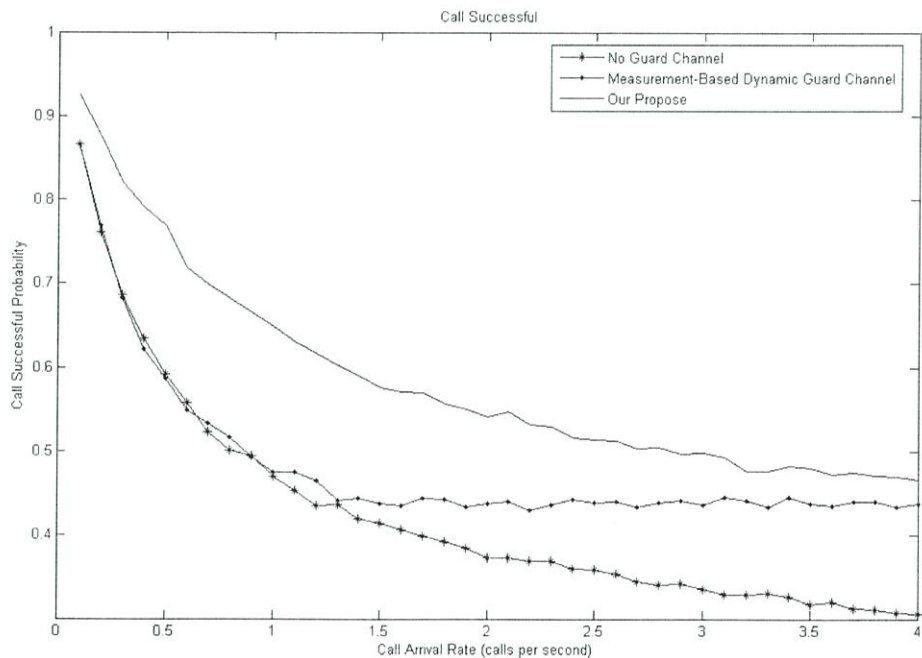
ในการจำลองการทำงานระบบด้วยเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติ ยังได้ทำการวัดค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์ เช่นเดียวกับเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียว เพื่อวัดประสิทธิภาพของเครือข่ายถึงโอกาสที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถทำการสื่อสารจนเสร็จสมบูรณ์ได้ ซึ่งผลการจำลองระบบเป็นดังรูปที่ 6.87 ถึง 6.97 จากกราฟจะเห็นว่าเมื่ออัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิวคอลลมีค่ามากขึ้น ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์จะมีค่าลดลง โดยวิธีการที่นำเสนอจะให้ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์สูงกว่าวิธีการที่เปรียบเทียบทั้งสองวิธี ซึ่งสอดคล้องกับการจำลองการทำงานระบบด้วยเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียว



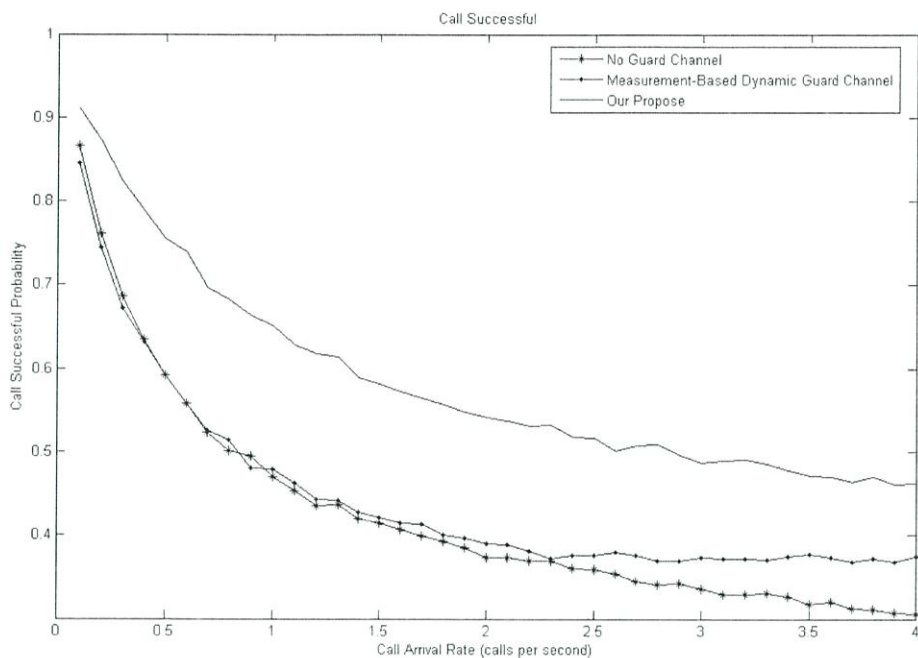
รูปที่ 6.88 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ แชนด์ออฟคอลลเป็น 0.1



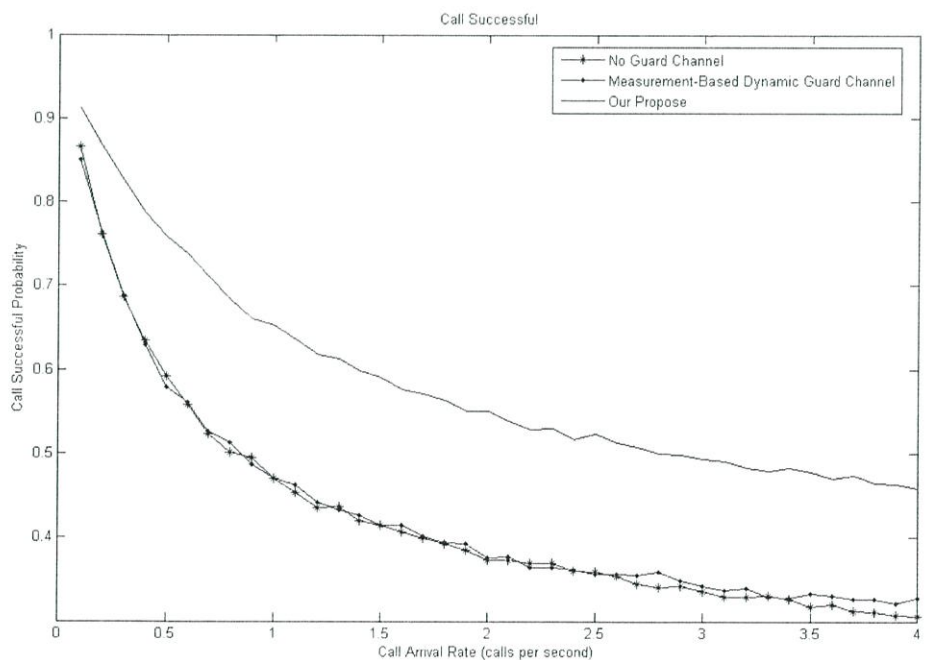
รูปที่ 6.89 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ แชนด์ออฟคอลลเป็น 0.2



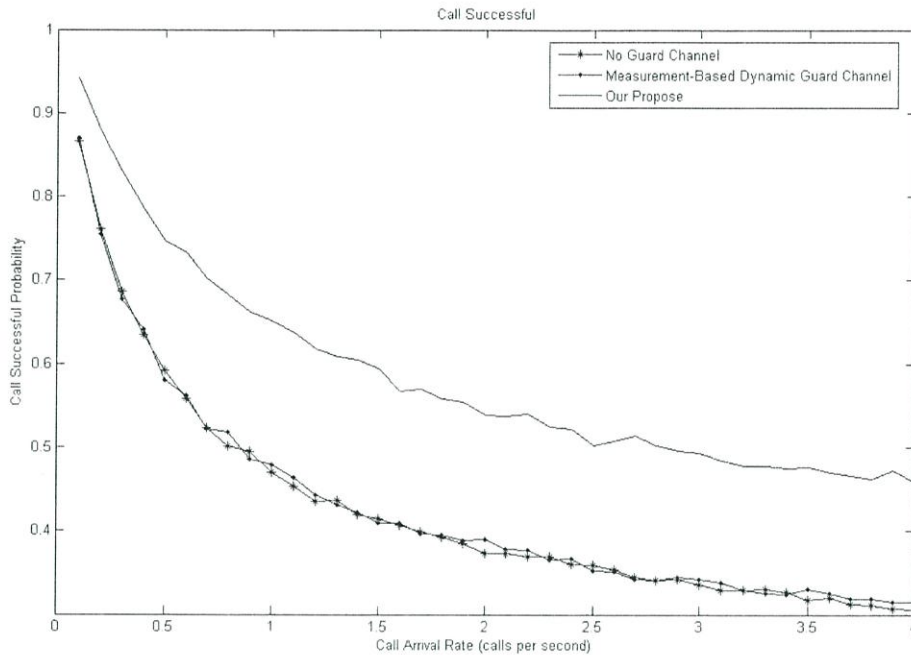
รูปที่ 6.90 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ แชนด์ออฟคอลลเป็น 0.3



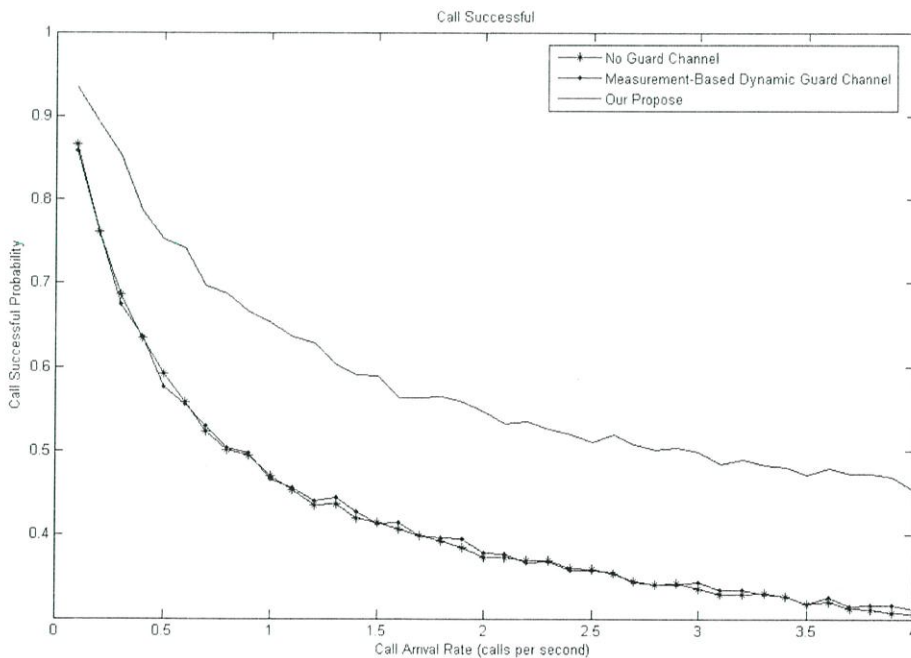
รูปที่ 6.91 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ แชนด์ออฟคอลลเป็น 0.4



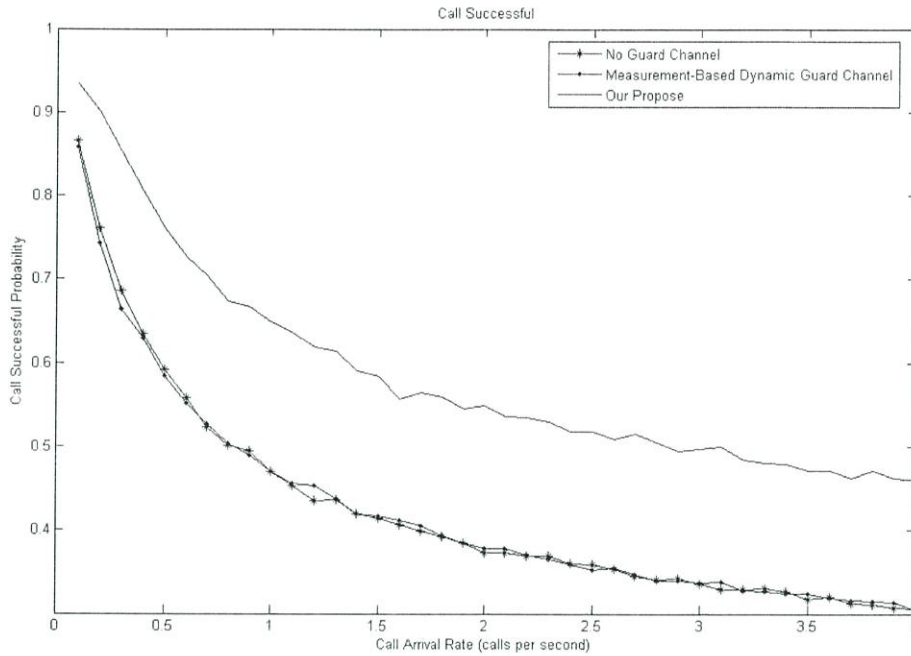
รูปที่ 6.92 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ แชนด์ออฟคอลลเป็น 0.5



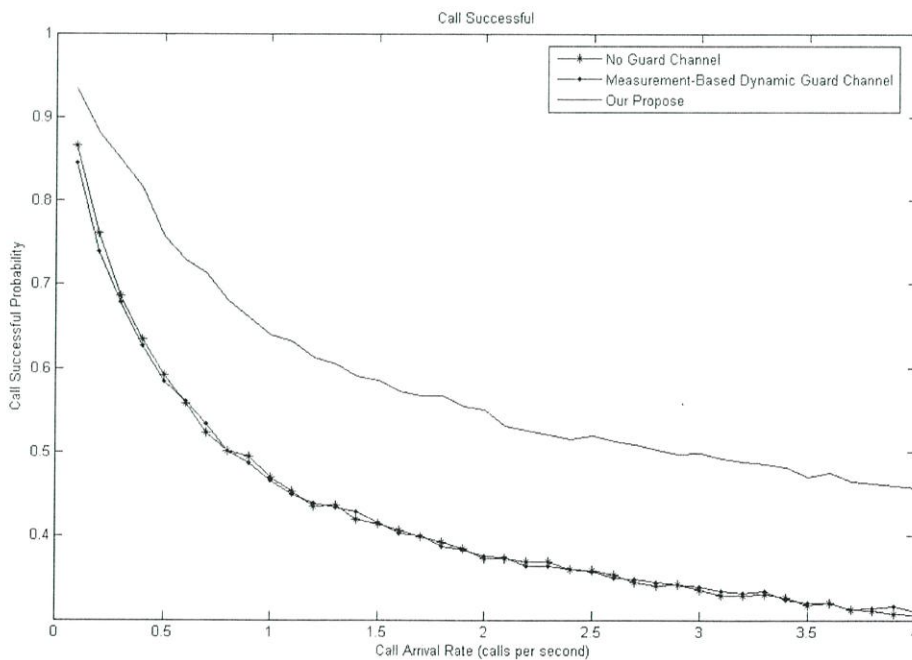
รูปที่ 6.93 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ แชนด์ออฟคอลลเป็น 0.6



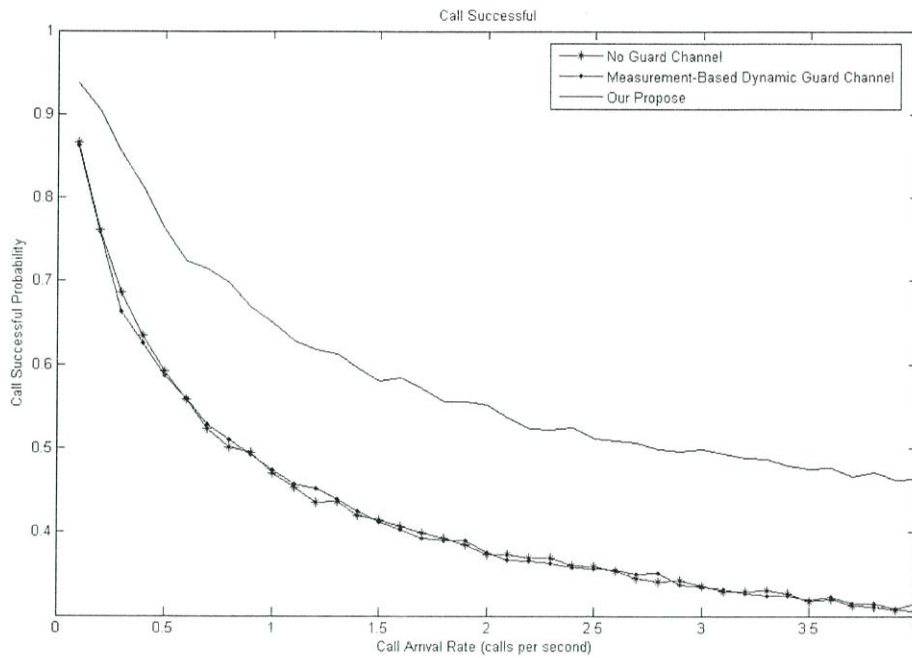
รูปที่ 6.94 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ แชนด์ออฟคอลลเป็น 0.7



รูปที่ 6.95 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ แชนด์ออฟคอลลเป็น 0.8



รูปที่ 6.96 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ แชนด์ออฟคอลลเป็น 0.9



รูปที่ 6.97 กราฟค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย จนกระทั่งสื่อสารเสร็จสมบูรณ์เมื่อกำหนดเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับ แชนด์ออฟคอลเป็น 1

## บทที่ 7

### บทสรุป

#### 7.1 สรุปงานวิจัยที่นำเสนอ

ในปัจจุบันการสื่อสารผ่านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่มีความสะดวกและได้รับความนิยมมากจนกลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวัน เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือเครือข่ายเซลลูลาร์จำเป็นต้องรองรับปริมาณผู้ใช้งานจำนวนมาก ซึ่งปริมาณผู้ใช้งานที่เครือข่ายเซลลูลาร์สามารถรองรับได้ขึ้นอยู่กับจำนวนช่องสัญญาณที่มี เนื่องจากการเรียกใช้ช่องสัญญาณของเครือข่ายเซลลูลาร์แบ่งออกเป็นสองประเภทคือนิวคอลลและแฮนด์ออฟคอลล โดยนิวคอลลและแฮนด์ออฟคอลลเรียกใช้ช่องสัญญาณจากแหล่งเดียวกัน จึงต้องใช้วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณ (Call Admission Control) เพื่อควบคุมการใช้ช่องสัญญาณของนิวคอลลและแฮนด์ออฟคอลลให้เหมาะสม วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณใช้พารามิเตอร์สองค่าเพื่อวัดคุณภาพบริการ (Quality of Service) ของเครือข่ายเซลลูลาร์คือ ค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ (New-Call-Blocking Probability) และค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ (Handoff-Dropping Probability) จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการปรับปรุงประสิทธิภาพวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณเพื่อลดค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ โดยให้ความสำคัญกับค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้สูงกว่าค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้

งานวิจัยนี้ได้พิจารณาวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสถานะของเครือข่ายเซลลูลาร์และปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต (Measurement-Based Dynamic Guard Channel) ซึ่งเป็นวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่ปรับเปลี่ยนแนวควบคุมช่องสัญญาณ (Guard Channel) ไปตามสถานะของเครือข่าย ทำให้สามารถจัดสรรช่องสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้จึงได้นำคุณลักษณะของวิธีการดังกล่าวมาปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงขึ้น โดยกำหนดพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ (New-Call-Blocking Threshold) เพื่อลดค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และนำวิธีการจองช่องสัญญาณล่วงหน้าสำหรับแฮนด์ออฟคอลลมาประยุกต์ใช้ เพื่อลดค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ งานวิจัยนี้ทำการจำลองการทำงานของระบบด้วยโครงสร้างเครือข่ายเซลลูลาร์แบบมิติเดียว (One-dimensional Cellular Networks) และ

โครงสร้างเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติ (Two-dimensional Cellular Networks) เพื่อวัดประสิทธิภาพของวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน

## 7.2 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ทำการจำลองการทำงานของระบบสองแบบคือจำลองการทำงานของระบบด้วยโครงสร้างเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวและสองมิติ โดยเปรียบเทียบผลการจำลองการทำงานของระบบด้วยวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณ 2 วิธีคือ วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสภาวะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต และวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไม่กำหนดแนวควบคุมช่องสัญญาณ จากผลการจำลองการทำงานพบว่าแนวโน้มของค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของการทำงานของระบบด้วยโครงสร้างเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียวและสองมิตินั้นมีความสอดคล้องกัน เมื่ออัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิวคอลลมีค่าน้อย ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของวิธีการที่นำเสนอมีค่าน้อยกว่าวิธีการที่เปรียบเทียบทั้งสองวิธี ในขณะที่ค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของวิธีการที่นำเสนอมีค่าสูงกว่าวิธีการที่เปรียบเทียบทั้งสองวิธี เมื่ออัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิวคอลลมีค่ามาก ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของวิธีการที่นำเสนอมีค่าใกล้เคียงกับวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสภาวะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต และมีค่าน้อยกว่าวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไม่กำหนดแนวควบคุมช่องสัญญาณ แต่ค่าความน่าจะเป็นที่แฮนด์ออฟคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของวิธีการที่นำเสนอจะเข้าสู่เกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแฮนด์ออฟคอลลช้ากว่าวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสภาวะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต ในขณะที่ค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ของวิธีการที่นำเสนอมีค่าน้อยกว่าวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าสภาวะของเครือข่ายเซลลูล่าและปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต แต่มีค่ามากกว่าวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไม่กำหนดแนวควบคุมช่องสัญญาณ

## 7.3 ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาที่พบคือการจำลองการทำงานของระบบใช้เวลานาน เนื่องจากกราฟผลการจำลองการทำงานของระบบแต่ละกราฟจะต้องจำลองการทำงานด้วยอัตราการเข้าใช้งานเครือข่ายเซลลูล่าของนิวคอลลตั้งแต่ค่า 0.1 ถึง 4 และเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่

สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ที่เหมาะสมที่สุด ต้องจำลองการทำงานของระบบด้วยเกณฑ์ของคุณภาพบริการของเครือข่ายสำหรับแชนด์ออฟและพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ตั้งแต่ค่า 0 ถึง 1 ซึ่งเป็นการจำลองการทำงานของระบบแบบวนซ้ำ ทำให้การจำลองระบบใช้เวลานาน

#### 7.4 แนวทางการปรับปรุงงานวิจัยในอนาคต

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์วิธีการจองช่องสัญญาณล่วงหน้าสำหรับแชนด์ออฟคอลบนเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิตติเดียวและสองมิติ เนื่องจากแชนด์ออฟคอลในโครงสร้างเครือข่ายเซลลูล่าทั้งสองแบบมีทิศทางการเคลื่อนที่จำกัด หากสามารถพัฒนาวิธีการที่นำเสนอไปประยุกต์กับวิธีการจองช่องสัญญาณล่วงหน้าบนเครือข่ายเซลลูล่าแบบทั่วไปที่แชนด์ออฟคอลสามารถเคลื่อนที่ได้ 360 องศา จะทำให้สามารถนำวิธีการดังกล่าวไปใช้ในสภาวะแวดล้อมต่างๆ โดยไม่มีข้อจำกัด

นอกจากนี้ในการนำระบบไปใช้งานจริง อาจประสบปัญหาเกี่ยวกับความเร็วในการคำนวณค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และค่าความน่าจะเป็นที่แชนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ถ้าในขณะนั้นเครือข่ายมีอัตราการเรียกใช้ช่องสัญญาณของนิวคอลลหรือแชนด์ออฟคอลสูงเกินไป ทำให้นิวคอลลหรือแชนด์ออฟคอลจำนวนมากไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ส่งผลให้ระบบจะต้องคำนวณค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้หรือค่าความน่าจะเป็นที่แชนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ทุกๆ เสี้ยววินาทีเพื่อปรับค่าแนวควบคุมช่องสัญญาณ ซึ่งปัญหาจะเกิดขึ้นถ้าในระหว่างที่ระบบคำนวณค่าดังกล่าวอยู่นั้น มีนิวคอลลหรือแชนด์ออฟคอลใหม่ไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ระบบจะไม่สามารถคำนวณค่าดังกล่าวได้อีกต่อไป เนื่องจากค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้หรือค่าความน่าจะเป็นที่แชนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ยังคงคำนวณไม่เสร็จสิ้นจากเหตุการณ์ที่นิวคอลลหรือแชนด์ออฟคอลก่อนหน้านี้ไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้

ในการแก้ปัญหาจึงจำเป็นต้องปล่อยให้ระบบหยุดคำนวณค่าความน่าจะเป็นที่นิวคอลลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และค่าความน่าจะเป็นที่แชนด์ออฟคอลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ในกรณีที่อัตราการเรียกใช้ช่องสัญญาณของเครือข่ายมีค่าสูงมาก โดยอาจจะกำหนดระยะเวลาในการละเว้นการปรับค่าช่องสัญญาณเป็นช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งจำเป็นต้องทำการวิจัยถึงความเหมาะสมของการกำหนดช่วงระยะเวลาดังกล่าวต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Dharma Prakash Agrawal, and Qing-An Zeng, "Introduction to Wireless and Mobile Systems," Thomson Brooks/Cole, 2003.
- [2] Yi Pan, and Yang Xiao, "Design and Analysis of Wireless Networks: Wireless Networks And Mobile Computing," Nova Publishers, 2005.
- [3] Huan Chen, Lei Huang, and C. C. Jay Kuo, "Radio Resource Management for Multimedia QoS Support in Wireless Networks," Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [4] José Neuman de Souza, Petre Dini, and Pascal Lorenz, "Telecommunications and Networking, ICT 2004: 11th International Conference on Telecommunications," Springer, 2004.
- [5] C. Oliveira, J. B. Kim, and T. Suda, "An adaptive bandwidth reservation scheme for high-speed multimedia wireless networks," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 16, Aug. 1998, pp. 858-874.
- [6] Kian-Lee. Tan, John Chi-Shing. Lui, and Michael J. Franklin, "Mobile Data Management: 4<sup>th</sup> international Conference," MDM 2003, Melbourne, Australia, January 21, pp. 224.
- [7] Shigki. Goto, and Hyun-kook Kahng, "Information Networking: Networking Technologies for Broadband and Mobile Networks," International Conference Icoin 2004, Feb. 2004, pp. 542.
- [8] Lawrence Harte, Roman Kikta, and Daniel McLaughlin, "CDMA IS-95 for Cellular and PCS: Technology, Applications, and Resource Guide," McGraw-Hill Telecommunications, 1999.
- [9] Clint Smith, and Daniel Collins, "3G Wireless Networks," McGraw-Hill, 2007.
- [10] Keshab K. Parhi, and Takao Nishitani, "Digital Signal Processing for Multimedia Systems," CRC Press, 1999.
- [11] Harry R. Anderson, "Fixed Broadband Wireless System Design: The Creation of Global Mobile Communications," John Wiley and Sons, 2003.

- [12] Syed Mahbubur Rahman, "Multimedia Networking: Technology, Management and Applications," Idea Group Inc (IGI), 2002.
- [13] Rajamani Ganesh, and Kaveh Pahlavan "Wireless Network Deployments," Springer, 2000.
- [14] Yi Pan, and Yang Xiao "Design And Analysis Of Wireless Networks: Wireless Networks And Mobile Computing," Nova Publishers, 2005.
- [15] Dharma Prakash Agrawal, and Qing-An Zeng "Introduction to Wireless and Mobile Systems," Thomson Brooks/Cole, 2003.
- [16] Martin P. Clark, "Wireless Access Networks: Fixed Wireless Access and WII Networks-- Design and Operation," John Wiley, 2000.
- [17] American Congress on Surveying and Mapping, "The American Cartographer: Journal of American Congress on Surveying and Mapping," American Congress on Surveying and Mapping, 1989.
- [18] Chenn-Jung Huang, Chih Cheng Chang, Wei Kuang Lai, and Rui-Lin Luo "An adaptive resource reservation scheme for sectored cellular communications using support vector machines," Proceedings of the 2004 IEEE International Symposium on Intelligent Control, 2004.
- [19] Sutivong A., and Peha J.M. "Novel heuristics for call admission control in cellular systems," IEEE 6th International Conference on Universal Personal Communications Record , 1997.
- [20] Thajchayapong S., and Tonguz O.K. "Performance implications of Pareto-distributed cell residual time in distributed admission control scheme (DACS)," Wireless Communications and Networking Conference, IEEE, Volume 4, March 2005.
- [21] Sutivong A., and Peha J.M. "Performance comparisons of call admission control algorithms incellular systems," Global Telecommunications Conference, IEEE Volume 3, Nov 1997.

- [22] Sutivong A., and Peha J.M. “Novel heuristics for call admission control in cellular systems,” IEEE 6th International Conference on Universal Personal Communications Record, Oct 1997, pp. 129 – 133.
- [23] Aboelaze M., Elnaggar A., and Musleh M. “A priority based call admission control protocol with call degradation for cellular networks,” 1st International Symposium on Wireless Communication Systems, Sept. 2004, pp. 71 - 75.
- [24] Jiongkuan Hou, and Yuguang Fang “Mobility-based call admission control schemes for wireless mobile networks,” Wireless Communications and Mobile Computing, vol. 1 Issue 3, Aug 2001, pp. 269 – 282.
- [25] S.-F. Yang, and J.-S. Wu “Mobility based Call Admission Control in Hierarchical Mobile IPv6 Networks,” Communication Systems and Networks , 2007.
- [27] Yu F., Ma L., and Leung, V.C.M. “Effects of mobility on packet level performance of connection-oriented multimedia traffic over packet-switched cellular networks,” Wireless Communications and Networking Conference, vol. 4, March 2004, pp. 2171 – 2176.
- [28] Sunho Lim, Guohong Cao, and Das C.R. “A differential bandwidth reservation policy for multimedia wireless networks,” International Conference on Parallel Processing Workshops, 2001, pp. 447 – 452.
- [29] Sunho Lim, Guohong Cao, and Chita R. Das “A unified bandwidth reservation and admission control mechanism for QoS provisioning in cellular networks,” Wireless Communications and Mobile Computing, 2004.
- [30] Anas M., Rosa C., Calabrese F.D., Michaelsen P.H., Pedersen K.I., and Mogensen P.E. “QoS-Aware Single Cell Admission Control for UTRAN LTE Uplink,” Vehicular Technology Conference, May 2008, pp. 2487 – 2491.
- [31] Hwa-Chun Lin, and Show-Shiow Tzeng “Double-threshold admission control in cluster-based micro/picocellular wireless networks,” Vehicular Technology Conference Proceedings, vol. 2, 2000, pp. 1440 – 1444.

- [32] Vazquez-Avila J., Cruz-Perez F.A.C., and Ortigoza-Guerrero L. “Performance analysis of fractional guard channel policies in mobile cellular networks,” *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 5, Feb. 2006, pp. 301 – 305.
- [33] N. Jayant “Signal Compression: Coding of Speech, Audio, Text, Image and Video,” World Scientific, 1997.
- [34] Averill M. Law, and W. David Kelton, “Simulation Modeling and Analysis,” McGraw-Hill International Series, Third Edition, 2000.

## ภาคผนวก ก.

# ตัวอย่างการจำลองการทำงานของระบบในส่วนที่มีการเรียกใช้ วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณ

```
function main(Lambda)
format long;
global sim_time end_time next_event_type num_event time_next_event mean_interarrival
mean_resident cell_capacity cell_channel number_cell cell_width P_drop_target timer_default
cac_timer;
global new_call_blocking_counter total_new_call_counter depart_linklist header_depart_linklist
depart_free_linklist depart_last_index new_call_capacity;
global handoff_call_dropping_counter total_handoff_call_counter handoff_linklist
header_handoff_linklist handoff_free_linklist handoff_last_index;
global reserve_zone header_reserve_linklist reserve_linklist reserve_free_linklist
reserve_last_index P_block_target time_wait;
mean_interarrival = Lambda;
Initial();
while sim_time < end_time
    Timing();
    switch next_event_type
        case 1
            New_call_arrive();
        case 2
            Handoff_call_arrive();
        case 3
            Call_depart();
        case 4
            Timer_expire();
        case 5
            Reserve_channel();
```

```

    end
end
Report();

function Timing()
    global sim_time end_time next_event_type num_event time_next_event;
    min_time_next_event = end_time + 100;
    next_event_type = 0;
    for i = 1:num_event
        if time_next_event(i) < min_time_next_event
            min_time_next_event = time_next_event(i);
            next_event_type = i;
        end
    end
end

sim_time = min_time_next_event;

function New_call_arrive()
    global sim_time end_time time_next_event mean_interarrival mean_resident cell_capacity
    cell_channel number_cell cell_width new_call_blocking_counter total_new_call_counter;
    global depart_linklist header_depart_linklist handoff_linklist header_handoff_linklist
    new_call_capacity reserve_zone header_reserve_linklist reserve_linklist
    handoff_call_dropping_counter;
    global total_handoff_call_counter cac_timer timer_default P_drop_target P_block_target;
    incoming_call_type = uniform_D(1,4);
    if incoming_call_type == 1
        call_use_channel = 2;
    elseif incoming_call_type == 2
        call_use_channel = 4;
    else
        call_use_channel = 1;
    end
end

cell_index = uniform_D(1,number_cell);

```

```

total_new_call_counter(cell_index) = total_new_call_counter(cell_index) + 1;
time_next_event(1) = poisson_process(sim_time,mean_interarrival);
channel_index = zeros(1,4);
k = 1;
for j = 1:call_use_channel
    for i = k:new_call_capacity(cell_index)
        if cell_channel(cell_index,i) == 0
            channel_index(j) = i;
            k = i + 1;
            break;
        end
    end
    if k > new_call_capacity(cell_index)
        break;
    end
end
enough = 0;
if call_use_channel == 1
    if channel_index(1) ~= 0
        enough = 1;
    end
elseif call_use_channel == 2
    if (channel_index(1) ~= 0) & (channel_index(2) ~= 0)
        enough = 1;
    end
else
    if (channel_index(1) ~= 0) & (channel_index(2) ~= 0) & (channel_index(3) ~= 0) &
(channel_index(4) ~= 0)
        enough = 1;
    end
end
if enough == 1

```

```

for i = 1:4
    if channel_index(i) ~= 0
        cell_channel(cell_index,channel_index(i)) = 1;
    end
end

call_resident_time = myexpon(mean_resident);
call_depart_time = sim_time + call_resident_time;
velocity = uniform_D(0,50);
direction = uniform_D(0,1);
location = uniform_D(0,600);
if velocity == 0
    call_handoff_time = end_time + 200;
    reserve_time = end_time + 200;
else
    if direction == 0
        call_handoff_time = sim_time + (location / velocity);
        if location <= reserve_zone
            reserve_time = sim_time;
        else
            reserve_time = sim_time + ((location - reserve_zone) / velocity);
        end
    else
        call_handoff_time = sim_time + ((cell_width - location) / velocity);
        if location >= (cell_width - reserve_zone)
            reserve_time = sim_time;
        else
            reserve_time = sim_time + ((cell_width - reserve_zone - location) / velocity);
        end
    end
end

Add_depart_linklist(call_depart_time);

```

```

Add_handoff_linklist(call_handoff_time,call_depart_time,cell_index,call_use_channel,channel
_index(1),channel_index(2),channel_index(3),channel_index(4),velocity,direction,0,0,0,0,0);
Add_reserve_linklist(reserve_time,call_depart_time);
temp_index = header_depart_linklist;
time_next_event(3) = depart_linklist(temp_index).depart_time;
temp_index = header_handoff_linklist;
time_next_event(2) = handoff_linklist(temp_index).handoff_time;
temp_index = header_reserve_linklist;
time_next_event(5) = reserve_linklist(temp_index).reserve_time;
else
    new_call_blocking_counter(cell_index) = new_call_blocking_counter(cell_index) + 1;
    P_drop = handoff_call_dropping_counter(cell_index) / total_handoff_call_counter(cell_index);
    P_block = new_call_blocking_counter(cell_index) / total_new_call_counter(cell_index);
    if (P_drop <= P_drop_target)&(P_block > P_block_target)&(new_call_capacity(cell_index) <
cell_capacity)
        new_call_capacity(cell_index) = new_call_capacity(cell_index) + 1;
        if (P_block_target - 0.01) >= 0
            P_block_target = P_block_target - 0.01;
        end
        cac_timer(cell_index) = sim_time + timer_default;
    t = end_time + 100;
    for i = 1:number_cell
        if t > cac_timer(i)
            t = cac_timer(i);
        end
    end
    time_next_event(4) = t;
end
end
end

```

```

function Handoff_call_arrive()
global sim_time end_time time_next_event mean_resident cell_capacity cell_channel
number_cell handoff_call_dropping_counter total_handoff_call_counter;
global handoff_linklist header_handoff_linklist depart_linklist header_depart_linklist
P_drop_target timer_default cac_timer new_call_capacity;
global cell_width reserve_zone header_reserve_linklist reserve_linklist P_block_target;
temp_index    = header_handoff_linklist;
depart_time   = handoff_linklist(temp_index).depart_time;
cell_source   = handoff_linklist(temp_index).cell_number;
call_use_channel = handoff_linklist(temp_index).call_use_channel;
channel_source(1) = handoff_linklist(temp_index).channel_number1;
channel_source(2) = handoff_linklist(temp_index).channel_number2;
channel_source(3) = handoff_linklist(temp_index).channel_number3;
channel_source(4) = handoff_linklist(temp_index).channel_number4;
velocity      = handoff_linklist(temp_index).velocity;
direction     = handoff_linklist(temp_index).direction;
reserve_cell  = handoff_linklist(temp_index).reserve_cell;
reserve_channel(1) = handoff_linklist(temp_index).reserve_channel1;
reserve_channel(2) = handoff_linklist(temp_index).reserve_channel2;
reserve_channel(3) = handoff_linklist(temp_index).reserve_channel3;
reserve_channel(4) = handoff_linklist(temp_index).reserve_channel4;
if direction == 1
    if cell_source == number_cell
        cell_destination = 1;
    else
        cell_destination = cell_source + 1;
    end
else
    if cell_source == 1
        cell_destination = number_cell;
    else
        cell_destination = cell_source - 1;
    end
end

```

```

    end
end
for i = 1:call_use_channel
    cell_channel(cell_source,channel_source(i)) = 0;
end
if reserve_cell ~= 0
    for i = 1:call_use_channel
        cell_channel(reserve_cell,reserve_channel(i)) = 0;
    end
end
total_handoff_call_counter(cell_destination) = total_handoff_call_counter(cell_destination) + 1;
Delete_handoff_linklist();
Delete_reserve_linklist2(depart_time);
channel_index = zeros(1,4);
if cell_destination == reserve_cell
    for i = 1:call_use_channel
        channel_index(i) = reserve_channel(i);
    end
else
    k = cell_capacity;
    for j = 1:call_use_channel
        for i = k:-1:1
            if cell_channel(cell_destination,i) == 0
                channel_index(j) = i;
                k = i - 1;
                break;
            end
        end
    end
    if k < 1
        break;
    end
end
end

```

```

end
enough = 0;
if call_use_channel == 1
    if channel_index(1) ~= 0
        enough = 1;
    end
elseif call_use_channel == 2
    if (channel_index(1) ~= 0) & (channel_index(2) ~= 0)
        enough = 1;
    end
else
    if (channel_index(1) ~= 0) & (channel_index(2) ~= 0) & (channel_index(3) ~= 0) &
(channel_index(4) ~= 0)
        enough = 1;
    end
end
if enough == 1
    for i = 1:4
        if channel_index(i) ~= 0
            cell_channel(cell_destination,channel_index(i)) = 1;
        end
    end
    call_handoff_time = sim_time + (cell_width / velocity);
    reserve_time = sim_time + ((cell_width - reserve_zone) / velocity);
    Add_handoff_linklist(call_handoff_time,depart_time,cell_destination,call_use_channel,channel
_index(1),channel_index(2),channel_index(3),channel_index(4),velocity,direction,0,0,0,0,0);
    Add_reserve_linklist(reserve_time,depart_time);
else
    handoff_call_dropping_counter(cell_destination) =
handoff_call_dropping_counter(cell_destination) + 1;
    Delete_depart_linklist2(depart_time);

```

```

    P_drop = handoff_call_dropping_counter(cell_destination) /
total_handoff_call_counter(cell_destination);
    if P_drop > P_drop_target
        if new_call_capacity(cell_destination) ~= 0
            new_call_capacity(cell_destination) = new_call_capacity(cell_destination) - 1;
            if (P_block_target + 0.01) <= 1
                P_block_target = P_block_target + 0.01;
            end
            cac_timer(cell_destination) = sim_time + timer_default;
            t = end_time + 100;
            for i = 1:number_cell
                if t > cac_timer(i)
                    t = cac_timer(i);
                end
            end
            time_next_event(4) = t;
        end
    end
end
next_handoff_index = header_handoff_linklist;
next_depart_index = header_depart_linklist;
next_reserve_index = header_reserve_linklist;
time_next_event(2) = handoff_linklist(next_handoff_index).handoff_time;
time_next_event(3) = depart_linklist(next_depart_index).depart_time;
time_next_event(5) = reserve_linklist(next_reserve_index).reserve_time;

function Call_depart()
global end_time time_next_event cell_channel depart_linklist header_depart_linklist
handoff_linklist header_handoff_linklist header_reserve_linklist reserve_linklist;
depart_index = header_depart_linklist;
depart_time = depart_linklist(depart_index).depart_time;
temp_index = header_handoff_linklist;

```

```

while temp_index ~= 0
    if handoff_linklist(temp_index).depart_time == depart_time
        cell_index    = handoff_linklist(temp_index).cell_number;
        call_use_channel = handoff_linklist(temp_index).call_use_channel;
        channel_index(1) = handoff_linklist(temp_index).channel_number1;
        channel_index(2) = handoff_linklist(temp_index).channel_number2;
        channel_index(3) = handoff_linklist(temp_index).channel_number3;
        channel_index(4) = handoff_linklist(temp_index).channel_number4;
        reserve_cell    = handoff_linklist(temp_index).reserve_cell;
        reserve_channel(1) = handoff_linklist(temp_index).reserve_channel1;
        reserve_channel(2) = handoff_linklist(temp_index).reserve_channel2;
        reserve_channel(3) = handoff_linklist(temp_index).reserve_channel3;
        reserve_channel(4) = handoff_linklist(temp_index).reserve_channel4;
        for i = 1:4
            if channel_index(i) ~= 0
                cell_channel(cell_index,channel_index(i)) = 0;
            end
        end
    end
    if reserve_cell ~= 0
        for i = 1:call_use_channel
            cell_channel(reserve_cell,reserve_channel(i)) = 0;
        end
    end
    break;
end
temp_index = handoff_linklist(temp_index).index_after;
end

```

```
Delete_depart_linklist();
```

```
Delete_handoff_linklist2(depart_time);
```

```
Delete_reserve_linklist2(depart_time);
```

```

next_depart_index = header_depart_linklist;
next_handoff_index = header_handoff_linklist;
next_reserve_index = header_reserve_linklist;
if next_depart_index == 0
    time_next_event(2) = end_time + 200;
    time_next_event(3) = end_time + 200;
    time_next_event(5) = end_time + 200;
else
    time_next_event(2) = handoff_linklist(next_handoff_index).handoff_time;
    time_next_event(3) = depart_linklist(next_depart_index).depart_time;
    time_next_event(5) = reserve_linklist(next_reserve_index).reserve_time;
end

function Timer_expire()
global sim_time end_time time_next_event number_cell cac_timer timer_default
new_call_capacity cell_capacity P_block_target;
for i = 1:number_cell
    if sim_time == cac_timer(i)
        cell_index = i;
        break;
    end
end
cac_timer(cell_index) = sim_time + timer_default;
t = end_time + 100;
for i = 1:number_cell
    if t > cac_timer(i)
        t = cac_timer(i);
    end
end
time_next_event(4) = t;
if new_call_capacity(cell_index) < cell_capacity
    new_call_capacity(cell_index) = new_call_capacity(cell_index) + 1;
end

```

```

end
if (P_block_target - 0.01) >= 0
    P_block_target = P_block_target - 0.01;
end

function Reserve_channel()
global header_reserve_linklist reserve_linklist header_handoff_linklist handoff_linklist
number_cell cell_capacity cell_channel;
global new_call_capacity end_time cac_timer sim_time timer_default time_wait
time_next_event;
reserve_index = header_reserve_linklist;
depart_time = reserve_linklist(reserve_index).depart_time;
temp_index = header_handoff_linklist;
while temp_index ~= 0
    if handoff_linklist(temp_index).depart_time == depart_time
        reserve_cell = handoff_linklist(temp_index).reserve_cell;
        call_use_channel = handoff_linklist(temp_index).call_use_channel;
        reserve_channel(1) = handoff_linklist(temp_index).reserve_channel1;
        reserve_channel(2) = handoff_linklist(temp_index).reserve_channel2;
        reserve_channel(3) = handoff_linklist(temp_index).reserve_channel3;
        reserve_channel(4) = handoff_linklist(temp_index).reserve_channel4;
        direction = handoff_linklist(temp_index).direction;
        cell_source = handoff_linklist(temp_index).cell_number;
        break;
    end
    temp_index = handoff_linklist(temp_index).index_after;
end

Delete_reserve_linklist();
if direction == 0
    if cell_source == 1
        destination = number_cell;

```

```

else
    destination = cell_source - 1;
end
else
    if cell_source == number_cell
        destination = 1;
    else
        destination = cell_source + 1;
    end
end
if reserve_cell == 0
    channel_index = zeros(1,4);
    k = cell_capacity;
    for j = 1:call_use_channel
        for i = k:-1:1
            if cell_channel(destination,i) == 0
                channel_index(j) = i;
                k = i - 1;
                break;
            end
        end
    end
    if k < 1
        break;
    end
end
enough = 0;
if call_use_channel == 1
    if channel_index(1) ~= 0
        enough = 1;
    end
elseif call_use_channel == 2
    if (channel_index(1) ~= 0) & (channel_index(2) ~= 0)

```

```

        enough = 1;
    end
else
    if (channel_index(1) ~= 0) & (channel_index(2) ~= 0) & (channel_index(3) ~= 0) &
(channel_index(4) ~= 0)
        enough = 1;
    end
end
if enough ~= 0
    reserve_cell = destination;
    for i = 1:call_use_channel
        cell_channel(destination,channel_index(i)) = 1;
    end
    handoff_linklist(temp_index).reserve_cell = destination;
    handoff_linklist(temp_index).reserve_channel1 = channel_index(1);
    handoff_linklist(temp_index).reserve_channel2 = channel_index(2);
    handoff_linklist(temp_index).reserve_channel3 = channel_index(3);
    handoff_linklist(temp_index).reserve_channel4 = channel_index(4);
end
end
if reserve_cell ~= 0
    reserve_time = end_time + 200;
else
    if new_call_capacity(destination) ~= 0
        new_call_capacity(destination) = new_call_capacity(destination) - 1;
        cac_timer(destination) = sim_time + timer_default;
    end
    reserve_time = sim_time + time_wait;
end
Add_reserve_linklist(reserve_time,depart_time);
t = end_time + 100;
for i = 1:number_cell

```

```

    if t > cac_timer(i)
        t = cac_timer(i);
    end
end

time_next_event(4) = t;
next_reserve_index = header_reserve_linklist;
time_next_event(5) = reserve_linklist(next_reserve_index).reserve_time;

function
Add_handoff_linklist(handoff_time,depart_time,cell_number,call_use_channel,channel_number1
,channel_number2,channel_number3,channel_number4,velocity,direction,reserve_cell,reserve_ch
annel1,reserve_channel2,reserve_channel3,reserve_channel4)
global handoff_linklist header_handoff_linklist handoff_free_linklist handoff_last_index;
if handoff_free_linklist == 0
    handoff_last_index = handoff_last_index + 1;
    handoff_linklist(handoff_last_index).handoff_time = handoff_time;
    handoff_linklist(handoff_last_index).depart_time = depart_time;
    handoff_linklist(handoff_last_index).cell_number = cell_number;
    handoff_linklist(handoff_last_index).call_use_channel = call_use_channel;
    handoff_linklist(handoff_last_index).channel_number1 = channel_number1;
    handoff_linklist(handoff_last_index).channel_number2 = channel_number2;
    handoff_linklist(handoff_last_index).channel_number3 = channel_number3;
    handoff_linklist(handoff_last_index).channel_number4 = channel_number4;
    handoff_linklist(handoff_last_index).velocity = velocity;
    handoff_linklist(handoff_last_index).direction = direction;
    handoff_linklist(handoff_last_index).reserve_cell = reserve_cell;
    handoff_linklist(handoff_last_index).reserve_channel1 = reserve_channel1;
    handoff_linklist(handoff_last_index).reserve_channel2 = reserve_channel2;
    handoff_linklist(handoff_last_index).reserve_channel3 = reserve_channel3;
    handoff_linklist(handoff_last_index).reserve_channel4 = reserve_channel4;
    handoff_linklist(handoff_last_index).index_before = 0;
    handoff_linklist(handoff_last_index).index_after = 0;

```

```

    new_index = handoff_last_index;
else
    reuse_index = handoff_free_linklist;
    temp_index = handoff_linklist(reuse_index).index_after;
    handoff_free_linklist = temp_index;
    if temp_index ~= 0
        handoff_linklist(temp_index).index_before = 0;
    end
    handoff_linklist(reuse_index).handoff_time = handoff_time;
    handoff_linklist(reuse_index).depart_time = depart_time;
    handoff_linklist(reuse_index).cell_number = cell_number;
    handoff_linklist(reuse_index).call_use_channel = call_use_channel;
    handoff_linklist(reuse_index).channel_number1 = channel_number1;
    handoff_linklist(reuse_index).channel_number2 = channel_number2;
    handoff_linklist(reuse_index).channel_number3 = channel_number3;
    handoff_linklist(reuse_index).channel_number4 = channel_number4;
    handoff_linklist(reuse_index).velocity = velocity;
    handoff_linklist(reuse_index).direction = direction;
    handoff_linklist(reuse_index).reserve_cell = reserve_cell;
    handoff_linklist(reuse_index).reserve_channel1 = reserve_channel1;
    handoff_linklist(reuse_index).reserve_channel2 = reserve_channel2;
    handoff_linklist(reuse_index).reserve_channel3 = reserve_channel3;
    handoff_linklist(reuse_index).reserve_channel4 = reserve_channel4;
    handoff_linklist(reuse_index).index_before = 0;
    handoff_linklist(reuse_index).index_after = 0;
    new_index = reuse_index;
end
pointer_index = header_handoff_linklist;
if pointer_index == 0
    header_handoff_linklist = new_index;
else

```

```

    while handoff_linklist(new_index).handoff_time >
handoff_linklist(pointer_index).handoff_time
        if handoff_linklist(pointer_index).index_after == 0
            handoff_linklist(pointer_index).index_after = new_index;
            handoff_linklist(new_index).index_before = pointer_index;
            new_index = 0;
            break;
        end
        pointer_index = handoff_linklist(pointer_index).index_after;
    end
    if new_index ~= 0
        handoff_linklist(new_index).index_before =
handoff_linklist(pointer_index).index_before;
        handoff_linklist(new_index).index_after = pointer_index;
        handoff_linklist(pointer_index).index_before = new_index;
        if handoff_linklist(new_index).index_before == 0
            header_handoff_linklist = new_index;
        else
            temp_index = handoff_linklist(new_index).index_before;
            handoff_linklist(temp_index).index_after = new_index;
        end
    end
end
end

function Add_reserve_linklist(reserve_time,depart_time)
global reserve_linklist header_reserve_linklist reserve_free_linklist reserve_last_index;
if reserve_free_linklist == 0
    reserve_last_index = reserve_last_index + 1;
    reserve_linklist(reserve_last_index).reserve_time = reserve_time;
    reserve_linklist(reserve_last_index).depart_time = depart_time;
    reserve_linklist(reserve_last_index).index_before = 0;
    reserve_linklist(reserve_last_index).index_after = 0;
end
end

```

```

    new_index = reserve_last_index;
else
    reuse_index = reserve_free_linklist;
    temp_index = reserve_linklist(reuse_index).index_after;
    reserve_free_linklist = temp_index;
    if temp_index ~= 0
        reserve_linklist(temp_index).index_before = 0;
    end
    reserve_linklist(reuse_index).reserve_time = reserve_time;
    reserve_linklist(reuse_index).depart_time = depart_time;
    reserve_linklist(reuse_index).index_before = 0;
    reserve_linklist(reuse_index).index_after = 0;
    new_index = reuse_index;
end
pointer_index = header_reserve_linklist;
if pointer_index == 0
    header_reserve_linklist = new_index;
else
    while reserve_linklist(new_index).reserve_time > reserve_linklist(pointer_index).reserve_time
        if reserve_linklist(pointer_index).index_after == 0
            reserve_linklist(pointer_index).index_after = new_index;
            reserve_linklist(new_index).index_before = pointer_index;
            new_index = 0;
            break;
        end
        pointer_index = reserve_linklist(pointer_index).index_after;
    end
end
if new_index ~= 0
    reserve_linklist(new_index).index_before = reserve_linklist(pointer_index).index_before;
    reserve_linklist(new_index).index_after = pointer_index;
    reserve_linklist(pointer_index).index_before = new_index;
end

```

```

if reserve_linklist(new_index).index_before == 0
    header_reserve_linklist = new_index;
else
    temp_index = reserve_linklist(new_index).index_before;
    reserve_linklist(temp_index).index_after = new_index;
end
end
end

function Add_depart_linklist(depart_time)
global depart_linklist header_depart_linklist depart_free_linklist depart_last_index;
if depart_free_linklist == 0
    depart_last_index = depart_last_index + 1;
    depart_linklist(depart_last_index).depart_time = depart_time;
    depart_linklist(depart_last_index).index_before = 0;
    depart_linklist(depart_last_index).index_after = 0;
    new_index = depart_last_index;
else
    reuse_index = depart_free_linklist;
    temp_index = depart_linklist(reuse_index).index_after;
    depart_free_linklist = temp_index;
    if temp_index ~= 0
        depart_linklist(temp_index).index_before = 0;
    end
    depart_linklist(reuse_index).depart_time = depart_time;
    depart_linklist(reuse_index).index_before = 0;
    depart_linklist(reuse_index).index_after = 0;
    new_index = reuse_index;
end
pointer_index = header_depart_linklist;
if pointer_index == 0

```

```

header_depart_linklist = new_index;
else
while depart_linklist(new_index).depart_time > depart_linklist(pointer_index).depart_time
    if depart_linklist(pointer_index).index_after == 0
        depart_linklist(pointer_index).index_after = new_index;
        depart_linklist(new_index).index_before = pointer_index;
        new_index = 0;
        break;
    end
    pointer_index = depart_linklist(pointer_index).index_after;
end
if new_index ~= 0
    depart_linklist(new_index).index_before = depart_linklist(pointer_index).index_before;
    depart_linklist(new_index).index_after = pointer_index;
    depart_linklist(pointer_index).index_before = new_index;
    if depart_linklist(new_index).index_before == 0
        header_depart_linklist = new_index;
    else
        temp_index = depart_linklist(new_index).index_before;
        depart_linklist(temp_index).index_after = new_index;
    end
end
end
end

```

```

function Delete_handoff_linklist()
global handoff_linklist header_handoff_linklist handoff_free_linklist;
if header_handoff_linklist ~= 0
    remove_index = header_handoff_linklist;
    header_handoff_linklist = handoff_linklist(remove_index).index_after;
    temp_index = header_handoff_linklist;
    if temp_index ~= 0

```

```

    handoff_linklist(temp_index).index_before = 0;
end
handoff_linklist(remove_index).handoff_time = 0;
handoff_linklist(remove_index).depart_time = 0;
handoff_linklist(remove_index).cell_number = 0;
handoff_linklist(remove_index).call_use_channel = 0;
handoff_linklist(remove_index).channel_number1 = 0;
handoff_linklist(remove_index).channel_number2 = 0;
handoff_linklist(remove_index).channel_number3 = 0;
handoff_linklist(remove_index).channel_number4 = 0;
handoff_linklist(remove_index).velocity = 0;
handoff_linklist(remove_index).direction = -1;
handoff_linklist(remove_index).reserve_cell = 0;
handoff_linklist(remove_index).reserve_channel1 = 0;
handoff_linklist(remove_index).reserve_channel2 = 0;
handoff_linklist(remove_index).reserve_channel3 = 0;
handoff_linklist(remove_index).reserve_channel4 = 0;
handoff_linklist(remove_index).index_before = 0;
handoff_linklist(remove_index).index_after = 0;
temp_index = handoff_free_linklist;
if temp_index == 0
    handoff_free_linklist = remove_index;
else
    handoff_free_linklist = remove_index;
    handoff_linklist(remove_index).index_after = temp_index;
    handoff_linklist(temp_index).index_before = remove_index;
end
end

function Delete_handoff_linklist2(depart_time)
global handoff_linklist header_handoff_linklist handoff_free_linklist;
temp_index = header_handoff_linklist;

```

```

while temp_index ~= 0
    if handoff_linklist(temp_index).depart_time == depart_time
        break;
    end
    temp_index = handoff_linklist(temp_index).index_after;
end
if handoff_linklist(temp_index).index_before == 0
    if handoff_linklist(temp_index).index_after == 0
        header_handoff_linklist = 0;
    else
        header_handoff_linklist = handoff_linklist(temp_index).index_after;
        handoff_linklist(header_handoff_linklist).index_before = 0;
    end
else
    if handoff_linklist(temp_index).index_after == 0
        index_before = handoff_linklist(temp_index).index_before;
        handoff_linklist(index_before).index_after = 0;
    else
        index_before = handoff_linklist(temp_index).index_before;
        index_after = handoff_linklist(temp_index).index_after;
        handoff_linklist(index_before).index_after = index_after;
        handoff_linklist(index_after).index_before = index_before;
    end
end
handoff_linklist(temp_index).handoff_time = 0;
handoff_linklist(temp_index).depart_time = 0;
handoff_linklist(temp_index).cell_number = 0;
handoff_linklist(temp_index).call_use_channel = 0;
handoff_linklist(temp_index).channel_number1 = 0;
handoff_linklist(temp_index).channel_number2 = 0;
handoff_linklist(temp_index).channel_number3 = 0;
handoff_linklist(temp_index).channel_number4 = 0;

```

```

handoff_linklist(temp_index).velocity    = 0;
handoff_linklist(temp_index).direction   = -1;
handoff_linklist(temp_index).reserve_cell = 0;
handoff_linklist(temp_index).reserve_channel1 = 0;
handoff_linklist(temp_index).reserve_channel2 = 0;
handoff_linklist(temp_index).reserve_channel3 = 0;
handoff_linklist(temp_index).reserve_channel4 = 0;
handoff_linklist(temp_index).index_before = 0;
handoff_linklist(temp_index).index_after  = 0;
index = handoff_free_linklist;
    if index == 0
        handoff_free_linklist = temp_index;
    else
        handoff_linklist(temp_index).index_after = handoff_free_linklist;
        handoff_linklist(handoff_free_linklist).index_before = temp_index;
        handoff_free_linklist = temp_index;
    end

function Delete_depart_linklist()
global depart_linklist header_depart_linklist depart_free_linklist;
if header_depart_linklist ~= 0
    remove_index = header_depart_linklist;
    header_depart_linklist = depart_linklist(remove_index).index_after;
    temp_index = header_depart_linklist;
    if temp_index ~= 0
        depart_linklist(temp_index).index_before = 0;
    end
    depart_linklist(remove_index).depart_time = 0;
    depart_linklist(remove_index).index_before = 0;
    depart_linklist(remove_index).index_after = 0;
    temp_index = depart_free_linklist;
    if temp_index == 0

```

```

    depart_free_linklist = remove_index;
else
    depart_free_linklist = remove_index;
    depart_linklist(remove_index).index_after = temp_index;
    depart_linklist(temp_index).index_before = remove_index;
end
end

function Delete_depart_linklist2(depart_time)
global depart_linklist header_depart_linklist depart_free_linklist;
temp_index = header_depart_linklist;
while temp_index ~= 0
    if depart_linklist(temp_index).depart_time == depart_time
        break;
    end
    temp_index = depart_linklist(temp_index).index_after;
end
if depart_linklist(temp_index).index_before == 0
    if depart_linklist(temp_index).index_after == 0
        header_depart_linklist = 0;
    else
        header_depart_linklist = depart_linklist(temp_index).index_after;
        depart_linklist(header_depart_linklist).index_before = 0;
    end
else
    if depart_linklist(temp_index).index_after == 0
        index_before = depart_linklist(temp_index).index_before;
        depart_linklist(index_before).index_after = 0;
    else
        index_before = depart_linklist(temp_index).index_before;
        index_after = depart_linklist(temp_index).index_after;
    end
end
end

```

```

    depart_linklist(index_before).index_after = index_after;
    depart_linklist(index_after).index_before = index_before;
end

```

```

function Delete_reserve_linklist()
global reserve_linklist header_reserve_linklist reserve_free_linklist;
if header_reserve_linklist ~= 0
    remove_index = header_reserve_linklist;
    header_reserve_linklist = reserve_linklist(remove_index).index_after;
    temp_index = header_reserve_linklist;
    if temp_index ~= 0
        reserve_linklist(temp_index).index_before = 0;
    end
    reserve_linklist(remove_index).reserve_time = 0;
    reserve_linklist(remove_index).depart_time = 0;
    reserve_linklist(remove_index).index_before = 0;
    reserve_linklist(remove_index).index_after = 0;
    temp_index = reserve_free_linklist;
    if temp_index == 0
        reserve_free_linklist = remove_index;
    else
        reserve_free_linklist = remove_index;
        reserve_linklist(remove_index).index_after = temp_index;
        reserve_linklist(temp_index).index_before = remove_index;
    end
end
end

```

```

function Delete_reserve_linklist2(depart_time)
global reserve_linklist header_reserve_linklist reserve_free_linklist;
temp_index = header_reserve_linklist;
while temp_index ~= 0
    if reserve_linklist(temp_index).depart_time == depart_time

```

```

        break;
    end
    temp_index = reserve_linklist(temp_index).index_after;
end
if reserve_linklist(temp_index).index_before == 0
    if reserve_linklist(temp_index).index_after == 0
        header_reserve_linklist = 0;
    else
        header_reserve_linklist = reserve_linklist(temp_index).index_after;
        reserve_linklist(header_reserve_linklist).index_before = 0;
    end
else
    if reserve_linklist(temp_index).index_after == 0
        index_before = reserve_linklist(temp_index).index_before;
        reserve_linklist(index_before).index_after = 0;
    else
        index_before = reserve_linklist(temp_index).index_before;
        index_after = reserve_linklist(temp_index).index_after;
        reserve_linklist(index_before).index_after = index_after;
        reserve_linklist(index_after).index_before = index_before;
    end
end
end
reserve_linklist(temp_index).reserve_time = 0;
reserve_linklist(temp_index).depart_time = 0;
reserve_linklist(temp_index).index_before = 0;
reserve_linklist(temp_index).index_after = 0;
index = reserve_free_linklist;
if index == 0
    reserve_free_linklist = temp_index;
else
    reserve_linklist(temp_index).index_after = reserve_free_linklist;
    reserve_linklist(reserve_free_linklist).index_before = temp_index;
end

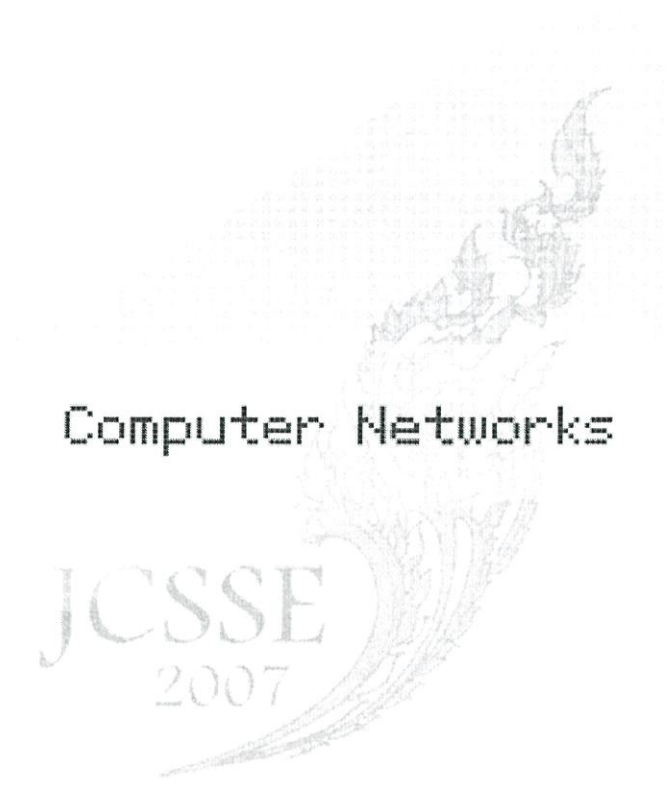
```

```
    reserve_free_linklist = temp_index;  
end
```



Computer Networks

JCSSE  
2007



การปรับปรุงประสิทธิภาพของการจัดสรรช่องสัญญาณแบบพลวัตสำหรับเครือข่าย  
เซลลูล่าแบบมิติเดียว  
Performance Improvement of Measurement-based Dynamic Guard  
Channel for One-dimensional Cellular Networks

ชนสันต์ สนธิศิริ\* สักดิ์ชัย ทิพย์จักษ์ภูรัตน์\* รัตติกร วรากุลศิริพันธุ์\*\*

\*ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ \*\*ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสำนักวิจัยการสื่อสารและเทคโนโลยีสื่อสารสนเทศ (ReCCIT)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Email : {s6063003, ktsakcha, kvruttik}@kmitl.ac.th

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอวิธีควบคุมการใช้ช่องสัญญาณของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบกริดด้วยเซลล์เดี่ยว โดยปรับปรุงวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยการ รั่วและปรับค่าช่องสัญญาณการไหลแบบพลวัต ร่วมกับวิธีการจองช่องสัญญาณล่วงหน้าสำหรับเครือข่ายเซลลูล่าแบบมิติเดียว เราทำการวัดประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอด้วยการจำลองระบบผลจากการจำลองระบบแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอไว้ให้ความน่าจะเป็นของการล้นของเซมโบลที่ลดลงที่ต่ำกว่าวิธีจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการรั่วและปรับค่าช่องสัญญาณการไหลแบบพลวัต

#### Abstract

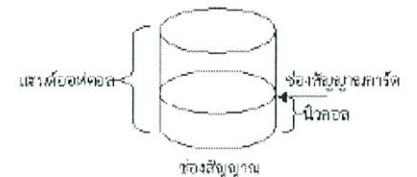
In this paper, we propose the call admission control scheme for cellular networks using the modification of measurement-based dynamic guard channel and reserves the channel for the next cell beforehand. We evaluate our proposed scheme by means of simulation using one-dimensional cellular networks. The simulation results show that our

proposed scheme provides the lower handoff-dropping probability than the conventional measurement-based dynamic guard channel scheme.

#### 1. บทนำ

ปัจจุบันระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นการสื่อสารที่สะดวกและเป็นที่ยอมรับมากจนกลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวันของเรา เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือเครือข่ายเซลลูล่าจำเป็นต้องรองรับปริมาณผู้ใช้งานจำนวนมาก เนื่องจากทรัพยากรของเครือข่ายมีอยู่อย่างจำกัด จึงต้องใช้วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณเพื่อควบคุมการใช้ทรัพยากรของเครือข่ายอย่างเหมาะสม ในเครือข่ายเซลลูล่าผู้ใช้ที่กำลังเชื่อมต่อช่องสัญญาณขึ้นมาใหม่จะเรียกว่านิวกอล (New call) ผู้ใช้ที่เชื่อมต่อช่องสัญญาณอยู่แล้วและกำลังเคลื่อนที่ข้ามเซลล์จะเรียกว่าแฮนด์ออฟคอลล (handoff call) การวัด

ประสิทธิภาพการใช้จ่ายของเครือข่ายเซลลูลาร์จะใช้พารามิเตอร์ 2 ค่าคือ ค่าความน่าจะเป็นของการดรอปของแอสต์ออฟคอลล (Handoff-dropping probability) เป็นค่าที่ใช้วัดความน่าจะเป็นของการใช้จ่ายของเครือข่ายขณะเคลื่อนที่ข้ามเขต และค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของนิวคอลล (New-call-blocking probability) เป็นค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพของการเชื่อมต่อข้ามเขตเครือข่าย ค่าความน่าจะเป็นของการดรอปของแอสต์ออฟคอลลจะมีความสัมพันธ์กับค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของนิวคอลล เพราะ การถูกตัดการเชื่อมต่อระหว่างใช้จ่ายของเครือข่ายจะส่งผลกระทบต่อความรู้สึกรของผู้ใช้มากกว่าการไม่สามรถเชื่อมต่อข้ามเขตเครือข่ายได้ การลดค่าความน่าจะเป็นของการดรอปของแอสต์ออฟคอลลจึงเป็นเป้าหมายหลักในการจัดการช่องสัญญาณ



รูปที่ 1. การวัดค่าของสัญญาณการวัด

การ จัดสรรช่องสัญญาณมีหลายวิธี เช่น การจัดสรรช่องสัญญาณการวัดแบบคงที่ [1] จากรูปที่ 1 นิวคอลลสามารถใช้ช่องสัญญาณได้เพียงบางส่วน แต่แอสต์ออฟคอลลสามารถใช้ช่องสัญญาณได้ทั้งหมด โดยค่าช่องสัญญาณการวัดมี



รูปที่ 2. การวัดค่าของสัญญาณการวัดแบบคงที่

หน้าที่จำกัดการใช้ช่องสัญญาณของนิวคอลล การจัดสรรช่องสัญญาณการวัดแบบพลวัต [2] ซึ่งพัฒนามาจากวิธี [1] จากรูปที่ 1 ค่าช่องสัญญาณการวัดสามารถปรับได้โดยสถานะของเครือข่าย งานวิจัยนี้เสนอการปรับปรุงวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าและปรับค่าช่องสัญญาณการวัดแบบพลวัต ร่วมกับวิธีการจองช่องสัญญาณล่วงหน้าสำหรับเครือข่ายเซลลูลาร์แบบมัลติเซิว [4]

เนื้อหาของงานวิจัยจะแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้ ส่วนที่ 2 จะอธิบายถึงโครงสร้างเครือข่ายเซลลูลาร์แบบมัลติเซิว ส่วนที่ 3 จะกล่าวถึงวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าและปรับค่าช่องสัญญาณการวัดแบบพลวัต ส่วนที่ 4 จะอธิบายถึงวิธีการที่นำเสนอ ส่วนที่ 5 จะเป็นการจำลองระบบ ส่วนที่ 6 จะเป็นการวิเคราะห์ผลการทดลอง และส่วนที่ 7 เป็นบทสรุปของงานวิจัยนี้

2. โครงสร้างเครือข่ายเซลลูลาร์แบบมัลติเซิว

บทความ [4] ได้เสนอโครงสร้างเครือข่ายเซลลูลาร์แบบมัลติเซิว โดยมีลักษณะดังรูปที่ 2 เซลจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านเท่า แต่ละเซลล์จะมีขนาดเท่ากัน ผู้ใช้จะเคลื่อนที่ได้สองทิศทางคือซ้ายกับขวา ถ้าผู้ใช้อยู่ที่เซลล์แรกและเคลื่อนที่ข้ามเขตไปทางซ้าย ผู้ใช้จะข้ามเขตเข้ามาเขตสุดท้าย ถ้าผู้ใช้อยู่ที่เซลล์สุดท้ายและเคลื่อนที่ข้ามเขตไปทางขวา ผู้ใช้จะข้ามเขตเข้ามาเขตแรกดังรูปที่ 2



### 3. การจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการ วัดค่า และปรับค่าช่องสัญญาณการระบายพลวัต

บทความ [3] เสนอวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณ ด้วยวิธีการ วัดค่า และปรับค่าช่องสัญญาณการระบายพลวัต (Measurement-based dynamic guard channel) วิธีการนี้มีข้อดีสามารถใช้งาน ช่องสัญญาณได้เพียงบางส่วน แต่เสนอข้อผิดพลาด สามารถใช้งานช่องสัญญาณได้ทั้งหมด โดยค่า ช่องสัญญาณการระบายพลวัตปรับค่าได้สองกรณีคือ

1. เมื่อเสนอข้อผิดพลาดถูกตรวจพบ ถ้าเสนอข้อผิดพลาดถูกตรวจพบระบบจะ วัดค่าความน่าจะเป็นของถาวรของระบบของเสนอข้อผิดพลาด และนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ถาวรได้ ถ้าค่าที่วัดได้สูงกว่าค่าที่กำหนดระบบจะลดค่าช่องสัญญาณการระบายพลวัต ทำให้มีช่องสัญญาณใช้งานน้อยลงดังรูปที่ 1
2. เมื่อนาฬิกาครบกำหนดเวลา ถ้าครบกำหนดเวลาแล้วระบบไม่เจอวัดค่าความน่าจะเป็นของถาวรของเสนอข้อผิดพลาดได้สูงกว่าค่าที่กำหนด ระบบจะเพิ่มค่าช่องสัญญาณการระบายพลวัต ทำให้มีช่องสัญญาณใช้งานมากขึ้นดังรูปที่ 1

ถ้าระบบทำงานในข้อ 1 ระบบจะคืนค่ามาศึกษาเป็นค่าเริ่มต้นใหม่

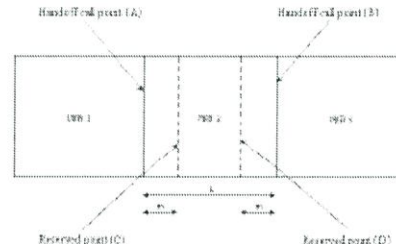
### 4. วิธีการที่นำเสนอ

งานวิจัยนี้เสนอการปรับปรุงวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณ ด้วยวิธีการ วัดค่าและ ปรับค่าช่องสัญญาณการระบายพลวัต ร่วมกับวิธีการของ

ช่องสัญญาณล่วงหน้าสำหรับเครือข่ายเซลลูลาร์แบบมัลติเซิว ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.1 การจองช่องสัญญาณล่วงหน้า

จากบทความ [3] การเคลื่อนที่ข้ามเซลล์จะเกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้เคลื่อนที่ไปยังขอบเขต (ตำแหน่ง A หรือ B ดังรูปที่ 3) ในงานวิจัยนี้เราได้เสนอวิธีการจองช่องสัญญาณล่วงหน้า เมื่อผู้ใช้เคลื่อนที่เข้าใกล้ขอบเขตระดับความแรงของสัญญาณที่ได้รับจากเซลล์นั้นจะแรงขึ้น เนื่องจากโมบิลิตี้ของเครือข่ายแบบมัลติเซิวผู้ใช้สามารถเคลื่อนที่ได้สองทิศทาง เราจึงสามารถหาทิศทางการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ได้



รูปที่ 3. การจองช่องสัญญาณล่วงหน้า

จากรูปที่ 3 ถ้าผู้ใช้เคลื่อนที่ไปทางซ้ายจะวิ่งจองช่องสัญญาณตั้งแต่ตำแหน่ง C ถึง A ถ้าผู้ใช้เคลื่อนที่ไปทางขวาจะวิ่งจองช่องสัญญาณตั้งแต่ตำแหน่ง D ถึง B เมื่อเริ่มจองช่องสัญญาณถ้าเจอได้เสนอข้อผิดพลาดก็สามารถเคลื่อนที่ข้ามเขตได้ ถ้าเจอไม่ได้ระบบจะรอช่วงเวลาหนึ่งแล้วทำการจองใหม่จนกว่าจะเจอได้ หรือจนกระทั่งผู้ใช้เคลื่อนที่ไปยังขอบเขต (จากรูปที่ 3 ตำแหน่ง A สำหรับผู้ใช้ที่เคลื่อนที่ไปทางซ้าย และตำแหน่ง



B สำหรับผู้ใช้ที่เคลื่อนที่ไปทางขวา ถ้าผู้ใช้เคลื่อนที่ไปถึงขอบเขตแล้วไม่สามารถจองช่องสัญญาณได้ผู้ใช้จะร้องขอใช้ช่องสัญญาณจากเซลล์ที่จะเดินทางไป ( จากรูปที่ 3 เซลล์ 1 สำหรับผู้ใช้ที่เคลื่อนที่ไปทางซ้าย และเซลล์ 2 สำหรับผู้ใช้ที่เคลื่อนที่ไปทางขวา) เซลล์ที่จะเดินทางไปไม่มีช่องสัญญาณว่าผู้ใช้จะถูกคัดออกจากระบบ

4.2 การปรับปรุงวิธีการจัดการช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดสถานะปรับค่าช่องสัญญาณคาร์ตแบบพลวัต

งานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการปรับปรุงการจัดการช่องสัญญาณจากบทความ [3] โดยเพิ่มพารามิเตอร์ขอบเขตความน่าจะเป็นของการบล็อกนิวคอต ทำให้ค่าช่องสัญญาณคาร์ตสามารถปรับค่าได้สมการนี้คือ

1. เมื่อแบนด์วิดท์ของฟลอคถูกรอปรับ ถ้าค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของแบนด์วิดท์ของฟลอคที่วัดได้สูงกว่าค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของแบนด์วิดท์ของฟลอคที่ถ่วงดุล ระบบจะลดค่าช่องสัญญาณคาร์ต และเพิ่มค่าขอบเขตความน่าจะเป็นของการบล็อกนิวคอต
2. เมื่อนิวคอตถูกบล็อก ถ้าค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของแบนด์วิดท์ของฟลอคที่

วัดได้ต่ำกว่าค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของแบนด์วิดท์ของฟลอคที่ถ่วงดุล และค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของนิวคอตสูงมาก ค่าขอบเขตความน่าจะเป็นของการบล็อกนิวคอต ระบบจะเพิ่มค่าช่องสัญญาณคาร์ต และลดค่าขอบเขตความน่าจะเป็นของการบล็อกนิวคอต

3. เมื่อนาฬิกาครบกำหนดเวลา ระบบจะเพิ่มค่าช่องสัญญาณคาร์ต และลดค่าขอบเขตความน่าจะเป็นของการบล็อกนิวคอต
- ถ้าระบบทำงานในข้อ 1 และ 2 ระบบจะตั้งค่านาฬิกาเป็นค่าเริ่มต้นใหม่

## 5. การจำลองการทำงานระบบ

ในการจำลองการทำงานระบบที่ใช้วิธีการจำลองระบบแบบ Discrete-Event simulation [5] นิวคอตจะมีอัตราการเข้ามาใช้ช่องสัญญาณแบบ Poisson process [5] ระยะเวลาในการใช้งานหรืออายุของคอตจะมีการกระจายแบบ Exponential distribution [5] และได้กำหนดพารามิเตอร์ของการจำลองการทำงานระบบตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1. พารามิเตอร์ของสภาพแวดล้อมการทำงานระบบ

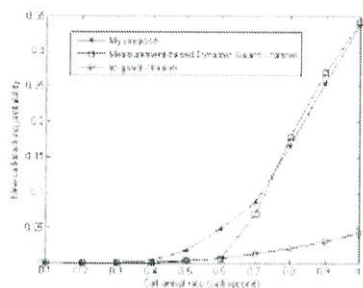
พารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
จำนวนช่องสัญญาณ	8 ช่องสัญญาณต่อชุด
จำนวนชุด	10 ชุด
ขนาดชุด	600 เมลล์ $\times$ 600 เมลล์
ระยะเริ่มของช่องสัญญาณ (จากรูปที่ 3 ระยะ m)	100 เมลล์
ค่าความน่าจะเป็นของการครอบงำของแชนเนลออฟฟอลด์ที่กำหนด	0.01
ค่าขอบเขตความน่าจะเป็นของการบล็อกนิวคอลล	0.1

#### 6. ผลการจำลองการทำงานของระบบ

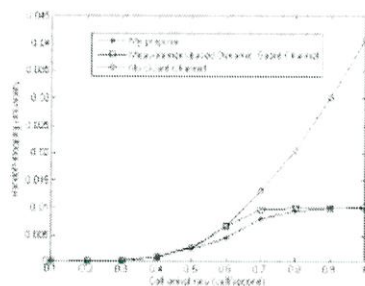
ผลการจำลองระบบได้เปรียบเทียบกับวิธีการที่นำเสนอด้วยวิธี [3] และวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไม่มีกั้นช่องสัญญาณการ์ด (No Guard Channel) จากรูปที่ 4 กราฟที่ค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของนิวคอลลแสดงไว้ก็เห็นว่าช่วงอัตราการใช้ช่องสัญญาณตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.4 ค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของนิวคอลลมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่เนื่องจากอัตราการใช้ช่องสัญญาณของคอลลมีค่าน้อยจึงไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการใช้ช่องสัญญาณ ช่วงอัตราการใช้ช่องสัญญาณตั้งแต่ 0.5 ถึง 0.7 ค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของนิวคอลลของวิธีการที่นำเสนอมีค่าสูงกว่าวิธีที่เปรียบเทียบกับทั้งสองวิธี เนื่องจากการทำงานของช่องสัญญาณล่วงหน้าทำให้วิธีการที่นำเสนอปรับค่าช่องสัญญาณการ์ดให้มีค่านานิวคอลลจึงมีช่องสัญญาณที่ใช้งานได้น้อย ตั้งแต่อัตราการใช้ช่องสัญญาณตั้งแต่ 0.8 ถึง 1.0 วิธีการที่นำเสนอมีค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของนิวคอลลต่ำกว่าวิธี [3] เนื่องจากในช่วงนี้ค่าความน่าจะเป็นของการ

ครอบงำของแชนเนลออฟฟอลด์มีค่าใกล้เคียงกับวิธี [3] แต่ค่าขอบเขตความน่าจะเป็นของการบล็อกนิวคอลลที่ไปวิธีที่นำเสนอสามารถปรับค่าช่องสัญญาณการ์ดได้ใกล้เคียงกับวิธี [3] จากรูปที่ 4 กราฟวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไม่มีกั้นช่องสัญญาณการ์ดมีค่าต่ำกว่าวิธีที่นำเสนอ เพราะวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไม่มีกั้นช่องสัญญาณการ์ดจะให้ความสำคัญกับนิวคอลลและแชนเนลออฟฟอลด์เท่าเทียมกัน ทำให้ค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของนิวคอลลมีค่าน้อยกว่าวิธีที่นำเสนอ ซึ่งวิธีที่นำเสนอให้ความสำคัญกับแชนเนลออฟฟอลด์สูงกว่า จากรูปที่ 5 กราฟที่ค่าความน่าจะเป็นของการครอบงำของแชนเนลออฟฟอลด์แสดงไว้เห็นว่าช่วงอัตราการใช้ช่องสัญญาณตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.5 กราฟทั้ง 3 วิธีจะมีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากอัตราการใช้ช่องสัญญาณของคอลลมีค่าน้อย ช่วงอัตราการใช้ช่องสัญญาณตั้งแต่ 0.6 ถึง 0.8 กราฟวิธีที่นำเสนอมีค่าความน่าจะเป็นของการครอบงำของแชนเนลออฟฟอลด์ต่ำกว่าวิธีที่เปรียบเทียบกับทั้งสองวิธี เนื่องจากวิธีที่นำเสนอมีการจองช่องสัญญาณล่วงหน้าทำให้แชนเนลออฟฟอลด์มี

โอกาสถูกรอรับน้อยลง และวิธีการที่นำเสนอมีค่าความน่าจะเป็นของการรอปของเสนค้อฟลอคต่ำกว่าวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไม่กำหนดช่องสัญญาณคาร์คี่ เนื่องจากวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไม่กำหนดช่องสัญญาณคาร์คี่จะให้ความสำคัญของเสนค้อฟลอคเท่ากับนิลลล ทำให้ค่าความน่าจะเป็นของการรอปของเสนค้อฟลอคมีค่าสูง ซึ่งอัตราการเข้าใช้ช่องสัญญาณตั้งแต่ 0.9 ถึง 1.0 กราฟวิธีที่นำเสนอมีค่าความน่าจะเป็นของการรอปของเสนค้อฟลอคใกล้เคียงกับวิธี [3] เนื่องจากมีอัตราการเข้าใช้ช่องสัญญาณสูง



รูปที่ 4. กราฟผลการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการรอปของนิลลล



รูปที่ 5. กราฟผลการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการรอปของเสนค้อฟลอค

### 7. บทสรุป

งานวิจัยนี้ นำเสนอการปรับปรุงวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณ ด้วยวิธีการวัดค่าและปรับค่าช่องสัญญาณคาร์คี่แบบพลวัต ร่วมกับการจองช่องสัญญาณล่วงหน้าสำหรับเครือข่ายเซลลูลาร์แบบมัลติมีเดีย ผลการจำลองระบบแสดงให้เห็นว่าค่าความน่าจะเป็นของการรอปของเสนค้อฟลอคและค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของนิลลลมีค่าต่ำกว่าวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าและปรับค่าช่องสัญญาณคาร์คี่แบบพลวัตและวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไม่กำหนดช่องสัญญาณคาร์คี่

### 8. เอกสารอ้างอิง

- [1] D. Hong, and S. S. Rapoport, "Traffic modeling and performance analysis for cellular mobile radio telephone systems with prioritized and non-prioritized handoff procedures," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 35, Aug. 1986, pp. 77-92.
- [2] C. Oliveira, J. B. Kim, and I. Suda, "An adaptive bandwidth reservation scheme for high-speed multimedia wireless networks," IEEE J. Select Areas Commun., vol. 16, Aug. 1998, pp. 858-874.
- [3] Lei Huang, Sunil Kumar, and C. C. Jay Kuo, "Adaptive resource allocation for multimedia QoS management in wireless networks," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 53, March 2004.
- [4] Dong Li-yun, Xie Yu, and Dai Shi-qiang, "One-dimensional cellular automaton model of traffic flow based on car-following idea," Applied Mathematics and Mechanics, Springer Netherlands, Aug. 2006, pp. 363-370.
- [5] Averil M. Law, and W. David Kelton, "Simulation model and analysis," McGraw-Hill International Series





สำนักบริหารวิชาการ  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประชุมวิชาการ  
การนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา สจล. ครั้งที่ 1



- 273 -

การประชุมวิชาการกรมการขนส่งทางบก ระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 1  
 สำนักบริหาร วิทยาเขต สอ. เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

28 สิงหาคม 2551

## การปรับปรุงประสิทธิภาพของการจัดสรรช่องสัญญาณในระบบพลวัตสำหรับเครือข่ายเซลลูลาร์แบบ สองมิติ

### Performance Improvement of Measurement-based Dynamic Guard Channel for Two-dimensional Cellular Networks

ชนัดดา สานธิศิริ<sup>\*</sup>, ศักดิ์ชัย พิทยจักรรัตน์<sup>\*</sup> และ รัตติกร วรกุลศิริพันธุ์<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์      <sup>\*\*</sup>ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ (ReCCIT)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Email: {s6063003, ktsakcha, kyruttik}@kmitl.ac.th

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการควบคุมการใช้ช่องสัญญาณของระบบเครือข่ายเคลื่อนที่แบบเคลื่อนย้ายเซลลูลาร์ โดยลดการปรับปรุงวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยการวัดค่าและปรับค่าบนเวลาของช่องสัญญาณแบบพลวัต ร่วมกับวิธีการจองช่องสัญญาณล่วงหน้าสำหรับเครือข่ายเซลลูลาร์แบบสองมิติ เราทำการวัดประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอด้วยการจำลองระบบ ผลการจำลองระบบแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอไว้สามารถป้องกันการชนกันของช่องสัญญาณที่ไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ต่ำกว่าวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าและปรับค่าบนเวลาของช่องสัญญาณแบบพลวัต

คำสำคัญ: การจัดสรรช่องสัญญาณ, บล็อก, ค่าความน่าจะเป็นที่บล็อกล้มเหลวในการเรียกใช้ช่องสัญญาณได้, แชนด์ออฟฟอลด, ค่าความน่าจะเป็นที่แชนด์ออฟฟอลดไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้, เครือข่ายเซลลูลาร์

#### Abstract

In this paper, we propose the call admission control scheme for cellular networks using the modification of measurement-based dynamic guard channel and reserves the channel for the next cell beforehand. We evaluate our proposed scheme by means of simulation using two-dimensional cellular networks. The simulation results show that our proposed scheme provides the lower handoff-dropping probability than the conventional measurement-based dynamic guard channel scheme.

Keyword: Call Admission Control, New Call, New-Call-Blocking Probability, Handoff Call, Handoff-Dropping Probability, Cellular Network





การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมระยะต้นต้นตั้งถิ่นฐานครั้งที่ 1

สำหรับวิทยานิพนธ์ ๑๐๐ ปีแห่งเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

28 สิงหาคม 2551

ขณะนั้น ถ้าค่าที่วัด ได้มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ของคู่มือการบริหารของเครือข่ายสำหรับแผนผังลอฟท์ของระบบสถานีวิทยุ ระบบจะลดค่าแนว ความถี่ของสัญญาณเพื่อให้มีกำลังที่มีจำนวนช่องสัญญาณให้เรียกใช้นี้ลดลง ส่งผลให้แบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณให้เรียกใช้ ได้มากขึ้น ถ้าภายในระยะเวลาที่ระบบดำเนินการแผนผังลอฟท์ ไม่ได้เห็นการเชื่อมช่องออกจากรีเลย์ เซลล์ ระบบจะเพิ่มจำนวน ความถี่ของสัญญาณเพื่อให้มี กำลังที่มีช่องสัญญาณให้เรียกใช้มากขึ้น

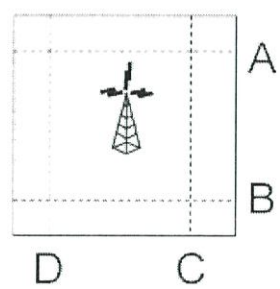
4. วิธีการที่นำเสนอ

งานวิจัยนี้นำเสนอการปรับปรุงวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าและปรับค่าแนวความถี่ของช่องสัญญาณแบบพลวัต ร่วมกับวิธีการจองช่องสัญญาณล่วงหน้าสำหรับเครือข่ายเซลลูลาร์แบบสองมิติ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การจองช่องสัญญาณล่วงหน้า

การแบนด์วิดท์ [9] จะเกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์เคลื่อนที่เข้ามาเขต เมื่อผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์เคลื่อนที่เข้าใกล้เซลล์ ระดับความแรงของสัญญาณที่ได้รับจากเซลล์นั้นจะสูงขึ้น เนื่องจากในเครือข่ายเซลลูลาร์แบบสองมิติผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์เคลื่อนที่ที่ 4 ทิศทางเท่านั้น จากข้อมูลการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ในเซลล์ก่อนหน้านี้ ทำให้เราสามารถคาดเดาทิศทางการเคลื่อนที่และเขตที่จะเกิดการแบนด์วิดท์ได้ จากรูปที่ 4 ถ้าผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์เคลื่อนที่ไปทางทิศทางนี้ ระบบจะเริ่มจองช่องสัญญาณเมื่อผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์เคลื่อนที่ไปถึงตำแหน่ง A ถ้าผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์เคลื่อนที่ไปทางทิศใต้ระบบจะเริ่มจองช่องสัญญาณเมื่อผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์เคลื่อนที่ไปถึงตำแหน่ง B ถ้าผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกเฉียงบนระบบจะเริ่มจองช่องสัญญาณเมื่อผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์เคลื่อนที่ไปถึงตำแหน่ง C และถ้าผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตก

ระบบจะเริ่มจองช่องสัญญาณเมื่อผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์เคลื่อนที่ไปถึงตำแหน่ง D



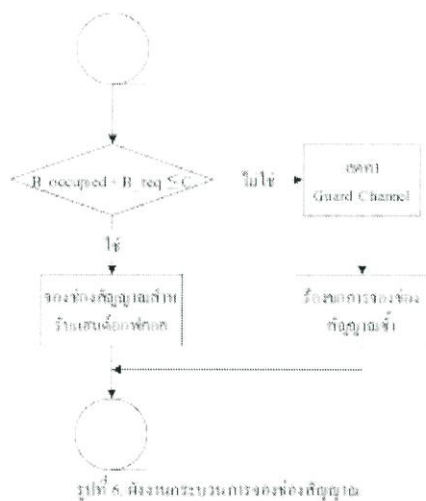
รูปที่ 4. ลักษณะการจองช่องสัญญาณล่วงหน้า

เมื่อเริ่มทำการจองช่องสัญญาณถ้าสามารถจองช่องสัญญาณของเซลล์ที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์เคลื่อนที่ไปได้ เมื่อเกิดการแบนด์วิดท์ แบนด์วิดท์ของเซลล์จะเข้าไปใช้ช่องสัญญาณที่จองไว้ ถ้าไม่สามารถจองช่องสัญญาณได้ ระบบจะลดค่าแนวความถี่ของสัญญาณของเซลล์ที่เกิดการแบนด์วิดท์ เพื่อให้มีกำลังที่มีช่องสัญญาณให้ใช้งานน้อยลง และทำการจองช่องสัญญาณข้างหน้าจะจองไว้ด้วยวิธีจนกระทั่งเกิดการแบนด์วิดท์ ถ้าระบบไม่สามารถจองช่องสัญญาณของเซลล์ที่ผู้ใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์เคลื่อนที่ไปได้ เมื่อเกิดการแบนด์วิดท์ แบนด์วิดท์ของเซลล์จะเข้าไปใช้ช่องสัญญาณจากเซลล์นั้น ถ้าเซลล์ที่เกิดการแบนด์วิดท์มีช่องสัญญาณว่าง แบนด์วิดท์ของเซลล์จะสามารถทำการแบนด์วิดท์ให้แก่นักเรียนไม่มีช่องสัญญาณว่าง แบนด์วิดท์ของเซลล์จะถูกจัดการเชื่อมช่องออกจากรีเลย์

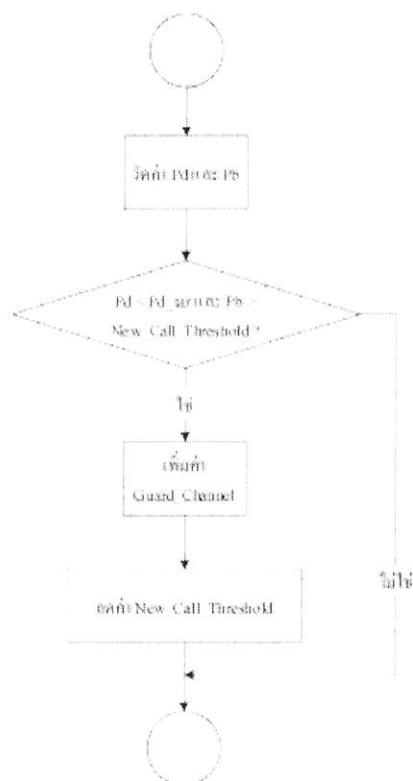
4.2 การปรับปรุงวิธีการจัดการช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าและปรับค่าแนวความถี่ของสัญญาณแบบพลวัต

งานวิจัยนี้เสนอวิธีการปรับปรุงการ จัดสรรช่องสัญญาณของบทความ [3] โดยทำการจองช่องสัญญาณล่วงหน้าสำหรับแบนด์วิดท์ของเซลล์ค่าความน่าจะเป็นที่แบนด์วิดท์ของเซลล์ไม่สามารถใช้ช่องสัญญาณได้ และเพิ่มพารามิเตอร์ของบทความน่าจะเป็นของ การบดบังสัญญาณ





รูปที่ 6. มีเงื่อนไขระบบการจองช่องสัญญาณ

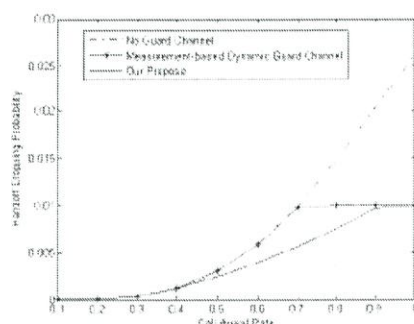


รูปที่ 7. มีเงื่อนไขระบบการปรับค่าเกณฑ์ควบคุมช่องสัญญาณ

เมื่อนิวคลอเรียลใช้ช่องสัญญาณระบบจะวัดค่าจำนวนช่องสัญญาณที่ถูกใช้งานอยู่แล้วนำไปรวมกับจำนวนช่องสัญญาณที่นิวคลอเรียลใช้ ถ้าค่าที่ได้มีค่ามากกว่าจำนวนความจุช่องสัญญาณ แสดงว่า ณ เวลานั้นเรามีจำนวนช่องสัญญาณว่างเพียงพอที่จะรองรับการเรียกใช้ช่องสัญญาณของนิวคลอเรียล ดังนั้นนิวคลอเรียลจะเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ ถ้าค่าที่ได้มีค่าสูงกว่าค่าความจุช่องสัญญาณ นิวคลอเรียลจะไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ เพราะ จำนวนช่องสัญญาณที่ค่าได้ถูกใช้งานรวมกับจำนวนช่องสัญญาณที่นิวคลอเรียลใช้มีค่าสูงกว่าค่าความจุช่องสัญญาณ เมื่อนิวคลอเรียลไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ นิวคลอเรียลจะไม่สามารถเชื่อมต่อไปมาซึ่งหรือข้ามเซลล์และเคลื่อนย้ายการ







รูปที่ 9. การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการขอรับสิทธิ์  
 ใช้งานได้

จากรูปที่ 9 เมื่ออัตราการเข้ามาของนักศึกษามีค่าสูงขึ้น วิธีการที่นำเสนอให้ค่าความน่าจะเป็นที่เสนอต่อที่ติดต่อไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้ต่ำกว่าวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าและปรับค่าความควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต เนื่องจากวิธีที่นำเสนอใช้การจองช่องสัญญาณสำหรับเสนอต่อที่ติดต่อแต่ละทำการปรับค่าความควบคุมช่องสัญญาณขณะทำการจองช่องสัญญาณทำให้ระบบสามารถปรับค่าความควบคุมช่องสัญญาณที่รองรับเสนอต่อที่ติดต่อก่อนที่จะเกิดขึ้นเข้ามาขอใช้

7. สรุป

งานวิจัยนี้ นำเสนอการปรับปรุงวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าและปรับค่าความควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัต ร่วมกับการจองช่องสัญญาณล่วงหน้าสำหรับเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติ ผลการจำลองระบบแสดงให้เห็นว่าค่าความน่าจะเป็นที่ติดต่อไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้และค่าความน่าจะเป็นที่เสนอต่อที่ติดต่อไม่สามารถเรียกใช้ช่องสัญญาณได้มีค่าต่ำกว่าวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณด้วยวิธีการวัดค่าและปรับค่าความควบคุมช่องสัญญาณแบบพลวัตและวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไม่กำหนดขนาดควบคุมช่องสัญญาณ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Dharma Prakash Agrawal, and Qing-An Zeng, "Introduction to Wireless and Mobile Systems," Thomson Brooks/Cole, 2003.
- [2] Yi Pan, and Yang Xiao, "Design and Analysis of Wireless Networks: Wireless Networks And Mobile Computing," Nova Publishers, 2005.
- [3] Huan Chen, Lei Huang, and C. C. Jay Kuo, "Radio Resource Management for Multimedia QoS Support in Wireless Networks," Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [4] Shigeki Goto, and Hyun-kook Kahng, "Information Networking: Networking Technologies for Broadband and Mobile Networks," International Conference Iccn 2004, Feb. 2004, pp. 542.
- [5] C. Oliveira, J. B. Kim, and T. Suda, "An adaptive bandwidth reservation scheme for high-speed multimedia wireless networks," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 16, Aug. 1998, pp. 858-874.
- [6] American Congress on Surveying and Mapping, "The American Cartographer: Journal of American Congress on Surveying and Mapping," American Congress on Surveying and Mapping, 1989.
- [7] Lawrence Harte, Roman Kikta, and Daniel McLaughlin, "CDMA IS-95 for Cellular and PCS: Technology, Applications, and Resource Guide," McGraw-Hill Telecommunications, 1999.
- [8] Guan-Chi Chen, and Su-Yin Lee, "Modeling the static and dynamic guard channel schemes for mobile transactions," IEEE Parallel and Distributed Systems International Conference, Dec 1998, pp. 258-265.

- [9] Nishath D. Tripathi, Jeffrey Hugh Read, and Hugh F. Van Landingham, "Radio Resource Management in Cellular Systems," Kluwer Academic Publishers, 2001.
- [10] Averill M. Law, and W. David Kelton, "Simulation Modeling and Analysis," McGraw-Hill International Series, Third Edition, 2000.
- [11] Abbas Jamalipour, "The Wireless Mobile Internet: architectures, protocols and services," John Wiley and Sons, 2003.

# การประชุมวิชาการแห่งชาติของงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 1

## ใบประกาศนียบัตร การนำเสนอผลงานวิจัย

นายชนสัมพันธ์ สมนิสิริ

การประชุมวิชาการการนำเสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 1

เรื่อง “การปรับปรุงประสิทธิภาพของการจัดสรรห้องสมุดแบบบพลวัตสำหรับเครือข่ายเขตอุตสาหกรรม”

สำนักบริหารวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วันพฤหัสบดีที่ 28 สิงหาคม 2551



(รศ.ดร.รวีวรรณ หิมาตระกุล)

ผู้อำนวยการสำนักบริหารวิชาการ



## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นาย ธนสันต์ สนธิศิริ
วัน เดือน ปีเกิด	10 สิงหาคม 2522
ที่อยู่	119/25 ซอยสายไหม8 ถนนสายไหม แขวงสายไหม เขตสายไหม กรุงเทพฯ 10220 โทร 02-990-4348
ประวัติการศึกษา	2546 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
งานวิจัยที่สนใจ	1. การพัฒนาประสิทธิภาพเครือข่ายสื่อสาร 2. การพัฒนาประสิทธิภาพการสื่อสารเคลื่อนที่ 3. การพัฒนาประสิทธิภาพการสื่อสารไร้สาย

### ผลงานทางวิชาการ

- [1] Sontisiri T., Sopechoke P., Thipchaksurat S., and Varakulsiripunth R. "Replacement Algorithm Selection Mechanism Considering File Size for Web Cache Server," Proc. 2004 International Conference on Control, Automation and Systems, August 2004.
- [2] Sontisiri T., Thipchaksurat S., and Varakulsiripunth R. "Performance Improvement of Measurement-based Dynamic Guard Channel for One-dimensional Cellular Networks," National Joint Conference on Computer Science & Software Engineering (JCSSE2007), May 2007.
- [3] ธนสันต์ สนธิศิริ, ศักดิ์ชัย ทิพย์จักษ์ภูรัตน์, และรัตติกร วรากุลศิริพันธ์ "การปรับปรุงประสิทธิภาพของการจัดสรรช่องสัญญาณแบบพลวัตสำหรับเครือข่ายเซลลูล่าแบบสองมิติ," การประชุมวิชาการการนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 1, สิงหาคม 2551, หน้า 273.