สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบมีการจัดลำดับสิทธิการใช้ช่องสัญญาณและการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำบนทางหลวงในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

FIXED FREQUENCY CHANNEL ALLOCATION WITH PRIORITY QUEUE AND FREQUENCY HOPPING ON HIGHWAY MOBILE CELLULAR

TQ48953

เอกกร ภูมิสีธนา

AEKKORN POOMSEETANA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2546

ISBN 974-324-819-6

วท.
จ๕๓๑๔
๒๕๔๖
เลขหมู่
เลขทะเบียน 48953
วัน, เดือน, ปี 13 ม.ค. 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b.....
i.....

FIXED FREQUENCY CHANNEL ALLOCATION WITH PRIORITY QUEUE AND FREQUENCY HOPPING ON HIGHWAY MOBILE CELLULAR

AEKKORN POOMSEETANA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2003

ISBN 974-324-819-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2003

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบมีการจัดลำดับสิทธิ การใช้ช่องสัญญาณ และการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ บนทางหลวงในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่**
นักศึกษา	**นายเอกกร ภูมิสีธนา**
รหัสประจำตัว	43061053
ปริญญา	**วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต**
สาขาวิชา	**วิศวกรรมไฟฟ้า**
พ.ศ.	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	**รศ.ดร. สุวิพล สิทธิชีวภาค**

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่ใช้บริการช่องสัญญาณหลุดออกจากการใช้บริการ ในขณะที่มีการแฮนด์โอเวอร์ เมื่อมีการเปลี่ยนสลับเซลล์ของสถานีฐานที่เกิดขึ้นบนทางหลวง โดยอาศัยการให้สิทธิและการรอคิวใช้ช่องสัญญาณในการแฮนด์โอเวอร์ แนวคิดที่ว่าเซลล์จะมีการซ้อนทับกันอยู่ ซึ่งช่วงเวลานี้สามารถใช้ในการรอเพื่อทำการของเชื่อมต่อวงจรสู่การใช้บริการเซลล์ใหม่ได้ อัลกอลิทึมที่นำมาใช้ในการออกแบบ โปรแกรมจำลองการทำงานของระบบนั้นคล้ายคลึงกับความเป็นจริง กล่าวคือความเร็วของโทรศัพท์เคลื่อนที่ การลดทอนกำลังสัญญาณที่เกิดจากระยะทาง (Path loss) การลดทอนกำลังสัญญาณที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม (Shadow Fading) และการรบกวนกันของสัญญาณ (Interference) ได้นำมาใช้ในการตัดสินใจของโปรแกรมด้วย การวิเคราะห์ผลอาศัยวิธีการคณิตศาสตร์ผสมผสานกับวิธีการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานของระบบ และนำผลมาทำการเปรียบเทียบกับวิธีการดั้งเดิมที่ไม่มีลำดับสิทธิและการรอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Fixed Frequency Channel Allocation with Priority Queue And Frequency Hopping on Highway Mobile Cellular
Student	Mr. Aekkorn Poomseetana
Student ID.	43061053
Degree	Master of Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	2003
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Suvepon Sittichivapak

ABSTRACT

This thesis presents a method, which can be used to solve channel interruption relay handover between communication cells on highway mobile cellular. This method uses priority and queuing channel in handover. The idea is the moment time of cell overlap which can be used for waiting channel connection in new cell. An algorithm which is designed for the working system simulation program is similar to reality. The program uses velocity of mobile, path loss shadow fading and interference to make the decision. All results were analyzed by using the mathematics method with working system simulation program and compare the results with the original method which has not the priority and queuing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบมีการจัดลำดับสิทธิ การใช้ช่องสัญญาณ และการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ บนทางหลวงในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ จาก รศ.ดร. สุวิพล สิทธิชีวภาค ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกทราซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณย่า คุณอา และอาจารย์ทุกท่านที่ให้กำลังใจจนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ นางสาวอังคณา กระจ่าง และ พี่ๆ น้องๆ ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำต่างๆ พร้อมทั้งช่วยให้กำลังใจที่ดีเสมอมา

สุดท้ายขอขอบคุณ นายสิทธิพร เข็มทอง ผู้ล่วงลับ ที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือทางด้านคอมพิวเตอร์โปรแกรมทั้งหมด

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เอกกร ภูมิสีธนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ในการศึกษา 3

1.3 สมมติฐานของการศึกษา 3

1.4 ทฤษฎีและแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย 4

1.5 ขอบเขตการวิจัย 5

1.6 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย 5

บทที่ 2 หลักการทั่วไปของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ กระบวนการแฮนด์โอเวอร์ การจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ และ รูปแบบโมเดลที่ใช้ศึกษา 6

2.1 กล่าวนำ 6

2.2 หลักการและเงื่อนไขการวิเคราะห์ 6

2.2.1 หลักการจัดแบ่งเซลล์ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 8

2.2.2 สัญญาณรบกวน Co-Channel Interference 9

2.2.3 สัญญาณรบกวน Adjacent Channel Interference 13

2.2.4 หลักการแพร่กระจายคลื่น 15

2.2.5 วิธีการหาค่าการลดทอนของสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Path Loss).....17

2.2.6 Log - Normal Fading 18

2.2.7 Multipath Fading และ Doppler Shift 19

2.2.8 คุณภาพการให้บริการ (Grade of Service) 23

2.2.9 การทำแฮนด์โฮเวอร์ (Handover) 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.10 กลยุทธ์การโอนสาย 27
2.2.11 ความถี่หรือโอกาสที่จะเกิดการทำแฮนด์โอเวอร์ 29
2.2.12 กระบวนการของการแฮนด์โอเวอร์ 30
2.2.13 ระยะเวลาการรอสูงสุด 35
2.2.14 การจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ 36

บทที่ 3 การวิเคราะห์หลักการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 38
3.1 กล่าวนำ 38
3.2 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบถาวร (Fixed Channel Allocation, FCA) 39
3.2.1 โมเดลและเงื่อนไขการวิเคราะห์การจัดสรรช่องสัญญาณถาวร 39
3.2.2 อัลกอลิทึมของโปรแกรมจำลองการทำงานการจัดสรรช่องสัญญาณถาวร (Fixed Channel Allocation, FCA) 45
3.3 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing, FCA-QH) 55
3.3.1 โมเดลและเงื่อนไขการวิเคราะห์การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ 55
3.3.2 อัลกอลิทึมของโปรแกรมจำลองการทำงานการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing, FCA-QH) 63
3.4 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing and Frequency Hopping, FCA-QH-FH) 74
3.4.1 โมเดลและเงื่อนไขการวิเคราะห์การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ 74
3.4.2 อัลกอลิทึมของโปรแกรมจำลองการทำงานการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing and Frequency Hopping, FCA-QH-FH) 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองหลักการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 87

4.1 กล่าวนำ 87

4.2 ผลการทดลอง 87

4.3 ผลการวิเคราะห์ 88

บทที่ 5 บทสรุป 96

5.1 กล่าวนำ 96

5.2 ข้อดีและข้อเสียในการใช้วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ เทียบกับการจัดสรรช่องสัญญาณแบบถาวร 97

5.3 แนวทางการศึกษาและวิจัย 98

เอกสารอ้างอิง 99

ภาคผนวก 100

ภาคผนวก ก. ตัวอย่างโปรแกรม Visual Basic ที่ใช้จำลองการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบมีการจัดลำดับสิทธิการใช้ช่องสัญญาณ และการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำบนทางหลวงในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 101

ภาคผนวก ข. ข้อมูลลักษณะของช่องสัญญาณการติดต่อ..... 150

ภาคผนวก ค. บทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์และได้รับการตีพิมพ์ 154

ประวัติผู้เขียน 161

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงค่าของ D ตามขนาดของ N 11

2.2 แสดงตัวอย่างค่าความจุหรือปริมาณทราฟฟิกที่ระบบสามารถรองรับได้ (Erlang B) 26

2.3 แสดงผลการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์กรณีเซลล์ที่มีรัศมีเท่ากับ 16 Km 30

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงการวางตัวและการแบ่งบริเวณพื้นที่ให้บริการของสถานีฐานในระบบจำลอง	7
2.2	แสดงการแบ่งบริเวณพื้นที่ออกเป็นรูปสามเหลี่ยม สีเหลี่ยม และหกเหลี่ยม	8
2.3	แสดงการจัดกลุ่มเซลล์ขนาดต่างๆ	10
2.4	แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของกำลังสัญญาณกับสัญญาณรบกวน (C/I)	10
2.5	แสดงการกำลังสัญญาณ Co-Channel Interference	11
2.6	แสดงตำแหน่งของแหล่งสัญญาณรบกวนที่เกิดจากเซลล์รอบข้าง	13
2.7	แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของกำลังสัญญาณ Adjacent channel interference (C/A)	14
2.8	แสดงการค่าของกำลังสัญญาณ Adjacent channel interference ที่รบกวนช่องสัญญาณที่กำลังใช้งานอยู่	14
2.9	แสดงกำลังงานที่จุดใดๆ สามารถเทียบได้กับพื้นที่เล็กๆ (A) ของพื้นผิวทรงกลม	15
2.10	แสดงการแจกแจงมาตรฐานของ Log – Normal Fading	19
2.11	แสดงลักษณะการเกิด Multipath fading	20
2.12	แสดงลักษณะสัญญาณที่ทำมุมกับระนาบอ้างอิง XYZ	21
2.13	แสดงการแฮนด์โอเวอร์เมื่อกำลังสัญญาณถึงค่าที่กำหนดไว้ต่ำสุด	28
2.14	แสดงการแฮนด์โอเวอร์ไปยังเซลล์ที่มีกำลังสัญญาณสูงกว่า	28
2.15	แสดงขั้นตอนการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างสถานีฐาน (BTS) ที่ควบคุมโดยตัวควบคุมสถานีฐาน หรือ Base Station Controller (BSC) เดียวกัน	31
2.16	แสดงขั้นตอนการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างสถานีฐาน (BTS) ที่ควบคุมโดยตัวควบคุมสถานีฐาน หรือ Base Station Controller (BSC) ที่ต่างกัน แต่อยู่ใน MSC/VLR เดียวกัน	32
2.17	แสดงขั้นตอนการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างสถานีฐานที่ควบคุมโดย MSC/VLR ที่ต่างกัน	34
2.18	แสดงขั้นตอนการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ	36
3.1	แสดงกระบวนการจัดสรรช่องสัญญาณถาวร	39
3.2	แสดงโมเดลมาร์คอฟสำหรับการเปลี่ยนสถานะในระบบกระบวนการเกิดและสิ้นสุด	40
3.3	แสดงโมเดลมาร์คอฟการเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบ	41
3.4	แสดงลักษณะการเข้าคิวคิวแบบ M/M/C/K	42
3.5	แสดงโมเดลมาร์คอฟของการจัดสรรช่องสัญญาณถาวร	43
3.6	แสดงขั้นตอนการทำงานโดยรวมของระบบ	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.7	แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 1	48
3.8	แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 2	49
3.9	แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 3	50
3.10	แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 4	51
3.11	แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 5	52
3.12	แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 6	53
3.13	แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 7	54
3.14	แสดงวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์	55
3.15	แสดงลักษณะการเข้าคิวที่เป็นแบบ M/M/C/K/M	56
3.16	แสดงรูปแบบโมเดลของมาร์คอฟสำหรับการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์	57
3.17	แสดงรูปแบบโมเดลของมาร์คอฟที่สถานะ $(1 \le n \le c-1)$	57
3.18	แสดงรูปแบบโมเดลของมาร์คอฟที่สถานะ $(n \ge c)$	58
3.19	แสดงขั้นตอนการทำงานโดยรวมของระบบ	65
3.20	แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 1	66
3.21	แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 2	67
3.22	แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 3	68
3.23	แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 4	70
3.24	แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 5	71
3.25	แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 6	72
3.26	แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 7	73
3.27	แสดงการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ	74
3.28	แสดงขั้นตอนการทำงานโดยรวมของระบบ	78
3.29	แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 1	79
3.30	แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 2	80
3.31	แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 3	81
3.32	แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 4	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.33 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 5 84

3.34 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 6 85

3.35 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 7 86

4.1 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เรียกเข้าครั้งใหม่ไม่สำเร็จระหว่าง ตาราง Erlang B กับผลที่ได้จากโปรแกรมจำลองการทำงาน 89

4.2 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เรียกเข้าครั้งใหม่ไม่สำเร็จระหว่างการจัดสรรช่องสัญญาณทั้ง 3 ลักษณะ 90

4.3 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จระหว่างการจัดสรรช่องสัญญาณทั้ง 3 ลักษณะ 91

4.4 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จเมื่อให้ระยะเวลาและความยาวของคิวแตกต่างกัน 92

4.5 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เรียกเข้าครั้งใหม่ไม่สำเร็จเมื่อให้ระยะเวลาและความยาวของคิวแตกต่างกัน 93

4.6 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่หลุดออกจากระบบเนื่องสัญญาณรบกวนของการจัดสรรช่องสัญญาณทั้ง 3 ลักษณะ 94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้มีการริเริ่มใช้ครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกาในปี พ.ศ. 2489 โดยมีการทดลองใช้ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในย่านความถี่ 150 MHz ซึ่งมีช่องสัญญาณ 6 ช่องสัญญาณ โดยระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณมีค่าเท่ากับ 60 kHz ต่อมามีความต้องการใช้งานเพิ่มมากขึ้น จึงมีการลดขนาดของช่องสัญญาณลงเหลือเพียง 30 kHz ทำให้มีช่องสัญญาณเพิ่มขึ้นเป็น 11 ช่องสัญญาณ และทาง FCC (Federal Communication Commission) ได้อนุญาตให้ใช้ความถี่ที่ย่าน 470 MHz อีก 12 ช่องสัญญาณ แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้บริการของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ต่อมาในปี พ.ศ. 2518 ทาง FCC ได้อนุญาตให้ใช้ความถี่ย่าน 800-900 MHz เป็นอิสระโดยให้เอกชนสามารถสร้างระบบสื่อสารในย่านความถี่นี้ได้ ทางบริษัท AT&T จึงได้นำความถี่ในช่วงดังกล่าวมาใช้ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ใหม่ ที่มีการใช้เทคนิคการใช้เทคนิคในการนำความถี่ที่ถูกใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ (Frequency reused) ในเขตพื้นที่ต่างกัน ซึ่งก็คือระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลล์ลูล่าร์ (Cellular Mobile Telephone) ที่เป็นการใช้สเปคตรัมความถี่ที่มีอยู่จำกัดอย่างมีประสิทธิภาพเป็นครั้งแรก โดยมีการทดลองใช้ที่เมืองชิคาโก ในปี พ.ศ. 2526 และต่อมาก็แพร่หลายไปทั่วประเทศอเมริกา นอกจากนี้ก็ยังมีการนำแนวคิดของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลล์ลูล่าร์ไปพัฒนาประยุกต์ใช้ทั่วโลก โดยเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและมาตราฐานให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมตลอดจนย่านความถี่ที่อนุญาตให้ใช้

การทำงานของโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบเดิมนั้นจะมีการติดตั้งเครื่องรับ-ส่งสัญญาณวิทยุกำลังส่งสูง เช่น บนเนินเขา เพื่อที่จะทำให้ขอบเขตของการให้บริการมีพื้นที่กว้าง สถานีฐานที่ทำหน้าที่รับ-ส่งสัญญาณวิทยุของโทรศัพท์เคลื่อนที่ แต่ละสถานีจะสามารถครอบคลุมพื้นที่ได้ส่วนหนึ่ง ดังนั้นจึงต้องติดตั้งสถานีฐานเพิ่มตามจุดต่างๆ เพื่อสามารถครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างยิ่งขึ้น แต่การใช้งานของระบบเดิม เมื่อเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำการเริ่มเรียกจากในพื้นที่ของโซนหนึ่งและมีการเคลื่อนที่ไปยังโซนอื่น จะทำให้การเรียกนั้นขาดหายไปได้หรือเรียกกันว่าสายหลุดซึ่งจะต้องทำการเรียกใหม่อีก จึงไม่สามารถรับประกันได้ว่าการเรียกจะสามารถกระทำได้สมบูรณ์จนกระทั่งสิ้นสุดการใช้บริการทุกครั้งไป จึงได้มีการพัฒนาระบบการเปลี่ยนเซลล์ (Handover) ขึ้นระหว่างเซลล์ ซึ่งจำหน้าที่ในการเชื่อมโยงการติดต่อสื่อสารของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ขณะที่มีการเปลี่ยนเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งโดยอัตโนมัติ ทำให้การเรียกสามารถกระทำได้อย่างต่อเนื่อง

ในปัจจุบันนี้การสื่อสารได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว กว่า 20 ปีมาแล้วในช่วงก่อนปี พ.ศ. 2523 ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลล์ลูล่าร์แบบอะนาลอก ได้เติบโตอย่างรวดเร็วในประเทศแถบยุโรป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศกลุ่มสแกนดิเนเวีย จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2525 ก็เริ่มการก้าวสู่ยุคของระบบโทรศัพท์ดิจิตอล มีการรวมตัวกันของกลุ่ม Conference of European Posts and Telegraphs หรือ CEPT ขึ้นเพื่อศึกษาระบบโทรศัพท์ โดยเรียกกลุ่ม Group Special Mobile (GSM) เพื่อทำการศึกษาและพัฒนาระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ใช้ในแถบภาคพื้นยุโรป โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพและบริการของระบบ และพัฒนาระบบให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกันในกลุ่มประเทศสมาชิก ในปี พ.ศ. 2532 ความรับผิดชอบของ GSM ได้ส่งมอบไปให้กับ European Telecommunication Standard Institute หรือ ETSI ข้อกำหนดระบบ GSM ระยะที่หนึ่ง ได้ตีพิมพ์ขึ้นในปี พ.ศ. 2533 และเริ่มใช้งานจริงในประมาณกลางปี พ.ศ. 2534 และคำย่อของ GSM ปัจจุบันได้เปลี่ยนไปเป็น Global System for Mobile ผู้พัฒนาระบบ GSM เลือกใช้ระบบดิจิตอล ซึ่งตรงข้ามกับระบบเซลล์ลูล่าร์แบบอะนาลอกที่เป็นมาตรฐานอย่างเช่นระบบ AMPS ในสหรัฐอเมริกา และ TACS ในสหราชอาณาจักร [1]

ในช่วงหลายๆปีที่ผ่านมา จำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่เพิ่มขึ้นมากกว่าที่คาดไว้เป็นอย่างมาก ปัญหาที่เกิดขึ้นกับผู้ให้บริการระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ก็คือการจัดสรรช่องสัญญาณความถี่ที่มีอยู่ให้เพียงพอต่อผู้ใช้บริการ แม้ว่าในระบบการสื่อสารจะมีปริมาณของช่องสัญญาณความถี่อยู่จำนวนจำกัด แนวทางในการแก้ไขปัญหาก็คือ ทำอย่างไรให้ปริมาณช่องสัญญาณความถี่ที่มีอยู่จำกัดนี้ ถูกใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีคุณภาพของการให้บริการมากที่สุด กล่าวคือการแก้ปัญหาโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้บริการช่องสัญญาณหลุดออกจากการใช้บริการในขณะทำการแฮนด์โอเวอร์ให้การเกิดขึ้นน้อยลง และมีการแก้ปัญหาโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้บริการช่องสัญญาณหลุดออกการใช้บริการซึ่งเกิดขึ้นจากสัญญาณรบกวน และการลดทอนสัญญาณที่เกิดขึ้นจากสิ่งแวดล้อมรอบบริเวณที่เครื่องลูกข่ายใช้บริการอยู่ สิ่งที่จำเป็นในการพัฒนาและปรับปรุงการจัดสรรช่องสัญญาณเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น คืออัลกอลิทึมที่นำมาใช้ในการตัดสินใจการจัดสรรช่องสัญญาณที่เกิดขึ้นในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ในการศึกษา

ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือต้องการศึกษาและทดลอง การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบมีการจัดลำดับสิทธิการใช้ช่องสัญญาณ และการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำบนทางหลวงในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งระบบมีช่องสัญญาณความถี่อยู่จำกัด ให้ถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดภายใต้ข้อจำกัดของสิ่งแวดล้อมที่ถูกกำหนดขึ้น และสามารถนำวิธีการที่ได้ศึกษาแล้วไปทดลองใช้กับระบบ โดยทำการทดลองกับระบบที่จำลองขึ้น และให้ระบบอยู่ในขอบเขตที่ต้องการ เพื่อให้ผลการทดลองการจำลองการทำงานของระบบ อยู่บนพื้นฐานเดียวกัน และนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

จากนั้นจะเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบที่ใช้วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณความถี่ที่ทำการศึกษาอยู่กับวิธีการดั้งเดิมในสิ่งแวดล้อมของระบบที่เหมือนกัน โดยใช้วิธีการวัดประสิทธิภาพจากค่าความน่าจะเป็นของเครื่องลูกข่ายที่หลุดออกจากระบบในขณะทำการติดต่อสื่อสารอยู่ และค่าความน่าจะเป็นของการขอแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จมาเป็นตัวพิจารณา

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

เนื่องจากปัญหาที่มักเกิดขึ้นในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่บนทางหลวง ก็คือ ปัญหาโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่ใช้บริการช่องสัญญาณหลุดออกการใช้บริการในขณะที่มีการแฮนด์โอเวอร์เมื่อมีการเปลี่ยนสลับเซลล์ของสถานีฐานที่มีทราฟฟิคหนาแน่น และอยู่ในบริเวณที่มีสัญญาณรบกวนบนทางหลวง

เป็นที่ทราบกันดีว่ายานพาหนะที่เคลื่อนที่ไปบนทางหลวงนั้นมีความเร็วสูง เป็นผลให้เครื่องลูกข่ายมีความเร็วขึ้นของอยู่กับยานพาหนะนั้นๆ และความเร็วของเครื่องลูกข่ายแต่ละเครื่องนั้นเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นเครื่องข่ายจึงมีโอกาสเกิดการแฮนด์โอเวอร์ได้ง่าย ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องปรับปรุงให้ระบบนั้นสามารถรองรับการแฮนด์โอเวอร์ที่เกิดขึ้นมากนี้ให้ได้ โดยการจัดสรรช่องสัญญาณแบบให้มีการจัดสิทธิในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ กล่าวคือการแฮนด์โอเวอร์มีสิทธิในการเข้าใช้ช่องสัญญาณก่อนการเรียกเข้าครั้งใหม่ [2] อีกทั้งทำการพิจารณาช่วงเวลาที่เป็นไปได้ที่มีการซ้อนทับระหว่างเซลล์ เพื่อการรอช่องสัญญาณของเซลล์ใหม่ก่อนที่สายอาจจะหลุดเนื่องจากการแย่งใช้ช่องสัญญาณ ซึ่งการจัดสรรช่องสัญญาณแบบนี้มี 2 สถานะ คือกรณีที่มีช่องสัญญาณในเซลล์เพียงพอที่จะให้บริการ และอีกกรณีคือช่องสัญญาณในเซลล์นั้นเต็ม ไม่มีช่องสัญญาณว่าง ในกรณีแรกนั้นระบบจะสามารถให้บริการเครื่องลูกข่ายได้ตามปกติ ไม่ว่าเครื่องลูกข่ายจะอยู่ในสถานะใดๆ ส่วนในอีกกรณีหนึ่งนั้น เครื่องลูกข่ายที่เรียกเข้าใหม่ทั้งหมดจะถูกบล็อก เครื่องลูกข่ายที่ขอจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำจะได้สิทธิเข้าใช้ช่องสัญญาณก่อนเป็นอับดับแรก และเครื่องลูกข่ายที่ขอทำการแฮนด์โอเวอร์จะได้สิทธิรองลงมา [3] อีกทั้งยังมีระยะเวลารอขอรับบริการเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับระยะเวลาที่ระบบอนุญาตให้รอได้สูงสุด ถ้าหากยังไม่มีช่องสัญญาณว่างพอที่จะให้บริการเครื่องลูกข่ายที่ขอทำการแฮนด์โอเวอร์นี้จะถูกบล็อกออกจากระบบหรือสายหลุดไป และในกรณีเครื่องลูกข่ายที่ขอจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ ถ้าในช่วงเวลาที่ขอช่องสัญญาณนั้นไม่มีช่องสัญญาณที่ว่าง เครื่องลูกข่ายก็จะถูกบล็อกออกจากระบบหรือสายหลุดไปเช่นกัน ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ระบบกำหนด กล่าวคือเมื่อเครื่องลูกข่ายขอจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำไม่สำเร็จ ข้อความที่ใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างสถานีฐานกับเครื่องลูกข่ายก็จะสูญหายไป และเมื่อข้อความสูญหายไปครบจำนวนตามที่ระบบอนุญาต เครื่องลูกข่ายนั้นก็จะถูกบล็อกออกจากระบบหรือสายหลุดไป ซึ่งการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบมีการจัดลำดับสิทธิการใช้ช่องสัญญาณ และการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำจะช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพดีกว่าระบบที่ใช้วิธีดั้งเดิม

1.4 ทฤษฎีและแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่ใช้บริการช่องสัญญาณหลุดออกการใช้บริการในขณะที่มีการแฮนด์โอเวอร์เมื่อมีการเปลี่ยนสลับเซลล์ของสถานีฐานและอยู่ในบริเวณที่มีสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นบนทางหลวง โดยอาศัยการให้สิทธิและการรอคิวใช้ช่องสัญญาณในการขอแฮนด์โอเวอร์ และการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำสำหรับเครื่องลูกข่ายเพื่อแก้ปัญหาสัญญาณรบกวน โดยแนวคิดที่ว่าเซลล์จะมีการซ้อนทับกันอยู่ ซึ่งช่วงเวลานี้สามารถใช้ในการรอเพื่อทำการขอเชื่อมต่อวงจรสู่การใช้บริการเซลล์ใหม่ได้ และทำการจัดสรรช่องสัญญาณที่ยังว่างอยู่ในเซลล์นั้นให้กับเครื่องลูกข่ายที่ถูกรบกวนจากสัญญาณรบกวน โดยแนวคิดที่ว่าช่องสัญญาณแต่ละช่องมีระดับความเข้มของสัญญาณไม่เท่ากัน อัลกอลิทึมที่นำมาใช้ในการออกแบบโปรแกรมจำลองการทำงานของระบบนั้นคล้ายคลึงกับความเป็นจริง กล่าวคือ ความเร็วของโทรศัพท์เคลื่อนที่ การลดทอนกำลังสัญญาณที่เกิดจากระยะ (Path loss) การลดทอนกำลังสัญญาณที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม (Fading) และสัญญาณรบกวน (Interference) ได้นำมาใช้การตัดสินใจของโปรแกรมด้วย การวิเคราะห์ผลอาศัยวิธีการคณิตศาสตร์ผสมผสานกับวิธีการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานของระบบ และนำผลมาทำการเปรียบเทียบกับวิธีการดั้งเดิมที่ไม่มีลำดับสิทธิและการรอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพิจารณาการจัดสรรช่องสัญญาณใน 3 ลักษณะนั่นคือ

1) การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบดั้งเดิม (Fixed Channel Allocation, FCA)

2) การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing, FCA-QH)

3) การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing and Frequency Hopping, FCA-QH-FH)

ซึ่งลักษณะการจัดสรรช่องสัญญาณทั้ง 3 แบบนี้มีความแตกต่างกันเพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบกัน โดยใช้โปรแกรมจำลองการทำงานของระบบ ภายใต้เงื่อนไขสิ่งแวดล้อมที่กำหนด

1.6 ขั้นตอนของการศึกษาวิจัย

1) ศึกษาหลักการทั่วไปของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ กระบวนการแฮนด์โอเวอร์ การจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ

2) กำหนดเงื่อนไขและขอบเขตในการวิเคราะห์การจัดสรรช่องสัญญาณ

3) เขียนโปรแกรมการจำลองการทำงานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

4) ทำการทดลองและเปรียบเทียบค่าความน่าเป็นที่ได้กับทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน โดยไม่มีเงื่อนไขของสิ่งแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง

5) ทำการทดลองการจำลองการทำงานการจัดสรรช่องสัญญาณทั้ง 3 แบบมีความแตกต่างกันเพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบกัน โดยใช้โปรแกรมจำลองการทำงานของระบบภายใต้เงื่อนไขสิ่งแวดล้อมที่กำหนด

6) สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการทั่วไปของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ กระบวนการแฮนด์โอเวอร์ การจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ และ รูปแบบโมเดลที่ใช้ศึกษา

2.1 กล่าวนำ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงหลักการทั่วไปของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ กระบวนการแฮนด์โอเวอร์ การจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ รูปแบบโมเดลที่ใช้ศึกษา การศึกษาโมเดลที่จะนำมาใช้ในการคำนวณตัวแปรต่างๆที่มีผลกับการจำลองระบบ

2.2 หลักการและเงื่อนไขการวิเคราะห์

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ดิจิตอล โดยอ้างอิงข้อมูลจากระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM และในการสร้างโมเดลสำหรับใช้วิเคราะห์ระบบนั้นจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้ [3],[4]

1) เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นใหม่ในระบบ จะใช้ช่องสัญญาณที่มีกำลังสัญญาณเพียงพอที่จะทำการติดต่อสื่อสารได้ คือมากกว่าที่ระบบยอมรับ

2) เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่จะหลุดออกจากระบบ มีสองกรณี คือ เมื่อกำลังสัญญาณที่ได้รับมีค่าต่ำกว่าค่าต่ำสุดที่ระบบยอมรับ และเมื่อระบบไม่สามารถแปลสัญญาณที่ได้รับจากสัญญาณของเครื่องลูกข่ายได้

3) เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่จะทำการแฮนด์โอเวอร์ในกรณีที่ความเข้มของสัญญาณจากเซลล์ข้างเคียง มีค่ามากกว่าความเข้มของสัญญาณจากเซลล์ที่ให้บริการอยู่ 5 dB ขึ้นไป หรือเมื่อความเข้มของสัญญาณน้อยกว่า –100 dBm และอยู่ในบริเวณที่เซลล์ซ้อนทับกันอยู่เท่านั้น

4) Log-normal fading และ Multipath Fading ได้นำมาพิจารณาในระบบด้วย

5) เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่จะเคลื่อนที่ข้ามเซลล์ด้วยความเร็วคงที่โดยเป็นค่าที่เกิดจากการสุ่มค่า

6) เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทุกเครื่อง จะมีตำแหน่งพิกัดที่อยู่ภายในเซลล์และทิศทางของการเคลื่อนที่ ในทิศทางตามแนวทางหลวง

7) สถานีฐานเรียงตัวไปตามความยาวของถนน และใช้สายอากาศแบบกระจายสัญญาณรอบทิศทาง (Omnidirectional Antennas)

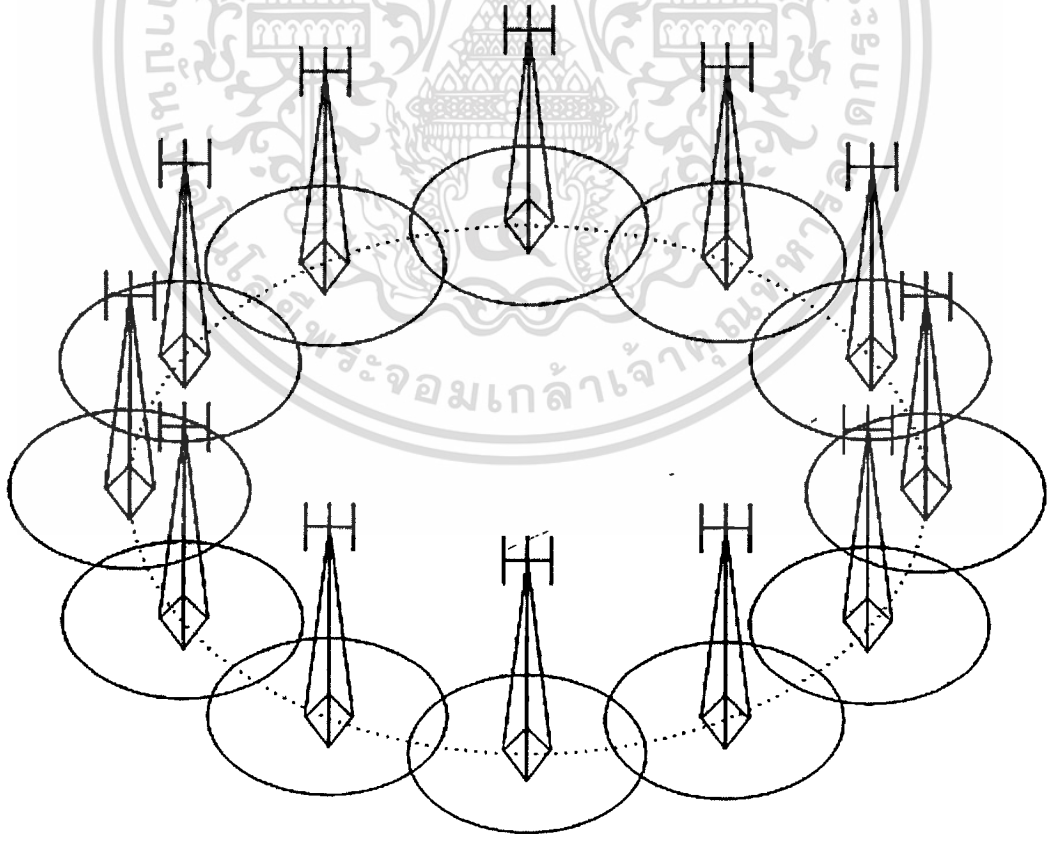
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ทราฟฟิกการเรียกเข้าในระบบของเครื่องลูกข่ายทั้งที่เรียกเข้าครั้งใหม่ มีลักษณะการแจกแจงแบบปัวส์ซง (Poisson distribution) และมีอิสระต่อกันด้วยอัตราเฉลี่ยเท่ากับ λ

9) ระยะเวลาที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ใช้บริการช่องสัญญาณมีรูปแบบการกระจายแบบเอ็กโปเนนเชี่ยล (Exponential Distribution)

10) เนื่องจากการแฮนด์โอเวอร์ที่เกิดขึ้นในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่มี 3 แบบ คือ การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างสถานีฐาน (BTS) ที่ควบคุมโดยตัวควบคุมสถานีฐาน หรือ Base Station Controller (BSC) เดียวกัน, การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างสถานีฐาน (BTS) ที่ควบคุมโดยตัวควบคุมสถานีฐาน หรือ Base Station Controller (BSC) ที่ต่างกัน แต่อยู่ใน MSC/VLR เดียวกัน และ การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างสถานีฐานที่ควบคุมโดย MSC/VLR ที่ต่างกัน การแบ่งลักษณะนี้เนื่องจากมีการขบวนการแฮนด์โอเวอร์ที่ต่างกัน ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำวิเคราะห์ภายใต้เงื่อนไขการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างสถานีฐาน (BTS) ที่ควบคุมโดยตัวควบคุมสถานีฐาน หรือ Base Station Controller (BSC) เดียวกัน

11) เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่จะทำการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำในกรณีที่ค่า C/I มีค่าต่ำกว่า 9 dB และเซลล์ที่ให้บริการอยู่นั้นมีช่องสัญญาณเพียงพอ



รูปที่ 2.1 แสดงการวางตัวและการแบ่งบริเวณพื้นที่ให้บริการของสถานีฐานในระบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 หลักการจัดแบ่งเซลล์ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

จุดมุ่งหมายหลักของการแบ่งพื้นที่ให้บริการออกเป็นเซลล์ย่อยก็เพื่อที่จะสามารถใช้ประโยชน์จากสเปกตรัมที่มีอยู่อย่างจำกัดให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด ลักษณะการแบ่งพื้นที่นั้นสามารถทำกันได้หลายรูปแบบ เช่น การแบ่งเป็นพื้นที่รูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม หรือหกเหลี่ยม ดังที่แสดงในรูปที่ 2.2 พิจารณาจากรูปจะเห็นได้ว่าการแบ่งพื้นที่ออกเป็นรูปหกเหลี่ยมเหมือนรังผึ้งสามารถครอบคลุมบริเวณได้กว้างกว่าการแบ่งบริเวณออกเป็นรูปสามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยมเมื่อกำหนดให้ R มีขนาดเท่ากัน ซึ่งหมายความว่าสำหรับพื้นที่ให้บริการที่เท่ากันเราจะใช้จำนวนอุปกรณ์รับส่งสัญญาณที่น้อยลงได้ นอกจากนี้รูปหกเหลี่ยมก็มีความคล้ายคลึงกับรูปวงกลมมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องใกล้เคียงกับลักษณะการแพร่กระจายของคลื่นสัญญาณมากขึ้น และที่สำคัญมากที่สุดคือรูปหกเหลี่ยมจะมีปัญหาของสัญญาณรบกวนรอบข้างน้อยกว่ารูปแบบอื่น

รูปที่ 2.2 แสดงการแบ่งบริเวณพื้นที่ออกเป็นรูปสามเหลี่ยม สีเหลี่ยม และหกเหลี่ยม

หลังจากที่บริเวณพื้นที่ได้ถูกแบ่งออกเป็นเซลล์ย่อยๆ แล้ว เรื่องสำคัญที่ต้องพิจารณาต่อมาก็คือว่าจะจัดแบ่งการใช้ความถี่อย่างไรจึงจะเหมาะสม ตัวอย่างการจัดการใช้งานความถี่ที่ง่ายที่สุดก็คือการอนุญาติให้ใช้ความถี่ที่มีอยู่ทั้งหมดซ้ำในทุกๆเซลล์ได้ซึ่งวิธีนี้จะให้ประโยชน์สูงสุด หากแต่ในทางปฏิบัติเราอาจจะไม่สามารถใช้ความถี่ในลักษณะนี้ได้ เพราะที่บริเวณเส้นแบ่งระหว่างเซลล์ที่ติดกันเครื่องลูกข่ายจะได้รับสัญญาณ 2 ชุดที่ความถี่เดียวกันที่ส่งจากสถานีฐานสองแห่ง ซึ่งสัญญาณจากทั้ง 2 แหล่งจะรบกวนกันเองและทำให้เครื่องลูกข่ายนั้นไม่สามารถแยกสัญญาณทั้งสองออกจากกันได้ นอกจากนี้ยังมีสัญญาณรบกวนในลักษณะเดียวกันจากสถานีฐานอื่นๆ ที่อยู่รอบข้างด้วย ดังนั้นค่าของอัตราส่วนระหว่างกำลังของสัญญาณที่ต้องการกับผลรวมของกำลังสัญญาณจากสถานีฐานอื่น ๆ ณ ที่ค่าความถี่เดียวกันที่กลายเป็นสัญญาณรบกวนจึงเป็นค่าที่สำคัญมากในการจัดแบ่งความถี่ ค่านี้มีชื่อเรียกว่า Co-Channel Interference (C/I) โดย C คือกำลังของสัญญาณที่ต้องการ และ I คือกำลังของสัญญาณจากแหล่งอื่นๆที่ไม่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 สัญญาณรบกวน Co-Channel Interference

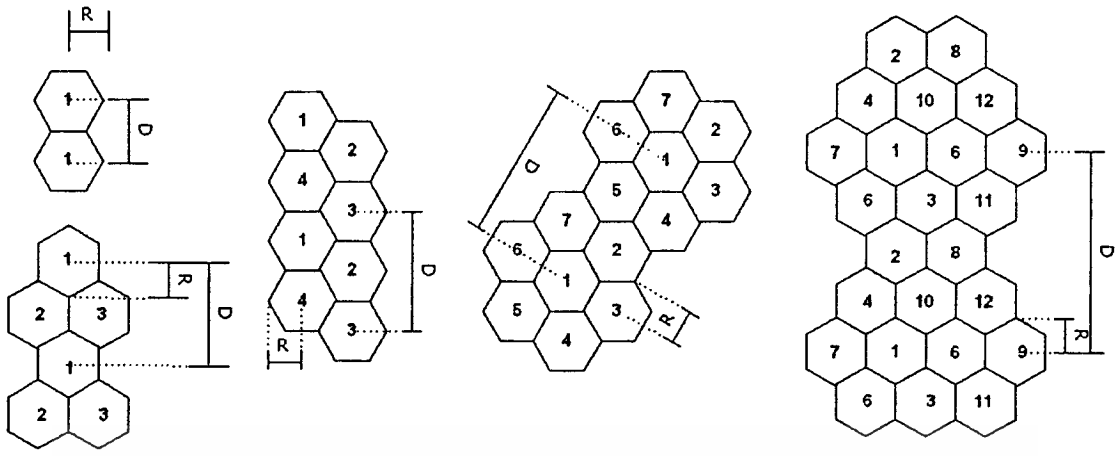
ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้มีการนำเอาความถี่ที่ใช้งานแล้วกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็นการใช้สเปคตรัมแถบความถี่อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ผลกระทบที่เกิดขึ้นก็คือ จะมีผลทำให้เกิดการรบกวนกันของสัญญาณที่มีการใช้ความถี่ของช่อสัญญาณเดียวกัน ซึ่งสิ่งที่เกิดขึ้นนี้เรียก Co-Channel Interference จึงต้องมีวิธีการต่างๆ เพื่อใช้ในการลดค่าของ Co-Channel Interference ให้อยู่ในระดับที่สามารถทำการติดต่อกันได้โดยไม่มีการรบกวนซึ่งกันและกัน ซึ่งพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพิจารณาค่าของโคแชนแนลอินเตอร์เฟอร์เร้นท์ก็คือ ค่าระยะห่างระหว่างเซลล์ที่ใช้ความถี่เดียวกัน (D) กับค่ารัศมีของเซล (R) โดยแฟคเตอร์ในการลด Co-Channel Interference จะมีค่าเท่ากับ

พื้นที่ในระบบที่เกิด Co-Channel Interference ขอบเขตครอบคลุมการให้บริการของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยเฉพาะการเกิดบางจุดที่มีระดับของสัญญาณต่ำจนทำให้ไม่สามารถทำการติดต่อหรือพูดคุยโทรศัพท์ได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งปัญหานี้แก้ไขได้โดยการเพิ่มระดับสัญญาณที่ส่งในทิศทางนั้นเพิ่มขึ้น แต่ผลที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มระดับสัญญาณขึ้นนี้จะทำให้เกิด Co-Channel Interference สูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งไม่เป็นผลดี ดังนั้นในพื้นที่ครอบคลุมของเซลจะต้องคำนึงถึง Co-Channel Interference ในพื้นที่นั้นด้วย

เมื่อผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณทราฟฟิคมีค่าสูงขึ้น จึงมีการนำเอาช่องสัญญาณที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่อีก ในพื้นที่ที่ไม่ติดกับเซลล์ที่ใช้ช่องสัญญาณเดิม ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณการใช้บริการของระบบ แต่ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นตามมาคือ Co-Channel Interference เพิ่มสูงขึ้นเพราะว่า Co-Channel Interference จะเกิดขึ้นจากพื้นที่การครอบคลุมของเซลล์ และปริมาณของการเพิ่มช่องสัญญาณ ผลกระทบของผู้ใช้จากการเกิด Co-Channel Interference นี้จะทำให้คุณภาพของเสียงด้อยลง ซึ่งอาจจะมีเสียงของผู้ใช้ในเซลล์อื่นๆ เข้ามารบกวนในขณะสนทนาอยู่ได้

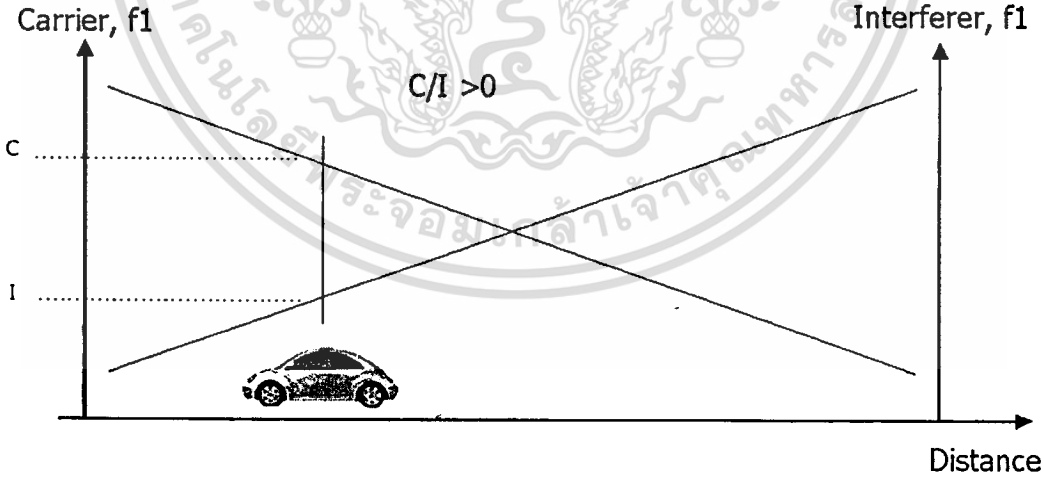
รูปที่ 2.3 แสดงการแบ่งการใช้ความถี่แบบต่างๆ ตามจำนวนของเซลล์ (N) ที่นำมารวมกันเป็นหนึ่งกลุ่มเซลล์ ในรูปมีกรณี N = 1, 3, 4, 7 และ 12 ภายในกลุ่มเซลล์เดียวกันจำนวนความถี่ทั้งหมดที่มีอยู่ถูกแบ่งออกเป็น N ส่วนสำหรับแต่ละสมาชิกเซลล์ เพราะฉะนั้นถ้าจำนวนเซลล์ในหนึ่งกลุ่มยิ่งมีมากเท่าใดจำนวนความถี่ในแต่ละเซลล์ก็จะลดลงตามเท่านั้น ซึ่งหมายถึงว่าความจุของช่องสัญญาณในแต่ละเซลล์ก็มีเซลล์ก็มีขนาดที่เล็กลงด้วย แต่ถ้าขนาดของ N เล็กเกินไปก็จะมีปัญหาของ Co-Channel Interference ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องวิเคราะห์หาขนาดของ N ที่เล็กที่สุดที่สามารถให้ค่า C/I ที่ใหญ่เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



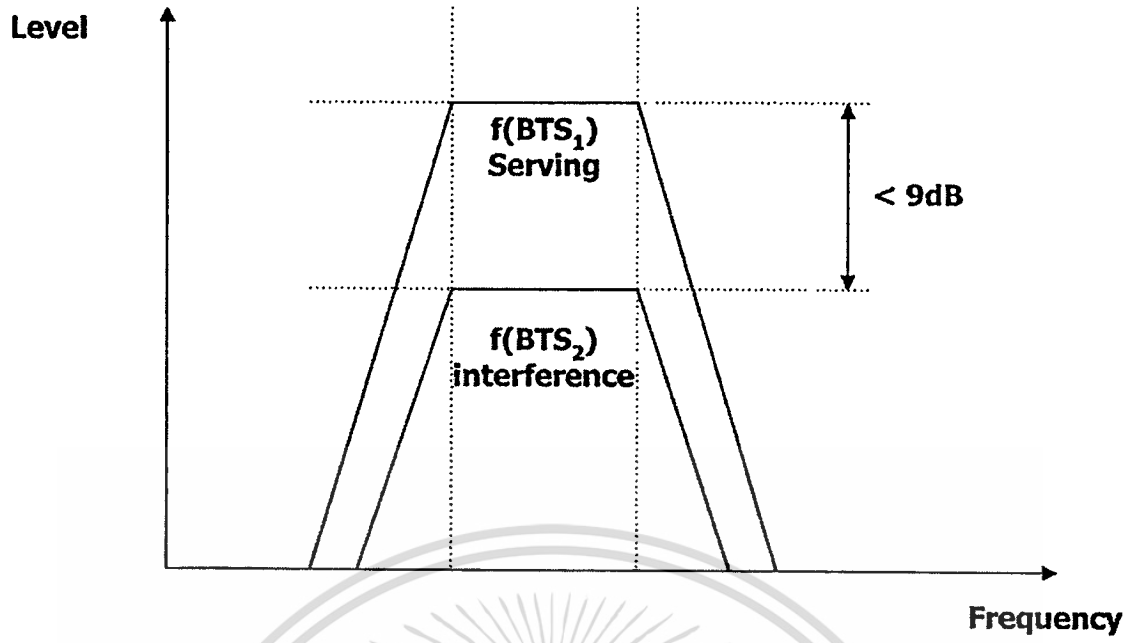
รูปที่ 2.3 แสดงการจัดกลุ่มเซลล์ขนาดต่างๆ

รูปที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบของค่าของกำลังสัญญาณกับสัญญาณรบกวน เมื่อระยะทางระหว่างสถานีฐานและเครื่องลูกข่ายเปลี่ยนแปลงไป ค่า C/I จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเครื่องลูกข่ายเคลื่อนที่เข้าสถานีฐานให้บริการอยู่ เพราะเมื่อเข้าใกล้สถานีฐานกำลังสัญญาณที่ต้องการ C จะมีค่าเพิ่มขึ้น และกำลังของสัญญาณจากแหล่งอื่นๆที่ไม่ต้องการ I จะมีค่าลดลง และในทางกลับกันเมื่อเครื่องลูกข่ายเคลื่อนที่ออกสถานีฐานให้บริการอยู่ ค่า C/I จะมีค่าลดลง



รูปที่ 2.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของกำลังสัญญาณกับสัญญาณรบกวน (C/I)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงการกำลังสัญญาณ Co-Channel Interference

ก่อนที่จะทำการคำนวณค่า C/I เราจำเป็นต้องทำความเข้าใจกับค่าพารามิเตอร์ค่าหนึ่งที่เกี่ยวข้องคือค่า Co-Channel reuse (D/R) โดย D คือระยะระหว่างสถานีฐาน 2 แห่งที่มีการใช้งานความถี่ชุดเดียวกัน และ R คือรัศมีของบริเวณที่สถานีฐานครอบคลุมอยู่ ค่านี้มีความสำคัญเพราะว่าเป็นค่าที่บ่งบองถึงผลกระทบของสัญญาณรบกวนจากสถานีฐานรอบข้างทั้งหมดต่อสัญญาณความถี่ที่สถานีฐานนั้นๆ ใช้งานอยู่ โดยใช้วิธีการทางเรขาคณิตสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง D และ N ได้ดังที่แสดงผลไว้ในตารางที่ 2.1 ซึ่งได้อัตราส่วน D/R มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3N}$

ตารางที่ 2.1 ค่าของ D ตามขนาดของ N

N	$D = \sqrt{3N}\ R$
1	$\sqrt{3}R$
3	3R
4	$2\sqrt{3}R$
7	$\sqrt{21}R$
12	6R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหากสมมุติว่าสายอากาศที่ใช้เป็นแบบ Omnidirectional antenna คือมีการกระจายของคลื่นสัญญาณออกในทุกทิศทุกทางเท่ากัน ค่ากำลังของสัญญาณที่รับได้ (C) จากโทรศัพท์เคลื่อนที่ระยะห่างออกไป d จะเท่ากับ

$$C = k \frac{P}{d^n} \tag{2.1}$$

โดย P คือ ค่ากำลังของสัญญาณที่ส่งออกจากสถานีฐาน n เป็นค่าคงที่ที่มีค่าระหว่าง 2-6 ขึ้นอยู่กับสภาพของบริเวณที่คลื่นสัญญาณส่งผ่าน โดยทั่วไปแล้วมักจะกำหนดให้ n มีค่าประมาณเท่ากับ 4 และ k เป็นค่าคงที่ค่าหนึ่ง

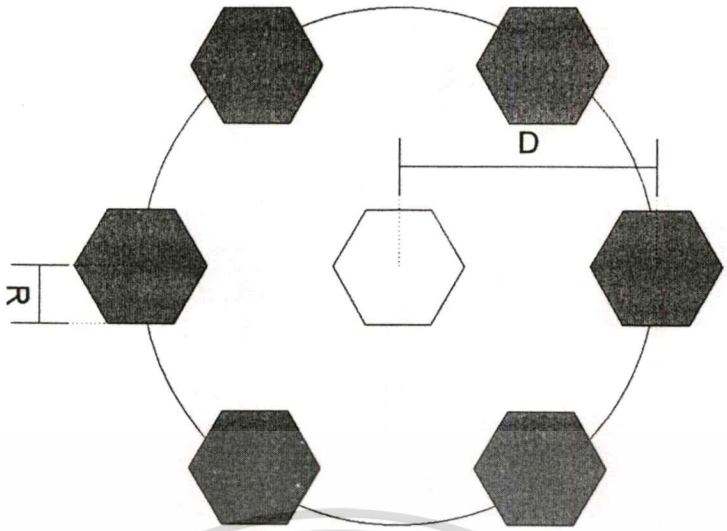
รูปที่ 2.5 แสดงตำแหน่งของเซลล์ทั้งหมด 6 เซลล์รอบข้างที่ส่งผลกระทบต่อการรับสัญญาณของเครื่องลูกข่ายที่อยู่ภายในการดูแลของเซลล์ตรงกลางได้ ณ ตำแหน่งของเครื่องลูกข่ายที่จะได้รับสัญญาณอ่อนที่สุดจากสถานีฐานก็คือบริเวณขอบของเซลล์ซึ่งมีระยะห่างจากสถานีฐานเท่ากับ R ดังนั้นกำลังของสัญญาณที่ได้รับมีค่าเท่ากับ

$$C = k \frac{P}{R^4} \tag{2.2}$$

ส่วนระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดสัญญาณจากเซลล์รอบข้างก็จะคิดจากจุดศูนย์กลางของเซลล์นั้นไปถึงตำแหน่งของเครื่องลูกข่ายเคลื่อนที่ ณ ตำแหน่งตรงบริเวณขอบเซลล์แต่เพื่อความสะดวกในการคำนวณและวิเคราะห์จะสมมติว่าเซลล์ทั้ง 6 เซลล์ รอบข้างโดยเฉลี่ยแล้วมีระยะทางห่างจากเครื่องลูกข่ายเท่ากัน D เท่ากันหมด เพราะฉะนั้นที่เครื่องลูกข่ายจะได้รับสัญญาณที่ไม่ต้องการ (I) เท่ากัน

$$I = k \frac{6P}{D^4} \tag{2.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงตำแหน่งของแหล่งสัญญาณรบกวนที่เกิดจากเซลล์รอบข้าง

ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างกำลังสัญญาณที่ต้องการต่อสัญญาณที่ไม่ต้องการมีค่าเท่ากับ

$$\frac{C}{I} = \frac{D^4}{6R^4} \tag{2.4}$$

และจากที่คำนวณไว้แล้วว่า D/R มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3N}$ ดังนั้น

$$\frac{C}{I} = 1.5N^2 \tag{2.5}$$

จากความสัมพันธ์นี้จะเห็นได้ว่าค่า C/I จะขึ้นถ้าหากจำนวนเซลล์ในหนึ่งกลุ่ม N มีขนาดใหญ่ขึ้นในทางปฏิบัติถ้าค่า C/I ที่ต้องการคือประมาณ 9 dB

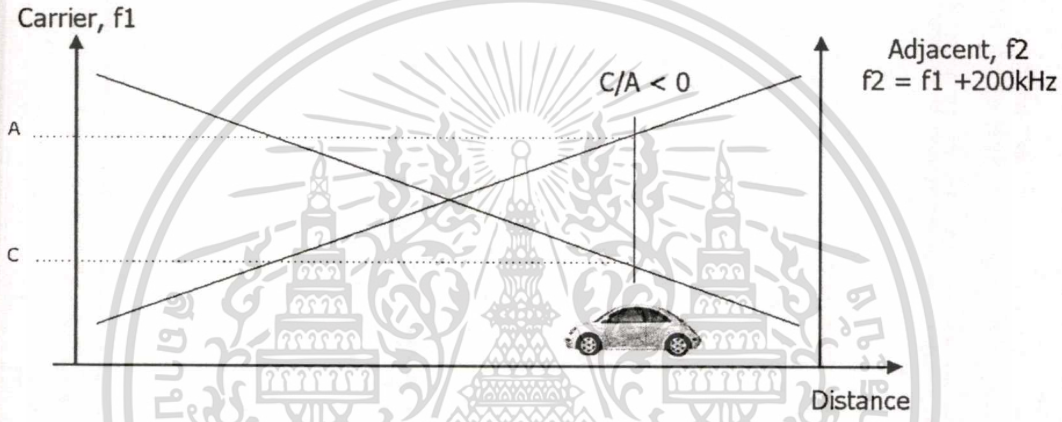
2.2.3 สัญญาณรบกวน Adjacent Channel Interference

สัญญาณรบกวนอีกชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่คือ Adjacent Channel Interference ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดจากการรบกวนกันของช่องทางสื่อสารที่มีการใช้ความถี่ใกล้เคียงกัน สาเหตุหลักการของปัญหานี้ก็เนื่องมาจากการที่วงจรกรองสัญญาณที่ใช้ไม่ได้คุณสมบัติที่เป็นอุดมคติ ดังนั้นจึงอาจมีสัญญาณจากช่องสัญญาณที่ใช้ความถี่ใกล้เคียงลอดผ่านวงจรกรองเข้ามาได้บางส่วน ซึ่งปัญหานี้จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพการรับส่งสัญญาณได้ชัดเจนมากในบางกรณี

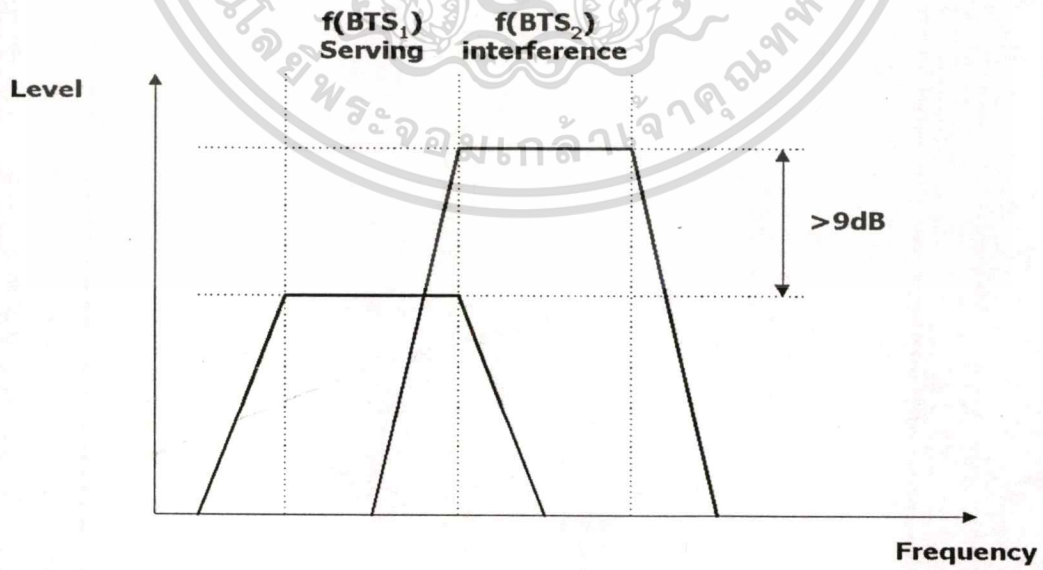
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น มีเครื่องลูกข่าย 2 เครื่องที่ส่งสัญญาณโดยใช้ความถี่ที่ใกล้เคียงกัน และเครื่องลูกข่ายเครื่องหนึ่งอยู่ใกล้สถานีฐานมากๆ ส่วนอีกเครื่องหนึ่งอยู่ห่างไกลออกไป ดังนั้นระดับของสัญญาณที่รับได้ที่สถานีฐานจากเครื่องลูกข่ายทั้ง 2 เครื่องจึงมีความแตกต่างกันมาก ในสภาวะเช่นนี้ผลกระทบของ Adjacent channel interference จึงมีความรุนแรงมากขึ้น

โดยปกติแล้วเราสามารถแก้ปัญหานี้ได้โดยการใช้วงจรกรองสัญญาณที่มีคุณลักษณะที่ดีคือสามารถกรองสัญญาณความถี่ที่ไม่ต้องการออกให้ได้มากที่สุด อีกทางหนึ่งที่ช่วยลดปัญหานี้ลงได้ก็คือการจัดสรรความถี่ที่เหมาะสมสำหรับใช้งานในแต่ละเซลล์นั้น คือภายในเซลล์หนึ่งๆ ควรจะเลือกชุดความถี่ที่มีระยะห่างกันมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ใน



รูปที่ 2.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของกำลังสัญญาณ Adjacent channel interference (C/A)



รูปที่ 2.8 แสดงการค่าของกำลังสัญญาณ Adjacent channel interference ที่รบกวนช่องสัญญาณที่กำลังใช้งานอยู่

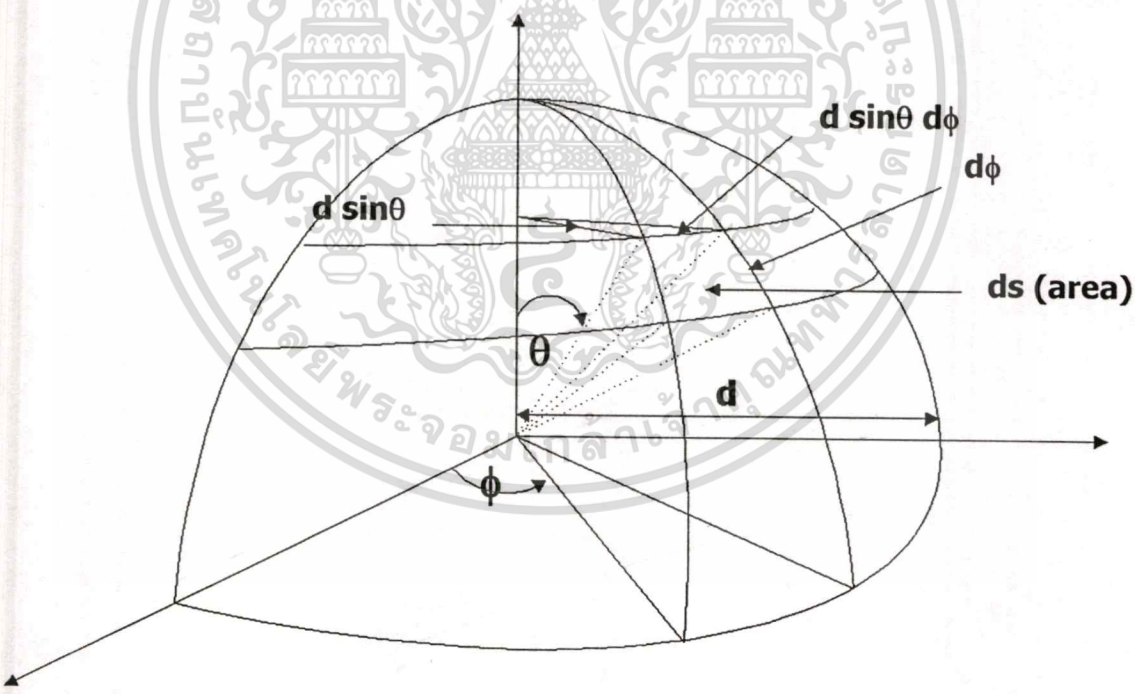
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 หลักการแพร่กระจายคลื่น

การสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่จะใช้การสื่อสารทางคลื่นวิทยุ ที่ใช้การแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปในอากาศ ซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะเป็นค่าส่วนกลับกำลังสองกับระยะทาง ถ้าสมมติให้แหล่งกำเนิดสัญญาณเป็นแบบไอโซโทรปิค (Isotropic) การแพร่กระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเป็นลักษณะรอบทิศทาง ถ้ากำหนดให้กำลังงานที่ส่งออกไปมีค่าเท่ากับ P_t การแพร่กระจายรอบทิศทางสามารถพิจารณาเป็นลักษณะของวงกลมรอบๆ แหล่งกำเนิดสัญญาณที่มีรัศมีเป็น d ดังแสดงในรูปที่ 2.8 จึงทำให้กำลังงานที่จุดใดๆ สามารถเทียบได้กับพื้นที่เล็กๆ (A) ของพื้นผิวทรงกลม ค่าความหนาแน่นของกำลังงานจะเท่ากับ[5]

$$P_D = \frac{P_t}{4\pi d^2} \tag{2.5}$$

โดย $4\pi d^2$ คือ พื้นที่ของการกระจายคลื่นซึ่งเป็นรูปกลมและรัศมี d



รูปที่ 2.9 แสดงกำลังงานที่จุดใดๆ สามารถเทียบได้กับพื้นที่เล็กๆ (A) ของพื้นผิวทรงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางปฏิบัติสายอากาศจะต้องมีคุณสมบัติของทางทิศทางในการรับหรือแพร่กระจายคลื่น ซึ่งหมายถึงจะกระจายคลื่นได้มากในทิศทางหนึ่งและน้อยในอีกทางหนึ่ง มีอัตราการขยายกำลังของสายอากาศต่อกำลังงานของสายอากาศที่กระจายรอบทิศทางในระยะทางที่เท่ากัน และมีกำลังอินพุทเท่ากัน สมมติให้ G_t คืออัตราการขยายกำลังของสายอากาศจากเครื่องส่ง ดังนั้นความหนาแน่นของกำลังงานในทิศทางของการแพร่กระจายได้เป็น

$$P_D = \frac{P_t G_t}{4\pi d^2} \tag{2.6}$$

ส่วนทางด้านสายอากาศของเครื่องรับก็จะติดตั้งในทิศทางที่สามารถรับสัญญาณได้สูงสุด สมมุติให้ Pr คือกำลังงานที่สายอากาศของเครื่องลูกข่ายได้รับ ในกรณีเช่นนี้สายอากาศจะใช้พื้นที่ในการรับสัญญาณ ดังนั้นค่ากำลังที่รับได้จะมีค่าเป็น

$$P_D = \frac{P_t G_t}{4\pi d^2} \times A \tag{2.7}$$

โดย A คือ พื้นที่ในการรับสัญญาณ

ในสายอากาศใดๆก็ตาม อัตราส่วนของการกระจายขยายสูงสุดต่อพื้นที่รับสัญญาณ คือ

$$\frac{A}{G_r} = \frac{\lambda^2}{4\pi} \tag{2.8}$$

กำหนดให้ λ คือความยาวคลื่นของคลื่นที่แพร่กระจาย ถ้า Gr คืออัตราการขยายกำลังของสายอากาศรับ

$$\frac{P_r}{P_t} = G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2 \tag{2.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ 2.9 เป็นสมการพื้นฐานของการแพร่กระจายคลื่นในบรรยายกาศปกติ ความถี่จะมีหน่วยเป็น MHz และระยะทาง d เป็นกิโลเมตร จากความสัมพันธ์ $\lambda = C/f$ เมื่อแทนในสมการที่ 2.9 จะได้

$$\frac{P_r}{P_t} = G_t G_r \left(\frac{0.57x10^{-3}}{(d \times f)^2} \right) \tag{2.10}$$

จากสมการที่ 2.10 สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของ dB คือ

$$(P_r)_{dB} = (P_t)_{dB} + (G_t)_{dB} + (G_r)_{dB} - (32.44 + 20\log d + 20\log f) \tag{2.11}$$

อัตราส่วนของกำลังงานที่รับได้กับกำลังงานที่ส่ง (โดยใช้สายอากาศแบบไอโซโทรปีค ค่าอัตราส่วนการขยายกำลังของ Gr และ Gt จะมีค่าเท่ากับ 1) จะเป็นค่าการสูญเสียของการแพร่กระจายคลื่น (L) ดังนั้นจะได้

$$L = 32.44 + 20\log d + 20\log f \tag{2.12}$$

2.2.5 วิธีการหาค่าการลดทอนของสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Path Loss)

การหาลดทอนของสัญญาณ จะมีความสำคัญมากในการวางแผนและออกแบบระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูล่าร์ ซึ่งความเที่ยงตรงของการหาค่าการลดทอนจะขึ้นอยู่กับการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่อย่างถูกต้อง ครอบคลุมพื้นที่บริการที่ต้องการทั้งหมด เช่น สภาพความสูง-ต่ำของภูมิประเทศ ความสูงและจำนวนของสิ่งก่อสร้าง ฯลฯ ซึ่งในการใช้บริการของเขตพื้นที่ตัวเมือง สิ่งก่อสร้างต่างๆ จะมีผลอย่างมากต่อการแพร่กระจายของสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ ดังนั้นในการคำนวณค่าการลดทอนของสัญญาณในเขตเมืองที่มีสิ่งก่อสร้างต่างๆ มากมายจะทำได้ยาก ค่าที่ได้จากวิธีการคาดคะเนการแพร่กระจายของคลื่น จะเป็นวิธีการหนึ่งที่สำคัญมากในการวางแผนระบบโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการคาดคะเนการแพร่กระจายของคลื่น ตามวิธีของ COST231-Hata Model เป็นโมเดลที่ใช้ในการคำนวณค่าลดทอนสัญญาณที่เกิดขึ้นในย่านความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1500-2000 MHz ซึ่งวิธีการของ COST231-Hata Model สามารถแสดงค่าลดทอนของสัญญาณได้ดังนี้[5]

$$L_p\,(\mathrm{dB}) = A + B\log_{10}(d) + C \tag{2.13}$$

โดยที่

$A = 46.3 + 33.9\log_{10}(f_c) - 13.28\log_{10}(h_b) - 3.2[\log_{10}(11.75h_m)]^2 - 4.97$

$B = 44.9 - 6.55\log_{10}(h_b)$

C = 0 เมื่อเป็นสิ่งแวดล้อมแบบชานเมือง หรือ

C = 3 เมื่อเป็นสิ่งแวดล้อมแบบในเมืองหลวง

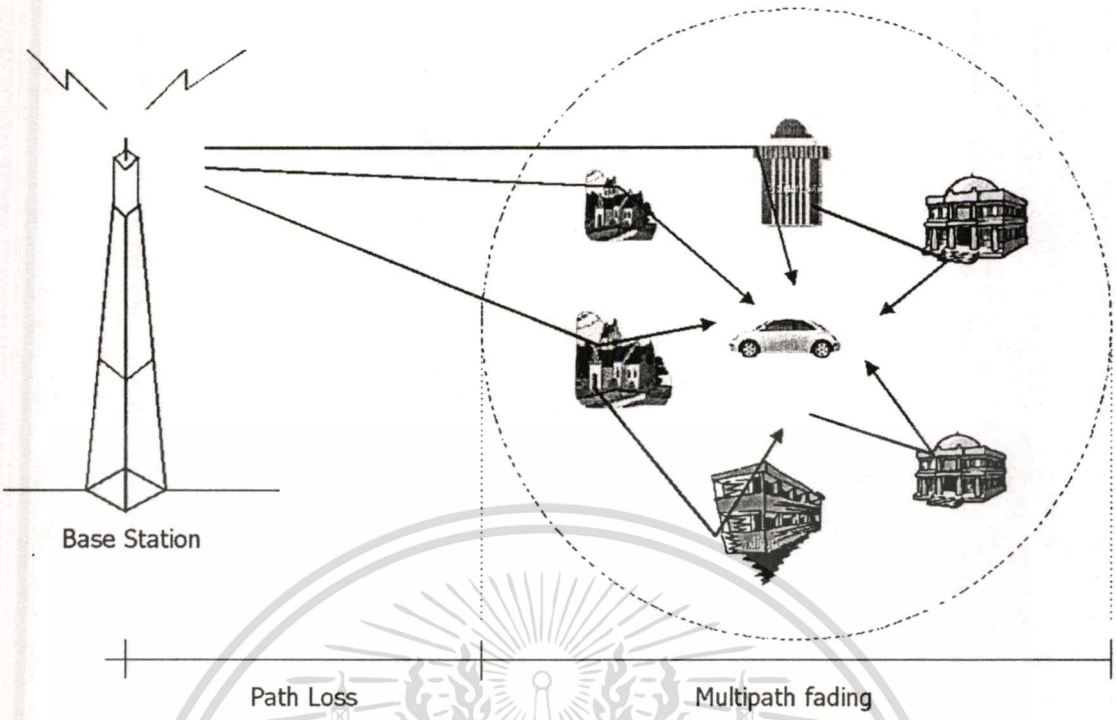
f_c (ย่านความถี่)	1500-2000 MHz
h_b (ความสูงของสถานีฐาน)	30-200 m
h_m (ความสูงของโทรศัพท์มือถือ)	1-10 m
d (ระยะทางระหว่างเครื่องลูกข่ายและสถานีฐาน)	1-20 km

2.2.6 Log - Normal Fading

ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ สิ่งแวดล้อมมีผลกระทบต่อการแพร่กระจายของสัญญาณคลื่น การลดทอนที่เกิดขึ้นกับสัญญาณมีจะค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นบริเวณนั้นๆ ความหนาแน่น ความสูง ตำแหน่งของสิ่งก่อสร้างและอาคาร ลักษณะภูมิประเทศ โดยในแต่ละบริเวณจะมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่างกันไป ค่า Log – Normal มีการแจกแจงแบบปกติ มีรูปของสมการ 2.14

$$p(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}\exp\left[\frac{-(y-\lambda)^2}{2\sigma^2}\right] \tag{2.14}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

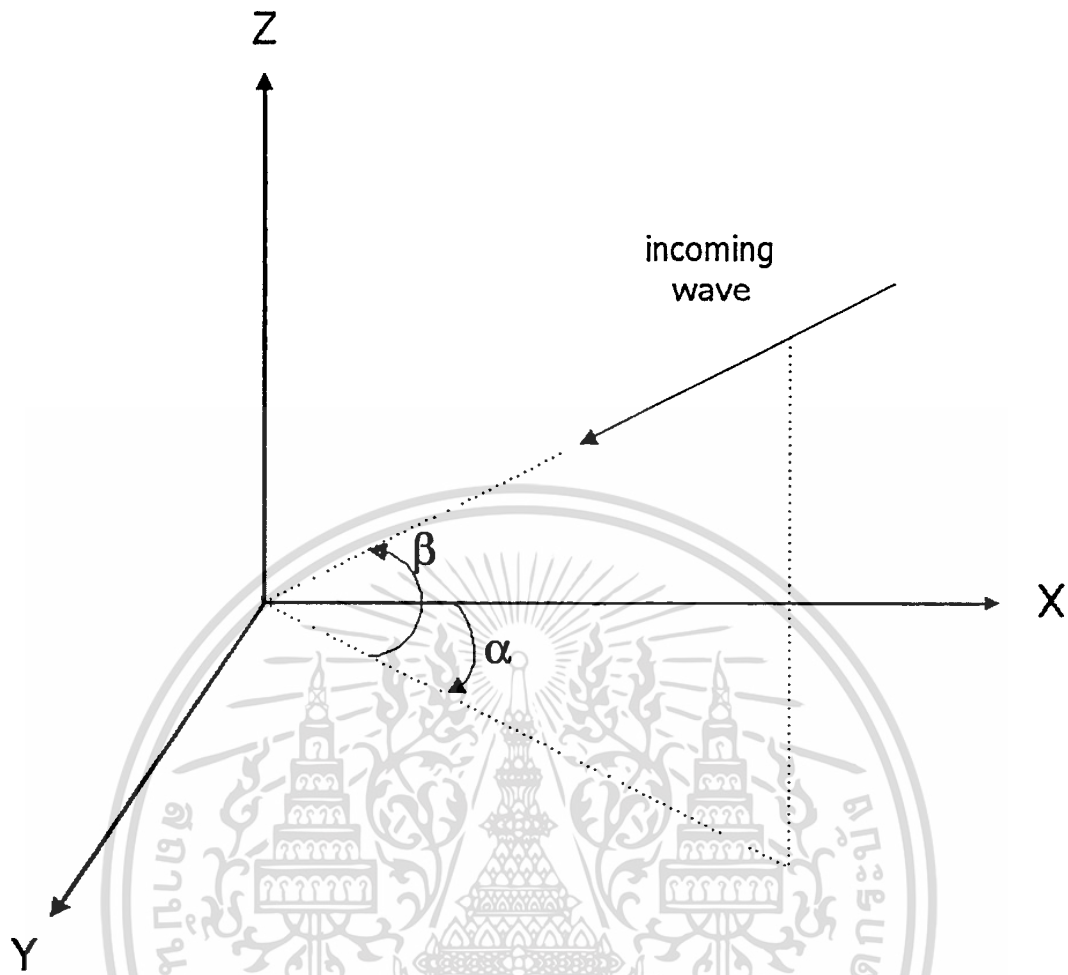


รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะการเกิด Multipath fading

Multipath Fading ที่เกิดขึ้นในระบบอาจเกิด Fading ของสัญญาณอย่างรุนแรง เนื่องจากสายอากาศของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่บางครั้งอยู่ต่ำกว่าวัตถุรอบข้างและค่าความยาวคลื่นจะสั้นกว่าโครงสร้างของวัตถุที่บังอยู่รอบข้างมาก ทำให้เกิดสัญญาณ Multipath รอบข้างเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ และผลจากการรวมของคลื่นที่มาจากทิศทางต่างๆ จะทำให้เกิดการ Fading ของสัญญาณขึ้นได้สัญญาณจะแกว่งขึ้นๆลงๆ อยู่ในย่านประมาณ 40 dB (สูงขึ้น 10 dB และต่ำลง 30 dB จากค่าเฉลี่ยของสัญญาณ)

ในการคำนวณหากำลังสัญญาณที่ได้รับเมื่อเกิด Multipath Fading ขึ้นรอบๆบริเวณที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่นั้น ตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่รับสัญญาณจะถูกสมมติให้สามารถสัญญาณ N ค่า ดังในรูปที่ 2.11 แสดงถึงลักษณะของสัญญาณที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้รับสัญญาณที่ N จะมีค่า Amplitude เท่ากับ C_n ค่า Phase ณ เครื่องรับมีค่าเท่ากับ ϕ_n และมุมตกกระทบแนวอ้างอิงเท่ากับ α_n และ β_n ค่าตัวแปร C_n, ϕ_n, α_n และ β_n เป็นตัวแปรที่มีการแจงแจกแบบสุ่มและเป็นตัวแปรที่อิสระต่อกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะสัญญาณที่ทำมุมกับระนาบอ้างอิง XYZ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้อ้างอิงถึง Clarke 's Model [5] ซึ่งเป็น Model ที่ใช้ในการคำนวณค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ยที่ได้รับเมื่อเกิด Multipath Fading ขึ้นรอบๆบริเวณที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่ โดย Clarke 's Model กำหนดให้

1) มุมตกกระทบ β_n นั้นเป็น 0 เสมอ

2) เฟส ณ จุดตกกระทบ ϕ_n มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ (Uniform Distribution) มีค่าอยู่ระหว่าง $(0,2\pi)$

3) มุมตกกระทบ α_n นั้น ค่าของตัวแปรจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ทำมุมกับสถานีฐานในแกนระนาบ XY

และใน Clarke 's Model นี้ยังรวมการคำนวณผลที่เกิดจาก Doppler Shift กล่าวคือมีการนำค่าความเร็วของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เข้ามาคำนวณหาค่ากำลังสัญญาณเฉลี่ยที่ได้รับด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยของ Amplitude C จะสามารถคำนวณได้จาก

$$E\{C_n^2\} = \frac{E_0}{N} \tag{2.15}$$

เมื่อค่า E_0 เป็นค่าคงที่ที่เป็นบวก และ N เป็นจำนวนสัญญาณที่รับค่าได้

จากสมการที่ 2.15 มาเขียนในอยู่ในเทอมของเวลาได้ดังสมการที่ 2.16

$$E(t) = \sum_{n=1}^{N} E_n(t) \tag{2.16}$$

จากสมการที่ สามารถนำความสัมพันธ์ของเวลา, ตำแหน่ง, มุมตกกระทบ และ เฟส อธิบายความสัมพันธ์รวมกันได้ในสมการที่ 2.17

$$E_n(t) = C_n \cos\left(\omega_0 t - \frac{2\pi}{\lambda}(x_0 \cos\alpha_n \cos\beta_n + y_0 \sin\alpha_n \cos\beta_n + z_0 \sin\beta_n) + \phi_n\right) \tag{2.17}$$

เมื่อสมมติให้ที่รับสัญญาณเคลื่อนที่ได้ความเร็วคงที่ คือ โทรศัพท์เคลื่อนที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับ V ไปบทแกนระนาบ XY โดยทิศทางการเคลื่อนที่ของโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำมุม γ กับแกน X เมื่อเวลาผ่านไปช่วงหนึ่งตำแหน่งที่เครื่องรับสัญญาณของโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่นั้นจะสามารถเขียนได้เป็น ($V\cos\gamma$, $V\sin\gamma$, z_0) ดังนั้นที่ได้รับ ณ ตำแหน่งนี้จะสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2.18)

$$E(t) = I(t)\cos\omega_c t - Q(t)\sin\omega_c t \tag{2.18}$$

โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I(t) = \sum_{n=1}^{N} C_n \cos(\omega_n t + \theta_n) \tag{2.19}$$

$$Q(t) = \sum_{n=1}^{N} C_n \sin(\omega_n t + \theta_n) \tag{2.20}$$

และ

$$\omega_n = \frac{2\pi v}{\lambda} \cos(\gamma - \alpha_n) \cos \beta_n \tag{2.21}$$

$$\theta_n = \frac{2\pi z_0}{\lambda} \sin \beta_n + \phi_n \tag{2.22}$$

เมื่อ $I(t)$ และ $Q(t)$ in - phase กัน

จากสมการข้างต้นเทอมของ ω_n ($=2\pi f_n$) เป็นเทอมที่แสดงผลที่เกิดจากการเกิด Doppler shift โดยที่เกิดขึ้นกับสัญญาณ N ค่าที่รับได้ จำนวนของสัญญาณ N ในทางทฤษฎีค่า N มีค่าเป็น infinite แต่ในทางปฏิบัติ N ควรมีค่ามากกว่า 6 ขึ้นไป

2.2.8 คุณภาพการให้บริการ (Grade of Service)

จากการที่ช่องสัญญาณที่มีอยู่สำหรับการใช้งานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่มีขนาดจำกัด ทำให้ช่องสัญญาณความถี่ที่ใช้งานได้ในแต่ละเซลล์มีจำนวนจำกัด หากแต่เมื่อพิจารณาจำนวนผู้ใช้บริการโทรศาท์เคลื่อนที่ที่มีอยู่จะพบว่ามีจำนวนมากกว่ามาก ด้วยสาเหตุนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการแบ่งกันและผลัดกันใช้คลื่นความถี่เหล่านี้คนละช่วงเวลาระหว่างผู้ใช้บริการทั้งหมดภายในระบบ นั่นคือเมื่อใดที่ผู้ใช้คนหนึ่งมีความต้องการจะใช้โทรศัพท์ ระบบโทรศัพท์ก็จะจัดสรรช่องความถี่ที่เหมาะสมให้ 1 ช่องสัญญาณ โดยผู้ใช้ก็จะใช้และครอบครองความถี่นี้ก็สามารถนำไปใช้รองรับความต้องการใช้โทรศัพท์ของผู้ใช้บริการอื่นๆ ต่อไป ด้วยวิธีการนี้เองที่ทำให้เราสามารถใช้ช่องสัญญาณที่มีอยู่อย่างจำกัดมารองรับผู้ใช้บริการจำนวนมากๆ ได้

จากหลักการดังกล่าวมานี้ ทำให้สามารถคำนวณจำนวนช่องสัญญาณที่จำเป็นต้องมีเพื่อให้เพียงพอที่จะรองรับจำนวนผู้ใช้บริการ โดยที่สามารถให้บริการที่มีคุณภาพในระดับ (Grade of service) ตามที่ต้องการได้ คำว่า Grade of service (GOS) เป็นการวัดความสามารถของผู้ใช้ในการเข้าใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบระหว่างชั่วโมงที่มีการใช้งานโทรศัพท์สูงสุด โดยทั่วไปแล้วในการวัดค่าของ GOS สามารถทำได้โดยการวัดจากความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้โทรศัพท์คนหนึ่งไม่สามารถจะโทรศัพท์ออกได้ เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณที่มีอยู่ในเซลล์นั้นได้มีผู้ใช้คนอื่นครอบครองไว้จนหมดแล้ว (Blocking probability) ซึ่งในกรณีนี้ผู้ใช้ก็จะต้องพยายามโทรใหม่ภายหลัง หรือในบางระบบอาจจะมีการใช้คิวเข้ามาช่วย นั่นคือเมื่อไม่มีช่องสัญญาณว่างเลย การโทรศัพท์นั้นก็จะได้รับการจัดให้เข้าไปอยู่ในคิวและรอจนกว่าจะมีผู้ใช้สิ้นสุดการสนทนา ในกรณีนี้ค่าของ GOS ก็อาจจะวัดได้จากระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้ใช้ต้องรอคอยจนกระทั่งมีช่องสัญญาณว่าง

ในการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของการเกิดบล็อก (Blocking probability) จะต้องอาศัยทฤษฎีเรื่องของคิว (Queuing theory) ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นโดยนักคณิตศาสตร์ชาวเดนมาร์กที่มีชื่อว่า Erlang ในปัจจุบันได้มีการนำชื่อของเขามาใช้เป็นหน่วยวัดของทราฟฟิกที่เรียกว่า ความเข้มของทราฟฟิก (Traffic intensity) โดยที่ 1 Erlang จะหมายถึงปริมาณของทราฟฟิกที่มีอยู่ในช่วงหนึ่งหน่วยเวลา ยกตัวอย่างเช่น ถ้าช่องสัญญาณช่องหนึ่งมีการใช้งานทั้งหมด 15 นาที ในช่วงเวลาทั้งหมด 1 ชั่วโมง ก็จะกล่าวว่ามีปริมาณทราฟฟิกเท่ากับ 0.25 Erlang ค่าความเข้มของทราฟฟิกของผู้ใช้แต่ละคนขึ้นอยู่กับอัตราความถี่ของการใช้โทรศัพท์คูณด้วย ระยะเวลาการสนทนา (Holding time) นั่นคือ ผู้ใช้แต่ละคนจะมีความเข้มของทราฟฟิกเท่ากับ A_U Erlang ตามสมการต่อไปนี้

$$A_U = \lambda H \tag{2.23}$$

โดยที่ H คือ ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการสนทนาของแต่ละครั้ง
และ λ คือ ค่าเฉลี่ยของจำนวนการโทรต่อหนึ่งหน่วยเวลา

สำหรับระบบที่มีผู้ใช้จำนวน U คน เราสามารถหาค่าความเข้มของทราฟฟิกรวม A ได้ตามสมการ คือ

$$A = UA_U \tag{2.24}$$

นอกจากนี้ในระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณเท่ากับ C ถ้าทราฟฟิกมีการกระจายลงในแต่ละช่องสัญญาณในปริมาณที่เท่าๆ กัน เราจะสามารถหาความเข้มของทราฟฟิกต่อหนึ่งช่องสัญญาณ A_C ได้ดังสมการคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A_C = \frac{UA_U}{C} \tag{2.25}$$

ในการศึกษาถึง GOS ในระบบโดยวัดจากความน่าจะเป็นที่การโทรออกจะถูกบล็อก เนื่องจากช่องสัญญาณที่มีอยู่ได้มีการใช้งานทั้งหมด เพื่อให้การวิเคราะห์สามารถทำได้ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการตั้งสมมติฐานหลายอย่างดังต่อไปนี้

1) จำนวนการโทรมีการกระจายเป็นแบบปัวส์ซง (Poisson distribution)

2) จำนวนของผู้ใช้มีจำนวนมาก (infinity)

3) ผู้ใช้แต่ละคนสามารถที่จะโทรศัพท์ออก ณ เวลาใดๆ ก็ได้และเป็นอิสระต่อกัน

4) ระยะเวลาการสนทนามีการกระจายเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียลแบบลบ (Negative exponential)

5) จำนวนช่องสัญญาณในระบบมีจำกัด ซึ่งเรียกว่าระบบ M/M/C Queue ทำให้ได้สูตร Erlang B (Erlang B formula) ซึ่งสูตรนี้จะทำให้ทราบความน่าจะเป็นที่การจะถูกบล็อกเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดค่า GOS ของระบบ

จากข้อสมมติฐานเหล่านี้เมื่อทราบ ปริมาณทราฟฟิกทั้งหมดที่จะรองรับ (A) และจำนวนช่องสัญญาณที่มีอยู่ (C) เราสามารถคำนวณหาความน่าจะเป็นของการเกิดบล็อกได้จากสมการ Erlang B

$$\Pr[\text{Blocking}] = \text{GOS} = \frac{A^C / C!}{\sum_{K=0}^{C} A^k / k!} \tag{2.26}$$

จากสมการนี้สามารถนำมาสร้างเป็นตารางแสดงค่าความจุหรือปริมาณทราฟฟิกทีระบบสามารถรองรับได้ภายใต้เงื่อนไข จำนวนช่องสัญญาณ C ที่มีอยู่ และค่าความน่าจะเป็นของการเกิดการบล็อก

ยกตัวอย่างเช่น ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ได้กำหนดให้ GOS มีค่าเท่ากับ 2% หมายถึงว่า ในชั่วโมงที่มีการใช้งานสูงสุด ถ้ามีการโทรเข้ามา 100 ครั้ง จะต้องเกิดการบล็อกไม่เกิน 2 ครั้ง ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างค่าความจุของระบบหรือปริมาณทราฟฟิกที่ระบบสามารถรองรับได้ ตามจำนวนช่องสัญญาณ C ที่มีอยู่ ที่ค่าความน่าจะเป็นในการเกิดการบล็อกขนาดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างค่าความจุหรือปริมาณทราฟฟิกที่ระบบสามารถรองรับได้ (Erlang B)

จำนวนช่องสัญญาณ (C)	ความจุของระบบ (Erlang B) สำหรับค่า GOS			
	0.50%	1%	2%	5%
1	0.005	0.01	0.02	0.053
2	0.1054	0.1525	0.223	0.381
3	0.349	0.4554	0.6022	0.899
5	1.13	1.36	1.66	2.22
10	3.96	4.46	5.08	6.22
20	11.1	12.0307	13.1816	15.2
24	14.2	15.3	16.6	19
40	27.4	29	31	34.6
80	62.7	65.4	68.7	74.8
100	80.9	84.1	88	95.2

2.2.9 การทำแฮนด์โอเวอร์ (Handover)

การแฮนด์โอเวอร์จะเกิดขึ้นเมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่เครื่องหนึ่งซึ่งกำลังมีการใช้งานอยู่ภายในเซลล์หนึ่ง ได้เคลื่อนที่ออกห่างจากขอบเขตการดูแลของเซลล์นั้น แล้วเริ่มเข้าไปอยู่ในบริเวณการดูแลของอีกเซลล์หนึ่ง ซึ่งโดยปกติแล้วสัญญาณที่ได้รับจากเซลล์ปัจจุบันจะมีระดับสัญญาณลดลงเรื่อยๆตามระยะทางที่ห่างออกไป ในขณะเดียวกันเมื่อเครื่องลูกข่ายเข้าใกล้สถานีฐานของเซลล์ข้างเคียงมากขึ้นก็จะทำให้สามารถรับสัญญาณจากเซลล์ข้างเคียงได้แรงขึ้น เพื่อที่จะให้การสนทนาของผู้ใช้ไม่ถูกขัดจังหวะโดยการแฮนด์โอเวอร์จะเกิดขึ้นมากน้อยแค่ไหนนั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดเซลล์ ถ้าเซลล์มีขนาดเล็กการแฮนด์โอเวอร์จะเกิดขึ้นมาก แต่ถ้าขนาดเซลมีขนาดใหญ่การแฮนด์โอเวอร์ก็จะเกิดขึ้นน้อย ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ก็จะทำการโอนย้ายการควบคุมดูแลและติดต่อจากเซลล์เดิมไปให้กับเซลล์ใหม่ การที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เคลื่อนที่ออกนอกเซลล์ก่อนที่จะทำให้ระดับสัญญาณมีค่าต่ำลง จนกระทั่งถึงขอบของเซลล์จะทำให้การติดต่อเกิดขาดหาย สังเกตว่าในการตัดสินใจว่าควรจะมีการทำแฮนโอเวอร์หรือไม่นั้นจึงมักจะขึ้นอยู่กับกำลังของสัญญาณเป็นปัจจัยหลัก โดยปกตินั้นการโอนย้ายควรจะเกิดขึ้นโดยที่ผู้ใช้บริการมิได้ทราบหรือสังเกตเลยว่ามีการทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แฮนโอเวอร์เกิดขึ้นทั้งนี้คำว่าแฮนด์โอเวอร์ (handover) เป็นคำที่ใช้กับในกลุ่มประเทศยุโรป ส่วนในประเทศสหรัฐอเมริกาจะใช้คำว่า แฮนด์ออฟ (handoff)

ในการทำแฮนด์โอเวอร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีคือ 1. ดูจากกำลังของสัญญาณที่ได้รับ และ 2. ดูจากค่าอัตราส่วนระหว่าง C/I หรือ Carrier-to-Interference ratio สำหรับวิธีการแรกถ้ากำลังสัญญาณที่รับได้มีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ เช่น –100 dBm ก็เข้าข่ายที่จะต้องมีการทำแฮนด์โอเวอร์ ส่วนในวิธีที่สองการทำแฮนด์โอเวอร์จะเกิดขึ้นเมื่อค่า C/I มีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนดค่าหนึ่ง เช่น 12 dBm แต่ในบางกรณีอาจจะใช้ค่า C/I ที่ต่ำกว่านี้ก็ได้ถ้าหากมีจำเป็นที่จะต้องเพิ่มความจุของระบบขึ้น

ในการปฏิบัติวิธีแรกนั้นค่อนข้างง่ายต่อการนำมาใช้งานเพราะเครื่องรับสัญญาณที่สถานีฐานสามารถวัดกำลังของสัญญาณที่รับได้จากโทรศัพท์แต่ละเครื่องได้โดยตรง หากแต่ว่าการวัดลักษณะนี้จะทำให้เกิดปัญหาบางอย่างขึ้นเนื่องจากสัญญาณที่วัดได้นั้นรวมกำลังของสัญญาณรบกวน (I) เข้ามาด้วย ซึ่งอาจจะส่งผลให้การตัดสินใจการทำแฮนโอเวอร์มีความผิดพลาดได้ ในบางสถานการณ์ เช่น ถ้าพิจารณาในกรณีที่สัญญาณที่ต้องการ (C) มีขนาดเล็กแต่สัญญาณรบกวนมีขนาดใหญ่ โดยที่กำลังของสัญญาณทั้งสองรวมกันมีขนาดใหญ่กว่าค่าที่กำหนดเอาไว้ก็หมายความว่าจะไม่มีการทำแฮนโอเวอร์เกิดขึ้นทั้งๆที่ควรจะต้องทำแต่ถ้าสัญญาณรบกวน (I) มีขนาดเล็กมากๆ โดยสัญญาณที่ต้องการ (C) ก็มีขนาดไม่ใหญ่นัก ผลรวมของสัญญาณทั้งสองอาจจะต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ก็จะเกิดการแฮนด์โอเวอร์ขึ้นทั้งๆ ที่ไม่มีความจำเป็นจะต้องทำ จะเห็นว่าวิธีนี้เป็นวิธีค่อนข้างง่ายหากแต่การตัดสินใจในการทำแฮนด์โอเวอร์อาจจะไม่ค่อยแม่นยำนัก

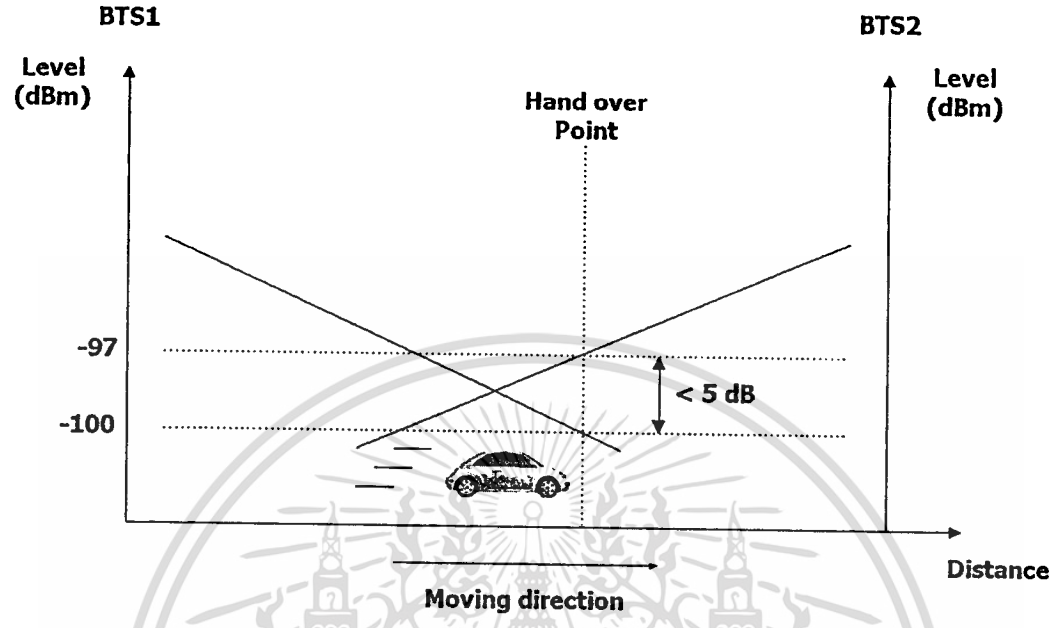
อีกวิธีหนึ่งอาศัยค่า C/I ในการกำหนดว่าจะมีการทำแฮนโอเวอร์หรือไม่ ซึ่งค่านี้สามารถจะประมาณได้จากค่า (C+I)/I ในกรณีที่ค่า C มีขนาดเล็กมากเนื่องจากเครื่องลูกข่ายอยู่ห่างจากสถานีฐานมาก หรือในกรณีที่ I มีขนาดใหญ่คือปริมาณของสัญญาณรบกวนมาก ก็ควรจะมีการทำแฮนโอเวอร์เกิดขึ้นจะเห็นว่าการใช้ค่า C/I ในการตัดสินใจการทำแฮนด์โอเวอร์มีความถูกต้องแม่นยำมากว่า

2.2.10 กลยุทธ์การโอนสาย

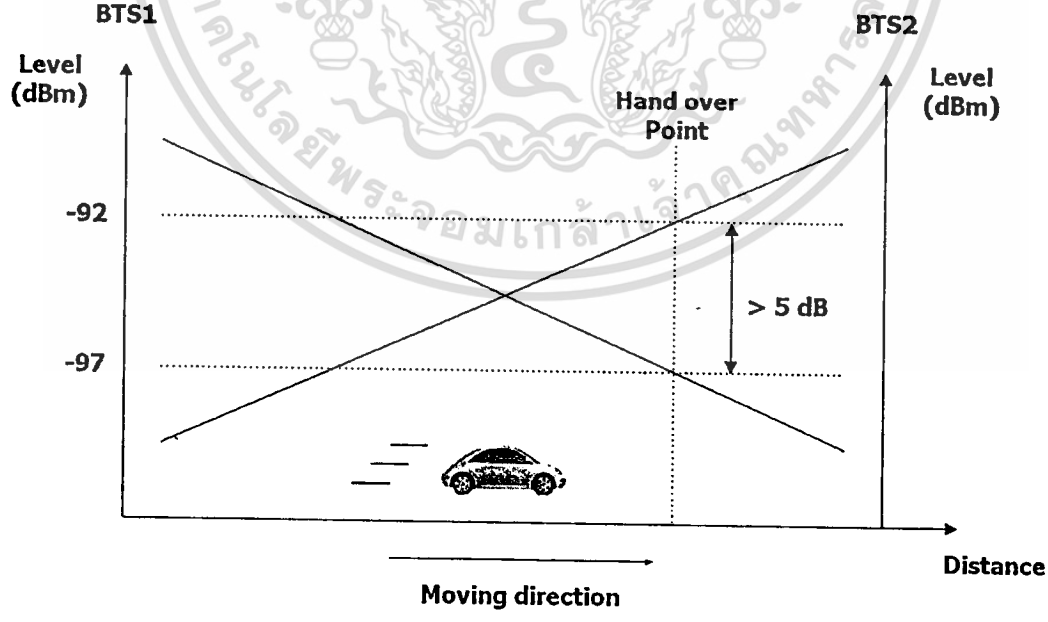
ในการพิจารณาเพื่อตัดสินว่าควรจะมีการทำแฮนโอเวอร์หรือไม่นั้น โดยปกติแล้วจะมีการกำหนดค่าของกำลังต่ำสุด $P_{R(min)}$ ที่ระบบยังสามารถทำงานได้ตามคุณภาพที่ต้องการไว้ที่ค่าหนึ่ง โดยค่านี้วัดได้จากที่เครื่องรับของสถานีฐาน (เช่นกำหนดให้เป็นค่าประมาณระหว่าง –90 dBm ถึง –100 dBm) ถ้าเมื่อใดสัญญาณที่วัดได้มีกำลังอยู่ในระดับที่สูงกว่า $P_{R(min)}$ เพียงเล็กน้อยหรือ $\Delta = P_{R(Handover)} - P_{R(min)}$ มีค่าน้อย ก็จะเริ่มให้มีการทำแฮนด์โอเวอร์ ในการกำหนดว่าค่า Δ ควรจะมีค่าเป็นเท่าใดนั้นเป็นเรื่องที่สำคัญ เพราะถ้าค่า Δ มีค่าน้อยเกินไป อาจทำให้เวลาที่มีอยู่สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการทำแฮนด์โอเวอร์น้อยเกินไปทำให้เกิดสายหลุดได้ แต่ถ้า Δ มีค่ามากเกินไป ก็จะทำให้เกิดการแฮนด์โอเวอร์ขึ้นโดยไม่จำเป็น ซึ่งเป็นการเพิ่มภาระแก่ MSC มากขึ้น



รูปที่ 2.13 แสดงการแฮนด์โอเวอร์เมื่อกำลังสัญญาณถึงค่าที่กำหนดไว้ต่ำสุด



รูปที่ 2.14 แสดงการแฮนด์โอเวอร์ไปยังเซลล์ที่มีกำลังสัญญาณสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำแฮนด์โอเวอร์อาจจะไม่สบความสำเร็จก็ได้ ถ้าหากระบบอยู่ในสภาวะที่มีปริมาณการใช้งานมาก ทำให้ส่วนของ MSC ต้องทำงานหนักกว่าปกติ ส่งผลให้กระบวนการทำแฮนด์โอเวอร์ต้องใช้เวลามากขึ้น หรือถ้าหากใช้งานของเซลล์ข้างเคียงมีปริมาณมาก จนทำให้ไม่มีช่องสัญญาณที่ว่างเพียงพอสำหรับรองรับการแฮนด์โอเวอร์เลย ก็เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดสายหลุดได้

ปัญหาสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณาประกอบในการตัดสินใจว่าควรมีการทำแฮนด์โอเวอร์หรือไม่ก็คือ การที่สัญญาณมีกำลังอ่อนลงอย่างฉับพลันซึ่งอาจเกิดจากการบดบังของสิ่งกีดขวางต่างๆ ในบางชั่วขณะ ซึ่งเมื่อเครื่องลูกข่ายเคลื่อนที่ออกจากจุดอับสัญญาณแล้วกำลังของสัญญาณที่รับได้ก็จะมีคุณภาพดีดังเดิม ดังนั้นในสถานการณ์เช่นนี้เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้มีการแฮนด์โอเวอร์โดยไม่จำเป็น สถานีฐานก็จะทำการตรวจการเปลี่ยนแปลงระดับของสัญญาณเป็นช่วงเวลาหนึ่งก่อนที่จะทำการแฮนด์โอเวอร์ นอกจากนี้การวัดระดับสัญญาณในลักษณะนี้ก็ยังมีประโยชน์ในกรณีที่เครื่องลูกข่ายเคลื่อนทีด้วยความเร็วสูงในทิศทางที่ออกห่างจากสถานีฐาน ซึ่งเหตุการณ์เช่นนี้สามารถสังเกตได้จากการที่ระดับสัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ในกรณีแบบนี้การทำแฮนด์โอเวอร์ก็ต้องรีบทำอย่างเร่งด่วน

2.2.11 ความถี่หรือโอกาสที่จะเกิดการทำแฮนด์โอเวอร์

สิ่งหนึ่งที่เราจำเป็นต้องรู้และคำนึงถึงในการจัดการการทำแฮนด์โอเวอร์ก็คือการหาค่าความถี่หรือโอกาสที่จะมีความจำเป็นในการทำแฮนด์โอเวอร์ ซึ่งค่านี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ที่ใช้ ความเร็วในการเคลื่อนที่อยู่โทรศัพท์ ทิศทางการเคลื่อนที่ของโทรศัพท์ และระยะเวลาของการสนทนาแต่ละครั้ง วิธีการหนึ่งที่ช่วยให้เราสามารถกาค่าคาวมถี่ในการทำแฮนด์โอเวอร์ก็คือการจำลองการทำงานของระบบด้วยคอมพิวเตอร์ ยกตัวอย่างเช่น สมมติว่าเครื่องลูกข่ายเครื่องหนึ่งมีการโทรศัพท์ออกในบริเวณเซลล์ที่มีขนาดรัศมี 16 กิโลเมตร โดยอัตราความเร็วในการเคลื่อนที่จะเลือกสุ่มขึ้นมาจากค่าที่มีอยู่ระหว่าง 8 ถึง 96 km/h และทิศทางการเคลื่อนที่จะสุ่มขึ้นจาก 0 – 360 องศา เพราะฉะนั้นโอกาสที่เครื่องลูกข่ายจะเดินทางข้ามขอบเขตของเซลล์จึงขึ้นอยู่กับระยะเวลาการใช้งานโทรศัพท์

ตารางที่ 2.3 สรุปผลจากการทดสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะเห็นว่าถ้าการใช้โทรศัพท์แต่ละครั้งมีระยะเวลานานเท่ากับ 1.76 นาที โอกาสที่เครื่องลูกข่ายจะชนขอบของเซลล์มีเพียง 11.3% ซึ่งแปลว่าโอกาสที่ต้องมีการทำแฮนด์โอเวอร์ในกรณีนี้มีเพียง 11.3% ด้วยหากระยะเวลาการใช้โทรศัพท์แต่ละครั้งยาวนานขึ้นเท่ากับ 9 นาที โอกาสที่จะเกิดการทำแฮนด์โอเวอร์จะมีค่าสูงถึง 59.3% ส่วนผลกระทบของขนาดของเซลล์ก็เช่นเดียวกันคือยิ่งขนาดของเซลล์มีรัศมีลดลงเท่าใดโอกาสของการทำแฮนด์โอเวอร์ก็มากขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงผลการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์กรณีเซลล์ที่มีรัศมีเท่ากับ 16 km

ระยะเวลาการใช้โทรศัพท์แต่ละครั้ง (วินาที)	โอกาสที่จะต้องมีการทำแฮนโอเวอร์ (%)
110	11.3
180	18
360	42.6
540	59.3

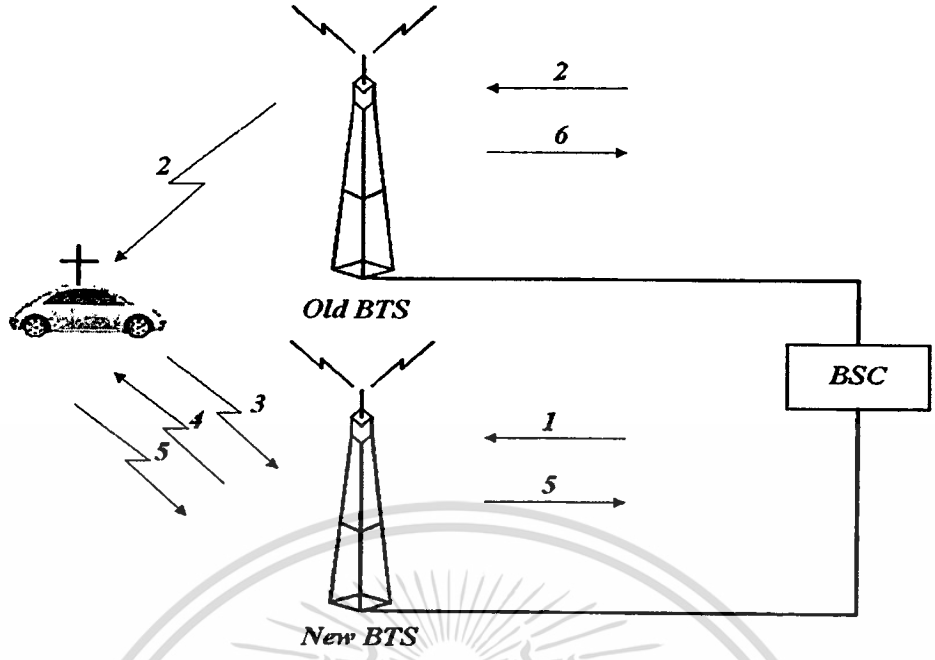
2.2.12 กระบวนการของการแฮนด์โอเวอร์

กระบวนการของการแฮนด์โอเวอร์จะแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะคือ

2.2.12.1 การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างสถานีฐาน (BTS) ที่ควบคุมโดยตัวควบคุมสถานีฐาน หรือ Base Station Controller (BSC) เดียวกัน

ในกรณีที่เกิดการแฮนด์โอเวอร์ระหว่าง สองสถานีฐานที่ถูกควบคุมโดยตัวควบคุมสถานีฐานเดียวกัน จะไม่มีการเรียกใช้ MSC/VLR ซึ่ง MSC/VLR จะดำเนินการหลังจากได้ทำการแฮนด์โอเวอร์เสร็จไปแล้ว ตัวควบคุมสถานีฐานจะนำค่าระดับของสัญญาณที่ได้จากสถานีฐานและเครื่องลูกข่ายมาทำการตัดสินใจว่าจะทำการแฮนด์โอเวอร์หรือไม่ และถ้าจำเป็นจะต้องทำการแฮนด์โอเวอร์ไปยังเซลล์ใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงขั้นตอนการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างสถานีฐาน (BTS) ที่ควบคุมโดยตัวควบคุมสถานีฐาน หรือ Base Station Controller (BSC) เดียวกัน

ซึ่งจะมีขั้นตอนการแฮนด์โอเวอร์ดังนี้

1) ตัวควบคุมสถานีฐานออกคำสั่งไปยังสถานีฐานปลายทางที่จะทำการแฮนด์โอเวอร์ไป เพื่อทำการตรวจสอบช่องสัญญาณ

2) ตัวควบคุมสถานีฐานส่งคำสั่งไปยังเครื่องลูกข่ายโดยผ่านสถานีฐานเดิม ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับช่องสัญญาณที่จะเปลี่ยนไปใช้

3) เครื่องลูกข่ายจะปรับไปใช้ช่องสัญญาณใหม่ของสถานีปลายทางและส่งข้อมูลกลับไปยังสถานีฐาน เพื่อขอข้อมูลเกี่ยวกับกำลังส่ง Output Power และระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณ หรือ Timing Advance (TA)

4) เมื่อสถานีฐานปลายทางตรวจพบข้อมูลที่ส่งมาจากเครื่องลูกข่ายแล้ว จะทำการส่งค่าของกำลังส่ง และระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณ กลับไปยังเครื่องลูกข่าย

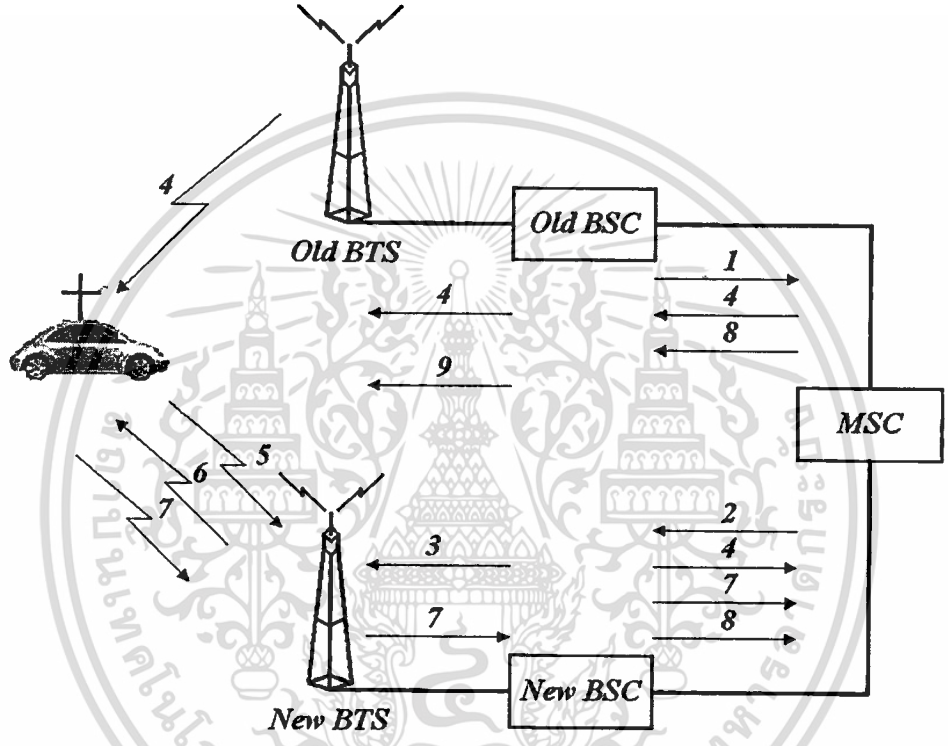
5) เครื่องข่ายเมื่อได้รับข้อมูลจากสถานีฐานปลายทางแล้ว จะทำการส่งข้อมูลยืนยันการแฮนด์โอเวอร์ไปยังตัวควบคุมสถานีฐาน โดยส่งผ่านสถานีฐานปลายทาง

6) ตัวควบคุมสถานีฐานออกคำสั่งไปยังสถานีฐานเดิมยกเลิกช่องสัญญาณเดิม

2.2.12.2 การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างสถานีฐาน (BTS) ที่ควบคุมโดยตัวควบคุมสถานีฐาน หรือ Base Station Controller (BSC) ที่ต่างกัน แต่อยู่ใน MSC/VLR เดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่เกิดการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างสองสถานีฐานที่ถูกควบคุมโดยตัวควบคุมสถานีฐานต่างกัน เราจะเกี่ยวข้องกับ MSC/VLR เพื่อที่จะทำการเชื่อมต่อระหว่างตัวควบคุมสถานีฐานสองตัว ตัวควบคุมสถานีฐานจะนำค่าระดับของสัญญาณที่ได้จากสถานีฐานและเครื่องลูกข่ายมาทำการตัดสินใจว่าจะทำการแฮนด์โอเวอร์หรือไม่ และถ้าจำเป็นจะต้องทำการแฮนด์โอเวอร์ไปยังเซลล์ใดซึ่งจะมีขั้นตอนการแฮนด์โอเวอร์ดังนี้



รูปที่ 2.16 แสดงขั้นตอนการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างสถานีฐาน (BTS) ที่ควบคุมโดยตัวควบคุมสถานีฐาน หรือ Base Station Controller (BSC) ที่ต่างกัน แต่อยู่ใน MSC/VLR เดียวกัน

1) ตัวควบคุมสถานีฐานเดิมจะส่งข้อมูลขอทำการแฮนด์โอเวอร์ไปยัง MSC พร้อมทั้งส่งข้อมูลของสถานีฐานปลายทางไปด้วย

2) MSC รับทราบข้อมูล แล้วทำการค้นหาข้อมูล BSC ใหม่ ที่ทำการควบคุมสถานีฐานปลายทางที่จะทำการแฮนด์โอเวอร์ไป พร้อมทั้งส่งคำสั่งไปยัง BSC ใหม่เพื่อขอทำการการแฮนด์โอเวอร์

3) BSC ใหม่ส่งข้อมูลไปยังสถานีฐานปลายทาง เพื่อขอช่องสัญญาณ

4) BSC ใหม่ส่งข้อมูลไปยังเครื่องลูกข่ายโดยผ่านทาง MSC, BSC เดิม และ BTS เดิม ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลเกี่ยวกับช่องสัญญาณใหม่ที่จะใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) เครื่องลูกข่ายจะปรับไปใช้ช่องสัญญาณใหม่ของสถานีปลายทางและส่งข้อมูลกลับไปยังสถานีฐานใหม่เพื่อขอข้อมูลเกี่ยวกับกำลังส่ง Output Power และระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณ หรือ Timing Advance (TA)

6) เมื่อสถานีฐานปลายทางตรวจพบข้อมูลที่ส่งมาจากเครื่องลูกข่ายแล้ว จะทำการส่งค่าของกำลังส่ง และระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณ กลับไปยังเครื่องลูกข่าย

7) เครื่องข่ายเมื่อได้รับข้อมูลจากสถานีฐานปลายทางแล้ว จะทำการส่งข้อมูลยืนยันการแฮนด์โอเวอร์ไปยังMSC โดยส่งผ่านสถานีฐานและ BSC ปลายทาง

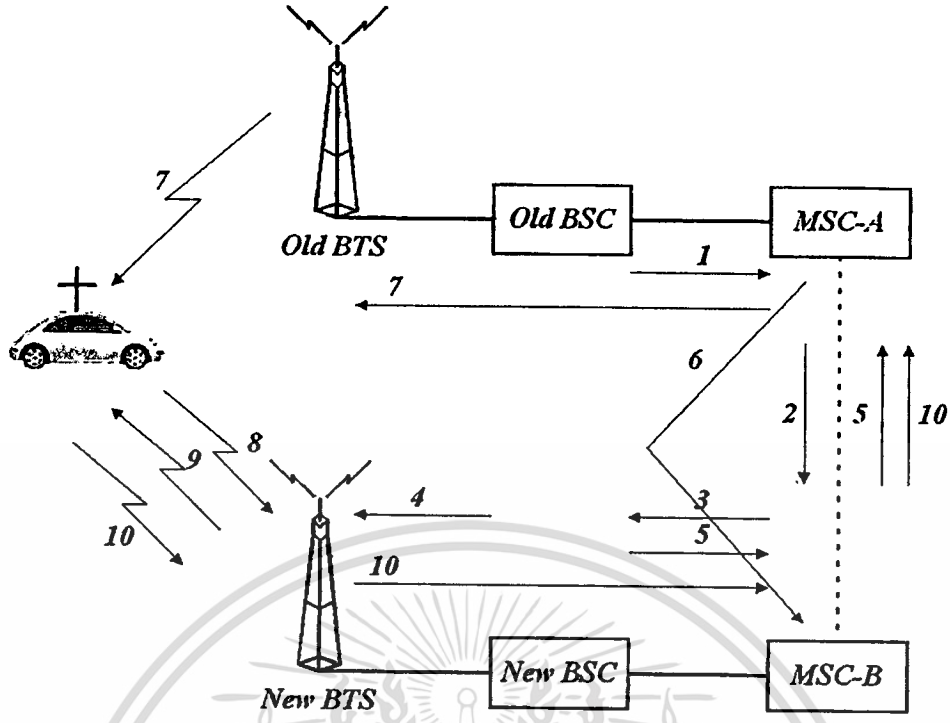
8) MSC ส่งคำสั่งยกเลิกไปยัง BSC เดิม ให้ทำการยกเลิกช่องสัญญาณเดิม

9) ตัวควบคุมสถานีฐานออกคำสั่งไปยังสถานีฐานเดิมยกเลิกช่องสัญญาณเดิม

2.2.12.3 การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างสถานีฐานที่ควบคุมโดย MSC/VLR ที่ต่างกัน

ในกรณีที่เกิดการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างสองสถานีฐานที่ถูกควบคุมโดย MSC/VLR ต่างกัน จะทำได้ก็ต่อเมื่อกระทำภายในประเทศและภายใน PLMN เดียวกันเท่านั้น (ระบบที่อยู่ภายใต้การควบคุมโดยเจ้าของระบบรายเดียว) สถานีฐานที่ควบคุมโดย MSC/VLR ที่แตกต่างกันซึ่งหมายความว่ามันจะถูกควบคุมโดย BSC ที่ต่างกันด้วย ตัวควบคุมสถานีฐานจะนำค่าระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้จากสถานีฐานและเครื่องลูกข่ายมาทำการตัดสินใจว่าจะทำการแฮนด์โอเวอร์หรือไม่ และถ้าจำเป็นจะต้องทำการแฮนด์โอเวอร์ไปยังเซลล์ใด ซึ่งจะมีขั้นตอนการแฮนด์โอเวอร์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงขั้นตอนการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างสถานีฐานที่ควบคุมโดย MSC/VLR ที่ต่างกัน

1) BSC เดิมส่งข้อมูลขอทำการแฮนด์โอเวอร์ไปยัง MSC เดิม ในรูปคือ MSC-A พร้อมทั้งได้ส่งข้อมูลของสถานีฐานปลายทางไปด้วย

2) MSC-A รับทราบข้อมูล แล้วทำการค้นหาข้อมูล BSC และสถานีฐานแห่งใหม่นั้น ซึ่งที่ถูกควบคุมโดย MSC-B และสอบถามขอความช่วยเหลือด้วย

3) MSC-B จองหมายเลขแฮนด์โอเวอร์ และขอการทำเชื่อมต่อวงจร และจึงส่งข้อมูลขอการแฮนด์โอเวอร์ไปยัง BSC ใหม่

4) BSC ใหม่ส่งข้อมูลไปยังสถานีฐานปลายทางทำการเพื่อขอช่องสัญญาณ

5) MSC-B รับข้อมูล และส่งผ่านข้อมูลไปยัง MSC-A พร้อมด้วยหมายเลขแฮนดโอเวอร์

6) เชื่อมต่อวงจรไปยัง MSC-B

7) MSC-A ส่งคำสั่งแฮนด์โอเวอร์ไปยังเครื่องลูกข่ายผ่านทาง BSC เดิม ประกอบไปด้วยข้อมูลของช่องสัญญาณที่จะใช้

8) เครื่องลูกข่ายจะปรับไปใช้ช่องสัญญาณใหม่ของสถานีปลายทางและส่งข้อมูลกลับไปยังสถานีฐานใหม่เพื่อขอข้อมูลเกี่ยวกับกำลังส่ง Output Power และระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณ หรือ Timing Advance (TA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) เมื่อสถานีฐานปลายทางตรวจพบข้อมูลที่ส่งมาจากเครื่องลูกข่ายแล้ว จะทำการส่งค่าของกำลังส่ง และระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณ กลับไปยังเครื่องลูกข่าย

10) เครื่องข่ายเมื่อได้รับข้อมูลจากสถานีฐานปลายทางแล้ว จะทำการส่งข้อมูลยืนยันการแฮนด์โอเวอร์ไปยังMSC/VLR ใหม่ โดยส่งผ่านสถานีฐานและ BSC ปลายทาง MSC ส่งคำสั่งยกเลิกไปยัง BSC เดิม ให้ทำการยกเลิกช่องสัญญาณเดิม BSC ออกคำสั่งไปยังสถานีฐานเดิมยกเลิกช่องสัญญาณเดิม

วงจรใหม่จะถูกเชื่อมต่อโดย MSC-A จะยังเป็นตัวควบคุมหลักเครื่องลูกข่ายต่อไป จนกว่าจะสิ้นสุดการติดต่อสื่อสาร หลังจากสิ้นสุดการสื่อสารแล้วเครื่องลูกข่ายจะทำการส่งข้อมูลล่าสุดเกี่ยวกับ MSC/VLR ปัจจุบันที่เครื่องลูกข่ายอยู่ในพื้นที่บริการ

2.2.13 ระยะเวลาการรอสูงสุด

ระยะเวลาในการรอสูงสุด คือระยะเวลาที่เครื่องลูกข่ายสามารถรอรับบริการ ขณะที่ยังไม่มีช่องสัญญาณว่าง, t_{wmax} และโดยที่ t_{wmax} เป็นตัวแปรที่สามารถหาค่าได้จาก

$$t_{w\ max} = \frac{\psi(z)}{V_s} \tag{2.28}$$

โดยที่

$\psi(Z)$ คือ ระยะทางที่เครื่องลูกข่ายเคลื่อนที่ข้ามบริเวณที่เกิดการซ้อนทับกันของเซลล์

V_s คือ เป็นค่าความเร็วของเครื่องลูกข่ายที่เคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์ มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที

สามารถหาค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการรอสูงสุดของเครื่องลูกข่ายได้ดังนี้

$$E[t_{w\ max}] = \frac{E[\psi(z)]}{V_s} \tag{2.29}$$

โดยที่

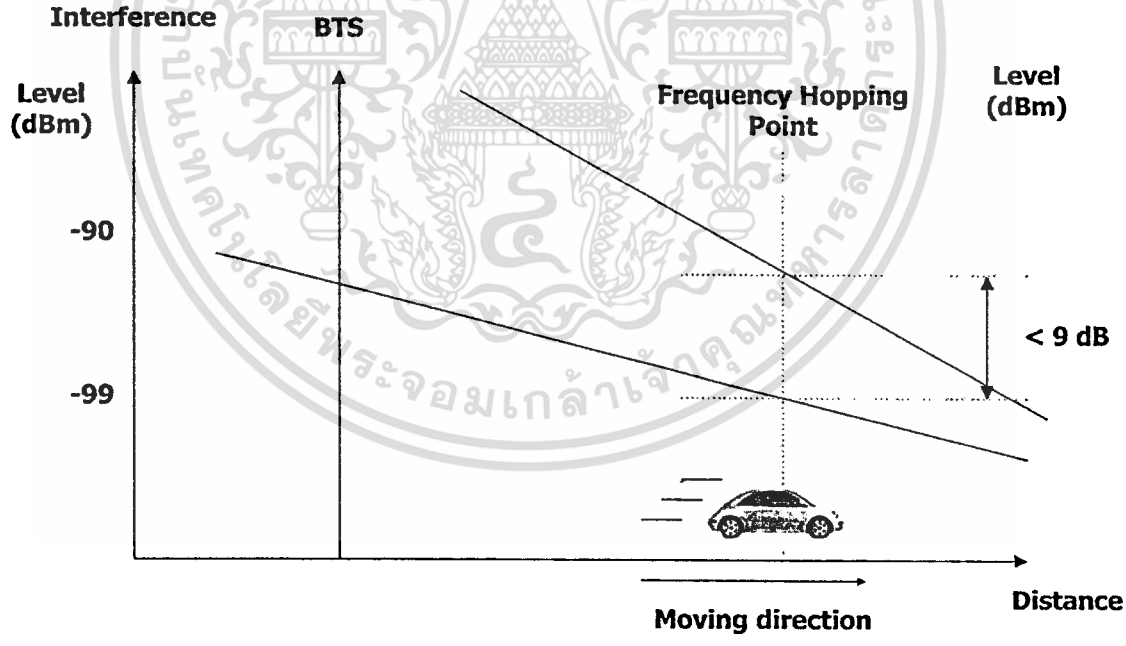
$E[\psi(Z)]$ คือระยะทางเฉลี่ยในการที่เครื่องลูกข่ายจะเคลื่อนที่ข้ามบริเวณที่เกิดการซ้อนทับกันของเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.14 การจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ

การจัดช่องสัญญาณใหม่ซ้ำนั้นทำเพื่อจัดสัญญาณช่องสัญญาณที่มีระดับของ C/I ที่มีค่าสูงกว่าที่ระบบต้องการให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่อีกครั้ง ทำเมื่อค่า C/I ของช่องสัญญาณที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารอยู่นั้น มีค่า C/I ต่ำกว่าที่ระบบจะยอมรับและไม่เพียงพอที่จะติดสื่อสารต่อไปได้ เป็นการป้องกันไม่ให้โทรศัพท์เคลื่อนที่หลุดออกจากระบบโดยการสื่อสารครั้งนั้นยังไม่สิ้นสุดลง หรือหลุดออกจากระบบก่อนที่จะสามารถแฮนด์โอเวอร์ไปยังเซลล์ข้างเคียงได้

ในการพิจารณาเพื่อตัดสินว่าควรจะมีการจัดช่องสัญญาณใหม่ซ้ำหรือไม่นั้น โดยปกติแล้ว จะมีการกำหนดค่า C/I ต่ำสุด $C/I_{(min)}$ ที่ระบบยังสามารถทำงานได้ตามคุณภาพที่ต้องการไว้ที่ค่าหนึ่ง โดยค่านี้วัดได้จากที่เครื่องรับของสถานีฐาน (เช่นกำหนดให้เป็นค่าประมาณระหว่าง 9 dB ถึง 12 dB) ถ้าเมื่อใดสัญญาณที่วัดได้มีกำลังอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า $C/I_{(min)}$ ระบบก็จะเริ่มนับจำนวนของสัญญาณที่ไม่สามารถถอดรหัสได้ (Δ) เมื่อใดก็ตามที่จำนวนของสัญญาณที่ไม่สามารถถอดรหัสได้ถึงค่าที่กำหนดระบบจะตัดเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นออกจากระบบ ในการกำหนดว่าค่า Δ ควรจะมีค่าเป็นเท่าใดนั้นเป็นเรื่องที่สำคัญ เพราะถ้าค่า Δ มีค่าน้อยเกินไป อาจทำให้เวลาที่มีอยู่สำหรับกระบวนการจัดช่องสัญญาณใหม่ซ้ำอาจทำให้เกิดสายหลุดได้



รูปที่ 2.18 แสดงขั้นตอนการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ

ขั้นตอนในการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่กำลังติดต่อสื่อสารอยู่จะมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ตัวควบคุมสถานีฐานออกคำสั่งไปยังสถานีฐานปลายทางที่จะทำการจัดช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ เพื่อทำการตรวจสอบช่องสัญญาณว่ามีช่องสัญญาณเพียงพอและค่า C/I อยู่ในระดับที่ยอมรับได้หรือไม่

2) ตัวควบคุมสถานีฐานส่งคำสั่งไปยังเครื่องลูกข่ายโดยผ่านสถานีฐานเดิม ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับช่องสัญญาณที่จะเปลี่ยนไปใช้

3) เครื่องลูกข่ายจะปรับไปใช้ช่องสัญญาณใหม่ของสถานีฐานเดิม และจะทำการส่งข้อมูลยืนยันการเปลี่ยนช่องสัญญาณไปยังตัวควบคุมสถานีฐาน โดยส่งผ่านสถานีฐานเดิม

4) ตัวควบคุมสถานีฐานออกคำสั่งไปยังสถานีฐานเดิมยกเลิกช่องสัญญาณเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวิเคราะห์หลักการจัดสรรช่องสัญญาณถาวร ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

3.1 กล่าวนำ

เนื่องจากในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่มีเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เป็นที่ทราบกันดีว่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีค่าเท่ากับความเร็วในการเคลื่อนที่ไปของพาหนะ ดังนั้นจึงส่งผลให้มีการเกิดการแฮนด์โอเวอร์ขึ้นบ่อยครั้ง และมีความเสี่ยงต่อการเกิดสายหลุดมีสูง ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ จึงจำเป็นต้องมีการจัดสรรช่องสัญญาณที่มีอยู่จำกัดให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้และมีประสิทธิภาพสูงสุด ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพิจารณาการจัดสรรช่องสัญญาณใน 3 ลักษณะนั่นคือ

1) การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบดั้งเดิม (Fixed Channel Allocation, FCA)

2) การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing, FCA-QH)

3) การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing and Frequency Hopping, FCA-QH-FH)

ซึ่งลักษณะการจัดสรรช่องสัญญาณทั้ง 3 แบบนี้มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ก็มีเพื่อจุดมุ่งหมายที่จะลดความเสี่ยงต่อการเกิดสายหลุด อันเนื่องมาจากการเกิดแฮนด์โอเวอร์บ่อยครั้งและการหลุดออกจากระบบเนื่องจากสัญญาณรบกวน และในบทนี้เราจะเริ่มพิจารณาการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบดั้งเดิม การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ และการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำตามลำดับ

สำหรับเงื่อนไขในการวิเคราะห์การจัดสรรช่องสัญญาณ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสมมุติให้

1) ช่องสัญญาณ C ที่ถูกจัดสรรให้กับเซลล์แต่ละเซลล์ในระบบนั้นเท่ากับ 10 ช่อง

2) ค่า K หรือจำนวนรูปแบบของการนำความถี่เดิมมาใช้ใหม่ เท่ากับ 7

3) ลักษณะของการบริการเป็นแบบ FIFO (First in First out)

4) ลักษณะของคิวจะเป็นแบบ M/M/C/K/M เมื่อช่องสัญญาณในเซลล์เต็ม การเรียกเข้าครั้งใหม่และการแฮนด์โอเวอร์จะถูกบล็อกไป โดยที่ M คือ กระบวนการเรียกเข้าทีการแจงแจกแบบปัวส์ซง, /M คือ เวลาการบริการทีมีการแจกแจงแบบเอ็กโปเนนเชี่ยล, /C คือจำนวนช่องสัญญาณต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

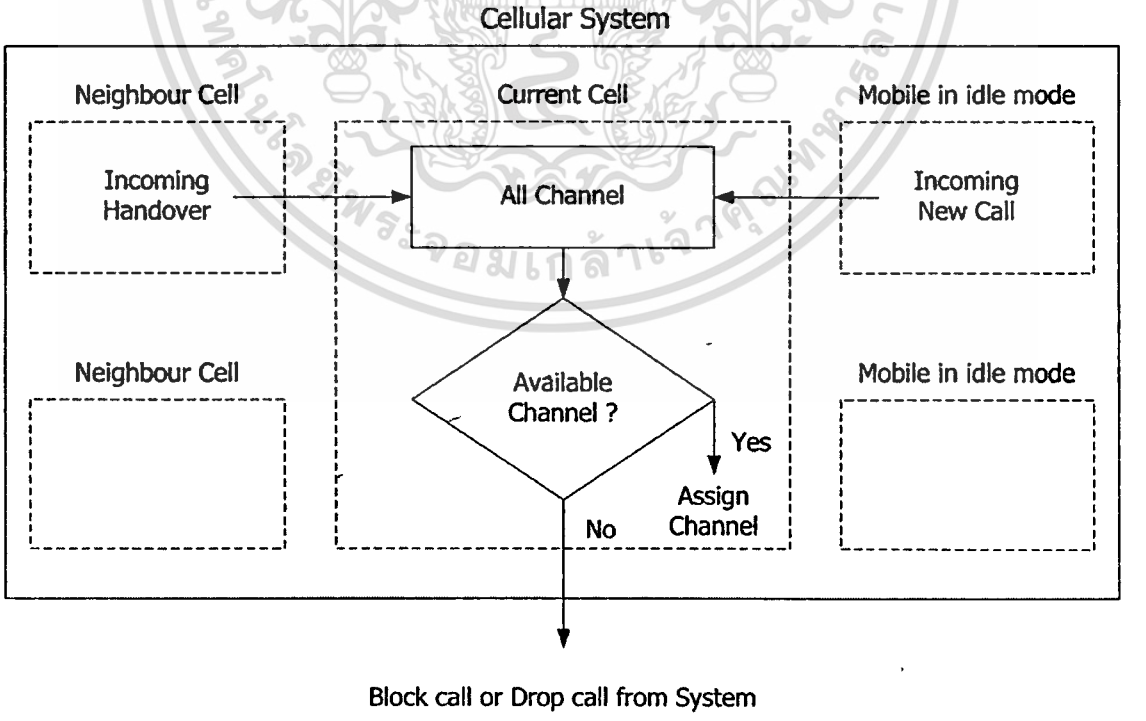
เซลล์และ /K คือจำนวนผู้ใช้บริการที่อยู่ในคิวของระบบ, /M คือระยะเวลาสูงสุดที่อนุญาตให้รออยู่ในคิวได้ [6]

3.2 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบถาวร (Fixed Channel Allocation, FCA)

3.2.1 โมเดลและเงื่อนไขการวิเคราะห์การจัดสรรช่องสัญญาณถาวร

เทคนิคนี้จะให้มีการแบ่งช่องสัญญาณให้กับเซลล์แต่ละเซลล์อย่างถาวร และยังมีการนำความถี่กลับมาใช้ใหม่ (Reused Frequency) โดยจะใช้ระยะห่างระหว่างเซลล์เป็นตัวกำหนด ระยะห่างระหว่างเซลล์จะมีผลกับระดับของการรบกวนกันของสัญญาณที่ใช้ความถี่ซ้ำกัน (Co-Channel Interference) ซึ่งจะนำมาคำนวณค่า C/I ที่เกิดขึ้นในระบบด้วย

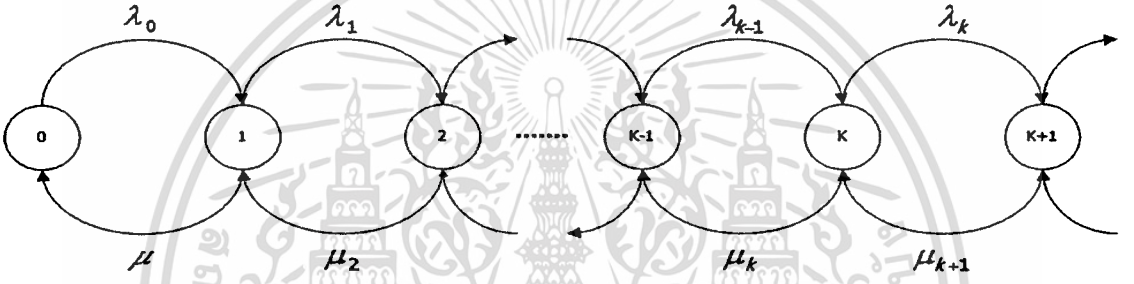
ในส่วนรายละเอียดของการทำงานในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะกำหนดให้เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบถาวรจะมีการบริการแบบที่ให้ความสำคัญกับแฮนด์โอเวอร์มากกว่าการเรียกเข้าครั้งใหม่ สาเหตุที่ให้ความสำคัญกับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ขอแฮนด์โอเวอร์มากกว่าการเรียกเข้าครั้งใหม่นั้นเป็นเพราะการที่สายหลุดก่อนที่จะจบการติดต่อสื่อสารมีผลต่อความรู้สึกของผู้ใช้บริการมากกว่าการเรียกเข้าครั้งใหม่ไม่สำเร็จ และระบบจะให้บริการเฉพาะเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่ภายในเซลล์ด้วยจำนวนช่องสัญญาณที่มีอยู่เท่านั้น กล่าวคือเมื่อไรก็ตามที่ช่องสัญญาณเต็ม การเรียกเข้าครั้งใหม่และการแฮนด์โอเวอร์ครั้งนั้นๆก็จะถูกบล็อกไป ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงกระบวนการจัดสรรช่องสัญญาณถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนที่จะพิจารณาโมเดลสำหรับคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการเรียกเข้าครั้งใหม่จะถูกบล็อกและค่าความน่าจะเป็นที่การแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จนั้น จำเป็นที่จะต้องกล่าวถึงกระบวนการเกิดและการสิ้นสุด (Birth – Death) ก่อนซึ่งในกระบวนการเกิดและการสิ้นสุดนี้ จะมีทั้งแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete) และแบบต่อเนื่อง (Continues - time) ซึ่งไม่ว่าจะเป็นแบบใด ลักษณะของกระบวนการนี้ก็คือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะเกิดขึ้นในระบบ ก็จะเป็นการเปลี่ยนสถานะจากสถานะที่เป็นอยู่ไปสู่สถานะข้างเคียงถัดไปเท่านั้น กล่าวคือไม่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะแบบก้าวกระโดดนั่นเอง จากรูปที่ 3.2 เมื่อพิจารณาที่สถานะ E_k จะพบว่าอัตราของผู้ที่เข้ามา ที่สถานะ E_k นั้นจะมาจากสถานะข้างเคียงคือ E_{k-1} หรือ E_{k+1} ในทำนองเดียวกัน อัตราของผู้ที่มาจากสถานะ E_k นั้นก็จะย้ายไปสู่สถานะ E_{k-1} E_{K+1} [6]



รูปที่ 3.2 แสดงโมเดลมาร์คอฟสำหรับการเปลี่ยนสถานะในระบบกระบวนการเกิดและสิ้นสุด

ถ้าให้ p_k คือค่าความน่าจะเป็นของอัตราการไหลเข้าและออก ณ สถานะ E_k และจะพบว่าที่สถานะ E_k มีค่าความน่าจะเป็นของอัตราการไหลเข้าและออกเป็น
อัตราการไหลเข้า ณ ที่ใดๆ

$$E_k = \lambda_{k-1} p_{k-1} + \mu_{k+1} p_{k+1} \tag{3.1}$$

อัตราการไหลออก ณ ที่ใดๆ

$$E_k = (\lambda_k + \mu_k) p_k \tag{3.2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ลักษณะของกระบวนการเกิดและสิ้นสุด มีสมดุลย์ในการไหลเข้าและออกจะได้

$$\lambda_{k-1}p_{k-1} + \mu_{k+1}p_{k+1} = (\lambda_k + \mu_k)p_k \tag{3.3}$$

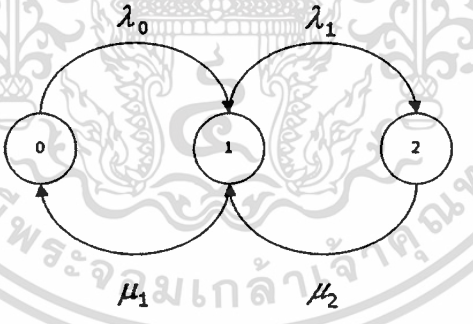
ขอบเขตที่ K ใดๆตามกฎอนุรักษ์การไหล สามารถเขียนสมการอย่างง่ายได้เป็น

$$\lambda_{k-1}p_{k-1} = \mu_k p_k \tag{3.4}$$

หรือ

$$p_k = \frac{\lambda_{k-1}p_{k-1}}{\mu_k} \tag{3.5}$$

จากสมการที่ (3.5) ทำให้สามารถเขียน P_1 ในเทอมของ P_0 ได้ และ P_2 ในเทอมของ P_1 ได้ตามลำดับดังนี้



รูปที่ 3.3 แสดงโมเดลมาร์คอฟการเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบ

$$p_1 = \frac{\lambda_0 p_0}{\mu_1} \tag{3.6}$$

$$p_2 = \frac{\lambda_1 p_1}{\mu_{21}} \tag{3.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

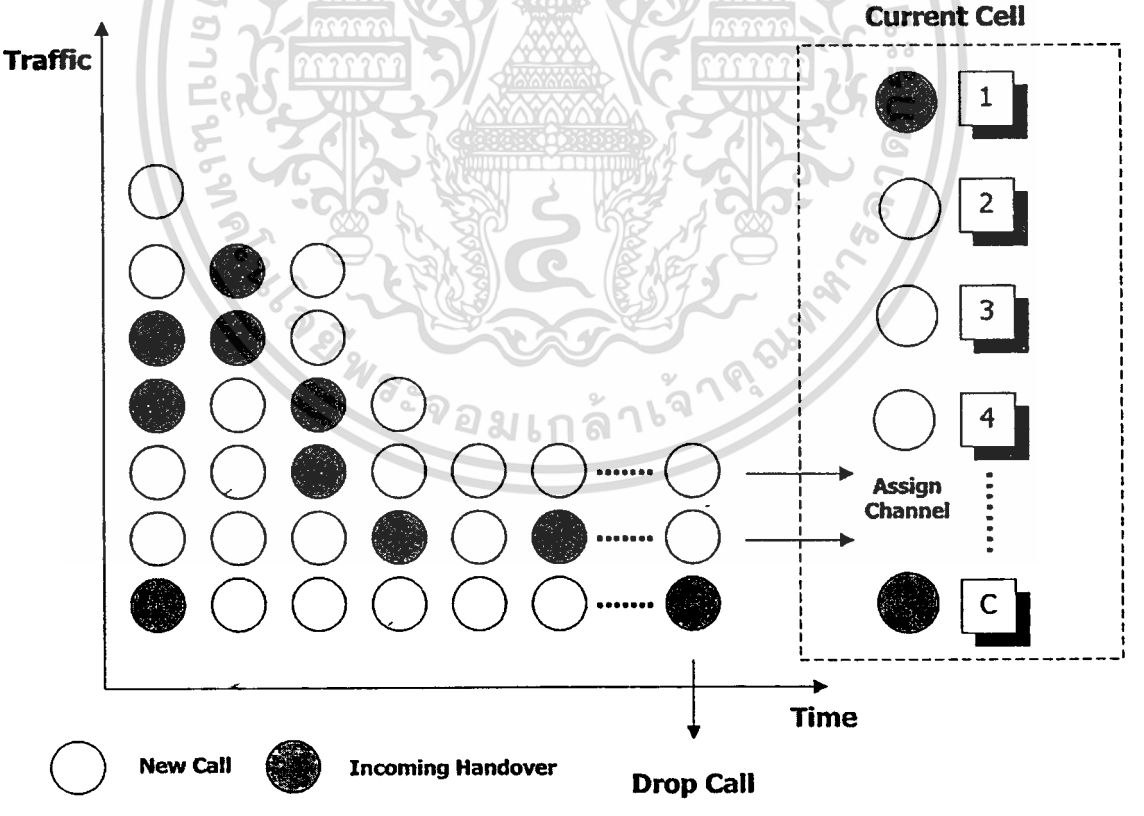
จากสมการ(3.6) และ (3.7) ข้างต้น ทำให้สังเกตได้ว่าสามารถเขียน P_2 ในเทอมของ P_0 ได้ดังนี้

$$p_2 = \frac{\lambda_1}{\mu_2}\left(\frac{\lambda_0 p_0}{\mu_1}\right) \tag{3.8}$$

ดังนั้นสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่ P_k ในเทอมของ P_0 ซึ่งเป็นสถานะแรกสุดได้ดังนี้

$$p_k = p_0 \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\lambda_i}{\mu_{i+1}} \qquad k = 0,1,2... \tag{3.9}$$

ในกรณีของการจัดสรรช่องสัญญาณถาวร ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้นั้นจะมีลักษณะคิวแบบ M/M/C/K โดยมีลักษณะการเข้าคิวมารูปที่ 3.4 และมีรูปแบบของมาร์คอฟโมเดลดังรูปที่ 3.5

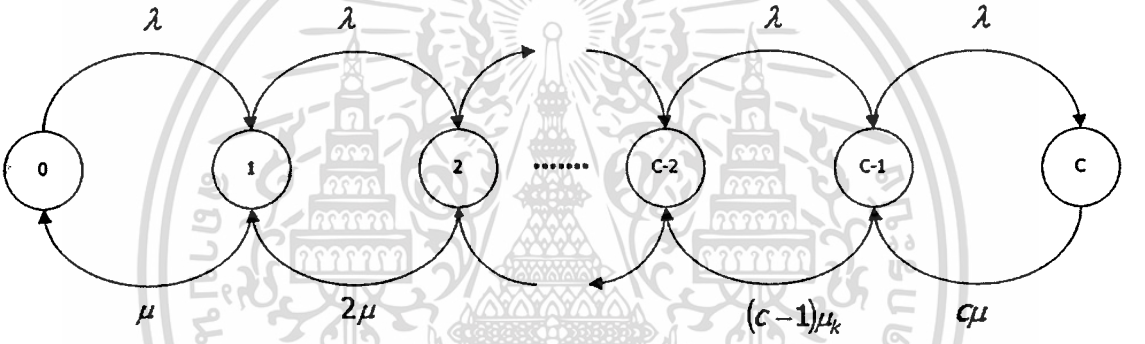


รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะการเข้าคิวคิวแบบ M/M/C/K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะพบว่าเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบถาวรจะมีการบริการแบบที่ให้ความสำคัญกับผู้เรียกเข้าครั้งใหม่กับแฮนด์โอเวอร์เท่าเทียมกัน และจะรับบริการได้ก็ต่อเมื่อมีช่องสัญญาณเพียงพอเท่านั้น กล่าวคือเมื่อไรก็ตามที่ช่องสัญญาณเต็ม การเรียกเข้าครั้งใหม่และการแฮนด์โอเวอร์ครั้งนั้นจะถูกบล็อกไปและในส่วนของการอธิบายรูปแบบมาร์คอฟโมเดลนั้น จะมีการอธิบายในลักษณะ 2 มิติ ซึ่งจะมีความหมายเหมือนกันกับโมเดลจำลองการทำงานที่กล่าวไว้ข้างต้น

พิจารณารูป 3.4 ลักษณะของคิวดังกล่าวนี้คือ จะมีจำนวนช่องสัญญาณสำหรับให้บริการอยู่เท่ากับ C ช่อง ซึ่งจะคอยรอให้บริการทั้งการเรียกเข้าครั้งใหม่และการแฮนด์โอเวอร์ อย่างไรก็ตาม หากมีการเรียกเข้าครั้งใหม่ หรือการแฮนด์โอเวอร์ที่เข้ามาในเซลล์ ในขณะที่ช่องสัญญาณในเซลล์เต็ม การเรียกเข้าครั้งใหม่หรือการแฮนด์โอเวอร์นั้นจะถูกบล็อกไปซึ่งจากตรงนี้ทำให้สามารถแบ่งช่วงของกระบวนการเกิดและการสิ้นสุด ได้เป็น 2 ช่วงคือ



รูปที่ 3.5 แสดงโมเดลมาร์คอฟของการจัดสรรช่องสัญญาณถาวร

$$\lambda_k = \begin{cases} \lambda & k < c \\ 0 & k \geq c \end{cases} \qquad (3.10)$$

$$\mu_k = k\mu \qquad k = 1,2,\ldots, c \qquad (3.11)$$

โดยที่

λ คือ จำนวนของผู้เรียกเข้าครั้งใหม่ที่เข้ามาในระบบ

μ คือ ส่วนกลับของระยะเวลาการใช้ช่องสัญญาณของการเรียกเข้าครั้งใหม่และการแฮนด์โอเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

c คือ จำนวนของช่องสัญญาณภายในเซลล์

จากสมการที่ (3.9) สามารถหา p_k ได้ดังนี้

$$p_k = p_0 \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\lambda}{(i+1)\mu} \tag{3.12}$$

หรือ

$$p_k = \begin{cases} p_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{1}{k!} & k \le c \\ 0 & k > c \end{cases} \tag{3.13}$$

จากเงื่อนไขขอบเขตของความน่าจะเป็น $\sum_{i=0}^{c} p_k = 1$ เราสามารถหาค่าของ P0 ได้ดังนี้

$$P_0 = \left[\sum_{k=0}^{c} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{1}{k!} \right]^{-1} \tag{3.14}$$

จากสมการ (3.13) เราสามารถหาค่าความน่าจะเป็นในการเกิดการบล็อก เมื่อจำนวนช่องสัญญาณทั้ง C ช่องเต็ม ได้จากสมการ Erlang B ได้ดังนี้

$$p_n = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n / n!}{\sum_{i=0}^{c} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^i / i!} \qquad (0 \le n \le c) \tag{3.15}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 อัลกอลิทึมของโปรแกรมจำลองการทำงานการจัดสรรช่องสัญญาณถาวร (Fixed Channel Allocation, FCA)

การสร้างและกำหนดค่าตัวแปรต่างที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรมที่จำเป็นมีดังนี้

3.2.2.1 โครงสร้างของระบบ

โครงสร้างของระบบ ประกอบไปด้วยตัวแปรหลายค่าที่เก็บค่าพื้นฐานที่มีผลต่อระบบไว้ประกอบไปด้วย

1) เวลาที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรม มีหน่วยเป็นวินาที (Sec)
2) จำนวนของสถานีฐานในระบบ
3) คุณภาพการให้บริการ (Grade of Service) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)
4) ความเร็วเฉลี่ยของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เคลื่อนที่อยู่ในระบบ
5) ค่าเบี่ยงแบนมาตรฐานของความเร็วโทรศัพท์เคลื่อนที่
6) ระยะเวลาเฉลี่ยต่อการใช้หนึ่งครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่
7) ความสูงของสถานีฐาน
8) ความสูงของโทรศัพท์เคลื่อนที่
9) กำลังส่งของสถานีฐาน
10) ค่ากำลังสัญญาณต่ำที่สุดที่สถานีฐานสามารถรับได้
11) ค่ากำลังสัญญาณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ของทำการแฮนด์โอเวอร์
12) ค่าเฉลี่ยของการลดทอนสัญญาณที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม (Log – Normal Fading)
13) ค่าเบี่ยงแบนมาตรฐานของของการลดทอนสัญญาณที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม (Log – Normal Fading)
14) ค่า Multipath Fading
15) ลักษณะของสิ่งแวดล้อม

3.2.2.2 โครงสร้างของเซลล์

โครงสร้างของเซลล์ ประกอบไปด้วยตัวแปรแถวลำดับ (Array) ที่เก็บค่าพื้นฐานที่ใช้ในการเก็บค่าช่องสัญญาณที่มีอยู่ในแต่ละเซลล์ และค่าช่องสัญญาณที่ใช้งานอยู่ เพื่อใช้ในการจัดสรรช่องสัญญาณให้กับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เรียกเข้าใหม่และทำการแฮนด์โอเวอร์ แต่ละเซลล์ประกอบได้ด้วย

1) เลขที่ของเซลล์ (Cell ID)
2) จำนวนช่องสัญญาณในเซลล์
3) ขนาดของเซลล์ มีหน่วยเป็นเมตร (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ระยะทางที่ซ้อนทับกันระหว่างเซลล์ มีหน่วยเป็นเมตร (m)

5) ช่องสัญญาณที่ให้บริการเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่

3.2.2.3 โครงสร้างของโทรศัพท์เคลื่อนที่

โครงสร้างของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ประกอบไปด้วยตัวแปรแถวลำดับ (Array) ที่เก็บค่าพื้นฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเคลื่อนที่อยู่ในระบบ เพื่อใช้ในคำนวณค่าและเก็บค่ากำลังของสัญญาณ, C/I, Path loss, Log-Normal Fading, ที่มีผลในการตัดสินใจขอแฮนด์โอเวอร์ ประกอบได้ด้วย

1) เลขที่ของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile ID)

2) เวลาเริ่มต้นเข้าสู่ระบบ

3) ระยะเวลาที่ใช้งานอยู่ในระบบ

4) ความเร็วของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่

5) ทิศทางการเคลื่อนที่

6) ค่า Path Loss ระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเซลล์ที่ใช้บริการอยู่

7) ค่า Log – Normal Fading ระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเซลล์ที่ใช้บริการอยู่

8) ค่ากำลังสัญญาณที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่รับได้

9) ตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ในเซลล์ที่ให้บริการอยู่

10) เลขที่ของเซลล์ที่ให้บริการอยู่

11) เลขที่ช่องสัญญาณที่สัญญาณที่ใช้งานอยู่

12) เวลาที่สิ้นสุดการติดต่อสื่อสาร

13) ค่า Path Loss ระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเซลล์ข้างเคียงที่กำลังเคลื่อนที่เข้าไปใกล้

14) ค่า Log – Normal Fading ระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเซลล์ข้างเคียงที่กำลังเคลื่อนที่เข้าไปใกล้

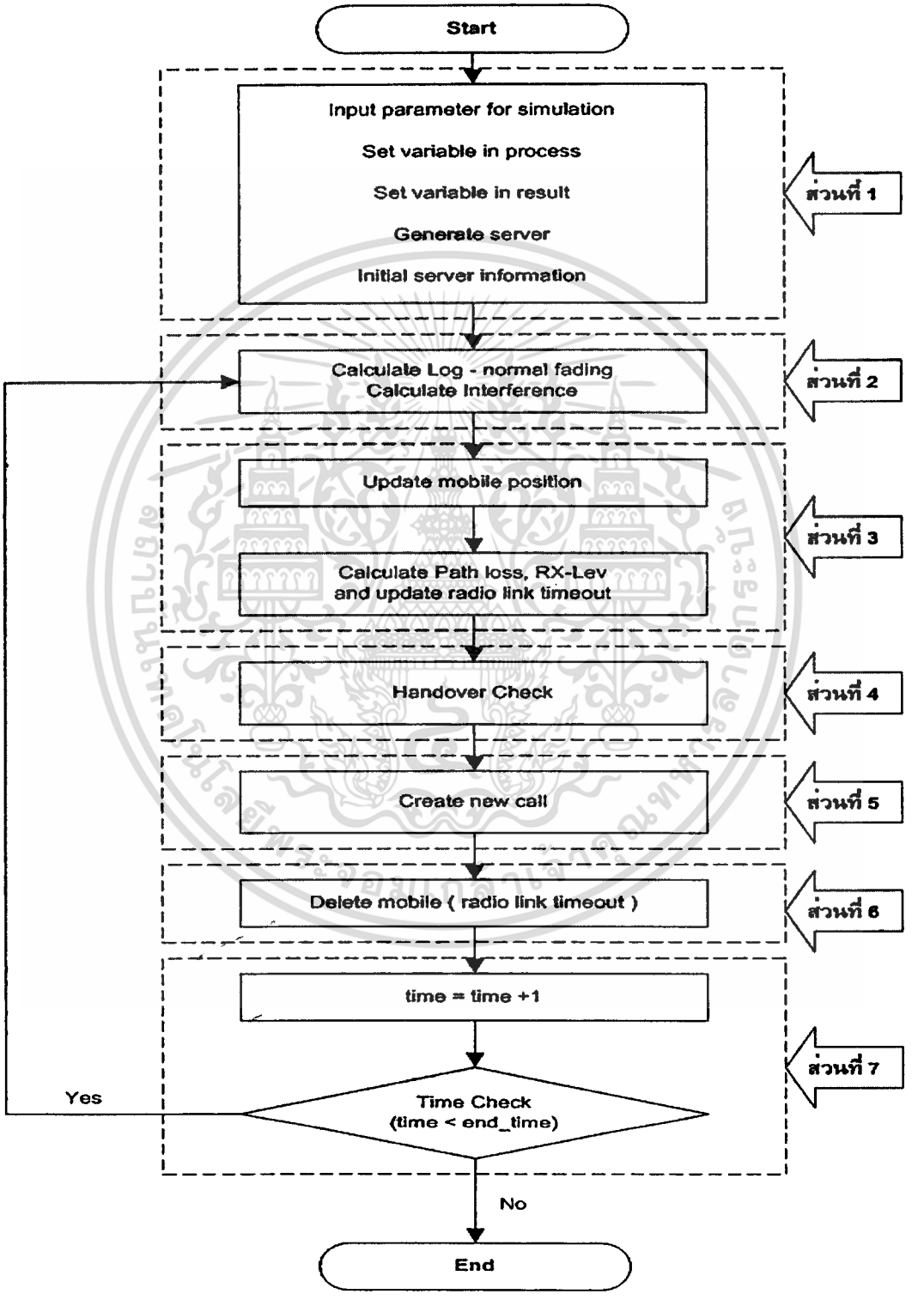
15) ค่ากำลังสัญญาณรบกวน (I)

16) จำนวนสัญญาณที่ถอดรหัสไม่ได้เนื่องสัญญาณรบกวนหรือกำลังสัญญาณไม่เพียงพอ (Radio link timeout)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.4 การทำงานโดยรวมของระบบ

ขั้นตอนในการทำงานของระบบโดยรวมสามารถอธิบายได้โดยแผนภูมิสายงาน (Flow Chart) พร้อมทั้งแสดงรายละเอียดในการทำงานแต่ละส่วนดังแสดงในรูปที่ 3.6 – 3.13



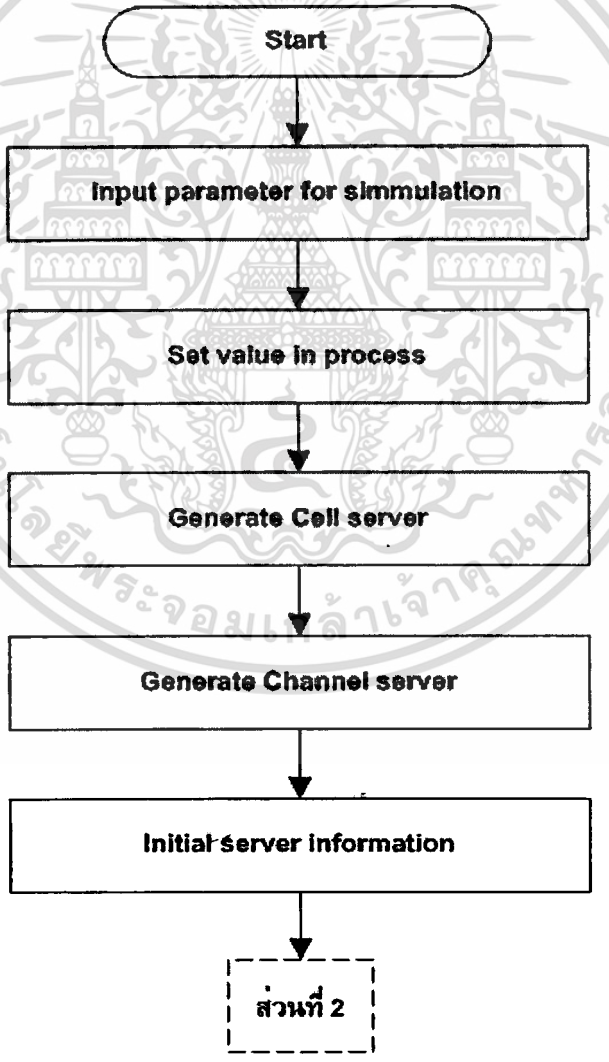
รูปที่ 3.6 แสดงขั้นตอนการทำงานโดยรวมของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 1 ทำการป้อนข้อมูลพารามิเตอร์ให้ระบบ ตั้งค่าเริ่มต้นให้กับโครงสร้างของระบบ เซลล์ ตัวแปรพื้นฐาน และตัวแปรที่ใช้เก็บค่าสถิติต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วย

1) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เรียกเข้าใหม่
2) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เรียกเข้าใหม่สำเร็จ
3) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เรียกเข้าใหม่ไม่สำเร็จ
4) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำแฮนด์โอเวอร์
5) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำแฮนด์โอเวอร์สำเร็จ
6) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ
7) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่หลุดออกจากระบบ

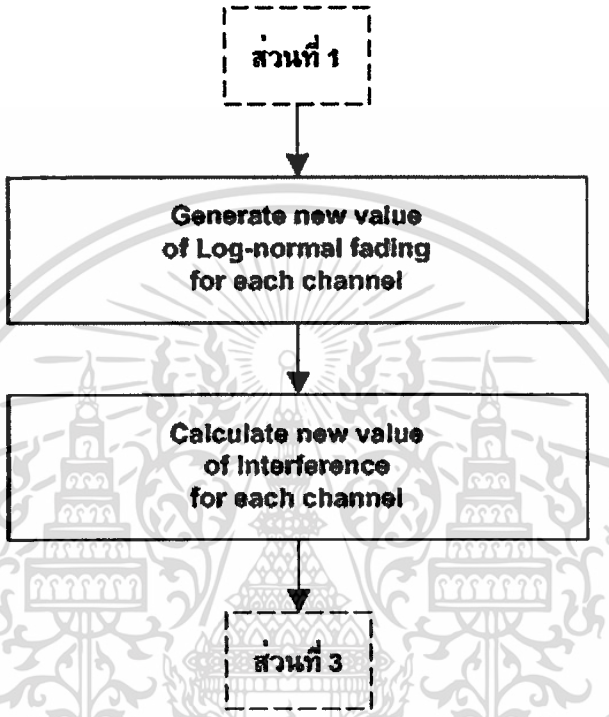
ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

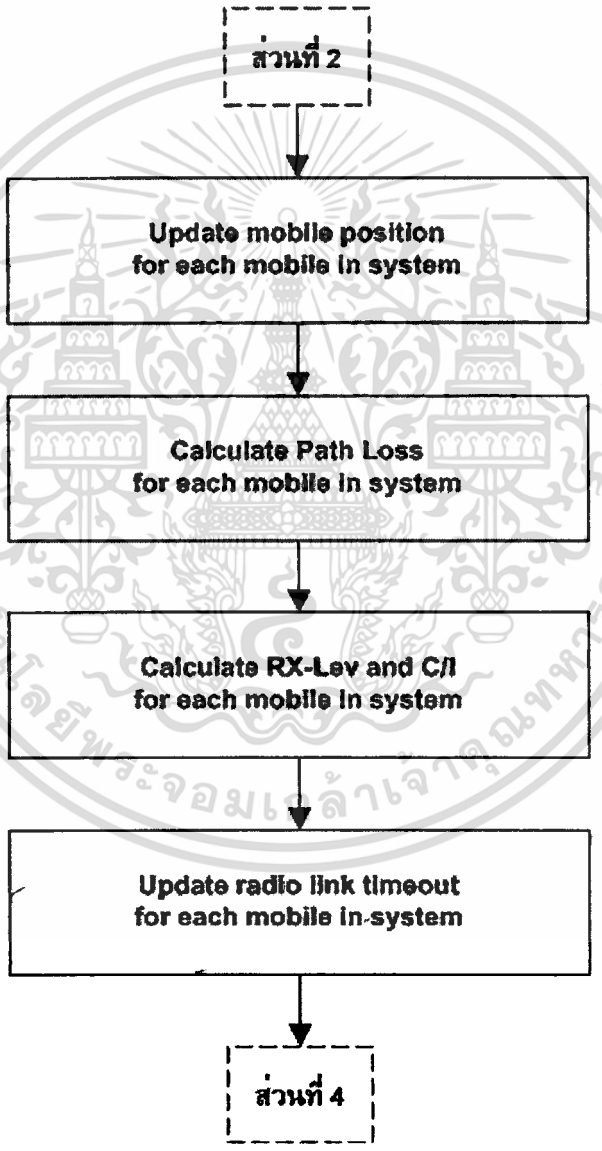
ส่วนที่ 2 ระบบทำการคำนวณและทำการป้อนข้อมูลให้ค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่า Log-Normal-Fading และ Interference ที่ใช้ในการคำนวณกำลังสัญญาณของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในแต่ละช่องสัญญาณที่มีอยู่ในระบบ ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.8 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

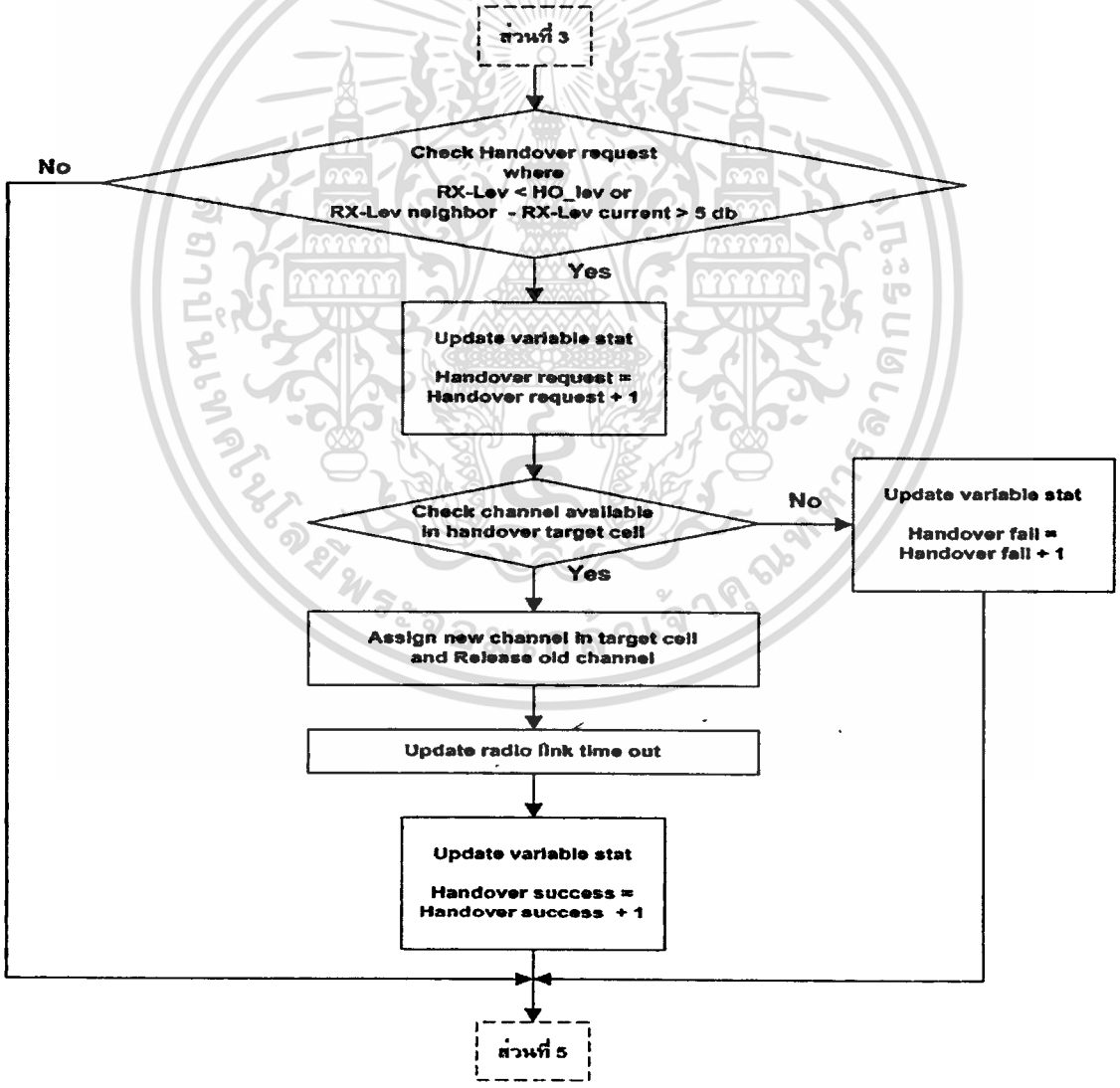
ส่วนที่ 3 ระบบทำการคำนวณและทำการป้อนข้อมูลให้ค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าตำแหน่งปัจจุบันของโทรศัพท์เคลื่อน ทำการคำนวณและทำการป้อนข้อมูลให้ค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าลดทอนสัญญาณที่เกิดขึ้นกับโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเครื่องในระบบที่ตำแหน่งของโทรศัพท์นั้นๆ ทำการคำนวณหาค่ากำลังสัญญาณที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเครื่องในระบบ และทำการบันทึกค่าจำนวนสัญญาณที่ถอดรหัสไม่ได้เนื่องสัญญาณรบกวนหรือกำลังสัญญาณไม่เพียงพอ (Radio link timeout) ของโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเครื่องในระบบ ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

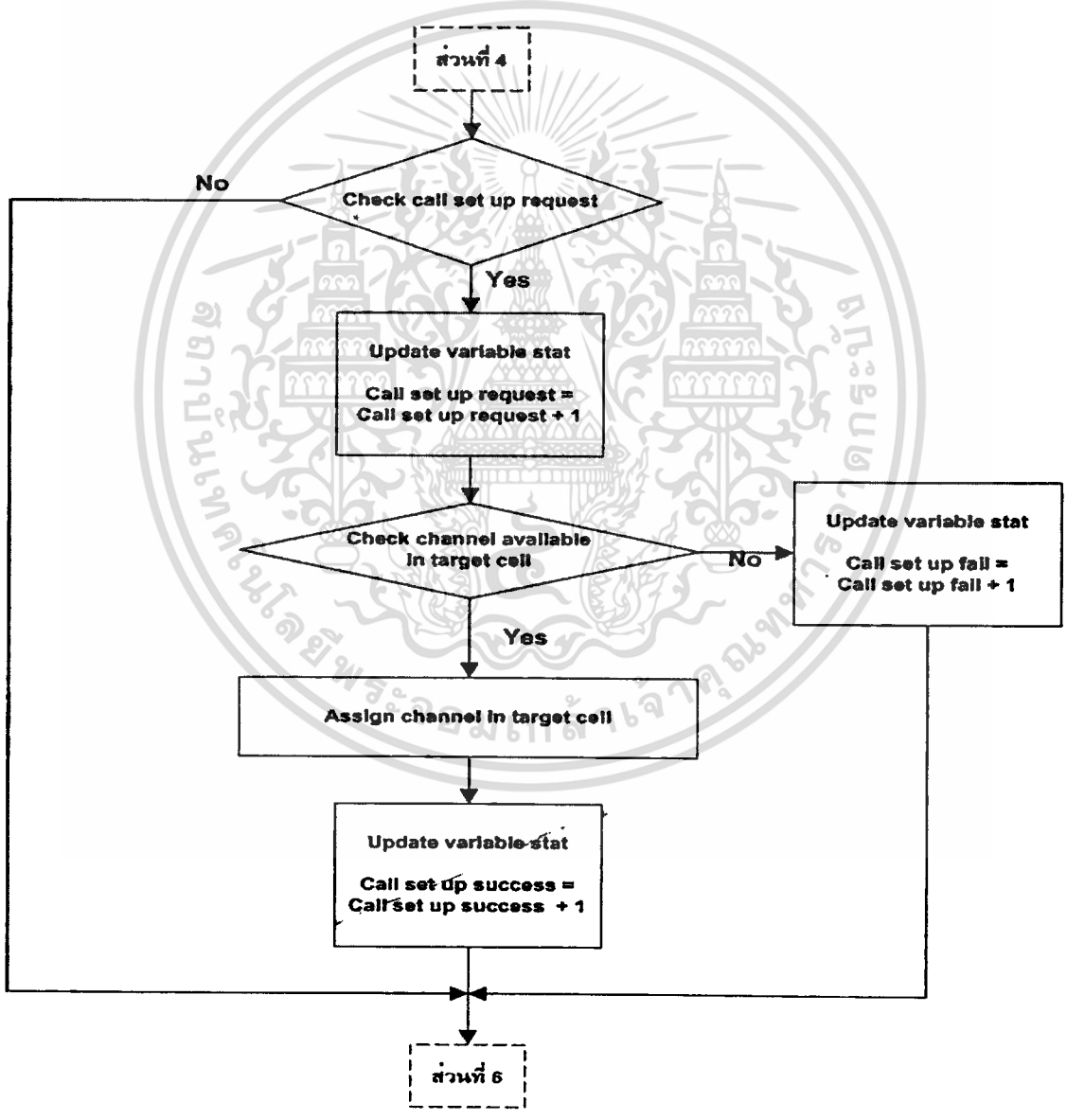
ส่วนที่ 4 ระบบทำการตรวจสอบค่ากำลังสัญญาณของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่อยู่ในข่ายที่ขอทำการแฮนด์โอเวอร์ และขั้นตอนการแฮนด์โอเวอร์ โดยหลังจากระบบตรวจพบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ร้องขอแฮนด์โอเวอร์และทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำการแฮนด์โอเวอร์แล้ว ระบบจะค้นหาช่องสัญญาณว่างที่เซลล์ปลายทาง เมื่อพบช่องสัญญาณว่าง ระบบจะจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ที่เซลล์ปลายทางให้ แล้วทำการปล่อยช่องสัญญาณเดิม ณ เซลล์ต้นทาง และทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำการแฮนด์โอเวอร์สำเร็จ แต่ในกรณีที่ไม่มีช่องสัญญาณว่างที่เซลล์ปลายทาง ระบบจะทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ โทรศัพท์เคลื่อนที่เครื่องที่ขอแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จจะต้องร้องขอทำการแฮนด์โอเวอร์ใหม่อีกครั้งในรอบถัดไป ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

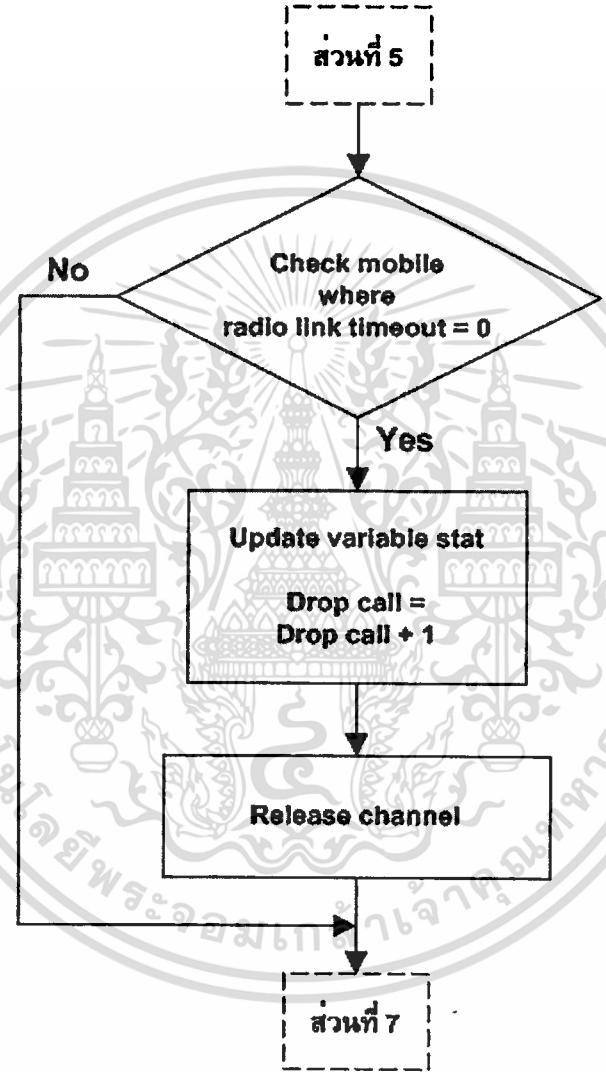
ส่วนที่ 5 ระบบทำการตรวจสอบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอเรียกเข้าครั้งใหม่ โดยหลังจากระบบตรวจพบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ร้องขอเรียกเข้าครั้งใหม่ และทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอเรียกเข้าครั้งใหม่แล้ว ระบบจะค้นหาช่องสัญญาณว่างที่เซลล์ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ร้องขอ เมื่อพบช่องสัญญาณว่างระบบจะจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ที่เซลล์ที่ร้องขอ และทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอเรียกเข้าครั้งใหม่สำเร็จ แต่ในกรณีที่ไม่มีช่องสัญญาณว่างที่เซลล์ที่ร้องขอ ระบบจะทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอเรียกเข้าครั้งใหม่ไม่สำเร็จ โทรศัพท์เคลื่อนที่เครื่องที่ขอเรียกเข้าครั้งใหม่ไม่สำเร็จก็จะถูกตัดออกไปจากระบบ ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

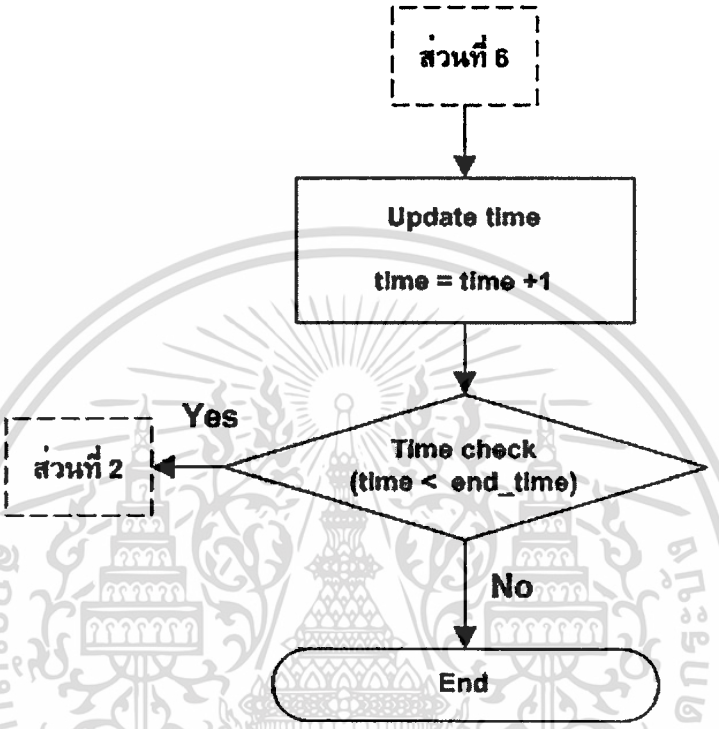
ส่วนที่ 6 ระบบจะทำการตรวจสอบและทำการตัดโทรศัพท์เคลื่อนที่มีจำนวนสัญญาณที่ถอดรหัสไม่ได้เนื่องสัญญาณรบกวนหรือกำลังสัญญาณไม่เพียงพอ (Radio link timeout) มากกว่าที่ระบบกำหนดนั้นออกจากระบบ และทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่หลุดออกจากระบบ ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 7 ระบบจะทำการตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรมว่าครบตามระยะเวลาที่กำหนดหรือไม่ ถ้ายังไม่ครบกำหนดโปรแกรมจะสั่งให้ระบบทำงานต่อไป โดยให้ระบบกับไปเริ่มทำงานที่ส่วนที่ 2 วนไปจนกว่าจะครบตามระยะเวลาที่โปรแกรมกำหนด ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.13



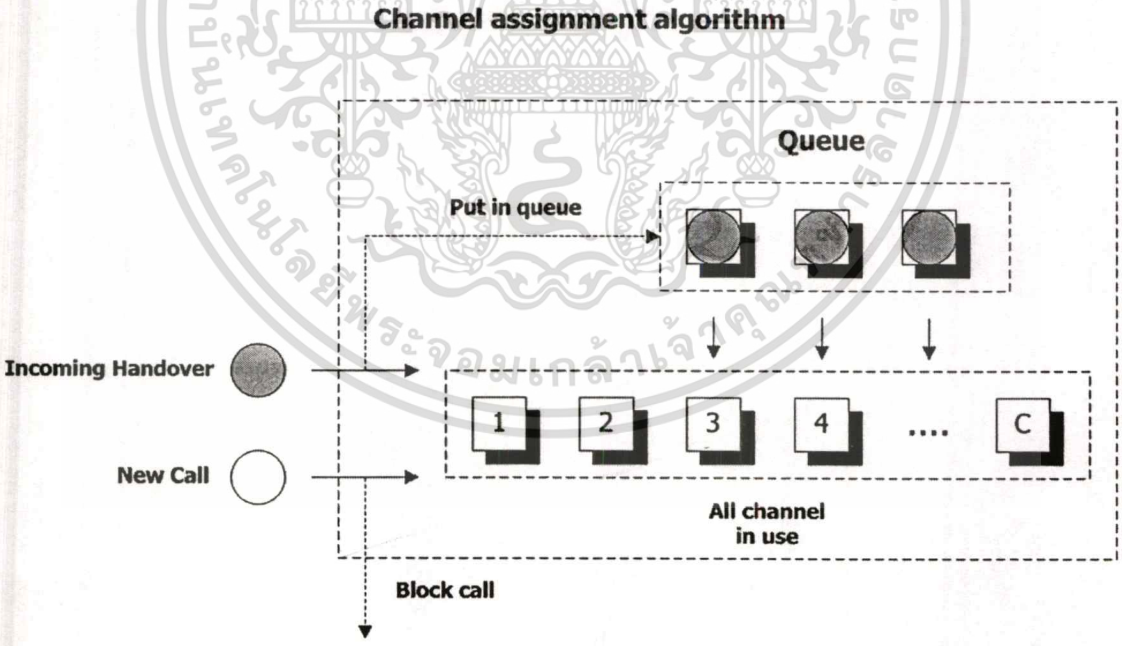
รูปที่ 3.13 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing, FCA-QH)

3.3.1 โมเดลและเงื่อนไขการวิเคราะห์การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์

สำหรับเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์นั้น จะมีลักษณะการให้บริการดังนี้คือ ในกรณีที่ช่องสัญญาณในเซลล์ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่เคลื่อนที่เข้าไปนั้นว่าง นั่นคือไม่ว่าเครื่องลูกข่ายที่เข้ามาในเซลล์นั้นจะเป็นการเรียกเข้าครั้งใหม่ (New call arrival) หรือเป็นการเรียกแฮนด์โอเวอร์เข้ามา ทั้งสองกรณีนี้จะได้รับบริการทันทีแต่ในอีกกรณีก็คือ ถ้าช่องสัญญาณในเซลล์ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่เข้าไปนั้นเต็ม โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เป็นการเรียกเข้าครั้งใหม่นั้นจะบล็อกโดยทันที ในขณะที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำการแฮนด์โอเวอร์นั้นจะถูกนำไปรออยู่ในคิว และรอว่าเมื่อใดที่มีช่องสัญญาณว่างระบบจะให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่ในคิวนั้นทันที แต่ถ้าไม่สามารถหาช่องสัญญาณว่างที่จะมาให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนทีที่รออยู่ในคิวได้ จนกระทั่งถึงระยะเวลาสูงสุดที่ระบบอนุญาติให้โทรศัพท์เคลื่อนที่รออยู่ในคิวได้ โทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นก็จะตกไปหรือสายหลุดนั้นเอง ดังแสดงในรูปที่ 3.14 [6]



รูปที่ 3.14 แสดงวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์นั้น มีลักษณะคิวเป็นแบบ M/M/C/K/M แสดงดังรูปที่ 3.15 และในรูปแบบโมเดลของมาร์คอฟดังรูปที่ 3.16 ซึ่งสามารถแบ่งช่วงของการเกิดและการสิ้นสุดในการเข้าใช้บริการ (Birth-Death) ได้เป็น 2 ช่วงคือ

$$\lambda_n = \begin{cases} \lambda + \eta_h & (1 \le n \le c-1) \\ \eta_h & (n \ge c) \end{cases} \tag{3.15}$$

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu & (1 \le n \le c-1) \\ c\mu + (n-c)\mu_w & (n \ge c) \end{cases} \tag{3.16}$$

โดยที่

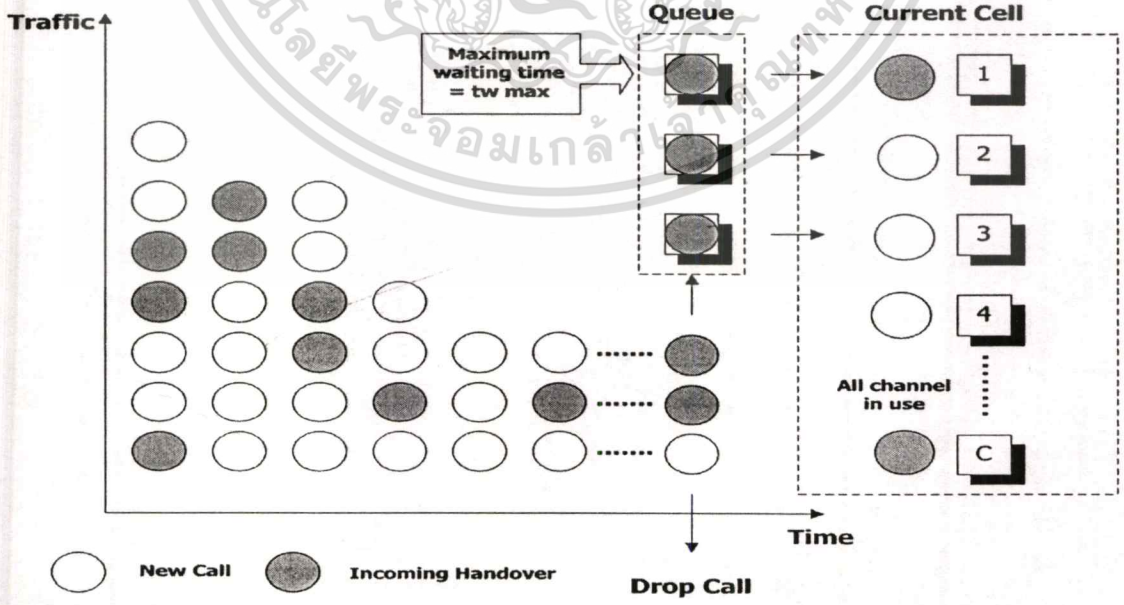
λ คือ จำนวนของโทรศัพท์ที่เรียกเข้าครั้งใหม่ที่เข้าในระบบ

η_h คือ จำนวนของผู้ที่แฮนด์โอเวอร์ที่เข้ามาในระบบ

c คือ จำนวนของช่องสัญญาณภายในเซลล์

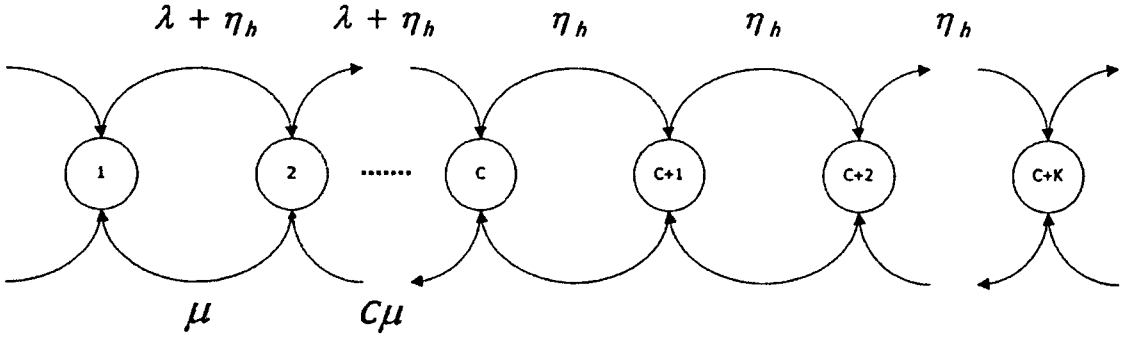
μ คือ ส่วนกลับของระยะเวลาการใช้ช่องสัญญาณของการเรียกเข้าครั้งใหม่และการแฮนด์โอเวอร์

μ_w คือ ส่วนกลับของระยะเวลาการรอสูงสุดมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{t_{w\ \max}}$



รูปที่ 3.15 แสดงลักษณะการเข้าคิวที่เป็นแบบ M/M/C/K/M

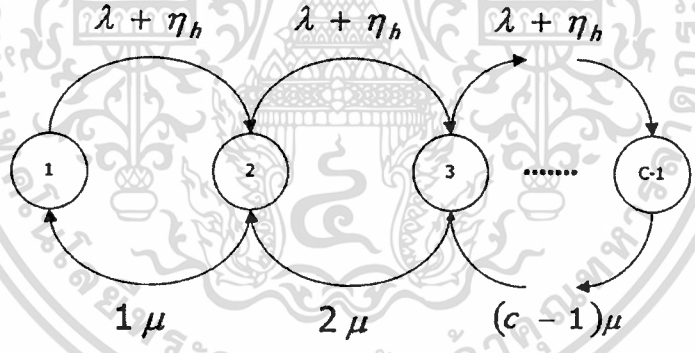
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แสดงรูปแบบโมเดลของมาร์คอฟสำหรับการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์

ดังนั้นสมการความน่าจะเป็นที่สถานะต่างๆของโมเดลของมาร์คอฟ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ

ช่วงที่ 1 ที่สถานะระหว่าง $(1 \le n \le c-1)$



รูปที่ 3.17 แสดงรูปแบบโมเดลของมาร์คอฟที่สถานะ $(1 \le n \le c-1)$

จากสมการที่ 3.9 สามารถหา p_k ค่าความน่าจะเป็น ณ สถานะ k ใดๆได้ดังนี้

$$p_k = p_0 \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\lambda + \eta_h}{\mu_{i+1}} \quad k = 0,1,2...,c \tag{3.17}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนการสิ้นสุด (Death) ที่สถานะใดๆในช่วงนี้สามารถหาได้จาก

$$\mu_k = k\mu \qquad k = 1,..., c \tag{3.18}$$

ดังนั้นสมการที่ 3.17 สามารถเขียนได้เป็น

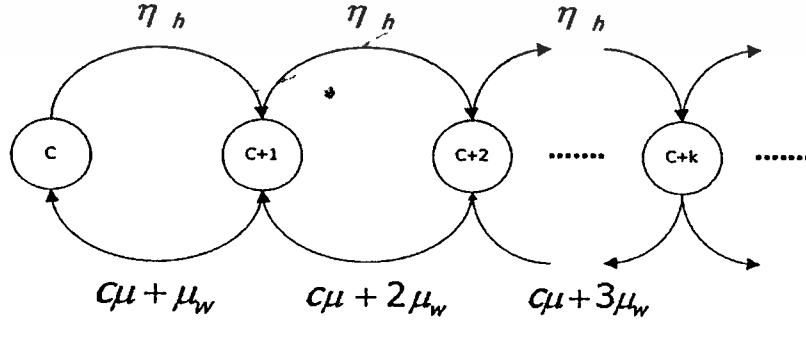
$$P_{k1} = \frac{p_0(\lambda+\eta_h)^n}{\mu(2\mu)(3\mu)...(c\mu)} \tag{3.19}$$

$$P_{k1} = \frac{p_0(\lambda+\eta_h)^n}{n!\mu^n} \qquad (1 \le n \le c-1) \tag{3.20}$$

จากสมการที่ 3.9 สามารถ p_k ได้ดังนี้

$$p_{k2} = \left(\prod_{i=c}^{k-1} \frac{\eta_h}{\mu_{i+1}}\right) p_c \tag{3.21}$$

ช่วงที่ 2 ที่สถานะระหว่าง $(n \ge c)$



รูปที่ 3.18 แสดงรูปแบบโมเดลของมาร์คอฟที่สถานะ $(n \ge c)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ค่า p_c หาได้จากสมการที่ (3.20)

$$P_c = \frac{p_0(\lambda+\eta_h)^c}{c!\mu^c} \tag{3.22}$$

อัตราการสิ้นสุดที่สถานะใดๆในช่วงนี้ สามารถหาได้จาก

$$\mu_{M=c} = c\mu + M\mu_w \qquad M = 1,\ldots, k \tag{3.23}$$

แทนสมการที่ 3.22 และ 3.23 ลงในสมการที่ 3.24

$$P_c = \frac{(\lambda+\eta_h)^c}{c!\mu^c} p_0 \frac{\eta_h^{n-c}}{\prod_{M=1}^{n-c}(c\mu + M\mu_w)} \tag{3.24}$$

ดังนั้นสามารถหาความน่าจะเป็นของสถานะต่างๆ ในช่วงระหว่าง $(1 \le n \le c-1)$ และ $(n \ge c)$ ได้ดังสมการ

$$p_n = \begin{cases} \dfrac{(\lambda+\eta_h)^n p_0}{n!\mu^n} & (1 \le n \le c-1) \\ \dfrac{(\lambda+\eta_h)^c \eta_h^{n-c} p_0}{c!\mu^c \prod_{M=1}^{n-c}(c\mu + M\mu_w)} & (n \ge c) \end{cases} \tag{3.25}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากเงื่อนไขขอบเขตของความน่าจะเป็น $\sum_{n=0}^{\infty} p_n = 1$ เราสามารถหาค่าของ p_0 ได้ดังนี้

$$\left[\sum_{n=0}^{c-1}\left(p_0 \frac{(\lambda+\eta_h)^n}{n!\mu^n}\right)+\sum_{n=c}^{\infty}\left(p_0 \frac{(\lambda+\eta_h)^c \eta_h^{n-c}}{c!\mu^c \prod_{M=1}^{n-c}(c\mu+M\mu_w)}\right)\right]=1 \tag{3.26}$$

ดึงตัวรวม p_0 ออกจากสมการ

$$p_0\left[\sum_{n=0}^{c-1}\left(\frac{(\lambda+\eta_h)^n}{n!\mu^n}\right)+\sum_{n=c}^{\infty}\left(\frac{(\lambda+\eta_h)^c \eta_h^{n-c}}{c!\mu^c \prod_{M=1}^{n-c}(c\mu+M\mu_w)}\right)\right]=1 \tag{3.27}$$

จะได้ p_0 ดังสมการ

$$p_0=\left[\sum_{n=0}^{c-1}\left(\frac{(\lambda+\eta_h)^n}{n!\mu^n}\right)+\sum_{n=c}^{\infty}\left(\frac{(\lambda+\eta_h)^c \eta_h^{n-c}}{c!\mu^c \prod_{M=1}^{n-c}(c\mu+M\mu_w)}\right)\right]^{-1} \tag{3.28}$$

ความน่าจะเป็นที่การเรียกเข้าครั้งใหม่จะถูกบล็อก (Blocking Probability New Call Arrival) เมื่อไม่มีช่องสัญญาณว่าง ณ สถานะที่ $(n \geq c)$ สามารถหาได้จาก

$$p_{bn} = \sum_{n=c}^{\infty} p_n \tag{3.29}$$

p_{bn} คือ ความน่าจะเป็นที่การเรียกเข้าครั้งใหม่จะถูกบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับความน่าจะเป็นที่การขอแฮนด์โอเวอร์จะถูกบล็อก เมื่อการแฮนด์โอเวอร์นั้นอยู่ในสถานะที่ n และลักษณะการให้บริการคิวของการแฮนด์โอเวอร์นั้นเป็นแบบ FIFO (First-in First-out) แล้วจะได้ว่า

ถ้า $(1 \le n \le c-1)$ การแฮนด์โอเวอร์นั้นจะได้รับบริการทันทีและไม่มีการบล็อก
ถ้า $(n \ge c)$ การแฮนด์โอเวอร์นั้นจะมีการเข้าคิวรอรับบริการและจะบล็อกก็ต่อเมื่อระยะเวลาที่รออยู่ในคิวเกินระยะเวลาการรอสูงสุด $t_{w\,max}$ จะได้ค่าความน่าจะเป็นที่การแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ ณ สถานะที่ n ดังนี้

$$p_{bh} = \sum_{n=c}^{\infty} p_0 p_r \quad \{\text{การเข้ามาของการแฮนด์โอเวอร์ที่ไม่สำเร็จ ณ ตำแหน่ง n+1}\} \tag{3.30}$$

หรือ

$$p_{bh} \overset{\Delta}{=} \sum_{n=0}^{\infty} p_c p_{bh|n} \tag{3.31}$$

โดยที่

p_c คือ ค่าความน่าจะเป็นที่สถานะที่ c

$p_{bh|n}$ คือ นิยามของ pr ซึ่งหมายถึงการแฮนด์โอเวอร์ที่เข้ามาในคิว ณ ตำแหน่งของ n+1 จะสำเร็จได้ ก็ต่อเมื่อการแฮนด์โอเวอร์นั้นได้ย้ายตำแหน่งไปยังหัวของคิว และได้รับการบริการหรือค่าความน่าจะเป็นที่การแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ ณ สถานะที่ n

p_{bh} คือ ความน่าเป็นที่การแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ โดยเริ่มเกิดการบล็อกตั้งแต่ $n \ge c$ จากนี้ใช้ลักษณะของการไม่ใช้หน่วยความจำ (Memory less) ทำการหาค่าความน่าจะเป็นที่การแฮนด์โอเวอร์ที่เข้ามาในระบบจะไม่ถูกบล็อกดังนี้

$$\left(1 - p_{ph|n}\right) = \left[\prod_{i=0}^{n-c} p\left(i \mid i+1\right)\right] p_r \quad \{\text{แฮนด์โอเวอร์ที่สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้ เมื่อการแฮนด์โอเวอร์นั้นอยู่ที่ตำแหน่งหัวของคิว}\}$$

(3.32)

โดยที่

$p(i \mid i+1)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นที่การแฮนด์โอเวอร์ที่อยู่ ณ ตำแหน่ง i+1 จะย้ายไปอยู่ตำแหน่ง i ก่อนที่การแฮนด์โอเวอร์นั้นจะถูกบล็อกไป

n คือ ตำแหน่งของสถานะที่มีโอกาสเกิดการบล็อกของการแฮนด์โอเวอร์มีค่า 0,1,2,...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแฮนด์โอเวอร์ที่เข้ามา ณ ตำแหน่ง i+1 นี้จะถูกลบออกจากระบบ เมื่อการแฮนด์โอเวอร์ที่เกิดขึ้นมีค่าเกินระยะเวลาการรอสูงสุด แต่ถ้าการแฮนด์โอเวอร์นั้นยังไม่เกินระยะเวลาการรอสูงสุด มันก็จะมีโอกาส ย้ายตำแหน่งภายในคิวไปยังตำแหน่งที่ต่ำกว่า (ย้ายตำแหน่งเลื่อนไปข้างหน้า) จนกระทั่งไปอยู่ที่หัวของคิวเพื่อรอใช้ช่องสัญญาณ และการแฮนด์โอเวอร์เหล่านี้จะสามารถกระทำเช่นนี้ได้ ถ้าอยู่ภายใต้เงื่อนไข 2 ข้อนี้คือ

1) อย่างน้อยระยะเวลาการรอใช้ช่องสัญญาณของการแฮนด์โอเวอร์ตัวที่พิจารณานี้ จะต้องมากกว่าระยะเวลาของการแฮนด์โอเวอร์ตัวที่อยู่ข้างหน้านั้น (T_j,j = 1,2,…,i)

2) ระยะเวลาการรอที่จะใช้ช่องสัญญาณจะต้องมากกว่า ระยะเวลาใช้ช่องสัญญาณเฉลี่ย x ของการเรียกปกติ ที่ระยะเวลาการเรียกนั้นๆ สามารถเรียกต่อเนื่องไปยังเซลล์เป้าหมายได้

จากข้อกำหนดนี้ ทำให้สามารถหาค่าความน่าจะเป็นในกรณีที่การแฮนด์โอเวอร์ที่เข้ามา ไม่สามารถเลื่อนตำแหน่งในช่วง $(1 \le n \le c-1)$ และ $(n \ge c)$ ตามลักษณะการไม่ใช้หน่วยความจำ (Memory less) ได้ดังนี้

$$1-p(i \mid i+1) = \int_0^\infty e^{-c\mu}.\mu_w e^{-\mu_w t}\,dt \;..\left[\int_0^\infty e^{-\mu_w t}\,\mu_w e^{-\mu_w t}\,dt\right]^i$$

$$= \left(\frac{\mu_w}{c\mu+\mu_w}\right)\left(\frac{1}{2}\right)^i \text{ เมื่อ } i = 1,2,3,\ldots \qquad (3.33)$$

แทนค่า(3.33) และ (3.32) จะได้

$$p_{bh|n} = 1-\left[\prod_{i=0}^{n-c}\left[1-\frac{\mu_w}{c\mu+\mu_w}\right]\left(\frac{1}{2}\right)^i\right] \qquad (3.34)$$

เพราะฉะนั้นค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกทั้งหมด ณ สถานะที่ $(n \ge c)$ จะได้เป็น

$$p_{bh} = \sum_{n=c}^{\infty} p_{bn|n}\,p_n \qquad (3.35)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 อัลกอลิทึมของโปรแกรมจำลองการทำงานการจัดสรรช่องสัญญาณฉาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing, FCA-QH)

การสร้างและกำหนดค่าตัวแปรต่างที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรมที่จำเป็นมีดังนี้

3.3.2.1 โครงสร้างของระบบ

โครงสร้างของระบบ ประกอบไปด้วยตัวแปรหลายค่าที่เก็บค่าพื้นฐานที่มีผลต่อระบบไว้ประกอบไปด้วย

1) เวลาที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรม มีหน่วยเป็นวินาที (Sec)
2) จำนวนของสถานีฐานในระบบ
3) คุณภาพการให้บริการ (Grade of Service) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)
4) ความเร็วเฉลี่ยของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เคลื่อนที่อยู่ในระบบ
5) ค่าเบี่ยงแบนมาตรฐานของความเร็วโทรศัพท์เคลื่อนที่
6) ระยะเวลาเฉลี่ยต่อการใช้หนึ่งครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่
7) ความสูงของสถานีฐาน
8) ความสูงของโทรศัพท์เคลื่อนที่
9) กำลังส่งของสถานีฐาน
10) ค่ากำลังสัญญาณต่ำที่สุดที่สถานีฐานสามารถรับได้
11) ค่ากำลังสัญญาณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ของทำการแฮนด์โอเวอร์
12) ค่าเฉลี่ยของการลดทอนสัญญาณที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม (Log – Normal Fading)
13) ค่าเบี่ยงแบนมาตรฐานของของการลดทอนสัญญาณที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม (Log – Normal Fading)
14) ค่า Multipath Fading
15) ลักษณะของสิ่งแวดล้อม
16) จำนวนคิวสูงสุดที่อนุญาตให้รอได้ในแต่ละเซลล์
17) ระยะเวลาที่อนุญาตให้รอคิวได้สูงสุด

3.3.2.2 โครงสร้างของเซลล์

โครงสร้างของเซลล์ ประกอบไปด้วยตัวแปรแถวลำดับ (Array) ที่เก็บค่าพื้นฐานที่ใช้ในการเก็บค่าช่องสัญญาณที่มีอยู่ในแต่ละเซลล์ และค่าช่องสัญญาณที่ใช้งานอยู่ เพื่อใช้ในการจัดสรรช่องสัญญาณให้กับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เรียกเข้าใหม่และทำการแฮนด์โอเวอร์ แต่ละเซลล์ประกอบได้ด้วย

1) เลขที่ของเซลล์ (Cell ID)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) จำนวนช่องสัญญาณในเซลล์

3) ขนาดของเซลล์ มีหน่วยเป็นเมตร (m)

4) ระยะทางที่ซ้อนทับกันระหว่างเซลล์ มีหน่วยเป็นเมตร (m)

5) ช่องสัญญาณที่ให้บริการเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่

6) จำนวนโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่ในเซลล์

3.3.2.3 โครงสร้างของโทรศัพท์เคลื่อนที่

โครงสร้างของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ประกอบไปด้วยตัวแปรแถวลำดับ (Array) ที่เก็บค่าพื้นฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเคลื่อนที่อยู่ในระบบ เพื่อใช้ในคำนวณค่าและเก็บค่ากำลังของสัญญาณ, C/I, Path loss, Log-Normal Fading, ที่มีผลในการตัดสินใจขอแฮนด์โอเวอร์ ประกอบได้ด้วย

1) เลขที่ของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile ID)

2) เวลาเริ่มต้นเข้าสู่ระบบ

3) ระยะเวลาที่ใช้งานอยู่ในระบบ

4) ความเร็วของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่

5) ทิศทางการเคลื่อนที่

6) ค่า Path Loss ระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเซลล์ที่ใช้บริการอยู่

7) ค่า Log – Normal Fading ระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเซลล์ที่ใช้บริการอยู่

8) ค่ากำลังสัญญาณที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่รับได้

9) ตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ในเซลล์ที่ให้บริการอยู่

10) เลขที่ของเซลล์ที่ให้บริการอยู่

11) เลขที่ช่องสัญญาณที่สัญญาณที่ใช้งานอยู่

12) เวลาที่สิ้นสุดการติดต่อสื่อสาร

13) ระยะเวลาการรอที่ยังคงเหลือ

14) ค่า Path Loss ระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเซลล์ข้างเคียงที่กำลังเคลื่อนที่เข้าไปใกล้

15) ค่า Log – Normal Fading ระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเซลล์ข้างเคียงที่กำลังเคลื่อนที่เข้าไปใกล้

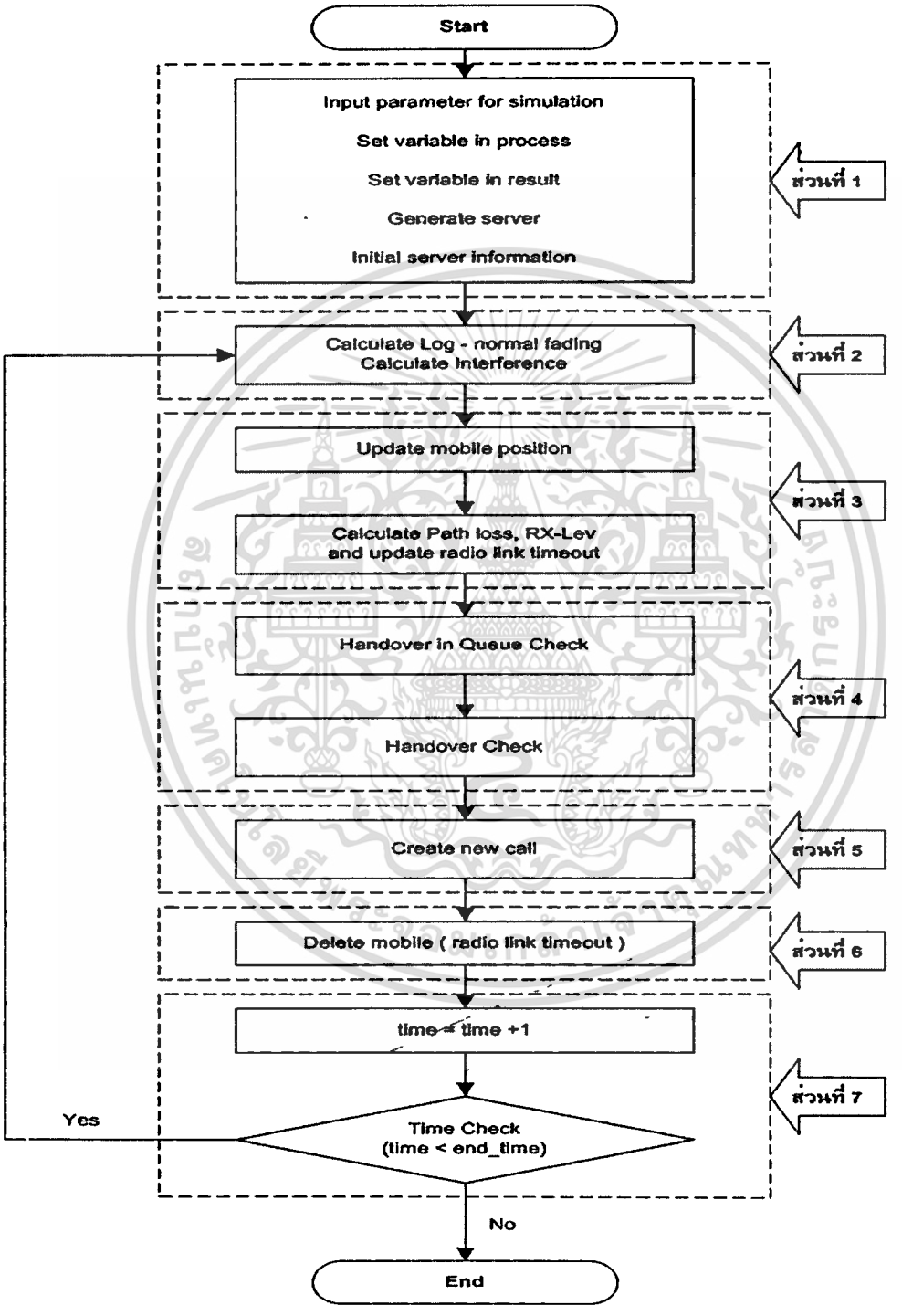
14) ค่ากำลังสัญญาณรบกวน (I)

17) จำนวนสัญญาณที่ถอดรหัสไม่ได้เนื่องสัญญาณรบกวนหรือกำลังสัญญาณไม่เพียงพอ (Radio link timeout)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.4 การทำงานโดยรวมของระบบ

ขั้นตอนในการทำงานของระบบโดยรวมสามารถอธิบายได้โดยแผนภูมิสายงาน (Flow Chart) พร้อมทั้งแสดงรายละเอียดในการทำงานแต่ละส่วนดังแสดงในรูปที่ 3.19 – 3.27



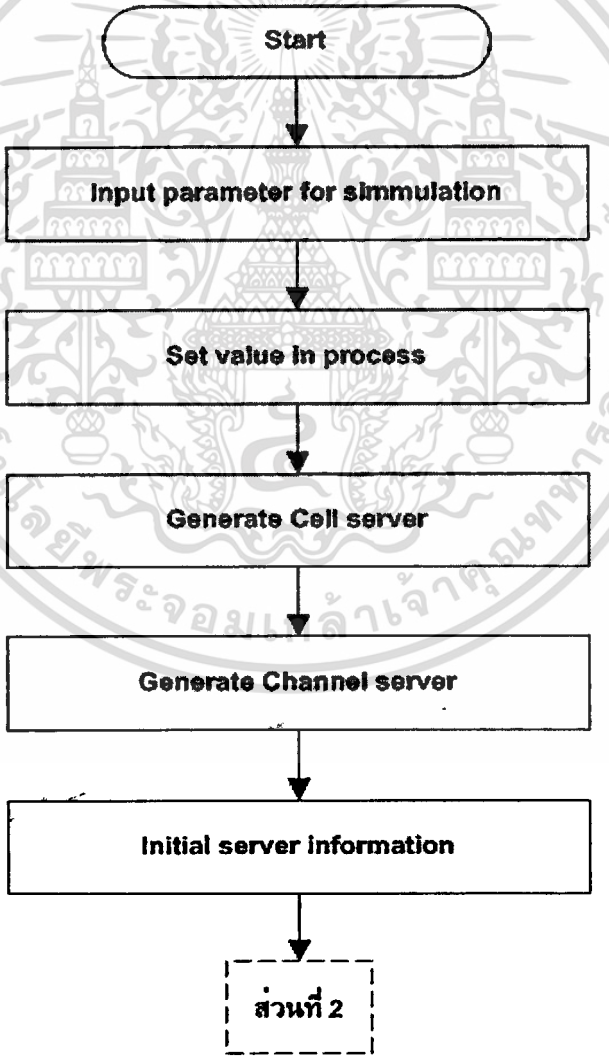
รูปที่ 3.19 แสดงขั้นตอนการทำงานโดยรวมของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 1 ทำการป้อนข้อมูลพารามิเตอร์ให้ระบบ ตั้งค่าเริ่มต้นให้กับโครงสร้างของระบบ เซลล์ ตัวแปรพื้นฐาน และตัวแปรที่ใช้เก็บค่าสถิติต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วย

1) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เรียกเข้าใหม่
2) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เรียกเข้าใหม่สำเร็จ
3) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เรียกเข้าใหม่ไม่สำเร็จ
4) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำแฮนด์โอเวอร์
5) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำแฮนด์โอเวอร์สำเร็จ
6) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ
7) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่หลุดออกจากระบบ

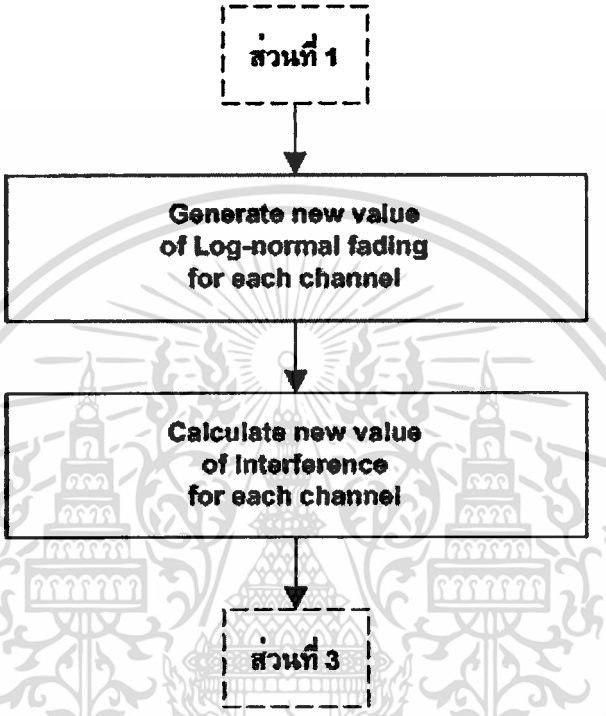
ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

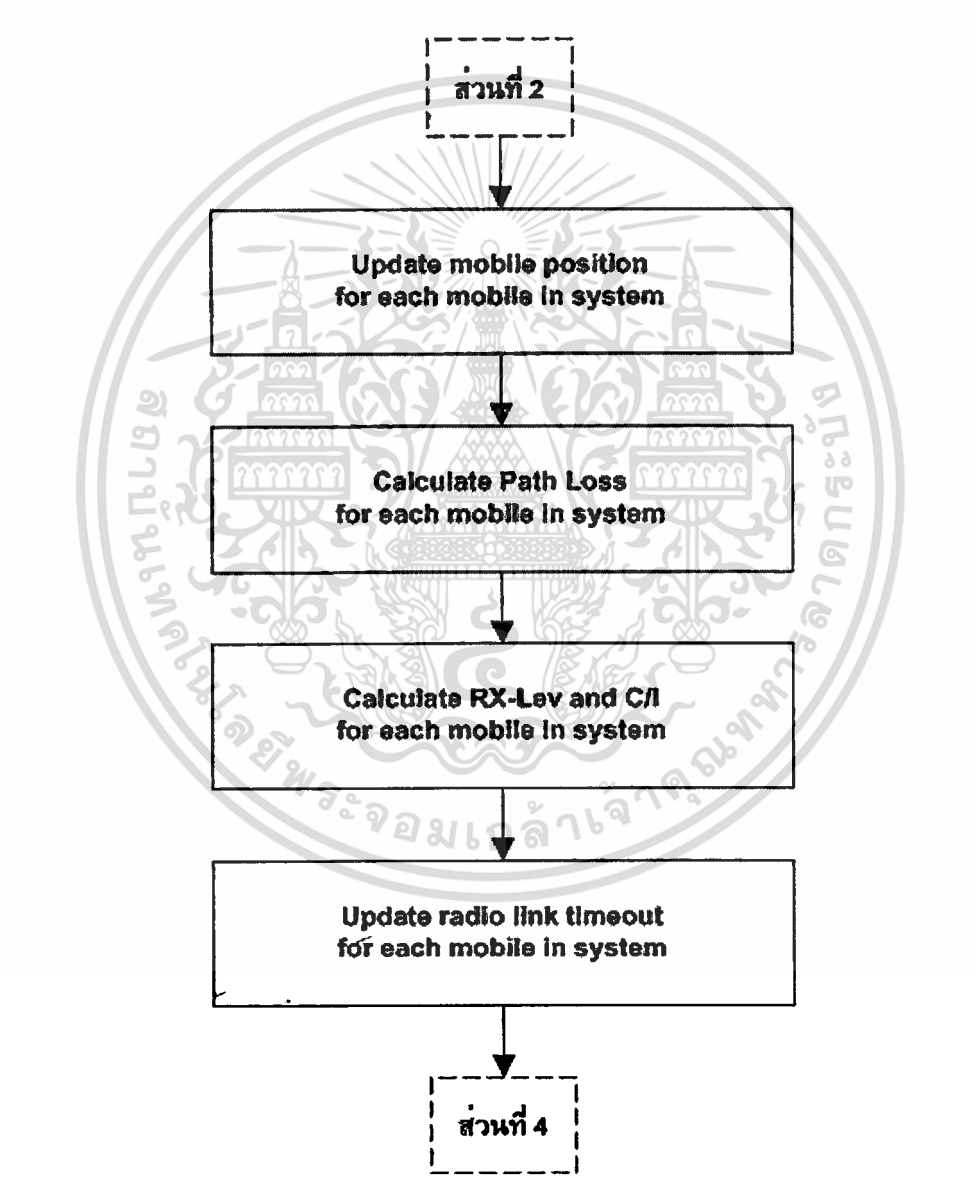
ส่วนที่ 2 ระบบทำการคำนวณและทำการป้อนข้อมูลให้ค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่า Log-Normal-Fading และ Interference ที่ใช้ในการคำนวณกำลังสัญญาณของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในแต่ละช่องสัญญาณที่มีอยู่ในระบบ ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 3 ระบบทำการคำนวณและทำการป้อนข้อมูลให้ค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าตำแหน่งปัจจุบันของโทรศัพท์เคลื่อน ทำการคำนวณและทำการป้อนข้อมูลให้ค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าลดทอนสัญญาณที่เกิดขึ้นกับโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเครื่องในระบบที่ตำแหน่งของโทรศัพท์นั้นๆ ทำการคำนวณหาค่ากำลังสัญญาณที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเครื่องในระบบ และทำการบันทึกค่าจำนวนสัญญาณที่ถอดรหัสไม่ได้เนื่องสัญญาณรบกวนหรือกำลังสัญญาณไม่เพียงพอ (Radio link timeout) ของโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเครื่องในระบบ ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 4 ระบบจะทำการตรวจสอบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่รอทำการแฮนด์โอเวอร์อยู่ในคิวโดยให้มีสิทธิ์ในการเข้าใช้ช่องสัญญาณก่อนโทรศัพท์เคลื่อนที่ขอทำการแฮนด์โอเวอร์ในรอบนี้ ระบบทำการจัดสรรช่องสัญญาณให้เมื่อมีช่องสัญญาณว่าง

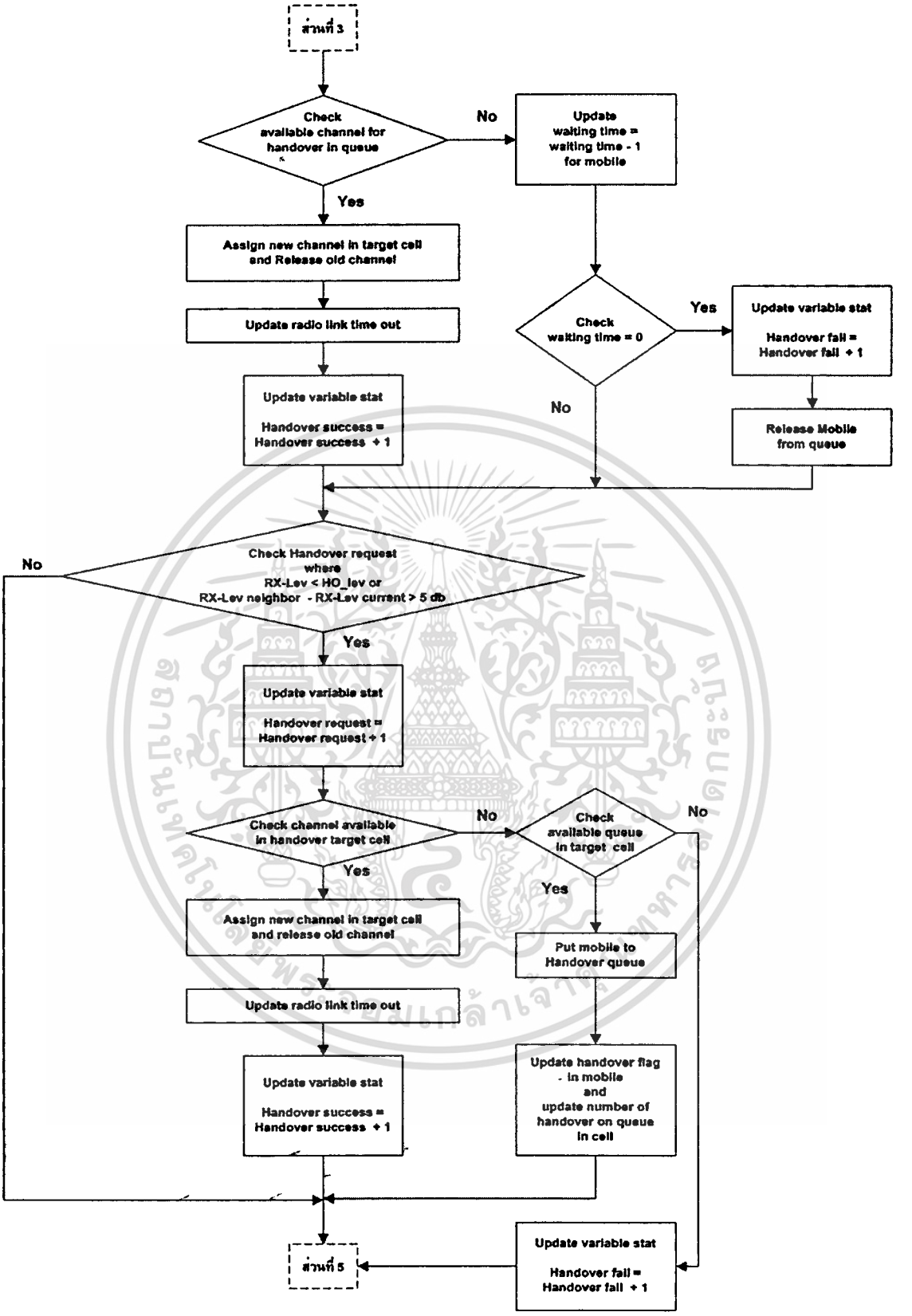
ในกรณีที่ยังไม่มีช่องสัญญาณเพียงพอระบบจะทำการลดเวลาที่อนุญาตให้โทรศัพท์เคลื่อนที่รออยู่ในคิว เมื่อเวลาที่อนุญาตให้รอของโทรศัพท์เคลื่อนที่รออยู่ในคิวมีค่าเท่ากับ 0 โทรศัพท์เคลื่อนที่จะถูกตัดออกจากคิวและจะต้องร้องขอทำการแฮนด์โอเวอร์ใหม่อีกครั้ง

หลังจากที่ทำการตรวจสอบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่ในคิวเรียบร้อยแล้ว ระบบทำการตรวจสอบค่ากำลังสัญญาณของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่อยู่ในข่ายที่ขอทำการแฮนด์โอเวอร์ และขั้นตอนการแฮนด์โอเวอร์ โดยหลังจากระบบตรวจพบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ร้องขอแฮนด์โอเวอร์และทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำการแฮนด์โอเวอร์แล้ว ระบบจะค้นหาช่องสัญญาณว่างที่เซลล์ปลายทาง เมื่อพบช่องสัญญาณว่างระบบจะจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ที่เซลล์ปลายทางให้ แล้วทำการปล่อยช่องสัญญาณเดิม ณ เซลล์ต้นทาง และทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำการแฮนด์โอเวอร์สำเร็จ

แต่ในกรณีที่ไม่มีช่องสัญญาณว่างที่เซลล์ปลายทาง ระบบจะตรวจสอบจำนวนโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่ในคิวของเซลล์ปลายทาง ถ้าจำนวนโทรศัพท์เคลื่อนที่ในคิวที่เซลล์ปลายทางยังมีคิวว่างอยู่ ระบบจะอนุญาตให้โทรศัพท์เคลื่อนที่รออยู่ในคิวได้ตามระยะเวลาที่กำหนด และระบบจะทำการบันทึกจำนวนโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่ในคิวของเซลล์นั้นใหม่

ในกรณีที่คิวในเซลล์นั้นเต็มระบบจะทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ โทรศัพท์เคลื่อนที่เครื่องที่ขอแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จจะต้องร้องขอทำการแฮนด์โอเวอร์ใหม่อีกครั้งในรอบถัดไป ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.23

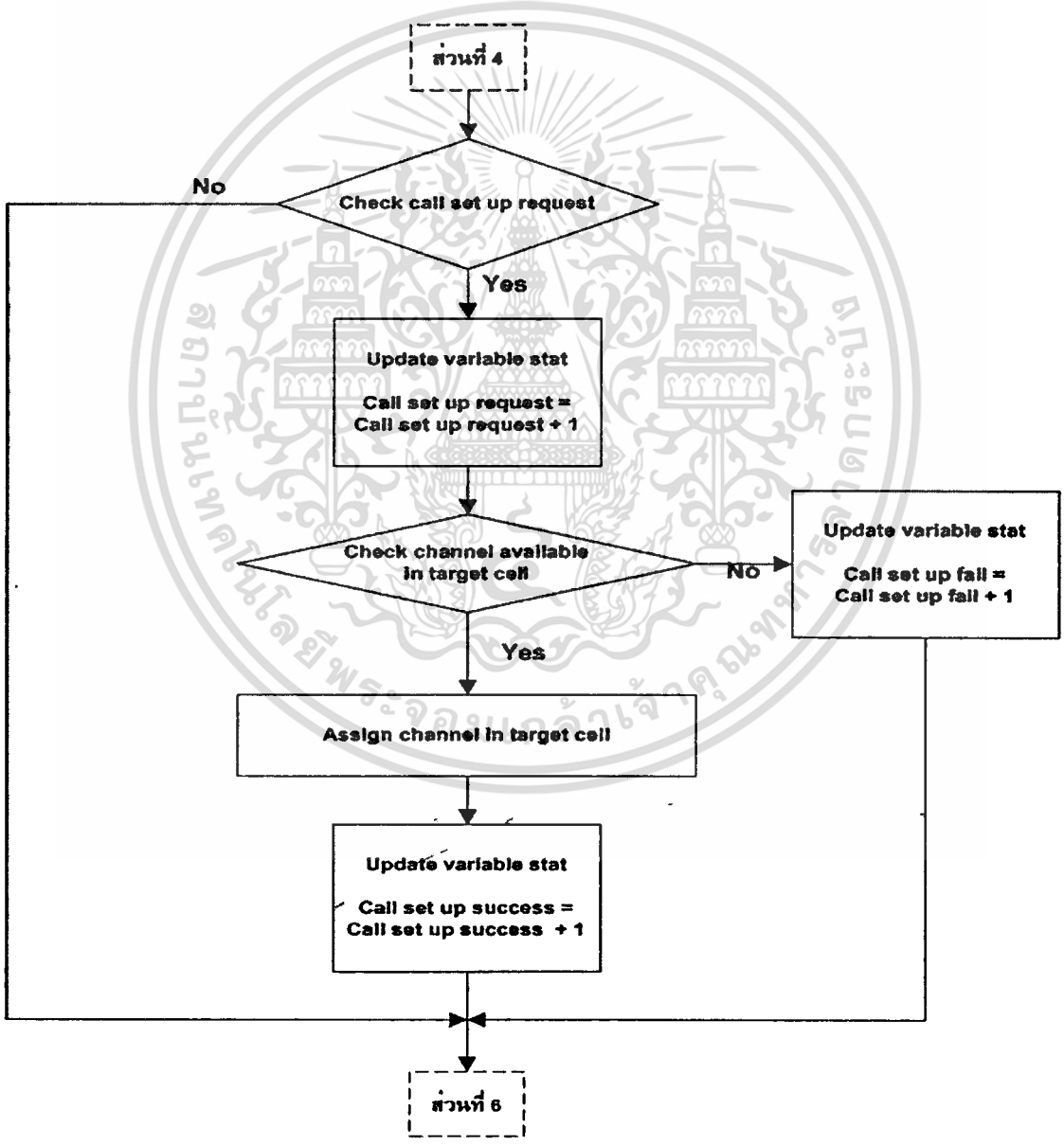
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

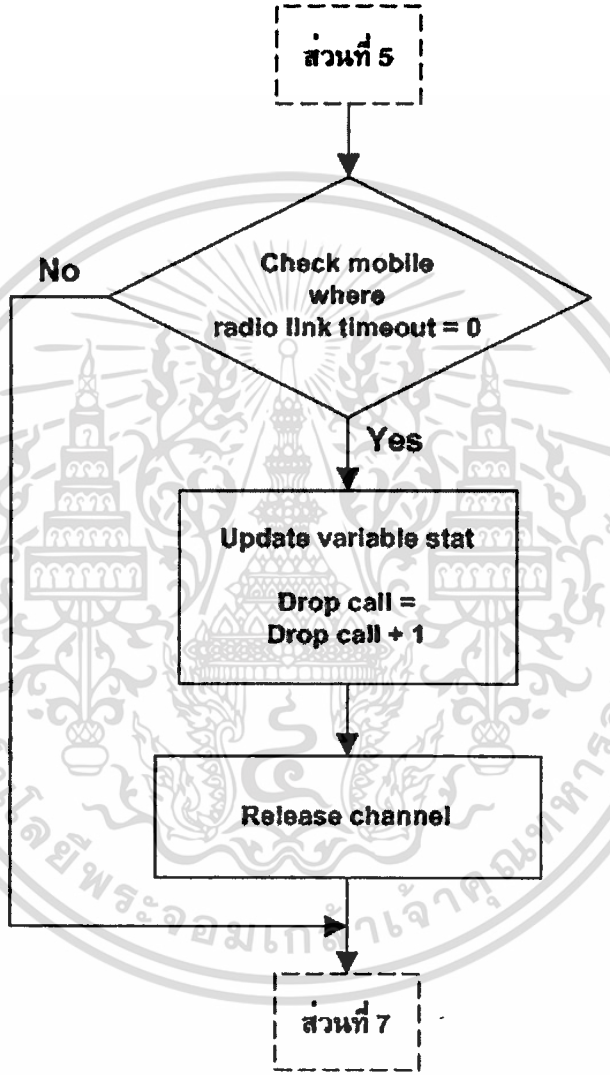
ส่วนที่ 5 ระบบทำการตรวจสอบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอเรียกเข้าครั้งใหม่ โดยหลังจากระบบตรวจพบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ร้องขอเรียกเข้าครั้งใหม่ และทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอเรียกเข้าครั้งใหม่แล้ว ระบบจะค้นหาช่องสัญญาณว่างที่เซลล์ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ร้องขอ เมื่อพบช่องสัญญาณว่างระบบจะจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ที่เซลล์ที่ร้องขอ และทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอเรียกเข้าครั้งใหม่สำเร็จ แต่ในกรณีที่ไม่มีช่องสัญญาณว่างที่เซลล์ที่ร้องขอ ระบบจะทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอเรียกเข้าครั้งใหม่ไม่สำเร็จ โทรศัพท์เคลื่อนที่เครื่องที่ขอเรียกเข้าครั้งใหม่ไม่สำเร็จก็จะถูกตัดออกไปจากระบบ ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

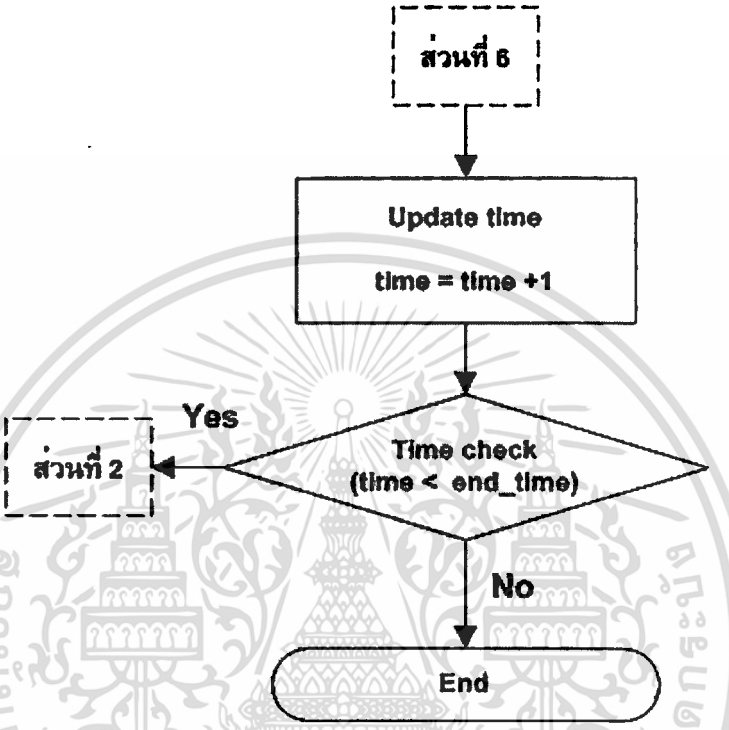
ส่วนที่ 6 ระบบจะทำการตรวจสอบและทำการตัดโทรศัพท์เคลื่อนที่มีจำนวนสัญญาณที่ถอดรหัสไม่ได้เนื่องสัญญาณรบกวนหรือกำลังสัญญาณไม่เพียงพอ (Radio link timeout) มากกว่าที่ระบบกำหนดนั้นออกจากระบบ และทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่หลุดออกจากระบบ ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 7 ระบบจะทำการตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรมว่าครบตามระยะเวลาที่กำหนดหรือไม่ ถ้ายังไม่ครบกำหนดโปรแกรมจะสั่งให้ระบบทำงานต่อไป โดยให้ระบบกับไปเริ่มทำงานที่ส่วนที่ 2 วนไปจนกว่าจะครบตามระยะเวลาที่โปรแกรมกำหนด ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.26



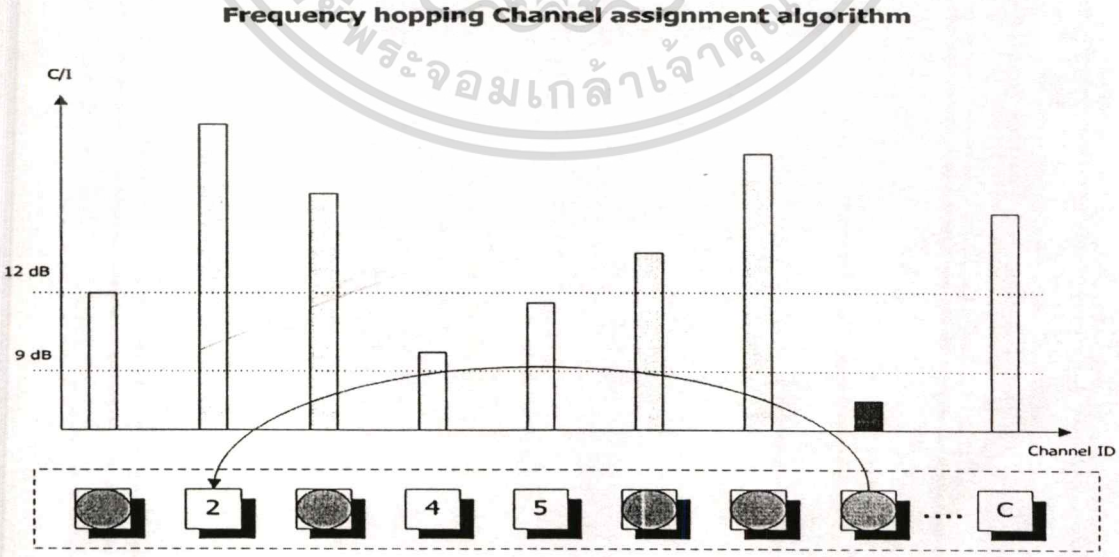
รูปที่ 3.26 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing and Frequency Hopping, FCA-QH-FH)

3.4.1 โมเดลและเงื่อนไขการวิเคราะห์การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ

สำหรับการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำนั้น จะมีลักษณะการให้บริการคล้ายคลึงกับการทำงานของการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ กล่าวคือ ในกรณีที่ช่องสัญญาณในเซลล์ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่เคลื่อนที่เข้าไปนั้นว่าง นั่นคือไม่ว่าเครื่องลูกข่ายที่เข้ามาในเซลล์นั้นจะเป็นการเรียกเข้าครั้งใหม่ (New call arrival) หรือเป็นการเรียกแฮนด์โอเวอร์เข้ามา ทั้งสองกรณีนี้จะได้รับบริการทันทีแต่ในอีกกรณีก็คือ ถ้าช่องสัญญาณในเซลล์ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่เข้าไปนั้นเต็ม โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เป็นการเรียกเข้าครั้งใหม่นั้นจะบล็อกโดยทันที ในขณะที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำการแฮนด์โอเวอร์นั้นจะถูกนำไปรออยู่ในคิว และรอว่าเมื่อใดที่มีช่องสัญญาณว่างระบบจะให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่ในคิวนั้นทันที แต่ถ้าไม่สามารถหาช่องสัญญาณว่างที่จะมาให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่รออยู่ในคิวได้ จนกระทั่งถึงระยะเวลาสูงสุดที่ระบบอนุญาตให้โทรศัพท์เคลื่อนที่รออยู่ในคิวได้ โทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นก็จะตกไป หรือสายหลุดนั้นเอง แต่ส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามาก็คือระบบจะอนุญาตให้โทรศัพท์เคลื่อนที่เปลี่ยนช่องสัญญาณที่ให้ช่องสัญญาณที่มีค่า C/I ต่ำกว่าช่องที่ใช้บริการอยู่ ในกรณีช่องสัญญาณกรณีช่องสัญญาณที่ใช้งานอยู่มีค่า C/I ต่ำกว่าที่ระบบจะยอมรับให้ติดต่อสื่อสารต่อไปได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 แสดงการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนรูปแบบของการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์นั้น มีลักษณะคิวเป็นแบบ M/M/C/K/M เช่นเดียวกับวิธีการในส่วนที่ 3.3

3.4.2 อัลกอลิทึมของโปรแกรมจำลองการทำงานการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing and Frequency Hopping, FCA-QH-FH)

การสร้างและกำหนดค่าตัวแปรต่างที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรมที่จำเป็นมีดังนี้

3.4.2.1 โครงสร้างของระบบ

โครงสร้างของระบบ ประกอบไปด้วยตัวแปรหลายค่าที่เก็บค่าพื้นฐานที่มีผลต่อระบบไว้ประกอบไปด้วย

1) เวลาที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรม มีหน่วยเป็นวินาที (Sec)
2) จำนวนของสถานีฐานในระบบ
3) คุณภาพการให้บริการ (Grade of Service) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)
4) ความเร็วเฉลี่ยของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เคลื่อนที่อยู่ในระบบ
5) ค่าเบี่ยงแบนมาตรฐานของความเร็วโทรศัพท์เคลื่อนที่
6) ระยะเวลาเฉลี่ยต่อการใช้หนึ่งครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่
7) ความสูงของสถานีฐาน
8) ความสูงของโทรศัพท์เคลื่อนที่
9) กำลังส่งของสถานีฐาน
10) ค่ากำลังสัญญาณต่ำที่สุดที่สถานีฐานสามารถรับได้
11) ค่ากำลังสัญญาณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ของทำการแฮนด์โอเวอร์
12) ค่าเฉลี่ยของการลดทอนสัญญาณที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม (Log – Normal Fading)
13) ค่าเบี่ยงแบนมาตรฐานของของการลดทอนสัญญาณที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม (Log – Normal Fading)
14) ค่า Multipath Fading
15) ลักษณะของสิ่งแวดล้อม
16) จำนวนคิวสูงสุดที่อนุญาตให้รอได้ในแต่ละเซลล์
17) ระยะเวลาที่อนุญาตให้รอคิวได้สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.2 โครงสร้างของเซลล์

โครงสร้างของเซลล์ ประกอบไปด้วยตัวแปรแถวลำดับ (Array) ที่เก็บค่าพื้นฐานที่ใช้ในการเก็บค่าช่องสัญญาณที่มีอยู่ในแต่ละเซลล์ และค่าช่องสัญญาณที่ใช้งานอยู่ เพื่อใช้ในการจัดสรรช่องสัญญาณให้กับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เรียกเข้าใหม่และทำการแฮนด์โอเวอร์ แต่ละเซลล์ประกอบได้ด้วย

1) เลขที่ของเซลล์ (Cell ID)
2) จำนวนช่องสัญญาณในเซลล์
3) ขนาดของเซลล์ มีหน่วยเป็นเมตร (m)
4) ระยะทางที่ซ้อนทับกันระหว่างเซลล์ มีหน่วยเป็นเมตร (m)
5) ช่องสัญญาณที่ให้บริการเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่
6) จำนวนโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่ในเซลล์

3.4.2.3 โครงสร้างของโทรศัพท์เคลื่อนที่

โครงสร้างของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ประกอบไปด้วยตัวแปรแถวลำดับ (Array) ที่เก็บค่าพื้นฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเคลื่อนที่อยู่ในระบบ เพื่อใช้ในคำนวณค่าและเก็บค่ากำลังของสัญญาณ, C/I, Path loss, Log-Normal Fading, ที่มีผลในการตัดสินใจขอแฮนด์โอเวอร์ ประกอบได้ด้วย

1) เลขที่ของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile ID)
2) เวลาเริ่มต้นเข้าสู่ระบบ
3) ระยะเวลาที่ใช้งานอยู่ในระบบ
4) ความเร็วของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่
5) ทิศทางการเคลื่อนที่
6) ค่า Path Loss ระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเซลล์ที่ใช้บริการอยู่
7) ค่า Log – Normal Fading ระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเซลล์ที่ใช้บริการอยู่
8) ค่ากำลังสัญญาณที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่รับได้
9) ตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ในเซลล์ที่ให้บริการอยู่
10) เลขที่ของเซลล์ที่ให้บริการอยู่
11) เลขที่ช่องสัญญาณที่สัญญาณที่ใช้งานอยู่
12) เวลาที่สิ้นสุดการติดต่อสื่อสาร
13) ระยะเวลาการรอที่ยังคงเหลือ
14) ค่า Path Loss ระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเซลล์ข้างเคียงที่กำลังเคลื่อนที่เข้าไปใกล้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15) ค่า Log – Normal Fading ระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเซลล์ข้างเคียงที่กำลังเคลื่อนที่เข้าไปใกล้

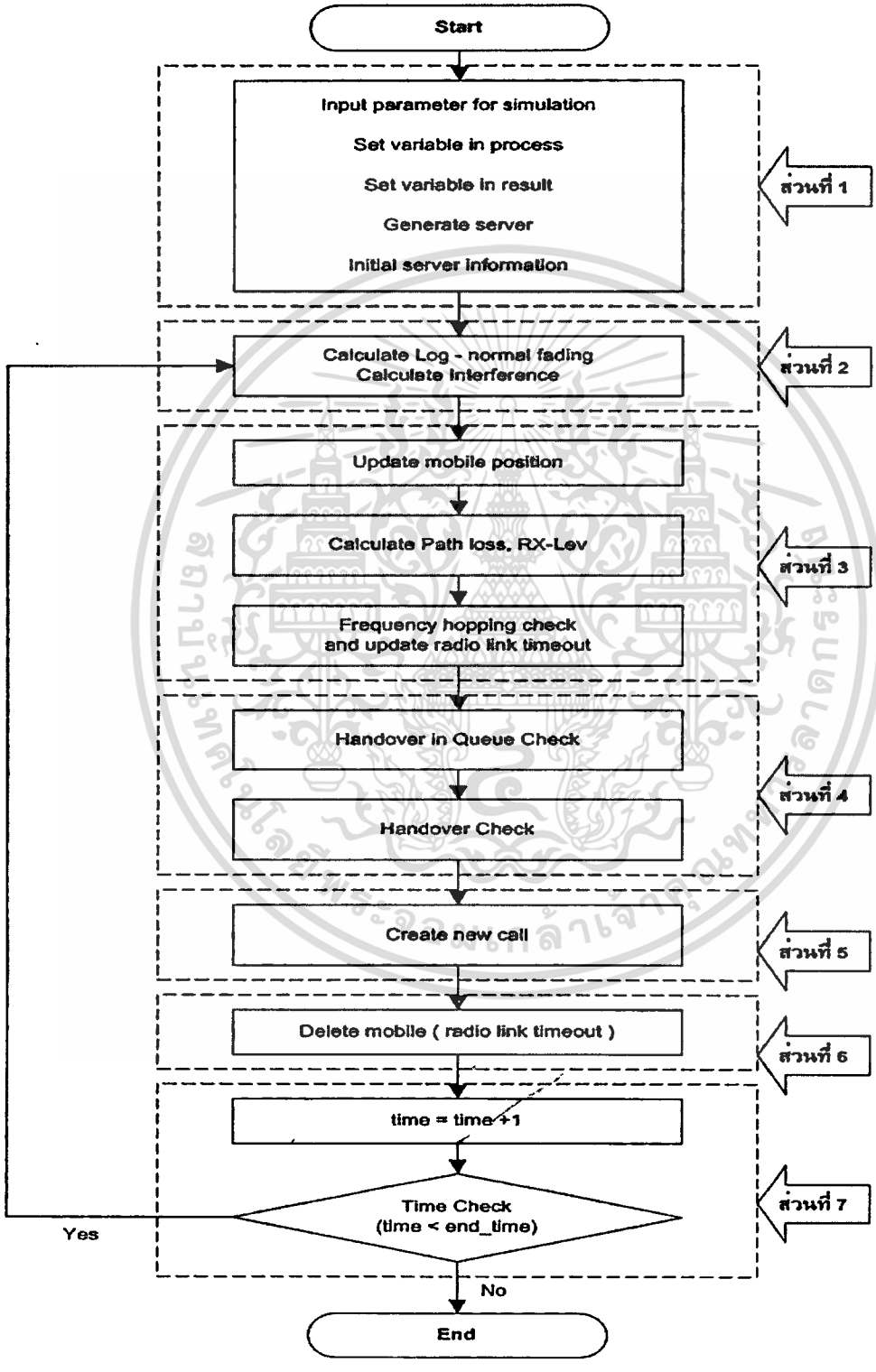
16) ค่ากำลังสัญญาณรบกวน (I)

17) จำนวนสัญญาณที่ถอดรหัสไม่ได้เนื่องสัญญาณรบกวนหรือกำลังสัญญาณไม่เพียงพอ (Radio link timeout)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.4 การทำงานโดยรวมของระบบ

ขั้นตอนในการทำงานของระบบโดยรวมสามารถอธิบายได้โดยแผนภูมิสายงาน (Flow Chart) พร้อมทั้งแสดงรายละเอียดในการทำงานแต่ละส่วนดังแสดงในรูปที่ 3.28 – 3.35



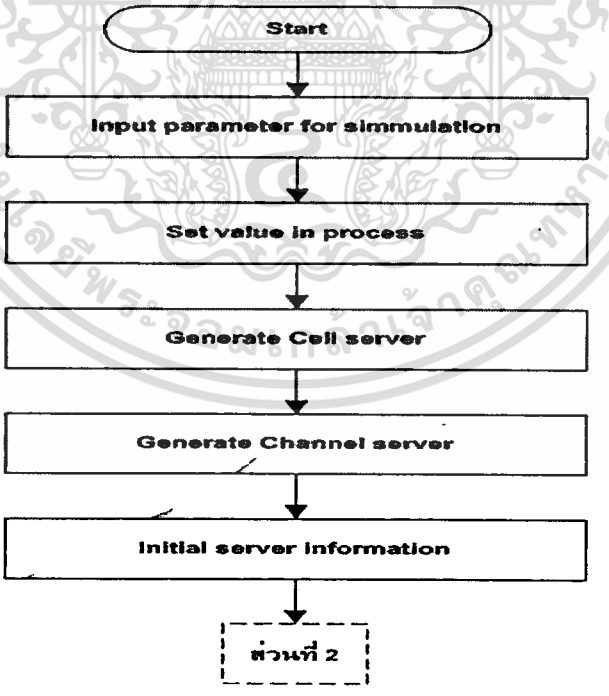
รูปที่ 3.28 แสดงขั้นตอนการทำงานโดยรวมของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 1 ทำการป้อนข้อมูลพารามิเตอร์ให้ระบบ ตั้งค่าเริ่มต้นให้กับโครงสร้างของระบบ เซลล์ ตัวแปรพื้นฐาน และตัวแปรที่ใช้เก็บค่าสถิติต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วย

1) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เรียกเข้าใหม่
2) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เรียกเข้าใหม่สำเร็จ
3) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เรียกเข้าใหม่ไม่สำเร็จ
4) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำแฮนด์โอเวอร์
5) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำแฮนด์โอเวอร์สำเร็จ
6) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ
7) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอจัดสรรช่องสัญญาณใหม่
8) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอจัดสรรช่องสัญญาณใหม่สำเร็จ
9) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ไม่สำเร็จ
10) ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่หลุดออกจากระบบ

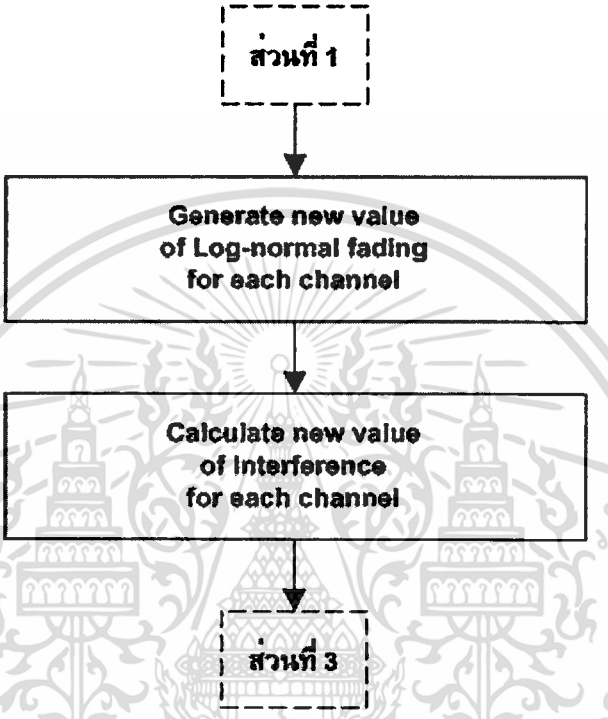
ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

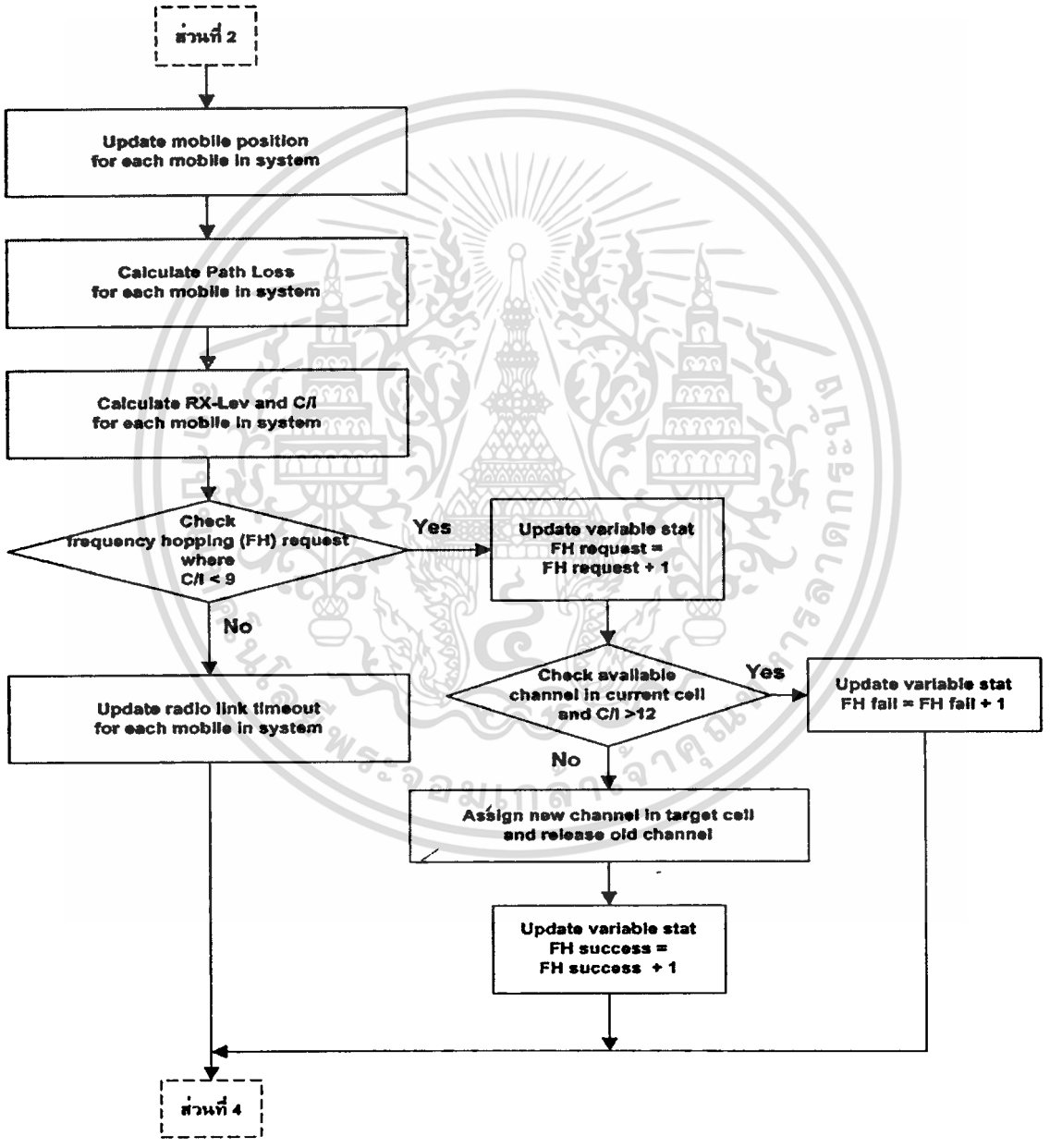
ส่วนที่ 2 ระบบทำการคำนวณและทำการป้อนข้อมูลให้ค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่า Log-Normal-Fading และ Interference ที่ใช้ในการคำนวณกำลังสัญญาณของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในแต่ละช่องสัญญาณที่มีอยู่ในระบบ ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 3 ระบบทำการคำนวณและทำการป้อนข้อมูลให้ค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าตำแหน่งปัจจุบันของโทรศัพท์เคลื่อน ทำการคำนวณและทำการป้อนข้อมูลให้ค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าลดทอนสัญญาณที่เกิดขึ้นกับโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเครื่องในระบบที่ตำแหน่งของโทรศัพท์นั้นๆ ทำการคำนวณหาค่ากำลังสัญญาณที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเครื่องในระบบ และทำการบันทึกค่าจำนวนสัญญาณที่ถอดรหัสไม่ได้เนื่องสัญญาณรบกวนหรือกำลังสัญญาณไม่เพียงพอ (Radio link timeout) ของโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเครื่องในระบบ ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 4 ระบบจะทำการตรวจสอบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่รอทำการแฮนด์โอเวอร์อยู่ในคิวโดยให้มีสิทธิ์ในการเข้าใช้ช่องสัญญาณก่อนโทรศัพท์เคลื่อนที่ขอทำการแฮนด์โอเวอร์ในรอบนี้ ระบบทำการจัดสรรช่องสัญญาณให้เมื่อมีช่องสัญญาณว่าง

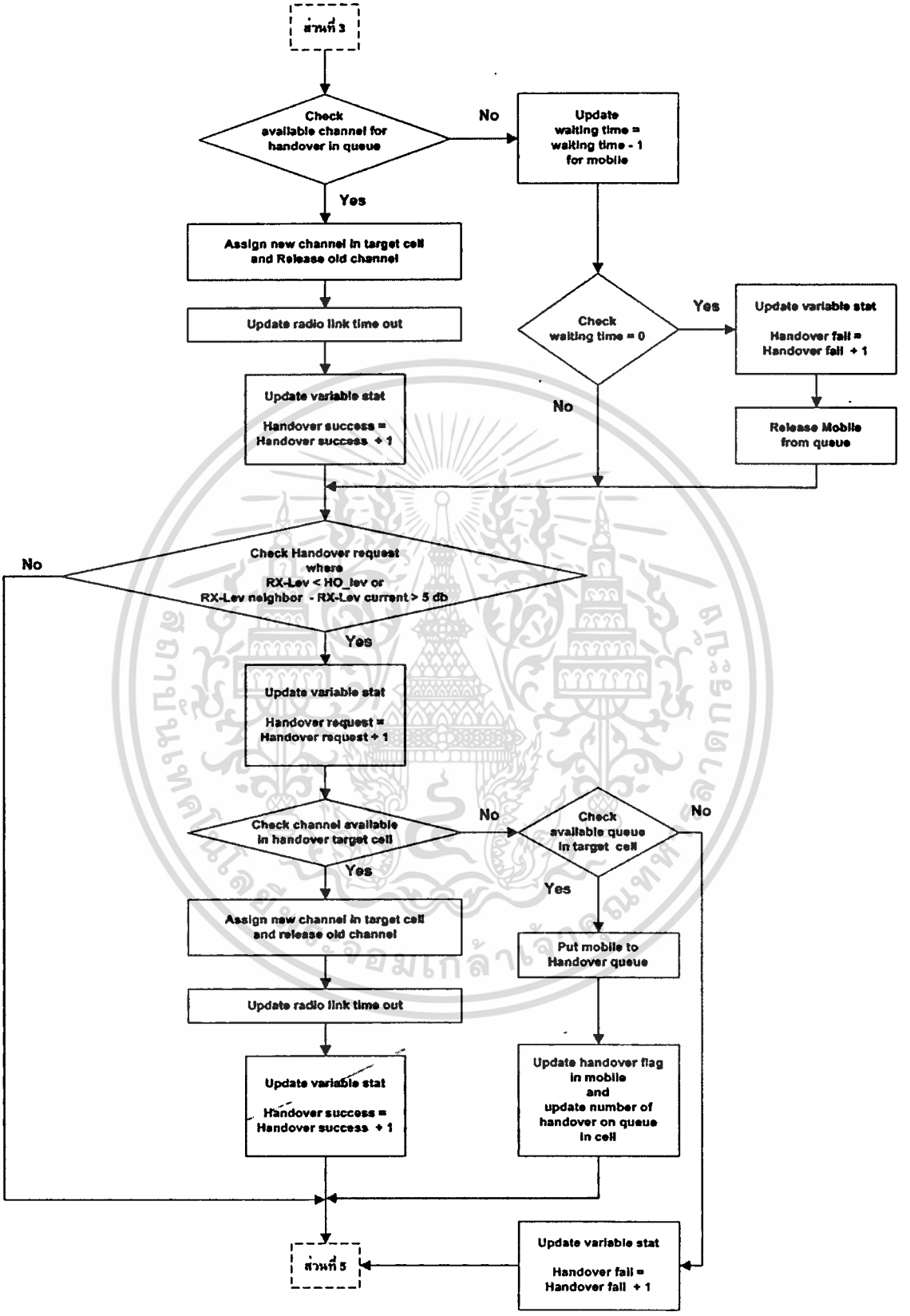
ในกรณีที่ยังไม่มีช่องสัญญาณเพียงพอระบบจะทำการลดเวลาที่อนุญาตให้โทรศัพท์เคลื่อนที่รออยู่ในคิว เมื่อเวลาที่อนุญาตให้รอของโทรศัพท์เคลื่อนที่รออยู่ในคิวมีค่าเท่ากับ 0 โทรศัพท์เคลื่อนที่จะถูกตัดออกจากคิวและจะต้องร้องขอทำการแฮนด์โอเวอร์ใหม่อีกครั้ง

หลังจากที่ทำการตรวจสอบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่ในคิวเรียบร้อยแล้ว ระบบทำการตรวจสอบค่ากำลังสัญญาณของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่อยู่ในข่ายที่ขอทำการแฮนด์โอเวอร์ และขั้นตอนการแฮนด์โอเวอร์ โดยหลังจากระบบตรวจพบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ร้องขอแฮนด์โอเวอร์และทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำการแฮนด์โอเวอร์แล้ว ระบบจะค้นหาช่องสัญญาณว่างที่เซลล์ปลายทาง เมื่อพบช่องสัญญาณว่างระบบจะจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ที่เซลล์ปลายทางให้ แล้วทำการปล่อยช่องสัญญาณเดิม ณ เซลล์ต้นทาง และทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำการแฮนด์โอเวอร์สำเร็จ

แต่ในกรณีที่ไม่มีช่องสัญญาณว่างที่เซลล์ปลายทาง ระบบจะตรวจสอบจำนวนโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่ในคิวของเซลล์ปลายทาง ถ้าจำนวนโทรศัพท์เคลื่อนที่ในคิวที่เซลล์ปลายทางยังมีคิวว่างอยู่ ระบบจะอนุญาตให้โทรศัพท์เคลื่อนที่รออยู่ในคิวได้ตามระยะเวลาที่กำหนด และระบบจะทำการบันทึกจำนวนโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่ในคิวของเซลล์นั้นใหม่

ในกรณีที่คิวในเซลล์นั้นเต็มระบบจะทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ โทรศัพท์เคลื่อนที่เครื่องที่ขอแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จจะต้องร้องขอทำการแฮนด์โอเวอร์ใหม่อีกครั้งในรอบถัดไป ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.32

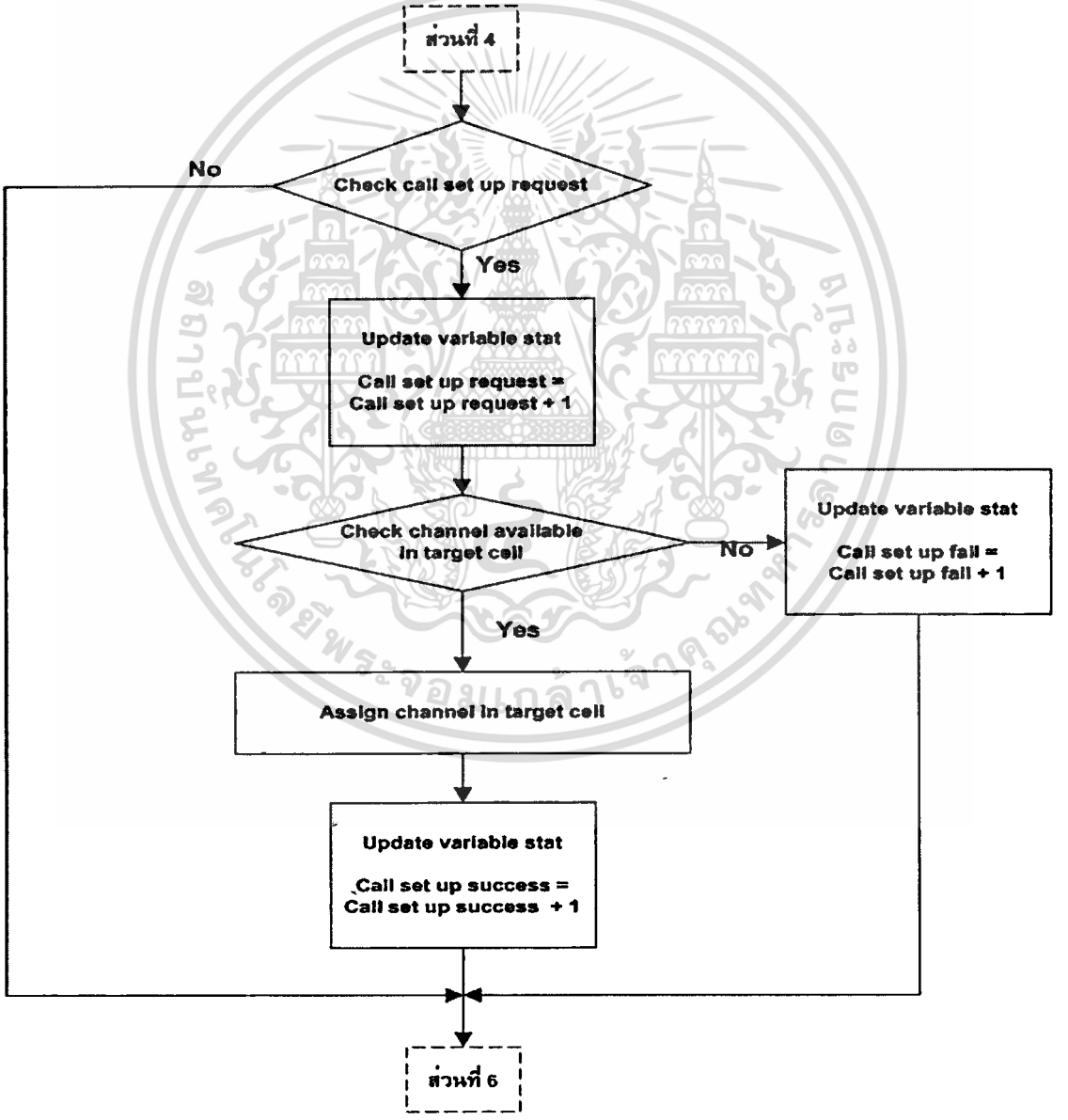
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

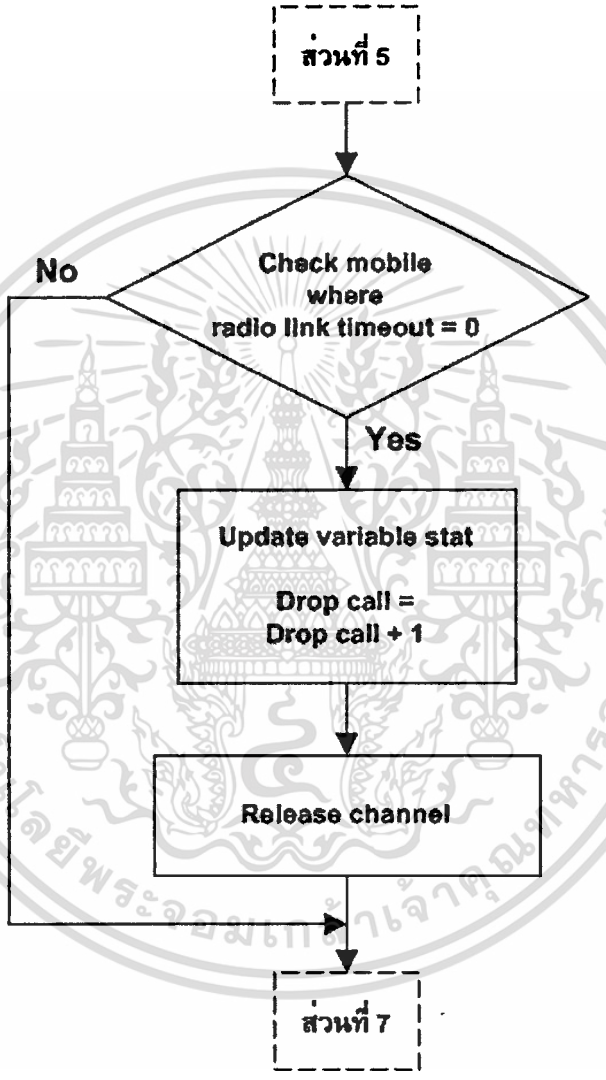
ส่วนที่ 5 ระบบทำการตรวจสอบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอเรียกเข้าครั้งใหม่ โดยหลังจากระบบตรวจพบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ร้องขอเรียกเข้าครั้งใหม่ และทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอเรียกเข้าครั้งใหม่แล้ว ระบบจะค้นหาช่องสัญญาณว่างที่เซลล์ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ร้องขอ เมื่อพบช่องสัญญาณว่างระบบจะจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ที่เซลล์ที่ร้องขอ และทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอเรียกเข้าครั้งใหม่สำเร็จ แต่ในกรณีที่ไม่มีช่องสัญญาณว่างที่เซลล์ที่ร้องขอ ระบบจะทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอเรียกเข้าครั้งใหม่ไม่สำเร็จ โทรศัพท์เคลื่อนที่เครื่องที่ขอเรียกเข้าครั้งใหม่ไม่สำเร็จก็จะถูกตัดออกไปจากระบบ ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

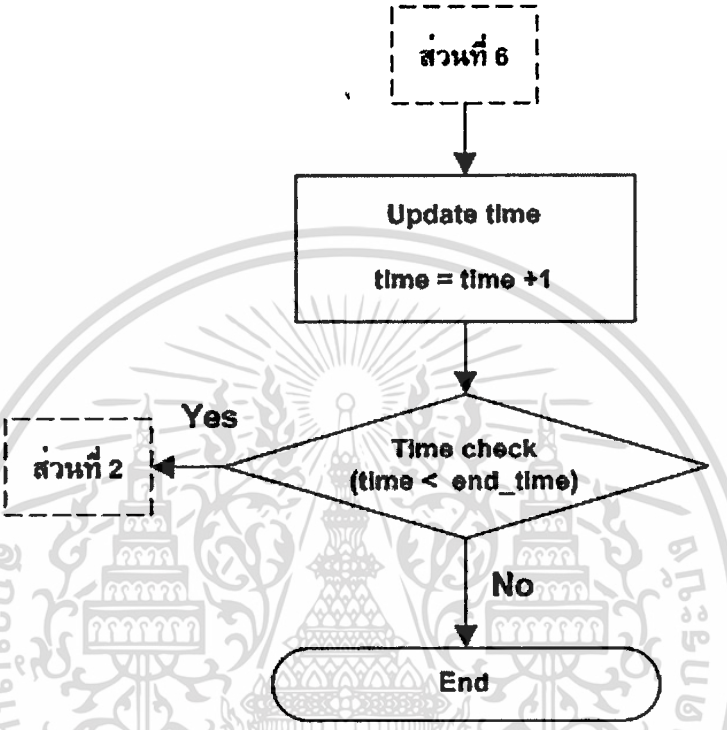
ส่วนที่ 6 ระบบจะทำการตรวจสอบและทำการตัดโทรศัพท์เคลื่อนที่มีจำนวนสัญญาณที่ถอดรหัสไม่ได้เนื่องสัญญาณรบกวนหรือกำลังสัญญาณไม่เพียงพอ (Radio link timeout) มากกว่าที่ระบบกำหนดนั้นออกจากระบบ และทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่หลุดออกจากระบบ ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.34 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 7 ระบบจะทำการตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรมว่าครบตามระยะเวลาที่กำหนดหรือไม่ ถ้ายังไม่ครบกำหนดโปรแกรมจะสั่งให้ระบบทำงานต่อไป โดยให้ระบบกับไปเริ่มทำงานที่ส่วนที่ 2 วนไปจนกว่าจะครบตามระยะเวลาที่โปรแกรมกำหนด ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.35



รูปที่ 3.35 แสดงขั้นตอนการทำงานย่อยในส่วนที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองหลักการจัดสรรช่องสัญญาณถาวร ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

4.1 กล่าวนำ

ในส่วนนี้จะทำการทดลองการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในลักษณะต่างๆกัน ซึ่งจะพิจารณาการจัดสรรช่องสัญญาณใน 3 ลักษณะนั่นคือ

1) การจัดสรรช่องสัญญาณถาวร (Fixed Channel Allocation, FCA)

2) การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing, FCA-QH)

3) การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing and Frequency Hopping, FCA-QH-FH)

จากนั้นจะเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณที่ต่างกัน โดยจะนำค่าความน่าจะเป็นของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เรียกเข้าใหม่ไม่สำเร็จ ค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ และค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่หลุดออกจากระบบ มาพิจารณา

4.2 ผลการทดลอง

ในการทดลองแบบจำลองนี้มีการกำหนดค่าตัวแปรพื้นฐานดังต่อไปนี้

1) เซลล์มีจำนวนทั้งหมด 10 เซลล์

2) แต่ละเซลล์มีช่องสัญญาณมีจำนวน 10 ช่อง

3) ย่านความถี่ของช่องสัญญาณที่ใช้เท่าคัปี 1800 MHz

4) เส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์เท่ากับ 3000 เมตร

5) ระยะซ้อนทับระหว่างเซลล์เท่ากับ 200 เมตร

6) ค่าลดทอนของสัญญาณที่เกิดขึ้นจากสิ่งแวดล้อม (Shadow Fading) เท่ากับเฉลี่ยเท่ากับ 8 dB และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4

7) ความเข้มของสัญญาณด้านหน้าสายอากาศเท่ากับ 55 dBm

8) ความเข้มของสัญญาณน้อยที่สุดที่ระบบสามารถรับได้ –105 dBm

9) ความสูงของสายอากาศสถานีฐานเท่ากับ 30 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) ความสูงของสายอากาศเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เท่ากับ 1.5 เมตร

11) ระบบที่อยู่ภายใต้สิ่งแวดล้อมแบบในเมืองหลวง

12) กำหนดให้การแบ่งการใช้ความถี่แบบต่างๆตามจำนวนของเซลล์ (N) มีค่าเท่ากับ 7

13) ค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการใช้ช่องสัญญาณเท่ากับ 120 วินาที

14) ระยะเวลาสูงสุดที่สามารถรออยู่ในคิวเท่ากับ 5 วินาที

15) ความยาวคิวสูงสุดในแต่ละเซลล์เท่ากับ 5

16) ความเร็วเฉลี่ยของโทรศัพท์เคลื่อนที่เท่ากับ 120 km/h

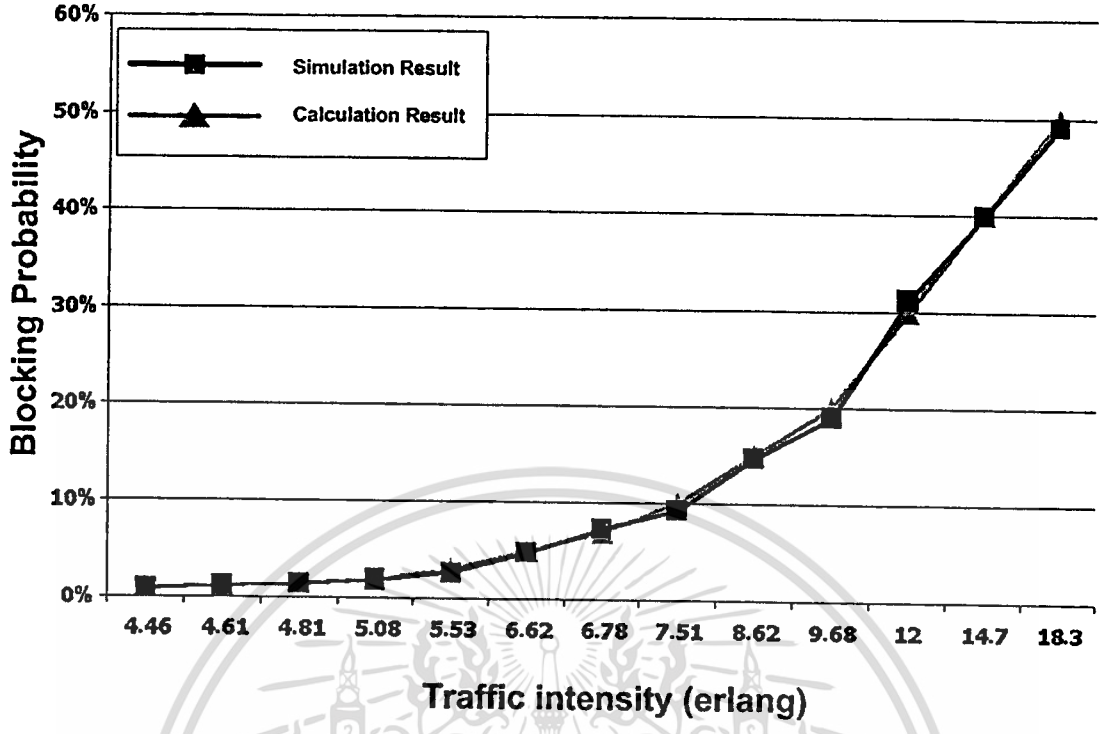
17) การทดสอบโดยการจำลอง (Simulation) เป็นการจำลองการทำงานของระบบจริงด้วยโปรแกรม Visual Basic ที่เวลาทั้งหมด 3600 วินาที การจำลองดังกล่าวอยู่บนพื้นฐานของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในระบบ (Event-Based Simulation)

4.3 ผลการวิเคราะห์

ผลที่ได้จากการทดลองโดยใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน ได้แสดงค่าความหนาแน่นของทราฟฟิก (Traffic Intensity) มีหน่วยเป็น Erlang ค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ (Handover Fail Probability) หาได้จากจำนวนการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จต่อจำนวนของการขอแฮนด์โอเวอร์ทั้งหมด ค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เข้าใช้ระบบไม่สำเร็จ (New Call Block Probability) หาได้จากจำนวนของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั้งหมดที่เข้าใช้ระบบไม่สำเร็จต่อจำนวนของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ขอเข้าใช้ระบบทั้งหมด และค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่หลุดออกจากระบบ หาได้จากจำนวนเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั้งหมดที่เข้าใช้ระบบได้สำเร็จต่อจำนวนของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่หลุดออกจากระบบขณะติดต่อสื่อสาร

เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการทดสอบโดยการจำลอง จึงทำการทดสอบเปรียบเทียบกับค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เรียกเข้าครั้งใหม่ไม่สำเร็จจากตาราง Erlang B โดยจะกำหนดให้เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เข้ามาในระบบไม่มีการเคลื่อนที่ ความเร็วของโทรศัพท์เคลื่อนที่มีค่าเท่ากับ 0 เพื่อไม่ให้มีการแฮนด์โอเวอร์เกิดขึ้นในระบบ ดังแสดงผลดังรูปที่ 4.1

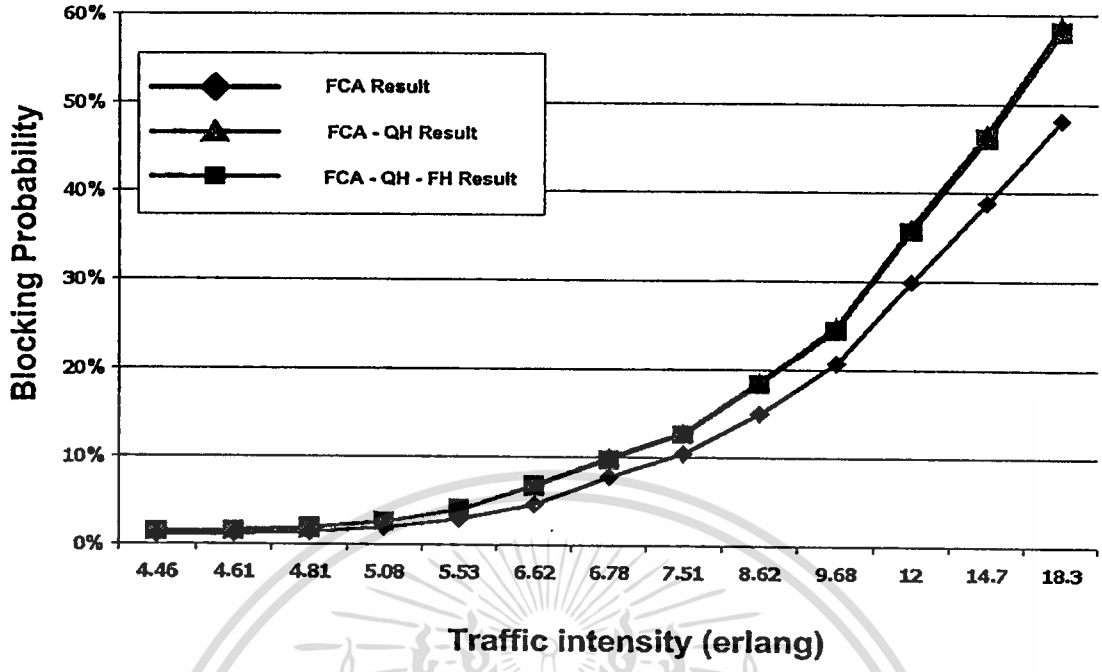
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เรียกเข้าครั้งใหม่ไม่สำเร็จระหว่าง ตาราง Erlang B กับผลที่ได้จากโปรแกรมจำลองการทำงาน

จากแผนภูมิเส้นรูปที่ 4.1 ได้แสดงการเปรียบเทียบผลจากการคำนวณค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เข้าใช้ระบบไม่สำเร็จตามสมการที่ 3.15 กับผลที่ได้จากการจำลองการทำงาน โดยทำการเปรียบเทียบที่ค่าความหนาแน่นของทราฟฟิก(Traffic Intensity) ต่างๆกัน พบว่าแผนภูมิเส้นแสดงค่าใกล้เคียงกันมากระหว่างผลจากการคำนวณเทียบกับผลจากการจำลองการทำงานแสดงว่าโปรแกรมจำลองการทำงานให้ผลค่อนข้างแม่นยำ

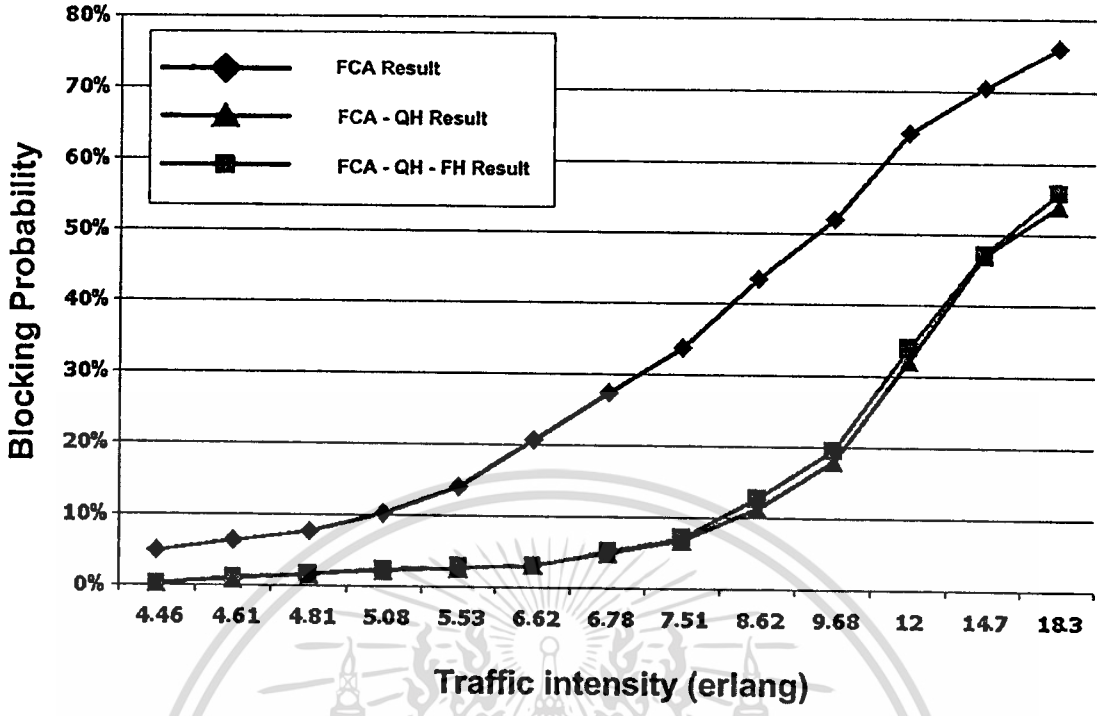
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เรียกเข้าครั้งใหม่ไม่สำเร็จระหว่างการจัดสรรช่องสัญญาณทั้ง 3 ลักษณะ

จากแผนภูมิเส้นรูปที่ 4.2 ได้แสดงผลค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เข้าใช้ระบบไม่สำเร็จที่ได้จากการจำลองการทำงาน ระหว่างการจัดสรรช่องสัญญาณทั้ง 3 ลักษณะ การจัดสรรช่องสัญญาณถาวร (Fixed Channel Allocation, FCA) การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing, FCA-QH) และ การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing and Frequency Hopping, FCA-QH-FH) เมื่อพิจารณาจะพบว่าระบบที่ให้การรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ (FCA-QH และ FCA-QH-FH) มีค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เข้าใช้ระบบไม่สำเร็จสูงกว่า ระบบที่ไม่มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ (FCA) และจะเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อปริมาณทราฟฟิกสูงขึ้น

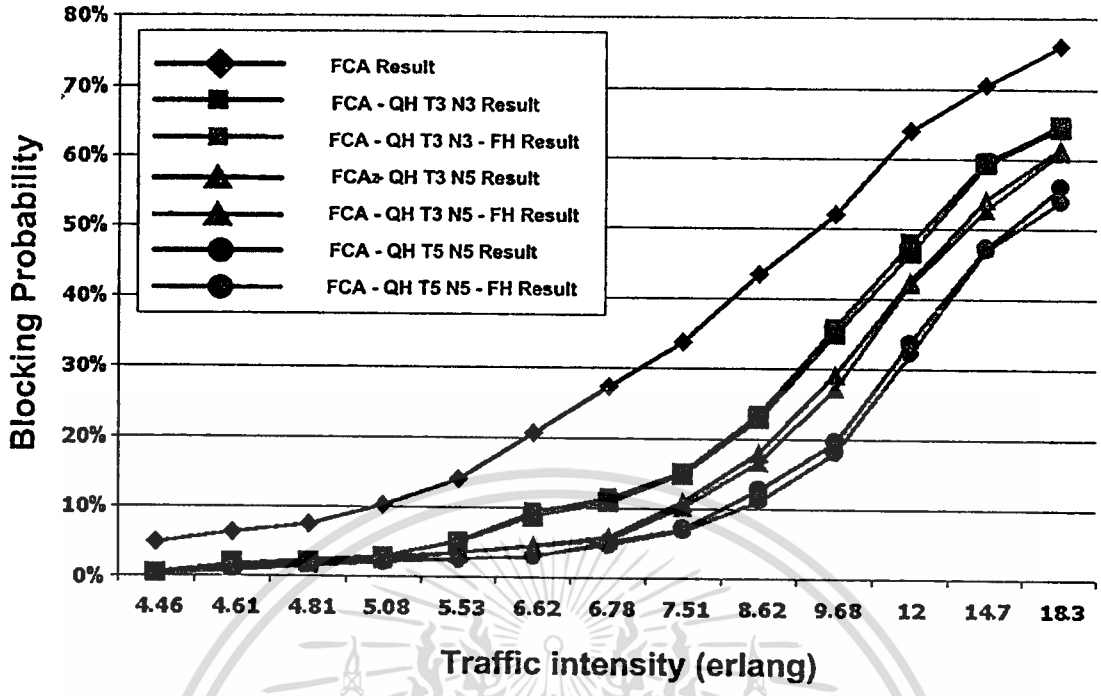
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จระหว่างการจัดสรรช่องสัญญาณทั้ง 3 ลักษณะ

จากแผนภูมิเส้นรูปที่ 4.3 ได้แสดงผลค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จที่ได้จากการจำลองการทำงาน ระหว่างการจัดสรรช่องสัญญาณทั้ง 3 ลักษณะ เมื่อพิจารณาจะพบว่าระบบที่ให้การรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ (FCA-QH และ FCA-QH-FH) มีค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จต่ำกว่า ระบบที่ไม่มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ (FCA) และเมื่อทราฟฟิกสูงขึ้นค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จจะมีมากขึ้นตามเนื่องจากไม่มีช่องสัญญาณเพียงพอ

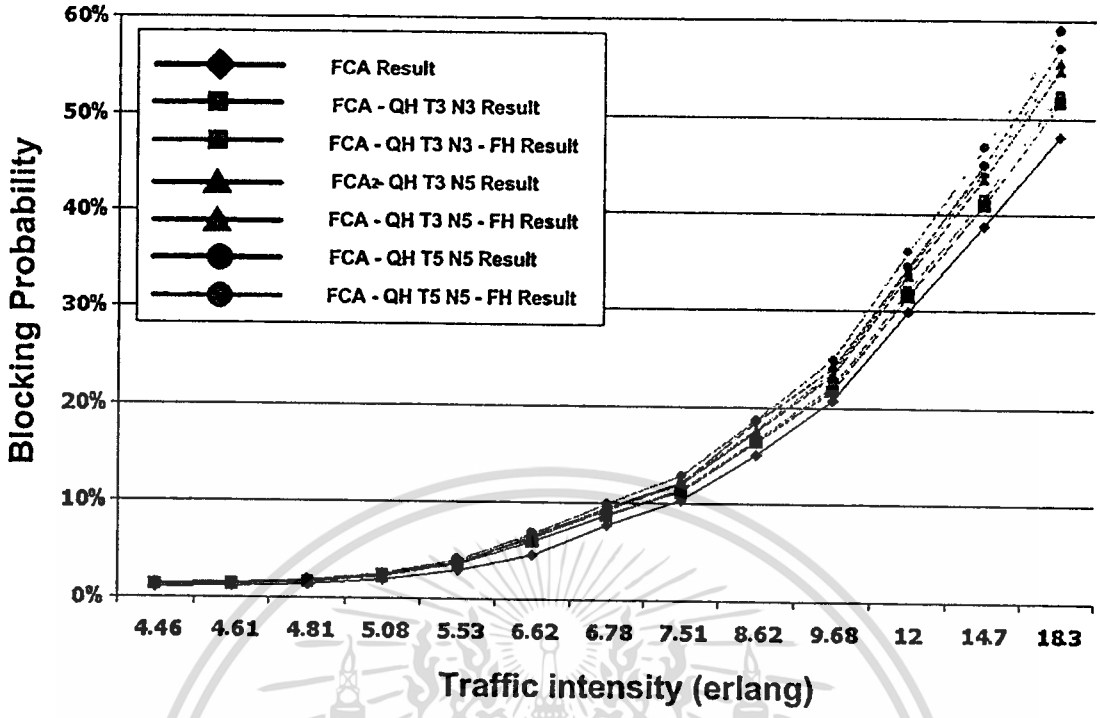
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จเมื่อให้ระยะเวลาและความยาวของคิวแตกต่างกัน

จากแผนภูมิเส้นรูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จเมื่อให้ระยะเวลาและความยาวของคิวแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาจะพบว่าระบบที่ความยาวของคิวและระยะเวลาที่อยู่ในคิวมากกว่า ค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จก็จะมีค่าน้อยตามไปด้วย

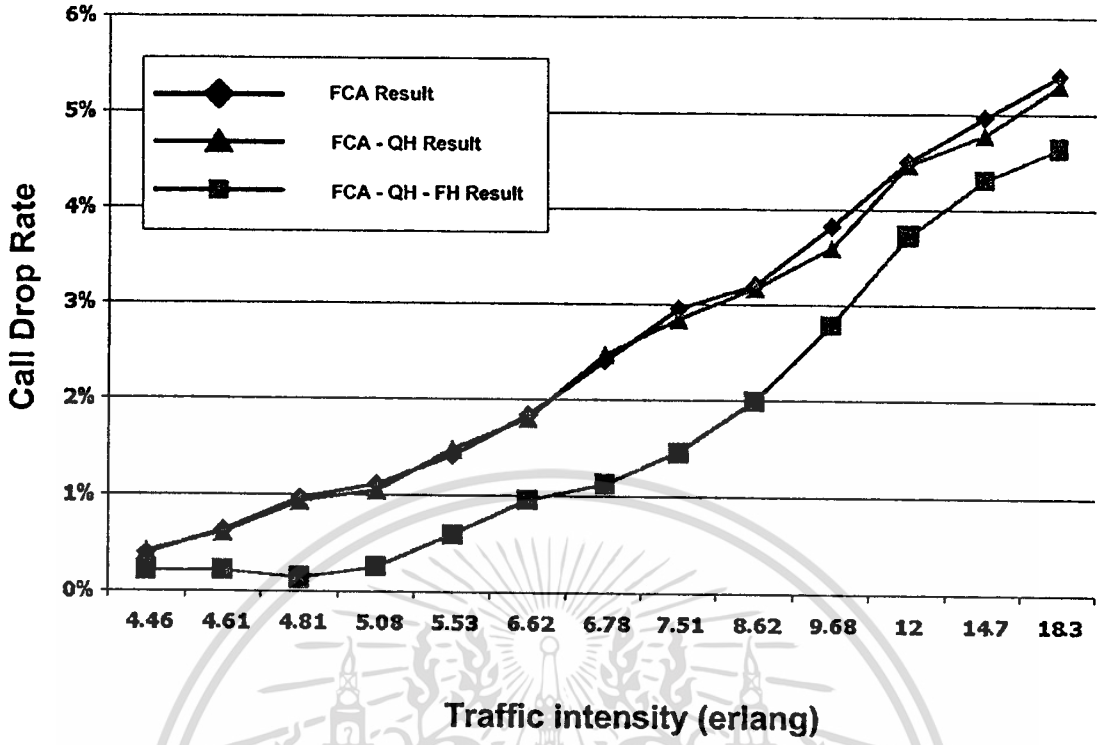
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เรียกเข้าครั้งใหม่ไม่สำเร็จเมื่อให้ระยะเวลาและความยาวของคิวแตกต่างกัน

แต่เมื่อพิจารณาค่าความน่าจะเป็นของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เรียกเข้าใหม่ไม่สำเร็จในแผนภูมิเส้นรูปที่ 4.5 จะพบว่าระบบที่ให้ระยะเวลาในการรอคิวสูงนั้นมีผลให้ค่าความน่าจะเป็นของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เรียกเข้าใหม่ไม่สำเร็จสูงขึ้นตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่หลุดออกจากระบบเนื่องสัญญาณรบกวนของการจัดสรรช่องสัญญาณทั้ง 3 ลักษณะ

จากแผนภูมิเส้นรูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่หลุดออกจากระบบเนื่องสัญญาณรบกวนของการจัดสรรช่องสัญญาณทั้ง 3 ลักษณะ เมื่อพิจารณาจะพบว่าระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ (FCA-QH-FH) มีค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่หลุดออกจากระบบเนื่องสัญญาณรบกวนต่ำกว่า ระบบที่ไม่มีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ(FCA และ FCA-QH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 กล่าวนำ

จากปัญหาที่มักพบในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ก็คือความเสี่ยงต่อการเกิดสายหลุด เนื่องจากอัตราการเกิดแฮนด์โอเวอร์สูงและสัญญาณรบกวน ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงได้นำแนวทางในการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบมีการจัดลำดับสิทธิการใช้ช่องสัญญาณ และการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ โดยวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยฉบับนี้ก็คือลดอัตราการเกิดสายหลุด และเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

ในบทที่ 2 ได้เสนอแนวทางในการศึกษา หลักการทั่วไปของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ และวิเคราะห์รูปแบบของโมเดลที่นำมาใช้ในระบบจำลองการทำงาน การสร้างโมเดลสำหรับใช้วิเคราะห์ระบบให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่จะทำการศึกษา หลักการจัดแบ่งเซลล์ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ลักษณะของสัญญาณรบกวน หลักการแพร่กระจายคลื่น วิธีการหาค่าการลดทอนของสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ คุณภาพการให้บริการ (Grade of Service) การทำแฮนด์โฮเวอร์ (Handover) กลยุทธ์การโอนสาย ความถี่หรือโอกาสที่จะเกิดการทำแฮนด์โอเวอร์ กระบวนการของการแฮนด์โอเวอร์ ระยะเวลาการรอสูงสุด และ การจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ

ในบทที่ 3 ได้เสนอการวิเคราะห์หลักการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบถาวร (Fixed Channel Allocation, FCA) เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing, FCA-QH) และเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing and Frequency Hopping, FCA-QH-FH) อธิบายถึงโมเดลและเงื่อนไขการวิเคราะห์การจัดสรรช่องสัญญาณ อัลกอลิทึมของโปรแกรมจำลองการทำงานการจัดสรรช่องสัญญาณ โครงสร้างของระบบ โครงสร้างของเซลล์ โครงสร้างของโทรศัพท์เคลื่อนที่ แผนภูมิขั้นตอนการทำงานโดยรวมของระบบ ของเทคนิคทั้ง 3 แบบ

ในบทที่ 4 ได้ทำการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการเกิดการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จโดยใช้วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณทั้ง 3 แบบ การจัดสรรช่องสัญญาณแบบถาวร (Fixed Channel Allocation, FCA) การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing, FCA-QH) และการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing and Frequency Hopping, FCA-QH-FH) เมื่อค่าความหนาแน่นของทราฟฟิก (Traffic Intensity) ต่างๆกัน โดยใช้โปรแกรมจำลองการทำงานที่สร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Visual

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Basic เปรียบเทียบกับสมการทางคณิตศาสตร์ จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ระบบที่ให้การรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ (FCA-QH และ FCA-QH-FH) มีค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จต่ำกว่า ระบบที่ไม่มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ (FCA) และ ระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ (FCA-QH-FH) มีค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่หลุดออกจากระบบเนื่องสัญญาณรบกวนต่ำกว่า ระบบที่ไม่มีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ(FCA และ FCA-QH) ซึ่งเมื่อพิจารณาทั้งค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ และค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่หลุดออกจากระบบเนื่องสัญญาณรบกวนจะพบว่าระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ (Fixed Channel Allocation with Handover Queuing and Frequency Hopping, FCA-QH-FH) มีประสิทธิภาพดีกว่าอีก 2 ระบบ

5.2 ข้อดีและข้อเสียในการใช้วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ เทียบกับการจัดสรรช่องสัญญาณแบบถาวร

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงข้อดีและข้อเสียของการทำวิจัยในครั้งนี้

ข้อดี คือ การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ จะทำให้อัตราการบล็อกของการแฮนด์โอเวอร์และค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่หลุดออกจากระบบเนื่องสัญญาณรบกวนลดลงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบดั้งเดิม

ข้อเสีย คือ การให้สิทธิและการรอคิวใช้ช่องสัญญาณของการแฮนด์โอเวอร์นั้น มีผลโดยตรงกับโทรศัพท์เคลื่อนที่เรียกเข้าครั้งใหม่ ค่าความน่าจะเป็นที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เรียกเข้าครั้งใหม่ไม่สำเร็จนั้นมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เรียกเข้าใหม่นั้นไม่มีสิทธิในการรอคิวขณะที่ช่องสัญญาณเต็มอยู่จึงทำให้โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เรียกเข้าครั้งใหม่ตกไป หรือเรียกเข้าไม่สำเร็จ

จึงสรุปได้ว่าผลในการใช้การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพในการแฮนด์โอเวอร์ดีขึ้น และค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่หลุดออกจากระบบเนื่องสัญญาณรบกวนลดลง

ส่วนในการนำไปประยุกต์ใช้นั้น แนวคิดในเรื่องการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์ และมีการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำ ที่ได้เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นแนวคิดที่สามารถประยุกต์กับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั่วไปได้ โดยจะนำไปใช้ในส่วนการจัดสรรช่องสัญญาณให้กับเซลล์ที่ให้บริการรองรับโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงบนทางหลวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการศึกษาและวิจัย

แนวทางการศึกษาและวิจัยต่อไป ก็คือการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไดนามิก (Dynamic Channel Allocation) ซึ่งมลักษณะการทำงานแตกต่างจากการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรอยู่ตรงที่สัญญาณทั้งหมดจะไม่ได้ถูกกำหนดให้กับเซลล์แต่ละเซลล์อย่างถาวร แต่จะถูกเก็บไว้ในบริเวณที่เรียกว่า อิริเม้น พูล (Element Pool) ของสถานี เมื่อเซลล์ใดต้องการใช้ช่องสัญญาณก็จะสามารถส่งสัญญาณ ร้องขอช่องสัญญาณจากสถานีได้ นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มเทคนิคพิเศษขึ้นมาได้อีก เช่น สามารถมีการยืมช่องสัญญาณจากเซลล์ข้างเคียงรอบๆได้ เป็นต้น ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อลดอัตราการเกิดสายหลุดอันเนื่องจากกระบวนการแฮนด์โอเวอร์นั้นเอง

ส่วนการลดค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่หลุดออกจากระบบเนื่องสัญญาณรบกวน (ทั้งนี้สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นภายในระบบขึ้นอยู่กับหลักการจัดแบ่งเซลล์ในระบบ การแบ่งการใช้ความถี่แบบต่างๆ ตามจำนวนของเซลล์ (N)) สามารถทำได้โดยการเฉลี่ยสัญญาณรบกวนให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้บริการอยู่ในเซลล์นั้น วิธีการเฉลี่ยสัญญาณรบกวนให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเครื่องโดยเปลี่ยนการใช้ช่องสัญญาณที่อื่นๆที่อยู่ในเซลล์นั้นในทุกๆช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งช่องสัญญาณแต่ละช่องจะได้สัญญาณรบกวนไม่เท่ากัน วิธีการนี้จะช่วยลดสัญญาณรบกวนเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในกับโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเครื่องในเซลล์นั้น และช่วยลดค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่หลุดออกจากระบบเนื่องสัญญาณรบกวน ในกรณีที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นต้องใช้ช่องสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนสูงตลอดเวลาที่ใช้บริการอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Dayem, R. A. 1997. **PCS and Digital Cellular Technologies.** Prentice Hall

[2] Hong, D. and Rappaport, S.S. 1986. "Traffic Model and Performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone System with Prioritized and Non Prioritized Handoff Procedures" **IEEE Transaction on Vehicular Technology.** 35(3) : 77-92.

[3] Senarath, G.N., Everitt, D. 1995. "Performance of handover priority and queuing systems under different handover request strategies." **IEEE 45th Vehicular Technology Conference.** 2 : 897-901

[4] Andersin, M., Frodigh, M. and Sunell, K.E. 1998. "Distributed Radio Resource Allocation in Highway Microcellular Systems". 117-132. In **Wireless Information Networks Architecture.**

[5] J. D. Parsons. 2000. **The Mobile Radio Propagation Channel.** 2nd Edition. Chichester : John Wiley & Sons. Ltd

[6] Hillier and Lieberman. 2001. **Introduction to Operation Research.** 7th Edition. New York : Mcgraw – Hill International Editions

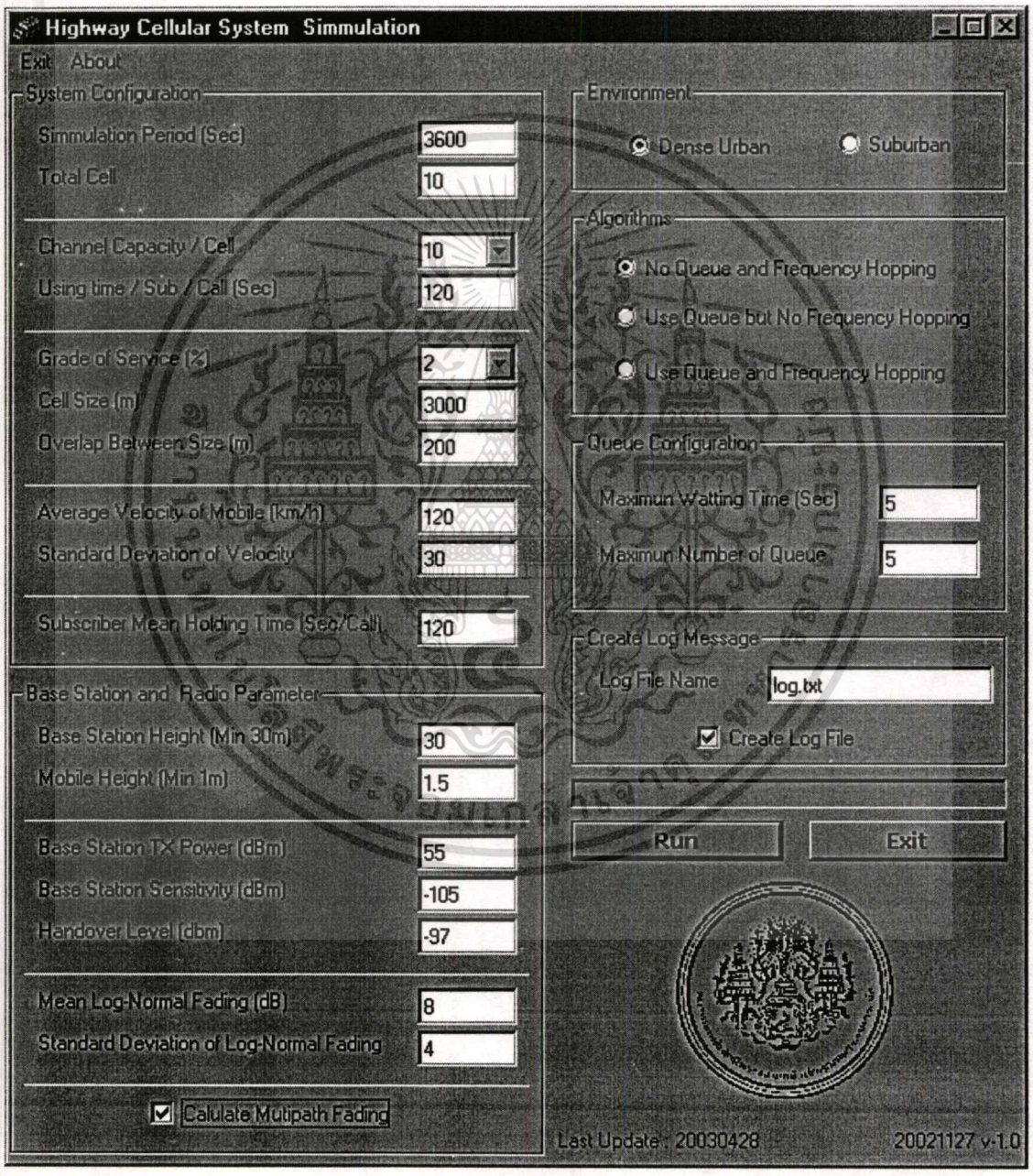
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างโปรแกรม Visual Basic ที่ใช้จำลองการจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบมีการจัดลำดับสิทธิการใช้ช่องสัญญาณ และการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ซ้ำบนทางหลวงในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

'Start Form code

```
VERSION 5.00
Object = "{831FDD16-0C5C-11D2-A9FC-0000F8754DA1}#2.0#0"; "MSCOMCTL.OCX"
Begin VB.Form Main
  BorderStyle    =  1  'Fixed Single
  Caption        =  "Highway Cellular System  Simmulation"
  ClientHeight   =  9315
  ClientLeft     =  2460
  ClientTop      =  870
  ClientWidth    =  8670
  Icon           =  "Main.frx":0000
  LinkTopic      =  "Form1"
  MaxButton      =  0  'False
  ScaleHeight    =  9315
  ScaleWidth     =  8670
  Begin VB.Data Intdata
    Caption        =  "Intdata"
    Connect        =  "Access"
    DatabaseName   =  "D:\Highway Simmulation\DB\systemTB.mdb"
    DefaultCursorType=  0  'DefaultCursor
    DefaultType    =  2  'UseODBC
    Exclusive      =  0  'False
    Height         =  345
    Left           =  5760
    Options        =  0
    ReadOnly       =  0  'False
    RecordsetType  =  1  'Dynaset
    RecordSource   =  "Int"
    Top            =  7680
    Visible        =  0  'False
    Width          =  2220
  End
  Begin MSComctlLib.ProgressBar ProgressBar1
    Height         =  255
    Left           =  4800
    TabIndex       =  55
    Top            =  6000
    Width          =  3735
    _ExtentX       =  6588
    _ExtentY       =  450
    _Version       =  393216
    Appearance     =  1
  End
  Begin VB.CommandButton test
    Caption        =  "test"
    Height         =  255
    Left           =  7920
    TabIndex       =  54
    Top            =  6840
    Width          =  615
  End
  Begin VB.Data MobileData
    Caption        =  "MobileData"
    Connect        =  "Access"
    DatabaseName   =  "D:\Highway Simmulation\DB\systemTB.mdb"
    DefaultCursorType=  0  'DefaultCursor
    DefaultType    =  2  'UseODBC
    EOFAction      =  1  'EOF
    Exclusive      =  0  'False
    Height         =  345
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Left        =  5760
    Options     =  0
    ReadOnly    =  0  'False
    RecordsetType  =  1  'Dynaset
    RecordSource   =  "Mobile"
    Top         =  8640
    Visible     =  0  'False
    Width       =  2460
  End
  Begin VB.Data CellData
    Caption     =  "CellData"
    Connect     =  "Access"
    DatabaseName   =  "D:\Highway Simmulation\DB\systemTB.mdb"
    DefaultCursorType=  0  'DefaultCursor
    DefaultType    =  2  'UseODBC
    Exclusive   =  0  'False
    Height      =  345
    Left        =  4800
    Options     =  0
    ReadOnly    =  0  'False
    RecordsetType  =  1  'Dynaset
    RecordSource   =  "Cell"
    Top         =  8160
    Visible     =  0  'False
    Width       =  2340
  End
  Begin VB.PictureBox Picture1
    Appearance     =  0  'Flat
    BackColor      =  &H80000000&
    BorderStyle    =  0  'None
    ForeColor      =  &H80000008&
    Height      =  2055
    Left        =  5640
    Picture     =  "Main.frx":08CA
    ScaleHeight    =  2055
    ScaleWidth     =  2055
    TabIndex    =  49
    Top         =  6840
    Width       =  2055
  End
  Begin VB.CommandButton Close
    Cancel      =  -1  'True
    Caption     =  "Exit"
    BeginProperty Font
      Name        =  "Tahoma"
      Size        =  9.75
      Charset     =  222
      Weight      =  700
      Underline   =  0  'False
      Italic      =  0  'False
      Strikethrough  =  0  'False
    EndProperty
    Height      =  345
    Left        =  6840
    TabIndex    =  47
    Top         =  6360
    Width       =  1695
  End
  Begin VB.CommandButton Run
    Caption     =  "Run"
    Default     =  -1  'True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    BeginProperty Font
      Name            =  "Tahoma"
      Size            =  9.75
      Charset         =  222
      Weight          =  700
      Underline       =  0  'False
      Italic          =  0  'False
      Strikethrough   =  0  'False
    EndProperty
    Height          =  345
    Left            =  4800
    TabIndex        =  46
    Top             =  6360
    Width           =  1815
  End
  Begin VB.Frame Frame6
    Caption         =  "Create Log Message"
    Height          =  1215
    Left            =  4800
    TabIndex        =  37
    Top             =  4680
    Width           =  3735
    Begin VB.CheckBox Check1
      Caption         =  "Create Log File"
      Height          =  255
      Left            =  1080
      TabIndex        =  40
      Top             =  840
      Width           =  1455
    End
    Begin VB.TextBox Edittext17
      BackColor       =  &H80000009&
      Height          =  315
      Left            =  1680
      TabIndex        =  38
      Text            =  "D:\Doc\Thesis\Result\log.txt"
      Top             =  360
      Width           =  1935
    End
    Begin VB.Label Label17
      Caption         =  "Log File Name"
      Height          =  255
      Left            =  240
      TabIndex        =  39
      Top             =  360
      Width           =  1455
    End
  End
  Begin VB.Frame Frame5
    Caption         =  "Queue Configuration"
    Height          =  1575
    Left            =  4800
    TabIndex        =  34
    Top             =  3000
    Width           =  3735
    Begin VB.TextBox Text2
      Height          =  315
      Left            =  2640
      TabIndex        =  53
      Text            =  "5"
      Top             =  960
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Width          =  855
    End
    Begin VB.TextBox Edittext16
      Height         =  315
      Left           =  2640
      TabIndex       =  36
      Text           =  "5"
      Top            =  480
      Width          =  855
    End
    Begin VB.Label Label20
      Caption        =  "Maximun Number of Queue"
      Height         =  255
      Left           =  240
      TabIndex       =  52
      Top            =  960
      Width          =  2055
    End
    Begin VB.Label Label16
      Caption        =  "Maximun Watting Time (Sec)"
      Height         =  255
      Left           =  240
      TabIndex       =  35
      Top            =  480
      Width          =  2175
    End
  End
  Begin VB.Frame Frame4
    Caption        =  "Algorithms"
    Height         =  1815
    Left           =  4800
    TabIndex       =  30
    Top            =  1080
    Width          =  3735
    Begin VB.OptionButton Option5
      Caption        =  "Use Queue and Frequency Hopping"
      Height         =  210
      Left           =  360
      TabIndex       =  33
      Top            =  1320
      Width          =  3015
    End
    Begin VB.OptionButton Option4
      Caption        =  "Use Queue but No Frequency Hopping"
      Height         =  255
      Left           =  360
      TabIndex       =  32
      Top            =  840
      Width          =  3135
    End
    Begin VB.OptionButton Option3
      Caption        =  "No Queue and Frequency Hopping"
      Height         =  375
      Left           =  360
      TabIndex       =  31
      Top            =  360
      Value          =  -1  'True
      Width          =  2895
    End
  End
  Begin VB.Frame Frame3
```

เอกสารนี้จัดทำขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Caption         =  "Environment"
    Height          =  975
    Left            =  4800
    TabIndex        =  27
    Top             =  0
    Width           =  3735
    Begin VB.OptionButton Option2
      Caption       =  "Suburban"
      Height        =  645
      Left          =  2280
      TabIndex      =  29
      Top           =  240
      Width         =  1215
    End
    Begin VB.OptionButton Option1
      Caption       =  "Dense Urban"
      Height        =  690
      Left          =  480
      TabIndex      =  28
      Top           =  240
      Value         =  -1  'True
      Width         =  1455
    End
  End
  Begin VB.Frame Frame2
    Caption         =  "Base Station and  Radio Parameter"
    Height          =  4095
    Left            =  0
    TabIndex        =  16
    Top             =  5160
    Width           =  4575
    Begin VB.CheckBox Check2
      Caption       =  "Calulate Mutipath Fading"
      CausesValidation=  0  'False
      ForeColor     =  &H80000007&
      Height        =  255
      Left          =  1200
      TabIndex      =  45
      Top           =  3600
      Width         =  2175
    End
    Begin VB.TextBox Edittext14
      Height        =  315
      Left          =  3480
      TabIndex      =  42
      Text          =  "8"
      Top           =  2640
      Width         =  855
    End
    Begin VB.TextBox Edittext15
      Height        =  315
      Left          =  3480
      TabIndex      =  41
      Text          =  "4"
      Top           =  3000
      Width         =  855
    End
    Begin VB.TextBox Edittext13
      Height        =  315
      Left          =  3480
      TabIndex      =  26
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Text        =  "-97"
    Top         =  2040
    Width       =  855
  End
  Begin VB.TextBox Edittext12
    Height      =  315
    Left        =  3480
    TabIndex    =  24
    Text        =  "-105"
    Top         =  1680
    Width       =  855
  End
  Begin VB.TextBox Edittext11
    Height      =  315
    Left        =  3480
    TabIndex    =  21
    Text        =  "55"
    Top         =  1320
    Width       =  855
  End
  Begin VB.TextBox Edittext10
    Height      =  315
    Left        =  3480
    TabIndex    =  20
    Text        =  "1.5"
    Top         =  720
    Width       =  855
  End
  Begin VB.TextBox Edittext9
    Height      =  315
    Left        =  3480
    TabIndex    =  18
    Text        =  "30"
    Top         =  360
    Width       =  855
  End
  Begin VB.Line Line1
    BorderColor =  &H80000005&
    Index       =  4
    X1          =  120
    X2          =  4440
    Y1          =  3480
    Y2          =  3480
  End
  Begin VB.Line Line1
    BorderColor =  &H80000005&
    Index       =  3
    X1          =  120
    X2          =  4440
    Y1          =  2520
    Y2          =  2520
  End
  Begin VB.Label Label14
    Caption     =  "Mean Log-Normal Fading (dB)"
    Height      =  255
    Left        =  240
    TabIndex    =  44
    Top         =  2640
    Width       =  2655
  End
  Begin VB.Label Label15
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Caption      = "Standard Deviation of Log-Normal Fading"
    Height       = 255
    Left         = 240
    TabIndex     = 43
    Top          = 3000
    Width        = 3015
  End
  Begin VB.Label Label13
    Caption      = "Handover Level (dbm)"
    Height       = 255
    Left         = 240
    TabIndex     = 25
    Top          = 2040
    Width        = 2535
  End
  Begin VB.Label Label12
    Caption      = "Base Station Sensitivity (dBm)"
    Height       = 255
    Left         = 240
    TabIndex     = 23
    Top          = 1680
    Width        = 2775
  End
  Begin VB.Label Label11
    Caption      = "Base Station TX Power (dBm)"
    Height       = 255
    Left         = 240
    TabIndex     = 22
    Top          = 1320
    Width        = 2295
  End
  Begin VB.Line Line1
    BorderColor  = &H80000005&
    Index        = 2
    X1           = 120
    X2           = 4440
    Y1           = 1200
    Y2           = 1200
  End
  Begin VB.Label Label10
    Caption      = "Mobile Height (Min 1m)"
    Height       = 255
    Left         = 240
    TabIndex     = 19
    Top          = 720
    Width        = 1815
  End
  Begin VB.Label Label9
    Caption      = "Base Station Height (Min 30m)"
    Height       = 255
    Left         = 240
    TabIndex     = 17
    Top          = 360
    Width        = 2295
  End
End
Begin VB.Frame Frame1
  Caption      = "System Configuration"
  Height       = 5055
  Left         = 0
  TabIndex     = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Top         = 0
Width       = 4575
Begin VB.ComboBox Combo1
  Height      = 330
  ItemData    = "Main.frx":1068
  Left        = 3480
  List        = "Main.frx":1097
  TabIndex    = 59
  Text        = "2"
  Top         = 2280
  Width       = 855
End
Begin VB.ComboBox CHCombo
  Height      = 330
  ItemData    = "Main.frx":10CC
  Left        = 3480
  List        = "Main.frx":10CE
  TabIndex    = 56
  Text        = "10"
  Top         = 1320
  Width       = 855
End
Begin VB.TextBox Text1
  Height      = 315
  Left        = 3480
  TabIndex    = 51
  Text        = "120"
  Top         = 4560
  Width       = 855
End
Begin VB.TextBox Edittext4
  Height      = 315
  Left        = 3480
  TabIndex    = 15
  Text        = "120"
  Top         = 1680
  Width       = 855
End
Begin VB.TextBox Edittext5
  Height      = 315
  Left        = 3480
  TabIndex    = 14
  Text        = "3000"
  Top         = 2640
  Width       = 855
End
Begin VB.TextBox Edittext6
  Height      = 315
  Left        = 3480
  TabIndex    = 13
  Text        = "200"
  Top         = 3000
  Width       = 855
End
Begin VB.TextBox Edittext7
  Height      = 315
  Left        = 3480
  TabIndex    = 12
  Text        = "120"
  Top         = 3600
  Width       = 855
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End
Begin VB.TextBox Edittext8
  Height        =  315
  Left          =  3480
  TabIndex      =  11
  Text          =  "30"
  Top           =  3960
  Width         =  855
End
Begin VB.TextBox Edittext2
  Height        =  315
  Left          =  3480
  TabIndex      =  10
  Text          =  "10"
  Top           =  720
  Width         =  855
End
Begin VB.TextBox Edittext1
  Height        =  315
  Left          =  3480
  TabIndex      =  9
  Text          =  "3600"
  Top           =  360
  Width         =  855
End
Begin VB.Label Grade
  Caption       =  "Grade of Service (%)"
  Height        =  255
  Left          =  240
  TabIndex      =  58
  Top           =  2280
  Width         =  1815
End
Begin VB.Label Label19
  Caption       =  "Subscriber Mean Holding Time (Sec/Call)"
  Height        =  255
  Left          =  240
  TabIndex      =  50
  Top           =  4560
  Width         =  3015
End
Begin VB.Line Line1
  BorderColor   =  &H80000005&
  Index         =  6
  X1            =  120
  X2            =  4440
  Y1            =  4440
  Y2            =  4440
End
Begin VB.Line Line1
  BorderColor   =  &H80000005&
  Index         =  1
  X1            =  120
  X2            =  4440
  Y1            =  2160
  Y2            =  2160
End
Begin VB.Line Line1
  BorderColor   =  &H80000005&
  Index         =  0
  X1            =  120
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  X2          =  4440
  Y1          =  3480
  Y2          =  3480
End
Begin VB.Line Line3
  BorderColor    =  &H80000005&
  X1          =  120
  X2          =  4440
  Y1          =  1200
  Y2          =  1200
End
Begin VB.Label Label8
  Caption       =  "Standard Deviation of Velocity"
  Height        =  255
  Left          =  240
  TabIndex      =  8
  Top           =  3960
  Width         =  2535
End
Begin VB.Label Label7
  Caption       =  "Average Velocity of Mobile (km/h)"
  Height        =  255
  Left          =  240
  TabIndex      =  7
  Top           =  3600
  Width         =  2535
End
Begin VB.Label Label6
  Caption       =  "Overlap Between Size (m)"
  Height        =  255
  Left          =  240
  TabIndex      =  6
  Top           =  3000
  Width         =  1935
End
Begin VB.Label Label1
  Caption       =  "Simmulation Period (Sec)"
  Height        =  255
  Index         =  0
  Left          =  240
  TabIndex      =  5
  Top           =  360
  Width         =  1815
End
Begin VB.Label Label2
  Caption       =  "Total Cell"
  Height        =  255
  Left          =  240
  TabIndex      =  4
  Top           =  720
  Width         =  1335
End
Begin VB.Label Label3
  Caption       =  "Channel Capacity / Cell"
  Height        =  255
  Left          =  240
  TabIndex      =  3
  Top           =  1320
  Width         =  1935
End
Begin VB.Label Label4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Caption        =  "Using time / Sub / Call (Sec)"
    Height         =  255
    Left           =  240
    TabIndex       =  2
    Top            =  1680
    Width          =  2175
  End
  Begin VB.Label Label5
    Caption        =  "Cell Size (m)"
    Height         =  255
    Left           =  240
    TabIndex       =  1
    Top            =  2640
    Width          =  1935
  End
End
Begin VB.Label Label21
  Caption          =  "Last Update : 20030428"
  ForeColor        =  &H8000000C&
  Height           =  255
  Left             =  4680
  TabIndex         =  57
  Top              =  9000
  Width            =  1815
End
Begin VB.Line Line1
  BorderColor      =  &H80000005&
  Index            =  5
  X1               =  240
  X2               =  4560
  Y1               =  4080
  Y2               =  4080
End
Begin VB.Label Label18
  BackColor        =  &H80000000&
  Caption          =  "20021127 v-1.0"
  ForeColor        =  &H8000000C&
  Height           =  255
  Left             =  7560
  TabIndex         =  48
  Top              =  9000
  Width            =  1095
End
Begin VB.Menu Exit
  Caption          =  "Exit"
End
Begin VB.Menu About
  Caption          =  "About"
End
End
Attribute VB_Name = "Main"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
```

```
'End Form code
```

```
'Start Simulation code
'Declare
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Const Landa = 1 / 6
Private Const Fc = 1800
Dim AllTime As Integer
Dim NoCell As Integer
Dim Channel As Integer
Dim UsingTime As Single
Dim Currenttime As Integer
Dim CellSize As Single
Dim Overlap As Single
Dim A_Speed As Single
Dim S_Speed As Single
Dim Meantime As Single
Dim Erlangpersub As Single
Dim GoS As Single
Dim BTSHeight As Single
Dim MSHeight As Single
Dim BTSTX As Single
Dim BTSSen As Single
Dim HandLev As Single
Dim Lognormal As Single
Dim s_lognarmal As Single
Dim I_multipath As Integer
Dim Dense As Boolean
Dim Suburban As Boolean
Dim NoQNoFH As Boolean
Dim QbutNoFH As Boolean
Dim QandFH As Boolean
Dim Qtime As Integer
Dim MaxNoQ As Integer
Dim Logfile As String
Dim Createlog As Integer
Dim cc As Integer
Dim Algorithm As Integer
Dim RandomX1 As Double
Dim CellID_Loader As Integer
Dim Delete_Index As Integer
Dim PB(180) As Double
Dim Pi As Double
Dim N As Integer ' Reuse Pattern
Dim S As Double
Dim Co_D As Double
Dim PM As Double
Dim Co_Pathloss As Double
Dim Rx_lev As Double
Dim E_Rx_lev As Double
Dim dBm_mobile As Double
Dim A_Ch As Double
Dim SIR_Drop As Integer
Dim SIR_Reassign As Integer
Dim SIR_Target As Integer
Dim M_ErrMsg_I As Integer
Dim Byerror As Integer
Dim CI_Drop As Integer


' Create Erlang Table to Array
Dim ErlangT(1 To 100, 1 To 13) As Single

' Call set up Stat value
Dim CSR_No As Double
Dim CSS_No As Double
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim CSF_No As Double
Dim CSF_Percent As Double

' Freq Hopping Stat value
Dim FHR_No As Double
Dim FHS_No As Double
Dim FHF_No As Double
' Handover Stat value
Dim HoR_No As Double
Dim HoS_No As Double
Dim HoF_No As Double

' Q Stat value
Dim Q_No As Double

Dim RxDrop_No As Double
Dim IDrop_No As Double


Dim A As Double
Dim B As Double

' This Array keep Start up time For Every Mobile
Dim MobileStart() As Integer
Dim MobileStartLoader() As Integer


' This Array keep Log-normal fading for every channel
Dim ChannelLog() As Integer
Dim ChannelLogLoader() As Integer

'Dim test() As Double


' Selected QOS
Dim S_Erlang As Single
Dim TotalSub As Integer
Dim SubCounter As Integer


'=====================================================================
' Start Sub main()
'=====================================================================
Sub main()

'Pi const
Pi = 4 * Atn(1)

'=====================================================================
'Create Data To Erlang Table
'=====================================================================

   'N = 1
   ErlangT(1, 1) = 0.0101 'QOS 1.0%
   ErlangT(1, 2) = 0.0121 'QOS 1.2%
   ErlangT(1, 3) = 0.0152 'QOS 1.5%
   ErlangT(1, 4) = 0.0204 'QOS 2.0%
   ErlangT(1, 5) = 0.0309 'QOS 3.0%
   ErlangT(1, 6) = 0.0526 'QOS 5.0%
   ErlangT(1, 7) = 0.0753 'QOS 7.0%
   ErlangT(1, 8) = 0.111  'QOS 10%
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ErlangT(1, 9) = 0.176 'QOS 15%
ErlangT(1, 10) = 0.25  'QOS 20%
ErlangT(1, 11) = 0.429 'QOS 30%
ErlangT(1, 12) = 0.667 'QOS 40%
ErlangT(1, 13) = 1 'QOS 50%


'N = 2
ErlangT(2, 1) = 0.153 'QOS 1.0%
ErlangT(2, 2) = 0.168 'QOS 1.2%
ErlangT(2, 3) = 0.19  'QOS 1.5%
ErlangT(2, 4) = 0.223 'QOS 2.0%
ErlangT(2, 5) = 0.282 'QOS 3.0%
ErlangT(2, 6) = 0.381 'QOS 5.0%
ErlangT(2, 7) = 0.47  'QOS 7.0%
ErlangT(2, 8) = 0.595  'QOS 10%
ErlangT(2, 9) = 0.796 'QOS 15%
ErlangT(2, 10) = 1#    'QOS 20%
ErlangT(2, 11) = 1.45 'QOS 30%
ErlangT(2, 12) = 2#   'QOS 40%
ErlangT(2, 13) = 2.73 'QOS 50%


'N = 3
ErlangT(3, 1) = 0.455 'QOS 1.0%
ErlangT(3, 2) = 0.489 'QOS 1.2%
ErlangT(3, 3) = 0.535 'QOS 1.5%
ErlangT(3, 4) = 0.602 'QOS 2.0%
ErlangT(3, 5) = 0.715 'QOS 3.0%
ErlangT(3, 6) = 0.899 'QOS 5.0%
ErlangT(3, 7) = 1.06  'QOS 7.0%
ErlangT(3, 8) = 1.27  'QOS 10%
ErlangT(3, 9) = 1.6 'QOS 15%
ErlangT(3, 10) = 1.93    'QOS 20%
ErlangT(3, 11) = 2.63 'QOS 30%
ErlangT(3, 12) = 3.48 'QOS 40%
ErlangT(3, 13) = 4.59 'QOS 50%

'N = 4
ErlangT(4, 1) = 0.869 'QOS 1.0%
ErlangT(4, 2) = 0.922 'QOS 1.2%
ErlangT(4, 3) = 0.992 'QOS 1.5%
ErlangT(4, 4) = 1.09 'QOS 2.0%
ErlangT(4, 5) = 1.26 'QOS 3.0%
ErlangT(4, 6) = 1.52 'QOS 5.0%
ErlangT(4, 7) = 1.75  'QOS 7.0%
ErlangT(4, 8) = 2.05  'QOS 10%
ErlangT(4, 9) = 2.5  'QOS 15%
ErlangT(4, 10) = 2.95    'QOS 20%
ErlangT(4, 11) = 3.39 'QOS 30%
ErlangT(4, 12) = 5.02 'QOS 40%
ErlangT(4, 13) = 6.5 'QOS 50%

'N = 5
ErlangT(5, 1) = 1.36 'QOS 1.0%
ErlangT(5, 2) = 1.43 'QOS 1.2%
ErlangT(5, 3) = 1.52 'QOS 1.5%
ErlangT(5, 4) = 1.66 'QOS 2.0%
ErlangT(5, 5) = 1.88 'QOS 3.0%
ErlangT(5, 6) = 2.22 'QOS 5.0%
ErlangT(5, 7) = 2.5   'QOS 7.0%
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ErlangT(5, 8) = 2.88  'QOS 10%
ErlangT(5, 9) = 3.45  'QOS 15%
ErlangT(5, 10) = 4.01    'QOS 20%
ErlangT(5, 11) = 5.19 'QOS 30%
ErlangT(5, 12) = 6.6  'QOS 40%
ErlangT(5, 13) = 8.44 'QOS 50%


'N = 6
ErlangT(6, 1) = 1.91 'QOS 1.0%
ErlangT(6, 2) = 2 'QOS 1.2%
ErlangT(6, 3) = 2.11 'QOS 1.5%
ErlangT(6, 4) = 2.28 'QOS 2.0%
ErlangT(6, 5) = 2.54 'QOS 3.0%
ErlangT(6, 6) = 2.96 'QOS 5.0%
ErlangT(6, 7) = 3.3   'QOS 7.0%
ErlangT(6, 8) = 3.76  'QOS 10%
ErlangT(6, 9) = 4.44  'QOS 15%
ErlangT(6, 10) = 5.11    'QOS 20%
ErlangT(6, 11) = 6.51 'QOS 30%
ErlangT(6, 12) = 8.19 'QOS 40%
ErlangT(6, 13) = 10.4 'QOS 50%

'N = 7
ErlangT(7, 1) = 2.5  'QOS 1.0%
ErlangT(7, 2) = 2.6 'QOS 1.2%
ErlangT(7, 3) = 2.74 'QOS 1.5%
ErlangT(7, 4) = 2.94 'QOS 2.0%
ErlangT(7, 5) = 3.25 'QOS 3.0%
ErlangT(7, 6) = 3.74 'QOS 5.0%
ErlangT(7, 7) = 4.14   'QOS 7.0%
ErlangT(7, 8) = 4.67  'QOS 10%
ErlangT(7, 9) = 5.46  'QOS 15%
ErlangT(7, 10) = 6.23    'QOS 20%
ErlangT(7, 11) = 7.86 'QOS 30%
ErlangT(7, 12) = 9.8  'QOS 40%
ErlangT(7, 13) = 12.4 'QOS 50%

'N = 8
ErlangT(8, 1) = 3.13  'QOS 1.0%
ErlangT(8, 2) = 3.25 'QOS 1.2%
ErlangT(8, 3) = 3.4  'QOS 1.5%
ErlangT(8, 4) = 3.63 'QOS 2.0%
ErlangT(8, 5) = 3.99 'QOS 3.0%
ErlangT(8, 6) = 4.54 'QOS 5.0%
ErlangT(8, 7) = 5#     'QOS 7.0%
ErlangT(8, 8) = 5.6   'QOS 10%
ErlangT(8, 9) = 6.5   'QOS 15%
ErlangT(8, 10) = 7.37    'QOS 20%
ErlangT(8, 11) = 9.21 'QOS 30%
ErlangT(8, 12) = 11.4  'QOS 40%
ErlangT(8, 13) = 14.3 'QOS 50%

'N = 9
ErlangT(9, 1) = 3.78  'QOS 1.0%
ErlangT(9, 2) = 3.92 'QOS 1.2%
ErlangT(9, 3) = 4.09  'QOS 1.5%
ErlangT(9, 4) = 4.34 'QOS 2.0%
ErlangT(9, 5) = 4.75 'QOS 3.0%
ErlangT(9, 6) = 5.37 'QOS 5.0%
ErlangT(9, 7) = 5.88     'QOS 7.0%
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   ErlangT(9, 8) = 6.55   'QOS 10%
   ErlangT(9, 9) = 7.55   'QOS 15%
   ErlangT(9, 10) = 8.52    'QOS 20%
   ErlangT(9, 11) = 10.6 'QOS 30%
   ErlangT(9, 12) = 15  'QOS 40%
   ErlangT(9, 13) = 16.3 'QOS 50%

   'N = 10
   ErlangT(10, 1) = 4.46 'QOS 1.0%
   ErlangT(10, 2) = 4.61 'QOS 1.2%
   ErlangT(10, 3) = 4.81 'QOS 1.5%
   ErlangT(10, 4) = 5.08 'QOS 2.0%
   ErlangT(10, 5) = 5.53 'QOS 3.0%
   ErlangT(10, 6) = 6.62 'QOS 5.0%
   ErlangT(10, 7) = 6.78 'QOS 7.0%
   ErlangT(10, 8) = 7.51  'QOS 10%
   ErlangT(10, 9) = 8.62 'QOS 15%
   ErlangT(10, 10) = 9.68  'QOS 20%
   ErlangT(10, 11) = 12 'QOS 30%
   ErlangT(10, 12) = 14.7 'QOS 40%
   ErlangT(10, 13) = 18.3 'QOS 50%


'=============================================================================
'End Create Data To Erlang Table
'=============================================================================
'=============================================================================
'Start Get Raw Data from form
'=============================================================================
'First Column
'-----------------------------------
   AllTime = Val(Edittext1.Text)
   NoCell = Val(Edittext2.Text)
'-----------------------------------
   Channel = Val(CHCombo.Text)
   UsingTime = Val(Edittext4.Text)
'-----------------------------------
   Dim v_GoS As Integer
   v_GoS = Val(Combo1.ListIndex)
   If v_GoS = -1 Then v_GoS = 3
   GoS = Val(Combo1.ItemData(v_GoS))
   CellSize = Val(Edittext5.Text)
   Overlap = Val(Edittext6.Text)
'-----------------------------------
   A_Speed = Val(Edittext7.Text)
   S_Speed = Val(Edittext8.Text)
'-----------------------------------
   Meantime = Val(Text1.Text)
   Erlangpersub = (Meantime / 3600)

'-----------------------------------
   BTSHeight = Val(Edittext9.Text)
   MSHeight = Val(Edittext10.Text)
'-----------------------------------
   BTSTX = Val(Edittext11.Text)
   BTSSen = Val(Edittext12.Text)
   HandLev = Val(Edittext13.Text)
'-----------------------------------
   Lognormal = Val(Edittext14.Text)
   s_lognarmal = Val(Edittext15.Text)
'-----------------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    I_multipath = Check2.Value
'---------------------------------------
'Second Column
'---------------------------------------
Dense = Option1.Value
Suburban = Option2.Value

    'Check Environment
    If Dense = True Then
        cc = 3
    Else
        cc = 0
    End If

'---------------------------------------
NoQNoFH = Option3.Value
QbutNoFH = Option4.Value
QandFH = Option5.Value

    'Check Algorithm
    If NoQNoFH = True Then
        Algorithm = 1
    ElseIf QbutNoFH = True Then
        Algorithm = 2
    Else
        Algorithm = 3
    End If

'---------------------------------------
Qtime = Edittext16.Text
MaxNoQ = Val(Text2.Text)
'---------------------------------------
Logfile = Edittext17.Text
Createlog = Check1.Value

Open Edittext17.Text For Output As #1
'---------------------------------------
'=======================================================================
'Get Raw Data Done
'=======================================================================

For GoS = 1 To 13

    If Channel = 0 Then Channel = 10
    S_Erlang = ErlangT(Channel, GoS)
    TotalSub = S_Erlang / Erlangpersub



'---------------------------------------
'  Macro site interference
'---------------------------------------
    N = 4
    PM = 30
    S = Sqr(3) * (CellSize / 2)
    Co_D = S * Sqr(N)

    Co_Pathloss = Pathloss(Co_D)
    Rx_lev = -Co_Pathloss + BTSTX
    Rx_lev = Covert_dBm_to_W(Rx_lev)
    E_Rx_lev = N * Rx_lev
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    dBm_mobile = PM - Co_Pathloss
    dBm_mobile = Covert_dBm_to_W(dBm_mobile)
    SIR_Drop = 8
    SIR_Reassign = 10
    SIR_Target = 16
    M_ErrMsg_I = 5

'---------------------------------------
'Clear Table
'---------------------------------------

Call Clear_Table_Click

'---------------------------------------
'Generate Cell into DataBase
'---------------------------------------
        Dim j As Integer
        Dim i As Integer

        For i = 1 To NoCell

            CellID_Loader = i
            Call AddCell_Click

        Next i
'---------------------------------------
'End Generate Cell into DataBase
'---------------------------------------

        ReDim ChannelLogLoader(Channel)
        ReDim ChannelLog(NoCell, Channel)

'---------------------------------------
'Generate Start up time for every Mobile in every Cell
'---------------------------------------

        Dim SdLoader As Double

        ReDim MobileStartLoader(TotalSub)
        ReDim MobileStart(NoCell, TotalSub)

        i = 1
        j = 1

        For i = 1 To NoCell
            For j = 1 To TotalSub

                SdLoader = StdNorm()
                SdLoader = (SdLoader + 0.8) * (AllTime / 1.6)

                MobileStartLoader(j) = SdLoader

            Next j

            Call QuickSort(MobileStartLoader(), 1, TotalSub)

            For j = 1 To TotalSub
                MobileStart(i, j) = MobileStartLoader(j)
            Next j
        Next i
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'---------------------------------------
'End Generate Start up time for every Mobile in every Cell
'---------------------------------------
'---------------------------------------
'Start Generate interference table for each channel
'---------------------------------------

Call Add_Int

'---------------------------------------
'End Generate interference table for each channel
'---------------------------------------

'=============================================================================
'=============================================================================
'Start Systen Simmulation
'=============================================================================
'=============================================================================
    Dim t As Integer

    Currenttime = 1
    SubCounter = 0
    Delete_Index = 0
    ProgressBar1.Value = 0

' Call set up Stat value
    CSS_No = 0
    CSR_No = 0
    CSF_No = 0

' Freq Hopping Stat value
    FHR_No = 0
    FHS_No = 0
    FHF_No = 0

' Handover Stat value
    HoR_No = 0
    HoS_No = 0
    HoF_No = 0

    RxDrop_No = 0
    IDrop_No = 0
    Q_No = 0
    Byerror = 0
    CI_Drop = 0

    ProgressBar1.Refresh

    For t = 1 To AllTime

    ProgressBar1.Value = (t / AllTime) * 100
    ProgressBar1.Refresh

'---------------------------------------
'Create mobile into System
'---------------------------------------

'-------------------------------------------------------------------------------------------------------
    'Check Expire time for every Mobile in every Cell and Delete them all
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Call TimeExpire_Click
        Call Log_generator
        Call Update_Int


        If I_multipath <> 0 Then
           Call Rx_Multipath_Delete
        Else
           Call Rx_Delete_Click
        End If

'-------------------------------------------------------------------------------------------------------
    'Check Start up time for every Mobile in every Cell from MobileStart array

        Call update_Position
        Call Update_PL
        Call Cal_RX

        If Algorithm = 1 Then
           Call HandOver_Check
        ElseIf Algorithm = 2 Or Algorithm = 3 Then
           Call handover_Q_check
        End If

        If Algorithm = 1 Or Algorithm = 2 Then
           Call Err_mgs_check
        ElseIf Algorithm = 3 Then
           Call FH_check
        End If

        Call create_new_call
        Call SIR_Delete
'-----------------------------------
'End Create mobile into System
'-----------------------------------

    Currenttime = Currenttime + 1
    Next t

'=============================================================================
'End Systen Simmulation
'=============================================================================

ProgressBar1.Value = 100

CSF_Percent = ((CSF_No * 100) / CSR_No)

'MsgBox "Simmulation Done : Delete : " & Delete_Index & " % : " & CSF_Percent & " CSF : "
& CSF_No & " CSR : " & CSR_No _
& " HoR : " & HoR_No & " HoS : " & HoS_No & " Q No : " & Q_No & " HoF : " & HoF_No & "
RxD : " & RxDrop_No & _
" IDrop : " & IDrop_No & " FHR : " & FHR_No & " FHF : " & FHF_No & " Byerror : " & Byerror &
" CI_Drop : " & CI_Drop, vbOKOnly, "Infomation"

Print #1, GoS; " Simmulation Done : Delete : "; Delete_Index; " % : "; CSF_Percent; " CSF : ";
CSF_No; " CSR : "; CSR_No _
; " HoR : "; HoR_No; " HoS : "; HoS_No; " Q No : "; Q_No; " HoF : "; HoF_No; " RxD : ";
RxDrop_No; _
" IDrop : "; IDrop_No; " FHR : "; FHR_No; " FHF : "; FHF_No; " Byerror : "; Byerror; " CI_Drop :
"; CI_Drop
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ProgressBar1.Value = 0
ProgressBar1.Refresh

Next GoS
Close #1
End Sub
'=====================================================================
'End Sub main()
'=====================================================================

'=====================================================================
Public Function Covert_dBm_to_W(v_dbm As Double) As Double

Covert_dBm_to_W = (10 ^ (v_dbm / 10)) / 1000

End Function

Public Function Covert_W_to_dBm(W As Double) As Double

Covert_W_to_dBm = 10 * (Log(W * 10 ^ 3) / Log(10))

End Function
'=====================================================================

'=====================================================================
Private Sub About_Click()
MsgBox "Highway Cellular System Simmulation" & Chr(13) & Chr(13) _
& "Version 1.0 - 20021127" & Chr(13) & "Last Update : 20030419" & Chr(13) & Chr(13) _
& "Compose by : " & Chr(13) & "Aekkorn Poomseetana" & Chr(13) & Chr(13) _
& "King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang", vbOKOnly, "About"
End Sub
'=====================================================================

'=====================================================================
Private Sub Check1_Click()
If Check1.Value = 1 Then
   Edittext17.Enabled = True
   Edittext17.BackColor = &H80000009

Else
   Edittext17.Enabled = False
   Edittext17.BackColor = &H80000013
End If

End Sub
'=====================================================================


'=====================================================================
Private Sub Check2_Click()
If Check2.Value = 1 Then
   Check2.ForeColor = &HFF&
   'Edittext17.Enabled = True
   'Edittext17.BackColor = &H80000009

Else
   Check2.ForeColor = &H80000007
   'Edittext17.Enabled = False
   'Edittext17.BackColor = &H80000013
End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub
'=============================================================================

'=============================================================================
Private Sub Form_Load()
'RandomX1 = Round(Timer)
CHCombo.AddItem "1"
CHCombo.AddItem "2"
CHCombo.AddItem "3"
CHCombo.AddItem "4"
CHCombo.AddItem "5"
CHCombo.AddItem "6"
CHCombo.AddItem "7"
CHCombo.AddItem "8"
CHCombo.AddItem "9"
CHCombo.AddItem "10"
Call Check1_Click
Call Check2_Click
End Sub
'=============================================================================



'============================================================================='
Start Run_Click()
'=============================================================================
Private Sub Run_Click()
RandomX1 = 0
RandomX1 = Round(Timer)
Call main
 End Sub
'=============================================================================
'End Run_Click()
'=============================================================================

'=============================================================================='
Sub Close Click
'=============================================================================
Private Sub Close_Click()
   If MsgBox("Exit Program?", 68, "Exit Program") = 6 Then
      End
   End If
End Sub
'=============================================================================
'End Close Click
'=============================================================================



'=============================================================================
'Sub Exit_Click
'=============================================================================
Private Sub Exit_Click()
End
End Sub
'=============================================================================='
End Exit_Click
'=============================================================================

'=============================================================================
'Start Function Exponential(p)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'=====================================================================
Public Function Exponential(P)
Dim t

Do While (t = 0 Or t = 1)

   t = Uniform
Loop

Exponential = ((-P) * Log(t))
End Function
'=====================================================================
'End Function Exponential(p)
'=====================================================================

'=====================================================================
'Start Function Normaldis()
'=====================================================================
Public Function Normaldis(ex, std)
Dim d1, d2, d3, v1, v2, z1, z2, z11, z12, W As Double
v1 = 0
v2 = 0
z11 = 0
z12 = 0
d1 = 0
d2 = 10000
d3 = 100000
Normaldis = -1
Do While (Normaldis < 0 Or Normaldis > 25) '
If z2 <> 0 Then
   z1 = z2
   z2 = 0
Else
 Do While (W = 0 Or W >= 1)
   z11 = 0
   z12 = 0
   Do While (z11 = 0 Or z11 = 1)
   z11 = Uni_random(0, 10000) / 10000
   Loop
   v1 = (2 * z11) - 1

   Do While (z12 = 0 Or z12 = 1)
   z12 = Uni_random(0, 10000) / 10000
   Loop
   v2 = (2 * z12) - 1
   W = (v1 * v1) + (v2 * v2)

 Loop
 W = Val((-2 * Log(W)) / W)
 z1 = v1 * W
 z2 = v2 * W
End If

Normaldis = (ex + (z1 * std))
Loop
End Function
'=====================================================================
'End Function Normaldis()
'=====================================================================
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'Start Function Poisson()
'=========================================================================
Function Poisson(lambda) As Double
Dim c As Double
Dim B As Double
Dim y As Double
Dim K As Long
Dim p0 As Double
Dim sd As Double

'use normal approximation poisson if lambda > 10
sd = StdNorm

If lambda > 10 Then Poisson = maximum(0, -0.5 + lambda * Sqr(Abs(sd)))

p0 = Exp(-lambda)
c = p0
B = p0
K = 0#
y = Uniform

If y <= B Then
   Poisson = K
Else
   Do Until y <= B

   c = c * (lambda / (K + 1))
   K = K + 1
   B = B + c

   If y <= B Then Poisson = K

   Loop
End If

End Function
'=========================================================================='
End Function Poisson()
'==========================================================================

'==========================================================================
'Start Function maximum(a, b)
'==========================================================================
Function maximum(A, B)

If A > B Then maximum = A
If B > A Then maximum = B
If A = B Then maximum = A
End Function
'==========================================================================
'End Function maximum(a, b)
'==========================================================================

'==========================================================================
'Start Function Uniform() As Double
'==========================================================================
Function Uniform() As Double
RandomX1 = Int(CDbl(RandomX1) * 16807 + 0.5) - (Int(2147483647 + 0.5) *
Fix(Int(CDbl(RandomX1) * 16807 + 0.5) / Int(2147483647 + 0.5)))
Uniform = RandomX1 * 4.6566128752459E-10
End Function
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'====================================================================
'End Function Uniform() As Double
'====================================================================


'====================================================================='
Start Function StdNorm()
'====================================================================
Function StdNorm() As Double

Dim y1 As Double
Dim y2 As Double
Redo:
Do While y2 <= ((1# - y1) ^ 2) / 2
y1 = -Log(Uniform)
y2 = -Log(Uniform)
Loop
StdNorm = -y1
If Uniform < 0.5 Then StdNorm = y1

        If StdNorm < -0.8 Then
           StdNorm = 0
           y1 = 0
           y2 = 0
           GoTo Redo
        ElseIf StdNorm > 0.8 Then
           StdNorm = 0
           y1 = 0
           y2 = 0
           GoTo Redo

        End If


End Function
'====================================================================
'End Function StdNorm()
'====================================================================

'====================================================================
'Start QuickSort
'====================================================================
Sub QuickSort(data() As Integer, ByVal Min As Integer, ByVal Max As Integer)
   Dim med_value As Integer
   Dim hi As Integer
   Dim lo As Integer

      'If there is 1 (or 0) element, this sublist is done.
      If Min >= Max Then Exit Sub

      'Pick a value to be the dividing value.
      med_value = data(Min)

      lo = Min
      hi = Max
      Do

         'Look down from hi for a value < med_value.
         Do While data(hi) >= med_value
            hi = hi - 1
            If hi <= lo Then Exit Do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Loop
        If hi <= lo Then
           data(lo) = med_value
           Exit Do
        End If

        'Swap the lo and hi values.
        data(lo) = data(hi)

        'Look up from lo for a value >= med_value.
        lo = lo + 1
        Do While data(lo) <= med_value
           lo = lo + 1
           If lo >= hi Then Exit Do
        Loop
        If lo >= hi Then
           lo = hi
           data(hi) = med_value
           Exit Do
        End If

        'Swap the lo and hi values
        data(hi) = data(lo)
     Loop

     'Recursively sort the two sublists.
     QuickSort data(), Min, lo - 1
     QuickSort data(), lo + 1, Max
End Sub
'=========================================================================
'End QuickSort
'=========================================================================

'=========================================================================
'Start Function AddMobile
'=========================================================================
Sub AddMobile(Cell As Integer)

     Dim Holding_Loader As Double
     Dim Speed_Loader As Double
     Dim Rand As Double

     SubCounter = SubCounter + 1
     Holding_Loader = Exponential(Meantime)

     Rand = StdNorm
     Speed_Loader = ((Rand * S_Speed) + A_Speed)
     Speed_Loader = Speed_Loader * (1000 / 3600)

     MobileData.Recordset.AddNew

     MobileData.Recordset!MobileID = SubCounter
     MobileData.Recordset!S_time = Currenttime
     MobileData.Recordset!Holding_time = Holding_Loader
     MobileData.Recordset!Tw = Qtime
     MobileData.Recordset!Speed = Speed_Loader
     MobileData.Recordset!dir = Uni_random(0, 1)
     MobileData.Recordset!PL_Current = 0
     MobileData.Recordset!PL_Neighbour = 0
     MobileData.Recordset!Q = 0
     MobileData.Recordset!errmsg_rf = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MobileData.Recordset!errmsg_l = 0

CellData.Recordset.MoveFirst
CellData.Recordset.FindFirst "cellid = val('" & Cell & "')"

A_Ch = Val(CellData.Recordset.usingCH.Value)
MobileData.Recordset!log_current = ChannelLog(Cell, A_Ch)


If MobileData.Recordset!dir = 1 Then
   If Cell < NoCell Then
   MobileData.Recordset!log_neighbour = ChannelLog(Cell + 1, A_Ch)
   Else
   MobileData.Recordset!log_neighbour = ChannelLog(1, A_Ch)
   End If
ElseIf MobileData.Recordset!dir = 0 Then
   If Cell = 1 Then
   MobileData.Recordset!log_neighbour = ChannelLog(NoCell, A_Ch)
   Else
   MobileData.Recordset!log_neighbour = ChannelLog(Cell - 1, A_Ch)
   End If

End If



MobileData.Recordset!Multipath = 0
MobileData.Recordset!rx_current = 0
MobileData.Recordset!Rx_Neighbour = 0
MobileData.Recordset!Position = Uni_random(0, Val(CellSize))
MobileData.Recordset!cellid = Cell
MobileData.Recordset!Ex_time = Holding_Loader + Currenttime
MobileData.Recordset!CH = A_Ch

Dim iii  As Integer
iii = 1

Intdata.Recordset.MoveFirst

Intdata.Recordset.FindFirst "cellid = val('" & Cell & "') and ch = val('" & iii & "')"


Do While Intdata.Recordset!cellid = Cell
   If Intdata.Recordset!Status = 0 Then
      Intdata.Recordset.Edit
      Intdata.Recordset!Status = 1
      Intdata.Recordset.Update

      MobileData.Recordset!CH = Intdata.Recordset!CH

      Exit Do
   End If

iii = iii + 1
Intdata.Recordset.FindNext "cellid = val('" & Cell & "') and ch = val('" & iii & "')"
'If iii = 10 Then MsgBox ("error")
Loop


MobileData.Recordset.Update
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub
'=============================================================================='
End Function AddMobile
'==============================================================================


'==============================================================================
'Start Clear_Table_Click()
'==============================================================================
Private Sub Clear_Table_Click()


        Do While MobileData.Recordset.BOF = False

        MobileData.Recordset.MoveLast

          If MobileData.Recordset.EOF = False Then
            MobileData.Recordset.Delete
          Else
            Exit Do
          End If

        Loop

        Do While CellData.Recordset.BOF = False

        CellData.Recordset.MoveLast

          If CellData.Recordset.EOF = False Then
            CellData.Recordset.Delete
          Else
            Exit Do
          End If

        Loop

        Do While Intdata.Recordset.BOF = False

        Intdata.Recordset.MoveLast

          If Intdata.Recordset.EOF = False Then
            Intdata.Recordset.Delete
          Else
            Exit Do
          End If

        Loop

End Sub
'==============================================================================
'End Clear_Table_Click()
'==============================================================================

'==============================================================================
'Start Private Sub TimeExpire_Click()
'==============================================================================
Private Sub TimeExpire_Click()

    Dim Cell_current As Integer
    Dim Cell_Next As Integer
    Dim CH_current As Integer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If MobileData.Recordset.BOF = False Then

    MobileData.Recordset.MoveFirst

End If


  Do While MobileData.Recordset.EOF = False


    If MobileData.Recordset!Ex_time < Currenttime Then

      Cell_current = MobileData.Recordset!cellid
      CH_current = MobileData.Recordset!CH

        If MobileData.Recordset!dir = 0 Then
            Cell_Next = Cell_current - 1
            If Cell_Next = 0 Then Cell_Next = NoCell

        Else
            Cell_Next = Cell_current + 1
            If Cell_Next > NoCell Then Cell_Next = 1
        End If


      If CellData.Recordset.BOF = False Then

        CellData.Recordset.MoveFirst

      End If

        CellData.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_current & "')"
        CellData.Recordset.Edit
        CellData.Recordset!usingCH = CellData.Recordset!usingCH - 1
        CellData.Recordset.Update


        Intdata.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_current & "') And CH = val('"
& CH_current & "')"
        Intdata.Recordset.Edit
        Intdata.Recordset!Status = 0
        Intdata.Recordset.Update

        If MobileData.Recordset!Q = 1 Then
          CellData.Recordset.MoveFirst
          CellData.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_Next & "')"
          CellData.Recordset.Edit
          CellData.Recordset!NoQ = CellData.Recordset!NoQ - 1
          CellData.Recordset.Update
        End If


        If CellData.Recordset!usingCH < 0 Then
          MsgBox "error"
          Exit Sub

        End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            MobileData.Recordset.Delete
            Delete_Index = Delete_Index + 1

          End If

        MobileData.Recordset.MoveNext

        Loop

End Sub
'=============================================================================
'End Private Sub TimeExpire_Click()
'=============================================================================

Private Sub Rx_Delete_Click()

   Dim Cell_current As String
   Dim Cell_Next As String
   Dim CH_cuurent As Integer


     If MobileData.Recordset.BOF = False Then

          MobileData.Recordset.MoveFirst
     End If


       Do While MobileData.Recordset.EOF = False


         If MobileData.Recordset!rx_current < BTSSen Then

            Cell_current = MobileData.Recordset!cellid
            CH_current = MobileData.Recordset!CH

            If MobileData.Recordset!dir = 0 Then
                 Cell_Next = Cell_current - 1
                 If Cell_Next = 0 Then Cell_Next = NoCell

            Else
                 Cell_Next = Cell_current + 1
                 If Cell_Next > NoCell Then Cell_Next = 1
            End If


          If CellData.Recordset.BOF <> True Then

            CellData.Recordset.MoveFirst

          End If

            CellData.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_current & "')"
            CellData.Recordset.Edit
            CellData.Recordset!usingCH = CellData.Recordset!usingCH - 1
            CellData.Recordset.Update


            Intdata.Recordset.FindFirst _
            "CellId = val('" & Cell_current & "') And CH = val('" & CH_current & "')"
            Intdata.Recordset.Edit
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Intdata.Recordset!Status = 0
            Intdata.Recordset.Update


            If MobileData.Recordset!Q = 1 Then
               CellData.Recordset.MoveFirst
               CellData.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_Next & "')"
               CellData.Recordset.Edit
               CellData.Recordset!NoQ = CellData.Recordset!NoQ - 1
               CellData.Recordset.Update
            End If

         MobileData.Recordset.Delete
         RxDrop_No = RxDrop_No + 1

      End If

   MobileData.Recordset.MoveNext

   Loop


End Sub

Private Sub AddCell_Click()


   CellData.Recordset.AddNew
   CellData.Recordset!cellid = CellID_Loader
   CellData.Recordset!noch = Channel
   CellData.Recordset!Size = CellSize
   CellData.Recordset!OL = Overlap
   CellData.Recordset!usingCH = 0

   If NoQNoFH Then
   CellData.Recordset!NoQ = MaxNoQ
   Else
   CellData.Recordset!NoQ = 0
   End If

   CellData.Recordset.Update


End Sub

Private Sub update_Position()

   If MobileData.Recordset.BOF = False Then

      MobileData.Recordset.MoveFirst
   End If

     Do While MobileData.Recordset.EOF = False


      If MobileData.Recordset!dir = 1 Then

         MobileData.Recordset.Edit
         MobileData.Recordset!Position = MobileData.Recordset!Position +
MobileData.Recordset!Speed
         MobileData.Recordset.Update
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Else

                MobileData.Recordset.Edit
                MobileData.Recordset!Position = MobileData.Recordset!Position -
MobileData.Recordset!Speed
                MobileData.Recordset.Update

            End If

        MobileData.Recordset.MoveNext

        Loop

End Sub
Private Sub Update_PL()

    If MobileData.Recordset.BOF = False Then

        MobileData.Recordset.MoveFirst
    End If

        Do While MobileData.Recordset.EOF = False

            MobileData.Recordset.Edit
            MobileData.Recordset!PL_Current =
Pathloss(Abs(Val(MobileData.Recordset!Position) - (CellSize / 2)))
            MobileData.Recordset.Update

            If MobileData.Recordset!dir = 0 Then

            MobileData.Recordset.Edit
            MobileData.Recordset!PL_Neighbour = Pathloss(Abs((CellSize / 2) - Overlap +
Val(MobileData.Recordset!Position)))
            MobileData.Recordset.Update

            ElseIf MobileData.Recordset!dir = 1 Then

                MobileData.Recordset.Edit
                MobileData.Recordset!PL_Neighbour = Pathloss(Abs((CellSize -
Val(MobileData.Recordset!Position)) + (CellSize / 2) - Overlap))
                MobileData.Recordset.Update

            End If

            MobileData.Recordset.MoveNext

        Loop

End Sub

Private Sub Start_PL()

MobileData.Recordset.Edit
MobileData.Recordset!PL_Current = Pathloss(Abs(Val(MobileData.Recordset!Position)))
MobileData.Recordset.Update

End Sub

Public Function Pathloss(dD As Double)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
dD = (Val(dD) / 1000)

If dD <> 0 Then
A = 46.3 + (33.9 * Log(Val(Fc)) / Log(10)) - (13.28 * (Log(Val(BTSHeight)) / Log(10))) - _
(3.2 * Log(Val((11.75 * MSHeight) ^ 2)) / Log(10)) - 4.97

B = 44.9 - (6.55 * (Log(Val(BTSHeight))) / Log(10))

Pathloss = A + (B * (Log(Val(dD))) / Log(10)) + cc
Else

Pathloss = 0
End If

End Function

'=============================================================================='
Start Sub HandOver_Check()
'==============================================================================

Private Sub HandOver_Check()

Dim Ch_check As Integer
Dim Cell_current As Integer
Dim Cell_Next As Integer
Dim CH_current As Integer


  If MobileData.Recordset.BOF = False Then

        MobileData.Recordset.MoveFirst

  End If

      Do While MobileData.Recordset.EOF = False

        If MobileData.Recordset!Rx_Neighbour > MobileData.Recordset!rx_current + 5
Then

          HoR_No = HoR_No + 1

          Cell_current = MobileData.Recordset!cellid
          CH_current = MobileData.Recordset!CH

            If MobileData.Recordset!dir = 0 Then
                Cell_Next = Cell_current - 1
                If Cell_Next = 0 Then Cell_Next = NoCell

            Else
                Cell_Next = Cell_current + 1
                If Cell_Next > NoCell Then Cell_Next = 1
            End If


              CellData.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_Next & "')"

              If CellData.Recordset!usingCH < Channel Then

                HoS_No = HoS_No + 1

                CellData.Recordset.Edit
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CellData.Recordset!usingCH = CellData.Recordset!usingCH + 1
                CellData.Recordset.Update

                CellData.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_current & "')"
                CellData.Recordset.Edit
                CellData.Recordset!usingCH = CellData.Recordset!usingCH - 1
                CellData.Recordset.Update

                MobileData.Recordset.Edit
                MobileData.Recordset.cellid = Cell_Next
                MobileData.Recordset.Position =
Covert_Position(Val(MobileData.Recordset.Position), _
                  Val(MobileData.Recordset.dir))


                Intdata.Recordset.FindFirst _
                "CellId = val('" & Cell_current & "') And CH = val('" & CH_current & "')"
                Intdata.Recordset.Edit
                Intdata.Recordset!Status = 0
                Intdata.Recordset.Update


                Dim iii As Integer
                iii = 1
                Intdata.Recordset.MoveFirst

                Intdata.Recordset.FindFirst "cellid = val('" & Cell_Next & "')and ch = val('"
& iii & "') "

                Do While Intdata.Recordset!cellid = Cell_Next And iii <= Channel
                  If Intdata.Recordset!Status = 0 Then
                    Intdata.Recordset.Edit
                    Intdata.Recordset!Status = 1
                    Intdata.Recordset.Update

                    MobileData.Recordset!CH = Intdata.Recordset!CH

                    Exit Do
                  End If

                iii = iii + 1
                Intdata.Recordset.FindNext "cellid = val('" & Cell_Next & "') and ch = val('"
& iii & "')"

                Loop

                MobileData.Recordset.Update

              Else

                HoF_No = HoF_No + 1

                'MobileData.Recordset.Delete

                'CellData.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_current & "')"
                'CellData.Recordset.Edit
                'CellData.Recordset!usingCH = CellData.Recordset!usingCH - 1
                'CellData.Recordset.Update

                'Intdata.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_current & "') And CH =
val('" & CH_current & "')"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                'Intdata.Recordset.Edit
                'Intdata.Recordset!Status = 0
                'Intdata.Recordset.Update

            End If

        End If

    MobileData.Recordset.MoveNext

    Loop


End Sub
'=============================================================================
'    End sub
'=============================================================================

'=============================================================================
'    Function Covert_Position()
'=============================================================================
Function Covert_Position(Position As Double, dir As Integer)
If dir = 0 Then

  Covert_Position = CellSize + (Position - Overlap)

Else

  Covert_Position = CellSize - (Position + Overlap)

End If


End Function
'=============================================================================
'    End Function Covert_Position()
'=============================================================================

'=============================================================================
'    Sub Cal_RX()
'=============================================================================
Sub Cal_RX()
Dim E_Co_Mobile As Double
Dim N_Co_Mobile As Double
Dim Interference As Double
Dim Cell_current As String

Dim N As Integer
Dim Alfa As Double
Dim Fn As Double
Dim Fm As Double
Dim Sf As Double
Dim ESf As Double
Dim MSf As Double
Dim P As Double
Dim KK As Integer
Dim yy As Integer
Dim AAA As Double
Dim BBB As Double
Dim iii As Double
Dim j As Double
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
N = 6

   If MobileData.Recordset.BOF = False Then

         MobileData.Recordset.MoveFirst
   End If

       Do While MobileData.Recordset.EOF = False

            MobileData.Recordset.Edit
              MobileData.Recordset!rx_current = _
              -Val(MobileData.Recordset!PL_Current) + BTSTX -
Val(MobileData.Recordset!log_current)
              MobileData.Recordset!Rx_Neighbour = _
              -Val(MobileData.Recordset!PL_Neighbour) + BTSTX -
Val(MobileData.Recordset!log_neighbour)

              'Interference-------------------------
              Cell_current = MobileData.Recordset!cellid
              CellData.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_current & "')"
              N_Co_Mobile = CellData.Recordset!usingCH


              E_Co_Mobile = dBm_mobile * N * (N_Co_Mobile / Channel)

              Interference = E_Rx_lev - E_Co_Mobile

              Interference = Covert_W_to_dBm(Interference)


              MobileData.Recordset!i = Interference - Val(MobileData.Recordset!log_current)


              If I_multipath <> 0 Then


                P = MobileData.Recordset!rx_current

              For yy = 1 To N

                Alfa = 0

                  Do While Alfa = 0 Or Alfa = (2 * Pi)
                    Alfa = Uni_random(0, 360)
                    Alfa = (Alfa / 180) * Pi
                  Loop

                Fm = (MobileData.Recordset!Speed / Landa) * (Pi / 180)
                Fn = (MobileData.Recordset!Speed / Landa) * (Pi / 180) * Cos(Alfa)


                AAA = (1 / (4 * Pi * Fm))
                BBB = Sqr(1 - ((Fn / Fm) ^ 2))

                If BBB <> 0 Then
                Sf = AAA * (1 / BBB)
                Else
                Sf = 1
                End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ESf = ESf + Sf

        Next yy


        'P = xxx(P)
        'ESf = 1#
        'P = -75
        P = Covert_dBm_to_W(P)
        P = P * ESf
        P = Covert_W_to_dBm(P)

        MobileData.Recordset!Multipath = P

        'Print #1, MSf / KK; Spc(3); MobileData.Recordset!Rx_current; _
        'Spc(3); P; Spc(3); P - MobileData.Recordset!Rx_current

        End If


    MobileData.Recordset.Update

  MobileData.Recordset.MoveNext


Loop
End Sub
'=====================================================================
'    End Sub Cal_RX()
'=====================================================================

'=====================================================================
'    Create_New_Call
'=====================================================================
Sub create_new_call()
Dim i As Integer
Dim j As Integer


For i = 1 To NoCell

  For j = 1 To TotalSub

    If MobileStart(i, j) = Currenttime Then

      CSR_No = CSR_No + 1

      CellData.Recordset.MoveFirst
      CellData.Recordset.FindFirst "CellID = val('" & i & "')"


      If CellData.Recordset.usingCH.Value < Channel Then

          CellData.Recordset.Edit
          CellData.Recordset.usingCH.Value = CellData.Recordset.usingCH.Value
+ 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CellData.Recordset.Update


                CSS_No = CSS_No + 1

                Call AddMobile(i)
                MobileData.Recordset.MoveLast
                Call Start_PL

            Else
                CSF_No = CSF_No + 1

            End If

        End If

    Next j

Next i
End Sub
'=============================================================================
'    End Create_New_Call
'=============================================================================


'=============================================================================
'Generate log-normal for every Channel in every cell
'=============================================================================
Sub Log_generator()

    Dim i As Integer
    Dim j As Integer

    Dim Logloader As Double


    For i = 1 To NoCell
      For j = 1 To Channel

          Logloader = ((StdNorm() * Lognormal) + s_lognarmal)
          ChannelLogLoader(j) = Logloader

      Next j

      For j = 1 To Channel
        ChannelLog(i, j) = ChannelLogLoader(j)
      Next j

    Next i

End Sub
'=============================================================================
'End Generate log-normal for every Channel in every cell
'=============================================================================
'
'=============================================================================
'    handover_Q_check()
'=============================================================================
Sub handover_Q_check()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim Ch_check As Integer
Dim Cell_current As Integer
Dim Cell_Next As Integer
Dim CH_current As Integer


  If MobileData.Recordset.BOF = False Then

        MobileData.Recordset.MoveFirst

  End If
      '-------------------------
      'loop mobile table
      Do While MobileData.Recordset.EOF = False

        If (MobileData.Recordset!Rx_Neighbour > MobileData.Recordset!rx_current + 5) _
        Or MobileData.Recordset!Q = 1 Then

          If MobileData.Recordset!Q <> 1 Then
            HoR_No = HoR_No + 1
          End If

          Cell_current = MobileData.Recordset!cellid
          CH_current = MobileData.Recordset!CH

          If MobileData.Recordset!dir = 0 Then
              Cell_Next = Cell_current - 1
              If Cell_Next = 0 Then Cell_Next = NoCell

          Else
              Cell_Next = Cell_current + 1
              If Cell_Next > NoCell Then Cell_Next = 1
          End If


            CellData.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_Next & "')"

            If CellData.Recordset!usingCH < Channel Then

              HoS_No = HoS_No + 1
            '-------------------------
            'Update Target Cell
              CellData.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_Next & "')"
              CellData.Recordset.Edit
              CellData.Recordset!usingCH = CellData.Recordset!usingCH + 1
              CellData.Recordset.Update

              If MobileData.Recordset!Q = 1 Then
                CellData.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_Next & "')"
                CellData.Recordset.Edit
                CellData.Recordset!NoQ = CellData.Recordset!NoQ - 1
                CellData.Recordset.Update
              End If

              CellData.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_current & "')"
              CellData.Recordset.Edit
              CellData.Recordset!usingCH = CellData.Recordset!usingCH - 1
              CellData.Recordset.Update
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Intdata.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_current & "') And CH =
val('" & CH_current & "')"
                Intdata.Recordset.Edit
                Intdata.Recordset!Status = 0
                Intdata.Recordset.Update

              '-----------------------------
              'Update Mobile data
                MobileData.Recordset.Edit
                MobileData.Recordset!Q = 0
                MobileData.Recordset!Tw = Qtime
                MobileData.Recordset!cellid = Cell_Next
                MobileData.Recordset!Position = _
                Covert_Position(Val(MobileData.Recordset.Position),
Val(MobileData.Recordset.dir))


                Dim iii As Integer
                iii = 1
                Intdata.Recordset.MoveFirst

                Intdata.Recordset.FindFirst "cellid = val('" & Cell_Next & "')and ch = val('"
& iii & "') "

                Do While Intdata.Recordset!cellid = Cell_Next And iii <= Channel
                  If Intdata.Recordset!Status = 0 Then
                    Intdata.Recordset.Edit
                    Intdata.Recordset!Status = 1
                    Intdata.Recordset.Update

                    MobileData.Recordset!CH = Intdata.Recordset!CH

                    Exit Do
                  End If

                iii = iii + 1
                Intdata.Recordset.FindNext "cellid = val('" & Cell_Next & "') and ch = val('"
& iii & "')"

                Loop

                MobileData.Recordset.Update

              '-----------------------------

              Else


              '-----------------------------
              If MobileData.Recordset!Q = 0 And CellData.Recordset!NoQ < MaxNoQ
Then

                  Q_No = Q_No + 1
                  CellData.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_Next & "')"
                  CellData.Recordset.Edit
                  CellData.Recordset!NoQ = CellData.Recordset!NoQ + 1
                  CellData.Recordset.Update

                  MobileData.Recordset.Edit
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MobileData.Recordset!Q = 1
                    MobileData.Recordset!Tw = MobileData.Recordset.Tw - 1
                    MobileData.Recordset.Update

                '-------------------------------
                ElseIf MobileData.Recordset!Q = 0 And CellData.Recordset!NoQ = MaxNoQ
Then

                    HoF_No = HoF_No + 1


                '-------------------------------

                  ElseIf MobileData.Recordset!Q = 1 And MobileData.Recordset!Tw > 0
Then

                    MobileData.Recordset.Edit
                    MobileData.Recordset!Tw = MobileData.Recordset.Tw - 1
                    MobileData.Recordset.Update

                '-------------------------------

                  ElseIf (MobileData.Recordset!Q = 1 And MobileData.Recordset!Tw = 0)
Then

                    HoF_No = HoF_No + 1

                    'MobileData.Recordset.Delete

                    CellData.Recordset.FindFirst "CellId = val(" & Cell_Next & ")"
                    CellData.Recordset.Edit
                    CellData.Recordset!NoQ = CellData.Recordset!NoQ - 1
                    CellData.Recordset.Update

                    MobileData.Recordset.Edit
                    MobileData.Recordset!Q = 0
                    MobileData.Recordset!Tw = Qtime
                    MobileData.Recordset.Update


                  End If
                End If

          End If

        MobileData.Recordset.MoveNext

        Loop


End Sub
'=====================================================================
'       End Hand_Q_Check
'=====================================================================

'=====================================================================
Function Uni_random(v_Min As Integer, v_Max As Integer)
Dim RanValue As Integer

Randomize
RanValue = Int(Round((v_Max * Rnd()) + v_Min))
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Uni_random = RanValue

End Function

Sub parameter_setup()

Dim var_Line(10) As String
Dim i As Integer

Open "parameter.ini" For Input As #1

   Do While Not EOF(1)
      i = i + 1
      Line Input #1, var_Line(i)

   Loop

End Sub
'=========================================================================

'=========================================================================
Private Sub Rx_Multipath_Delete()

   Dim Cell_current As String
   Dim Cell_Next As String
   Dim N_ErrMsg_RF As Integer
   Dim CH_current As Integer

      If MobileData.Recordset.BOF = False Then

            MobileData.Recordset.MoveFirst
      End If


         Do While MobileData.Recordset.EOF = False


            If MobileData.Recordset!Multipath < BTSSen Then

               N_ErrMsg_RF = MobileData.Recordset!errmsg_rf
               N_ErrMsg_RF = N_ErrMsg_RF + 1

               If N_ErrMsg_RF = 5 Then

                  Cell_current = MobileData.Recordset!cellid
                  CH_current = MobileData.Recordset!CH

                     If MobileData.Recordset!dir = 0 Then
                           Cell_Next = Cell_current - 1
                           If Cell_Next = 0 Then Cell_Next = NoCell

                     Else
                           Cell_Next = Cell_current + 1
                           If Cell_Next > NoCell Then Cell_Next = 1
                     End If


                  If CellData.Recordset.BOF <> True Then

                     CellData.Recordset.MoveFirst
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                End If

                    CellData.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_current & "')"
                    CellData.Recordset.Edit
                    CellData.Recordset!usingCH = CellData.Recordset!usingCH - 1
                    CellData.Recordset.Update


                    Intdata.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_current & "') And CH =
val('" & CH_current & "')"
                    Intdata.Recordset.Edit
                    Intdata.Recordset!Status = 0
                    Intdata.Recordset.Update



                    If MobileData.Recordset!Q = 1 Then
                       CellData.Recordset.MoveFirst
                       CellData.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_Next & "')"
                       CellData.Recordset.Edit
                       CellData.Recordset!NoQ = CellData.Recordset!NoQ - 1
                       CellData.Recordset.Update
                    End If

                  MobileData.Recordset.Delete
                  RxDrop_No = RxDrop_No + 1
               Else
                  MobileData.Recordset.Edit
                  MobileData.Recordset!errmsg_rf = N_ErrMsg_RF
                  MobileData.Recordset.Update
               End If

            Else

               If MobileData.Recordset!errmsg_rf <> 0 Then
                  MobileData.Recordset.Edit
                  MobileData.Recordset!errmsg_rf = 0
                  MobileData.Recordset.Update
               End If

            End If

         MobileData.Recordset.MoveNext

         Loop

End Sub
'=========================================================================

'=========================================================================
Private Sub SIR_Delete()

   Dim Cell_current As String
   Dim CH_current As Integer


      If MobileData.Recordset.BOF = False Then

         MobileData.Recordset.MoveFirst
      End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Do While MobileData.Recordset.EOF = False


If MobileData.Recordset!rx_current - MobileData.Recordset!i <= SIR_Drop Or _
MobileData.Recordset!errmsg_I >= M_ErrMsg_I Then

    If MobileData.Recordset!errmsg_I >= M_ErrMsg_I Then
    Byerror = Byerror + 1
    ElseIf MobileData.Recordset!rx_current - MobileData.Recordset!i <= SIR_Drop
Then
    CI_Drop = CI_Drop + 1
    End If

    Cell_current = MobileData.Recordset!cellid
    CH_current = MobileData.Recordset!CH


    If CellData.Recordset.BOF <> True Then

      CellData.Recordset.MoveFirst

    End If

      CellData.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_current & "')"
      CellData.Recordset.Edit
      CellData.Recordset!usingCH = CellData.Recordset!usingCH - 1
      CellData.Recordset.Update


      Intdata.Recordset.FindFirst _
      "CellId = val('" & Cell_current & "') And CH = val('" & CH_current & "')"
      Intdata.Recordset.Edit
      Intdata.Recordset!Status = 0
      Intdata.Recordset.Update


      If MobileData.Recordset!Q = 1 Then
        CellData.Recordset.MoveFirst
        CellData.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_Next & "')"
        CellData.Recordset.Edit
        CellData.Recordset!NoQ = CellData.Recordset!NoQ - 1
        CellData.Recordset.Update
      End If

    MobileData.Recordset.Delete
    'RxDrop_No = RxDrop_No + 1
    IDrop_No = IDrop_No + 1


  End If

MobileData.Recordset.MoveNext

Loop

End Sub
'=====================================================================
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'=============================================================================
Private Sub Add_Int()

Dim i As Integer
Dim j As Integer

    For i = 1 To NoCell

      For j = 1 To Channel

      Intdata.Recordset.AddNew

      Intdata.Recordset!cellid = i
      Intdata.Recordset!CH = j
      Intdata.Recordset!i = 0
      Intdata.Recordset!Status = 0

      Intdata.Recordset.Update

      Next j

    Next i
End Sub
'=============================================================================


'=============================================================================
Private Sub Update_Int()

Dim Cell_current As Integer
Dim E_Co_Mobile As Double
Dim N_Co_Mobile As Double

Dim Interference As Double


  If Intdata.Recordset.BOF = False Then

      Intdata.Recordset.MoveFirst
  End If

    Do While Intdata.Recordset.EOF = False

      Cell_current = Intdata.Recordset!cellid

      CellData.Recordset.FindFirst "CellId = val('" & Cell_current & "')"

      N_Co_Mobile = CellData.Recordset!usingCH

      E_Co_Mobile = dBm_mobile * N * (N_Co_Mobile / Channel)

      Interference = E_Rx_lev - E_Co_Mobile
      Interference = Covert_W_to_dBm(Interference)


      Intdata.Recordset.Edit
      Intdata.Recordset!i = Interference - ChannelLog(Intdata.Recordset!cellid,
Intdata.Recordset!CH)
      Intdata.Recordset.Update
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 Intdata.Recordset.MoveNext

        Loop

End Sub
'=====================================================================

'=====================================================================
Sub FH_check()

   Dim Cell_current As Integer
   Dim CH_current As Integer
   Dim Reassign As Integer
   Dim iii As Integer

   Reassign = 0

     If MobileData.Recordset.BOF = False Then

         MobileData.Recordset.MoveFirst
     End If


       Do While MobileData.Recordset.EOF = False


          If MobileData.Recordset!rx_current - MobileData.Recordset!i <= SIR_Reassign
Then

             Cell_current = MobileData.Recordset!cellid
             CH_current = MobileData.Recordset!CH

              FHR_No = FHR_No + 1


             iii = 1
             Intdata.Recordset.MoveFirst

             Intdata.Recordset.FindFirst "cellid = val('" & Cell_current & "')and ch = val('" & iii
& "') "

             Do While Intdata.Recordset!cellid = Cell_current And iii <= Channel

                If Intdata.Recordset!Status = 0 And _
                MobileData.Recordset!rx_current - Intdata.Recordset!i >= SIR_Target Then

                   Intdata.Recordset.Edit
                   Intdata.Recordset!Status = 1
                   Intdata.Recordset.Update

                   MobileData.Recordset.Edit
                   MobileData.Recordset!CH = Intdata.Recordset!CH

                   Intdata.Recordset.FindFirst _
                   "cellid = val('" & Cell_current & "')and ch = val('" & CH_current & "') "

                   Intdata.Recordset.Edit
                   Intdata.Recordset!Status = 0
                   Intdata.Recordset.Update

                   If MobileData.Recordset!errmsg_I <> 0 Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MobileData.Recordset!errmsg_I = 0
                End If

                MobileData.Recordset.Update
                Reassign = 1
                FHS_No = FHS_No + 1
                Exit Do

            End If

            iii = iii + 1
            Intdata.Recordset.FindNext "cellid = val(" & Cell_current & ") and ch = val("
& iii & ")"

        Loop

        If Reassign = 0 Then

            N_ErrMsg_I = MobileData.Recordset!errmsg_I
            N_ErrMsg_I = N_ErrMsg_I + 1

            MobileData.Recordset.Edit
            MobileData.Recordset!errmsg_I = N_ErrMsg_I
            MobileData.Recordset.Update
            FHF_No = FHF_No + 1

        End If

    End If

    MobileData.Recordset.MoveNext
    Loop

End Sub
'=========================================================================

'=========================================================================
Sub Err_mgs_check()

Dim Cell_current As Integer
Dim CH_current As Integer
Dim iii As Integer
Dim N_ErrMsg_I As Integer


  If MobileData.Recordset.BOF = False Then

    MobileData.Recordset.MoveFirst
  End If


    Do While MobileData.Recordset.EOF = False


      If MobileData.Recordset!rx_current - MobileData.Recordset!i <= SIR_Reassign
Then

        N_ErrMsg_I = MobileData.Recordset!errmsg_I
        N_ErrMsg_I = N_ErrMsg_I + 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MobileData.Recordset.Edit
                MobileData.Recordset!errmsg_I = N_ErrMsg_I
                MobileData.Recordset.Update

        Else
                MobileData.Recordset.Edit
                If MobileData.Recordset!errmsg_I > 0 Then
                MobileData.Recordset!errmsg_I = MobileData.Recordset!errmsg_I - 1
                End If
                MobileData.Recordset.Update

        End If

    MobileData.Recordset.MoveNext
    Loop
End Sub
'================================================================================

'End Simulation code
```

+

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ข้อมูลลักษณะของช่องสัญญาณการติดต่อ

ลักษณะทางตรรกวิทยาแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ

1. Traffic channel (TCH) เป็นช่องสัญญาณที่ใช้ในการส่งสัญญาณเสียงและข้อมูลสามารถแบ่งออกเป็นชนิดได้ดังนี้

1.1 Full rate

TCH/FS:	Speech (13 kbit/s net, 22.8kbit/s gross)	
TCH/EFR:	Speech (12.2 kbit/s net, 22.8kbit/s gross)	
	TCH/F9.6:	9.6 kbit/s – data
	TCH/F4.8:	4.8 kbit/s – data
	TCH/F2.4:	2.4 kbit/s - data

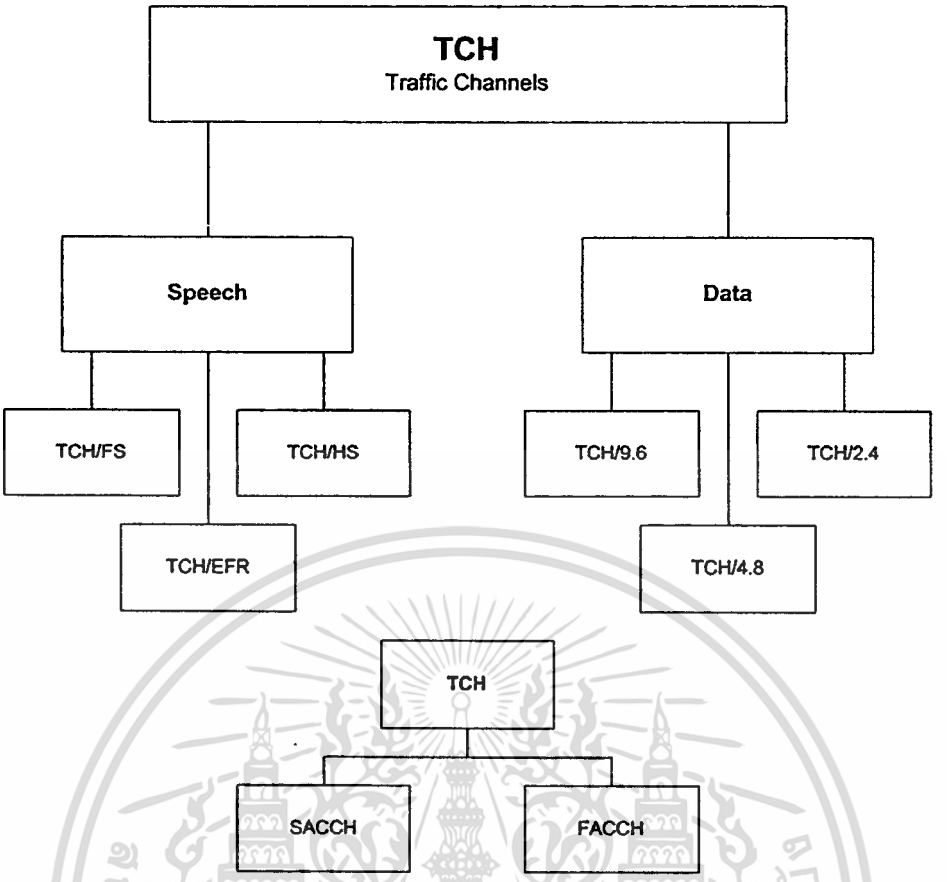
1.2 Half rate

TCH/HS:	Speech (6.5 kbit/s net, 11.4 kbit/s gross)	
	TCH/F4.8:	4.8 kbit/s – data
	TCH/F2.4:	2.4 kbit/s - data

ชื่อย่อ:

TCH	Traffic Channel
TCH/FS	Full rate speech channel
TCH/EFR	Enhanced full rate speech
TCH/HS	Half rate speech channel
TCH/9.6	Data Channel 9.6 kbit/s
TCH/4.8	Data Channel 4.8 kbit/s
TCH/2.4	Data Channel 2.4 kbit/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2. Control channel (CCH) สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้ดังนี้ Broadcast Control Channel (BCCH), Common Control Channel (CCCH) และ Dedicated Control Channel (DCCH)

2.1 กลุ่ม BCCH

Broadcast Control Channel เป็นการส่งข้อมูลจากสถานีฐานไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ ประกอบไปด้วย

2.1.1. BCCH ใช้ส่งข้อมูลเกี่ยวกับระบบ ข้อมูลของสถานีฐานที่ให้บริการอยู่ และสถานีฐานข้างเคียง

2.1.2. Synchronizing Channel (SCH) ใช้ส่งข้อมูลเกี่ยวกับระยะเวลาในการเริ่มส่งข้อมูลของช่องสัญญาณระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่และสถานีฐาน

2.1.3. Frequency Control Channel (FCCH) ใช้ส่งข้อมูลเกี่ยวกับการตรวจสอบความถี่ที่ใช้อยู่ระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่และสถานีฐานว่าถูกต้องตรงกันหรือไม่

2.2 กลุ่ม CCCH

เป็นการส่งข้อมูลจากสถานีฐานไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ และจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปยังสถานีฐาน ประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1. Random Access Channel (RACH) ใช้ส่งข้อมูลเมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่ขอเข้าใช้ระบบเป็นครั้งแรก

2.2.2. Paging Channel (PCH) และ Access Granted Channel (AGCH) ใช้ส่งข้อมูลจากสถานีฐานไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่

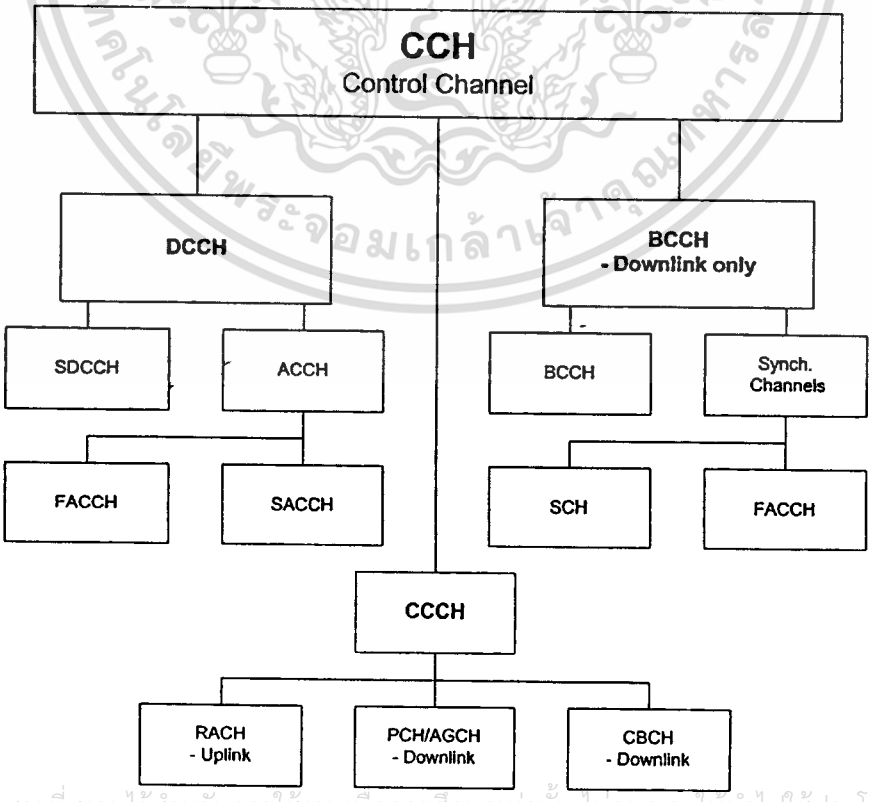
2.2.3. Cell Broadcast Channel (CBCH) ใช้ส่งข้อมูลเกี่ยวกับพื้นฐานของสถานีฐานให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ทุกๆเครื่องที่อยู่ใช้สถานีฐานนั้นๆอยู่

2.3 กลุ่ม DCCH

เป็นช่องสัญญาณที่จัดให้โทรศัพท์เคลื่อนที่เครื่องใดเครื่องหนึ่งส่งข้อมูลระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่และสถานีฐาน ในการขอเรียกเข้าสู่ระบบหรือทำการแฮนด์โอเวอร์ ประกอบไปด้วย

2.3.1. Stand-alone Dedicated Control Channel (SDCCH) เป็นช่องสัญญาณที่ใช้ส่งข้อมูลติดต่อสื่อสารกันระหว่างสถานีฐานกับโทรศัพท์เคลื่อนที่

2.3.2. Associated Control Channel (ACCH) ประกอบไปด้วย Slow ACCH ใช้ในการส่งข้อมูลกำลังสัญญาณที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่วัดได้ไปยังสถานีฐาน (Measurement report) และค่า Power control ที่ใช้ Fast ACCH ใช้ในการส่งข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์ต่างๆไปยังสถานีฐาน เช่น การขอแฮนด์โอเวอร์

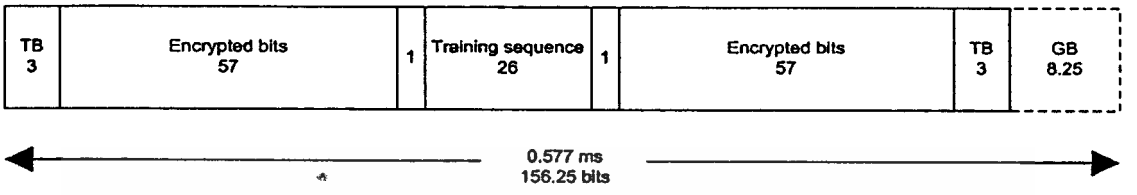


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางกายภาพแบ่งออกได้เป็น 4 แบบคือ

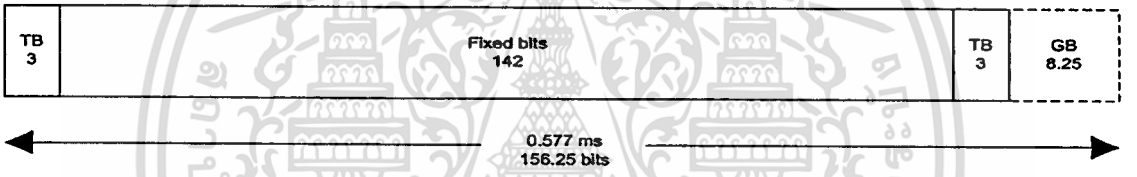
1. Normal burst ใช้ในการส่งข้อมูล Traffic channel และ Control channel ยกเว้นการส่งข้อมูลบน RACH, SCH และ FCCH

Normal burst (NB)



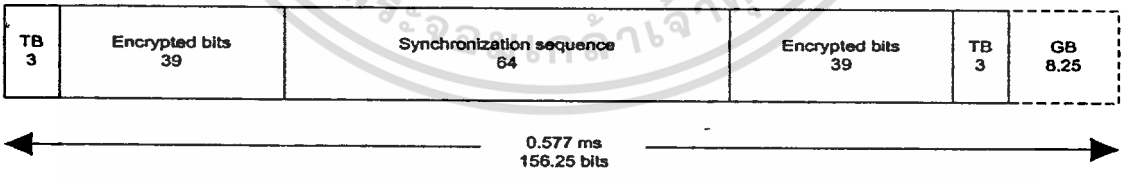
2. Frequency correction burst ใช้ในการตรวจสอบความถี่ที่ใช้อยู่ระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่และสถานีฐานว่าใช้ได้ถูกต้องตรงกันหรือไม่ (FCCH)

Frequency correction burst (FB)



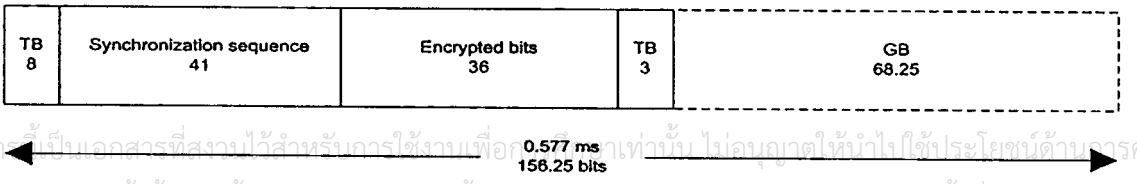
3. Synchronization burst ใช้ในการตรวจสอบระยะเวลาในการเริ่มส่งข้อมูลของช่องสัญญาณระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่และสถานีฐานว่าใช้ได้ถูกต้องตรงกันหรือไม่ (SCH)

Synchronization burst (SB)



4. Access burst ใช้เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่จะเข้ามาสู่ระบบเป็นครั้งแรก หรือหลังจากแฮนด์โอเวอร์เข้าไปสู่สถานีฐานแห่งใหม่ (RACH)

Access burst (AB)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

บทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์และได้รับการตีพิมพ์

เอกกร ภูมิสีธนา, พูลพล คูห์วัฒนศิลป์, สุวิพล สิทธิชีวภาค, เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์. 2545. "การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบมีการจัดลำดับสิทธิ การใช้ช่องสัญญาณบนทางหลวงในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่" หน้า 55-59. **ใน การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 25 (EECON-25).** สงขลา : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดสรรช่องสัญญาณอาวรแบบมีการจัดลำดับสิทธิ การใช้ช่องสัญญาณบนทางหลวงในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

Fixed Frequency Channel Allocation with Priority Queue on Highway Mobile Cellular

เอกกร ภูมิสิงขา พูลพล คูน์วัฒนศิริ ฤวิพล สิทธิชีวภาค เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทร/โทรสาร: (02)737-3000 ต่อ 5028 E-mail: kssuvepo@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่ใช้บริการช่องสัญญาณหยุดออกจากการใช้บริการ ในขณะที่มีการแฮนด์โอเวอร์ เมื่อมีการเปลี่ยนสถานะของสถานีฐานที่เกิดขึ้นบนทางหลวง โดยอาศัยการให้สิทธิและการรอคิวใช้ช่องสัญญาณในการแฮนด์โอเวอร์ แนวคิดที่ว่าพลล์จะมีการซ้อนทับกันอยู่ ซึ่งช่วงเวลานี้สามารถให้โทรการรอเพื่อทำการของเชื่อมต่อวงจรสู่การใช้บริการแทนได้ โดยกลยุทธ์ที่นำมาใช้ในการออกแบบ โปรแกรมจำลองการทำงานของระบบนั้นคล้ายคลึงกับความเป็นจริง กล่าวคือความเร็วของโทรศัพท์เคลื่อนที่ การลดทอนกำลังสัญญาณที่เกิดจากระยะทาง (Path loss) และการลดทอนกำลังสัญญาณที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม (Shadow Fading) ได้นำมาใช้ในการตัดสินใจของโปรแกรมครอบคลุม การวิเคราะห์ผลจากวิธีการคณิตศาสตร์ตรงตามกับวิธีการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานของระบบ และทำการเปรียบเทียบกับวิธีการดั้งเดิมที่ไม่มีลำดับสิทธิและการรอ

Abstract

This paper presents a method, which can be used to solve channel interruption relay handover between communication cells on highway mobile cellular. This method uses priority and queuing channel in handover. The idea is the moment time of cell overlap which can be used for waiting channel connection in new cell. An algorithm which is designed for the working systems simulation program is similar to reality. The program uses velocity of mobile, path loss and Shadow fading to make the decision. All results were analyzed by using the mathematics method with working systems simulation program and compare the results with the original method which has not the priority and queuing.

1. บทนำ

การแฮนด์โอเวอร์เพื่อเปลี่ยนสถานะช่องสัญญาณ ไปยังสถานีฐานข้างเคียงบนทางหลวงในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นสิ่งที่สำคัญ เนื่องจากเครื่องลูกข่ายในการติดต่อสื่อสารนั้นไม่ได้อยู่กับที่ มีการเคลื่อนที่ไปตลอดเวลาด้วยความเร็วที่แตกต่างกันตามยานพาหนะ เครื่องลูกข่ายที่อยู่บนทางหลวงจะมีอัตราความเร็วในการเคลื่อนที่สูง เป็นผลให้มีการแฮนด์โอเวอร์สูงตามไปด้วย ซึ่งในการติดต่อสื่อสารแต่ละครั้งที่เกิดขึ้นจะมีการแฮนด์โอเวอร์เกิดขึ้นหรือไม่ ขึ้นอยู่กับปัจจัยของ ความเร็ว ทิศทางของยานพาหนะ และตำแหน่งเริ่มต้นภายในพลล์ที่ทำการเข้าใช้บริการระบบสื่อสาร การแฮนด์โอเวอร์ที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้โทรเครื่องลูกข่ายหลุดออกจากระบบ ซึ่งจำนวนของเครื่องลูกข่ายที่หลุดออกจากระบบในขณะทำการติดต่อสื่อสารอยู่ นั้นที่หลุดจากระบบเนื่องจากการขอแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบมากกว่าเครื่องลูกข่ายที่เรียกเข้าใช้ระบบครั้งใหม่ไม่สำเร็จ

จากการศึกษางานวิจัยก่อนหน้านี้ [1,2] การจัดลำดับสิทธิในการรอคิวเครื่องลูกข่ายจะไม่มีการคำนึงถึงระยะเวลาและจำนวนเครื่องลูกข่ายที่อยู่ในคิว และมีการนำโปรแกรมจำลองการทำงานของระบบมาคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ แต่ไม่มีการนำผลของการคำนวณเปรียบเทียบกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์

ในบทความนี้ได้นำการศึกษาการจัดสิทธิในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ โดยกำหนดระยะเวลาสูงสุดในการรอคิวและจำนวนเครื่องลูกข่ายที่อยู่ในคิวของระบบที่แน่นอน ซึ่งในความเป็นจริงเครื่องลูกข่ายไปรายการรอยู่ในคิวได้เป็นเวลานาน เพราะอาจจะหลุดออกจากระบบไปก่อน เนื่องจากระดับความเข้มของสัญญาณไม่เพียงพอ และได้นำค่าความเร็วของเครื่องลูกข่าย การลดทอนกำลังสัญญาณที่เกิดจากระยะทาง (Path Loss) และการลดทอนกำลังสัญญาณที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม (Shadow Fading) มาใช้ในการตัดสินใจของโปรแกรมจำลองการทำงานของระบบ จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบที่มีกลไกการจัดสรรช่องสัญญาณที่ต่างกัน โดยจะนำค่าความน่าจะเป็นของการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ และค่าความน่าจะเป็นของเครื่องลูกข่ายที่เรียกเข้าใหม่ไม่สำเร็จมาพิจารณา

2. โมเดลและเงื่อนไขการวิเคราะห์ระบบ

บทความนี้ได้กำหนดปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่อระบบและค่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อระบบไว้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เครื่องลูกข่ายที่เกิดขึ้นใหม่ในระบบ จะใช้ช่องสัญญาณที่มีค่าความเข้มของสัญญาณ เพียงพอที่จะทำการติดต่อสื่อสารได้ คือมากกว่าที่ระบบยอมรับ [1]

2. เครื่องลูกข่ายจะหลุดออกจากระบบ มีสองกรณี คือ เมื่อค่าความเข้มของสัญญาณที่ได้รับมีค่าต่ำกว่าค่าความเข้มต่ำสุดที่ระบบยอมรับ และเมื่อไม่มีช่องสัญญาณเพียงพอให้ใช้การติดต่อสื่อสารต่อไป [1]

3. เครื่องลูกข่ายจะทำการแฮนด์โอเวอร์ในกรณีที่ความเข้มของสัญญาณจากเซลล์ข้างเคียง มีค่ามากกว่าความเข้มของสัญญาณจากเซลล์ที่ให้บริการอยู่ 5dBm หรือ ที่ความเข้มของสัญญาณน้อยกว่า -100dBm และอยู่ในบริเวณที่เซลล์ข้างเคียงทับกันอยู่เท่านั้น

4. ห้าม Multipath Fading ไม่ได้นำมาพิจารณาในระบบ [2]

5. เครื่องลูกข่ายจะเคลื่อนที่ข้ามเซลล์ด้วยความเร็วคงที่ โดยเป็นค่าที่เกิดจากการสุ่มเท่า

6. เครื่องลูกข่ายทุกเครื่อง จะมีจำนวนหน่วยบริการที่อยู่ภายในเซลล์และทิศทางของการเคลื่อนที่ ไม่พิจารณาจากความหนาแน่นของประชากร

7. สถานีฐานเรียงตัวไปตามความยาวของถนน และใช้สายอากาศแบบตระหง่านสัญญาณรอบทิศทาง (Omnidirectional Antennas) [3]

8. กรณีที่การเรียกเข้าในระบบของเครื่องลูกข่ายทั้งที่เรียกเข้าครั้งใหม่ มีลักษณะการแจกแจงแบบปัวซ์ซง (Poisson) [1]

9. ระยะเวลาที่เครื่องลูกข่ายใช้บริการช่องสัญญาณมีรูปแบบการแจกแจงแบบเอ็กโปเนนเชี่ยล (Exponential Distribution) [1-3]

10. รูปแบบของการจัดสรรช่องสัญญาณความถี่แบบมีการรอคิวนั้น มีลักษณะคิวแบบ M/M/C/K (M:กระบวนการเรียกเข้ามีการแจกแจงแบบปัวซ์ซง/M:เวลาการใช้บริการมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล/C:จำนวนช่องสัญญาณย่อยเซลล์/K:จำนวนการใช้บริการที่อยู่ในคิวของระบบ) [4] โมเดลมาร์คอฟสำหรับการจัดสรรช่องสัญญาณความถี่แบบมีการรอคิวนั้นจะมีลักษณะดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 โมเดลมาร์คอฟสำหรับการจัดสรรช่องสัญญาณความถี่แบบมีการรอคิว

โดยที่

λ คือ อัตราเครื่องลูกข่ายที่เรียกเข้าครั้งใหม่ที่เข้ามาในระบบ

η_h คือ อัตราเครื่องลูกข่ายที่แฮนด์โอเวอร์ที่เข้ามาในระบบ

μ คือ ส่วนกลับของระยะเวลาการใช้ช่องสัญญาณของการเรียกเข้าครั้งใหม่และการแฮนด์โอเวอร์

μ_w คือ ส่วนกลับของระยะเวลาของการรอสูงสุดมีค่าเท่ากับ $w\mu_w$

ซึ่งสามารถแบ่งช่วงของ λ_n และ μ_n ได้ตามสมการที่ (1)

$$\lambda_n = \begin{cases} \lambda + \eta_h & (0 \le n \le c-1) \\ \eta_h & (c \le n \le c+k) \\ 0 & (n > c+k) \end{cases}$$

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu & (0 \le n \le c-1) \\ c\mu + (n-c)\mu_w & (c \le n \le c+k) \end{cases} \quad (1)$$

สำหรับระบบที่มีการรอคิวจำกัดซึ่งมีจำนวนการเข้าคิว K และ $\mu_n = n\mu_w$ ดังนั้นสมการความน่าจะเป็นของสถานะที่ n สามารถหาได้จากสมการที่ (2)

$$P_n = \begin{cases} \dfrac{(\lambda+\eta_h)^n P_0}{n!\,\mu^n} & (0 \le n \le c) \\ \dfrac{(\lambda+\eta_h)^n \eta_h^{n-c} P_0}{c!\,\mu^c \prod_{M=1}^{n-c}(c\mu + M\mu_w)} & (c \le n \le c+k) \end{cases} \quad (2)$$

จากเงื่อนไขของผลรวมของความน่าจะเป็นในสมการที่(2) ทำให้สามารถหาค่า P_0 ได้จาก สมการที่(3)

$$P_0 = \left[\sum_{n=0}^{c-1} \left(\frac{(\lambda+\eta_h)^n}{n!\,\mu^n} \right) + \sum_{n=c}^{c+k} \left(\frac{(\lambda+\eta_h)^n \eta_h^{n-c}}{c!\,\mu^c \prod_{M=1}^{n-c}(c\mu + M\mu_w)} \right) \right]^{-1} \quad (3)$$

ค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกเข้าใหม่จะถูกบล็อก (Blocking Probability New Call Arrival) เมื่อไม่มีช่องสัญญาณว่าง ณ สถานะที่ $c \le n \le c+k$ สามารถหาได้จาก สมการที่ (4)

$$P_{bc} = \sum_{n=c}^{c+k} P_n \quad (4)$$

สำหรับความน่าจะเป็นที่การแฮนด์โอเวอร์จะถูกบล็อกเมื่อการแฮนด์โอเวอร์นั้นอยู่ในสถานะที่ n และลักษณะการบริการคิวของการแฮนด์โอเวอร์นี้จะเป็นแบบ Fisrt In Fisrt Out แล้วจะสรุปได้ว่า

ถ้า $0 \le n \le c-1$ การแฮนด์โอเวอร์จะได้รับการบริการทันทีและไม่มีการบล็อก

ถ้า $c \le n \le c+k$ การแฮนด์โอเวอร์จะเข้าคิวรอรับบริการและจะบล็อกก็ต่อเมื่อระยะเวลาในการรอบริการ ($t_{__}$) เราจะกำหนดให้ค่าความน่าจะเป็นที่การแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ ณ สถานะที่ n คือ P_{fn} ดังสมการที่ (5)

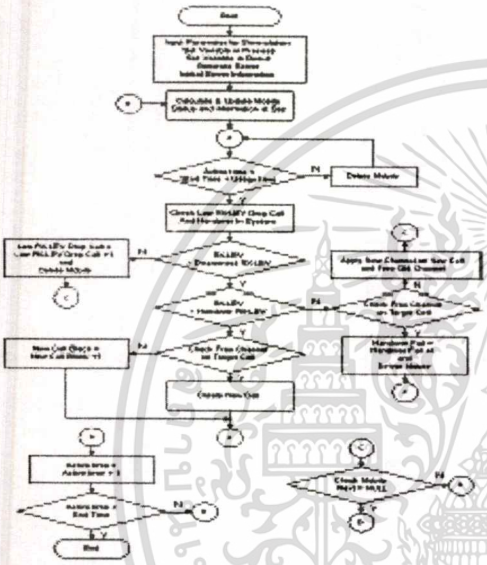
$$P_{bh} = \sum_{n=c}^{c+k} P_{fn|n} P_n \quad (5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CM

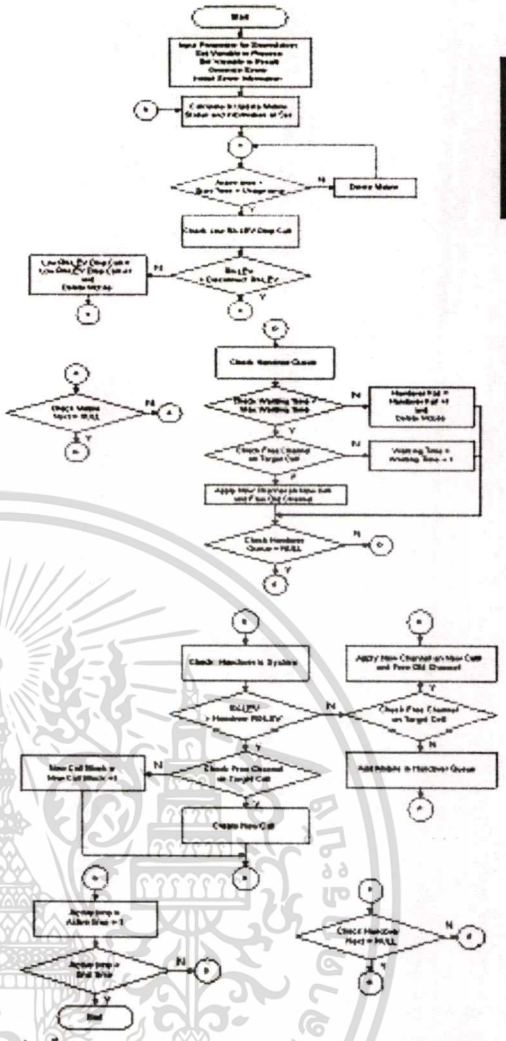
3. โปรแกรมจำลองการทำงานของระบบ

โปรแกรมจำลองการทำงานของระบบได้พัฒนาจาก Microsoft Visual Basic 6.0 โดยการทำงานของโปรแกรมจำลองระบบนั้น ได้แบ่งแยกหลังการตัดสินใจการทำงานของระบบออกเป็นสองแบบ แบบแรก คือการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไม่มีคิวและไม่มีการจัดลำดับสิทธิในการขอใช้ช่องสัญญาณ ซึ่งเครื่องถูกข่ายที่รีเซตซ้ำครั้งใหม่และเครื่องที่จอนสมด์โดยอัตโนมัติจะมีสิทธิในการขอใช้ช่องสัญญาณเท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 2 ส่วนแบบที่สอง คือการจัดสรรช่องสัญญาณแบบมีการรอคิว และการจัดลำดับสิทธิในการขอใช้ช่องสัญญาณ ซึ่งเครื่องถูกข่ายที่จอนสมด์โดยอัตโนมัติจะมีสิทธิในการใช้ช่องสัญญาณก่อนเครื่องถูกข่ายที่เรียกเข้าใหม่ และมีสิทธิในการรอคู่ในคิว โดยมีระยะเวลาสูงสุดเท่า T_{max} เมื่อจำนวนเครื่องถูกข่ายที่อยู่ในคิวของระบบไปเกินที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4



รูปที่ 2 ขั้นตอนการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไม่มีการรอคิว และการจัดลำดับสิทธิในการขอใช้ช่องสัญญาณ

รูปที่ 3 รูปแบบการจัดสรรช่องสัญญาณแบบมีการรอคิว และการจัดลำดับสิทธิในการขอใช้ช่องสัญญาณ



รูปที่ 4 ขั้นตอนการจัดสรรช่องสัญญาณแบบมีการรอคิว และการจัดลำดับสิทธิในการขอใช้ช่องสัญญาณ

การกำหนดค่าปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อระบบในโปรแกรมจำลองการทำงาน มีค่าดังนี้ Grade Of Service (GOS) เท่ากับ 2%, เวลาที่ผู้ใช้บริการใช้บริการโดยเฉลี่ยเท่ากับ 120 วินาที, จำนวนความถี่ของช่องสัญญาณที่ใช้เท่ากับ 1800 MHz, จำนวนช่องสัญญาณในแต่ละเซลล์ เท่ากับ 10 ช่อง, เซลล์ที่ให้บริการทั้งหมดในระบบเท่ากับ 10 เซลล์, เส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์เท่ากับ 3000 เมตร, ระยะซ้อนทับระหว่างเซลล์เท่ากับ 200 เมตร, ค่าลดทอนของสัญญาณที่เกิดขึ้นจากสิ่งแวดล้อม (Shadow Fading) เท่ากับ 0-15 dB, ระดับความเข้มสัญญาณที่เครื่องถูกข่ายจะขอทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแฮนด์โอเวอร์ที่ค่า -100 dBm หรือขอบข้างเคียงประดับความเข้มของสัญญาณมากกว่าเซลล์ที่ให้บริการ 5 dBm และ ระดับความเข้มสัญญาณต่ำสุดที่ระบบยอมรับที่ค่า -105 dBm ความสูงของสายอากาศสถานีฐานเท่ากับ 30 เมตร ความสูงของสายอากาศเครื่องลูกข่ายเท่ากับ 1.5 เมตร และเป็นระบบที่ใช้คู่สายได้สื่อแวดล้อมแบบในเมืองหนาแน่น

คำนวณทอนสัญญาณที่เกิดขึ้นจากระยะทางมีผลต่อระบบโดยคำนวณได้จากสมการที่ (6) ซึ่งเป็นแบบการ COST231-Hata Model [5] เป็นโมเดลที่ใช้ในการคำนวณคำนวณทอนสัญญาณที่เกิดขึ้นในย่านความถี่ 1500-2000 MHz

Carrier Frequency (f_c)	1800 MHz
Base station Antenna Height(h_b)	30 m.
Mobile station Height (h_m)	1.5 m.
Transmission Distance (d)	1-20 km.

$$L_b\ (dB) = A + B \log_{10}(d) + C \qquad (6)$$

โดยที่

$A = 46.3 + 33.9 \log_{10}(f_c) - 13.28 \log_{10}(h_b) - 3.2[\log_{10}(11.75h_m)]^2 - 4.97$

$B = 44.9 - 6.55\log_{10}(h_b)$

$C = 0$ เมื่อเป็นสื่งแวดล้อมแบบชานเมือง

$= 3$ เมื่อเป็นสื่งแวดล้อมแบบในเมืองหนาแน่น

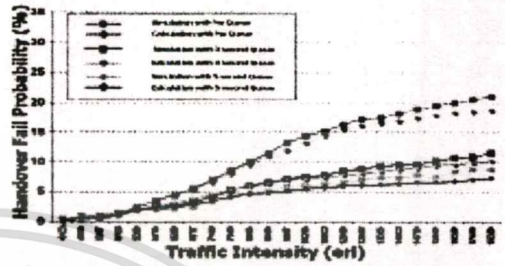
4. ผลการวิเคราะห์

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมจำลองการทำงานได้แสดงค่าความหนาแน่นของทราฟฟิก (Traffic Intensity) มีหน่วยเป็น Erlang ค่าความน่าจะเป็นที่การแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ (Handover Fail Probability) หาได้จากจำนวนการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จต่อจำนวนของการขอแฮนด์โอเวอร์ทั้งหมด และค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องลูกข่ายเข้าใช้ระบบไม่สำเร็จ (New Call Block Probability) หาได้จากจำนวนของเครื่องลูกข่ายทั้งหมดที่เข้าใช้ระบบไม่สำเร็จต่อจำนวนของเครื่องลูกข่ายที่ขอเข้าใช้ระบบทั้งหมด

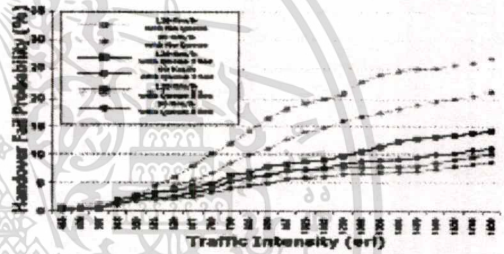
จากกราฟรูปที่ 5 ได้ทำการเปรียบเทียบผลจากการคำนวณตามสมการที่ 5 กับผลที่ได้จากการจำลองการทำงาน เพื่อหาค่าความน่าจะเป็นของเครื่องลูกข่ายที่ขอแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ พบว่ากราฟแสดงค่าใกล้เคียงกันระหว่างผลจากการคำนวณเทียบกับผลจากการจำลองการทำงาน แสดงว่าโปรแกรมจำลองการทำงานให้ผลค่อนข้างแม่นยำ แต่ผลที่ได้จากการจำลองการทำงานมีค่าความน่าจะเป็นของเครื่องลูกข่ายที่ขอแฮนด์โอเวอร์ไปสำเร็จมากกว่าผลที่ได้จากการคำนวณเพราะมีการนำปัจจัยที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมมาทำการคำนวณด้วย

จากกราฟรูปที่ 6 แสดงผลค่าความน่าจะเป็นของเครื่องลูกข่ายที่ขอแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ พบว่าการให้ลำดับและการรอคิวให้ช่องสัญญาณของการขอแฮนด์โอเวอร์ ช่วยลดค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องลูกข่ายทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จให้มีค่าต่ำลง และเมื่อพิจารณาค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องลูกข่ายทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จในระบบที่มีความเร็วเฉลี่ยของเครื่องลูกข่ายต่างกันจะพบว่าระบบที่เครื่องลูกข่ายมีความเร็วเฉลี่ยสูงมีค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องลูกข่ายทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จสูงกว่าระบบที่เครื่องลูกข่ายมีความเร็วเฉลี่ยต่ำ

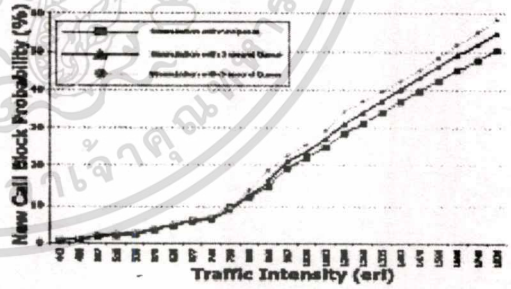
จากกราฟรูปที่ 7 เมื่อพิจารณาค่าความน่าจะเป็นของเครื่องลูกข่ายที่เรียกเข้าใหม่ไม่สำเร็จ จะพบว่าระบบที่ให้ระยะเวลาในการรอคิวสูงขึ้นมีผลให้ค่าความน่าจะเป็นของเครื่องลูกข่ายที่เรียกเข้าใหม่ไม่สำเร็จสูงขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 5 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของเครื่องลูกข่ายที่ขอแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จจากการคำนวณเทียบกับผลของการจำลองการทำงานจากโปรแกรม จะสังเกตเครื่องลูกข่ายเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย 90 Km/h



รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของเครื่องลูกข่ายที่ขอแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ เมื่อให้ระยะเวลาในการรอคิวและความเร็วเฉลี่ยของเครื่องลูกข่ายที่แตกต่างกัน



รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของเครื่องลูกข่ายที่เรียกเข้าใหม่ไม่สำเร็จ เมื่อระบบให้ระยะเวลาในการรอคิวที่แตกต่างกัน ในขณะที่ความเร็วเฉลี่ย 90 Km/h

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาโพรทัพท์เคลื่อนที่ ที่ใช้บริการช่องสัญญาณหลุดออกจากการใช้บริการโพรเซสที่มีการแฮนด์โอเวอร์เปลี่ยนสถานีเซลล์ของสถานีฐาน โดยใช้กฎที่การพิจารณาค่าความน่าจะเป็นของเครื่องลูกข่ายที่หลุดออกจากระบบในขณะทำการติดต่อสื่อสารอยู่เนื่องจากเครื่องลูกข่ายทำการแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ และค่าความน่าจะเป็นของเครื่องลูกข่ายที่เรียกเข้าใหม่ไม่สำเร็จบริการจะพบว่าเมื่อเราพิจารณาถึงผลที่ได้จากโปรแกรมการจำลองการทำงาน จะเห็นได้ว่าในกราฟรูปที่ 5 และ 6 การให้สิทธิและการรอคิวใช้ช่องสัญญาณของการแฮนด์โอเวอร์ ช่วยให้ค่าความน่าจะเป็นของเครื่องลูกข่ายที่ขอแฮนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จในระบบลดลงอย่างมาก แต่การไม่มีสิทธิและการรอคิวใช้ช่องสัญญาณแก่การแฮนด์โอเวอร์นั้น มีผลโดยตรงกับเครื่องลูกข่ายที่ขอเรียกเข้าระบบใหม่ ดังจะเห็นได้ดังกราฟรูปที่ 7 ว่าค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องลูกข่ายที่เรียกเข้าใหม่ไปสำเร็จนั้นมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากเครื่องลูกข่ายที่เรียกเข้าใหม่นั้น ไม่มีสิทธิในการรอคิวและที่ช่องสัญญาณเต็มอยู่ จึงทำให้เครื่องลูกข่ายที่เรียกเข้าใหม่ตกไปหรือเรียกเข้าระบบไม่สำเร็จ

จึงสรุปได้ว่าผลการให้สิทธิและการรอคิวใช้ช่องสัญญาณของการแฮนด์โอเวอร์ ช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพในการแฮนด์โอเวอร์ดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Senarath, G.N., Everist, D. 1995. "Performance of handover priority and queuing systems under different handover request strategies." IEEE 45th Vehicular Technology Conference. 2 : 897-901

[2] Hong, D. and Rappaport, S.S. 1986. "Traffic Model and Performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone Systems with Prioritized and Non Prioritized Handoff Procedures" IEEE Transaction on Vehicular Technology. 35(3) : 77-92.

[3] Andersin, M., Prodigh, M. and Sunell, K.E. 1998. "Distributed Radio Resource Allocation in Highway Microcellular Systems". 117-132. In Wireless Information Networks. Architecture.

[4] Hillier and Lieberman. 2001. Introduction to Operation Research. 7th Edition. New York : Mcgraw – Hill International Editions

[5] Dayem, R. A. 1997. PCS and Digital Cellular Technologies. Prentice Hall

นเรศ ภูมิสิริธนา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วศ.บ. (ไฟฟ้า) จากมหาวิทยาลัยมหิดล ปี 2543 ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาโททางด้านโทรคมนาคมอยู่ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง งานวิจัยที่สนใจเกี่ยวข้องทางด้านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่และการสื่อสารไร้สาย

ชูเกียรติ ลูกัวัฒนศิลป์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วศ.บ.(โทรคมนาคม) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปี 2545 ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาโททางด้านโทรคมนาคมอยู่ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง งานวิจัยที่สนใจที่เกี่ยวข้องทางด้านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่และการสื่อสารไร้สาย

สุวิทย สิทธิชีวกาล สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วศ.บ.(เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง)จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีพ.ศ.2525 ปริญญาโท M.Eng. จากมหาวิทยาลัยโอซาก้าปีพ.ศ.2530 และปริญญาเอก Ph.D. จากมหาวิทยาลัยโกเบปีพ.ศ.2534 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านการส่งสัญญาณในระบบดิจิตอลผ่านสภาวะช่องสัญญาณรูปแบบต่าง ๆ การออกแบบและวิเคราะห์การทำงานระบบสื่อสารแบบปิดาสและไร้สาย

เกรียงไกร วงศ์ไรชน์กรณ์ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวศ.บ.จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีพ.ศ.2523 และปริญญาโท M.Eng. จากมหาวิทยาลัยโอไฮโอ ปีพ.ศ.2526 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านการส่งสัญญาณในระบบดิจิตอลผ่านสภาวะช่องสัญญาณรูปแบบต่าง ๆ การออกแบบและวิเคราะห์การทำงานระบบสื่อสารแบบปิดาสและไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาย เอกกร ภูมิสีธนา เกิดวันที่ 21 ธันวาคม 2521 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต วศ.บ. (ไฟฟ้า) จากมหาวิทยาลัยมหิดล ปี 2543

ปี พ.ศ. 2544 ถึง ปัจจุบัน ร่วมงานกับบริษัท TA Orange จำกัด ในตำแหน่ง RF Engineer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้