รูปแบบกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามเพื่อลดการส่งสัญญาณติดตามที่ต้องใช้ในเครือข่ายเซลลูล่าร์

A GROUP PAGING SCHEME FOR REDUCING PAGING COST IN CELLULAR NETWORKS

สมเกียรติ แดงเอี่ยมเอก

SOMKEAT DANGIUMEAK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2547

ISBN 974-9708-01-6

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รูปแบบกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามเพื่อลดการส่งสัญญาณติดตามที่ต้องใช้ในเครือข่ายเซลลูล่าร์

A GROUP PAGING SCHEME FOR REDUCING PAGING COST IN CELLULAR NETWORKS

T 0 5 1 8 3 6

สมเกียรติ แดงเอี่ยมเอก

SOMKEAT DANGIUMEAK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2547

ISBN 974 - 9708 - 01 - 6

เลขหมู่.................................
เลขทะเบียน 51836
วัน,เดือน,ปี 30 ก.ค. 2547

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

A GROUP PAGING SCHEME FOR REDUCING PAGING COST IN CELLULAR NETWORKS

SOMKEAT DANGIUMEAK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2004

ISBN 974 - 9708 - 01 - 6

COPYRIGHT 2004

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ รูปแบบกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามเพื่อลดการส่งสัญญาณติดตามที่ต้องใช้ในเครือข่ายเซลลูล่าร์

A GROUP PAGING SCHEME FOR REDUCING PAGING COST IN CELLULAR NETWORKS

ชื่อนักศึกษา นายสมเกียรติ แดงเอี่ยมเอก

รหัสประจำตัว 43061070

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.สุทธิชัย นพนาคีพงษ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.สมยศ	จุณณะปิยะ	
รศ.ดร.สุวิพล	สิทธิชีวภาค	
รศ.ดร.กอบชัย	เดชหาญ	
ผศ.อภินันท์	มัณยานนท์	
ผศ.ดร.สุทธิชัย	นพนาคีพงษ์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 23 เมษายน 2547 เวลา 10.30-12.30 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร 12 ชั้น ชั้น 4 (ห้อง E12-404)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(ผศ.ดร.จารุวัตร เจริญสุข)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....25.......**เดือน**.....พฤษภาคม.....**พ.ศ.**...2547...

หัวข้อวิทยานิพนธ์	รูปแบบกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามเพื่อลดการส่งสัญญาณติดตามที่ต้องใช้ในเครือข่ายเซลลูล่าร์
นักศึกษา	นาย สมเกียรติ แดงเอี่ยมเอก
รหัสประจำตัว	43061070
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2547
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาคีพงษ์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้กล่าวเกี่ยวกับกลวิธีการติดตามโทรศัพท์เคลื่อนที่รูปแบบใหม่โดยการแบ่งเซลออกเป็นกลุ่มบนพื้นฐานของการอ้างอิงตำแหน่งที่ตั้งและการอ้างอิงตำแหน่งใหม่ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับรูปแบบที่มีใช้อยู่เดิมแล้วรูปแบบใหม่นี้ช่วยลดการส่งสัญญาณติดตามที่ต้องใช้ลงแต่ก็ได้เพิ่มสิ่งที่ต้องเสียไปในการอ้างอิงตำแหน่งกลุ่มใหม่ขึ้นมาด้วยซึ่งพฤติกรรมนี้เป็นการแจ้งตำแหน่งเมื่อมีการเปลี่ยนกลุ่ม รูปแบบที่นำเสนอนี้พิจารณาจากพฤติกรรมของการใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ส่วนมากที่มีการเคลื่อนที่ภายในกลุ่มเซลไม่กี่เซลจึงได้ทำการแบ่งการติดตามของกลุ่มเซลนี้ออกจากกลุ่มเซลอ้างอิงตำแหน่งทั้งหมดเพื่อลดภาระในการส่งสัญญาณติดตามซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าการส่งสัญญาณติดตามจะแบ่งเป็นสองส่วนจากกัน ดังนั้นการส่งสัญญาณติดตามก็จะลดลงอย่างเห็นได้ชัดทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนเซลที่อยู่ภายในกลุ่มรวมกับกระบวนการในการอ้างอิงตำแหน่งกลุ่มซึ่งสิ่งที่ต้องเสียไปทั้งสองอย่างยังมีค่าที่น้อยกว่าวิธีที่ใช้ทั่วไปในปัจจุบันอยู่โดยจะอธิบายด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างที่เกิดขึ้น

Thesis Title	A Group Paging Scheme for Reducing Paging Cost in Cellular Networks
Student	Mr. Somkeat Dangiameak
Student ID.	43061070
Degree	Master of Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	2004
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Suthichai Noppanakeepong

ABSTRACT

This thesis proposes a novel paging strategy based on number of cells in group with standard location area (LA) and update location, when compared to conventional paging methods. The proposed scheme decreases paging cost and also increases group update location cost in LA, update group location is performed whenever the MS changes its group between the group cell and the rest of cells in LA. This scheme considers most MS, are moving in some cell of LA, we dedicated group paging to reduce cost of paging. Therefore, paging cost will be reduced depending on number of cells in group and performed of this scheme with mathematical illustrated.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถจัดทำสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยคำปรึกษาของ ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาคีพงษ์ ทั้งท่านยังเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ที่เอื้อเฟื้อทั้งด้านวิชาการความรู้และความเอาใจใส่เป็นการส่วนตัวกับศิษย์ทุกคนทั้งยังช่วยผลักดันให้ศิษย์ถึงจุดมุ่งหมาย ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่สาวที่ให้โอกาสและสนับสนุนข้าพเจ้าให้ได้เล่าเรียนมาจนถึงระดับปริญญามหาบัณฑิต

ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ทุกคนในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำต่างๆ พร้อมทั้งช่วยแก้ไขข้อผิดพลาดจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้นและช่วยผลักดันข้าพเจ้าตลอดมา

ท้ายที่สุดนี้ ความรู้และประโยชน์อันพึงได้รับจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ผู้วิจัยขอมอบความดีให้แด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สมเกียรติ แดงเอี่ยมเอก

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย...	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..	II
กิตติกรรมประกาศ..	III
สารบัญ..	IV
สารบัญตาราง..	VIII
สารบัญรูป...	IX
คำย่อและสัญลักษณ์..	XII
บทที่ 1 บทนำ..	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา...	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา..	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา...	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย..	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย..	3
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา...	3
บทที่ 2 หลักการสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบเซลลูล่าร์...	5
2.1 โครงสร้างของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูล่าร์..........................	6
2.1.1 การออกแบบเซล..	7
2.1.1.1 เรขาคณิตของเซลจำลองหกเหลี่ยม	7
2.1.1.2 อัตราส่วนการสอดแทรกของช่องสัญญาณร่วม................	11
2.1.1.3 การสอดแทรกของช่องสัญญาณร่วมที่เกิดกับเซลแบบรอบทิศทาง...	12
2.1.1.4 การสอดแทรกของช่องสัญญาณร่วมที่เกิดกับเซลแบบมีทิศทาง...	14
2.2 อุปกรณ์และหน้าที่การทำงานต่างๆของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูล่าร์..	16

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.1 เครื่องลูกข่าย.. 16

2.2.2 สถานีฐาน... 17

2.2.3 อุปกรณ์ควบคุมสถานีฐาน.. 17

2.2.4 ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่.. 18

2.2.5 ฐานข้อมูลการลงทะเบียนของผู้ใช้บริการกลาง.............................. 19

2.2.6 ฐานข้อมูลการลงทะเบียนของผู้ใช้บริการชั่วคราว.......................... 19

2.2.7 ศูนย์ตรวจสอบผู้ลงทะเบียน... 20

2.2.8 ฐานข้อมูลเครื่องลูกข่าย... 20

2.2.9 ส่วนควบคุมการทำงานและบำรุงรักษาเครือข่าย............................ 21

2.3 โครงสร้างช่องการสื่อสารและเฟรม.. 21

2.3.1 ช่องสื่อสารทางตรรก.. 22

2.3.2 ช่องสื่อสารควบคุม... 22

2.3.3 ช่องสื่อสารข้อมูล.. 24

2.3.4 ลักษณะต่างๆของสัญญาณ Burst.. 25

2.3.5 ความสัมพันธ์ของ Burst และเฟรม.. 26

2.3.5.1 โครงสร้างมัลติเฟรมช่องสื่อสารข้อมูล.. 26

2.3.5.2 การจัดโครงสร้างของมัลติเฟรมกลุ่มช่องสื่อสารควบคุม แบบ BCH และ CCCH.. 28

2.3.5.3 การจัดโครงสร้างของมัลติเฟรมกลุ่มช่องสื่อสารควบคุม แบบ DCCH.. 28

2.3.5.4 การจัดโครงสร้างของมัลติเฟรมกลุ่มช่องสื่อสารควบคุม แบบผสม.. 29

2.3.6 การจัดสรรช่องสื่อสารทางตรรกลงบนช่องสัญญาณแบบ TDMA เฟรม.. 29

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 กระบวนการส่งสัญญาณแบบต่างๆของโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบเซลลูล่าร์ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน........ 31

3.1 กระบวนการติดต่อกับเครือข่ายเมื่อเปิดเครื่อง........ 31

3.1.1 การติดต่อโดยใช้หมายเลย IMSI........ 31

3.1.2 การปรับตำแหน่งของ MS โดยใช้ IMSI........ 32

3.2 กระบวนการโรมมิ่งในเครือข่าย........ 32

3.2.1 MS เปลี่ยนตำแหน่งเซลภายในพื้นที่ LA เดียวกัน........ 32

3.2.2 การปรับตำแหน่งของ MS กับระบบภายใน MSC/VLR เดียวกัน........ 32

3.2.3 การปรับตำแหน่งของ MS กับระบบเมื่อใช้ MSC/VLR ตัวใหม่........ 33

3.2.4 การปรับตำแหน่งของ MS กับระบบแบบตรวจสอบการลงทะเบียนเป็นช่วงๆ........ 33

3.3 กระบวนการเชื่อมต่อวงจรสนทนา........ 34

3.3.1 กระบวนการโทรออก........ 34

3.3.2 กระบวนการเรียกเข้า........ 35

3.4 กระบวนการแฮนด์โอเวอร์........ 36

3.4.1 การระบุตำแหน่งของ MS........ 36

3.4.2 การแฮนด์โอเวอร์ภายในเซล........ 37

3.4.3 การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างเซลที่ควบคุมด้วย BSC เดียวกัน........ 37

3.4.4 การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างเซลที่ต่าง BSC กันแต่ควบคุมด้วย MSC/VLR เดียวกัน........ 38

3.4.5 การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างเซลที่ควบคุมต่าง MSC/VLR กัน........ 39

บทที่ 4 วิเคราะห์ รูปแบบการส่งสัญญาณติดตาม........ 42

4.1 วิเคราะห์การส่งสัญญาณติดตามที่ใช้งานทั่วไปในปัจจุบัน........ 42

4.2 วิเคราะห์การลดภาระโหลดสูญเสียจากการส่งสัญญาณติดตามโดยใช้การแบ่งกลุ่มตามพฤติกรรมในการใช้งาน........ 44

4.2.1 รูปแบบในการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์........ 49

4.2.1.1 สมการ Discrete-time Markov Chain........ 50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.1.2 สมการ Homogeneous Markov Chains...................... 51

4.2.1.3 สมการ Long-run Behavior of Homogeneous Chains...... 52

4.2.2 วิเคราะห์รูปแบบทางเครือข่ายโดยใช้หลักการของ Markov Chain.. 53

บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างรูปแบบกลุ่มกับรูปแบบที่ใช้งานทั่วไปในการส่งสัญญาณติดตาม.. 56

5.1 เงื่อนไขและข้อกำหนดในการวิเคราะห์ข้อมูล................................ 56

5.2 ผลการวิเคราะห์กรณี MS เคลื่อนที่เปลี่ยนกลุ่มเฉลี่ยอย่างสม่ำเสมอ.......... 57

5.2.1 กรณีกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามไม่มีเซลใดในกลุ่มอยู่บริเวณขอบของ LA.. 57

5.2.2 กรณีกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามมีเซลในกลุ่มเป็นเซลขอบของ LA 59

5.2.3 กรณีมีการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ภาระสูญเสียของรูปแบบกลุ่มการส่งสัญญาณ.. 60

5.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลกรณี MS เคลื่อนที่เปลี่ยนกลุ่มตามช่วงเวลาการใช้งาน.. 62

5.3.1 กรณีกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามไม่มีเซลใดในกลุ่มอยู่บริเวณขอบของ LA 62

5.3.2 กรณีกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามมีเซลในกลุ่มเป็นเซลขอบของ LA 63

5.3.3 กรณีมีการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ภาระสูญเสียของรูปแบบกลุ่มการส่งสัญญาณ.. 65

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.. 67

บรรณานุกรม.. 69

ภาคผนวก ก.. 71

ประวัติผู้เขียน.. 77

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การแบ่งกำลังส่งและกำลังส่งสูงสุดของเครื่องลูกข่าย	16
2.2	ช่องสื่อสารกระจายข่าว	23
2.3	ช่องสื่อสารควบคุมร่วม	24
2.4	ช่องสื่อสารควบคุมถือครอง	25
2.5	ชนิดของ Burst	26
5.1	ค่าของตัวแปรต่างๆที่ใช้ในแบบจำลอง	56

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่สถานีเดียว	5
2.2	การจัดโครงสร้างของโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูล่าร์	6
2.3	เรขาคณิตและระบบพิกัดรูปหกเหลี่ยม	8
2.4	ระยะการสอดแทรกทางคลื่นวิทยุกับการนำความถี่กลับมาใช้ใหม่	9
2.5	ระดับกำลังของสัญญาณเทียบกับระยะทางของ 3 เซลที่เรียงเป็นแนวเดียวกัน	11
2.6	การแทรกสอดของช่องสัญญาณร่วมจากเซลรอบทิศทาง	12
2.7	การเทียบค่า CIR ของสมการแทรกสอดที่ (2.19) (2.21) และ (2.23)	13
2.8	เซลที่กระจายสัญญาณแบบมีทิศทาง	14
2.9	โครงสร้างของโครงข่าย GSM/DCS	15
2.10	การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการเชื่อมต่อเครือข่ายอื่นๆ โดย MS และ GMSC	18
2.11	การปรับข้อมูลภายใน VLR และ HLR เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่เลขหมาย A มีการย้ายตำแหน่งพื้นที่จาก VLR1 ไปยัง VLR2	20
2.12	แนวความคิดของช่องสัญญาณบนการเข้าถึงแบบแบ่งช่วงเวลา	21
2.13	ช่องการสื่อสารทางตรรกและสัญญาณ Bursts	22
2.14	ลักษณะของ Burst และเฟรม	27
2.15	โครงสร้างของมัลติเฟรมช่องสื่อสารข้อมูล	27
2.16	โครงสร้างของมัลติเฟรมกลุ่มช่องสื่อสารแบบ BCH และ CCCH	28
2.17	โครงสร้างของมัลติเฟรมกลุ่มช่องสื่อสารควบคุม DCCH	28
2.18	โครงสร้างของมัลติเฟรมกลุ่มช่องสื่อสารควบคุมแบบผสม	29
2.19	การแม็พพิ้งช่องสื่อสารทางตรรกลงบนช่องสัญญาณของ TDMA เฟรม	30
3.1	การเข้าติดต่อเมื่อ MS เปิดเครื่องโดยใช้หมายเลย IMSI	31
3.2	การปรับตำแหน่งของ MS กับระบบใน MSC/VLR เดียวกัน	32
3.3	การปรับตำแหน่งของ MS กับระบบเมื่อใช้ MSC/VLR ตัวใหม่	33
3.4	กระบวนการเชื่อมต่อวงจรสนทนาโดย MS โทรไปยัง PSTN	34
3.5	กระบวนการเชื่อมต่อวงจรสนทนาจาก PSTN	35
3.6	กระบวนการส่งผลของระดับและคุณภาพของสัญญาณไปยัง BSC	37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.7 การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างเซลที่ควบคุมด้วย BSC เดียวกัน................................ 38

3.8 การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างเซลที่ต่าง BSC กันแต่ควบคุมด้วย MSC/VLR เดียวกัน.. 39

3.9 การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างเซลที่ควบคุมต่าง MSC/VLR กัน.............................. 40

4.1 กระบวนการส่งสัญญาณติดตามที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน.. 43

4.2 รูปแบบกลุ่มในการส่งสัญญาณติดตาม.. 44

4.3 การเคลื่อนที่ของ MS ที่ต้องทำการปรับตำแหน่งกลุ่ม.. 45

4.4 การระบุตำแหน่งกลุ่มของโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อใช้งาน MSC/VLR ชุดเดียวกัน 46

4.5 การระบุตำแหน่งกลุ่มของโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อใช้งาน MSC/VLR ชุดใหม่....... 47

4.6 การส่งสัญญาณติดตามเมื่อเพิ่มกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามลงไปในระบบ……. 49

4.7 ไดอะแกรมสภาวะการเคลื่อนของ MS ในเครือข่ายเซลลูลาร์ด้วยหลักการลูกโซ่ของ Markov ……………………………………………………………….….. 49

5.1 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีไม่มีเซลขอบเมื่อ LA ขนาด 62 เซล…………………………………………………………………….….. 57

5.2 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีไม่มีเซลขอบเมื่อ LA ขนาด 30 เซล…………………………………………………………………….….. 58

5.3 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีมีเซลขอบเมื่อ LA ขนาด 62 เซล... 59

5.4 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีมีเซลขอบเมื่อ LA ขนาด 30 เซล... 59

5.5 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์เป็น 20 และ LA มีขนาด 62 เซล.. 61

5.6 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์เป็น 20 และ LA มีขนาด 30 เซล………………………………………………..……..... 61

5.7 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีไม่มีเซลขอบและ MS เคลื่อนที่เปลี่ยนกลุ่มตามช่วงเวลาการใช้งานเมื่อ LA ขนาด 62 เซล………………...…… 62

5.8 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีไม่มีเซลขอบและ MS เคลื่อนที่เปลี่ยนกลุ่มตามช่วงเวลาการใช้งานเมื่อ LA ขนาด 30 เซล………………...…… 63

5.9 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีมีเซลขอบและ MS เคลื่อนที่เปลี่ยนกลุ่มตามช่วงเวลาการใช้งานเมื่อ LA ขนาด 62 เซล…………………….. 64

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.10 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีมีเซลขอบและ MS เคลื่อนที่เปลี่ยนกลุ่มตามช่วงเวลาการใช้งานเมื่อ LA ขนาด 30 เซล........................ 64

5.11 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีมีเซลขอบและ MS เคลื่อนที่เปลี่ยนกลุ่มตามช่วงเวลาใช้งานรวมกับการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์เป็น 20 เมื่อ LA ขนาด 62 เซล.. 65

5.12 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีมีเซลขอบและ MS เคลื่อนที่เปลี่ยนกลุ่มตามช่วงเวลาใช้งานรวมกับการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์เป็น 20 เมื่อ LA ขนาด 30 เซล.. 65

คำย่อและสัญลักษณ์

AGCH : Access Grant Channel

AUC : AUthentication Center

BCCH : Broadcast Control Channel

BTS : Base Transceiver Station

BSC : Base Station Controller

BSIC : Base Station Identity Code

CCCH : Common Control Channel

CIR : Carrier to Interference Ratio

DCCH : Dedicated Control Channel

EIR : Equipment Identity Register

ETSI : European Telecommunication Standards Institute

FACCH : Fast Associated Control Channel

FCCH : Frequency Correction Channel

FN : Frame Number

GMSC : Gateway Mobile Switching Center

GoS : Grade of Service

GSM : Global System for Mobile communication

HLR : Home Location Register

ID : Identification

IMSI : International Mobile Subscriber Identity

ISDN : Integrated Service Digital Network

LA : Location Area

LAC : Location Area Code

LAI : Location Area Identity

LU : Location Update

MS : Mobile Station

MSC : Mobile Switching Center

MSISDN : Mobile Subscriber ISDN Number

NMC : Network Management Center

คำย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

OMC : Operation and Maintenance Center

PCH : Paging Channel

PCS : Personal Communication Service

PIN : Personal Identification Number

PLMN : Public Land Mobile Network

PSTN : Public Switched Telephony Network

RACH : Random Access Channel

SACCH : Slow Associated Control Channel

SCH : Synchronization CHannel

SDCCH : Stand – alone Dedicated Control Channel

SIM : subscriber Identity Module

SS7 : Signaling System No. 7

TCH : Traffic Channel

TMSI : Temporary Mobile Subscriber Identity

TRAU : Transcoder and Rate Adapter Unit

VLR : Visitor Location Register

บทที่ 1
บทนำ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูล่าร์ในการส่งสัญญาณติดตาม (Paging) ขณะมีการเรียกเข้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครือข่ายโทรศัพท์เลื่อนที่โดยการลดภาระโหลดของสัญญาณและภาระทางด้านพลังงานรวมถึงระยะเวลาในการสร้างวงจรสนทนาเมื่อมีการโทรออกของผู้ใช้บริการในเครือข่ายในเวลาเดียวกัน โดยพิจารณาจากพฤติกรรมการใช้งานและความหนาแน่นของผู้ใช้บริการในพื้นที่ให้บริการที่มีการเคลื่อนที่ในขอบเขตที่แน่นอนเป็นประจำเพื่อที่จะได้ระบุเฉพาะกลุ่มเซลในพื้นที่ให้บริการที่มีการเคลื่อนที่อยู่เป็นประจำและแน่นอนเท่านั้นที่จะทำการส่งสัญญาณติดตามออกไปเพื่อลดภาระต่างๆที่ไม่จำเป็นในการส่งสัญญาณติดตามออกไปยังพื้นที่ๆไม่มีโทรศัพท์เคลื่อนที่ๆระบุดังกล่าวนั้นออกไปส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบดีขึ้น

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เริ่มแรกของการให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคแรกๆจะใช้สถานีฐานเพียงสถานีเดียวแล้วใช้ส่งกำลังให้สูงมากๆ เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการทั้งหมดทำให้ไม่จำเป็นต้องส่งสัญญาณติดตามออกมานั่นคือภาระทางด้านสัญญาณก็จะไม่เกิดขึ้น แต่ด้วยข้อจำกัดของคลื่นความถี่และกำลังในการส่งสัญญาณจึงทำให้ไม่สามารถรองรับจำนวนผู้ใช้บริการมากๆได้ จึงได้มีการพัฒนาระบบโทรศัพท์ที่เรียกกันว่าเซลลูล่าร์ขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับความจุของเครือข่ายโดยการแบ่งพื้นที่ให้บริการออกเป็นส่วนย่อยๆเรียกว่าเซลเพื่อครอบคลุมพื้นที่ให้บริการแยกเป็นส่วนๆขึ้นอยู่กับจำนวนผู้ใช้บริการแต่ละพื้นที่ โดยมีข้อดีคือช่วยลดพลังงานของเครื่องส่งสัญญาณลงได้และสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้บริการได้จำนวนมากเนื่องจากมีการจัดสรรความถี่การใช้งานของแต่ละเซลให้แตกต่างกันออกไปทำให้มีช่องสัญญาณการใช้งานมากขึ้น แต่เนื่องโดยพื้นที่ให้บริการถูกแบ่งออกเป็นส่วนย่อยจึงต้องมีการควบคุมและบริหารที่ดีจึงได้แบ่งช่องสัญญาณออกมาจากช่องสัญญาณใช้งานเพื่อใช้ในการควบคุมและบริหารจะเห็นได้ว่าถ้าจำนวนผู้ใช้บริการมาขึ้นภาระของสัญญาณควบคุมและบริหารในส่วนนี้จะสูงขึ้นตามทำให้ประสิทธิภาพของระบบด้อยลง ซึ่งในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะวิเคราะห์และแก้ปัญหาในส่วนย่อยของช่องสัญญาณควบคุม (Control Channel) คือช่องสัญญาณติดตาม (Paging Channel) โดยทำให้ภาระของสัญญาณติดตามใช้งานได้อย่างเหมาะสมมีประสิทธิภาพมากขึ้นทั้งยังช่วยลดเวลาในการเรียกเข้าพร้อมกันลงได้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครือข่ายอีกทางหนึ่ง

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาถึงวิธีการลดภาระโหลดของสัญญาณและภาระต่างๆที่เกิดขึ้น โดยนำเอาพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นตัวแปรสำคัญในการพิจารณาว่าเซลหรือกลุ่มเซลใดจำเป็นหรือไม่จำเป็นในการส่งสัญญาณติดตามออกไปเมื่อมีการเรียกเข้าหรือแจ้งบริการต่างๆเปรียบเทียบกับรูปแบบที่ใช้งานโดยปกติทั่วไปและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับระบบที่ใช้งานอยู่แล้ว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เพราะในขณะที่ทำการศึกษานี้การส่งสัญญาณติดตามยังเป็นแบบส่งออกไปทุกเซลในกลุ่มพื้นที่ให้บริการที่มีรหัสเดียวกัน (Location Area Code or Location Identity) ซึ่งมีจำนวนหลายสิบหรือหลายร้อยเซลในแต่ละผู้ให้บริการ จึงเป็นที่น่าสนในในการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการจำกัดกลุ่มเซลที่จะส่งสัญญาณติดตามเฉพาะเซลที่มีการเคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการเป็นเป็นประจำเพียงไม่กี่เซล เช่น บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่มีเซลใช้งาน 2-3 เซลและเป็นพื้นที่ๆส่วนใหญ่เคลื่อนที่ภายในบริเวณเป็นส่วนใหญ่ และนำการเคลื่อนที่ลักษณะดังกล่าวมาวิเคราะห์ในทางคณิตศาสตร์เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับรูปแบบการทำงานทั่วไปรวมทั้งศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเข้ามาประยุกต์ใช้งานกับระบบเซลลูล่าร์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

เนื่องจากการเติบโตและการขยายบริการเครือข่ายของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำให้มีเทคนิคในการออกแบบขนาดของเซลให้เล็กลงเพื่อให้สามารถรองรับจำนวนผู้ใช้บริการที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้มีจำนวนเซลและการใช้งานความถี่มากขึ้นในขณะที่พื้นที่ให้บริการเท่าเดิมนั้นคือภาระโหลดของสัญญาณเช่นสัญญาณติดตาม (Paging) ก็จะมากขึ้นไปด้วย ทำให้เกิดการตั้งสมมติฐานจากการสังเกตพฤติกรรมการใช้งานของโทรศัพท์เคลื่อนที่แบ่งออกเป็นได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

กลุ่มที่ 1 เคลื่อนที่อยู่ในบริเวณขอบเขตหนึ่งๆวนเวียนซ้ำไปมาเป็นเวลานานๆด้วยความเร็วสม่ำเสมอ เช่น ภายในมหาวิทยาลัยหรือสถาบันการศึกษา ห้างสรรพสินค้า สถานที่ทำงาน หมู่บ้านจัดสรรและพื้นที่ต่างๆที่ต้องอยู่เป็นเวลานานๆ

กลุ่มที่ 2 เคลื่อนที่เป็นบริเวณกว้างไม่แน่นอนในช่วงเวลาสั้นๆและเป็นพื้นที่ๆมีการใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ไม่หนาแน่นหรือปริมาณการใช้เบาบางเช่น บริเวณหมู่บ้านจัดสรรชานมือง แหล่งเสื่อมโทรม ถนนหรือบริเวณอื่นที่มีการใช้งานไม่หนาแน่น

ดังนั้นจึงได้สมมติการส่งสัญญาณออกเป็นกลุ่มเพื่อลดภาระโหลดของสัญญาณในระบบและระยะเวลารอคอยการเชื่อมต่อวงจรสนทนาลงทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเครือข่ายในเรื่องของจำนวนการเรียกเข้าในเวลาเดียวกันด้วย อีกทั้งยังสามารถนำหลักการนี้ไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการระบุตำแหน่งหรือติดตามตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ให้แม่นยำยิ่งขึ้นด้วย

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยเพื่อลดการส่งสัญญาณติดตามนี้จะใช้ทฤษฎีของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่และหลักการทางคณิตศาสตร์เชิงสถิติเป็นหลัก เนื่องจากจะได้เป็นการง่ายและสะดวกต่อการนำไปใช้งานได้จริงโดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของระบบเดิมมาก ซึ่งการวิเคราะห์บางส่วนได้นำมาจากข้อมูลการใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่จากผู้ให้บริการ เพื่อแสดงให้เห็นผลลัพธ์และข้อเปรียบเทียบก่อนตัดสินใจนำไปใช้งานจริง แนวความคิดเกี่ยวกับการลดปริมาณการส่งสัญญาณติดตามคือเพื่อลดจำนวนทราฟฟิกที่ไม่ใช่วงจรสนทนาลงเพราะระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่มีการใช้ช่องสัญญาณต่างๆมากมายอยู่ตลอดเวลา ลดช่วงเวลาในการรอคอยการต่อวงจรสนทนาทั้งระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับโทรศัพท์เคลื่อนที่และระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับโทรศัพท์ระบบอื่นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของทั้งระบบ

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ในการทำวิจัยจะดำเนินการเปรียบเทียบการจัดกลุ่มเซลที่จะส่งสัญญาณติดตามออกเป็น 2 ลักษณะคือ การใช้งานแบบเคลื่อนที่อยู่ในบริเวณขอบเขตหนึ่งๆวนเวียนซ้ำไปมาเป็นเวลานานๆด้วยความเร็วสม่ำเสมอและแบบเคลื่อนที่เป็นบริเวณกว้างไม่แน่นอนในเวลาสั้นๆและใช้ความเร็วไม่คงที่เทียบกับรูปแบบปกติที่ใช้งานในปัจจุบัน โดยใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์จำลองผ่านคอมพิวเตอร์ด้วยเครือข่ายขนาด 303 เซล จำนวนเซลในพื้นที่ LA ที่ทำการเปรียบเทียบคือ 62 และ 30 เซลและจำนวนกลุ่มเซลคือ 1 เซล 15 เซลและ 28 กับ 58 เซล โดยการทำงานของเครือข่ายเซลลูล่าร์ยังคงมีลักษณะแบบเดิมทุกประการแต่ได้เพิ่มอัลกอลิทึมในการตรวจสอบการเปลี่ยนกลุ่มที่จัดแบ่งไว้เข้าไปและการเคลื่อนที่ของโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นแบบกระจายสม่ำเสมอ เคลื่อนที่เฉพาะภายในกลุ่มเซลที่ใช้งานเป็นประจำและเคลื่อนที่ตามเวลาที่กำหนด ซึ่งการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจะใช้ค่าความน่าจะเป็นของจำนวนเซลที่ต้องทำการส่งสัญญาณติดตามต่อการเรียกเข้าครั้งหนึ่งๆเป็นตัวชี้วัดและครอบคลุมการวิเคราะห์ตัวแปรอื่นๆที่เกี่ยวข้องด้วยเพื่อหากลวิธีที่เหมาะสมกับแต่ละสถานการณ์ที่สุดมาประยุกต์ใช้งานกับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ในแต่ละพื้นที่ให้บริการ

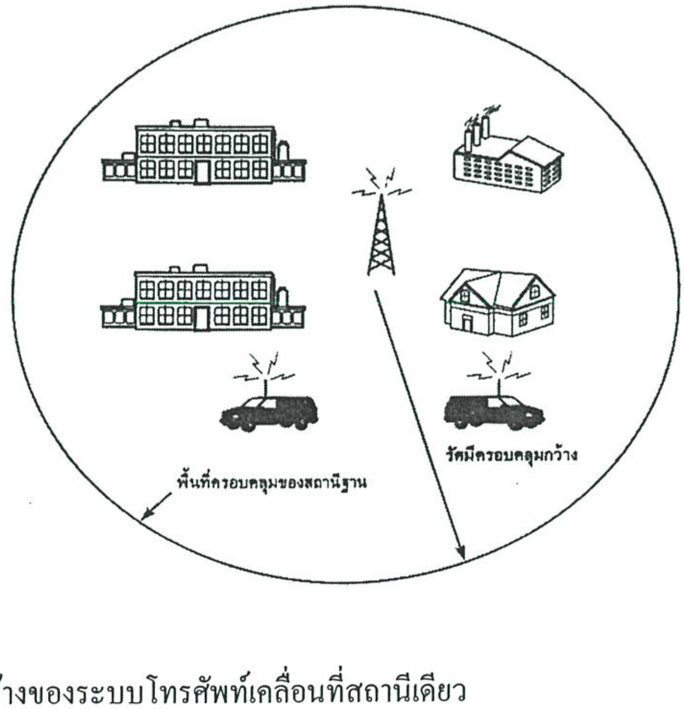
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

ลำดับขั้นตอนของการวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ประกอบไปด้วย 6 ส่วนด้วยกัน ซึ่งในบทที่ 1 นี้จะเป็นรายละเอียดของบทนำกล่าวความเป็นมาของปัญหา วัตถุประสงค์และสมมติฐานของงานวิจัยรวมถึงแนวความคิดและทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัย บทที่ 2 เป็นรายละเอียดเกี่ยวกับหลักการสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูล่าร์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย บทที่ 3 อธิบายถึงขั้นตอนการรับส่ง

สัญญาณต่างๆของโทรศัพท์เมื่อมีการใช้งานในเครือข่ายซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการนำมาวิเคราะห์แนวทางที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานจริง บทที่ 4 เป็นส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวกับกลวิธีสร้างรูปแบบของการแก้ปัญหาที่เกิดจากสมมติฐานและทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่นำมาวิเคราะห์ บทที่ 5 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ในรูปแบบที่แตกต่างกัน เพื่อทำสามารถนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้งานจริงและบทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะรวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในการวิจัยและคำแนะนำเกี่ยวกับแนวทางในการวิจัยและพัฒนาต่อไป

บทที่ 2
หลักการสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบเซลลูล่าร์

สำหรับมาตรฐานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีออกมามากมายหลายระบบไม่ว่าจะเป็น GSM (Global System for Mobile Communication) ซึ่งใช้คลื่นความถี่ย่าน 900 เมกะเฮิรตซ์หรือระบบ PCN (Personal Communications Network) ซึ่งแท้จริงมีชื่อเรียกว่า DCS (Digital Cellular System) ที่มีทั้งชนิดใช้ย่านความถี่ 1800 เมกะเฮิรตซ์และ 1900 เมกะเฮิรตซ์ในที่นี้ขอชี้แจงระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั้ง 3 ชนิดนี้ต่างเป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยมาตรฐาน DCS ได้ถูกกำหนดขึ้นในภายหลังจากที่พบย่านความถี่ 900 เมกะเฮิรตซ์ สำหรับใช้งานกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM เริ่มจะไม่เพียงพอกับการใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคพื้นยุโรปช่วงที่มีการแปรรูปองค์กรของรัฐที่ผูกขาดการให้บริการโทรคมนาคมให้กลายมาเป็นธุรกิจของภาคเอกชน ในต่างประเทศต่างก็มีบริษัทมากกว่าหนึ่งบริษัทที่ต้องการให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อย่านความถี่ 900 เมกกะเฮิรตซ์ไม่สามารถสนองความต้องการในการแข่งขันได้บรรดาผู้ให้บริการระบบจึงรวมตัวกันเสนอให้ ETSI (European Telecommunications Standards Institute) ซึ่งเป็นผู้ออกแบบมาตรฐานเครือข่าย



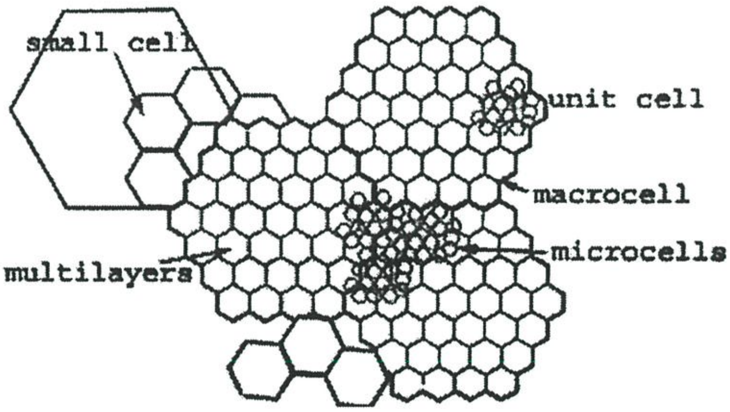
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่สถานีเดียว

GSM กำหนดมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ในย่านความถี่อื่นเพิ่มขึ้นจึงเป็นผลทำให้เกิดมาตรฐาน DCS 1800 ขึ้นมาภายหลังและหลังจากนั้นในประเทศสหรัฐอเมริกาก็เกิดมาตรฐาน DCS

1900 หรือนิยมเรียกกันว่า PCN 1900 ซึ่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั้ง 3 ระบบต่างก็มีหลักการทำงานและกระบวนการส่งสัญญาณติดตามเหมือนกันทุกประการ

2.1 โครงสร้างของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูล่าร์

โครงสร้างของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคแรกๆมีแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งใช้สถานีฐานเพียงสถานีเดียวส่งกำลังสูงที่สูงมากๆเพื่อให้ครอบคลุมเมืองทั้งเมือง สถานีฐานอาจจะส่งความถี่ออกไปได้หลายความถี่โดยเครื่องลูกข่ายในระยะแรกเป็นเครื่องลูกข่ายแบบติดตั้งในรถยนต์มีกำลังส่งสูงมาเช่นเดียวกัน การออกแบบในลักษณะดังกล่าวมีผลเสียหลายประการ เช่น สิ้นเปลืองพลังงานมากทั้งสำหรับจ่ายให้สถานีฐานและสำหรับเครื่องลูกข่ายแต่ละเครื่อง นอกจากนี้การที่สถานีฐานส่งสัญญาณด้วยกำลังส่งสูงมากๆบางครั้งทำให้เกิดการรบกวนกันของสัญญาณกับสถานีฐานของเครื่องส่งที่อยู่ข้างเคียง นอกจากนั้นในกรณีที่เครื่องลูกข่ายเคลื่อนที่ข้ามพื้นที่ให้บริการไปยังพื้นที่ของสถานีฐานต่างเมืองอื่นก็ไม่สามารถที่จะโทรได้ เนื่องจากไม่มีการเชื่อมต่อระหว่างสถานีฐานต่างเมืองและปัญหาอีกประการหนึ่งก็คือสถานีฐานแต่ละสถานีรองรับผู้ใช้บริการได้จำนวนจำกัด



รูปที่ 2.2 การจัดโครงสร้างของโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูล่าร์

เมื่อมีความต้องการใช้งานโทรศัพท์มากขึ้น ความสามารถในการรองรับผู้ใช้บริการมีไม่เพียงพอทำให้มีการออกแบบโครงสร้างของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ใหม่ส่งผลให้กลายเป็นระบบเซลลูล่าร์ซึ่งมีการแบ่งพื้นที่ให้บริการออกเป็นพื้นที่ย่อยๆควบคุมด้วยสถานีฐานที่มีกำลังส่งไม่มากนักเรียกพื้นที่ดังกล่าวว่าเซลแต่ละเซลที่อยู่ติดกันถูกกำหนดให้ใช้ความถี่ต่างๆกันไป โดยเซลที่อยู่ห่างกันระยะหนึ่งสามารถที่จะใช้ความถี่ซ้ำกันได้และนอกจากนี้เครื่องลูกข่ายสามารถเคลื่อนที่ไปยังเซลต่างๆได้โดยไม่ทำให้การติดต่อสื่อสารขาดหายหรือหยุดชะงักไป โครงสร้างการวางเซลของ

ระบบเซลลูล่าร์แสดงในรูปที่ 2.2 ทั้งนี้เพื่อเป็นการควบคุมให้การติดต่อสื่อสารบนพื้นฐานของระบบเซลลูล่าร์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องเป็นไปตามกฎข้อบังคับต่อไปนี้

1) สามารถใช้ความถี่ซ้ำได้เฉพาะบางรูปแบบเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดผลรบกวนกันระหว่างเซลที่ใช้ความถี่เดียวกัน ความถี่ที่อยู่ติดกันจะใช้ความถี่เดียวกันหรือใกล้เคียงกันมากไม่ได้

2) กำลังส่งของสถานีฐานภายในแต่ละเซลจะต้องได้รับการควบคุมมิให้มีความแรงมากเกินไปเพราะอาจส่งผลไปรบกวนเซลที่ใช้ความถี่เดียวกันซึ่งอยู่ห่างออกไปได้

3) วงจรกรองความถี่สัญญาณทั้งของเครื่องลูกข่ายและสถานีฐานต้องมีความคมมากๆ

สำหรับรูปแบบการจัดความถี่ซ้ำของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูล่าร์นั้นจะเป็นแบบซ้ำทุกๆ 7 เซล (Seven cells reused pattern) ซึ่งจำกัดระดับของสัญญาณรบกวนระหว่างเซลไว้ที่ระดับหนึ่งซึ่งไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อคุณภาพเสียงการสนทนาโดยทั่วไประยะห่างระหว่างเซลที่ใช้ความถี่เดียวกันจะมีค่าประมาณ 2.5 ถึง 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเซลนั้นๆ

2.1.1 การออกแบบเซล

ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีช่องสัญญาณความถี่จำกัดตามระบบและข้อกำหนดยิ่งหากมีการแบ่งความถี่ใช้งานกันแล้วก็จะมีช่องความถี่ให้บริหารลดน้อยลงในแต่ละผู้ให้บริการ ไปด้วยรูปแบบของเซลในบทนี้จะเป็นส่วนแสดงให้เห็นถึงการนำความถี่กลับมาใช้งานใหม่และประมาณถึงผลกระทบได้ชัดเจนขึ้น รูปแบบของการจัดเซลจะเป็นผลในการบรรยายไปถึง โครงสร้างการจัดช่องสัญญาณ รูปแบบการนำความถี่กลับมาใช้ใหม่ ความจุช่องสัญญาณ จำนวนผู้ใช้ต่อพื้นที่รามถึงภาระทางสัญญาณและการประเมินค่าใช้จ่ายของระบบได้จากความหนาแน่นของผู้ใช้บริการ

การจัดรูปแบบเซลจะมีตัวแปลสัมพันธ์กันระหว่างอัตราการนำความถี่มาใช้ใหม่ (Reuse ratio, q) และกลุ่มความถี่ (Cluster size, N) โดยใช้เซลรูปหกเหลี่ยมประกอบการบรรยายโดยกระจายสัญญาณให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งสายอากาศแบบรอบทิศทาง (Omni directional antenna) และสายอากาศแบบมีทิศทาง (Directional antenna)

2.1.1.1 เรขาคณิตของเซลจำลองหกเหลี่ยม

เซลรูปหกเหลี่ยมสมมาตรชิดกันจะเกิดแกน u และแกน v ขึ้นตามธรรมชาติของรูปหกเหลี่ยมเทียบกับแกน x และ y ปกติได้ระยะห่างจุดใดๆกับจุดเริ่มต้น $(0,0)$ เป็น

$$D^2 = x^2 + y^2 \tag{2.1}$$

$$D^2 = u^2 \cos^2 30 + (v + u \sin 30)^2 \tag{2.2}$$

$$D^2 = u^2 + v^2 + uv \tag{2.3}$$

$$\therefore \quad D = \sqrt{u^2 + v^2 + uv} \tag{2.4}$$

และได้ระยะห่างตำแหน่งสองจุดใดๆบนพิกัดเป็น

$$D^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 \tag{2.5}$$

$$D^2 = (u_2 - u_1)^2 \cos^2 30 + [(v_2 - v_1) + (u_2 - u_1)\sin 30]^2 \tag{2.6}$$

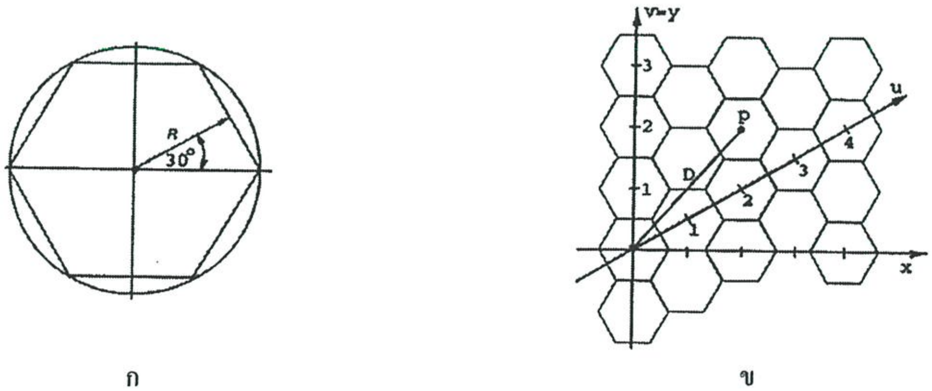
$$D = [(u_2 - u_1)^2 + (v_2 - v_1)^2 + (v_2 - v_1)(u_2 - u_1)]^{\frac{1}{2}} \tag{2.7}$$

$$D = [\sqrt{i^2 + j^2 + ij} \;\; ; i = (u_2 - u_1), j = (v_2 - v_1) \tag{2.8}$$

$$\therefore \quad D/R = \sqrt{3(i^2 + j^2 + ij)} \tag{2.9}$$

เมื่อระยะ D ของเซลติดกันเท่ากับ $\sqrt{3}R$

$$\therefore \quad D^2 = 3R^2(i^2 + j^2 + ij) \tag{2.10}$$



ก ข

รูปที่ 2.3 เรขาคณิตและระบบพิกัดรูปหกเหลี่ยม

และสามารถหาพื้นที่ของรูปหกเหลี่ยมสมมาตรดังรูป 2.3 ได้ดังนี้

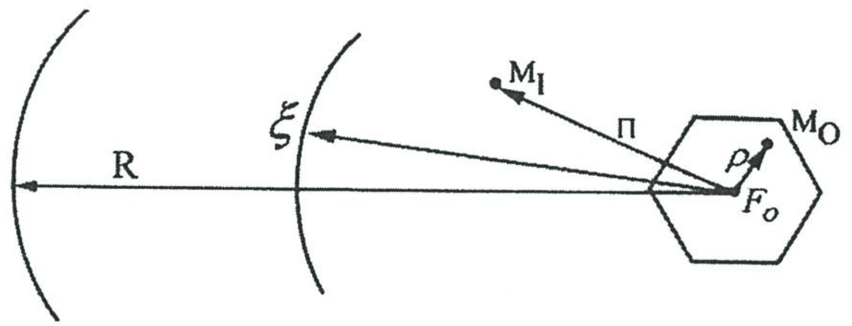
$$A_{large} = k[3R^2(i^2 + j^2 + ij)] \tag{2.11}$$

$$A_{small} = kR^2 \tag{2.12}$$

เพราะฉะนั้นอัตราส่วน A_{large}/A_{small} ก็คือจำนวนเซลในพื้นที่ๆถูกรบกวนทางคลื่นวิทยุ (Interference) รอบๆเซลนั้นเอง

$$\frac{A_{large}}{A_{small}} = 3(i^2 + j^2 + ij) = \frac{D^2}{R^2} = 3N \tag{2.13}$$

$\frac{D}{R} = q = \sqrt{3N}$; N เป็นจำนวนเซลใน 1 กลุ่ม q เป็นอัตราส่วนการนำความถี่มาใช้ใหม่



รูปที่ 2.4 ระยะการสอดแทรกทางคลื่นวิทยุกับการนำความถี่กลับมาใช้ใหม่

M_o คือเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ในเซลอ้างอิงภายในรัศมี r ภายในระยะ ρ จากตำแหน่งอ้างอิง F_o, M_I คือเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ๆจะสอดแทรกคลื่นวิทยุในพื้นที่ให้บริการรัศมี R ในระยะจริง Π [4]

สัญญาณรับได้ที่ F_o จาก M_o ให้เป็น c และการสอดแทรกทางคลื่นวิทยุที่ F_o เป็น i จะได้อัตราส่วนการสอดแทรกเป็น CIR (Chanel Interference Ratio) เป็น z กับตัวแปรสุ่ม (Random variable) σ ให้ CRR (Channel Reuse Ratio) เป็น $\Re = \prod/r$ สำหรับ DCA (Dynamic Channel Allocation) สามารถพิจารณา CRR ได้ดังนี้

$$F_{\Re}(\Re \geq Z) = F_{\Re}(\frac{\Pi}{r} | \frac{C}{I} \geq Z) = p\{\frac{\frac{\Pi}{r} \leq \Re, \frac{C}{I} \geq Z}{p\{\frac{C}{I} \geq Z\}}\} \qquad (2.14)$$

เมื่อ $p\{x\}$ เป็นโอกาสการเกิด $\Pi > \Im$ ที่ M_I ทำให้ไม่สามารถสร้างการสอดแทรกกับ F_o เพียงพอได้ z จะมากกว่า Z เสมอและโอกาส $p\{\Pi / r \geq \Re)$ และ $p\{C / I \geq Z\}$ ใน (2.14) จึงเกิดขึ้นในทางกลับกันสำหรับ $\Pi \leq \Im$ ทำให้การสอดแทรกมีมากขึ้น

$\Im$ หาได้ง่ายด้วยวิธีการทำการสูญเสียจากการเดินทางของคลื่นเทียบกับระยะทาง (signal - slope distance – dependent path loss propagation) จากสมการสองสมการนี้ $C = C_p P_t \rho^{-\gamma}$ และ $I = aC_p P_t \Pi^{-\gamma}$ เมื่อ a เป็นจำนวนการสอดแทรกทางคลื่น (ให้มีค่าเป็น 1) C_p เป็นค่าคงที่ของความถี่ P_t เป็นกำลังส่ง γ เป็นดีกรีเป็นการสูญเสียของการเดินทางของคลื่น

ให้กำลังต่ำสุดที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ที่ขอบเซลเป็น $C = C_p P_t \rho^{-\gamma}$ ดังนั้นกำลังต่ำสุดของ CIR คือ

$$z = \frac{C}{I} = \frac{C_p P_t r^{-\gamma}}{aC_p P_t \Pi^{-\gamma}} = \frac{1}{a}\left(\frac{\Pi}{r}\right)^{\gamma} = \frac{1}{a}\left(\frac{r\Re}{r}\right)^{\gamma} = \frac{\Re^{r}}{a} \qquad (2.15)$$

และเมื่อ $z = Z$ จะได้

$$\Im = r\Re = r(aZ)^{1/\gamma} \qquad (2.16)$$

ดังนั้นจากสมการ (2.15) ในเทอม reused ratio $\Re = (aZ)^{1/\gamma}$ จะแสดงได้ว่า เมื่อ $\Re \leq (aZ)^{1/\gamma}$ จากสมการ (2.15) เขียนได้เป็น

$$p\left\{\frac{\frac{\Pi}{r} \leq \Re, \frac{s}{i} \geq Z}{p\left\{\frac{s}{i} \geq Z\right\}}\right\} = \frac{F_{\Re}(\Re) - F_{\Re\Im}(\Re, Z)}{1 - F_{\Im}(Z)} \qquad (2.17)$$

ขณะที่ $0 \leq \Re \leq (aZ)^{1/\gamma}$

เมื่อ $F_{\Re Z}(\Re, Z)$ เป็นฟังก์ชั่นทั้ง $\Re$ และ Z เมื่อ $\Re > (aZ)^{1/\gamma}$ ในสมการ (2.15) สามารถเขียนได้เป็น

$$p\left(\frac{\Pi}{r} \geq (aZ)^{1/\gamma}\right) = \frac{F_{\Re}(\Re) - F_{\Re}(aZ)^{1/\gamma}}{1 - F_{\Re}(aZ)^{1/\gamma}} \qquad (2.18)$$

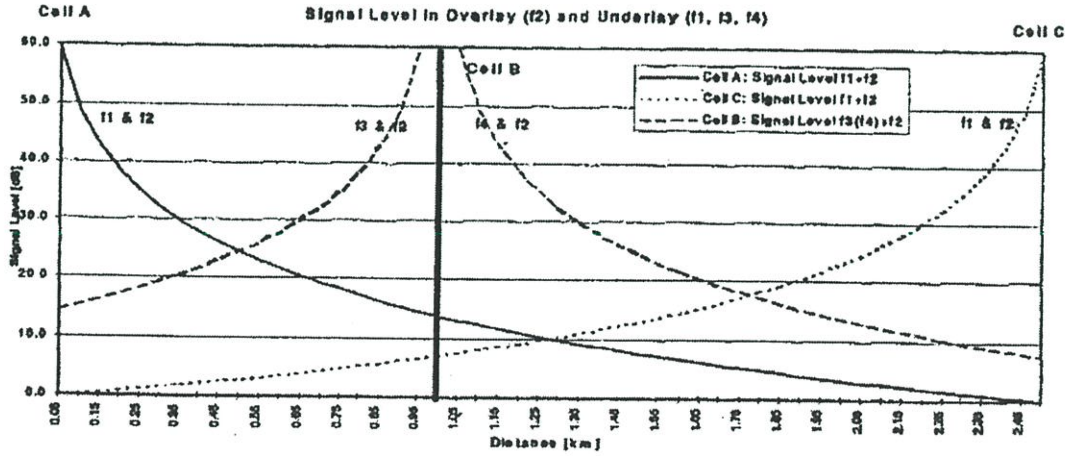
ขณะที่ $(aZ)^{1/\gamma} < \Re < \dfrac{R}{r}$

สมการ (2.18) เป็น Distribution function ที่ถูกต้องของมันเองบนสมมุติฐาน $\Re > (aZ)^{1/\gamma}$ เป็นสเกลของ $(1-q)$ โดย q ได้จากสมการ (2.16) คือ $\Re = (aZ)^{1/\gamma}$

ใน FCA (Fixed Channel Allocation) จะกล่าวถึงหลักการเกี่ยวกับเรขาคณิต (Geometry) และตำแหน่ง (Location) ของช่องสัญญาณร่วม (Co – Channel) หรือการสอดแทรกของช่องสัญญาณใกล้เคียง (Adjacent channel interference) สำหรับตัวอย่างของระบบเซลลูล่าร์กับกลุ่มเซลแบบ 3 เซคเตอร์นั้นต้องการ CRR เป็น 2.0 ดังแสดงในสมการที่ (2.13) จะให้ CIR ที่ Z = 9 dB ที่ $\gamma = 3$ จะได้ $\Re > 2.0$

2.1.1.2 อัตราส่วนการสอดแทรกของช่องสัญญาณ

เมื่อนำความถี่กลับมาใช้ใหม่ระยะห่างของความถี่เดียวกันจากเซลรอบเซลที่พิจารณาเรียกว่าระยะโคเชนแนลอินเตอร์เฟอร์เรนท์ซึ่งจะกลายเป็นสัญญาณที่สอดแทรกเข้ามาในช่องสัญญาณหลักที่ใช้งานอยู่และความแรงของสัญญาณที่เกิดขึ้นกับระยะทางทำให้เกิดอัตราส่วน



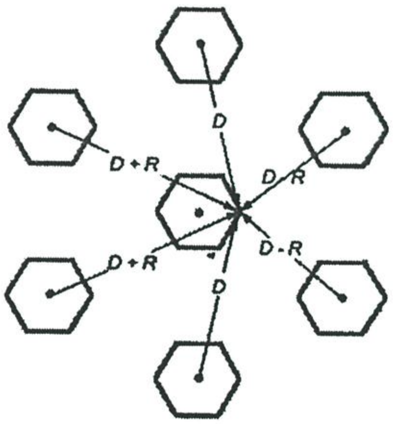
รูปที่ 2.5 ระดับกำลังของสัญญาณเทียบกับระยะทางของ 3 เซลที่เรียงเป็นแนวเดียวกัน

การสอดแทรกของช่องสัญญาณร่วม (CIR) คำนวณได้ในเทอมของระยะทางโดยประมาณอัตราส่วนนี้ในระบบเซลลูล่าร์กำหนดไว้อย่างต่ำที่ 9 dB และ 12 dB สำหรับแบบไม่ใช้ฮอปปิ้งและใช้ฮอปปิ้งตามลำดับซึ่งแยกพิจารณาอัตราส่วนนี้ตามชนิดของสายอากาศหรือเซลดังรูปที่ 2.5

ทดสอบใช้เซล A(f1,f2), B(f2,f3,f4) และ C(f1,f2) [3] ที่กำลังลดทอน γ เท่ากับ 3.5 เทียบกำลังที่รับได้กับระยะทางของทั้ง 3 เซล ดังรูปที่ 2.4 ค่า f2 ใช้เป็นเหมือนกับความถี่เซล Overlay และค่า f2,f3 กับ f4 เป็นเหมือนช่องสัญญาณบรอดคลาสของเซล Underlay ดังรูปที่ 2.4 จะได้ CIR แปรกับระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดสัญญาณของเซล ส่วน CIR ที่มีค่าน้อยที่สุดคือตำแหน่งที่ห่างจากแหล่งกำเนิดสัญญาณของเซลมากที่สุดจากรูประหว่างเซล A และ C แยกกันที่ตำแหน่ง 1.3 กิโลเมตรและ CNI_o ที่ตำแหน่ง 0.5 และ 1.75 กิโลเมตรที่ 12 dB โดยที่ระบบเซลลูล่าร์สามารถใช้งานได้ที่ 9 dB เป็นอย่างน้อยสำหรับสภาพแวดล้อมคงที่และไม่มีการฮอปปิ้ง

2.1.1.3 การสอดแทรกของช่องสัญญาณร่วมที่เกิดกับเซลแบบรอบทิศทาง

ในระยะทาง D คือระยะการสอดแทรกของเซลที่ใกล้ที่สุดดังรูปที่ 2.6 และความแรงของสัญญาณที่สอดแทรกแปรตามระยะทางจะได้ว่า



รูปที่ 2.6 การแทรกสอดของช่องสัญญาณร่วมจากเซลรอบทิศทาง

$$\frac{C}{I} = \frac{C}{\sum_{K=1}^{N_I} I_k} = \frac{1}{\sum_{K=1}^{6}\left(\frac{D_k}{R}\right)^{-\gamma}} = \frac{1}{6(q)^{-\gamma}} = \frac{q^{\gamma}}{6} \tag{2.19}$$

$$\therefore \qquad q = \left(6\frac{C}{I}\right)^{1/\gamma} \tag{2.20}$$

นำสมการดังกล่าวมาใช้ในการออกแบบ เช่น ตัวอย่างต้องการให้ CIR อย่างน้อย 18 dB

$$q = (6\times 63.1)^{0.25} = 4.41$$

ดังนั้น

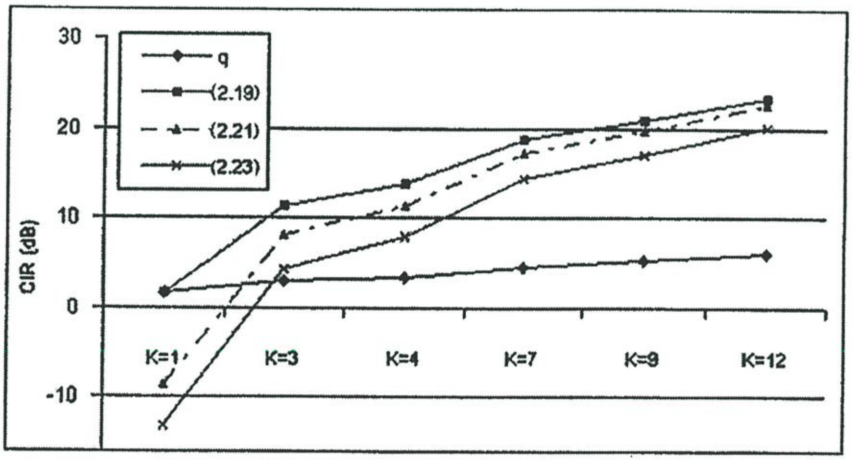
$$N = \left(\frac{4.41^2}{3}\right) = 6.49 \approx 7$$

ต่อมาพิจารณาอัตราส่วนการแทรกสอดของช่องสัญญาณร่วมที่ต้องการสัมพันธ์กับระยะทางและดีกรีการลดทอนสัญญาณ

$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-\gamma}}{2(D-R)^{-\gamma} + 2D^{-\gamma} + 2(D+R)^{-\gamma}} \quad (2.21)$$

สมมุติให้ $\gamma = 4$ และ $D/R = q$ เราจะได้

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{2(q-1)^{-4} + 2q^{-4} + 2(q+1)^{-4}} \quad (2.22)$$



รูปที่ 2.7 การเทียบค่า CIR ของสมการแทรกสอดที่ (2.19) (2.21) และ (2.23)

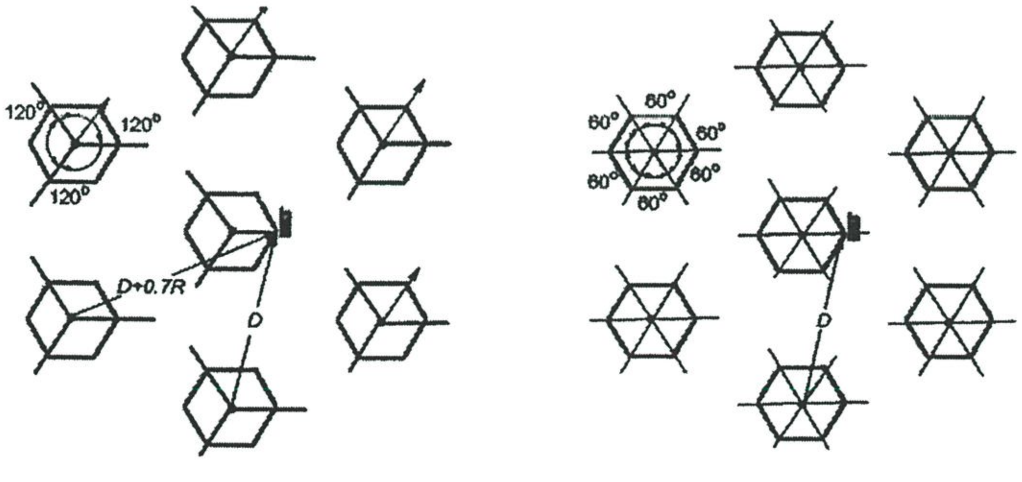
จากสมการข้างต้นเมื่อคำนึงถึงการแทรกสอดจากทั้ง 6 เซลโดยรอบที่สุดเมื่อใช้อัตราส่วน q เท่าเดิมจะได้ค่า CIR เป็น 14.46 dB ซึ่งน้อยกว่าที่กำหนดก็จะเห็นได้ว่าสายอากาศหรือเซลที่กระจายสัญญาณรอบทิศทางต้องการใช้จำนวนกลุ่มเซล N มากกว่า 7 คือ 9 หรือ 12 เป็นต้นและอีกสมการที่ใช้สำหรับกรณี worst case คือ

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{6(q-6)^{-\gamma}} \tag{2.23}$$

สมการเหล่านี้ถูกใช้และอ้างอิงกับรูปทรงเรขาคณิตซึ่งมีความแตกต่างกันพอสมควร จากสมการของ q (2.19) (2.21) และ (2.23) ซึ่งให้ความแตกต่างกัน [5] ดังรูปที่ 2.7 จะเห็นความแตกต่างของสมการที่อ้างอิงจากรูปเรขาคณิตพอสมควรซึ่งในการประมาณค่าจะแม่นยำมากขึ้นเมื่อใช้พื้นที่และตำแหน่งของการแทรกสอดที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด อย่างไรก็ตามระบบตรวจสอบและควบคุมกำลังส่งจะควบคุมทั้งขาขึ้นและขาลง

2.1.1.4 การสอดแทรกของช่องสัญญาณร่วมที่เกิดกับเซลแบบมีทิศทาง

เมื่อความต้องการใช้โทรศัพท์เพิ่มมากขึ้นการกำหนดให้ N มากขึ้นก็จะทำให้ช่องสัญญาณความถี่ถูกแบ่งไปมากเท่านั้นทำให้ไม่เพียงพอกับความต้องการใช้งาน ฉะนั้นเรื่องคุณภาพสัญญาณจึงไม่ใช่เรื่องหลักเรื่องเดียว ที่ต้องพิจารณาและวิธีการแบ่งเซคเตอร์ของเซลก็เป็นวิธีการหนึ่งที่จะลดสัญญาณรบกวนนี้ได้



ก เซลไซท์ 3 เซคเตอร์ ข เซลไซท์ 6 เซคเตอร์

รูปที่ 2.8 เซลที่กระจายสัญญาณแบบมีทิศทาง

กรณี 3 เซคเตอร์

ทำได้โดยการใช้สายอากาศที่มีบรีมวิดธ์ (Beamwidth) 120 องศาจะมีเซลที่มีสัญญารสอดแทรกที่ใกล้ที่สุดในวงแรกเพียง 2 เซลที่มีระยะ $D+0.7R$ และ D ทำให้ CIR เพิ่มขึ้นเป็น

$$\frac{C}{I}=\frac{R^{-\gamma}}{D^{-\gamma}+(D+0.7R)^{-\gamma}}=\frac{1}{q^{-\gamma}+(q+0.7)^{-\gamma}} \tag{2.24}$$

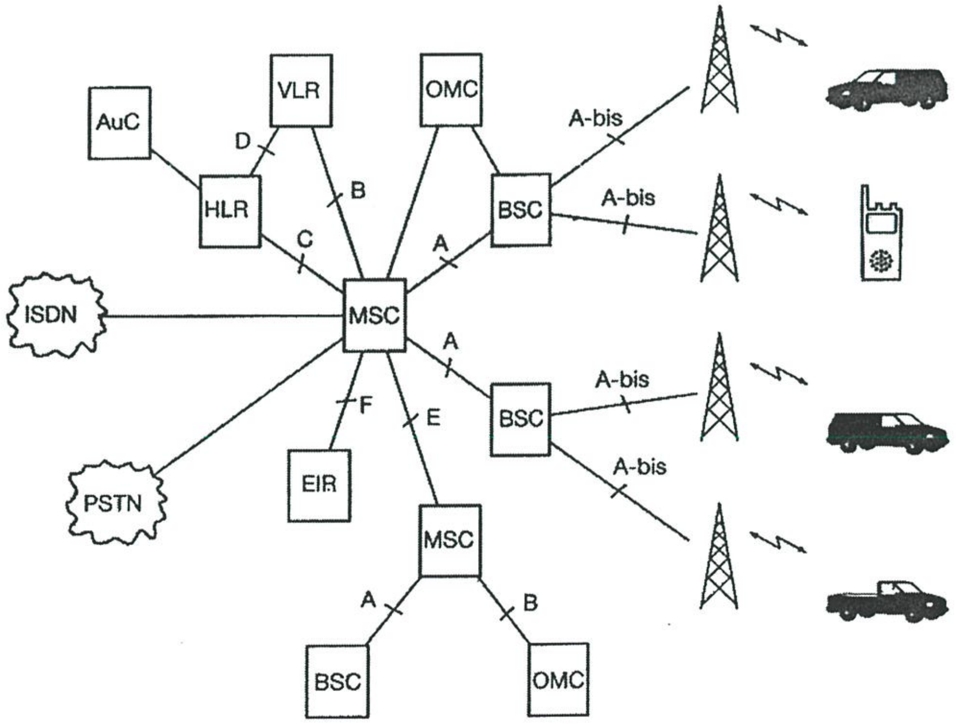
สมมติว่าใช้อัตรา q เท่าเดิมคือ 4.6 จะได้ CIR เท่ากับ 24.5 dB

กรณี 6 เซคเตอร์

ทำได้โดยใช้สายอากาศมีบีมวิดธ์ 60 องศาซึ่งจะมีการสอดแทรกของเซลที่ใกล้ที่สุดในวงแรกเพียงหนึ่งเซลเท่านั้นและได้ค่า CIR เป็น

$$\frac{C}{I}=\frac{R^{-\gamma}}{(D+0.7R)^{-\gamma}}=\frac{1}{(q+0.7)^{-\gamma}}=(q+0.7)^{\gamma} \tag{2.25}$$

ซึ่งจะได้ค่า CIR ในเงื่อนไขเดียวกับแบบ 3 เซคเตอร์เท่ากับ 29 dB ถึงแม้ว่าจะมีการลดลงในช่วงเวลาการใช้โทรศัพท์มีมาก แต่ก็ยังเป็นค่าที่เผื่อไว้ได้มากพอทั้งแบบ 3 เซคเตอร์และ 6 เซคเตอร์ ซึ่งในประเทศไทยได้ใช้วิธีการนี้ในปัจจุบัน



รูปที่ 2.9 โครงสร้างของโครงข่าย GSM/DCS

2.2 อุปกรณ์และหน้าที่การทำงานต่างๆของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูล่าร์

2.2.1 เครื่องลูกข่าย

นับเป็นอุปกรณ์ที่มีผู้คนโดยส่วนมากมีความคุ้นเคยด้วยมากที่สุดซึ่งสามารถแบ่งประเภทของเครื่องลูกข่ายออกได้เป็นหลายชนิดตามกำลังส่งสูงสุดที่เครื่องลูกข่ายสามารถส่งได้และการติดตั้งใช้งาน โดยจะพบเครื่องลูกข่ายได้ทั้ง แบบติดตั้งอยู่กับที่ (Fixed mobile station) ซึ่งเป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับติดตั้งภายในรถยนต์สามารถส่งสัญญาณได้ด้วยกำลังสูงสุด 20 วัตต์ นอกจากนั้นยังอาจเป็นแบบเคลื่อนย้ายได้ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบกระเป๋าหิ้วมีกำลังส่งสูงสุด 8 วัตต์ และแบบพกพาซึ่งได้รับความนิยมมากมีกำลังส่งสูงสุด 2 วัตต์ ทั้งหมดนี้คือประเภทของเครื่องลูกข่าย GSM สำหรับเครื่องลูกข่าย DCS1800 ในปัจจุบันจะมีเพียงแบบพกพาเท่านั้น โดยมีกำลังส่งสูงสุด 1 วัตต์ ทั้งนี้ ETSI ได้วางมาตรฐานประเภทของเครื่องลูกข่ายโดยแบ่งออกตามระดับกำลังส่งสูงสุกเรียกว่าคลาสกำลังส่ง แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งมีการนิยามให้สำหรับทั้งระบบ GSM-900, DCS-1800 และ DCS-1900

ตารางที่ 2.1 การแบ่งกำลังส่งและกำลังส่งสูงสุดของเครื่องลูกข่าย

ประเภทกำลังส่ง (Power Class)	กำลังส่งสูงสุดของเครื่องลูกข่าย GSM-900	กำลังส่งสูงสุดของเครื่องลูกข่าย DCS-1800	กำลังส่งสูงสุดของเครื่องลูกข่าย DCS-1900
1	20 วัตต์ (43 dBm)	1 วัตต์ (30 dBm)	1 วัตต์ (30 dBm)
2	8 วัตต์ (39 dBm)	0.25 วัตต์ (24 dBm)	0.25 วัตต์ (24 dBm)
3	5 วัตต์ (37 dBm)	ไม่มีการผลิต	2 วัตต์ (33 dBm)
4	2 วัตต์ (33 dBm)	ไม่มีการผลิต	ไม่มีการผลิต
5	0.8 วัตต์ (29 dBm)	ไม่มีการผลิต	ไม่มีการผลิต

SIM

SIM (Subscriber Identity Module) มีลักษณะเป็นแผ่นการ์ดขนาดเท่าบัตรเครดิตในเริ่มแรกและได้ปรับเปลี่ยนให้มีขนาดเล็กลงเรียกว่าแบบปลั๊กอิน (Plug-in SIM) ภายในมีอุปกรณ์ไมโครโปรเซสเซอร์และหน่วยความจำขนาดเล็กฝังอยู่ในการใช้งานต้องเสียบแผ่น SIM ลงในช่องใส่ เครื่องลูกข่ายที่ไม่มี SIM บรรจุอยู่จะไม่สามารถโทรออกหรือรับสายได้ ยกเว้นในกรณีที่ต้องการโทรไปยังหมายเลขฉุกเฉินจะโทรได้ทันที

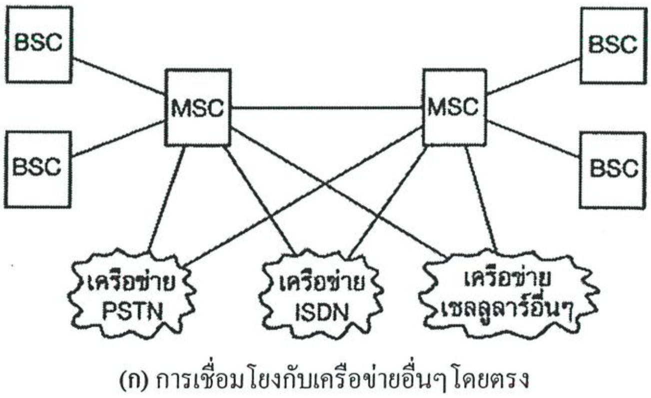
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.2.2 สถานีฐาน

มีชื่อย่อว่า BTS ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยใช้คลื่นวิทยุสำหรับติดต่อสื่อสารกับเครื่องลูกข่าย โดยปกติ BTS จะมีตำแหน่งที่อยู่ภายในกึ่งกลางของเซลแบบรอบทิศทาง (Omni Directional) หรืออาจจะใช้ BTS ตัวเดียวควบคุมจำนวนเซลมากกว่า 1 เซลซึ่งโดยทั่วไปจะเป็น 3 เซล กำลังส่งของอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณวิทยุของอุปกรณ์ BTS จะเป็นตัวแปรหนึ่งที่กำหนดขอบเขตความกว้างของเซลนั้นๆ โดยทั่วไปภายใน BTS หนึ่งตัวจะสามารถติดตั้งอุปกรณ์รับส่งสัญญาณวิทยุได้มากเต็มที่ถึง 16 ชุด ซึ่งรองรับความถี่ไดถึง 16 คู่

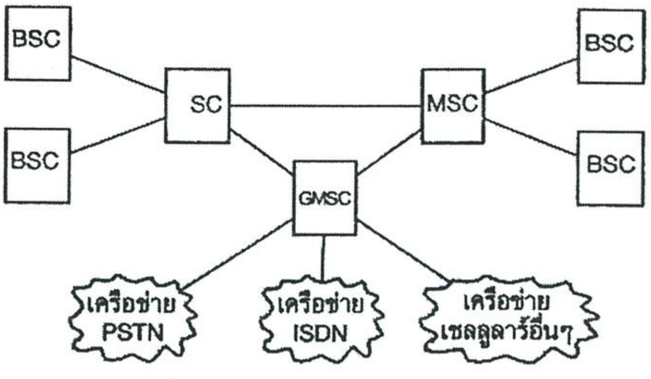
2.2.3 อุปกรณ์ควบคุมสถานีฐาน

Base Station Controller เรียกย่อๆ ว่า BSC ทำหน้าที่ตรวจสอบและควบคุมการทำงานของ BTS จำนวนหลายๆตัว ซึ่งจำนวนสูงสุดของ BTS ที่ BSC สามารถควบคุมได้ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตอุปกรณ์เครือข่ายแต่ละรายว่าจะกำหนดไว้เป็นเท่าใด โดยทั่วไป BSC แต่ล่ะแห่งจะสามารถควบคุม BTS ได้ตั้งแต่หลายสิบจนถึงหลักร้อยชุด หน้าที่หลักของ BSC ก็คือการบริหารใช้ความความถี่ของ BTS รวมถึงควบคุมการทำงานของ BTS และยังทำหน้าที่เชื่อมต่อวงจรและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง BTS ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการออกแบบระบบที่ให้ BSC ช่วยแบ่งเบาหน้าที่การทำงานของชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือถูกแยกออกไปติดตั้งห่างจากชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อให้อยู่ใกล้ๆกับกลุ่ม BTS ที่จะถูกควบคุมเป็นการประหยัดระยะทางของวงจรเชื่อมต่อระหว่าง BSC และ BTS แต่ละตัว ในบางครั้งจะนิยมเรียก BSC และ BTS ร่วมกันว่า BSS (Base Station Subsystem)



(ก) การเชื่อมโยงกับเครือข่ายอื่นๆ โดยตรง

51836



(ข) การเชื่อมโยงกับเครือข่ายอื่นๆ โดยผ่าน GMSC

รูปที่ 2.10 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการเชื่อมต่อเครือข่ายอื่นๆ โดย MS และ GMSC

2.2.4 ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่

ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อวงจรระหว่างเครื่องลูกข่ายด้วยกัน เพื่อสร้างวงจรสนทนาและเป็นตัวกลางในการตดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องลูกข่ายและอุปกรณ์อื่นๆภายในเครือข่ายชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่มีชื่อย่อว่า MSC นอกจาก MSC จะทำหน้าที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆภายในเครือข่ายดังแสดงในรูปที่ 2.9 แล้วยังจะต้องมีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ PSTN (Public Switching Telephone Network), เครือข่าย ISDN (Integrate Service Digital Network) รวมถึงเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่อื่นๆในกรณีที่เครือข่ายมี MSC หลายๆแห่งก็จะต้องมีการเชื่อมต่อ MSC แต่ละแห่งเข้าด้วยกัน ในเครือข่าย GSM บางแห่งการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอื่นๆจะนิยมต่อผ่านอุปกรณ์ GMSC (Gateway MSC) ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับ MSC ทุกอย่างอาจจะต่อกับ BSC หรือไม่ก็ได้ สาเหตุหนึ่งของการเชื่อมต่อผ่าน GMSC ก็เพื่อควบคุมการเรียกเข้าและออกกับต่างเครือข่ายให้ผ่านชุมสายเพียงตัวเดียวไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่อ MSC ที่มีอยู่ทุกตัวภายในเครือข่ายอื่นๆซึ่งแสดงความแตกต่างไว้ในรูปที่ 2.10

การเชื่อมต่อของระบบสัญญาณควบคุมระหว่าง MSC และอุปกรณ์อื่นๆภายในเครื่อข่ายซึ่งแสดงในรูปที่ 2.9 ต่างก็อยู่บนพื้นฐานของระบบสัญญาณแบบ CCS7 (Common Channel Signaling Number 7) การเรียกชื่อวงจรเชื่อมต่อสัญญาณจะเป็นไปตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้โดย ETSI ดังนี้

วงจรเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง MSC และ BSC มีชื่อเรียกว่า A-interface
วงจรเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง MSC และ VLR มีชื่อเรียกว่า B-interface
วงจรเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง MSC และ HLR มีชื่อเรียกว่า C-interface
วงจรเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง HLR และ VLR มีชื่อเรียกว่า D-interface
วงจรเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง MSC และ MSC มีชื่อเรียกว่า E-interface
วงจรเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง MSC และ EIR มีชื่อเรียกว่า F-interface

สำหรับการเชื่อมต่อระหว่าง HLR และ AuC จะขึ้นอยู่กับผู้ผลิตอุปกรณ์ว่าจะใช้เป็นแบบใด ส่วนการเชื่อมต่อระหว่าง BSC และ BTS มีชื่อเรียกว่า Abis-interface ซึ่งเป็นระบบสัญญาณที่อยู่บนพื้นฐานโปรโตคอลแบบ LAPD เช่นเดียวกับการเชื่อมต่อสัญญาณวิทยุระหว่าง BTS กับเครื่องลูกข่าย

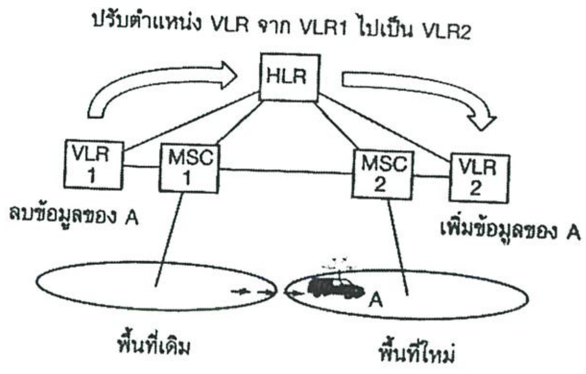
2.2.5 ฐานข้อมูลการลงทะเบียนของผู้ใช้บริการกลาง

เรียกย่อๆ ว่า HLR เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บเลขหมายและข้อมูลเฉพาะอื่นๆของลูกค้า (ผู้ใช้บริการ) ตัวอย่างของข้อมูลที่เก็บไว้ใน HLR ได้แก่เลขหมาย IMSI (International Mobile Subscriber Identity) ซึ่งเป็นเลขหมายอ้างอิงผู้ใช้บริการที่ใช้ภายในเครือข่าย GSM, เลขหมาย MSISDN (Mobile Subscriber ISDN Number) ซึ่งเป็นเลขหมายในการโทรติดต่อหากัน กุญแจตรวจสอบการลงทะเบียน (Authentication Key) รายการบริการพิเศษที่ทำการเปิดใช้ รวมไปถึงข้อมูลชั่วคราวอื่นๆซึ่งได้แก่หมายเลขของ VLR ที่ผู้ใช้บริการกำลังติดต่ออยู่ เบอร์โทรศัพท์ที่ต้องการจะให้โอนสายและบางส่วนของข้อมูลที่ใช้ในกระบวนการตรวจสอบยืนยันผู้ใช้และกระบวนการเข้ารหัสเสียงพูด สำหรับ HLR ในเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่อาจจะมีได้ตั้งแต่หนึ่งตัวหรือมากกว่านั้นทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการจัดสรรการลงทะเบียนของผู้ใช้บริการระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

2.2.6 ฐานข้อมูลการลงทะเบียนของผู้ใช้บริการชั่วคราว

มีชื่อเรียกย่อว่า VLR ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่เกี่ยวกับเลขหมายทั้งหมดที่เข้ามาใช้งานอยู่ในพื้นที่ของ MSC ใด MSC หนึ่งโดยทั่วไปจำนวนของ VLR และ MSC จะเท่ากัน สำหรับข้อมูลของเลขหมายแต่ละเลขที่เก็บอยู่ภายใน VLR จะแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเป็นข้อมูลถาวรซึ่งเป็นข้อมูลเดียวกันกับข้อมูลที่เก็บไว้ใน HLR อีกส่วนหนึ่งเป็นข้อมูลชั่วคราวตัวอย่างของข้อมูลชั่วคราวได้แก่เลขหมาย TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity) ซึ่งเป็นเลขหมายที่ใช้รับส่งระหว่างสถานีฐานกับเครื่องลูกข่ายแทนเลขหมาย IMSI เพื่อป้องกันการถูกลักลอบดักจับ

จุดประสงค์ของการออกแบบให้มี VLR ก็เพื่อให้ทำหน้าที่ร่วมกันกับการ MSC สำหรับสร้างการเชื่อมต่อวงจร (Call establishment) และการตรวจสอบยืนยันการใช้งาน (Authentication procedure) ซึ่งการระบุตำแหน่งของเลขหมายผู้ใช้บริการโดยใช้ VLR จะช่วยทำให้ลดปริมาณการส่งสัญญาณสอบถามตำแหน่งจาก MSC ไปยัง HLR เนื่องจาก MSC สามารถติดต่อขอข้อมูลจาก VLR ของตนได้โดยตรงสำหรับการขอเชื่อมวงจรและการตรวจสอบยืนยันการใช้งาน ในกรณีที่ผู้ใช้บริการเคลื่อนย้ายตำแหน่งของตนเองไปยังพื้นที่ของ MSC อื่น VLR ประจำ MSC เดิมจะต้องลบข้อมูลเกี่ยวกับเกี่ยวกับเลขหมายดังกล่าวทิ้งไป ในขณะที่ VLR ตัวใหม่จะบันทึกข้อมูลของเลขหมายดังกล่าวพร้อมกับที่ HLR จะต้องได้รับแจ้งถึงการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวและทำการปรับข้อมูลระบุตำแหน่ง VLR ที่สัมพันธ์กับตำแหน่งที่อยู่ใหม่ของผู้ใช้บริการดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การปรับข้อมูลภายใน VLR และ HLR เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่เลขหมาย A มีการย้ายตำแหน่งพื้นที่จาก VLR1 ไปยัง VLR2

2.2.7 ศูนย์ตรวจสอบผู้ลงทะเบียน

โดยปกติ AuC (Authentication Center) จะเชื่อมต่อกับ HLR โดยตรง บางครั้งอาจพบว่า AuC และ HLR เป็นอุปกรณ์ตัวเดียวกัน AuC ทำหน้าที่เก็บข้อมูลต่างที่จำเป็นในการใช้ตรวจสอบยืนยันการใช้งานโดยส่งผ่านไปทาง HLR ซึ่ง AuC จะทราบว่าต้องใช้อัลกอริธึมชนิดใดสำหรับกระบวนการตรวจสอบยืนยันของเลขหมายแต่ละเลขพร้อมกับทำหน้าที่คำนวณสร้างรหัสตรวจสอบสำหรับส่งต่อไปยัง VLR เพื่อทำการเปรียบเทียบกับรหัสที่ได้รับจากเครื่องลูกข่าย เนื่องจากข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการตรวจสอบยืนยันการใช้งานถูกเก็บไว้ใน AuC จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการป้องกันข้อมูลใน AuC เป็นอย่างดี สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบยืนยันการใช้งานของเลขหมายแต่ละเลขทั้งที่เก็บอยู่ใน AuC และ SIM จะเป็นข้อมูลเดียวกันทุกประการ

2.2.8 ฐานข้อมูลเครื่องลูกข่าย

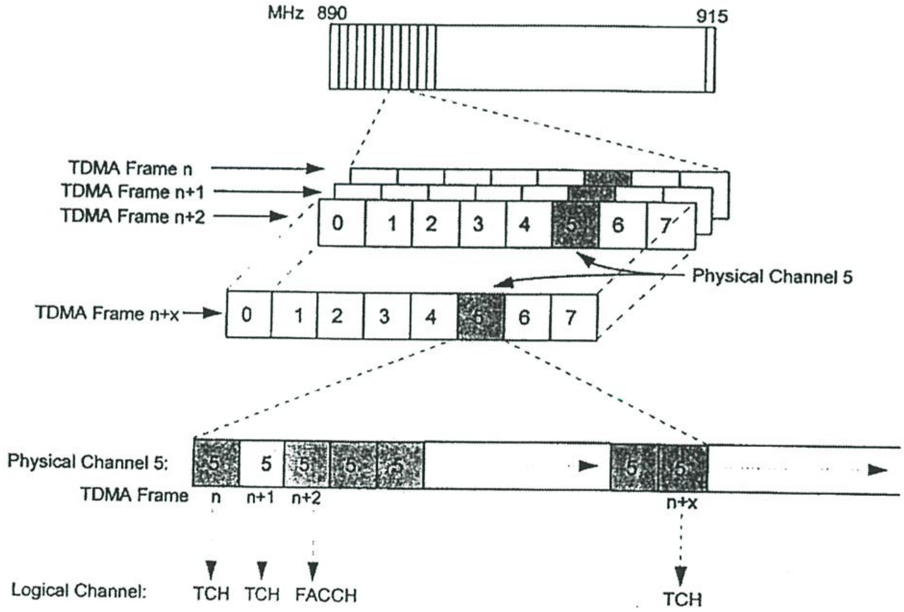
Equipment Identity Register หรือ EIR เป็นอุปกรณ์เพิ่มเติมสำหรับผู้ใช้บริการเครือข่าย การใช้งาน EIR เป็นการรักษาความปลอดภัยอีกประการหนึ่ง โดย EIR จะทำหน้าที่เก็บข้อมูลเลขหมายประจำเครื่องลูกข่ายซึ่งจะแบ่งออกเป็นกลุ่มอนุญาตให้ใช้งาน กลุ่มที่ได้รับแจ้งว่าถูกขโมยหรือสูญหายและกลุ่มที่ถูกจับตามองเป็นต้น เลขหมายประจำเครื่องลูกข่ายมีชื่อเรียกว่า IMEI (International Mobile Equipment Identity) ซึ่งไม่ใช่เลขเดียวกันกับหมายเลขเครื่องจากการผลิต เนื่องจาก IMEI เป็นเลขหมายมาตรฐานซึ่งระบุถึงบริษัทผู้ผลิตประเทศที่ผลิตและรหัสการตรวจอนุมัติ การมี EIR ขึ้นในระบบก็เพื่อใช้สำหรับตรวจสอบว่าเครื่องลูกข่ายดังกล่าวสามารถใช้ได้ในเครือข่ายหรือไม่ซึ่งไม่เกี่ยวกับเรื่องของ SIM เป็นการตรวจเฉพาะเครื่องลูกข่ายเท่านั้น โดยการตรวจสอบจะกระทำทุกครั้งที่มีการเปิดเครื่องและเมื่อมีการโทรออกหรือรับสายเข้า

2.2.9 ส่วนควบคุมการทำงานและบำรุงรักษาเครือข่าย (Operation and Maintenance Center)

ส่วนควบคุมการทำงานและบำรุงรักษาเครือข่ายหรือ OMC เป็นอุปกรณ์ที่มิได้เกี่ยวข้องโดยตรงกับการให้บริการของระบบ แต่จะทำหน้าที่ควบคุมและบริหารการทำงานของระบบเครือข่ายโดยรวม ระบบ OMC ยังแบ่งออกเป็น OMC-S (OMC Switch) ทำหน้าที่ควบคุมและบริหารการทำงานของ MSC และ HLR นอกจากนี้ยังมี OMC-R (OMC Radio) ทำหน้าที่ควบคุมและบริหารการทำงานของ BSC และ BTS

2.3 โครงสร้างช่องการสื่อสารและเฟรม

แต่ละช่วงเวลาของแต่ละความถี่บนรูปแบบการเข้าถึงของช่วงเวลา (Time Division Multiple Access) หรือ TDMA เฟรมจะเรียกว่าช่องสัญญาณทางกายภาพ (Physical Channel) ซึ่งในหนึ่งความถี่สามารถแบ่งออกได้ 8 ช่องสัญญาณทางการภาพในระบบเซลลูล่าร์แบบ GSM (Global System for Mobile Communication) และในช่องทางกายภาพนี้สามารถใช้ในการส่งสัญญาณเสียงข้อมูลต่างๆและสัญญาณควบคุมข่าวสารต่างๆ



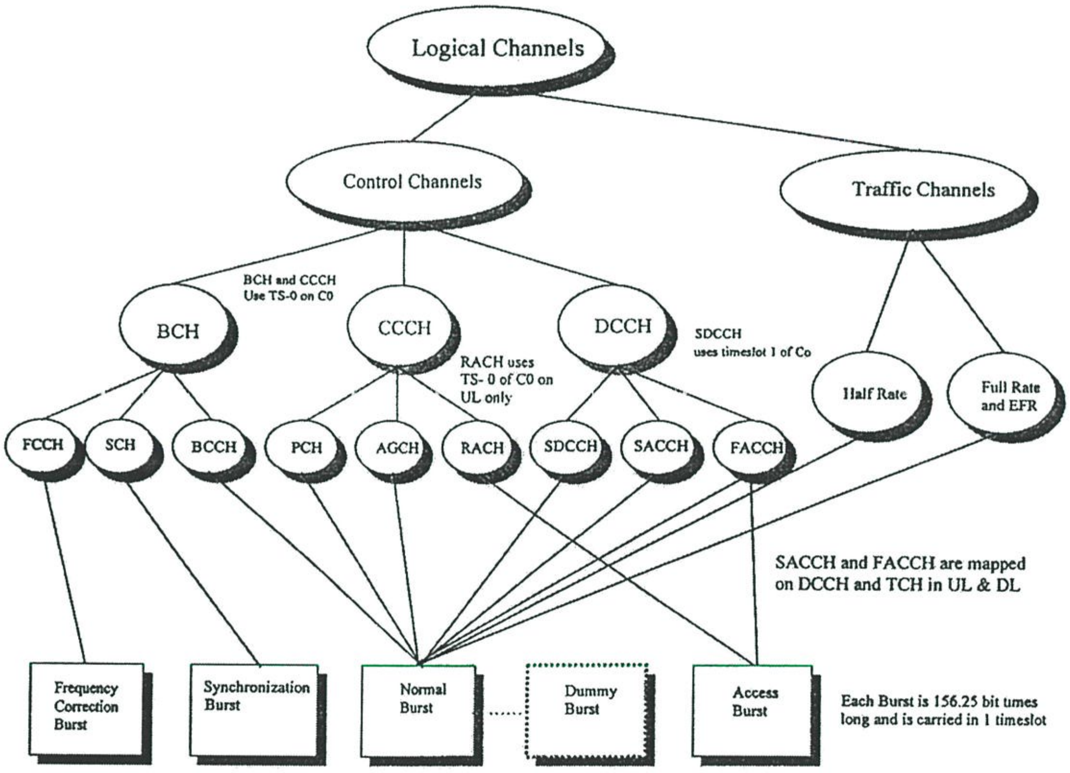
รูปที่ 2.12 แสดงแนวความคิดของช่องสัญญาณบนการเข้าถึงแบบแบ่งช่วงเวลา

ช่องสัญญาณทางกายภาพอาจบรรจุข้อมูลภายในที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับข่าวสารหรือข้อมูลที่ต้องการจะส่งออกไป ข้อมูลเหล่านี้จะถูกบรรจุเข้าไปในช่องสัญญาณที่เรียกว่าช่องสัญญาณทางตรรก (Logical Channel) ตัวอย่างบนหนึ่งช่องสัญญาณทางกายภาพใช้สำหรับสื่อสารข้อมูลของผู้ใช้บริการข้อมูลที่ส่งนั้นจะอยู่ในช่องสัญญาณทางตรรกที่ชื่อว่าช่องสื่อสารข้อมูล (Traffic

Channel) หรือ TCH ในขณะเดียวกันช่องสัญญาณทางกายภาพอื่นอาจใช้สำหรับการแฮนด์โอเวอร์ที่เรียกว่าช่องสื่อสารควบคุมร่วมชนิดเร็ว (Fast Associated Control Channel) หรือ FACCH

2.3.1 ช่องสื่อสารทางตรรก

ช่องสัญญาณการสื่อสารทางตรรกประกอบไปด้วยช่องต่างๆมากมายดังแสดงในรูปที่ 2.13 โดยแต่ละช่องสัญญาณก็ถูกออกแบบให้ใช้งานแตกต่างกันเพื่อส่งและรับข้อมูลจากเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MS) ข้อมูลข่าวสารที่ส่งและรับจาก MS ต้องอยู่ในรูปแบบที่ถูกต้องจึงจะสามารถสื่อสารกันได้อย่างถูกต้อง แต่ละแบบของช่องการสื่อสารทางตรรกจะถูกส่งออกไป (Burst) ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างช่องสัญญาณทางตรรกกับ Bursts แสดงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ช่องการสื่อสารทางตรรกและสัญญาณ Bursts

2.3.2 ช่องสื่อสารควบคุม

เมื่อ MS ถูกเปิดเครื่องมันจะทำการค้นหา BTS ที่ตัวมันทำการติดต่ออยู่แล้วทำการสแกนความถี่ทั้งแถบความถี่หรือตัวเครื่อง MS อาจถูกกำหนดความถี่บางช่วงในการสแกนก็ได้ซึ่งถูกตั้งมาจากผู้ให้บริการระบบ เมื่อ MS สามารถหาความถี่ที่มีกำลังสูงสุดได้แล้วก็จะทำการประเมินช่องสัญญาณที่ได้ว่าเป็นแบบใดถ้าเป็นช่องสื่อสารควบคุมมันจะทำการค้นหารายละเอียดเกี่ยวกับ

เครือข่ายที่ใช้งาน เช่น ตำแหน่งพื้นที่ให้บริการ กำลังส่งสูงสุดที่ยอมให้ส่งในเซลปัจจุบันและความถี่ของเซลข้างเคียงซึ่งรายละเอียดเหล่านี้จะบรรจุอยู่ในช่องสื่อสารควบคุมกระจายข่าว (Broadcast Control Channel) หรือ BCCH

ช่องสื่อสารควบคุม BCCH จะบรรจุข้อมูลที่สำคัญมากภายในเพื่อส่งให้กับ MS ประกอบไปด้วยพื้นที่ให้บริการที่ใช้งานอยู่ขณะนั้น ข้อมูลซิงโครไนซ์เซชั่นและเครือข่ายที่ใช้งานอยู่ ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งออกไปเป็นระยะๆและจัดอยู่ในส่วนของช่องสื่อสารกระจายข่าว (Broadcast Channel) หรือ BCH

ตารางที่ 2.2 ช่องสื่อสารการกระจายข่าว

ช่องสื่อสารกระจายข่าว (BCH's)			
ช่องสื่อสารทางตรรก	ทิศทาง	สถานีฐาน (BTS)	เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MS)
ช่องสื่อสารระบุความถี่ใช้งานหรือ FCCH (Frequency Correction Channel)	ขาลง – จุดต่อหลายจุด	ใช้ส่งความถี่ของคลื่นพาห์	ตรวจรายละเอียดของ BCCH โดยใช้ความถี่ของคลื่นพาห์ที่ส่งมาและซิงโครไนซ์กับความถี่ที่ใช้งาน
ช่องสื่อสารซิงโครไนซ์เซชั่นหรือ SCH (Synchronization Channel)	ขาลง – จุดต่อหลายจุด	ส่งข่าวสารเกี่ยวกับโครงสร้างของเฟรม TDMA ภายในเซลใช้งาน ตัวอย่างลำดับเฟรม และรหัสของ BTS (Base Station Identity Code)	ซิงโครไนซ์กับโครงสร้างเฟรมในเซลใช้งานและตรวจสอบการถอดรหัสว่า BTS นั้นอยู่ในเครือข่ายที่ MS ได้ลงทะเบียนไว้
ช่องสื่อสารควบคุมการกระจายข่าวหรือ BCCH (Broadcast Control Channel)	ขาลง – จุดต่อหลายจุด	กระจายข่าวสารทั่วไปเกี่ยวกับเซลใช้งานเช่น ตำแหน่งพื้นที่ให้บริการหรือ LAI (Location Area Identity) กำลังส่งสูงสุดที่ MS สามารถใช้ได้และระบุคลื่นพาห์ของ BCCH ของเซลข้างเคียง	รับ LAI เพื่อเก็บเป็นข้อมูลในกระบวนการปรับตำแหน่งใหม่ แต่ถ้าค่า LAI ต่างจากค่าเดิมที่เก็บไว้ที่ SIM และ MS ก็จะดำเนินการปรับกำลังส่งตามข้อมูลที่รับจาก BCCH ส่วนข้อมูลของคลื่นพาห์ของ BCCH ของเซลข้างเคียงที่รับมา MS จะทำการบันทึกค่ากำลังส่งที่ได้รับเพื่อพิจารณาในการแฮนด์โอเวอร์ต่อไป

เมื่อ MS เสร็จสิ้นการวิเคราะห์ข้อมูลข่าวสารจากช่องสื่อสาร BCH แล้วมันจะต้องมีข้อมูลที่จำเป็นสำหรับทำงานกับเครือข่ายต่อไป แต่อย่างไรก็ตามถ้า MS เกิดการโรมมิ่งหรือย้ายไปเซล

อื่นๆตัวเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เองต้องทำกระบวนการอ่านข่าวสารจากช่องสื่อสาร FCCH, SCH และ BCCH จากเซลที่ย้ายไปใหม่ เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนต้องการที่จะโทรออกหรือมีการเรียกเข้า ช่องสื่อสารในกลุ่มที่เรียกว่าช่องการสื่อสารควบคุมร่วมหรือ CCCH (Common Control Channel) จะถูกเรียกมาใช้งานดังตารางที่ 2.3

เมื่อ MS และ BSS เสร็จกระบวนการที่จะเริ่มต้นสำหรับสร้างวงจรสนทนาโดยใช้ช่องสัญญาณในกลุ่มควบคุมแล้ว MS กับ BSS ดังกล่าวจะเริ่มต้นเข้าสู่กระบวนการสร้างวงจรสนทนา (Call Setup) โดยใช้กลุ่มช่องสื่อสารควบคุมถือครองหรือ DCCH (Dedicated Control Channel) ต่อไปเพื่อต่อวงจรที่ MSC ดังแสดงรายละเอียดตามตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 ช่องสื่อสารควบคุมร่วม

ช่องสื่อสารกระจายข่าว (CCCH)			
ช่องสื่อสารทางตรรก	ทิศทาง	สถานีฐาน (BTS)	เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MS)
ช่องสื่อสารเพื่อการติดตามหรือ PCH (Paging Channel)	ขาลง – จุดต่อจุด	ส่งข้อมูลเพจจิ้งเพื่อบอกว่ามีการเรียกเข้าหรือมีการส่งข้อมูลจากผู้ใช้บริการ ข้อมูลเพจจิ้งนั้นจะบรรจุเลขหมายแสดงตัวของ MS ที่เครือข่ายต้องการจะติดต่อด้วย	ในขณะเวลาดังกล่าว MS ทุกเครื่องที่มี LAI เดียวกันจะตรวจสอบข้อมูลใน PCH ถ้าเลขหมายแสดงตัวตรงกัน MS จะส่งสัญญาณตอบรับเพื่อแสดงตัว
ช่องสื่อสารเข้าถึงแบบสุ่มหรือ RACH (Random Access Channel)	ขาขึ้น – จุดต่อจุด	รับการเชื่อมต่อจาก MS สำหรับกระบวนการสร้างวงจรสนทนา ส่งข้อมูลประเภท none-voice และปรับค่าตำแหน่ง	ตอบรับของมูลจากเพจจิ้งบนช่องสัญญาณนี้โดยร้องขอช่องสื่อสาร
ช่องสื่อสารตอบรับการขอใช้งานหรือ AGCH (Access Grant Channel)	ขาลง – จุดต่อจุด	จัดเตรียมช่องสื่อสารที่เรียกว่า SDCCH ให้กับ MS	รับข้อมูลช่องสื่อสาร SDCCH ที่สามารถงานใช้ได้

2.3.3 ช่องสื่อสารข้อมูล

ทุกครั้งหลังจากกระบวนการสร้างวงจรสนทนาเสร็จสิ้นโดยใช้ช่องสื่อสารควบคุมแล้ว MS จะเปลี่ยนมาใช้ช่องสัญญาณสำหรับการสื่อสารที่มีชื่อเรียกว่าช่องสื่อสารข้อมูลหรือ TCH (Traffic Channel) ซึ่งเป็นช่องสื่อสารทางตรรกอีกช่องหนึ่งและสามารถแบ่งออกได้ 2 แบบคือ Full rate TCH ใช้ส่งข้อมูลประเภทเสียงด้วยความเร็ว 13Kbits/sec บนช่องสัญญาณหนึ่งช่องและ Haft rate TCH ใช้ส่งข้อมูลประเภทเสียงด้วยความเร็ว 6.5Kbits/sec บนช่องสัญญาณครึ่งช่องกล่าวคือหนึ่งช่องสัญญาณสามารถใช้งานช่องสื่อสารข้อมูลแบบนี้ใช้ 2 ช่องจึงเป็นการเพิ่มความจุให้กับเซลอีกทางหนึ่ง

2.3.4 ลักษณะต่างๆของสัญญาณ Burst

จากที่ได้กล่าวไปแล้วว่าในความถี่พาห์หนึ่งสามารถแบ่งออกได้ 8 ช่วงเวลาด้วยเทคนิคของ TDMA แต่ละช่วงเวลามีความกว้าง ประมาณ 577 ไมโครวินาทีและมีจำนวนบิตเท่ากับ 156.25 บิต เป็นบิตใช้งาน 148 บิตทั้งนี้เนื่องจากต้องมีการกำหนดระยะห่างระหว่างช่วงเวลาไว้ เพื่อสำรองใช้ในช่วงเวลาระหว่างการเปิดและปิดวงจรของอุปกรณ์ความถี่ตามมาตรฐานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูล่าร์และได้มีการกำหนดประเภทของ Burst ออกเป็น 5 ชนิดด้วยกันดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.4 กลุ่มช่องสื่อสารควบคุมถือครอง

ช่องสื่อสารกระจายข่าว (DCCH)			
ช่องสื่อสารทางตรรก	ทิศทาง	สถานีฐาน (BTS)	เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MS)
ช่องสื่อสารควบคุมถือครองอิสระหรือ SDCCH (Standalone Dedicated Control Channel)	ขาขึ้นและขาลง – จุดต่อจุด	BTS ต่อวงจรมายังช่องสื่อสารนี้เพื่อใช้สำหรับกระบวนการต่อวงจรสนทนา ช่องสื่อสาร TCH ก็จะถูกกำหนดระหว่างการ Call Setup (SDCCH ยังถูกใช้ในกรณีการส่ง SMS ไปยัง MS ด้วย)	MS ต่อวงจรมายังช่องสื่อสารนี้แล้วเริ่มกระบวนการ Call Setup และถูกกำหนดช่องสื่อสาร TCH ทั้งความถี่พาห์และช่องสัญญาณ
ช่องสื่อสารการกระจายข่าวของเซลหรือ CBCH (Cell Broadcast Channel)	ขาลง – จุดต่อหลายจุด (อยู่บนช่องสื่อสาร SDCCH)	ใช้ช่องสื่อสารทางตรรกนี้เพื่อส่ง SMS กระจายข้อมูลของเซล	MS รับข่าวสารที่กระจายส่งออกมาโดยเซล
ช่องสื่อสารควบคุมร่วมชนิดช้าหรือ SACCH (Slow Associated Control Channel)	ขาขึ้นและขาลง – จุดต่อจุด	สั่งให้ MS ควบคุมกำลังส่งตามค่าที่กำหนดไว้และพารามิเตอร์บางตัวสำหรับเวลาล่วงหน้า	ส่งค่าเฉลี่ยของกำลังส่งและคุณภาพสัญญาณที่รับจาก BTS รวมทั้งและกำลังส่งของ BTS ข้างเคียงและ MS ยังใช้ช่องสื่อสารนี้เพื่อประโยชน์ระหว่างการใช้งานด้วย
ช่องสื่อสารควบคุมร่วมชนิดเร็วหรือ FACCH (Fast Associated Control Channel)	ขาขึ้นและขาลง – จุดต่อจุด	ส่งข้อมูลเกี่ยวกับการแฮนด์โอเวอร์ (Handover)	ส่งข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการทำแฮนด์โอเวอร์

2.3.5 ความสัมพันธ์ของ Burst และเฟรม

ความสัมพันธ์ระหว่าง Burst และเฟรมแสดงดังรูปที่ 2.14 ซึ่งประกอบไปด้วยมัลติเฟรม 2 แบบด้วยกันคือ

- 26 TDMA เฟรม : ใช้สำหรับส่งช่องสื่อสาร TCH, SACCH และ FACCH
- 51 TDMA เฟรม : ใช้สำหรับส่งช่องสื่อสาร BCCH, CCCH, SDCCH และ SACCH

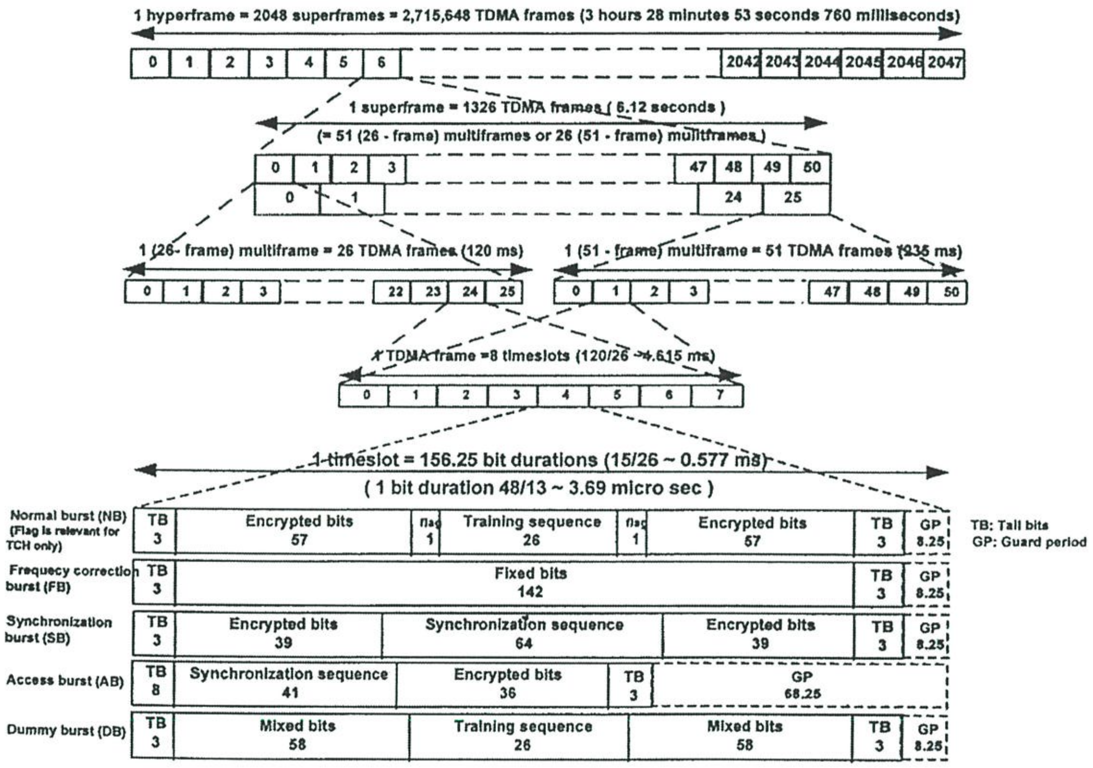
2.3.5.1 โครงสร้างมัลติเฟรมช่องสื่อสารข้อมูล

มีโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 2.15 มีขนาดเท่ากับ 26 เฟรม TDMA โดยแต่ละช่องย่อยของมัลติเฟรมเป็นการแทนช่วงเวลาใช้งานที่ถูกกำหนดเป็นช่องสืjอสารทราฟฟิกช่องใดช่องหนึ่ง สมมติว่ากำลังพิจารณาทราฟฟิกของช่องเวลาที่ 4 ของเฟรม TDMA

ตารางที่ 2.5 แสดงชนิดของ Burst

ชนิด	วัตถุประสงค์ในการใช้งาน	ช่องสื่อสาร	ส่วนประกอบ
Normal Burst	ใช้เพื่อส่งข้อมูลใช้งานและควบคุม	BCCH, PCH, AGCH, TCH, SDCCH, CBCH, SACCH, FACCH	- ข้อมูลใช้งานที่ถูกเข้ารหัสจำนวน 57 บิตแบ่งออกเป็น 2 ส่วน - เทรนนิ่งซีเควนซ์ 26 บิต - แฟล็กทด 2 บิต - บิตหาง 3 บิตแบ่งออกเป็น 2 ส่วน - ช่วงเวลาการ์ด 8.25 บิต
Frequency Correction Burst	ใช้สำหรับซิงโครไนเซชั่นความถี่ของ MS	FCCH	- 142 บิตข้อมูลของการตรวจแก้ความถี่ - บิตหาง 3 บิตแบ่งออกเป็น 2 ส่วน - ช่วงเวลาการ์ด 8.25 บิต
Synchronization Burst	ใช้สำหรับเฟรมซิงโครไนเซชั่นของ MS	SCH	- ข้อมูลโครงสร้างของ TDMA เฟรมจำนวน 39 บิตแบ่งออกเป็น 2 ส่วน - 64 บิตสำหรับซิงโครไนเซชั่น - บิตหาง 3 บิตแบ่งออกเป็น 2 ส่วน - ช่วงเวลาการ์ด 8.25 บิต
Access Burst	ใช้สำหรับการเข้าถึงแบบสุ่มและแฮนด์โอเวอร์	RACH และ FACCH	- 41 บิตสำหรับซิงโครไนเซชั่น - 36 บิตของการเข้าถึงข้อมูล - บิตหาง 3 บิตแบ่งออกเป็น 2 ส่วน - ช่วงเวลาการ์ด 68.25 บิต
Dummy Burst	ใช้เมื่อไม่มีช่องสื่อสารใดต้องการส่งข้อมูล	-	- เทรนนิ่งซีเควนซ์ 26 บิต - บิตหาง 3 บิตแบ่งออกเป็น 2 ส่วน - 58 บิตผสม

ดังนั้นช่องเวลาที่ 4 ของทุกช่องในมัลติเฟรมก็จะเป็นข้อมูลของผู้ใช้บริการรายหนึ่งที่รับหรือส่งออกมาซึ่งในรูปที่ 2.15 (ก) เป็นโครงสร้างมัลติเฟรมทราฟฟิกของช่องสื่อสารทราฟฟิกสำหรับเสียงพูดหรือข้อมูลแบบเต็มอัตรา (TCH/FS – TCH/9.6/4.8/2.4) และ (ข) เป็นช่องสื่อสารทราฟฟิกเสียงพูดหรือข้อมูลแบบครึ่งอัตรา (TCH/HS – TCH/4.8/2.4) พิจารณาในมัลติเฟรมทราฟฟิกช่องที่ 12 ซึ่งมิได้ใช้สำหรับส่งข้อมูลของผู้ใช้บริการแต่จะใช้รับส่งสัญญาณควบคุมแบบ SACCH และสำหรับช่องที่ 25 ของมัลติเฟรมทราฟฟิกสำหรับช่องสื่อสารแบบเต็มอัตราจะถูกปล่อยว่างไว้แต่ในกรณีของมัลติเฟรมสำหรับช่องสื่อสารแบบครึ่งอัตราจะใช้ช่องที่ 12 ในการส่ง SACCH ของช่องสื่อสาร TCH วงจรที่ 1 และช่องที่ 25 สำหรับส่ง SACCH ของช่องสื่อสาร TCH วงจรที่ 2



รูปที่ 2.14 ลักษณะของ Burst และเฟรม

รูปที่ 2.15 โครงสร้างของมัลติเฟรมช่องสื่อสารข้อมูล

2.3.5.2 การจัดโครงสร้างของมัลติเฟรมกลุ่มช่องสื่อสารควบคุมแบบ BCH และ CCCH

โครงสร้างในรูปที่ 2.16 (ก) เป็นทิศทางการส่งจาก BTS ไปยัง MS และรูป (ข) เป็นการส่งจาก MS ไปยัง BTS ซึ่งการจัดตำแหน่งของ FCCH และ SCH ให้อยู่ถัดกันไปทำให้ MS ที่เพิ่งเปิดเครื่องสามารถเข้าระบบได้รวดเร็ว เนื่องจากสามารถจับฐานเวลาของระบบโดย FCCH และ SCH ลักษณะการจัดเฟรมแบบนี้เหมาะสำหรับเซลที่พบว่ามีอัตราการโทรเข้าออกสูงๆเนื่องจากมีช่องสื่อสาร CCCH มากแต่ก็มิได้รวมกลุ่มช่องสื่อสาร DCCH ไว้ด้วย

51 เฟรม (235.38 ms)

F	S	BCCH	BCCH	F	S	CCCH	F	S	CCCH	F	S	CCCH	F	S	CCCH	I
0	1	2-5	6-9	10	11	12-19	20	21	22-29	30	31	32-39	40	41	42-49	50

(ก) ทิศทางขาลง (Down Link)

R	R			R	R		R	R		R	R		R	R		R
0	1			10	11		20	21		30	31		40	41		50

(ข) ทิศทางขาขึ้น (Up Link)

F = FCCH, S = SCH, B = BCCH, C = CCCH (PCH, AGCH), I = Idle, R = RACH

รูปที่ 2.16 โครงสร้างของมัลติเฟรมกลุ่มช่องสื่อสารแบบ BCH และ CCCH

2.3.5.3 การจัดโครงสร้างของมัลติเฟรมกลุ่มช่องสื่อสารควบคุมแบบ DCCH

เป็นมัลติเฟรมควบคุมที่มีการกำหนดให้ใช้งานเฉพาะ SDCCH และ SACCH โดยทั่วไป ความยาวของข่าวสารแต่ละชนิดผ่านช่องสื่อสารควบคุม SDCCH จะกินเนื้อที่ไม่เกิน 4 เฟรมติดต่อกัน ดังนั้นในรูปที่ 2.17 (ก) และ (ข) ซึ่งจะพบการจัดโครงสร้างชนิดนี้ในบริเวณที่มีการเคลื่อนที่ของเครื่องลูกข่ายมากๆและอัตราการโทรออกและเรียกเข้าสูงมีจำนวนเครื่องลูกข่ายอยู่ในเซลมาก

51 เฟรม (235.38 ms)

Frame n	SDCCH 0 0-3	SDCCH 1 4-7	SDCCH 2 8-11	SDCCH 3 12-15	SDCCH 4 16-19	SDCCH 5 20-23	SDCCH 6 24-27	SDCCH 7 28-31	SACCH 4 32-35	SACCH 5 36-39	SACCH 6 40-43	SACCH 7 44-47	I 48	I 49	I 50
Frame n+1	SDCCH 0 0-3	SDCCH 1 4-7	SDCCH 2 8-11	SDCCH 3 12-15	SDCCH 4 16-19	SDCCH 5 20-23	SDCCH 6 24-27	SDCCH 7 28-31	SACCH 0 32-35	SACCH 1 36-39	SACCH2 40-43	SACCH 3 44-47	I 48	I 49	I 50

(ก) ทิศทางขาลง (Down Link)

Frame n	SACCH 5 0-3	SACCH 6 4-7	SACCH 7 8-11	I 12	I 13	I 14	SDCCH 0 15-18	SDCCH 1 19-22	SDCCH 2 23-26	SDCCH 3 27-30	SDCCH 4 31-34	SDCCH 5 35-38	SDCCH 6 39-42	SDCCH 7 43-46	SACCH 0 47-50
Frame n+1	SDCCH 1 0-3	SDCCH 2 4-7	SDCCH 3 8-11	I 12	I 13	I 14	SDCCH 0 15-18	SDCCH 1 19-22	SDCCH 2 23-26	SDCCH 3 27-30	SDCCH 4 31-34	SDCCH 5 35-38	SDCCH 6 39-42	SDCCH 7 43-46	SACCH 4 47-50

(ข) ทิศทางขาขึ้น (Up Link) *n เป็น Frame คู่ (0, 2, 4,...)

รูปที่ 2.17 แสดงโครงสร้างของมัลติเฟรมกลุ่มช่องสื่อสารควบคุม DCCH

2.3.5.4 การจัดโครงสร้างของมัลติเฟรมกลุ่มช่องสื่อสารควบคุมแบบผสม

บางครั้งผู้ออกแบบจะพบว่าการเสียช่องเวลาบนเฟรม TDMA ไปเป็นช่องสื่อสารควบคุมไปถึง 2 ช่อง โดยช่องหนึ่งใช้โครงสร้างมัลติเฟรม BCH กับ CCCH และ DCCH ทำให้เหลือช่องสื่อสารข้อมูลของผู้ใช้บริการเพียงแค่ 6 ช่อง เนื่องจากปริมาณการใช้งานของกลุ่มช่องสัญญาณ BCH, CCCH และ DCCH ไม่มากถึงขั้นต้องเผื่อไว้จึงได้ออกแบบให้มีทางเลือกเป็นมัลติเฟรมควบคุมแบบผสมที่เหมาะสำหรับพื้นที่พื้นที่ที่มีจำนวนผู้ใช้บริการจำนวนไม่มากนัก

51 เฟรม (235.38 ms)

Frame n	F	S	BCCH	CCCH	F	S	CCCH	F	S	SDCCH 0	SDCCH 1	F	S	SDCCH 2	SDCCH 3	F	S	SACCH 0	SDCCH 1	I
	0	1	2-5	6-9	10	11	12-19	20	21	22-25	26-29	30	31	32-35	36-39	40	41	42-45	46-49	50
Frame n+1	F	S	BCCH	CCCH	F	S	CCCH	F	S	SDCCH 0	SDCCH 1	F	S	SDCCH 2	SDCCH 3	F	S	SACCH 2	SDCCH 3	I
	0	1	2-5	6-9	10	11	12-19	20	21	22-25	26-29	30	31	32-35	36-39	40	41	42-45	46-49	50

(ก) ทิศทางขาลง (Down Link) F= FCCH, S = SCH, I = Idle

Frame n	SDCCH 3	F	S	SACCH 2	SDCCH 3	R	SDCCH 0	SDCCH 1	R	R	SDCCH 2
	0-3	4	5	6-9	10-13	14 - 36	37-40	41-44	45	46	47-50
Frame n+1	SDCCH 3	F	S	SACCH 0	SDCCH 1	R	SDCCH 0	SDCCH 1	R	R	SDCCH 2
	0-3	4	5	6-9	10-13	14 - 36	37-40	41-44	45	46	47-50

(ข) ทิศทางขาขึ้น (Up Link) F= FCCH, S = SCH, I= Idle *n เป็น Frame คู่ (0, 2, 4,..)

รูปที่ 2.18 โครงสร้างของมัลติเฟรมกลุ่มช่องสื่อสารควบคุมแบบผสม

2.3.6 การจัดสรรช่องสื่อสารทางตรรกลงบนช่องสัญญาณแบบ TDMA เฟรม

ช่องสื่อสารทางตรรกจะถูกส่งลงไปบนช่องสัญญาณของ TDMA เฟรมโดยหลักการวางช่องสื่อสารทางตรรกลงบนช่องสัญญาณ TDMA เฟรมเรียกว่าแมพพิ้ง (Mapping) ซึ่งช่องสื่อสารทางตรรกบางประเภทใช้เพียงแค่ 1 ช่องสัญญาณบน TDMA เฟรมบางช่องสื่อสารใช้หลายช่องสัญญาณบน TDMA เฟรมและในบางครั้งช่องสื่อสารทางตรรกอาจใช้ช่องสัญญาณบน TDMA เฟรมเดียวกันในเฟรมถัดไปก็ได้เพราะว่าช่องสื่อสารทางตรรกนั้นสั้นมากจึงทำให้หลายๆ ช่องสื่อสารทางตรรกจึงสามารถแบ่งช่องสัญญาณบน TDMA เฟรมใช้งานได้นับว่าเป็นการใช้ช่องสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพ รูปที่ 2.19 แสดงความถี่พาห์ของเซลๆหนึ่งที่มีกลุ่มช่องสื่อสาร DCCH อยู่ในความถี่พาห์ที่ 1 เนื่องจากเซลนี้มีการโทรออกและเรียกเข้าสูงทำให้เกิดการ Call – Setup บ่อยครั้ง

ความถี่พาห์ที่ 0 และช่องสัญญาณที่ 0

ช่องสัญญาณที่ 0 หรือช่วงเวลาที่ 0 บน TDMA เฟรมของคลื่นพาห์ความถี่แรกในเซลจะถูกจองไว้สำหรับวัตถุประสงค์ในการส่งช่องสื่อสารควบคุมซึ่งเมื่อ MS ได้รับการสื่อสารจากช่องสื่อสาร BCCH แล้ว MS จะใช้คลื่นพาห์และช่องสัญญาณนี้เป็นช่องสื่อสารควบคุมเพียงอย่าง

เดียว ช่องสื่อสารขาลงที่ถูกใช้ได้แก่ กลุ่มช่องสัญญาณ BCH และ CCCH ส่วนช่องสื่อสารขาขึ้นมีเพียงชนิดเดียวบนช่องสัญญาณนี้คือ RACH เพื่อใช้สำหรับสื่อสารเมื่อเกิดกระบวนการโทรเข้าและออก

Time slot

Carrier Frequency	0	1	2	3	4	5	6	7
0	B,C	D	T	T	T	T	T	T
1	D	T	T	T	T	T	T	T
2	T	T	T	T	T	T	T	T
3	T	T	T	T	T	T	T	T

Legend:
B: BCH
C: CCCH
D: DCCH
T: TCH

รูปที่ 2.19 การแม็พพิ้งช่องสื่อสารทางตรรกลงบนช่องสัญญาณของ TDMA เฟรม

ความถี่พาห์ที่ 0 และช่องสัญญาณที่ 1

โดยทั่วไปช่องสัญญาณที่ 1 หรือช่วงเวลาที่ 1 บน TDMA เฟรมของความถี่พาห์แรกในเซลก็จะถูกจองไว้สำหรับวัตถุประสงค์ในการส่งช่องสื่อสารควบคุมเช่นกัน เว้นแต่เซลที่ใช้งานนั้นมีปริมาณทราฟฟิกมากหรือน้อยพิจารณาจากรูปที่ 2.19 ถ้าจำนวนทราฟฟิกในเซลนั้นมากเราก็จะกำหนดช่องสัญญาณอื่นมาใช้งานในการ Call-Setup โดยใช้ช่องสื่อสารแบบ DCCH ซึ่งอาจมีมากกว่าหนึ่งช่องสัญญาณก็ได้ ในทำนองเดียวกันถ้าจำนวนทราฟฟิกน้อยก็สามารถใช้รูปแบบโครงสร้างของมัลติเฟรมกลุ่มช่องสื่อสารควบคุมแบบผสมดังที่กล่าวมาแล้วได้ซึ่งต้องการช่องสัญญาณเพียง 1 ช่องเท่านั้น

ความถี่พาห์ที่ 0 และช่องสัญญาณที่ 2 ถึง 7 และช่องสัญญาณทั้งหมด

ช่องสัญญาณหรือช่วงเวลาที่เหลือทั้งหมดที่ไม่ได้ถูกกำหนดให้ใช้สำหรับช่องสื่อสารควบคุมก็จะใช้เป็นช่องสื่อสารข้อมูลหรือทราฟฟิกของผู้ใช้บริการเครือข่ายเช่น เสียงและข้อมูล บนช่อสื่อสารที่เรียกว่า TCH และในบางกรณีระหว่างสนทนา MS จะส่งข้อมูลที่วัดได้จาก BTS เช่น Signal Strength และคุณภาพสัญญาณลงไปบนช่องสื่อสาร SACCH แทนที่ช่องสื่อสาร TCH ที่ใช้อยู่ในขณะนั้น

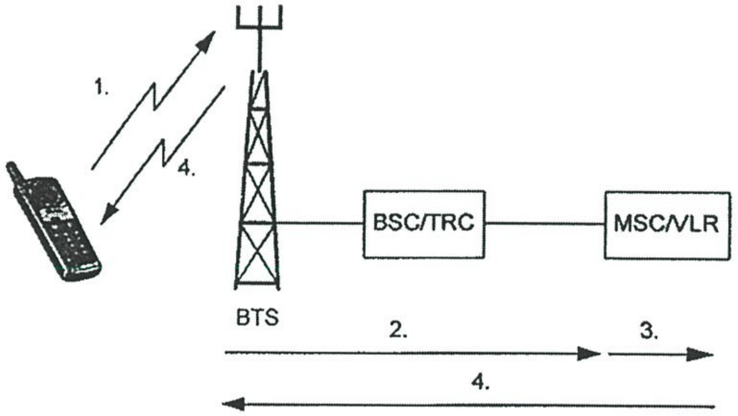
บทที่ 3
กระบวนการส่งสัญญาณแบบต่างๆของโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบเซลลูล่าร์ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

เนื่องจากเครือข่ายเซลลูล่าร์ถูกแบ่งออกเป็นพื้นที่ย่อยๆซึ่งประกอบด้วยกลุ่มเซลที่มีการแบ่งกันอย่างแน่นอน จึงได้มีการจัดสรรสัญญาณต่างๆให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เปิดเครื่องและมีการเรียกเข้าหรือโทรออก (วงจรสนทนา แฟกซ์และข้อมูล) หรือกระบวนการเชื่อมต่อวงจรพฤติกรรมเหล่านี้ทำให้เกิดโหลดทางสัญญาณมากมาย จึงเป็นสิ่งจำเป็นในการศึกษาพฤติกรรมต่างๆเหล่านี้เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ต่อไป

3.1 กระบวนการติดต่อกับเครือข่ายเมื่อเปิดเครื่อง

3.1.1 การติดต่อโดยใช้หมายเลย IMSI

เมื่อ MS เปิดเครื่องหมายเลย IMSI ก็จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการหาค่าดังแดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การเข้าติดต่อเมื่อ MS เปิดเครื่องโดยใช้หมายเลย IMSI

1) MS จะทำการส่งหมายเลข IMSI ไปยังเครือข่ายเพื่อแจ้งกับระบบได้เปลี่ยนสภาวะของเครื่องว่าทำงานแล้ว

2) เมื่อ VLR ได้รับหมายเลย IMSI ก็จะทำการตรวจสอบว่าหมายเลขดังกล่าวมีบันทึกไว้ในภายใน VLR หรือไม่ ถ้าไม่ก็จะติดต่อไปยัง HLR เพื่อขอข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับผู้ใช้รายนี้มาบันทึกไว้ภายใน VLR

3) VLR ทำการเปลี่ยนข้อมูลสภาวะของ MS

4) ข้อมูลตอบรับถูกส่งกลับไปยัง MS

3.1.2 การปรับตำแหน่งของ MS โดยใช้ IMSI

ถ้าเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ๆเปลี่ยน LA ขณะที่กำลังปิดเครื่องกระบวนการติดต่อโดยใช้หมายเลข IMSI ก็จะนำมาใช้ในการปรับตำแหน่งของ MS โดยระหว่างกระบวนการ VLR อาจกำหนด LAI ของ MS ให้ต่างจากค่า LAI เดิมที่เก็บอยู่ใน MS นั่นหมายความว่า VLR ได้ปรับตำแหน่งให้กับ MS แล้ว

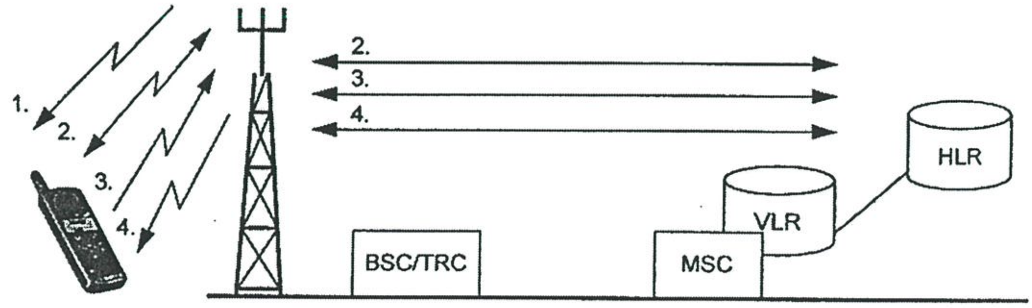
3.2 กระบวนการโรมมิ่งในเครือข่าย

3.2.1 MS เปลี่ยนตำแหน่งเซลภายในพื้นที่ LA เดียวกัน

โดยพฤติกรรมปกติของ MS แล้วจะเคลื่อนที่รอบๆเครือข่ายเซลลูล่าร์ ข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของ MS จะถูกเก็บไว้ที่ VLR ที่ควบคุมพื้นที่ LA นั้นๆ ถ้า MS มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนเซลที่อยู่ในพื้นที่ LA เดียวกันระบบก็จะไม่ทำการปรับตำแหน่งแต่อย่างใด ตัว MS ก็จะสามารถรู้ได้เองว่าเซลใหม่ที่เคลื่อนที่เข้าไปอยู่ในพื้นที่ LA เดียวกันโดยรับข้อมูลมาจากช่องสัญญาณ BCCH ภายในเซลใหม่ที่กระจายข้อมูลเกี่ยวกับ LAI เมื่อ MS เปรียบเทียบค่า LAI ใหม่และเก่าถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงก็ไม่จำเป็นต้องแจ้งกับเครือข่าย

3.2.2 การปรับตำแหน่งของ MS กับระบบภายใน MSC/VLR เดียวกัน

ถ้า MS รับข้อมูล LAI จากช่องสัญญาณ BCCH แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงมันจะแจ้งให้ระบบทำการปรับตำแหน่งใหม่ไปยัง MSC/VLR เพื่อลงทะเบียนดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การปรับตำแหน่งของ MS กับระบบใน MSC/VLR เดียวกัน

1) MS รับข้อมูลจากช่องสัญญาณ BCCH ภายในเซลใหม่เพื่อกำหนดค่า LAI ใหม่โดยเปรียบเทียบกับค่าเก่า ถ้าต่างกันก็จะเริ่มกระบวนการปรับตำแหน่ง

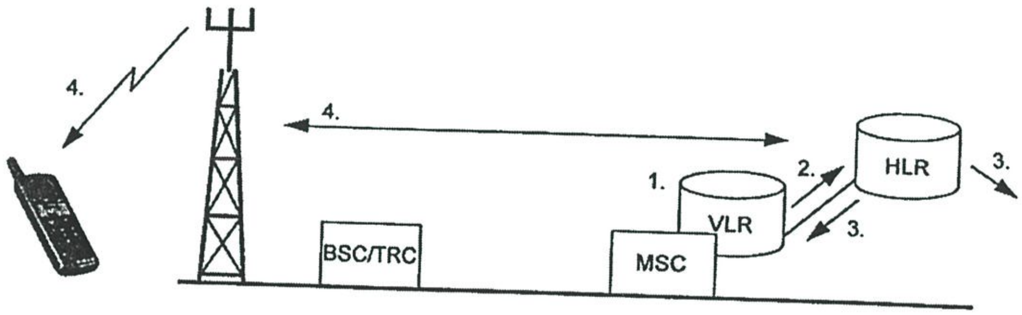
2) MS สร้างการเชื่อมต่อกับเครือข่ายผ่านช่องสัญญาณ SDCCH แล้วเริ่มการตรวจสอบ

3) ถ้าการตรวจสอบถูกต้องและสำเร็จ MS จะทำการส่งข้อมูลการร้องขอการปรับตำแหน่งให้กับระบบ

4) เมื่อระบบรับรู้ถึงการปรับตำแหน่งแล้วก็จะทำการตัดช่องสัญญาณสื่อสารกับ MS

3.2.3 การปรับตำแหน่งของ MS กับระบบเมื่อใช้ MSC/VLR ตัวใหม่

เมื่อ MS เคลื่อนที่เข้าไปยังพื้นที่ LA ใหม่กระบวนการปรับตำแหน่งก็จะเริ่มกระบวนการการแต่ด้วย MS ไม่สามรถรู้ว่าเคลื่อนที่เข้าไปในพื้นที่ของ MSC/VLR ใหม่หรือไม่ เมื่อมีการร้องขอการปรับตำแหน่งกับเครือข่ายข้อมูลดังกล่าวก็จะถูกส่งไปยัง MSC/VLR ตัวใหม่ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การปรับตำแหน่งของ MS กับระบบเมื่อใช้ MSC/VLR ตัวใหม่

1) กระบวนการตรวจสอบเริ่มขึ้นโดย VLR จะตรวจดูข้อมูลเพื่อกำหนดการบันทึกข้อมูลของ MS นี้ลงในฐานข้อมูลตัวมันเอง

2) เมื่อ MS ไม่สามารถค้นหาข้อมูลของ MS ตัวนี้ได้มันจะทำการส่งข้อมูลร้องขอไปยัง HLR เพื่อส่งสำเนาของ MS ตัวนี้มาให้

3) HLR ส่งข้อมูลสำเนาให้กับ VLR ตัวใหม่และปรับข้อมูลตำแหน่งให้กับ MS และสั่งให้ VLR ตัวเก่าทำการลบข้อมูลของ MS ตัวที่เคลื่อนที่ออกไปทิ้ง

4) VLR เก็บข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้บริการ MS นี้ไว้รวมถึงตำแหน่งล่าสุดที่ย้ายมาและสภาวะของ MS และส่งข้อมูลตอบกลับให้กับ MS

3.2.4 การปรับตำแหน่งของ MS กับระบบแบบตรวจสอบการลงทะเบียนเป็นช่วงๆ

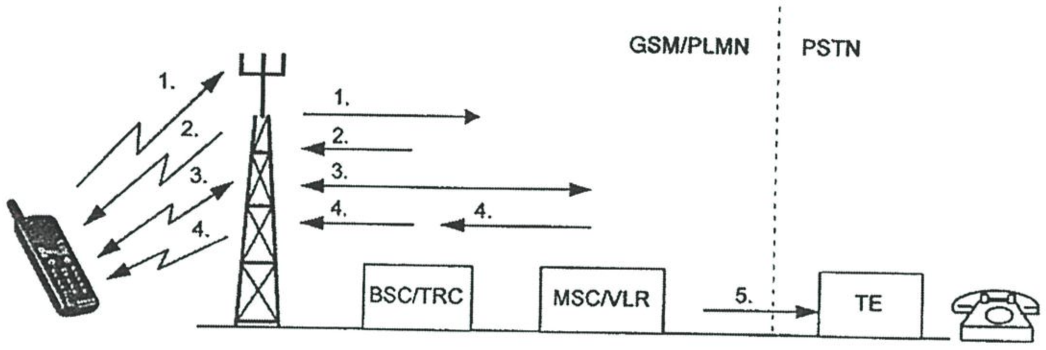
การตรวจสอบการลงทะเบียนเป็นช่วงๆ เป็นการเพิ่มระบบรักษาความปลอดภัยพิเศษซึ่งจะสั่งให้ MS ส่งข้อมูลการลงทะเบียนของตัวเองมายังเครือข่ายเป็นระยะๆ ถ้า MS ส่งข้อมูลการลงทะเบียนไม่ถูกต้องระบบจะหยุดทำการติดต่อกับ MS ทันที ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ถ้า MS เคลื่อนที่ออก

นอกพื้นที่บริการและแน่ใจว่าไม่ต้องใช้การส่งสัญญาณติดตาม การใช้ระบบการตรวจสอบแบบนี้ MS จะแจ้งข้อมูลมาทางช่องสัญญาณ BCCH

3.3 กระบวนการเชื่อมต่อวงจรสนทนา

3.3.1 กระบวนการโทรออก

ส่วนนี้จะเป็นการอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อ MS ต้องการที่จะเชื่อมต่อวงจรสนทนากับสมาชิกในระบบ PSTN ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 กระบวนการเชื่อมต่อวงจรสนทนาโดย MS โทรไปยัง PSTN

1) MS ใช้ช่องสัญญาณ RACH เพื่อขอใช้ช่องสื่อสาร

2) BSC กำหนดช่องสื่อสารให้ผ่านช่องสัญญาณ AGCH

3) MS ทำการร้องขอการเชื่อมต่อวงจรสนทนาผ่านช่องสื่อสาร SDCCH ไปยัง MSC/VLR โดยบนช่องสัญญาณนี้กระบวนการประกอบไปด้วย

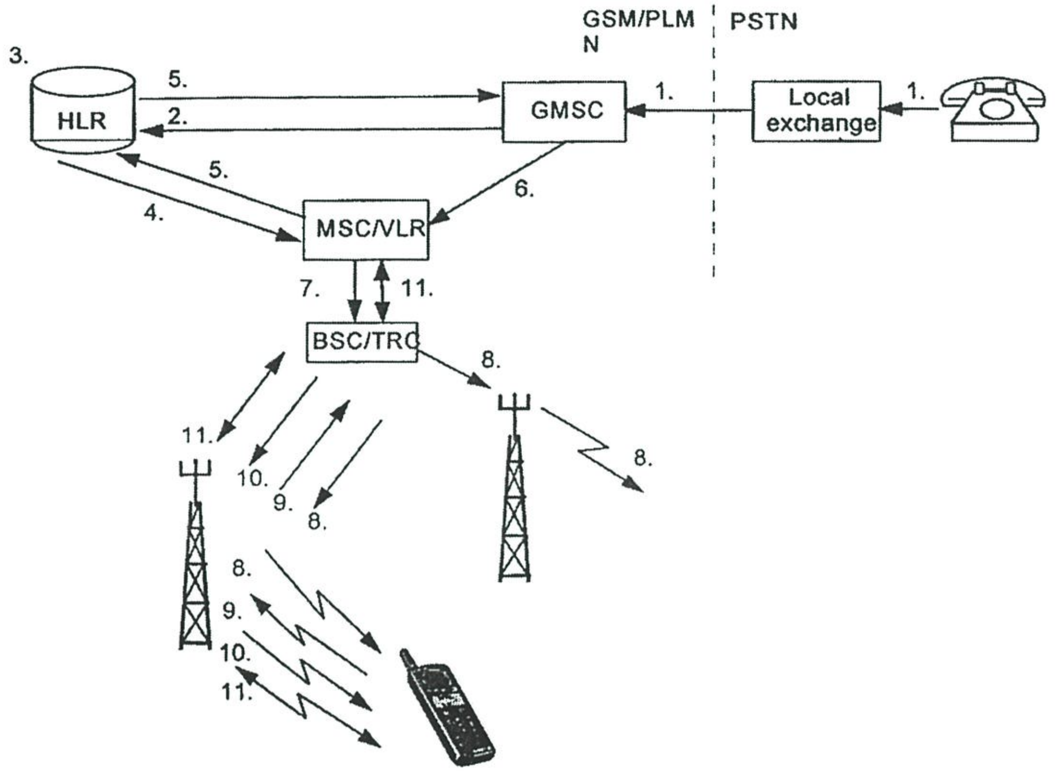
- แจ้ง VLR ให้ระบุ MS ที่ต้องการเชื่อมต่อวงจรสนทนาอยู่ในสภาวะใช้งาน
- ตรวจสอบอนุญาตใช้งาน
- เริ่มต้นการเข้ารหัส
- ตรวจสอบการมีตัวตนของ MS
- ส่งเบอร์ปลายทางที่ต้องการติดต่อให้กับเครือข่าย

4) MSC/VLR สั่งให้ BSC กำหนดช่องสัญญาณ TCH ที่ว่างและ BTS กับ MS จับช่องสัญญาณดังกล่าวใช้งาน

5) MSC/VLR ส่งหมายเลขที่ต้องการติดต่อไปยังชุมสาย PSTN ซึ่งจะทำการต่อวงจรไปยังเลขหมายปลายทาง

3.3.2 กระบวนการเรียกเข้า

ข้อแตกต่างหลักระหว่างการเรียกเข้าและออกคือในการเรียกเข้า MS ตำแหน่งที่แน่นอนไม่สามารถระบุได้ ดังนั้นระบบต้องส่งสัญญาณติดตามก่อนเริ่มต้นการเชื่อมต่อวงจรสนทนารูปที่ 3.5 อธิบายกระบวนการเชื่อมต่อวงจรสนทนาจาก PSTN มายัง MS ซึ่งเหมือนกับ MS เชื่อต่อกับ MS ต่างกันที่ GMSC จะต่อวงจรผ่าน MSC/VLR แทนที่ PSTN เท่านั้น



รูปที่ 3.5 แสดงกระบวนการเชื่อมต่อวงสนทนาจาก PSTN

1) สมาชิก PSTN คีย์หมายเลยโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MSISDN) ซึ่งหมายเลขนี้จะถูกวิเคราะห์โดย PSTN ระบุว่าเป็นการโทรไปยังระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่การเชื่อมต่อถูกสร้างขึ้นที่ GMSC

2) GMSC วิเคราะห์หมายเลย MSISDN เพื่อค้นหา MS ที่ลงทะเบียนไว้กับระบบที่ HLR เพื่อหาเส้นทางในการเชื่อมต่อไปยัง MSC/VLR ที่ MS นั้นใช้งานอยู่

3) HLR ทำการแปลง MSISDN ไปเป็น IMSI เพื่อกำหนด MSC/VLR ที่ MS ใช้งานอยู่และทำการเช็คบริการ "Call forwarding to C-number" ว่าถูกใช้งานหรือไม่ถ้าใช้งานเส้นทางการเชื่อมต่อวงจรจะไปยัง C-number นั้น

4) HLR ร้องขอการเชื่อมต่อ MSRN จาก MSC/VLR ที่ MS ใช้งานอยู่

5) MSC/VLR ตอบรับการร้องขอ MSRN ผ่าน HLR ไปยัง GMSC

6) GMSC ตรวจสอบ MSRN และเชื่อมต่อวงจรวงยัง MSC/VLR

7) MSC/VLR รู้ว่า MS เคลื่อนที่อยู่ในพื้นที่ LA ใดแล้วส่งข้อมูลติดตามไปยัง BSC ที่ควบคุม LA นั้นอยู่

8) BSC กระจายสัญญาณติดตามไปยัง BTS ทั้งหมดที่อยู่ในพื้นที่ LA โดยใช้ช่องสัญญาณ PCH เพื่อค้นหา MS

9) เมื่อ MS ได้รับสัญญาณติดตามที่ระบุ IMSI ของตนเองมันก็จะตอบรับกลับช่องสัญญาณ RACH เพื่อขอใช้ช่องสัญญาณ SDCCH

10) BSC กำหนดช่องสัญญาณ SDCCH ผ่านทางช่องสัญญาณ AGCH

11) ช่องสัญญาณ SDCCH ใช้สำหรับกระบวนการต่อวงจรสนทนาโดยมีขั้นตอนดังนี้

- แจ้ง VLR ให้ระบุ MS ที่ต้องการเชื่อมต่อวงจรสนทนาอยู่ในสภาวะใช้งาน
- ตรวจสอบอนุญาตใช้งาน
- เริ่มต้นการเข้ารหัส
- ตรวจสอบการมีตัวตนของ MS

12) MSC/VLR สั่งให้ BSC กำหนดช่องสัญญาณ TCH ที่ว่างและ BTS กับ MS จับช่องสัญญาณดังกล่าวใช้งาน

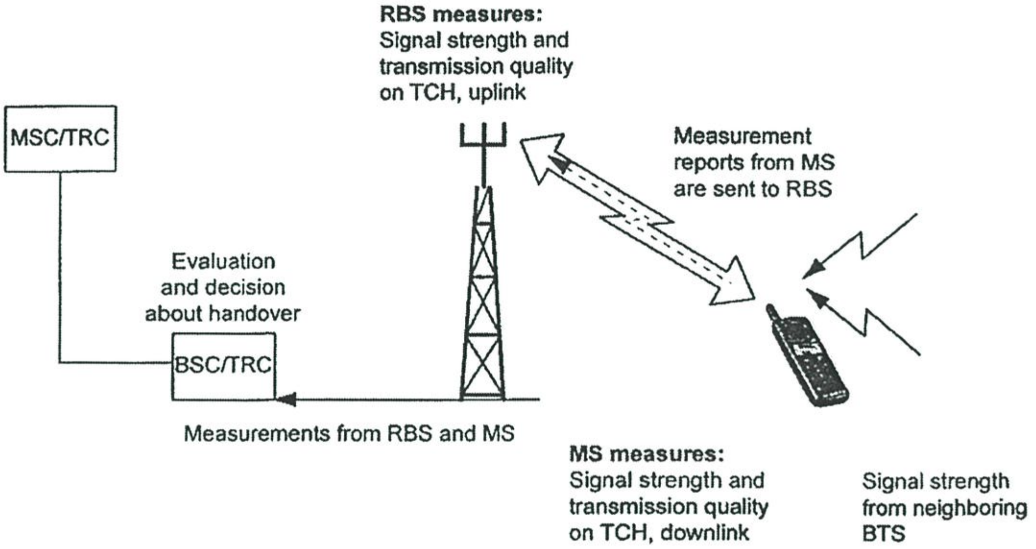
3.4 กระบวนการแฮนด์โอเวอร์

ขั้นตอนการเคลื่อนที่เปลี่ยนเซลของ MS ภายหลังเสร็จสิ้นการเชื่อมต่อวงจรสนทนาแล้วเรียกว่าแฮนด์โอเวอร์ เพื่อเลือกสัญญาณที่คุณภาพดีที่สุดทั้ง MS และ BTS จะทำการวัดค่าต่างๆ เพราะว่า MS เป็นส่วนสนับสนุนการตัดสินใจในการแฮนด์โอเวอร์ซึ่งเรียกว่า MAHO (Mobile Assisted Hand Over)

3.4.1 การระบุตำแหน่งของ MS

ตัวเครื่องโทรศัพท์เคลื่อน MS ที่จะทำการวัดความแรงและคุณภาพของสัญญาณตลอดเวลาในบริเวณเซลที่มันเคลื่อนที่อยู่รวมถึงความแรงของช่องสัญญาณ BCCH ของเซลข้างเคียงและผลที่ได้จะถูกส่งกลับไปยัง BTS บนช่องสัญญาณ SACCH ในเซลที่เคลื่อนที่อยู่ตามช่วงเวลาที่เหมาะสม ส่วน BTS ที่ให้บริการอยู่ขณะนั้นก็ทำการวัดระดับความแรงและคุณภาพจาก MS ด้วยเหมือนกันผลที่ได้จากการวัดจาก BTS และ MS ถูกส่งไปยัง BSC ในรูปแบบรายงานและบนพื้นฐานของรายงานนี้ BSC จะตัดสินใจในการทำแฮนด์โอเวอร์กับเซลที่อยู่ข้างเคียงและดีกว่า ส่วนเหตุผลอื่นๆสำหรับการเกิดแฮนด์โอเวอร์นอกเหนือจากระดับสัญญาณและคุณภาพแล้วก็คือค่าของ TA (Timing Advance) ที่ใช้โดย MS เกินค่าๆหนึ่งที่ผู้ให้บริการตั้งไว้ซึ่งเหตุการณ์เหล่านี้เกิดขึ้นบ่อยครั้งเมื่อ MS เคลื่อนที่ข้ามขอบเซลที่ใช้งานไปยังเซลอื่น เมื่อ MS เปลี่ยนเซล BTS ใหม่จะแจ้ง MS เกี่ยวกับ

ช่องสัญญาณ BCCH รอบข้างใหม่ซึ่งก็จะกลับเข้าสู่การตรวจสอบระดับสัญญาณและคุณภาพอีก ถ้า MS ได้เคลื่อนที่ไปยังพื้นที่ LA ใหม่กระบวนการปรับตำแหน่งก็จะทำการปรับตำแหน่งภายหลังการสนทนาสิ้นสุด



รูปที่ 3.6 กระบวนการส่งผลของระดับและคุณภาพของสัญญาณไปยัง BSC

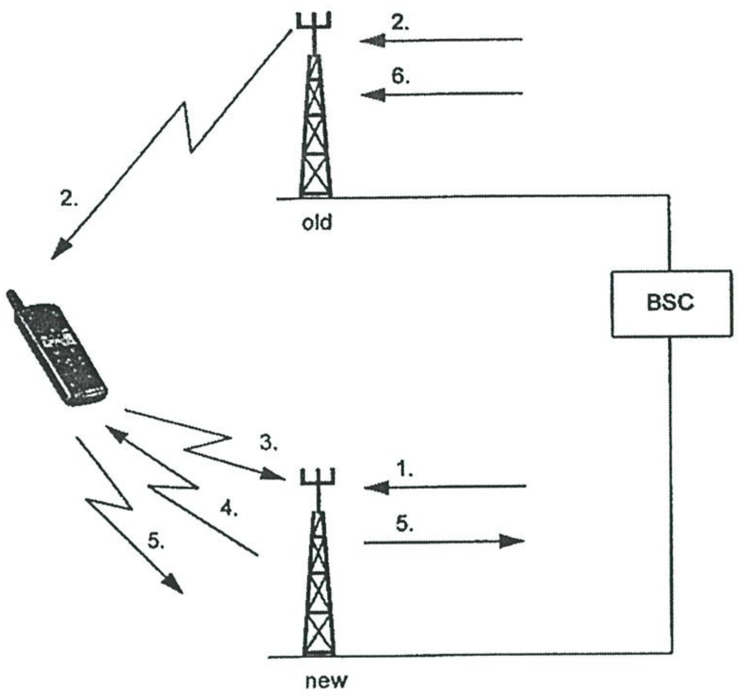
การแฮนด์โอเวอร์สามารถใช้สำหรับแบ่งทราฟฟิกโหลดของเซลได้ด้วยกล่าวคือระหว่างกระบวนการสร้างวงจรสนทนาถ้าอยู่ภายในเซลที่มีทราฟฟิกหนาแน่น MS สามารถย้ายไปใช้งานกับเซลที่มีทราฟฟิกน้อยๆข้างเคียงได้ถ้าสามารถยอมรับระดับสัญญาณและคุณภาพได้รวมถึงการบำรุงรักษา BTS ด้วย

3.4.2 การแฮนด์โอเวอร์ภายในเซล

รูปแบบพิเศษในการแฮนด์โอเวอร์คือการแฮนด์โอเวอร์ภายในเซล มันจะเกิดขึ้นเมื่อ BSC พิจารณาคุณภาพของการเชื่อมต่อว่าต่ำแต่รับข้อมูลที่ไม่ได้แสดงถึงคุณภาพจากเซลอื่นที่น่าจะดี ในกรณีนี้ BSC จะให้ MS ใช้ช่องสัญญาณ TCH อื่นในเซลเดียวกันซึ่งอาจต่างความถี่และอาจมีคุณภาพดีกว่าแทน

3.4.3 การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างเซลที่ควบคุมด้วย BSC เดียวกัน

การแฮนด์โอเวอร์ระหว่าง 2 เซลที่ควบคุมโดย BSC เดียวกัน MSC/VLR จะไม่มีส่วนร่วมในกระบวนการดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตาม MSC/VLR จะแจ้งกระบวนการดังกล่าวถ้าการแฮนด์โอเวอร์ข้ามพื้นที่ LA นั่นคือการปรับตำแหน่งจะกระทำเมื่อเสร็จสิ้นการสนทนาดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างเซลที่ควบคุมด้วย BSC เดียวกัน

1) BSC สั่งให้ BTS ตัวใหม่จัดช่องสัญญาณ TCH ไว้ให้

2) BSC ส่งข้อมูลไปยัง MS ผ่าน BTS ตัวเก่าซึ่งข้อมูลที่บรรจุอยู่นั้นคือความถี่และช่องเวลาที่ MS ต้องเปลี่ยนไปใช้งานรวมถึงกำลังส่งที่ต้องใช้ผ่านทางช่องสัญญาณ FACCH

3) MS ปรับจูนเนอร์ไปใช้ความถี่ใหม่และส่งสัญญาณ burst ในการแฮนด์โอเวอร์ไปที่ช่องเวลาที่ถูกต้อง ดังนั้น MS ขณะนั้นก็จไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับ TA (burst ที่ใช้มีขนาดสั้นมากเพียง 8 บิต)

4) เมื่อ BTS ตัวใหม่จับ burst ของการแฮนด์โอเวอร์ได้มันก็จะส่งข้อมูลเกี่ยวกับ TA ให้กับ MS ผ่านทางช่องสัญญาณ FACCH

5) MS ส่งข้อมูลเสร็จสิ้นการทำแฮนด์โอเวอร์ให้กับ BSC ผ่าน BTS ตัวใหม่

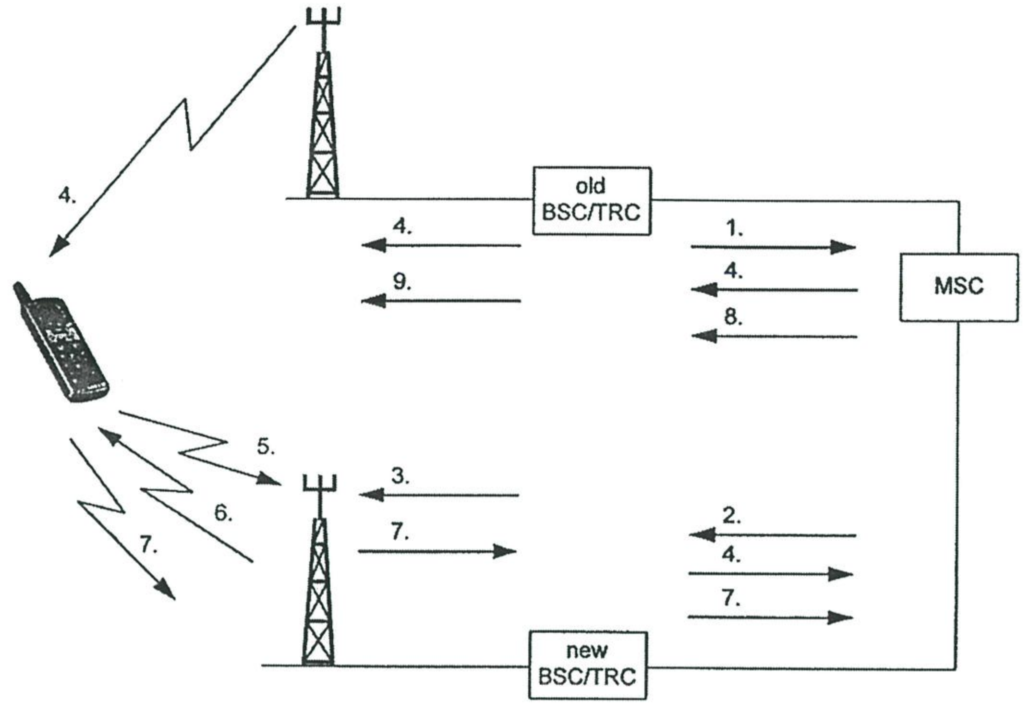
6) BSC สั่งให้ BTS ตัวเก่ายกเลิกการใช้งานช่องสัญญาณ TCH ช่องเก่าไป

3.4.4 การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างเซลที่ต่าง BSC กันแต่ควบคุมด้วย MSC/VLR เดียวกัน

เมื่อมี BSC ตัวอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องกับการแฮนด์โอเวอร์ MSC/VLR ก็ต้องเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเพื่อสร้างการเชื่อมต่อระหว่าง BSC ดังรูปที่ 3.8 พร้อมขั้นตอนต่างๆ

1) BSC ที่ให้บริการตัวเก่าส่งข้อมูลเพื่อขอทำแฮนด์โอเวอร์ไปยัง MSC ในข้อมูลจะบรรจุ ID ของเซลเป้าหมายไว้

2) เมื่อ MSC รู้ตำแหน่ง BSC ที่ควบคุมเซลเป้าหมายแล้วก็จะทำการร้องขอการแฮนด์โอเวอร์กับ BSC ตัวนั้น



รูปที่ 3.8 การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างเซลที่ต่าง BSC กันแต่ควบคุมด้วย MSC/VLR เดียวกัน

3) BSC ตัวใหม่สั่งให้ BTS เป้าหมายจัดช่องสัญญาณ TCH ไว้ให้

4) BSC ส่งข้อมูลไปยัง MS ผ่าน MSC และ BTS ตัวเก่าซึ่งข้อมูลที่บรรจุอยู่นั้นคือความถี่และช่องเวลาที่ MS ต้องเปลี่ยนไปใช้งานรวมถึงกำลังส่งที่ต้องใช้

5) MS ปรับจูนเนอร์ไปใช้ความถี่ใหม่และส่งสัญญาณ burst ในการแฮนด์โอเวอร์ไปที่ช่องเวลาที่ถูกต้อง

6) เมื่อ BTS ตัวใหม่จับ burst ของการแฮนด์โอเวอร์ได้มันก็จะส่งข้อมูลเกี่ยวกับ TA ให้กับ MS

7) MS ส่งข้อมูลเสร็จสิ้นการแฮนด์โอเวอร์ไปยัง MSC ผ่าน BSC ตัวใหม่

8) MSC ส่งคำสั่งให้ BSC ตัวเก่ายกเลิกการใช้งานช่องสัญญาณ TCH

9) BSC ตัวเก่าสั่งให้ BTS ตัวเก่ายกเลิกการใช้งานช่องสัญญาณ TCH ที่ MS เลิกใช้งาน

3.4.5 การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างเซลที่ควบคุมต่าง MSC/VLR กัน

การแฮนด์โอเวอร์ในรูปแบบนี้สามารถทำได้ภายใน PLMN เดียวกันเท่านั้นไม่สามารถทำต่าง PLMN กันได้ เซลที่ควบคุมกันคนล่ะ MSC/VLR ยังหมายถึงควบคุมกันคนล่ะ BSC ด้วยดังแสดงดังรูปที่ 3.9 รวมถึงขั้นตอนการทำงานด้วย

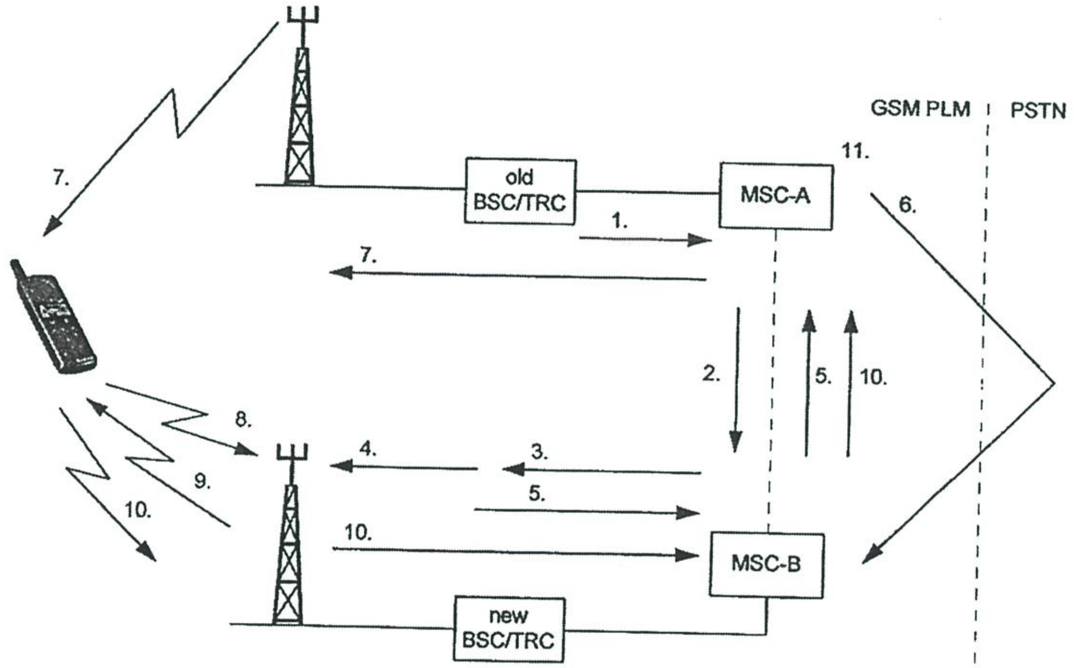
1) BSC ที่ให้บริการตัวเก่าส่งข้อมูลขอทำการแฮนด์โอเวอร์มายัง MSC ที่ควบคุมอยู่ (MSC-A) กับตำแหน่งเซลเป้าหมาย

2) MSC-A ตรวจสอบแล้วพบว่าเซลเป้าหมายไม่ได้อยู่ในการควบคุมของ BSC ของตนเองแต่อยู่กับ MSC อื่น (MSC-B)

3) MSC-B กำหนดหมายเลขการแฮนด์โอเวอร์เพื่อเปลี่ยนเส้นทางวงจรสนทนา ซึ่งในขณะนั้นก็ส่งการขอทำแฮนด์โอเวอร์ไปยัง BSC ตัวใหม่ด้วย

4) BSC ตัวใหม่สั่งให้ BTS เป้าหมายจัดช่องสัญญาณ TCH ไว้ให้

5) MSC-B รับข้อมูลตอบกลับจาก BSC แล้วส่งผ่านไปยัง MSC-A พร้อมกับหมายเลขการแฮนด์โอเวอร์



รูปที่ 3.9 การแฮนด์โอเวอร์ระหว่างเซลที่ควบคุมต่าง MSC/VLR กัน

6) การเชื่อมต่อถูกสร้างขึ้นไปยัง MSC-B ด้วย PSTN หรือ GMSC

7) MSC-A สั่งให้ MS ทำการแฮนด์โอเวอร์ผ่าน BSC ตัวเก่า

8) MS ปรับจูนเนอร์ไปใช้ความถี่ใหม่และส่งสัญญาณ burst ในการแฮนด์โอเวอร์ไปที่ช่องเวลาที่ถูกต้อง

9) เมื่อ BTS ตัวใหม่จับ burst ของการแฮนด์โอเวอร์ได้มันก็จะส่งข้อมูลเกี่ยวกับ TA ให้กับ MS

10) MS ทำการส่งข้อมูลเสร็จสิ้นกระบวนการแฮนด์โอเวอร์ไปยัง MSC ตัวเก่าผ่าน BSC ตัวใหม่และ MSC/VLR ตัวใหม่

11) เส้นทางใหม่ในกลุ่มสวิทซ์ของ MSC-A ถูกสร้างขึ้นแล้ววงจรสนทนาก็ถูกสวิทซ์ผ่านตัวมันไป

12) ช่องสัญญาณ TCH เก่าถูกยกเลิกใช้งานโดยสั่งจาก BSC ตัวเก่า (ไม่ได้แสดงในรูปที่ 3.9)

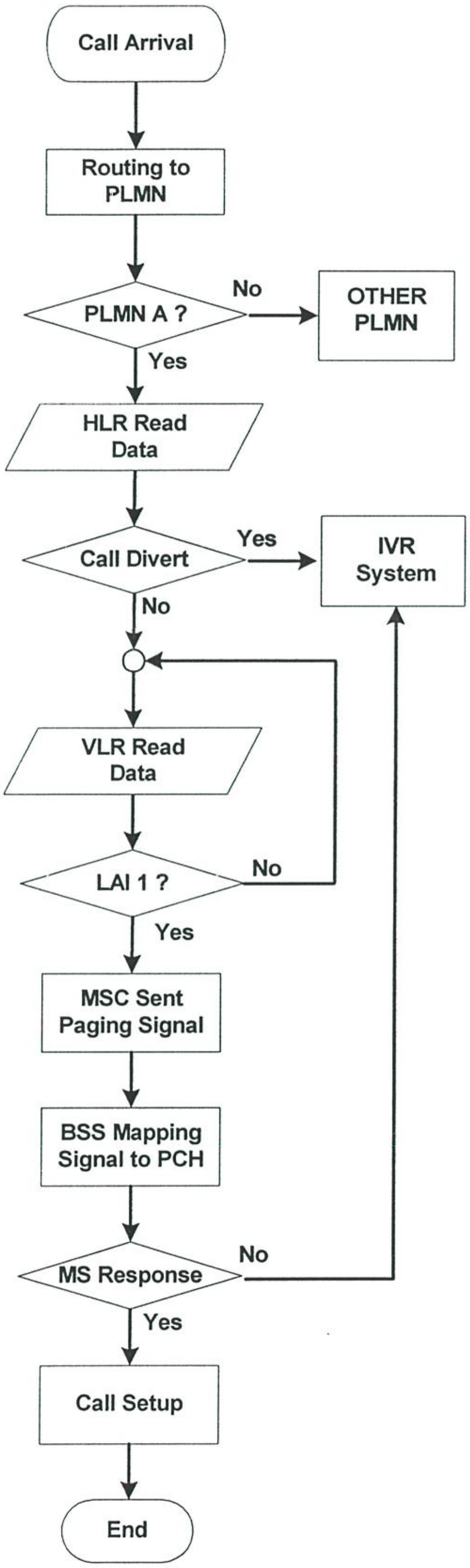
MSC ตัวเก่าหรือ MSC-A ยังคงรักษาการควบคุมหลักวงจรสนทนาอยู่จนกว่าจะสิ้นสุด เพราะว่ามันบรรจุข้อมูลของผู้ใช้บริการและรายละเอียดบริการต่างๆรวมถึงค่าบริการด้วย หลังจาก สิ้นสุดการสนทนาแล้ว MS จะต้องทำการปรับตำแหน่งของตัวมันกับระบบตามกระบวนการปรับ ตำแหน่งเพราะว่าพื้นที่ LA ไม่สามารถออกแบบให้ควบคุมได้หลาย MSC/VLR โดย VLR-B เป็น ตัวส่งข้อมูลให้กับ HLR และจะไม่บอกให้ VLR-A ลบข้อมูลของผู้ใช้บริการออกเพราะเป็น VLR ท้องถิ่นหลักของผู้ใช้บริการรายนั้นๆ

บทที่ 4
วิเคราะห์รูปแบบการส่งสัญญาณติดตาม

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวเกี่ยวกับ กลวิธีในการลดความสิ้นเปลืองในการส่งสัญญาณติดตาม โดยสังเกตจากการส่งสัญญาณติดตามตัว MS ในกลุ่มเซลที่ได้จัดไว้ เนื่องจากข้อจำกัดของจำนวนช่องสัญญาณที่สามารถนำมาใช้กับปริมาณผู้ใช้บริการที่มีจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ ในระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ทำให้มีการออกแบบขนาดพื้นที่ให้บริการหรือขนาดของเซลนั้นครอบคลุมพื้นที่น้อยลงเพื่อเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการระบบให้มีประสิทธิภาพจึงทำอุปกรณ์ BSC ทำงานมากขึ้น ปัจจุบันระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูล่าร์พื้นที่ให้บริการถูกแบ่งออกเป็นส่วนย่อยที่เรียกว่า LA ที่ประกอบไปด้วยเซลจำนวนหลายๆเซลซึ่งตัว MS จะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับ LA ไว้ตลอด เมื่อ MS เคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งจากพื้นที่ LA เดิมไปยัง LA ใหม่กระบวนการปรับตำแหน่งก็จะทำการลงทะเบียนตำแหน่ง LA ใหม่กับ HLR ซึ่งควบคุมโดย MSC ผ่านทาง BSC และ BTS. การลงทะเบียนนี้จะกระทำควบคู่ไปกับ VLR ตำแหน่งเดียวกับ MSC นั้นด้วยซึ่งข้อมูลการลงเบียนจะเหมือนกันทุกประการ เมื่อมีการโทรเข้าระบบจะเข้าติดต่อกับ HLR เพื่อค้นหาตำแหน่ง LA ของ MS ที่ต้องการจะติดต่อให้ไปยังตำแหน่ง VLR นั้นเพื่อทำการหาตำแหน่ง MSC ที่ MS ใช้งานอยู่ หลังจากนั้น MSC จะทำการส่งสัญญาณติดตามผ่านไปยัง BSC ที่ควบคุมพื้นที่ LA นั้นอยู่ โดยส่งสัญญาณติดตามออกไปทุกเซลใน LA นั้นเพื่อค้นหาเซลที่ MS ที่ต้องการจะติดต่อนั้นใช้งานอยู่เมื่อพบแล้วจึงค่อยเริ่มสร้างวงจรสนทนา รูปแบบในลักษณะนี้ถูกเรียกว่า Broadcast Paging ซึ่งเป็นการส่งสัญญาณติดตามออกไปอย่างสิ้นเปลืองเพราะตัว MS จะอยู่ภายในพื้นที่เพียงแค่เซลเดียว หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วระหว่างไม่กี่เซลเท่านั้น

4.1 วิเคราะห์การส่งสัญญาณติดตามที่ใช้งานทั่วไปในปัจจุบัน

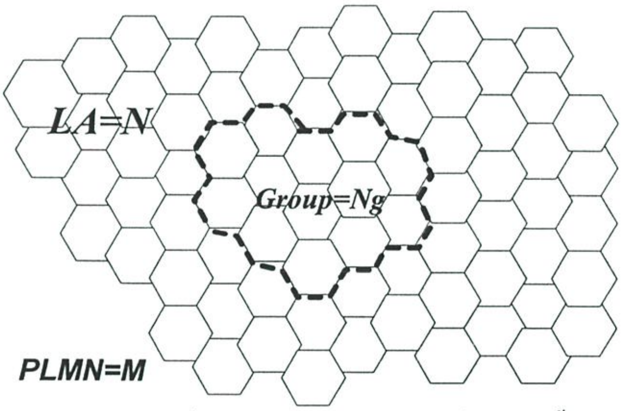
รูปแบบการส่งสัญญาณติดตามที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันเป็นการส่งสัญญาณติดตามทุกเซลที่มีค่า LAC เดียวกันนั่นคืออยู่ในพื้นที่ LA เดียวกันนั่นเอง ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 หัวข้อ 3.3.2 ถึงกระบวนการเรียกเข้าหรือโทรเข้า ดังนั้นค่าภาระโหลดที่ต้องสูญเสียจะมีมากตามการใช้งานทั้งสำเร็จและไม่สำเร็จ เนื่องมาจากการส่งสัญญาณติดตามนั้นจะส่งออกไปทุกครั้งยกเว้น MS ได้แจ้งกับระบบให้ใช้งานบริการโอนสายเรียกเข้า (Call Divert) ระบบจะส่งสัญญาณไปยังส่วนอื่นซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยชิ้นนี้ ดังแสดงขั้นตอนการตัดสินในดังรูปที่ 4.1 สามารถอธิบายได้ว่าเมื่อมีการโทรเข้า MSC/VLR จะสั่งให้ BTS ที่มีหมายเลข LAI เดียวกันทั้งหมดส่งสัญญาณติดตามออกไปบนช่องสื่อสาร CCCH ซึ่งโดยปกติแล้วตามเหล่งชุมชนหรือเมืองใหญ่ๆจะมีขนาด LA ประมาณ 50-60 เซลและมี MS ใช้งานอยู่ในพื้นที่ ไม่ต่ำกว่า 50,000 เครื่อง อัตราการโทรเข้า 500,000 ครั้งต่อชั่วโมง



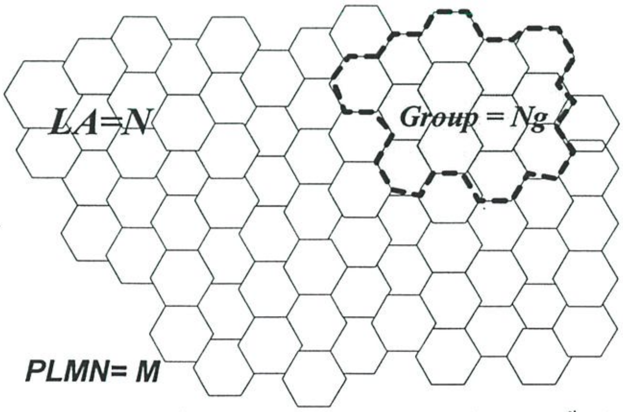
รูปที่ 4.1 แสดงกระบวนการส่งสัญญาณติดตามที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

4.2 วิเคราะห์การลดภาระโหลดสูญเสียจากการส่งสัญญาณติดตามโดยใช้การแบ่งกลุ่มตามพฤติกรรมในการใช้งาน

รูปที่ 4.2 แสดงกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามที่กำหนดขึ้นมาใหม่ภายในพื้นที่ LA ซึ่งทุก LA ในเครือข่ายสามารถกำหนดขึ้นมาใช้ได้หรือจะไม่ใช้งานก็ได้ เมื่อพิจารณาถึงรูปแบบกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามนั้นจะประกอบไปด้วยเซลตั้งแต่หนึ่งเซลไปถึงหลายสิบเซลก็ได้ โดย N_g คือจำนวนเซลที่สร้างเป็นกลุ่มการส่งสัญญาณติดตาม N คือจำนวนเซลที่ครอบคลุมพื้นที่ของ LA ทั้งหมดและ M จำนวนเซลที่อยู่ภายใน LA อื่นๆรอบบริเวณพื้นที่ LA ที่กำลังพิจารณา เมื่อมีการเคลื่อนที่ของ MS จากตำแหน่งภายในกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามออกมาภายนอกกลุ่มระบบจะทำการลงทะเบียนตำแหน่งใหม่ให้กับ VLR หรือ HLR ด้วยก็ได้ในลักษณะเดียวกันกับการเปลี่ยนพื้นที่ LA เพื่อให้ MSC ทำการติดต่อกับ BSC ในการตัดสินใจส่งสัญญาณติดตามออกมาเฉพาะในกลุ่มหรือนอกกลุ่มเท่านั้นซึ่งทำให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังรูปที่ 4.3 จะเห็นการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งของ MS เมื่อสร้างกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามเพิ่มเข้าไปในระบบ



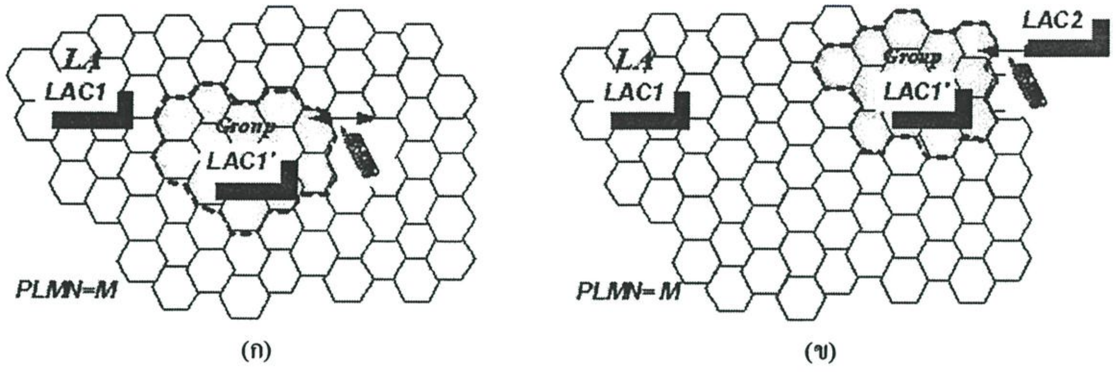
(ก) รูปแบบกลุ่มเซลที่ไม่มีเซลสมาชิกใดเป็นเซลที่อยู่ขอบพื้นที่ LA



(ข) รูปแบบกลุ่มเซลที่มีเซลในสมาชิกกลุ่มเป็นเซลที่อยู่ขอบพื้นที่ LA

รูปที่ 4.2 แสดงรูปแบบกลุ่มในการส่งสัญญาณติดตาม

จากรูปที่ 4.3 การเคลื่อนที่ของโทรศัพท์เคลื่อนที่ๆเป็นไปได้ทั้ง 2 กรณีคือกลุ่มเซลที่ไม่มีเซลสมาชิกใดเป็นเซลที่อยู่ขอบพื้นที่ LAและกลุ่มเซลที่มีเซลในสมาชิกกลุ่มเป็นเซลที่อยู่ขอบพื้นที่ LAในการเคลื่อนที่เข้าและออกจากกลุ่มเซลที่ได้ตั้งขึ้นมาใหม่ในพื้นที่ LA เดิมที่มีอยู่ในเครือข่ายเซลลูล่าร์



รูปที่ 4.3 แสดงการเคลื่อนที่ของ MS ที่ต้องทำการปรับตำแหน่งกลุ่ม

จากรูปที่ 4.4 (ก) สามารถอธิบายลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

1) MS รับข้อมูลจากช่องสัญญาณ BCCH ภายในเซลใหม่เพื่อกำหนดค่า LAI ใหม่โดยเปรียบเทียบกับค่าเก่า ซึ่งในที่นี้เป็นการปรับกลุ่มระหว่าง ***LAI1*** และ ***LAI1'*** กรณี MS เคลื่อนที่เข้ากลุ่มการส่งสัญญาณติดตามในทางตรงกันข้ามระหว่าง ***LAI1'*** และ ***LAI1*** เป็นกรณี MS เคลื่อนที่ออกกลุ่มการส่งสัญญาณติดตาม

2) MS สร้างการเชื่อมต่อกับเครือข่ายผ่านช่องสัญญาณ SDCCH แล้วเริ่มการตรวจสอบ

3) ถ้าการตรวจสอบถูกต้องและสำเร็จ MS จะทำการส่งข้อมูลการร้องขอการปรับตำแหน่งให้กับระบบ

4) เมื่อระบบรับรู้ถึงการปรับตำแหน่งแล้วก็จะทำการตัดช่องสัญญาณสื่อสารกับ MS

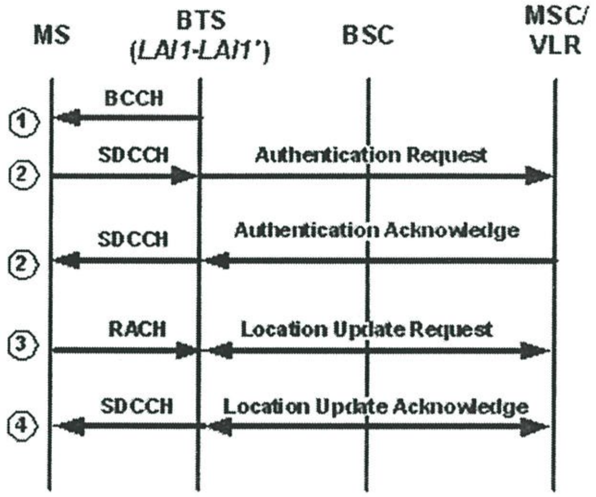
จากรูปที่ 4.3 (ข) สามารถอธิบายลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

1) MS รับข้อมูลจากช่องสัญญาณ BCCH ภายในเซลใหม่เพื่อกำหนดค่า LAI ใหม่โดยเปรียบเทียบกับค่าเก่า ซึ่งในที่นี้เป็นการปรับกลุ่มระหว่าง ***LAI2*** และ ***LAI1'*** กรณี MS เคลื่อนที่เข้ากลุ่มการส่งสัญญาณติดตามโดยตรงจากพื้นที่ LA อื่นและใช้ VLR อื่นในทางตรงกันข้ามระหว่าง ***LAI1'*** และ ***LAI2*** เป็นกรณี MS เคลื่อนที่ออกกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามไปยังพื้นที่ LA อื่นและใช้ VLR อื่นโดยตรง

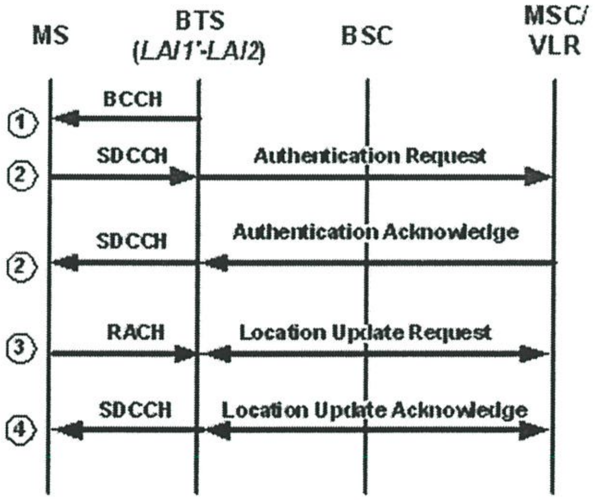
2) MS สร้างการเชื่อมต่อกับเครือข่ายผ่านช่องสัญญาณ SDCCH แล้วเริ่มการตรวจสอบ

3) ถ้าการตรวจสอบถูกต้องและสำเร็จ MS จะทำการส่งข้อมูลการร้องขอการปรับตำแหน่งให้กับระบบ

4) เมื่อระบบรับรู้ถึงการปรับตำแหน่งแล้วก็จะทำการตัดช่องสัญญาณสื่อสารกับ MS



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.4 แสดงการระบุตำแหน่งกลุ่มของโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อใช้งาน MSC/VLR ชุดเดียวกัน

จากรูปที่ 4.5 สามารถอธิบายลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

1) MS รับข้อมูลจากช่องสัญญาณ BCCH ภายในเซลใหม่เพื่อกำหนดค่า LAI ใหม่โดยเปรียบเทียบกับค่าเก่า ซึ่งในที่นี้เป็นการปรับกลุ่มระหว่าง ***LAI2*** และ ***LAI1'*** กรณี MS เคลื่อนที่เข้ากลุ่มการส่งสัญญาณติดตามจากพื้นที่ LA อื่นโดยตรงในทางตรงกันข้ามระหว่าง ***LAI1'*** และ ***LAI2*** เป็นกรณี MS เคลื่อนที่ออกกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามไปยังพื้นที่ LA อื่นโดยตรง

2) MS สร้างการเชื่อมต่อกับเครือข่ายผ่านช่องสัญญาณ SDCCH แล้วเริ่มการตรวจสอบ

3) VLR ชุดใหม่ที่ MS เข้าใช้งานทำการติดต่อไปยังฐานข้อมูล HLR เพื่อค้นหาข้อมูลของ Subscriber รายนี้

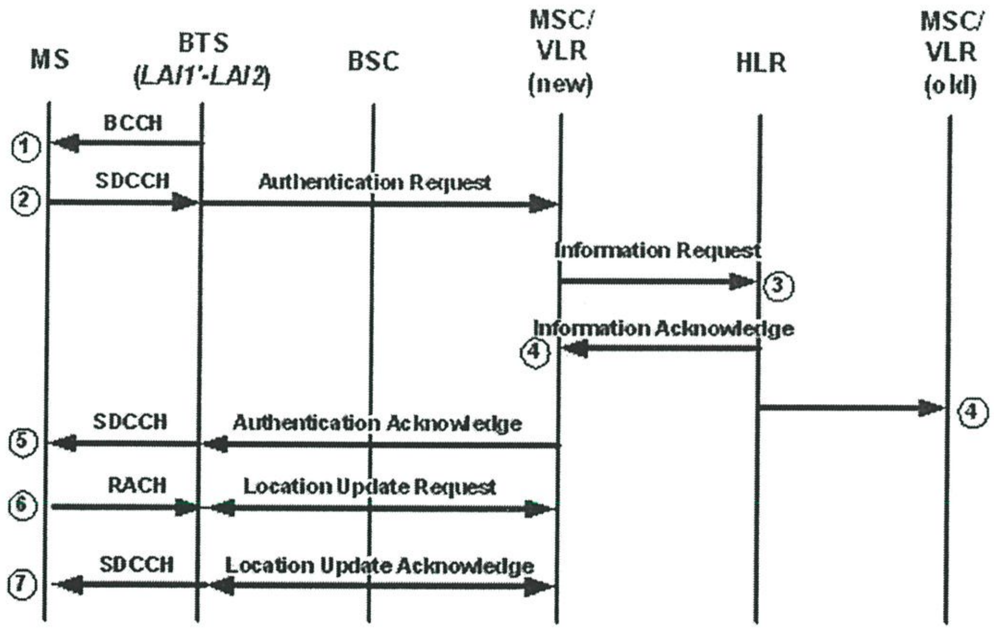
4) HLR ทำการส่งข้อมูลของ Subscriber รายนี้ให้กับ VLR ชุดใหม่ที่ MS เข้าใช้งานและในขณะเดียวกันก็ทำการสั่งให้ VLR ชุดเก่าที่ MS เลิกใช้งานทำการลบข้อมูลของ Subscriber รายนี้ออก

5) ถ้าการตรวจสอบถูกต้องและสำเร็จ MS จะทำการส่งข้อมูลการร้องขอการปรับตำแหน่งให้กับระบบ

6) MS ทำการส่งข้อมูลการร้องขอการปรับตำแหน่งให้กับระบบ

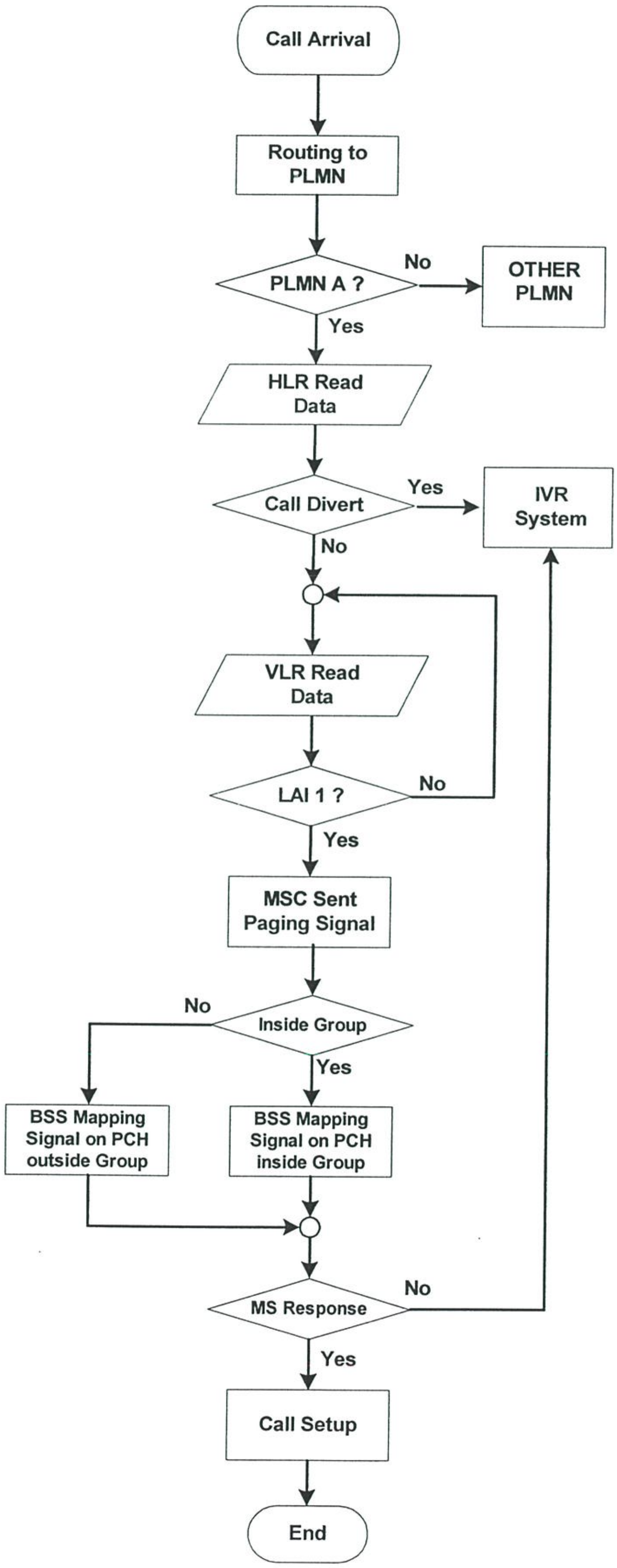
7) เมื่อระบบรับรู้ถึงการปรับตำแหน่งแล้วก็จะทำการตัดช่องสัญญาณสื่อสารกับ MS

พิจารณาการระบุตำแหน่งในรูปที่ 4.4 ถึง 4.5 สามารถเปรียบเทียบกับรูปที่ 4.3 และสรุปได้ดังนี้คือ 4.3 (ก) เป็นการระบุตำแหน่งกลุ่มในรูปที่ 4.4 (ก) ส่วน 4.3 (ข) จะแบ่งได้เป็น 2 กรณีคือรูปที่ 4.5 (ก) เป็นการใช้ VLR ตัวเดียวกันและ 4.5 (ข) เป็นการเคลื่อนที่ของ MS ที่ต้องใช้งาน VLR ตัวใหม่

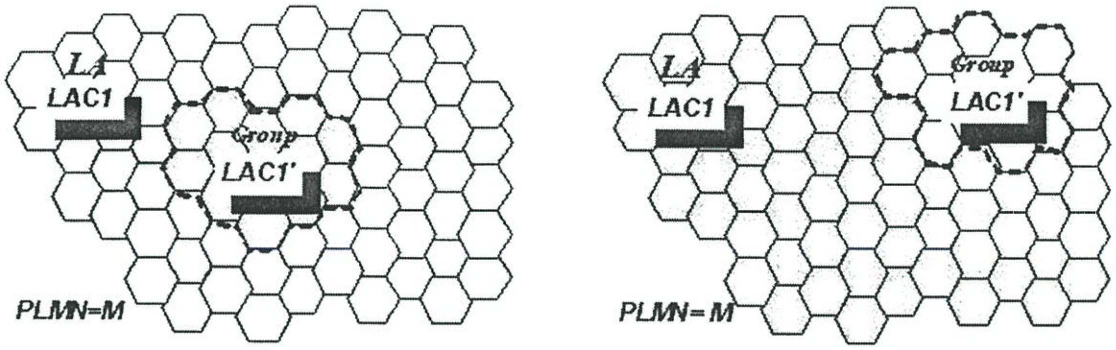


รูปที่ 4.5 แสดงการระบุตำแหน่งกลุ่มของโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อใช้งาน MSC/VLR ชุดใหม่

ตัวอย่างเมื่อมีการโทรเข้าเกิดขึ้นระบบจะติดต่อกับ HLR เพื่อค้นหาตำแหน่งของ MSC/VLR ที่ MS ใช้งานอยู่ เมื่อได้ตำแหน่งแล้วระบบจะตรวจสอบพบข้อมูลเกี่ยวกับกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามที่ได้เพิ่มเข้าไปใน VLR เสร็จแล้ว MSC ก็จะส่งสัญญาณติดตามไปยัง BSC ที่ดูแลกลุ่มการส่งสัญญาณที่เพิ่มเข้าไปให้ส่งสัญญาณติดตามเฉพาะกลุ่มเซลดังกล่าวเท่านั้น ดังขั้นตอนแสดงในรูปที่ 4.6



(ก) แสดงกระบวนการส่งสัญญาณติดตามเมื่อเพิ่มกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามลงไปในระบบ



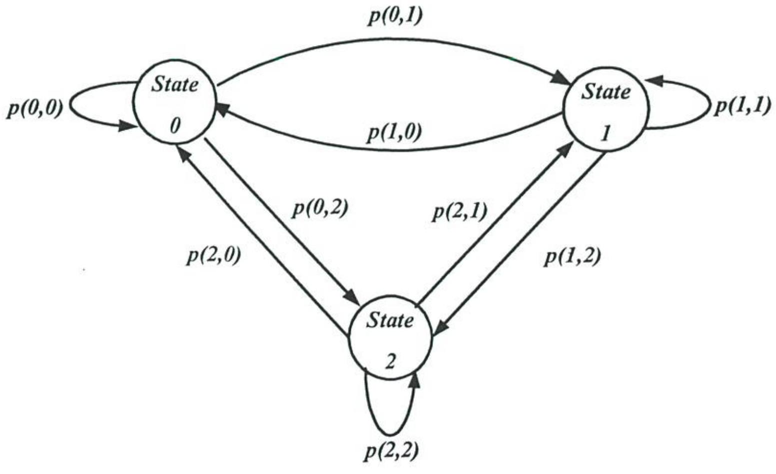
(ข) แสดงพื้นที่การส่งสัญญาณติดตามเมื่อเพิ่มกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามลงไปในระบบ

รูปที่ 4.6 แสดงการส่งสัญญาณติดตามเมื่อเพิ่มกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามลงไปในระบบ

จากรูปที่ 4.6 (ข) เป็นการแสดงพื้นที่ๆระบบต้องส่งสัญญาณ Paging ออกไปใน 2 กรณีด้วยกันคือ MS อยู่ภายในกลุ่มเซลและนอกกลุ่มเซลซึ่งจะเห็นได้ว่ารูปแบบที่วิเคราะห์นี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนอิสระจากกันนั่นคือสามารถส่งสัญญาณติดตามได้รวดเร็วขึ้น ส่วนรูปที่ 4.6 (ก) เป็นการอธิบายถึงกระบวนการต่างๆของระบบเมื่อได้เพิ่มกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามลงไป และมีการโทรเข้าจนถึงการส่งสัญญาณติดตาม

4.2.1 รูปแบบในการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์

รูปแบบการเคลื่อนที่ลักษณะดังกล่าวสามารถอธิบายได้ด้วยหลักการลูกโซ่ของมาร์คอฟ (Markov Chain) ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.7 แสดงไดอะแกรมสภาวะการเคลื่อนของ MS ในเครือข่ายเซลลูล่าร์ด้วยหลักการลูกโซ่ของ Markov

รูปที่ 4.7 แสดงสภาวะที่สามารถเกิดขึ้นได้ในการเคลื่อนที่อย่างอิสระของ MS ซึ่งมีทั้งหมด 3 สภาวะด้วยกันคือ

สภาวะที่ 0 เป็นสภาวะที่ MS เคลื่อนที่เริ่มต้นจากกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามซึ่งประกอบไปด้วยเซลตั้งแต่ 1 เซลขึ้นไปและสามารถเคลื่อนที่ไปยังสภาวะอื่นๆได้อีกคือ *(0,0), (0,1)* และ *(0,2)*

สภาวะที่ 1 เป็นสภาวะที่ MS เคลื่อนที่เริ่มต้นจากเซลที่เหลืออยู่นอกกลุ่มการส่งสัญญาณที่ตั้งขึ้นแต่ยังอยู่ภายในพื้นที่ LA ที่พิจารณาเดียวกันไปยังสภาวะอื่นๆได้อีกคือ *(1,0), (1,1)*และ *(1,2)*

สภาวะที่ 2 เป็นสภาวะที่ MS เคลื่อนที่เริ่มต้นจากเซลภายนอกพื้นที่ LA ที่พิจารณาไปยังสภาวะอื่นๆได้อีกคือ *(2,0), (2,1)* และ *(2,2)*

4.2.1.1 สมการ Discrete-time Markov Chain

สมมุติให้ $X(n)$ เป็นลำดับสุ่มที่แทนด้วยสภาวะของระบบที่เวลา n (แบบไม่ต่อเนื่อง) และ $X(n)$ นั้นสามารถเป็นจำนวนที่นับได้ของสภาวะ ดังนั้นคุณสมบัติทั่วไปของ Markov สามารถอธิบายได้โดยความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนตำแหน่งดังนี้

$$P\left[X(m)=x_m \mid X(m-1)=x_{m-1}, X(m-2)=x_{m-2},\ldots, X(0)=x_0\right]$$
$$=P[X(m)=x_m \mid X(m-1)=x_{m-1}] \qquad (4.1)$$

โดยการใช้เมตริกซ์เพื่อหาความน่าจะเป็นของลำดับ Markov ในสภาวะเฉพาะที่เวลาเฉพาะ เราสามารถหาความน่าจะเป็นของสภาวะได้นั้นคือ

$$p_j(n) \stackrel{\Delta}{=} P[X(n)=j], \qquad j=1,2,\ldots\ldots \qquad (4.2)$$

และในการหาความน่าจะเป็นทั้งหมดเราใช้เงื่อนไข Single-step transition probabilities ที่กำหนดโดย

$$P_{i,j}(m-1,m) \stackrel{\Delta}{=} P[X(m)=j \mid X(m-1)=i] \qquad (4.3)$$

เมื่อนำสมการที่ 4.2 และ 4.3 มาหาค่าจะได้ว่า

$$P[(X(m-1)=i),\ (X(m)=j)] = p_i(m-1)P_{i,j}(m-1,m) \qquad (4.4)$$

และถ้าให้ความน่าจะเป็นของแต่ละสภาวะคือ $p_j(m), j = 1, 2,\ldots$ จะสามารถหาได้โดยกฎของความน่าจะเป็นคือ

$$p_j(m) = \sum_{all\ i} p_i(m-1)P_{i,j}(m-1,m) \qquad (4.5)$$

ความน่าจะเป็นของแต่ละสภาวะและความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนตำแหน่งสามารถอธิบายในรูปของเมตริกซ์ทั่วไปโดยมีข้อกำหนดว่า

$$P(m,n) \stackrel{\Delta}{=} [P_{i,j}(m,n)] \qquad (4.6)$$

ซึ่ง $P(m,n)$ คือเมตริกซ์และ

$$p^T(n) \stackrel{\Delta}{=} [p_1(n), \ p_2(n),\ldots\ldots, p_k(n)] \qquad (4.7)$$

ซึ่ง $p^T(n)$ คือตำแหน่งแถวและ k คือจำนวนของสภาวะ เมื่อใช้สมการที่ 4.6 และ 4.7 เราสามารถเขียนสมการที่ 4.5 ได้เป็น

$$p^T(m) = p^T(m-1)P(m-1, \ m) \qquad (4.8)$$

4.2.1.2 สมการ Homogeneous Markov Chains

ในหลายๆรูปแบบของ Markov Chain ที่เป็นความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนตำแหน่งนั้นอิสระจากกันเมื่อเกิดการเปลี่ยนตำแหน่งนั่นคือ $P_{i,j}(m-1,m) = P_{i,j}(n-1,n)$ สำหรับทุกค่าของ i, j, m และ n ถ้ากรณีนี้เราจะเรียกว่า *homogeneous* และเมตริกซ์ของสภาวะการเปลี่ยนตำแหน่งก็จะเรียกว่าสภาวะคงที่ (Stationary) ดังนั้นสมการที่ 4.8 จะเขียนใหม่ได้เป็น

$$p^T(m) = p^T(m-1)P(1) \qquad (4.9)$$

โดยที่

$$P(1) \stackrel{\Delta}{=} P(n-1,n) = P(m-1,m) \qquad (4.10)$$

นั่นคือเพราะว่า $P_{i,j}(m-1,m) = P_{i,j}(n-1,n)$ สมการที่ 4.9 จึงสามารถเขียนได้ใหม่เมื่อช่วงเวลาระหว่างสภาวะต่างกันดังนี้

$$\begin{aligned} p^T(1) &= p^T(0)P(1) \\ p^T(2) &= p^T(0)P(1)P(1) = p^T(0)P(1)^2 = p^T(0)P(2) \\ &\vdots \\ p^T(n) &= p^T(0)P(1)^n = p^T(0)P(n) \end{aligned} \tag{4.11}$$

ดังนั้น

$$P(n) \overset{\Delta}{=} P(1)^n \tag{4.12}$$

$P(1)^n$ คือเมตริกซ์ของสภาวะการเปลี่ยนตำแหน่งที่ n นั่นคือ i และ j ของ $P(1)^n$ แทนความน่าจะเป็นของย้ายตำแหน่งในช่วงเวลา n จากสภาวะ i ไป j

4.2.1.3 สมการ Long-run Behavior of Homogeneous Chains

พิจารณาสมการที่ 4.12 เมื่อ n มีค่าเข้าใกล้อนันต์ Homogeneous Markov Chains จะเข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady-State Probability) หลังจากเกิดการเป็นตำแหน่งหลายครั้ง นั่นคือ

$$\lim_{n\to\infty} P(n) = \lim_{n\to\infty} P(n-1) = P \tag{4.13}$$

เมื่อใช้คุณสมบัติดังกล่าวสมการที่ 4.11 เขียนได้เป็น

$$\lim_{n\to\infty} p^T(n) \overset{\Delta}{=} \pi^T = p^T(0) \lim_{n\to\infty} P(n) = p^T(0)P \tag{4.14}$$

ซึ่ง π เรียกว่า *Limiting State Probabilities* และ

$$\pi_j \overset{\Delta}{=} \lim_{n\to\infty} p_j(n) \tag{4.15}$$

จากสมการที่ 4.13 ถึง 4.15 จะได้ว่า

$$\pi^T = p^T(0) \lim_{n\to\infty} P(1)^n = p^T(0) \lim_{n\to\infty} P(1)^{n-1} P(1) \qquad (4.16)$$

หรือ

$$\pi^T = \pi^T P(1) \qquad (4.17)$$

สมการที่ 4.17 สามารถใช้หาความน่าจะเป็นของสภาวะคงที่ถ้ามีอยู่จริง อย่างไรก็ตาม วิธีการแก้สมการโดยใช้หนึ่งหน่วยสามารถหาได้โดย

$$\sum_{all\ j} \pi_j = 1 \qquad (4.18)$$

4. 2.2 วิเคราะห์รูปแบบทางเครือข่ายโดยใช้หลักการของ Markov Chain

จากการเคลื่อนที่ของ MS ในรูปแบบการวิเคราะห์ทางเครือข่ายในหัวข้อที่ 4.1 และรูปแบบการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ในหัวข้อที่ 4.2 สามารถสรุปการเคลื่อนที่ของ MS ได้ดังต่อไปนี้

$p(0,0)$ หมายถึงเคลื่อนที่ภายในกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามที่เพิ่มเข้าไปในระบบ

$p(0,1)$ หมายถึงเคลื่อนที่ออกจากกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามที่เพิ่มเข้าไปในระบบแต่ยังคงอยู่ภายในพื้นที่ LA เดียวกัน

$p(0,2)$ หมายถึงเคลื่อนที่ออกจากกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามที่เพิ่มเข้าไปในระบบและออกไปยังพื้นที่ LA อื่นๆ

$p(1,0)$ หมายถึงเคลื่อนที่จากเซลภายในพื้นที่ LA ที่พิจารณาเดียวกันเข้ามาภายในกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามที่เพิ่มเข้าไปในระบบ

$p(1,1)$ หมายถึงเคลื่อนที่ภายใน LA ที่พิจารณาเดียวกัน

$p(1,2)$ หมายถึงเคลื่อนที่จาก LA ที่พิจารณาไปยังพื้นที่ LA อื่นๆ

$p(2,0)$ หมายถึงเคลื่อนที่จากพื้นที่ LA อื่นๆเข้ามายังกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามที่เพิ่มเข้าไปในระบบโดยตรง

$p(2,1)$ หมายถึงเคลื่อนที่จากพื้นที่ LA อื่นๆเข้ามายังพื้นที่ LA ที่กำลังพิจารณาอยู่

$p(2,2)$ หมายถึงเคลื่อนที่อยู่นอกพื้นที่ LA ที่กำลังพิจารณาอยู่

เมื่อพิจารณาถึงช่วงเวลาที่ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จะส่งสัญญาณติดตามออกไปยังในพื้นที่ส่วนที่ได้ทำการออกแบบไว้แล้ว รวมกับความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนตำแหน่งทุกตำแหน่งก็จะได้ความน่าจะเป็นของตำแหน่งที่ MS จะยังคงเคลื่อนที่อยู่ภายในโดยพิจารณาจากสมการ 4.17 และหลักการของเมตริกซ์ดังนี้

$$\pi^T = \pi^T \begin{bmatrix} p(0,0) & p(0,1) & p(0,2) \\ p(1,0) & p(1,1) & p(1,2) \\ p(2,0) & p(2,1) & p(2,2) \end{bmatrix} \tag{4.19}$$

หรือ

$$\pi_0 = p(0,0)\pi_0 + p(1,0)\pi_1 + p(2,0)\pi_2 \tag{4.20}$$

$$\pi_1 = p(0,1)\pi_0 + p(1,1)\pi_1 + p(2,1)\pi_2 \tag{4.21}$$

$$\pi_2 = p(0,2)\pi_0 + p(1,2)\pi_1 + p(2,2)\pi_2 \tag{4.22}$$

โดยค่าของ π_0, π_1 และ π_2 สามารถหาได้นำสมการที่ 4.20 ถึง 4.22 มาพิจารณาร่วมกับสมการหนึ่งหน่วยที่ 4.18 และผลรวมของความน่าจะเป็นคือ $\sum_j p(i,j) = 1$ จะได้

$$\pi_0 = \frac{p(1,0)p(2,0) + p(1,0)p(2,1) + p(1,2)p(2,0)}{P} \tag{4.23}$$

$$\pi_1 = \frac{p(0,1)p(2,1) + p(0,2)p(2,1) + p(2,0)p(0,1)}{P} \tag{4.24}$$

$$\pi_2 = \frac{p(0,1)p(1,2) + p(1,0)p(0,2) + p(0,2)p(1,2)}{P} \tag{4.25}$$

ในขณะที่

$P = p(1,0)p(2,1) + p(2,0)\{p(1,0) + p(1,2)\} + p(0,1)\{p(2,0) + p(2,1) + p(1,2)\} + p(0,2)$
$\{p(1,0) + p(1,2) + p(2,1)\}$

ภาระโหลดที่ต้องสูญเสียไปทั้งหมด C_T คือการส่งสัญญาณติดตามต่อหนึ่งหน่วยเวลารวมกับพฤติกรรมของรูปแบบกลุ่มที่มีการแจ้งตำแหน่งให้กับระบบต่อหนึ่งหน่วยเวลา สมมติให้การโทรเข้ามาติดต่อ MS ที่กำลังพิจารณามีลักษณะการโทรเข้าด้วยอัตราแบบปัวซอง (Poisson process, λ_c) และให้ ζ_u เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของการแจ้งตำแหน่งกลุ่มส่วน ζ_c เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของอัตราการเรียกเข้า เมื่อ MS มีการเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างกลุ่มเซลที่เพิ่มเข้าไปในเครือข่ายได้ออกมาว่า

$$C_T = \zeta_c \lambda_c E[N_p] + \zeta_u \beta_u \quad (4.26)$$

โดยที่ $E[N_p]$ คือจำนวนของเซลที่คาดว่าจะต้องส่งสัญญาณติดตามในแต่ละการโทรเข้าและ β_u คืออัตราการแจ้งตำแหน่งกลุ่มเมื่อ MS มีการเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างกลุ่มเซลที่เพิ่มเข้าไปในเครือข่าย โดยให้ N และ N_g แทนจำนวนเซลทั้งหมดที่อยู่ภายในพื้นที่ LA ที่กำลังพิจารณาและจำนวนเซลที่แบ่งออกเป็นกลุ่มภายในพื้นที่ LA ที่กำลังพิจารณาตามลำดับดังนั้น

$$E[N_p] = \pi_0 N_g + \pi_1 (N - N_g) \quad (4.27)$$

จากสมการที่ 4.27 สามารถอธิบายได้ว่าถ้า MS เคลื่อนที่อยู่ภายในกลุ่มของเซลนั่นคือ N_g เท่ากับจำนวนเซลที่ต้องส่งสัญญาณติดตามขณะที่ถ้า MS เคลื่อนที่อยู่ภายนอกกลุ่มเซลแต่ยังอยู่ในพื้นที่ LA เดียวกันนั่นคือ $N - N_g$ เท่ากับจำนวนเซลที่ต้องส่งสัญญาณติดตามและจากสมการที่ 4.26 เราสามารถหาค่า β_u ได้จาก

$$\beta_u = \pi_0 p(0,1) + \pi_1 p(1,0) + \pi_2 p(2,0) \quad (4.28)$$

เนื่องจากพฤติกรรมของกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามที่ได้เพิ่มเข้าไปในเครือข่ายทำให้ระบบต้องส่งข้อมูลในการระบุตำแหน่ง MS แบ่งได้เป็น 2 กรณีด้วยกันคือ

1) เมื่อ MS เคลื่อนที่เข้าหรือออกจากกลุ่มเซลการส่งสัญญาณติดตามแต่อยู่ภายในพื้นที่ LA ที่กำลังพิจารณาเดียวกัน
2) เมื่อ MS เคลื่อนที่ตรงเข้ามาภายในกลุ่มเซลการส่งสัญญาณติดตามโดยมาจากภายนอกพื้นที่ LA ที่กำลังพิจารณา

สำหรับรูปแบบการส่งสัญญาณติดตามที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันภาระโหลด C_T ที่ต้องใช้ไปทั้งหมดสามารถหาได้จากสมการที่ 4.26 โดย $E[N_p] = N$ และ $\beta_u = 0$ เนื่องจากไม่เกิดพฤติกรรมการระบุตำแหน่ง MS ในสมการที่ 4.27 และ 4.28 นั่นคือ

$$C_c = \lambda_c E[N_p] \quad (4.29)$$

ซึ่งสามารถอธิบายสมการที่ 4.29 ได้ว่าเป็นการส่งสัญญาณติดตามไปยังทุกเซลในพื้นที่ของ LA ที่พิจารณา

บทที่ 5

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างรูปแบบกลุ่มกับรูปแบบที่ใช้งานทั่วไปในการส่งสัญญาณติดตาม

เนื้อหาในบทนี้เป็นการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเป็นการแสดงถึงภาระที่ต้องใช้ไปเทียบกับระบบที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้งาน จากจุดประสงค์ที่ต้องการลดภาระสัญญาณต่างๆในการเรียกเข้าโทรศัพท์เคลื่อนที่ และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเพื่อรองรับจำนวนผู้ใช้บริการที่สูงขึ้น

5.1 เงื่อนไขและข้อกำหนดในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลลัพธ์ในงานวิจัยนี้ การกำหนดค่าหรือช่วงของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องสำหรับใช้ในแบบจำลองทั้งทางคณิตศาสตร์ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ค่าของตัวแปรต่างๆที่ใช้ในแบบจำลอง

ตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลอง	ค่าที่ใช้
จำนวนเซลทั้งหมดที่ควบคุมด้วย MSC/VLR หนึ่งระบบ (*PLMN*)	303 เซล
จำนวนเซลในพื้นที่ LA ที่ควบคุมด้วย MSC/VLR หนึ่งระบบ	62 และ 30 เซล
จำนวนเซลที่ใช้ในการจำลองครั้งที่ 1 (N_{g1})	1 เซล
จำนวนเซลที่ใช้ในการจำลองครั้งที่ 2 (N_{g2})	15 เซล
จำนวนเซลที่ใช้ในการจำลองครั้งที่ 3 (N_{g3})	58 และ 28 เซล
เวลาที่ใช้ไปขณะ MS เคลื่อนที่ภายในกลุ่มเซล (λ_{m0})	4 ชั่วโมง
เวลาที่ใช้ไปขณะ MS เคลื่อนที่ภายนอกกลุ่มเซลแต่ LA เดียวกัน (λ_{m1})	1 ชั่วโมง
เวลาที่ใช้ไปขณะ MS เคลื่อนที่ภายนอก LA (λ_{m2})	8 ชั่วโมง

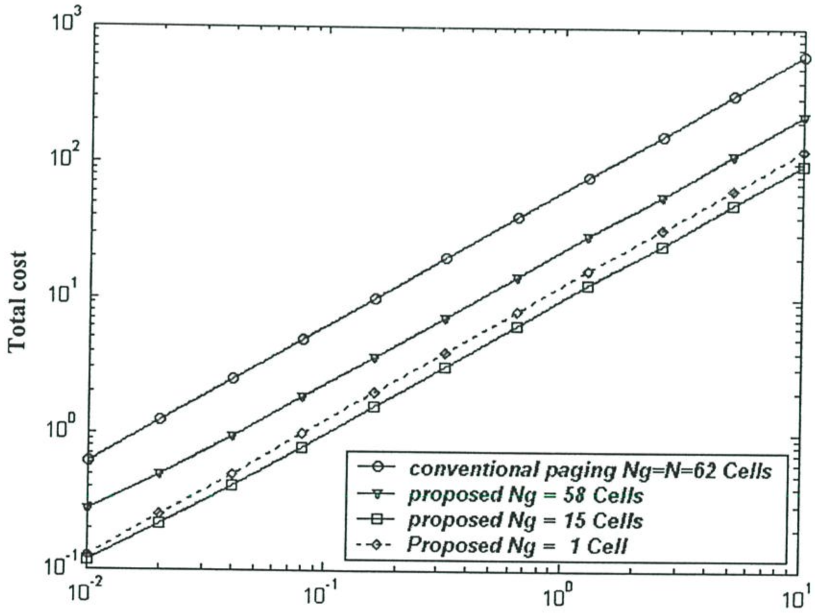
ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ เพื่อประเมินภาระทั้งหมดที่ต้องใช้ไปในการส่งสัญญาณติดตามจำเป็นต้องกำหนดขนาดของเครือข่ายที่เท่ากัน โดยจะออกแบบให้เทคนิคการส่งสัญญาณติดตามนั้นเข้าไปอยู่ในระบบเดิมที่มีอยู่และมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมคือ เมื่อ MS ได้รับสัญญาณจากช่องสัญญาณ BCCH เมื่อเคลื่อนที่ข้ามระหว่างเซลที่จัดให้เป็นกลุ่มก็จะทำการเปรียบเทียบค่า LAI ซึ่งเราจะเปลี่ยนข้อมูลให้ใหม่เป็น LAI` ในระบบฐานข้อมูล VLR แล้วทำการ Authentication เฉพาะที่ VLR (เพราะ VLR มีข้อมูลของผู้ใช้บริการคล้ายกันกับ HLR อยู่แล้ว) ผ่านช่องสัญญาณ

SDCCH ซึ่งคล้ายกับการปรับตำแหน่งใหม่ของ MS ที่ต้องทำตลอดเวลาอยู่แล้วเมื่อมีการเคลื่อนที่ข้ามเซลหรือใช้ความถี่ใหม่ ในทำนองเดียวกันกับการแฮนด์โอเวอร์การแจ้งตำแหน่งการเคลื่อนที่ข้ามระหว่างกลุ่มจะกระทำเมื่อเสร็จสิ้นการสนทนาหรือรับส่งข้อมูล

5.2 ผลการวิเคราะห์กรณี MS เคลื่อนที่เปลี่ยนกลุ่มเฉลี่ยอย่างสม่ำเสมอ

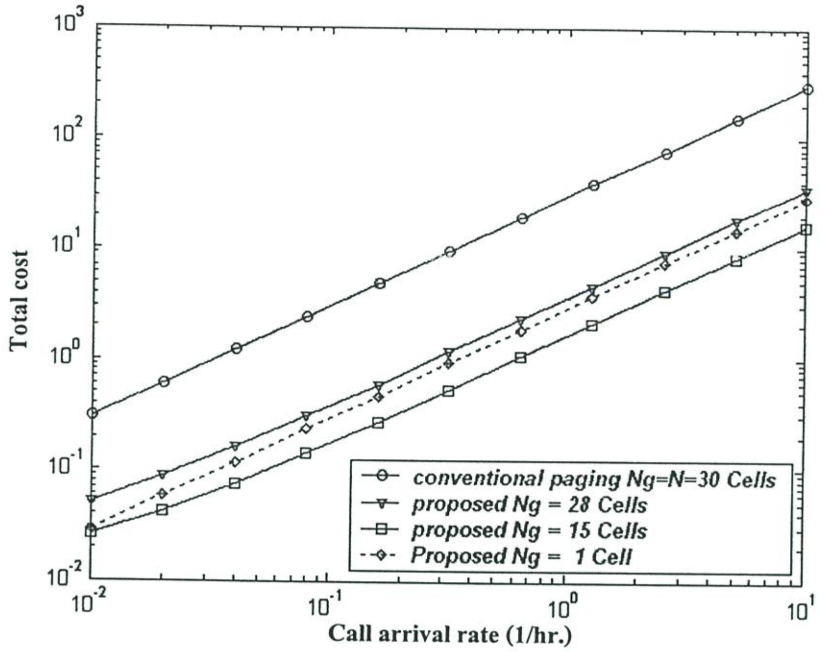
ผลการวิเคราะห์ในส่วนนี้จะแสดงให้เห็น ผลการเปรียบเทียบภาระการส่งสัญญาณติดตามที่ต้องใช้ทั้งหมดระหว่างกลวิธีที่นำเสนอกับรูปแบบที่ใช้งานในระบบปัจจุบัน โดยทำการเปลี่ยนจำนวนเซลของกลุ่มเซลเพื่อวิเคราะห์หาจำนวนเซลในกลุ่มที่ให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และวิเคราะห์การจัดวางตำแหน่งของกลุ่มเซลที่มีผลกระทบกับพฤติกรรมของการเคลื่อนที่ของ MS ซึ่งจะแสดงความแตกต่างที่เกิดขึ้นในแต่ละเงื่อนไขให้เห็นจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต่างๆดังนี้

5.2.1 กรณีกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามไม่มีเซลใดในกลุ่มอยู่บริเวณขอบของ LA



รูปที่ 5.1 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีไม่มีเซลขอบเมื่อ LA ขนาด 62 เซล

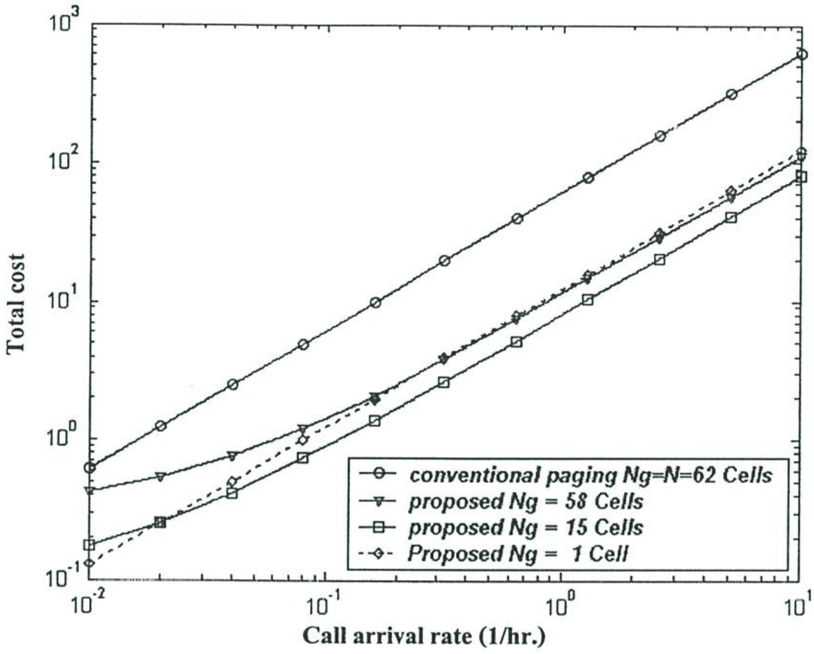
จากข้อมูลที่นำมาจากบริษัทที่เปิดให้บริการรายหนึ่งจังหวัดนครราชศรีมาประกอบไปด้วย 7 พื้นที่ LA หรือ LAC ที่มีจำนวนเซลที่เป็นสมาชิกแตกต่างกัน นำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบระหว่าง LA ที่มีจำนวนเซลมากที่สุดคือ 62 เซลและขนาดกลางค่อนข้างเล็กคือ 30 เซลดังแสดงในรูปที่ 5.1 และ 5.2 ตามลำดับ



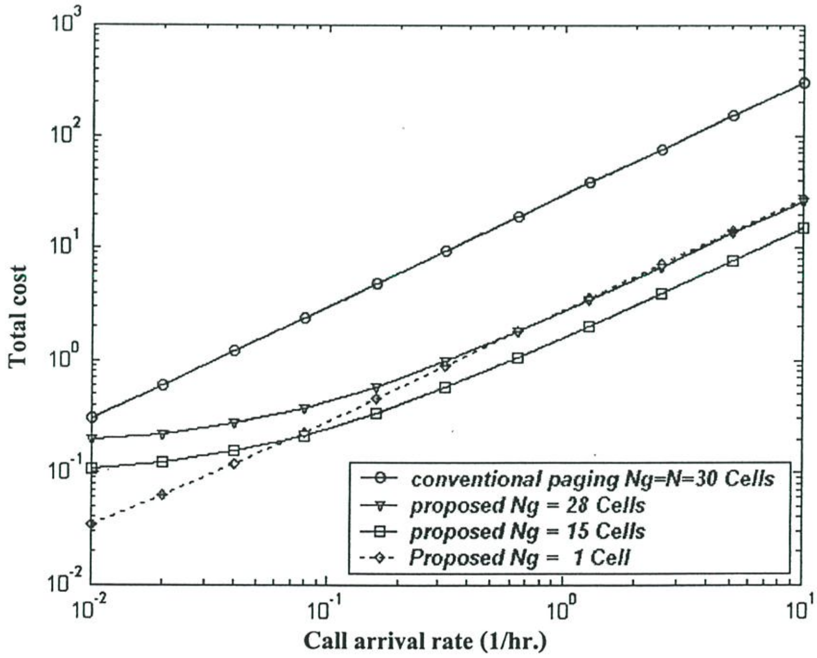
รูปที่ 5.2 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีไม่มีเซลขอบเมื่อ LA ขนาด 30 เซล

ค่าของสภาวะต่างคือ $p(0,0) = 1-[(N-Ng)/N)]$, $p(0,1) = (N-Ng)/N$ ในสภาวะ 0 $p(1,0) = Ng/M$, $p(1,1) = (N-Ng)/M$ และ $p(1,2) = 1-p(1,0)-p(1,1)$ ในสภาวะ 1 และสภาวะ 2 คือ $p(2,1) = 1-[(M-N)/M]$ และ $p(2,2) = (M-N)/M$ ซึ่งจะเห็นว่าสภาวะ $p(0,2) = p(2,0) = 0$ เนื่องมาจาก MS ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้โดยตรงจากกลุ่มเซลที่ไม่มีสมาชิกเซลใดเป็นเซลขอบพื้นที่ LA ดังได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 4 ซึ่งความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสภาวะดังกล่าวอธิบายได้ด้วย *Uniform Probability Density Function (pdf)* เสมือนกับ MS จะมีความน่าจะเป็นในการเคลื่อนที่เท่ากับจำนวนเซลเฉลี่ย โดยสมมติให้เซลทุกเซลครอบคลุมพื้นที่เท่ากันหมด จากรูปที่ 5.1 และ 5.2 เป็นการเปรียบเทียบกระบวนการส่งสัญญาณติดตามระหว่างรูปแบบที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันกับรูปแบบที่นำเสนอที่มีจำนวนเซลต่างกัน จะเห็นได้ว่ารูปแบบที่นำเสนอนั้น สามารถลดภาระการสูญเสียลงได้อย่างเห็นได้ชัดและสอดคล้องกับความเป็นจริงคือจำนวนเซลใน LA น้อยลงทำให้การส่งสัญญาณ Paging ลดน้อยลงตามจำนวนเซลภายใน LA ด้วย โดยมีความแตกต่างอยู่ที่ขนาดของ LA ที่ไม่เท่ากันส่งผลให้กลุ่มเซลส่งสัญญาณติดตามที่มีขนาดเท่ากัน คือ 1 และ 15 เซลมีภาระสูญเสียไม่เท่ากัน นั่นก็เพราะความน่าจะเป็นในการเคลื่อนที่ของ MS ใน LA ขนาดใหญ่เกิดได้สูงกว่าจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ทำให้มีภาระสูญเสียของการระบุตำแหน่งกลุ่มสูงขึ้นด้วยและอีกประการหนึ่งที่เห็นได้ชัดคือขนาดกลุ่มการส่งสัญญาณ Paging ที่เล็กที่สุดก็ไม่ใช่จะมีภาระสูญเสียน้อยที่สุด เนื่องมาจากพื้นที่ในการเคลื่อนที่นั้นมีน้อยทำให้เกิดกระบวนการระบุตำแหน่งบ่อยครั้งเป็นการเพิ่มภาระโหลดมากขึ้นนั่นเอง

5.2.2 กรณีกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามมีเซลในกลุ่มเป็นเซลขอบของ LA



รูปที่ 5.3 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีมีเซลขอบเมื่อ LA ขนาด 62 เซล



รูปที่ 5.4 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีมีเซลขอบเมื่อ LA ขนาด 30 เซล

กรณีกลุ่มเซลส่งสัญญาณติดตามมีเซลใดเซลหนึ่งเป็นเซลขอบของ LA นั่นหมายความว่าค่าของ $p(0,2) \neq p(2,0) \neq 0$ แล้วเพราะว่า MS สามารถเคลื่อนที่ออกไปภายนอก LA ได้โดยตรง ดังนั้นค่าต่างๆที่เราสามารถหาได้จาก *pdf* คือ $p(i,0) = Ng / M$, $p(i,1) = (N - Ng) / M$ และ $p(i,2) = 1 - p(i,0) - p(i,1)$ เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า MS สามารถเคลื่อนที่ผ่านออกไปยังพื้นที่ LA ข้างเคียงได้โดยตรงและเมื่อพิจารณาลงไปอีกจะทราบถึงเงื่อนไขที่ว่าการเคลื่อนที่เข้าออกระหว่าง LA จะก่อให้เกิดภาระสูญเสียทางพฤติกรรมของรูปแบบเพียงการเคลื่อนที่เข้ามายังกลุ่มภายใน LA ที่พิจารณาเท่านั้นส่วนการเคลื่อนที่ออกไปยัง LA อื่นจะถือเป็นภาระสูญเสียโดยทั่วไปของระบบอยู่แล้วในการระบุตำแหน่งใหม่ให้กับ VLR ส่วนภาระทาง Signaling จะไม่เพิ่มขึ้นจากกระบวนการดังกล่าวแต่อย่างไร

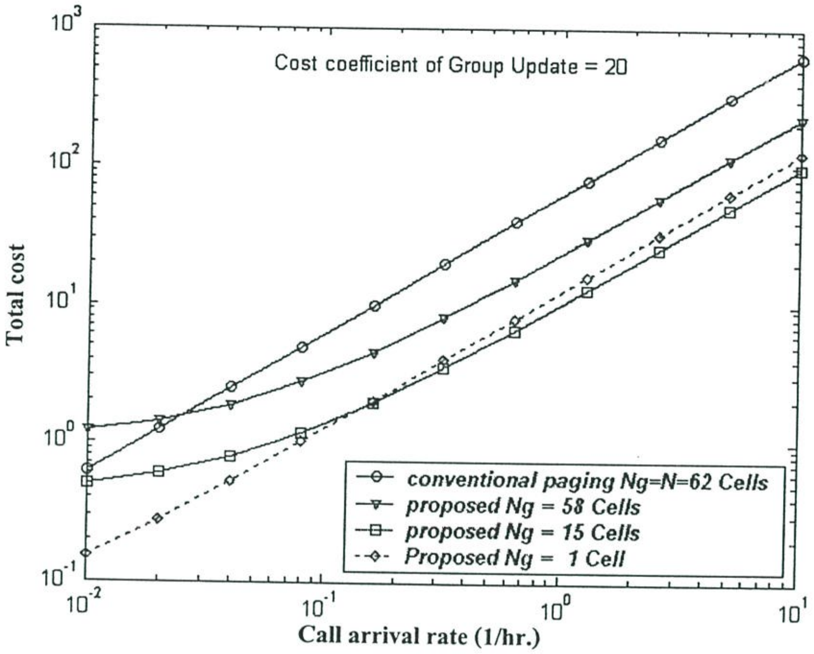
เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์จากรูปที่ 5.3 และ 5.4 จะเห็นได้ว่าค่าภาระการสูญเสียเมื่อการอัตราการเรียกเข้าต่ำนั้นจะสูงขึ้น เนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของ MS เป็นไปอย่างอิสระส่งผลให้เกิดกระบวนการระบุตำแหน่งกลุ่มมากขึ้นตามรวมกับความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสภาวะจาก 2 มายัง 0 เป็นไปได้สูงมากกว่าจากผลของการกระจายอย่างสม่ำเสมอ *(pdf)* แต่เมื่อมีอัตราการเรียกเข้าสูงขึ้นผลรวมของภาระสูญเสียที่เกิดขึ้นก็จะลดน้อยลงอย่างเห็นได้ชัด ส่วนเหตุผลที่ส่งผลให้กลุ่มเซลที่มีขนาดใหญ่มีแนวโน้มที่จะมีภาระสูญเสียน้อยลงกว่า เนื่องจากกลุ่มเซลมีสมาชิกที่เป็นเซลขอบและมีขนาดใหม่มีความน่าจะเป็นในการเคลื่อนที่ออกสูงกว่า ทำให้ภาระสูญเสียในการระบุตำแหน่งเมื่อ MS เคลื่อนที่ออกจากกลุ่มนั่นไม่มีหรือเกิดขึ้นน้อยกว่านั่นเอง

5.2.3 กรณีมีการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ภาระสูญเสียของรูปแบบกลุ่มการส่งสัญญาณ

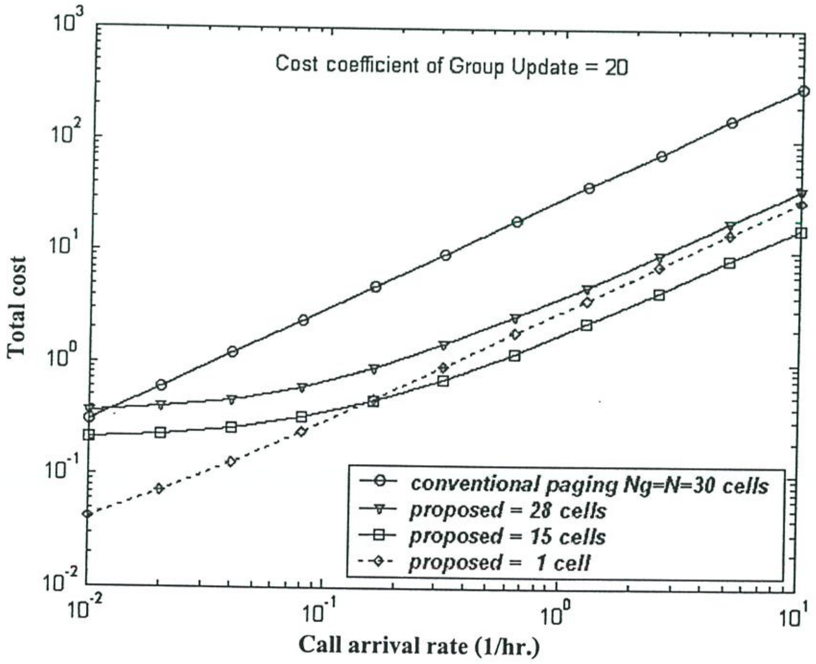
ในลักษณะนี้เป็นการเพิ่มภาระสูญเสียรวมเข้าไปด้วยกับรูปแบบกลุ่มการส่งสัญญาณ ถ้าสมมติว่า รูปแบบกลุ่มการส่งสัญญาณที่นำไปรวมกับระบบที่ใช้งานในปัจจุบันมีภาระสูญเสียที่ต้องใช้มากกว่าหนึ่งหน่วยเพื่อยุติธรรมในการพิจารณาที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานจริง การวิเคราะห์ในส่วนนี้จะใช้กรณีกลุ่มการส่งสัญญาณที่ไม่มีเซลขอบเป็นสมาชิกในกลุ่มดังแสดงในรูปที่ 5.5 และ 5.6

จากผลการวิเคราะห์ในรูปที่ 5.5 และ 5.6 จะเห็นได้ชัดเจนว่าภาระสูญเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงอัตราการเรียกเข้าต่ำๆนั้น มีภาระสูญเสียสูงขึ้นมากกว่าการส่งสัญญาณติดตามที่ใช้งานกันโดยทั่วไป เหตุด้วยอัตราการระบุตำแหน่งมีค่าสูงมากเนื่องมาจากการเพิ่มสัมประสิทธิ์ ζ_u ภาระสูญเสียเข้าไปในรูปแบบที่นำเสนอ เมื่อนำมารวมกับสัญญาณ Paging ที่ถูกส่งออกไปทำให้มีภาระสูญเสียสูงตามไปด้วย แต่เมื่ออัตราการเรียกเข้า λ_c สูงขึ้นผลรวมที่ได้ระหว่างภาระที่เกิดจากพฤติกรรมของรูปแบบกับสัญญาณติดตามหรือ Paging ที่ถูกส่งออกไปก็จะลดลงอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้ เนื่องมาจากรูปแบบที่นำเสนอนี้สามารถทำการลดพื้นที่ในการส่งสัญญาณติดตามลงไปได้ในส่วนที่ไม่จำเป็นออกไป ส่วนกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามที่เล็กที่สุดคือ 1 เซลมีผลกระทบน้อยก็

เนื่องมาจากเป็นพื้นที่ๆค่อนข้างเล็ก ทำให้ผลของความน่าจะเป็นในการกระจายอย่างสม่ำเสมอมีน้อยตามลงไปด้วยส่งผลให้ไม่มีผลกระทบมาก เมื่อเพิ่มสัมประสิทธิ์ภาระสูญเสียเข้าไปในรูปแบบที่นำเสนอ



รูปที่ 5.5 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์เป็น 20 และ LA มีขนาด 62 เซล



รูปที่ 5.6 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์เป็น 20 และ LA มีขนาด 30 เซล

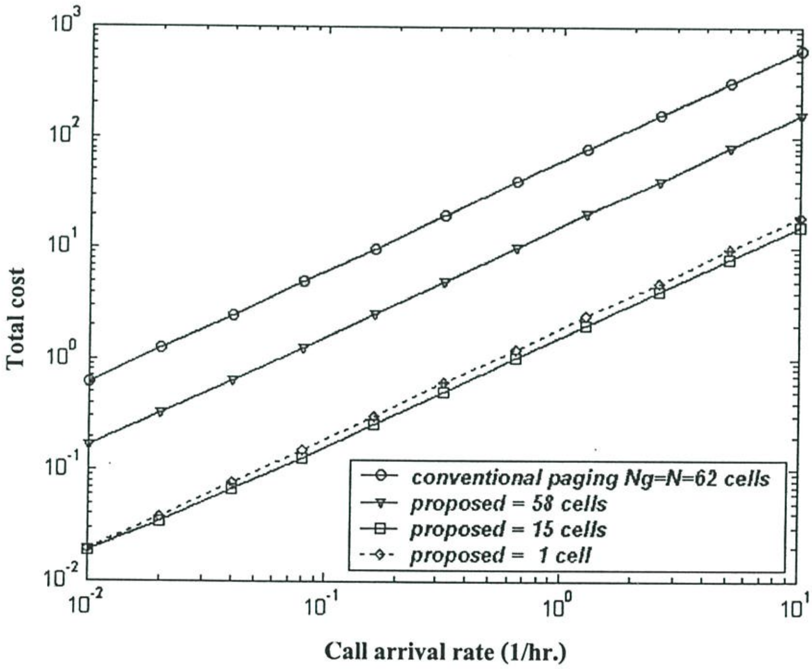
5.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลกรณี MS เคลื่อนที่เปลี่ยนกลุ่มตามช่วงเวลาการใช้งาน

ผลการวิเคราะห์ในส่วนนี้จะแสดงให้เห็น ผลการเปรียบเทียบภาระการส่งสัญญาณติดตามที่ต้องใช้ทั้งหมดระหว่างกลวิธีที่นำเสนอกับรูปแบบที่ใช้งานในระบบปัจจุบัน โดยทำการเปลี่ยนจำนวนเซลของกลุ่มเซลเพื่อวิเคราะห์หาจำนวนเซลในกลุ่มที่ให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และวิเคราะห์การจัดวางตำแหน่งของกลุ่มเซลที่มีผลกระทบกับพฤติกรรมของการเคลื่อนที่ของ MS เมื่อกำหนดช่วงเวลาในการเคลื่อนที่เป็นการกระจายแบบแอกโปแนนเชียล $1/\lambda_m$ ตามลักษณะการใช้งานของแต่ละพื้นที่ เช่น ตามย่านศูนย์การค้า ย่านธุรกิจ หรือแหล่งชุมชนที่มีการเคลื่อนที่ของ MS ไม่กินบริเวณกว้างนัก นั่นคือความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนตำแหน่ง $p(i, j)$ จะเปลี่ยนเป็นอัตราการเปลี่ยนตำแหน่ง $q(i, j)$ ที่หาได้จากสมการที่ 5.1

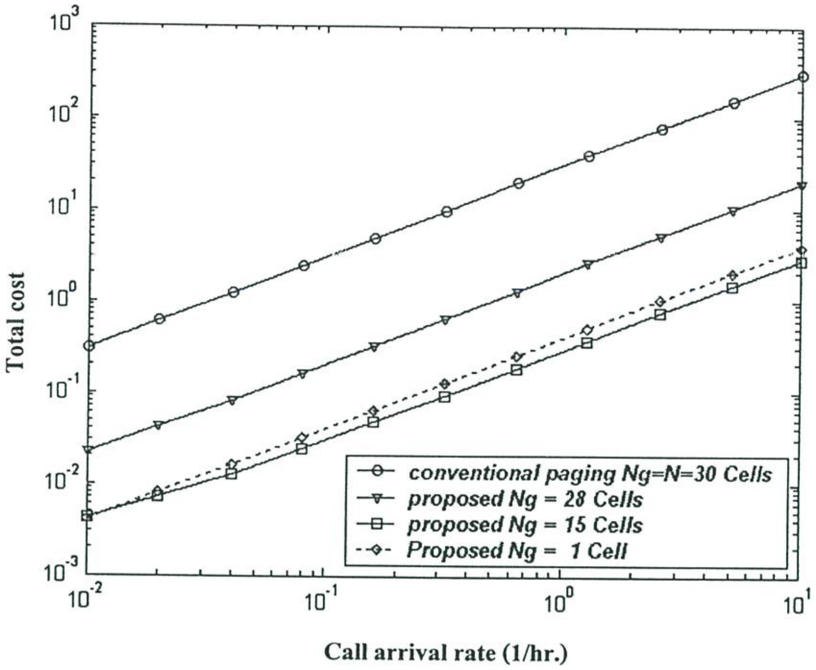
$$q(i, j) = \lambda_{mi} p(i, j) \tag{5.1}$$

ซึ่งจะแสดงความแตกต่างที่เกิดขึ้นในแต่ละเงื่อนไขให้เห็นจาก แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในลักษณะต่างๆดังนี้

5.3.1 กรณีกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามไม่มีเซลใดในกลุ่มอยู่บริเวณขอบของ LA



รูปที่ 5.7 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีไม่มีเซลขอบและ MS เคลื่อนที่เปลี่ยนกลุ่มตามช่วงเวลาการใช้งานเมื่อ LA ขนาด 62 เซล

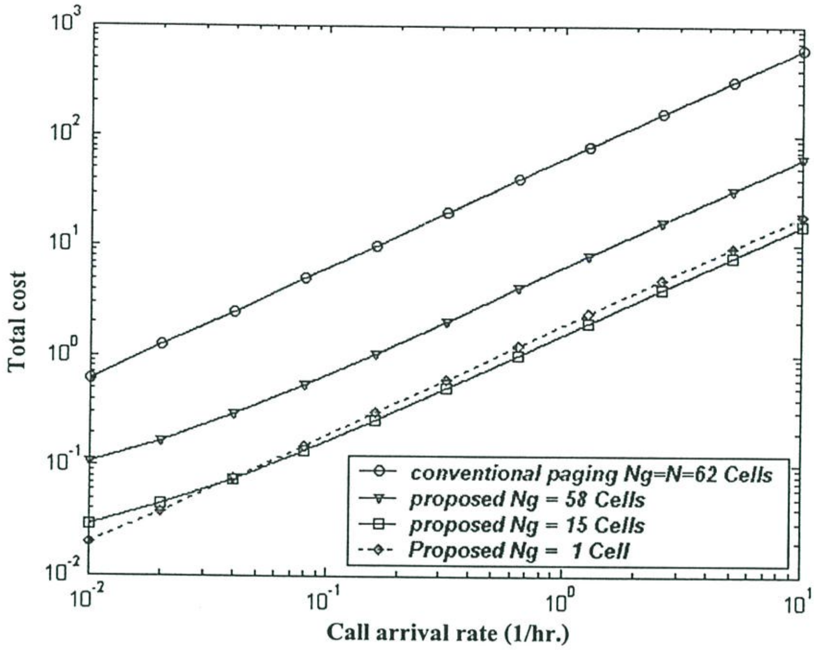


รูปที่ 5.8 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีไม่มีเซลขอบและ MS เคลื่อนที่เปลี่ยนกลุ่มตามช่วงเวลาการใช้งานเมื่อ LA ขนาด 30 เซล

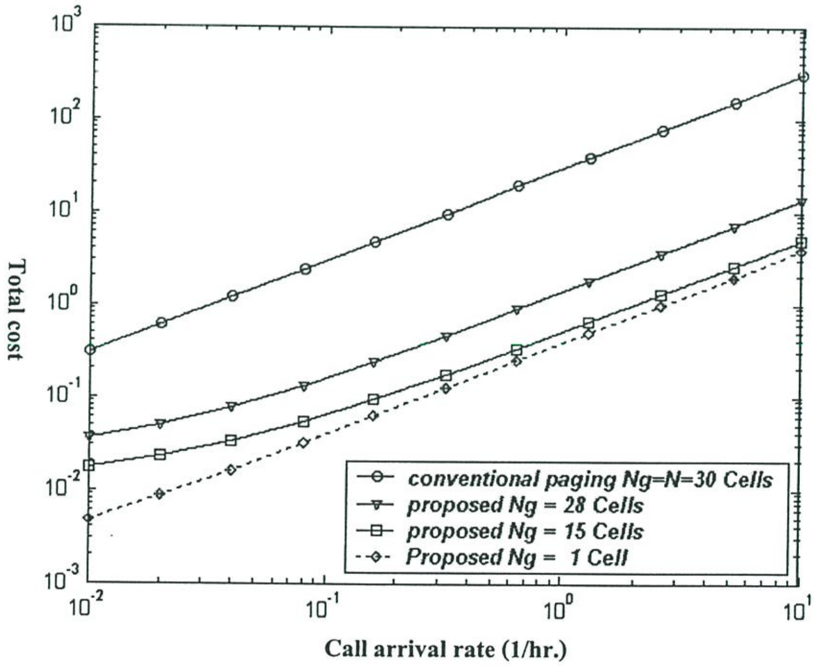
จากผลการวิเคราะห์ในรูปที่ 5.7 และ 5.8 แสดงให้เห็นว่าถ้าการออกแบบเครือข่ายเซลลูล่าร์ที่ได้เพิ่มรูปแบบกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามเข้าไปด้วย มีการสำรวจพื้นที่ใช้งานของผู้ใช้บริการแล้วจะทำให้สามารถลดภาระโหลดในการส่งสัญญาณติดตามลงได้อย่างมาก เพราะการเคลื่อนที่ของ MS เป็นบริเวณกว้างจะน้อยลงนั่นหมายความว่าพฤติกรรมการระบุตำแหน่งกลุ่มจะน้อยลงตามด้วย ส่วนเหตุผลที่กลุ่มเซลเล็กสุดแต่ไม่ได้เป็นกลุ่มเซลที่มีภาระสูญเสียน้อยสุดก็คือ จำนวนเซลที่คาดว่าจะส่งสัญญาณติดตาม $E[N_p]$ นั้นมาจากผลรวมของ 2 ส่วนที่มาจากรูปแบบกลุ่มเซลที่นำเสนอกับเซลที่เหลือภายในพื้นที่ LA เดียวกันซึ่งได้มาจากความน่าจะเป็นเมื่อ MS เคลื่อนที่ไปจนเวลาเป็นค่าอนันต์ ส่งผลให้ค่าที่ได้สูงเกินความเป็นจริงอยู่บ้างอันเนื่องมาจากวิธีทางคณิตศาสตร์

5.3.2 กรณีกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามมีเซลในกลุ่มเป็นเซลขอบของ LA

ผลการวิเคราะห์ในรูปแบบและเงื่อนไขนี้อาจจะมีลักษณะในทำนองเดียวกัน ตามหัวข้อที่ผ่านมาคือ ภาระสูญเสียทั้งหมดจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากเราได้กำหนดเงื่อนไขเกี่ยวกับช่วงเวลาที่ MS จะเปลี่ยนกลุ่มแล้วทำให้เกิดพฤติกรรมการระบุตำแหน่งกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามขึ้นน้อยลงตามช่วงเวลาที่เราสมมติให้ แต่จะเกิดข้อแตกต่างขึ้นเมื่อขนาด LA เล็กลง รูปแบบกลุ่มที่นำเสนอที่ขนาดเล็กสุดจะมีภาระสูญเสียรวมทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องมาจากอัตราการเปลี่ยนตำแหน่งนั้นน้อยลงมากรวมกับความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสภาวะที่หาได้จาก *pdf* เนื่องจากจำนวนเซลภายในพื้นที่ LA มีจำนวนน้อย ดังแสดงผลการวิเคราะห์ไว้ในรูปที่ 5.9 และ 5.10

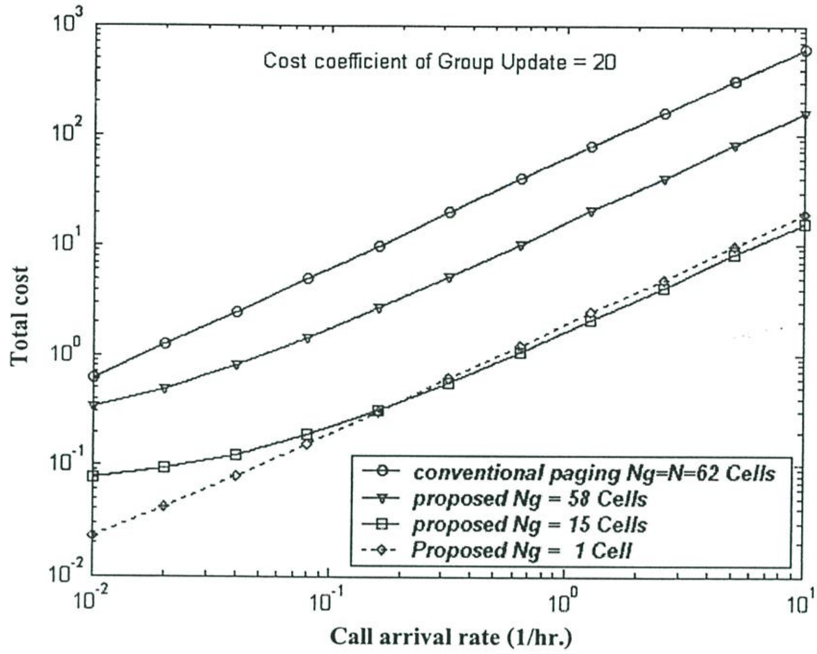


รูปที่ 5.9 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีมีเซลขอบและ MS เคลื่อนที่เปลี่ยนกลุ่มตามช่วงเวลาการใช้งานเมื่อ LA ขนาด 62 เซล

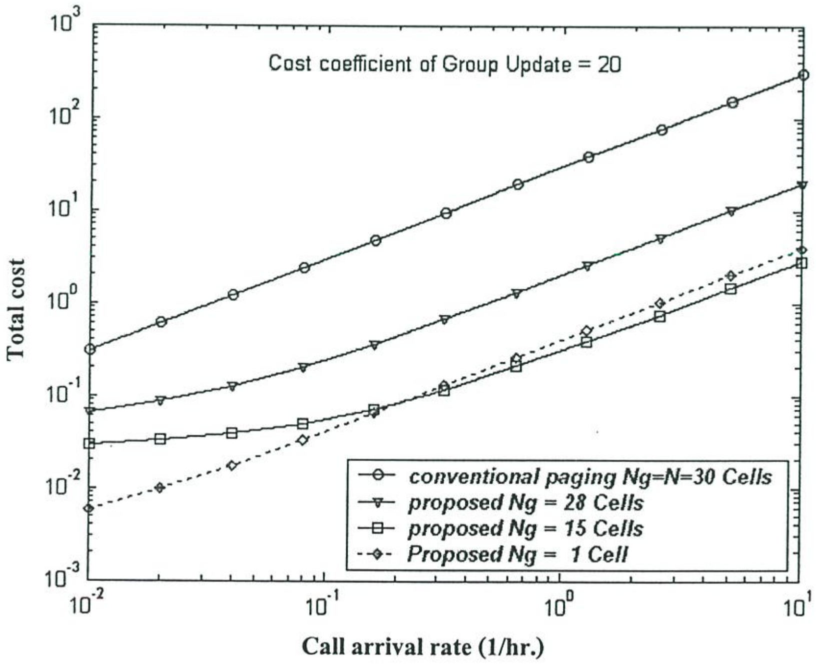


รูปที่ 5.10 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีมีเซลขอบและ MS เคลื่อนที่เปลี่ยนกลุ่มตามช่วงเวลาการใช้งานเมื่อ LA ขนาด 30 เซล

5.3.3 กรณีมีการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ภาระสูญเสียของรูปแบบกลุ่มการส่งสัญญาณ



รูปที่ 5.11 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีมีเซลขอบและ MS เคลื่อนที่เปลี่ยนกลุ่มตามช่วงเวลาใช้งานรวมกับการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์เป็น 20 เมื่อ LA ขนาด 62 เซล



รูปที่ 5.12 ผลการเปรียบเทียบภาระสูญเสียทั้งหมดกรณีมีเซลขอบและ MS เคลื่อนที่เปลี่ยนกลุ่มตามช่วงเวลาใช้งานรวมกับการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์เป็น 20 เมื่อ LA ขนาด 30 เซล

จากผลของการวิเคราะห์ในรูปที่ 5.11 และ 5.12 เปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ที่ได้จากรูปที่ 5.5 และ 5.6 ทำให้ทราบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของรูปแบบที่นำเสนอมีผลเหมือนกันคือ ทำให้ภาระสูญเสียที่เกิดขึ้นมีมากเฉพาะช่วงเวลาที่มีอัตราการเรียกเข้าต่ำ แต่เมื่อมีอัตราการเรียกเข้าสูงถึงระดับหนึ่งภาระสูญเสียทั้งหมดก็จะลดลงเข้าสู่ระดับปกติ เมื่อเทียบกับรูปแบบที่นำเสนอขณะไม่มีค่าสัมประสิทธิ์หรือมีค่าเท่ากับหนึ่งนั่นเอง

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากปัญหาหลักของการสื่อสารไร้สายในระบบเซลลูล่าร์คือ ทรัพยากรทางด้านความถี่ที่มีจำนวนจำกัด แม้จะมีการกำหนดขยายย่านแถบความถี่ให้ใช้งานได้มากขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนผู้ใช้งานที่มีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแล้วประกอบกับความต้องการที่หลากหลายขึ้น ทำให้ระบบต้องทำงานหนักมากขึ้นนอกเหนือจากการใช้งานความถี่สำหรับช่องสื่อสารข้อมูล (Traffic Channel) แล้ว ยังมีช่องสัญญาณอีกประเภทหนึ่งที่เรียกว่าช่องสื่อสารควบคุม (Control Channel) ที่ต้องใช้งานมากขึ้นตามจำนวนผู้ใช้บริการที่มากขึ้นไม่น้อยไปกว่าช่องสื่อสารข้อมูล จึงเป็นที่มาของปัญหาสำคัญที่ต้องทำการศึกษาและวิเคราะห์พิจารณา ดังนั้นเทคนิคการลดการส่งสัญญาณติดตามในรูปแบบที่นำเสนอจึงมีบทบาทสำคัญในการช่วยลดภาระโหลดเกี่ยวกับสัญญาณและช่วยเพิ่มช่องสัญญาณในกลุ่มช่องสื่อสารควบคุมในกลุ่มช่องสัญญาณควบคุมร่วม (CCCH) ช่วยลดพลังงานในการส่งสัญญาณติดตามและเวลาในการเข้าแถวคอยของการส่งสัญญาณติดตามด้วย ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเครือข่ายในเรื่องความรวดเร็วในการสร้างวงจรสนทนา (Call Setup) เมื่อนำรูปแบบที่นำเสนอไปเปรียบเทียบกับเทคนิคที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน เทคนิคการสุ่มการส่งสัญญาณติดตาม เทคนิคการกำหนดขอบเขตการส่งสัญญาณติดตามแบบแบ่งช่วงเวลา การค้นหาตำแหน่งและทำการส่งสัญญาณติดตามแบบลำดับ และการใช้กลยุทธ์เกี่ยวกับกระบวนการตรวจสอบที่ได้มีการวิเคราะห์กันมาก่อนหน้านี้ ล้วนแล้วแต่ยุ่งยากและซับซ้อนไม่เหมาะกับการใช้งานจริง ซึ่งแตกต่างจากรูปแบบที่นำเสนอที่สามารถ นำเอาไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างง่ายกับระบบที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน เพียงแค่เปลี่ยนบางบิตบนโครงสร้างข้อมูลเมื่อ MS เคลื่อนที่ข้ามระหว่างเซลและร้องขอการเปลี่ยนความถี่ใหม่เพื่อนำข้อมูลเกี่ยวกับกลุ่มไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูล VLR และเมื่ออ้างอิงกับระบบการทำงานเดิมของระบบเครือข่ายเซลลูล่าร์แล้ว จะไม่มีกระบวนการใดของพฤติกรรมของรูปแบบที่นำเสนอที่เข้าไปเปลี่ยนมาตรฐานเดิมที่ใช้งานเลย จึงไม่มีผลกระทบกับการทำงานโดยปกติของอุปกรณ์แต่ละตัวบนเครือข่ายเดิม แต่อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์รูปแบบที่นำเสนอยังจำกัดขนาดของเซลทุกเซลในเครือข่ายให้เท่ากันซึ่งไม่ตรงกับความเป็นจริง

รูปแบบกลุ่มการส่งสัญญาณติดตามที่นำเสนอด้วยการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์นี้ ถึงแม้ว่าจะใช้ข้อมูลเกี่ยวกับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จริงๆแล้ว ผลที่ได้ออกมานั้นอาจมีค่าเกินความเป็นจริงในบางประการเช่น สมมติให้กลุ่มเซลส่งสัญญาณติดตามในรูปแบบที่นำเสนอนี้มีขนาด 15 เซล ถ้าใช้กรรมวิธีทางสถิติและความน่าจะเป็นมาใช้งาน จำนวนเซลที่ต้องส่งสัญญาณจะเหลือเพียงแค่ 12 ถึง 13 เซลเท่านั้น ซึ่งอันที่จริงแล้วจำนวนเซลที่ต้องส่งสัญญาณติดตามต้องเท่ากับ 15 เซล ใน

ทำนองเดียวกันกลุ่มเซลการส่งสัญญาณติดตามที่มีขนาด 1 เซล ถ้าใช้กรรมวิธีทางสถิติและความน่าจะเป็นมาใช้วิเคราะห์ จำนวนเซลที่ต้องส่งสัญญาณติดตามจะมากกว่า 1 เซล คือประมาณ 3 ถึง 4 เซล ซึ่งอันที่จริงแล้วจำนวนเซลที่ต้องส่งสัญญาณติดตามต้องเท่ากับ 1 เซลเท่านั้น ดังนั้นผลที่ได้อาจคาดเคลื่อนจากความเป็นจริงอยู่บ้าง ซึ่งก็ไม่มากไปเกินกว่าภาระโหลดที่ต้องสูญเสียที่ใช้งานในปัจจุบัน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่ารูปแบบที่นำ เสนอนี้สามารถลดสัญญาณติดตามได้จริงตามสมมติฐานและมีแนวโน้มการนำไปใช้งานได้จริงกับระบบที่ใช้งานปัจจุบัน

ในเรื่องข้อเสนอแนะและแนวทางการวิจัยต่อไป อาจเป็นการวิเคราะห์รูปแบบการเคลื่อนที่ของ MS ให้มีรูปแบบหลากหลายขึ้นและมีความเร่งเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งในปัจจุบันการวิเคราะห์ทางด้านนี้จะแคบลง เนื่องจากการพัฒนาระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เองที่เป็นระบบ CDMA และ IP Mobile ที่สามารถระบุตำแหน่งที่แน่นอนของ MS ได้จึงไม่มีความจำเป็นในการส่งสัญญาณติดตามอีก และเนื่องด้วยงานวิจัยชิ้นนี้ยังไม่เคยทดลองนำเข้าไปรวมกับระบบที่ใช้งานอยู่จริง จึงไม่สามารถสรุปได้แน่นอนชัดเจนว่าสามารถใช้งานจริงได้เหรอไม่ด้วยสาเหตุหลายประการ เช่น ตัวอุปกรณ์เครือข่ายที่อาจไม่รองรับ ไม่ว่าจะเป็นทางฮาร์ดแวร์หรือซอฟแวร์ก็ตามและประการหลักที่สำคัญก็คือไม่มีการสนับสนุนทางด้านงานวิจัยที่แน่นอนด้านการนำไปใช้งานจริง การนำไปใช้งานกับระบบจริงจึงเป็นไปได้ยากมากเพราะอาจสร้างความเสียหายให้กับระบบได้

บรรณานุกรม

[1] I. F. Akyildiz, J. S. M. Ho, and Y.-B. Lin, "Movement-based location update and selective paging for PCS networks," IEEE/ACM Trans. Networks, vol. 4, pp. 629-638, Aug. 1996.

[2] Z. Mao, "An intra-LA location update strategy for reducing paging cost," IEEE Commun. Lett., vol. 6, no. 8, August 2002.

[3] K. Sam Shanmugan and A. M. Breipohl 1988. **Random signals detection estimation and data analysis.** John Wiley & Sons.

[4] C. Rose and R. Yates, "Minimizing the average cost of paging under delay constraints," ACM-Baltzer J. Wireless Networks, vol.1, no. 2, pp. 211-219, 1995.

[5] G. L. Lyberopoulos, J. G. Markoulidakis, D. V. Polymeros, D. F. Tsirkas, and E. D. Sykas, "Intelligent paging strategies for third generation mobile telecom-munication systems," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 44, pp. 543-554, August 1995.

[6] R. Rezaiifar and A. M. Makowski, "From optimal search theory to sequential paging in cellular networks," IEEE J. Select. Areas Commun.,vol. 15, pp. 1253-1264, September 1997.

[7] Y.-B. Lin, S. Mohan, N. Sollenberger and H. Sherry, "Adaptive algorithms for reducing PCS network authentication traffic," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 46, pp. 588-596, Aug. 1997.

[8] William, C.Y.Lee 1990. **Mobile Telecommunication Systems.** New York: McGraw-Hill.

[9] Gibson, J.D. 1996. **The Mobile Communication Handbook.** Florida: CRC Press, Inc.

[10] ไพโรจน์ ไววานิชกิจ. 2545. **เปิดโลกมือถือ GSM สู่ UMTS.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น

[11] I. F. Akyildiz and W. Wang, "A dynamic location management scheme for next-generation multitier PCS systems," IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 1, no. 1, pp. 178-189, January 2002.

[12] D.-J. Lee and D.-H. Cho, "On optimum timer value area and timer based location registration scheme," IEEE Commun. Lett., vol. 5, pp. 148-150, Apr 2001.

[13] W. Wang, I. F. Akyilidiz and G. L. Stuber, "An Optimal paging scheme for minimizing signaling costs under delay bound" IEEE Commun., Lett., vol. 5, pp. 43-45, Feb. 2001.

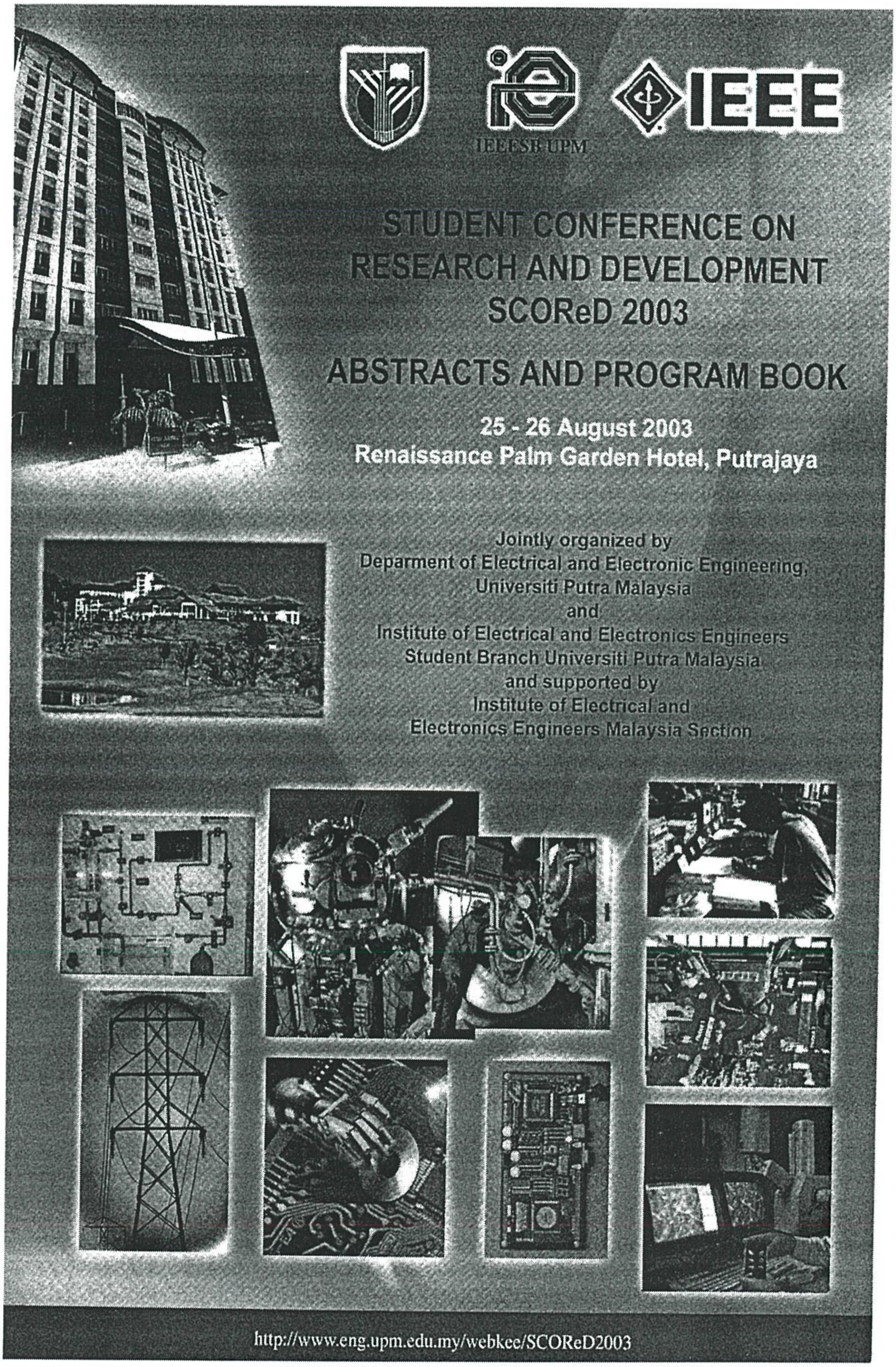
[14] Somkeat Dangiumeak, Jatuporn Peinjalern and Suthichai Noppanakeepong "A Boundary

Location Update Strategy for Minimizing Average Cost of Paging" Malaysia, Student Conference on Research and Development (SCOReD2003), August 25-26, 2003.

[15] S. Dangiumeak, S. Noppanakeepong and S. Wonghoon "A Group Paging Scheme for Reducing Paging Cost in Cellular Networks" The Third International Symposium on Communications and Information Technologies, Vol. II, pp. 511-514, September 3-5, 2003.

ภาคผนวก ก.

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้รับการตีพิมพ์



IEEE
IEEESB UPM
STUDENT CONFERENCE ON
RESEARCH AND DEVELOPMENT
SCOReD 2003
ABSTRACTS AND PROGRAM BOOK
25 - 26 August 2003
Renaissance Palm Garden Hotel, Putrajaya
Jointly organized by
Deparment of Electrical and Electronic Engineering,
Universiti Putra Malaysia
and
Institute of Electrical and Electronics Engineers
Student Branch Universiti Putra Malaysia
and supported by
Institute of Electrical and
Electronics Engineers Malaysia Section
http://www.eng.upm.edu.my/webkee/SCOReD2003

A Boundary Location Update Strategy for Minimizing Average Cost of Paging

Somkeat Dangiumeak, Jatuporn Peinjalern and Suthichai Noppanakeepong
Department of Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand, 10520
e-mail: s3061070@kmitl.ac.th, s3061065@kmitl.ac.th and knsuthic@kmitl.ac.th

Abstract: In this paper, we propose a novel paging strategy based on number of cell in the set of boundary with standard location area (LA) and location update. When compared to conventional paging methods, the propose scheme decreases paging cost but also increases boundary location update cost. The LA boundary location update is performed whenever the MS changes its boundary between the cell set in boundary and the rest of cells in LA. This scheme consider most MS are moving in some cell of LA, we dedicated boundary paging for reduce cost of paging. Therefore, paging cost will be reducing depend on number of cell set in boundary and performed of this scheme that we will show by numerical results.

Keywords
Location update, paging, cellular networks.

I. INTRODUCTION

Due to limitation of wireless bandwidth resources in mobile network requires much smaller cells (microcells and picocells) more than conventional cells for increase efficiency in signal coverage and number of user. The base station controller will become a challenging task as the cell sizes shrink and the number of cells increase. In currently cellular network system, divied service area as a location area (LA) consist of many cells based location update and keep track of the locations for call delivery. Whenever mobile station (MS) changes its LA, a loaction update is performed to update its location and registation at the home location register (HLR) controled by mobile switching center (MSC) through base station controller (BSC) and base transceiver station (BTS). This registation is also duplicate at visitor location register (VLR), which is usually colocated with MSC. As an incoming call arrives, signaling will contact at home HLR which has pointer VLR cerrently serving MS. Next, a query is sent to this VLR to find the MSC which currently serving the MS. The MSC pages the MS all cells within the LA to find the cell in which the MS reside and establishes a call connection. We refer this scheme as the *broadcast approach* [4] to produce a lot of unneccessary paging traffic because MS's location in some cell inner LA only.

In this paper, we propose a novel paging strategy that reduces the paging cost by observe that paging a MS resident in set of boundary of several cells. The method is based on an intra-LA location update [2], and include shortest distance first selective paging scheme [1], intelligent paging strategy [5] and optimal paging strategy [6] for improve performance as well. In an intra-LA location update used longer period in a certain cell (one cell) than in the rest of cells within LA may come definition. For example, MS subscribers are locate involve microcells, picocells or smaller cells. We refer to the cells where MS stays and moves within its for a consideration depend on number of cells as *boundary* and refer to LA containing a boundary cell as the MS's home LA. A boundary paging strategy is still used of all conventional LA based location update to report the MS's location to the HLR as well as to the VLR when MS changes its LA. Within home LA, when MS enters or leaves its boundary, a boundary paging is performed boundary update control by algorithm within MSC or flag indicating within location update request message reported to home VLR only whether MS moves out or into its boundary cell. As incoming call arrives, either a boundary cell or the rest of cell within home LA is paged to located the MS. Therefore, the paging traffic is greatly reduced, depending on number of cells in boundary and location of boundary compare with conventional paging as incoming calls arrive, location update may increase when MS move over certain cell limit by cell's covering area, our scheme can increase covering area by add many cells in boundary without increasing paging delay or memory requirement and easier to implement.

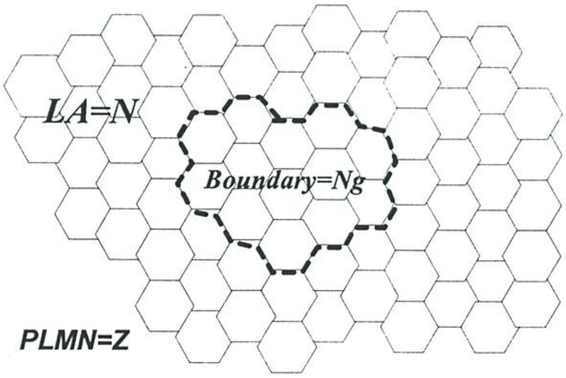


Fig. 1 A boundary location update strategy model

The paper is organized as follows. Section II describes the analytic model to evaluate the cost of the proposed strategy. The analytical results subject of Section III will compare the proposed strategy with standard paging scheme. The paper closes with Section IV where we summarize the obtained results, and discuss topics for future research.

II. ANALYTIC MODEL

In Fig. 1 show boundary paging model for described our propose. A boundary consist of cell form N_g to N within home LA and LA is a part of public land mobile network (*PLMN*). A discrete-time Markov chain can be defined to describe the movements of a MS in model as Fig. 2, where the MS has three states independent that MS is in state *0*, state *1* or state *2* when MS is in its group of cells, the rest of cells in its home LA or outside its home LA, respectively. Let $p(i,j)$ be transition probability in which the MS moves from state *i* to state *j*, respectively. Where $\sum_j p(i,j) = 1$

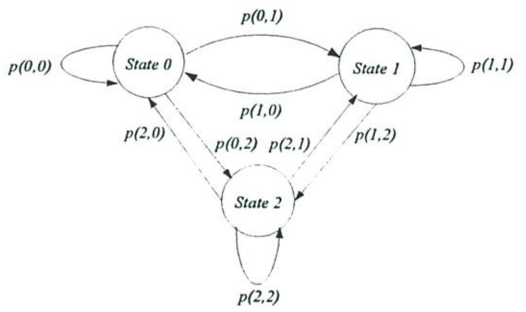


Fig. 2 State diagram for the proposed strategy.

The limiting-state probability after many transitions of state *i*, π_i exist for any state of the long-run behavior of homogeneous Markov chain in that the steady-state condition [3] for starting in state *i* there is a positive probability of even being in state *j* for all *i*, *j*. Thus we have

$$\begin{aligned}\pi_0 &= p(0,0)\pi_0 + p(1,0)\pi_1 + p(2,0)\pi_2\\ \pi_1 &= p(0,1)\pi_0 + p(1,1)\pi_1 + p(2,1)\pi_2\\ \pi_2 &= p(0,2)\pi_0 + p(1,2)\pi_1 + p(2,2)\pi_2\end{aligned} \quad (1)$$

Solving the above set of equations by using the fact that $\sum_{i=0}^{2}\pi_i = 1$, we get

$$\begin{aligned}\pi_0 &= \frac{[p(1,0)p(2,0)+p(1,0)p(2,1)+p(1,2)p(2,0)]}{P}\\ \pi_1 &= \frac{[p(0,1)p(2,1)+p(0,2)p(2,1)+p(2,0)p(0,1)]}{P}\\ \pi_2 &= \frac{[p(0,1)p(1,2)+p(1,0)p(0,2)+p(0,2)p(1,2)]}{P}\end{aligned} \quad (2)$$

where

$$P = p(1,0)p(2,1) + p(2,0)[p(1,0) + p(1,2)] + p(0,1)[p(2,0) + p(2,1) + p(1,2)] + p(0,2)[p(1,0) + p(1,2) + p(2,1)]$$

The total cost for this scheme and C_T, is sum of paging cost per unit time and location update per unit time. Assume that the incoming calls to an MS follow a Poisson process having rate λ_c. And let ζ_u denote the cost coefficient for performing of a group update. We have

$$C_T = \lambda_c E[N_p] + \zeta_u \beta_u \quad (3)$$

where $E[N_p]$ is the expected number of cells paged for each call and β_u is the rate of a boundary paging of the MS. Let N and N_g denote the total number of cells within LA and boundary, respectively. Then

$$E[N_p] = \pi_0 N_g + \pi_1 (N - N_g) \quad (4)$$

That is, when the MS is locating in boundary of cell, N_g cells need to be paged while when MS is locating out of boundary but residing in home LA, $N - N_g$ cells need to be paged. The value of β_u can be derived as follows:

$$\beta_u = \pi_0 p(0,1) + \pi_1 p(1,0) + \pi_2 p(2,0) \quad (5)$$

A boundary paging is performed boundary update in two cases : 1) when the MS moves from its boundary of cell into the rest of cells of its home LA or vice versa and 2) MS enters into a boundary of cell directly from another LA. For the conventional scheme, total cost can be used the same equation (3) when $E[N_p] = N$ and $\beta_u = 0$ in equations (4) and (5) are evaluated.

III. ANALYTICAL RESULTS

The performance evaluation of the proposed strategy as well as comparisons with the conventional paging strategy. This propose strategy are two different cases in terms of transition probability $p(i,j)$ of the boundary within home LA as follows: a) when the MS can not enter or leave its boundary of cell directly from another LA, means kernel cells are only member of boundary paging and b) when the MS can enter or leave its boundary paging directly from another LA. However, λ_c is independent of the position of the boundary of cell. To calculate C_T, in these two cases, the value of *PLMN*, *LA* are assume *280* and *40*, respectively and N_g, are assume *36,10* and *1*, respectively for compare efficiency in the numbers of cells in boundary and

finally assume that all cells within $PLMN$ are the same size.

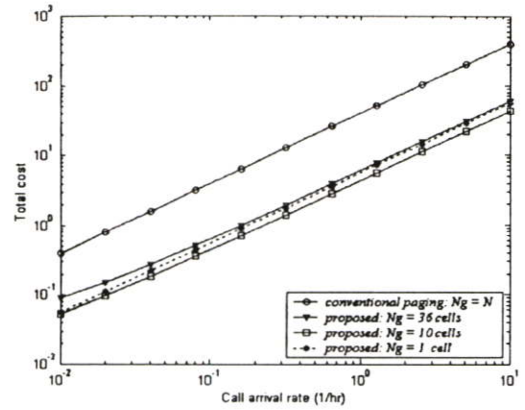


Fig. 3 Comparison between two scheme when a boundary paging have not border cells.

A. Kernel cells are only in boundary paging

Boundary paging have not border cells are member, in this case $p(0,2) = p(2,0) = 0$ because MS can not move directly between another LA and boundary of cells. Thus, we have results of $p(0,0) = 1 - [(N - N_g)/N]$, $p(0,1) = (N - N_g)/N$ in state 0, $p(1,0) = N_g / Z$, $p(1,1) = (N - N_g)/ Z$ and $p(1,2) = 1 - p(1,0) - p(1,1)$ in state 1 and state 2, $p(2,1) = 1 - [(Z - N)/Z]$ and $p(2,2) = (Z - N)/Z$ Transition probabilities of any state defined by uniform probability density function *(pdf)* according to covering area of cell. In Fig. 3 compare the total cost of the propose strategy C_T, with the cost of conventional strategy in this case and assume $\zeta_u = 1$. From Fig. 3, it can seen on the conventional paging strategy incurs the highest cost over than the propose strategy in all numbers of cell in boundary, while a larger boundary indicates a lower paging than smaller boundary but when consider include the boundary update number of cells, the larger cells in boundary maybe true because numerical make more efficiency than smaller boundary. Reasonableness, the smaller boundary have more rate boundary update than 10 cells boundary which sligthly cell need to be paged. Both strategy increases linearly along with λ_c, which is obvious from [6] and [7] when λ_c is sufficiently large, the impact of this propose on C_T is negligible.

B. Kernel cells aren't only in boundary paging

Boundary paging have border cells are member, in this case $p(0,2) \neq p(2,0) \neq 0$ because the MS enters the boundary paging from another LA directly, a boundary paging as well as standard location update and also boundary update is performed vice versa if the MS moves from the boundary paging to another LA directly, no boundary update is performed. Therefore, the transition probability starting in any state i to state j are in the same value and defined by uniform probability density function *(pdf)* according to covering area of cell. as follows: $p(i,0) = N_g / Z$, $p(i,1) = (N - N_g)/Z$ and $p(i,2) = 1 - p(i,0) - p(i,1)$. In Fig. 4 compare the total cost of the propose strategy C_T, with the cost of conventional strategy in this case and assume $\zeta_u = 1$. From Fig. 4 it is difficulty to explain because many transition probability involved. In larger boundary, there are more boundary update perform enter its than smaller boundary and slightly boundary update perform leave from its than smaller boundary. When λ_c increase, the number of cells need to paged in smaller boundary more than larger boundary because MS leaves form smaller boundary than lager boundary.

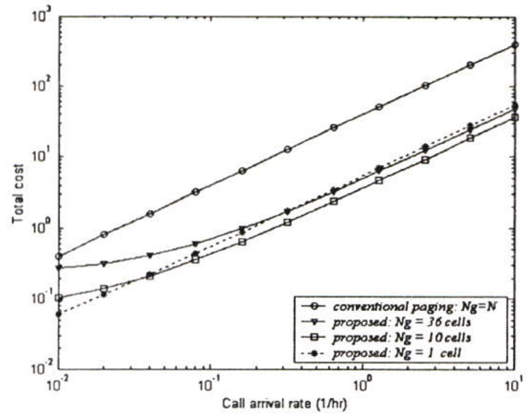


Fig. 4 Comparison between two scheme when a boundary paging have border cells.

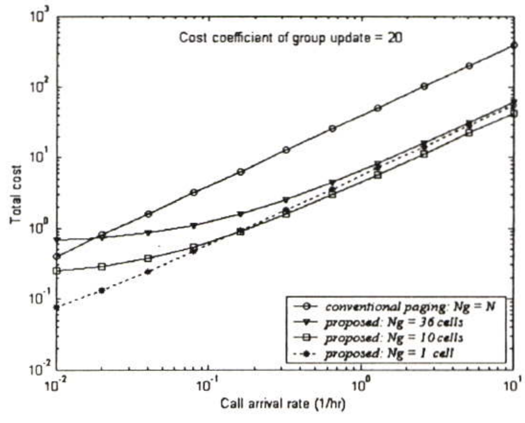


Fig. 5 Effect of cost coefficient on the proposed strategy.

In Fig. 5, show effect of cost coefficient on the propose strategy. While assume $\zeta_u = 20$ and kernel cells are only in boundary paging, we can see that ζ_u has significant impact on C_T. When λ_c is small, the pro-posed strategy could incur a higher cost than

the standerd paging strategy. This is because the benefit of a boundary paging can not be taken advantage, while λ_c becomes higher, the cost of the propose strategy is reducing by total cost relatively slow.

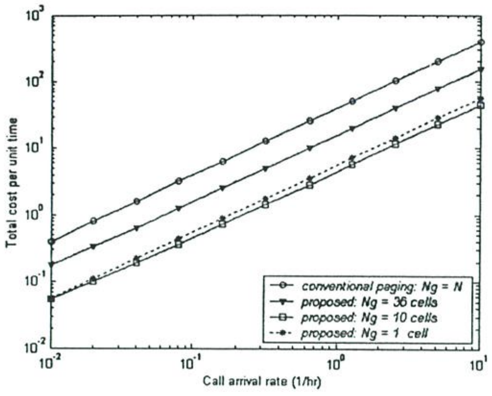


Fig. 6 Effect of residence time of MS on the proposed strategy.

Effect of residence time of MS when we interesting in boundary show in fig. 6. We assume MS is running in boundary 4 hour, $1/\lambda_r$ where λ_r is residence time in boundary area and that boundary has kernel cells are only in boundary paging Thus, we have the results of $p(0,0) = \{1-[(N-N_g)/N]\}/\lambda_r$ and $p(0,1) = \{(N-N_g)/N\}/\lambda_r$ in state 0. When residence time of MS increase the cost of lager boundary paging will be increase also that means the appropriate of boundary is efficiently.

IV. CONCLUSION

A boundary paging strategy was propose in this letter to reduce paging traffic in cellular networks. This propose scheme compare with conventional paging scheme may invoke cost by performing a boundary update, but mathematical results have revealed that the saving of paging cost. In practically, number of cells to be paged are certain by physically and this scheme is realized to include with cellular networks. The propose scheme can improve efficiency by define location to locate a boundary on density area and select appropriate number of cells for coverage density area. Finally, we conclude with topic for future work concerning several interesting to be divided home LA in many groups for appropriate density areas.

V. REFERENCES

[1] I. F. Akyildiz, J. S. M. Ho, and Y.-B. Lin, "Movement-based location update and selective paging for PCS networks," IEEE/ACM Trans. Networks, vol. 4, pp. 629-638, Aug. 1996.

[2] Zuji Mao, "An intra-LA location update strategy for reducing paging cost," IEEE Commun. Lett., vol. 6, no. 8, August 2002.

[3] K. Sam Shanmugan and A. M. Breipohl, Random signals detection estimation and data analysis, New York: John Wiley & Sons, 1988.

[4] C. Rose and R. Yates, "Minimizing the average cost of paging under delay constraints," ACM-Baltzer J. Wireless Networks, vol.1, no. 2, pp. 211-219, 1995.

[5] G. L. Lyberopoulos, J. G. Markoulidakis, D. V. Polymeros, D. F. Tsirkas, and E. D. Sykas, "Intelligent paging strategies for third generation mobile telecom-munication systems," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 44, pp. 543-554, August 1995.

[6] R. Rezaiifar and A. M. Makowski, "From optimal search theory to sequential paging in cellular networks," IEEE J. Select. Areas Commun.,vol. 15, pp. 1253-1264, September 1997.

[7] Y.-B. Lin, S. Mohan, N. Sollenberger and H. Sherry, "Adaptive algorithms for reducing PCS network authentication traffic," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 46, pp. 588-596, Aug. 1997.

ประวัติผู้เขียน

นายสมเกียรติ แดงเอี่ยมเอก เกิดเมื่อวันที่ 29 สิหาคม พ.ศ. 2521 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรีจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล (คลอง 6) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร เมื่อปีการศึกษา 2543 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในปีการศึกษา 2543

ปี พ.ศ. 2543 เข้าทำงานในตำแหน่งวิศวกรซ่อมบำรุง บริษัท เอเชีย มัลติมีเดีย จำกัด ในกลุ่มเทเลคอมโฮลดิ้ง รับผิดชอบงานทางด้านการซ่อมบำรุงรักษาโครงข่าย HFC เพื่อให้บริการทางด้านเคเบิ้ลทีวีและเคเบิ้ลโมเด็ม

ปี พ.ศ. 2545 เข้าทำงานในตำแหน่งวิศวกรทางด้านความถี่ บริษัท ลีเทค ดิจิตอล จำกัด รับผิดชอบงานทางด้านการออกแบบและติดตั้งสายอากาศและอุปกรณ์ทวนสัญญาณย่านความถี่ 900 และ1800 เมกกะเฮิร์ซ์สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั้งภายในและภายนอกอาคาร

ปี พ.ศ. 2546 เข้าทำงานในตำแหน่งวิศวกร บริษัท แซดทีอี ไทยแลนด์ จำกัด รับผิดชอบงานทางด้านระบบสื่อสัญญาณ SDH และ DWDM รวมทั้งระบบการประชุมทางวีดีโอ จนถึงปัจจุบัน

ผลงานวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

1. S. Dangiumeak, J. Peinjalern and S. Noppanakeepong "A Boundary Location Update Strategy for Minimizing Average Cost of Paging" Malaysia, Student Conference on Research and Development (SCOReD2003), August 25-26, 2003.
2. S. Dangiumeak, S. Noppanakeepong and S. Wonghoon "A Group Paging Scheme for Reducing Paging Cost in Cellular Networks" The Third International Symposium on Communications and Information Technologies, Vol. II, pp. 511-514, September 3-5, 2003.