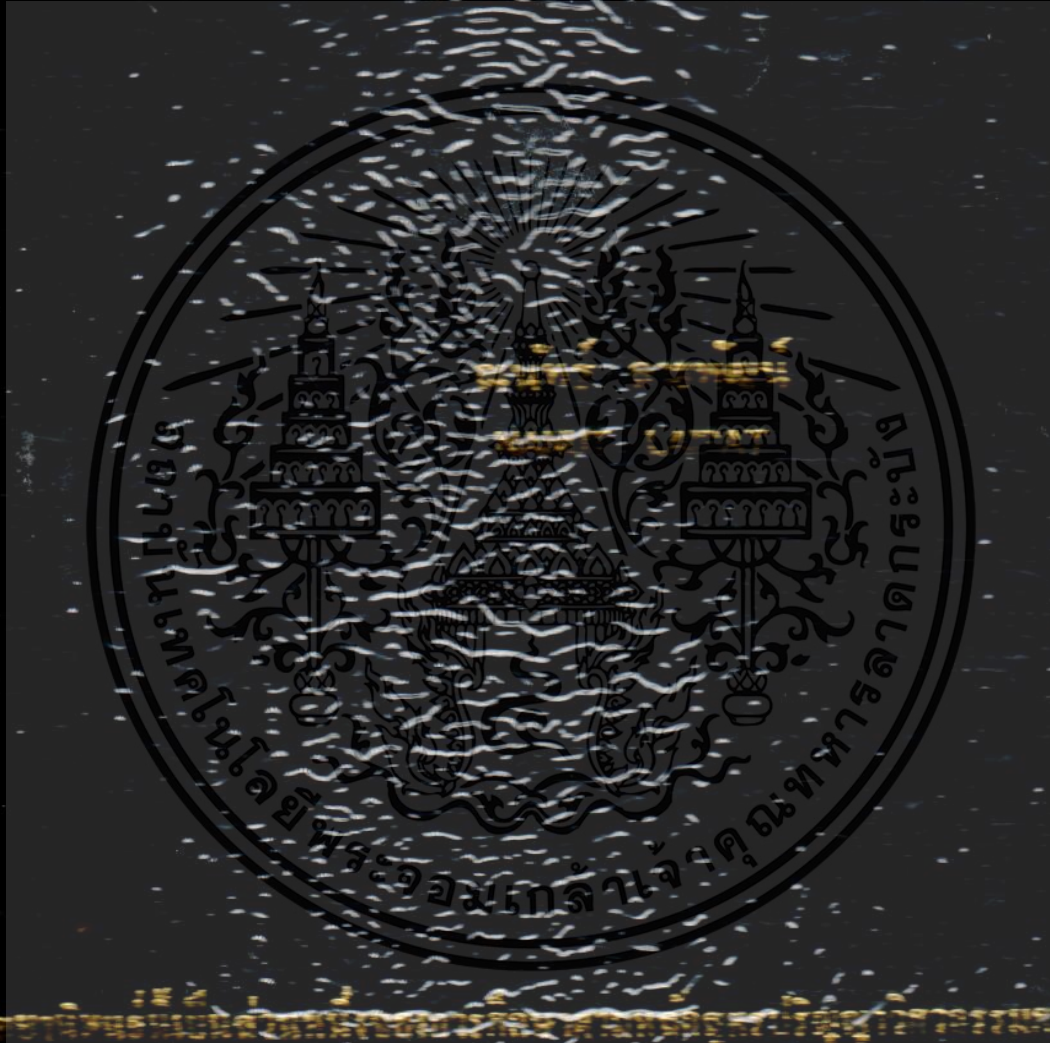


การวางทับซ้อนไมโครเซลล์สำหรับระบบเซลลูลาร์ MT-2000

MICROCELL OVERLAY FOR MT-2000 CELLULAR SYSTEM



มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

รายงานผลการวิเคราะห์และออกแบบการวางทับซ้อนไมโครเซลล์สำหรับระบบเซลลูลาร์ MT-2000

พ.ศ. 2552

ISBN 978-974-010-079-9

การวางทับซ้อนไมโครเซลล์สำหรับระบบเซลลูลาร์ IMT-2000

MICROCELL OVERLAY FOR IMT-2000 CELLULAR SYSTEM



T105140



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....105140
วัน.เดือน.ปี.....1.6 พ.ศ. 2552

b. 12166465
i.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
KMITL-2009-EN-M-010-076
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROCELL OVERLAY FOR IMT-2000 CELLULAR SYSTEM



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN TELECOMMUNICATIONS ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2009

KMITL-2009-EN-M-010-076

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2009

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดได้เห็นว่าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวางทับซ้อนไมโครเซลล์สำหรับระบบเซลลูลาร์ IMT-2000
Thesis Title Microcell Overlay for IMT-2000 Cellular System
นักศึกษา นายณนัทธ์ ลายพัฒน์
รหัสประจำตัว 47061077
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.สมยศ จุณณะปิยะ
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2009-EN-M-010-076

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.พิพัฒน์	พรหมมี	
ดร.มนตรี	คำเงิน	
รศ.จิระศักดิ์	ชาญวุฒิชัยธรรม	
ผศ.ดร.พิเชฐ	ม่วงนวล	
รศ.สมยศ	จุณณะปิยะ	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 26 พฤษภาคม พ.ศ. 2552 เวลา 13.00-15.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 1

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 26 พฤษภาคม พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวางทับซ้อนไมโครเซลล์สำหรับระบบเซลลูลาร์ IMT-2000
นักศึกษา	นาย ฉันทน์ ทยพัฒน์
รหัสนักศึกษา	47061077
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.สมยศ จุณณะปิยะ

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอ การวางซ้อนไมโครเซลล์ลงบนมาโครเซลล์สำหรับระบบเซลลูลาร์ IMT-2000 (W-CDMA และ cdma2000) เพื่อเพิ่มปริมาณความจุของผู้ใช้งานในพื้นที่บริการ โดยสร้างแบบจำลองแบบ 7 มาโครเซลล์คลัสเตอร์ จากนั้นทำการวางซ้อนไมโครเซลล์ที่มีการเปลี่ยนแปลง ขนาด ตำแหน่ง จำนวนของไมโครเซลล์และรูปแบบการวางตำแหน่งไมโครเซลล์ การวิเคราะห์ จะพิจารณาจากแฟคเตอร์การแทรกสอด ประกอบด้วยการแทรกสอดระหว่างมาโครเซลล์การแทรกสอดระหว่างมาโครเซลล์กับไมโครเซลล์ และการแทรกสอดระหว่างไมโครเซลล์เพื่อใช้ในการความจุของผู้ใช้งาน โทรศัพท์เคลื่อนที่ในมาโครเซลล์และไมโครเซลล์ จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าเมื่อผู้ใช้งานในไมโครเซลล์เพิ่มขึ้นจำนวนผู้ใช้งานในมาโครเซลล์จะลดลง การวางทับซ้อนไมโครเซลล์ลงบนมาโครเซลล์เพื่อให้ระบบรองรับผู้ใช้งานตามความต้องการ

Thesis Title	Microcell Overlay for IMT-2000 Cellular System
Student	Mr. Nanut Laipat
Student ID.	47061077
Degree	Master of Engineering
Program	Telecommunications Engineering
Year	2009
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Somyot Junnapiya

ABSTRACT

This thesis proposes about microcells that overlay over a macrocell to increase user capacity of IMT-2000 (W-CDMA and cdma2000) cellular mobile system. The system model uses 7 macrocells cluster and allocates microcell size, number of microcell, installation pattern and position of microcell. Interference factors are investigated, macro/macro interference factor, micro/macro interference factor, macro/micro interference factor, and micro/micro interference factor, to solve the system capacity. The results show that the increasing of the number of microcells is effected by number of users in the macrocell. The design of microcell overlay is proposed to find the optimum solution on demand.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง ด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจาก รศ. สมยศ จุณณะปิยะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.พิเชฐ ม่วงนวล อาจารย์ผู้ร่วมให้คำปรึกษาอันมีค่า ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้ รวมทั้งครูบาอาจารย์ทุก ๆ ท่าน ที่เคยได้ อบรม สั่งสอน ข้าพเจ้าเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ ด้วยมิตรไมตรี

ขอขอบคุณน้ำใจอันดีงามจากหนึ่งในมิตรแท้ นาย จิรวัดน์ อธิศรียานนท์ ที่ช่วยเหลือ เกี่ยวเนื่องในการตรวจสอบ แก้ไขแบบฟอร์ม รูปเล่มวิทยานิพนธ์ โดยไม่หวังสิ่งตอบแทน

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติพี่น้องของข้าพเจ้าที่เฝ้าคอย เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ณัฏฐ์ ลายพัฒน์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	4
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	5
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา.....	6
บทที่ 2 หลักการเซลล์เคลื่อนที่ CDMA.....	7
2.1 กล่าวนำ.....	7
2.2 ความแรงสัญญาณและพารามิเตอร์ของเซลล์.....	7
2.3 รูปร่างเซลล์.....	10
2.4 ความจุของเซลล์.....	10
2.5 รูปแบบการใช้ความถี่ซ้ำในพื้นที่ห่างออกไป.....	12
2.6 การแทรกสอดโคแชนแนล.....	14
2.7 การแทรกสอดจากแชนแนลข้างเคียง.....	17
2.8 แบบจำลองการแพร่กระจายคลื่น.....	17
2.9..SIR และความจุผู้ใช้งาน.....	19
2.9.1 ระบบตั้งฉาก (TDMA/FDMA).....	20
2.9.3 ระบบที่ไม่ตั้งฉาก (CDMA).....	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 โทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ IMT-2000	25
3.1 กล่าวนำ.....	25
3.2 ระบบ cdma2000.....	26
3.2.1 โครงสร้างชั้นต่างๆ ของระบบ cdma2000.....	27
3.2.2 ช่องสัญญาณ CDMA2000.....	32
3.2.3 ช่องสัญญาณ โลจิคอลที่ใช้ PLICF.....	33
3.2.4 ชั้นกายภาพ.....	33
3.3 ระบบ (W-CDMA).....	35
3.3.1 ตัวแปรพื้นฐานในระบบ W-CDMA.....	35
3.3.2 การสเปรดสเปกตรัมและดีสเปรดสเปกตรัม.....	36
3.3.3 คลื่นวิทยุหลายทิศทางและการรับแบบเรค.....	39
3.3.4 การควบคุมกำลัง.....	39
3.3.5 แชนด์โอเวอร์.....	41
3.3.5.1 ซอฟต์โอเวอร์ แชนด์โอเวอร์ (Softer Handover).....	42
3.3.5.2 ซอฟต์ แชนด์โอเวอร์ (Soft Handover).....	43
3.4 ปริมาณความจุระบบซี ดี เอ็ม เอ แบนด์กว้าง (W-CDMA).....	43
3.4.1 ความจุของเซลในทิศทางการเชื่อมโยงขาขึ้น.....	43
3.4.2 ความจุของเซลในทิศทางการเชื่อมโยงขาลง.....	45
3.5 การเปรียบเทียบระหว่าง W-CDMA กับ cdma 2000.....	47
บทที่ 4 การวางซ้อนไมโครเซลล์บนมาโครเซลล์สำหรับระบบ W-CDMA และ cdma 2000	49
4.1 กล่าวนำ.....	49
4.2 การวางทับซ้อนไมโครเซลล์บนมาโครเซลล์ (1 ไมโครเซลล์).....	50
4.2.1 แฟคเตอร์การแทรกสอดมาโครเซลล์/ มาโครเซลล์.....	56
4.2.2 แฟคเตอร์การแทรกสอดไมโครเซลล์/ มาโครเซลล์.....	58
4.2.3 แฟคเตอร์การแทรกสอดมาโครเซลล์/ไมโครเซลล์.....	60
4.2.4 อัตราส่วนกำลังรับกับกำลังสัญญาณแทรกสอด (E_b/I_0) _M	61
4.2.4.1 อัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอดของมาโครเซลล์ (E_b/I_0) _M	61
4.2.4.2 อัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ (E_b/I_0) _m	62

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.5 ความจุของระบบ.....	62
บทที่ 5 การวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์สำหรับการวางช่องไมโครเซลล์ของระบบ W-CDMA และ cdma 2000.....	64
5.1 แบบจำลองระบบ.....	64
5.2 การทดลองและผลการทดลอง.....	65
5.2.1 อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์.....	65
5.2.1.1 มาโคร / มาโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์ (f_{MM})	70
5.2.1.2 ไมโคร / มาโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์ ($f_{\mu M}$)	71
5.2.1.3 มาโคร / ไมโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์ ($f_{M\mu}$)	72
5.2.1.4 ไมโคร / มาโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์ ($f_{\mu\mu}$)	73
5.2.2 อัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอด (E_b/I_0)	74
5.2.2.1 อัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอดของมาโครเซลล์ (E_b/I_0) _M	74
5.2.2.2 อัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ (E_b/I_0) _{μ}	81
5.2.3 ปริมาณผู้ใช้งาน โทรศัพท์เคลื่อนที่ของระบบ.....	88
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	89
บรรณานุกรม.....	90
ภาคผนวก.....	92
ภาคผนวก ก. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	93
ประวัติผู้เขียน.....	99

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 การแปลงชื่อช่องสัญญาณ โลจิคอล.....	32
3.2 การการแปลงชื่อช่องสัญญาณ ฟิสิคอล.....	32
3.3 เปรียบเทียบคุณลักษณะระหว่างระบบ W-CDMA และ cdma 2000.....	48
4.1 แสดงค่าของมาโคร / มาโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์ ที่ $\gamma = 2, 3,$ และ 4	57
4.2 เปรียบเทียบแฟคเตอร์การแทรกสอดไมโครเซลล์ / มาโครเซลล์ที่คำนวณด้วย r กับ r_{eq}	59



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การแพร่กระจายคลื่นจากแหล่งกำเนิดแบบไอโซโทรปิก.....	8
2.2 ภาพคอนทัวร์ความแรงสัญญาณของเซลล์ i และ j	8
2.3 รูปร่างเซลล์ที่เกิดจากการวางตำแหน่งสถานีฐานแบบต่างๆ.....	10
2.4 เทคนิคการนำความถี่เดิมกลับมาใช้งานใหม่สำหรับช่องสัญญาณที่อยู่ในพื้นที่ห่างออกไป.....	12
2.5 รูปแบบและจำนวนเซลล์ต่ำสุดสำหรับการใช้ความถี่ซ้ำในพื้นที่ซึ่งห่างออกไป.....	13
2.6 รัศมีเซลล์และระยะระหว่างเซลล์ที่ใช้งานความถี่เหมือนกัน.....	14
2.7 การแทรกสอดโคเซนแนลสำหรับ $k = 7$	15
2.8 ความสัมพันธ์ของ D/R ของการวางเซลล์แบบต่าง ๆ	16
2.9 เซลล์คลัสเตอร์สำหรับรูปสี่เหลี่ยม.....	21
3.1 วิวัฒนาการไปสู่ระบบ 3G	25
3.2 การจัดสรรความถี่สากลสำหรับ 3G ของ ITU	26
3.3 แนวโน้มจำนวนผู้ใช้งานในระบบ W-CDMA	27
3.4 การให้บริการของ W-CDMA	28
3.5 แสดงการแบ่งแบนด์วิธในระบบ W-CDMA.....	28
3.6 เปรียบเทียบความถี่ในระบบ FDD กับ W-CDMA	29
3.7 แสดงการสเปกตรัมและดีสเปกตรัม.....	31
3.8 การสเปกตรัมและดีสเปกตรัมของสัญญาณที่ต้องการ.....	34
3.9 แสดงการสเปกตรัมและดีสเปกตรัม.....	34
3.10 การเข้ารหัสในระบบ W-CDMA.....	34
3.11 แสดงการใช้รหัสการเชื่อมโยงขาลง.....	35
3.12 แสดงการใช้รหัสการเชื่อมโยงขาขึ้น.....	36
3.13 แสดงการจางหายของสัญญาณคลื่นวิทยุ.....	37
3.14 ไดอะแกรมเครื่องรับแบบ Rake Receiver.....	37
3.15 เปรียบเทียบกำลังรับ ณ สถานีฐานกรณีมีการควบคุมกำลังส่งกับไม่มีการควบคุมกำลังส่ง...37	
3.16 แสดงการควบคุมกำลังในระบบ W-CDMA	38
3.17 วงจรการทำงานการควบคุมกำลังในระบบ W-CDMA.....	38
3.18 แสดงการเกิดชอฟเตอร์ แอนด์โอเวอร์.....	39
3.19 แสดงการเกิดชอฟแอนด์โอเวอร์.....	40
3.20 มาตรฐานของระบบ W-CDMA.....	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.21 แสดงแถบความถี่ของระบบCDMA2000.....	41
3.22 แสดงแถบความถี่ของระบบ W-CDMA.....	42
3.23 แสดงการเกิดซอฟแชนด์โอเวอร์.....	42
3.24 มาตรฐานของระบบ W-CDMA.....	47
3.25 แสดงแถบความถี่ของระบบ CDMA2000.....	47
3.26 แสดงแถบความถี่ของระบบ W-CDMA.....	48
4.1 แบบจำลองการวางทับซ้อน 1 ไมโครเซลล์ลงบน 7 มาโครเซลล์.....	50
4.2 แสดงผลการสัญญาณแทรกสอดที่สถานีฐาน.....	51
4.3 CDFของแฟคเตอร์การแทรกสอดจากเซลล์ข้างเคียง.....	52
4.4 CDF กับแฟคเตอร์การแทรกสอด (เดซิเบล).....	53
4.5 PDF กับแฟคเตอร์การแทรกสอด (เดซิเบล).....	53
4.6 PDF กับแฟคเตอร์การแทรกสอด (เดซิเบล).....	54
4.7 การหาระยะทางที่เกิดขึ้นระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน.....	54
4.8 ระยะทางสำหรับคำนวณแฟคเตอร์การแทรกสอดมาโครเซลล์ / มาโครเซลล์.....	56
4.9 ระยะทางการคำนวณแฟคเตอร์มาโครเซลล์/มาโครเซลล์ในกรณีวางมาโครเซลล์ชั้นเดียว.....	57
4.10 ระยะทางสำหรับคำนวณแฟคเตอร์การแทรกสอดไมโครเซลล์/มาโครเซลล์.....	58
4.11 ระยะทางสำหรับคำนวณแฟคเตอร์การแทรกสอดมาโครเซลล์/ไมโครเซลล์.....	60
5.1 แบบจำลองการวางทับซ้อนไมโครเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง.....	64
5.2 ระยะทางระหว่างมาโครเซลล์ 7 เซล กับไมโครเซลล์ 1 เซล (A).....	65
5.3 ระยะทางระหว่างมาโครเซลล์ 7 เซล กับไมโครเซลล์ 2 เซล (A และ B).....	66
5.4 ระยะทางระหว่างมาโครเซลล์ 7 เซล กับไมโครเซลล์ 3 เซล (A, B และ C).....	67
5.5 ระยะทางระหว่างมาโครเซลล์ 7 เซล กับไมโครเซลล์ 4 เซล (A, B, C และ D).....	69
5.6 แบบจำลองสำหรับคำนวณค่าไมโคร / มาโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์แฟคเตอร์.....	71
5.7 ความสัมพันธ์ของไมโคร / มาโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์แฟคเตอร์กับระยะทาง D	71
5.8 ความสัมพันธ์ของมาโคร / ไมโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์แฟคเตอร์กับระยะทาง D	72
5.9 ไมโคร / ไมโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์แฟคเตอร์กับระยะทาง D กรณี 2 ไมโครเซลล์.....	73
5.10 ไมโคร / ไมโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์แฟคเตอร์กับระยะทาง D กรณี 3 ไมโครเซลล์.....	74

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.11 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของมาโครเซลล์ในระบบ cdma2000.....75 กรณี 1 ไมโครเซลล์	
5.12 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของมาโครเซลล์ในระบบ W-CDMA.....76 กรณี 1 ไมโครเซลล์	
5.13 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของมาโครเซลล์ในระบบ cdma200077 กรณี 2 ไมโครเซลล์	
5.14 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของมาโครเซลล์ในระบบ W-CDMA 77 กรณี 2 ไมโครเซลล์	
5.15 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของมาโครเซลล์ในระบบ cdma200078 กรณี 3 ไมโครเซลล์	
5.16 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของมาโครเซลล์ในระบบ W-CDMA79 กรณี 3 ไมโครเซลล์	
5.17 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของมาโครเซลล์ในระบบ cdma200080 กรณี 4 ไมโครเซลล์	
5.18 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของมาโครเซลล์ในระบบ W-CDMA 80 กรณี 4 ไมโครเซลล์	
5.19 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ในระบบ cdma2000 82 กรณี 1 ไมโครเซลล์	
5.20 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ในระบบ W-CDMA82 กรณี 1 ไมโครเซลล์	
5.21 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ในระบบ cdma2000..... 83 กรณี 2 ไมโครเซลล์	
5.22 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ในระบบ W-CDMA84 กรณี 2 ไมโครเซลล์	
5.23 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ในระบบ cdma2000 85 กรณี 3 ไมโครเซลล์	
5.24 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ในระบบ W-CDMA85 กรณี 3 ไมโครเซลล์	

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.25 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ในระบบ cdma2000 86 กรณี 4 ไมโครเซลล์	
5.26 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ในระบบ W-CDMA 87 กรณี 4 ไมโครเซลล์	



ตารางที่ 1.2 มาตรฐานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ในยุคที่สาม [2]

มาตรฐาน 3G	cdma2000				W-CDMA		
มาตรฐานย่อย	1X	1XEV-DO	1XEV-DV	3X	UMTS	FOMA	J-Phone
แบนด์วิดท์ช่องสัญญาณ(MHz)	1.25	1.25		3.75	5		
อัตราชีพ (Mchips/s)	1.2288			3.6864	3.84		
อัตราข้อมูลสูงสุด (Mbps)	0.144	2.4	4.8	5-8	2.4 (8-10 ด้วย HSDPA)		
การมอดูเลต	QPSK (DL), BPSK (UL)						
การเข้ารหัส	คอนโวลูชัน (อัตราเร็วต่ำ) เทอร์โบ (อัตราเร็วสูง)						
การควบคุมกำลัง	800 Hz				1500 Hz		

มาตรฐาน cdma2000 ที่พัฒนาจากมาตรฐาน cdmaOne คือ cdma2000 1X หรือ cdma2000 1XRTT (radio transmission technology) ที่แบนด์วิดท์ของ 1 คู่ช่องสัญญาณคือ 1.25 MHz มีความจุในการบริการเสียงเป็น 2 เท่าของ cdmaOne และรองรับบริการข้อมูลที่อัตราสูงสุด 300 kbps และอัตราใช้งาน 144 kbps จากนั้นพัฒนาเป็น cdma2000 1XEV ที่สามารถให้บริการข้อมูลได้ที่อัตราเร็วสูงถึง 1 Mbps เฟสแรกคือ 1XEV-DO (เฉพาะข้อมูล) จะรองรับการเชื่อมโยงขาลงที่อัตราสูงถึง 3 Mbps และขาขึ้น 1.8 Mbps สำหรับการรวมเฉลี่ยที่อัตรา 2.4 Mbps เฟสที่ 2 คือ 1XEV-DV (ข้อมูลและเสียง) รองรับที่อัตราเร็ว 4.8 Mbps นอกจากนี้การรวม 3 ช่องสัญญาณ cdmaOne (1.25MHz) เป็นช่องสัญญาณ 3.75 MHz เรียกว่า cdma2000 3X

W-CDMA เป็นอีกมาตรฐานหนึ่งที่แข่งขันกับ cdma2000 ทั้งยังรองรับมาตรฐาน GSM อีกด้วยคือ UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) W-CDMA จะใช้ใน FOMA และระบบ J-phone 3G ของญี่ปุ่น ระบบที่มาตรฐานต่างกันจะทำการเชื่อมโยงทางคลื่นวิทยุ W-CDMA ร่วมกันโดยใช้โปรโตคอลที่ต่างกัน เช่น การเลือกเส้นทางและการบีบอัดเสียงพูด W-CDMA เป็นโครงข่ายไร้สายที่ใช้งานได้หลายๆ ลักษณะ (ubiquitous) ทั้งเสียง การบริการมัลติมีเดียและข้อมูลความเร็วสูง สำหรับการใช้งานในบริเวณพื้นที่อยู่อาศัยจะมีอัตราเร็ว 384 kbps สำหรับการใช้งานเคลื่อนที่มีอัตราเร็ว 144 kbps และ 2.4 Mbps สำหรับการใช้งานภายในอาคาร ช่องสัญญาณ W-CDMA จะใช้แบนด์วิดท์ 5 MHz รวมทั้งมีการพัฒนาให้ใช้งานที่อัตราเร็ว 9 Mbps ที่เรียกว่า HSDPA (High Speed Data Packet Access)

บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ในยุคที่ 3 ทั้งระบบ W-CDMA และ cdma2000 จะใช้เทคโนโลยี CDMA ในการติดตั้งเซลล์ จึงไม่ต้องใช้เทคนิคการใช้ความถี่ซ้ำ (frequency reuse) แต่ใช้การเข้ารหัส การติดตั้งสถานีฐานจะให้ทุกเซลล์ (cell) ใช้ความถี่เหมือนกัน ในการแพร่กระจายคลื่น เมื่อเครื่องรับ-ส่งใช้งานที่ความถี่เหมือนกันจะเกิดการแทรกสอดโคแชนแนล (cochannel interference) ระหว่างกัน [3] รวมทั้งทุกผู้ใช้งานในระบบจะใช้ความถี่เดียวกัน โดยการแทรกสอดที่

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดระหว่างผู้ใช้งานที่อยู่ภายในเซลล์เดียวกันเรียกว่า การแทรกสอดอินทราเซลล์ (intracell interference) การแทรกสอดระหว่างผู้ใช้งานที่อยู่ต่างเซลล์ เรียกว่า การแทรกสอดอินเตอร์เซลล์ (intercell interference) ปริมาณการแทรกสอดจะขึ้นอยู่กับกำลังส่ง สภาพแวดล้อมการใช้งานและระยะทางระหว่างเครื่องรับ-ส่ง ดังนั้นการออกแบบให้เซลล์มีขนาดต่างกัน มีตำแหน่งการติดตั้งเซลล์ที่ต่างกัน จะต้องใช้จำนวนเซลล์ในแต่ละพื้นที่ต่างกัน ขนาดของเซลล์และจำนวนของเซลล์ภายในระบบ จะส่งผลต่อระยะทางในการแพร่กระจายคลื่นและจำนวนผู้ใช้งานในระบบโดยตรง ความสามารถในการรองรับผู้ใช้งานของระบบคือความจุระบบ (system capacity) เป็นปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบระบบ ในบางพื้นที่ มีปริมาณของผู้ใช้งานที่ค่อนข้างสูง ในบางพื้นที่ค่อนข้างต่ำ ในพื้นที่ซึ่งมีความต้องการใช้งานสูง จึงเกิดการบล็อก (call blocking) การเรียกคือมีผู้ใช้งานจำนวนหนึ่งที่ไม่สามารถใช้งานได้ หรือในบางช่วงเวลาจะเกิดการเรียกขาดหาย (call drop) สำหรับระบบ W-CDMA และ cdma2000 นั้น ขนาดความจุของระบบที่สามารถรองรับการใช้งาน จะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับการออกแบบตำแหน่งในการติดตั้งสถานีฐาน เพราะจะส่งผลต่อการเกิดการแทรกสอดของระบบ โดยพิจารณาจากตำแหน่งของสถานีฐานและขนาดของเซลล์ ทั้งเซลล์แบบมาโครเซลล์และไมโครเซลล์ เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการวางตำแหน่งสถานีฐานให้สอดคล้องกับความต้องการใช้งานในแต่ละพื้นที่

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงขนาด ตำแหน่งและจำนวนของไมโครเซลล์ ที่วางซ้อนทับลงบนมาโครเซลล์ ของระบบ W-CDMA และ cdma2000 เพื่อพิจารณาการรองรับการใช้งาน หรือขนาดความจุของมาโครและไมโครเซลล์ในลักษณะต่างๆ ผลที่เกิดจากอัตราส่วนขนาดของไมโครเซลล์เมื่อเทียบกับมาโครเซลล์ ตำแหน่งการวางไมโครเซลล์ลงบนมาโครเซลล์ และการเปลี่ยนแปลงจำนวนไมโครเซลล์ โดยพิจารณาจากปริมาณสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นในระบบ [3] ประกอบด้วยการแทรกสอดของผู้ใช้งานที่อยู่ภายในเซลล์เดียวกัน ผู้ใช้งานที่อยู่ในเซลล์ที่ต่างกัน ได้แก่ การแทรกสอดของผู้ใช้งานในมาโครเซลล์ไปยังผู้ใช้งานในมาโครเซลล์ การแทรกสอดจากผู้ใช้งานในมาโครเซลล์ไปยังผู้ใช้งานในไมโครเซลล์ และการแทรกสอดจากผู้ใช้งานในไมโครเซลล์ไปยังผู้ใช้งานในไมโครเซลล์ ปริมาณของการแทรกสอดที่เกิดกับผู้ใช้งานภายในเซลล์ โดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนระหว่างกำลังรับกับกำลังสัญญาณแทรกสอด (E_b/I_o) เพื่อใช้วิเคราะห์ความจุของระบบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงขนาด ตำแหน่งและจำนวนของไมโครเซลล์ ที่วางซ้อนทับลงบนมาโครเซลล์ จากผลการวิเคราะห์สามารถนำไปใช้ในการออกแบบระบบ เมื่อขนาดมาโครเซลล์มีการเปลี่ยนแปลง ขนาดของไมโครเซลล์ควรเป็นอย่างไร ในแต่ละพื้นที่ใช้งานที่มีความต้องการใช้งานต่างกัน จะต้องวางตำแหน่งของไมโครเซลล์อย่างไร จำนวนของ

เอกสารไมโครเซลล์เป็นเท่าใด ดังนั้นหากทราบถึงผลกระทบต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากปัจจัยดังกล่าว ก็สามารถนำไป
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประยุกต์เป็นแนวทางหรือข้อมูลอ้างอิงให้กับผู้ออกแบบระบบให้สามารถออกแบบระบบที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด

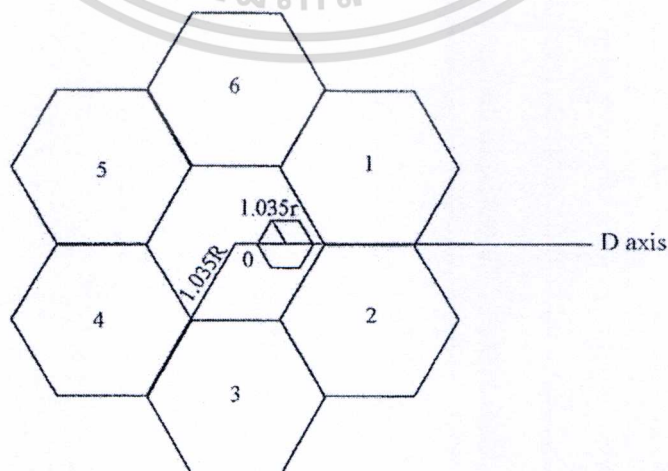
1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การออกแบบการวางตำแหน่งเซลล์โดยการวางทับซ้อนมาโครเซลล์ลงบนไมโครเซลล์ของระบบ W-CDMA และ CDMA2000 ก็เพื่อเพิ่มปริมาณความจุของระบบ ให้สามารถรองรับผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ในปัจจุบัน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนและชนิดของการบริการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว มีคุณภาพของการบริการ (quality of service: QoS) เป็นไปตามมาตรฐานและการใช้งานเป็นไปอย่างต่อเนื่องไม่เกิดการเรียกขาดหาย หรือการบล็อกการเรียก ระบบควรได้รับการออกแบบหรือปรับปรุงให้มีปริมาณของการแทรกสอดที่เกิดกับผู้ใช้งานน้อยที่สุด

เมื่อพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงขนาด ตำแหน่งและจำนวนของไมโครเซลล์ เพื่อให้เกิดแทรกสอดกับผู้ใช้งานน้อยที่สุด จะส่งผลให้ระบบมีความจุสูงสุด เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพต่อผู้ใช้งาน โทรศัพท์เคลื่อนที่ W-CDMA และ CDMA2000 สูงสุด

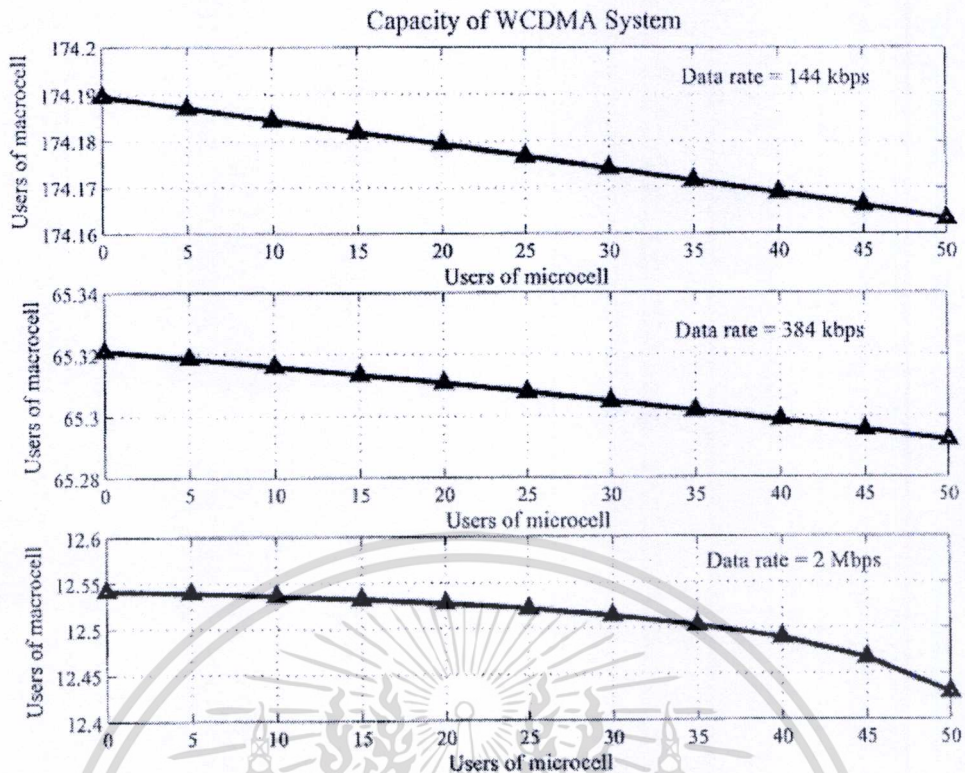
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ใน [4] และ [5] เสนอการวิเคราะห์ความจุไมโครเซลล์ร่วมกับมาโครเซลล์ของระบบ CDMA ที่มีการควบคุมกำลังและการปรับบีมสายอากาศ เป็นการวิเคราะห์โดยการปรับขนาดและตำแหน่งไมโครเซลล์เพียงเซลล์เดียว ใน [6] เสนอการวิเคราะห์ความจุการวาง 1 ไมโครเซลล์บน 7 มาโครเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงขนาดตำแหน่งไมโครเซลล์ของระบบ W-CDMA ดังรูปที่ 1.1 เมื่อกำหนดให้รัศมีมาโครเซลล์เท่ากับ 1 รัศมีของไมโครเซลล์เท่ากับ 0.1 ที่ระยะ D เท่ากับ 0.7



รูปที่ 1.1 แบบจำลองการวางไมโครเซลล์ลงบนมาโครเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้เห็นได้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 ความจุของระบบ W-CDMA เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราข้อมูล

เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราข้อมูลในการถ่ายโอนที่ 144 kbps, 384 kbps และ 2 Mbps จะได้ว่า ความจุของผู้ใช้งานบนมาโครเซลล์และไมโครเซลล์ดังรูปที่ 1.2 จะเห็นได้ว่าเมื่อจำนวนผู้ใช้งานในไมโครเซลล์เพิ่มขึ้น จำนวนผู้ใช้งานบนมาโครเซลล์จะลดลง เมื่อเพิ่มอัตราข้อมูลในการถ่ายโอนข้อมูลที่ความเร็วต่างๆ จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราข้อมูลเพิ่มสูงขึ้น ความจุของผู้ใช้งานในมาโครจะลดลงมากขึ้นเมื่อความจุในไมโครเซลล์เท่ากัน ที่ผ่านมามีการจำลองระบบซึ่งประกอบด้วย 1 ไมโครเซลล์ ซึ่งนำทางปฏิบัติจะมีการใช้งานทั้ง 1 ไมโครเซลล์และหลายๆ ไมโครเซลล์ ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอการวางซ้อนทับไมโครเซลล์ลงบนมาโครเซลล์ โดยเปลี่ยนแปลง ขนาด ตำแหน่งและ จำนวนไมโครเซลล์ เพื่อศึกษาหาความจุของไมโครเซลล์และมาโครเซลล์ของระบบ W-CDMA และ cdma2000 รวมทั้งเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นในทั้งสองระบบ

1.5 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาเพื่อหาปริมาณการแทรกสอดที่เกิดขึ้นในระบบ ตามแบบจำลองระบบที่ใช้ในการประกอบการพิจารณา จากนั้นนำปริมาณการแทรกสอดและอัตราส่วนระหว่างกำลังรับกับกำลังสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้น ไปวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ในมาโครเซลล์และไมโครเซลล์ ที่ให้จำนวนความจุเพียงพอกับความต้องการที่เกิดขึ้น

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย ขอบเขตการวิจัย และขั้นตอนของการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงพื้นฐานเกี่ยวกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ ประกอบด้วยโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์ พื้นที่ขอบเขตการให้บริการของระบบเซลลูลาร์ ความรู้เบื้องต้นของการวางเซลในระบบเซลลูลาร์ หลักการพื้นฐานของเซลลูลาร์ CDMA และบทสรุป

บทที่ 3 กล่าวถึงทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับ IMT-2000 ซึ่งประกอบด้วยระบบ cdma 2000 และ W-CDMA สัญญาณแทรกสอดภายในระบบ ปริมาณความจุในระบบ และบทสรุป

บทที่ 4 กล่าวถึงการคำนวณอินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์และอัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอด ประกอบด้วยการคำนวณอินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์ของมาโครและไมโครเซล การพิจารณาอัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอด การวิเคราะห์ความจุของระหว่างมาโครและไมโครเซลในระบบ cdma2000 และ W-CDMA

บทที่ 5 ผลการทดลองหรือการวิเคราะห์ ประกอบด้วยแบบจำลองระบบที่ใช้ในการพิจารณาการศึกษา การทดลองและผลการทดลองที่เกิดขึ้น และบทสรุป

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

หลักการเซลล์ลาร์ CDMA

2.1 กล่าวนำ

หลักการเซลล์ลาร์ เป็นหลักการที่ใช้ปรับปรุงประสิทธิภาพเปิดครัมและเพิ่มความจุของผู้ใช้งาน สำหรับระบบสื่อสารไร้สายเคลื่อนที่จะแบ่งพื้นที่การบริการออกเป็น 2 ลักษณะคือ ระบบ *โซนใหญ่* ที่ใช้สถานีฐานเพียงสถานีเดียว เช่น ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม ที่การควบคุมการเชื่อมโยงทางคลื่นวิทยุทำได้ง่าย มีคุณภาพของการบริการที่แน่นอนและ ระบบ *โซนเล็ก* ที่มีการจัดวางเซลล์ไม่ให้เกิดช่องว่างระหว่างโซน [7-8] พื้นที่บริการ จะประกอบด้วยหลายๆ โซน ที่มีขนาดไม่จำกัด ซึ่งเป็นแบบที่ใช้ในระบบเซลล์ลาร์ การออกแบบเพื่อให้สถานีฐานมีกำลังส่งและมีการติดตั้งสายอากาศที่เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน การควบคุมการเชื่อมโยงทางคลื่นวิทยุจะกระทำโดยสถานีฐาน เพื่อสวิตช์ไปยังช่องสัญญาณในเซลล์ใหม่ ที่มีการลงทะเบียนตำแหน่งของอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ การใช้โซนขนาดเล็ก ทั้งอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่และสถานีฐาน จะมีกำลังส่งลดลง ทำให้อุปกรณ์มีขนาดและน้ำหนักลดลง การใช้ช่องสัญญาณในเซลล์อื่นๆ ตามหลักการใช้ความถี่ซ้ำ ทำให้ระบบสามารถรองรับผู้ใช้งานได้มากยิ่งขึ้น

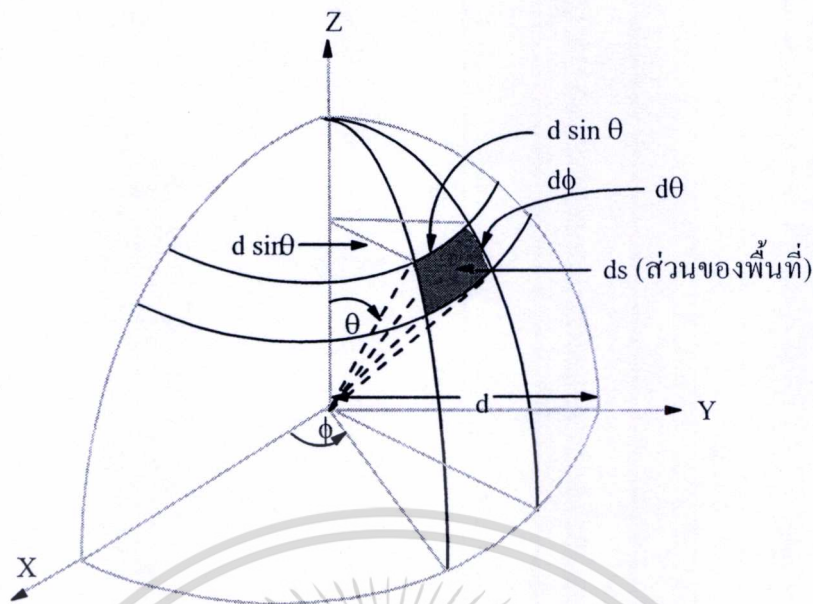
2.2 ความแรงสัญญาณและพารามิเตอร์ของเซลล์

ระบบเซลล์ลาร์จะขึ้นอยู่กับสัญญาณรับของสถานีเคลื่อนที่ (Mobile station: MS) ในเซลล์กำลังสัญญาณรับจะเปลี่ยนแปลงของตามฟังก์ชันระยะทาง ถ้าตัวส่งและตัวรับใช้สายอากาศไอโซทรอปิก (isotropic) ที่พื้นผิวการแผ่กระจายคลื่น ในอากาศว่างหรือฟรีสเปซ (free-space) มีลักษณะเป็นทรงกลมดังรูปที่ 2.1 ภาพคอนทัวร์ของความแรงสัญญาณที่มาจาก 2 สถานีฐานของเซลล์ i และ j ดังรูปที่ 2.2 เพื่อให้ง่ายเซลล์จะเป็นวงกลม ถ้าเครื่องส่งมีกำลังส่ง P_t (วัตต์) ระยะห่างระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ d (เมตรหรือกิโลเมตร) เมื่อสมมุติให้คลื่นวิทยุแผ่กระจายจากจุดที่เรียกว่า *แหล่งกำเนิดไอโซทรอปิก* ไปในอากาศ การแผ่กระจายคลื่นของสายอากาศไอโซทรอปิก มีกำลังต่อหน่วยพื้นที่ w_r เป็นดังนี้

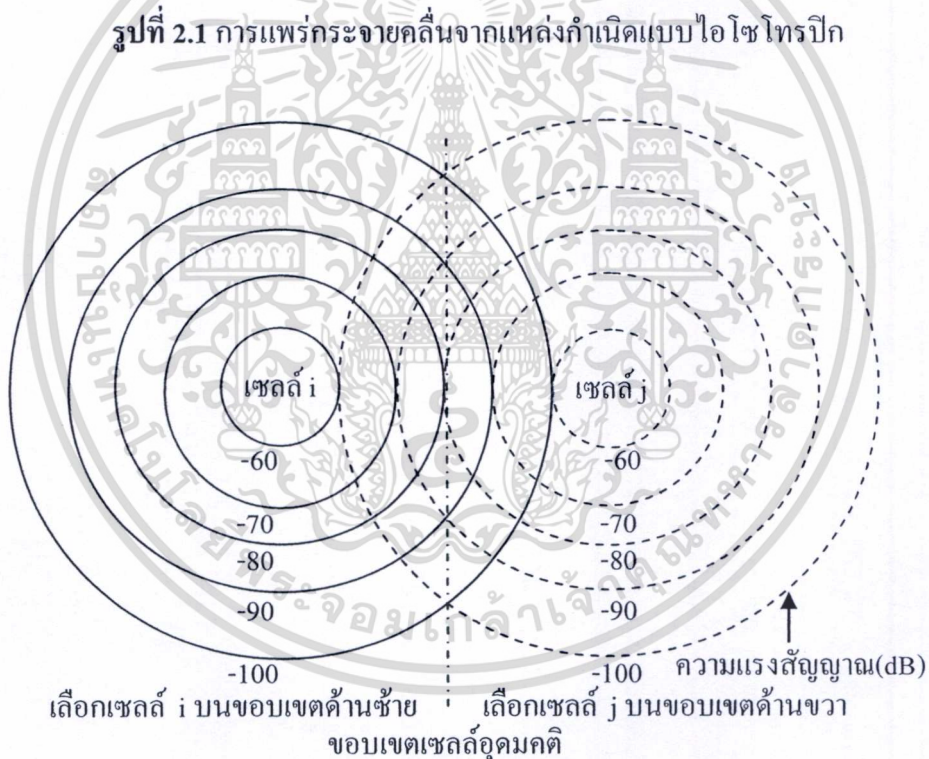
$$w_r = \frac{P_t}{4\pi d^2} \quad (\text{วัตต์ต่อตารางเมตร}) \quad (2.1)$$

ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใช้งานทางด้านรับกับเกน (gain) หรือ อัตราขยายของสายอากาศรับ G_r

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การแพร่กระจายคลื่นจากแหล่งกำเนิดแบบไอโซโทรปิก



รูปที่ 2.2 ภาพคอนทัวร์ความแรงสัญญาณของเซลล์ i และ j

$$G_r = \frac{4\pi S_{eff}}{\lambda^2} \tag{2.2}$$

เมื่อ S_{eff} คือขนาดพื้นที่ซึ่งสายอากาศรับสามารถรับสัญญาณได้ (ตารางเมตร) จะหาค่าดังรับได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์(2.3) การค้า
 $P_r = W_r S_{eff} = P_t G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2$ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ λ คือความยาวคลื่น การแพร่กระจายคลื่นในอุดมคติของสายอากาศไอโซทรอปิก EIRP (effective isotropic radiated power) หาได้จาก

$$\text{EIRP} = P_t G_t \quad (2.4)$$

แทนกำลังของการแพร่กระจายคลื่นสูงสุดจากเครื่องส่งในทิศทางที่สายอากาศมีเกนสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับ การแพร่กระจายคลื่นไอโซทรอปิก ในทางปฏิบัติจะใช้ค่า ERP (effective radiated power) แทนกำลังการแพร่กระจายคลื่นสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับสายอากาศไดโพลครึ่งความยาวคลื่น เมื่อสมมุติให้เกนสายอากาศรับเป็น 1 จะเรียกอัตราส่วนกำลังส่งต่อกำลังรับว่า พาทลอส (path loss) หรือการสูญเสียเชิงวิถี แทนด้วย P_L

$$P_L = \frac{P_t}{P_r} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad (2.5)$$

เมื่อเขียนในหน่วยเดซิเบล $P_L (dB) = 10 \log_{10} \frac{P_t}{P_r} (dB) = P_t (dB) - P_r (dB)$

พาทเกน (path gain) จะตรงข้ามกับการสูญเสียเชิงวิถี $P_G = -P_L = 10 \log_{10} (P_r / P_t) (dB)$ แต่ช่องสัญญาณจะไม่มีส่วนประกอบที่เป็นอุปกรณ์แอคทีฟ จึงมีเฉพาะการลดทอนจากการสูญเสียเชิงวิถี จาก (2.3) การสูญเสียจากการส่งคลื่นวิทยุผ่านอากาศว่างจะแปรผกผันกับระยะทางกำลังสอง จะหาการสูญเสียเชิงวิถีในอากาศว่างได้ดังนี้

$$P_L (dB) = 10 \log_{10} \frac{P_t}{P_r} = K + 20 \log d + 20 \log f - 10 \log G_t - 10 \log G_r \quad (2.6)$$

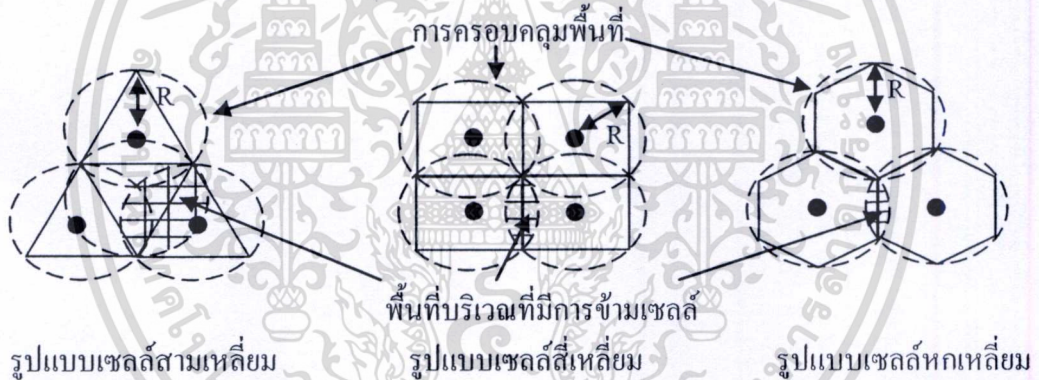
เมื่อ f คือความถี่ K คือค่าคงที่ขึ้นกับหน่วยของ d และ f เมื่อ d มีหน่วยเป็นกิโลเมตร f มีหน่วยเป็น MHz $K = 32.44$ เมื่อเกนของสายอากาศส่งและรับเป็น 1 จะได้สมการสูญเสียเชิงวิถีดังนี้

$$P_L (dB) = 32.44 + 20 \log d + 20 \log f \quad (2.7)$$

เมื่อมีการลดทอนจากบรรยากาศและสภาพแวดล้อมใช้งานจริงทำให้เซลล์ไม่เป็นวงกลม เมื่อ MS เคลื่อนที่จากสถานีฐานของเซลล์ ความแรงสัญญาณจะแปรลง ในบางจุดมีระดับสัญญาณต่ำกว่าค่าเทรสโฮลด์จะต้องมีการเปลี่ยนเซลล์

2.3 รูปร่างเซลล์

ระบบเซลล์ดูลาร์ประกอบด้วยกลุ่มของโหนดขนาดเล็กที่อยู่ติดกัน แต่ละโหนดเรียกว่า *เซลล์* รูปร่างเซลล์จะขึ้นอยู่กับลักษณะการจัดวางสถานีฐาน เมื่อสถานีฐานใช้สายอากาศรอบทิศทางมีโพลารไรซ์แนวนอน เมื่อไม่มีสิ่งกีดขวาง การครอบคลุมพื้นที่ของแต่ละเซลล์จะมีลักษณะเป็นวงกลม มีสถานีฐานเป็นจุดศูนย์กลาง พื้นที่บริเวณที่มีการทับซ้อนกันระหว่างเซลล์ข้างเคียงเป็นบริเวณที่ใช้ในการเปลี่ยนช่องสัญญาณวิทยุระหว่างสถานีฐานหรือการเปลี่ยนเซลล์ ในกรณีที่เซลล์ขนาดเท่ากัน เส้นที่ผ่านจุดศูนย์กลางของการทับซ้อนกันระหว่างเซลล์ทั้งสอง จะมีความแรงสัญญาณที่มาจากสถานีฐานทั้งสองเท่ากัน ขอบเขตของเซลล์ที่วางทับซ้อนกันสามารถเขียนในรูปเรขาคณิต มีลักษณะหลายเหลี่ยมดังรูปที่ 2.3 ประกอบด้วย 3 ลักษณะคือ สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมและหกเหลี่ยม การวางสถานีฐานให้มีการทับซ้อนแตกต่างกันทั้งสามลักษณะ รูปร่างสามเหลี่ยมจะมีพื้นที่การทับซ้อนของเซลล์มากที่สุด แบบหกเหลี่ยมจะมีพื้นที่ทับซ้อนน้อยที่สุดและมีจำนวนเซลล์ที่ติดกันน้อยกว่าแบบอื่น จึงนิยมใช้กับระบบเซลล์ดูลาร์



รูปที่ 2.3 รูปร่างเซลล์ที่เกิดจากการวางตำแหน่งสถานีฐานแบบต่างๆ

2.4 ความจุของเซลล์

ภาระของเซลล์จะมีคุณสมบัติที่สำคัญของ 2 พารามิเตอร์สุ่ม (random) ดังนี้

1. จำนวนเฉลี่ยของสถานีเคลื่อนที่ซึ่งร้องขอใช้บริการ (อัตราเฉลี่ยของการเรียกใช้งาน) λ
2. ความยาวของเวลาเฉลี่ยที่สถานีเคลื่อนที่ที่ต้องการใช้บริการ (เวลาเฉลี่ยของการใช้งาน) T (นาที)

ทฤษฎีกราฟฟิกโทรศัพท์ ใช้เพื่อประมาณจำนวนช่องสัญญาณที่ต้องการ ตามปริมาณกราฟฟิก [9] สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ขนาดกราฟฟิกหรือกราฟฟิกโหลดหมายถึง เวลาการใช้งานทั้งหมดต่อหน่วยเวลา มีหน่วยเป็นเออแลง เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$a = \lambda T / 60 \quad (2.8)$$

a คือทราฟฟิกโหลด เมื่อมีการเรียก 3 ครั้งใน 1 ชั่วโมง แต่ละครั้งใช้เวลา 8, 5 และ 5 นาที จะได้ $\lambda = 3$ และ $T = (8+5+5)/3 = 6$ นาทีหรือ 0.1 ชั่วโมง จะคำนวณทราฟฟิกโหลดได้ $a = (3 \times 6)/60 = 0.3$ เออแลง

เมื่อค่าเฉลี่ยอัตราการเข้าใช้งานมีช่วงสั้น Δ หาได้จาก $\Delta \lambda$ สมมติให้การร้องขอบริการเป็นการแจกแจงปัวซอง (Poisson) ความน่าจะเป็น $p(n,t)$ สำหรับการเรียก n ที่มีช่วงเวลา t หาได้จาก

$$p(n,t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t} \quad (2.9)$$

สมมติให้ μ คืออัตราการบริการ ความน่าจะเป็นของแต่ละการเรียกที่ถูกยกเลิกระหว่างเวลา t หาได้จาก μt ความน่าจะเป็นที่การร้องขอการเรียกที่ t หรืออาจจะน้อยกว่าหาได้จาก

$$S(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (2.10)$$

ความน่าจะเป็นของการเรียกเข้าจะถูกบล็อกหาได้จาก

$$B(S, a) = \left(\frac{a^S}{S!} \right) / \left(\sum_{i=0}^S \frac{a^i}{i!} \right) \quad (2.11)$$

S คือจำนวนช่องสัญญาณในเซลล์ $B(S, a)$ คือความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียก ความน่าจะเป็นของการสูญเสียหรือความจะเป็นในการถูกยกเลิก จะเรียก (2.11) ว่าสมการเออแลง B ถ้า $S=2$ และ $a=3$ จะได้ $B(2,3)=0.6$ นั่นคือ 60% ของการเรียกจะถูกบล็อก

$$\begin{aligned} \text{ประสิทธิภาพ} &= \text{ทราฟฟิกที่ไม่ถูกบล็อก/ความจุ} \\ &= (\text{เออแลง} \times \text{ทราฟฟิกที่ไม่ถูกบล็อก}) / \text{จำนวนช่องสัญญาณ} \end{aligned} \quad (2.12)$$

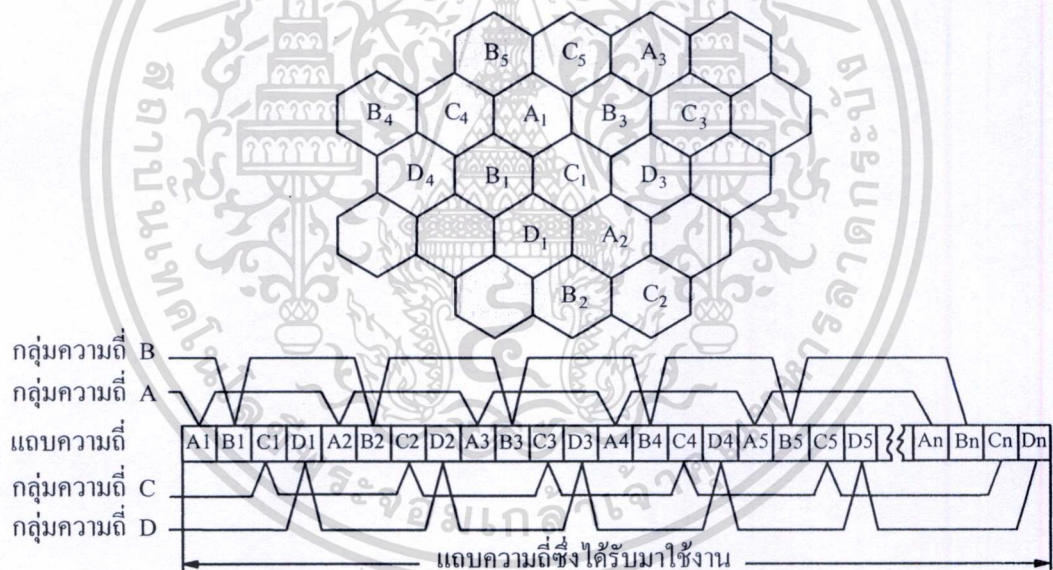
ความน่าจะเป็นของการเรียกเข้าที่ติดเลย์ เรียกว่า สมการเออแลง C หาได้จาก

$$C(S, a) = \frac{\frac{a^S}{(S-1)!(S-a)}}{\frac{a^S}{(S-1)!(S-a)} + \sum_{i=0}^{S-1} \frac{a^i}{i!}} = \frac{SB(S, a)}{S - a[1 - B(S, a)]} \quad (2.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 รูปแบบการใช้ความถี่ซ้ำในพื้นที่ห่างออกไป

การแก้ไขปัญหาการแทรกสอดระหว่างเซลล์โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า *ฟรีควอนซีรียูส* (frequency reused) หรือ การใช้ความถี่ซ้ำของช่องสัญญาณ เป็นการนำความถี่ของสัญญาณเดิมกลับมาใช้งานใหม่ในพื้นที่ซึ่งอยู่ห่างออกไป เซลล์ที่อยู่ห่างกันจะมีการใช้ความถี่ที่เหมือนกันหรือซ้ำกัน เพื่อใช้งานความถี่ที่มีอยู่จำกัดอย่างมีประสิทธิภาพ รูปที่ 2.4 แสดงการแบ่งความถี่ใช้งานออกเป็น 4 กลุ่ม ประกอบด้วยช่องสัญญาณ A1, B1, C1, D1, A2, B2, C2, D2, A3, ..., An, Bn, Cn, Dn แยกเป็นกลุ่มความถี่ต่างๆ คือ กลุ่ม A ได้แก่ A1, A2, A3, ..., An กลุ่มอื่นๆ ก็เช่นกัน จากรูปที่ 2.4 จะเห็นว่าช่องสัญญาณในแต่ละกลุ่มจะไม่อยู่ชิดติดกัน การที่จะต้องจัดกลุ่มของความถี่ในลักษณะนี้ ก็เพื่อให้ช่องสัญญาณในกลุ่มเดียวกันมีช่วงห่างกันพอสมควร เพื่อลดการแทรกสอดระหว่างช่องสัญญาณ เมื่อนำกลุ่มของความถี่ A, B, C และ D ไปใช้งานในแต่ละเซลล์ จะได้รูปแบบของกลุ่มเซลล์ เมื่อนำรูปแบบของกลุ่มเซลล์เหล่านี้มาต่อซ้ำๆ ให้แผ่ขยายออกไป ก็จะได้พื้นที่บริการของระบบเซลล์ลาร์



รูปที่ 2.4 เทคนิคการนำความถี่เดิมกลับมาใช้งานใหม่สำหรับช่องสัญญาณที่อยู่ในพื้นที่ห่างออกไป

หลักการใช้ความถี่ของสัญญาณซ้ำในระบบเซลล์ลาร์ จะมีจำนวนช่องสัญญาณคู่เพื่อกซ์ใช้งานทั้งหมด C_{id} แต่ละเซลล์มีการจัดสรรกลุ่มเป็น k ช่องสัญญาณ ($k < C_{id}$) ถ้า C_{id} แบ่งเป็น K เซลล์ และกลุ่มเซลล์มีช่องสัญญาณเหมือนกัน จำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดหาได้จาก

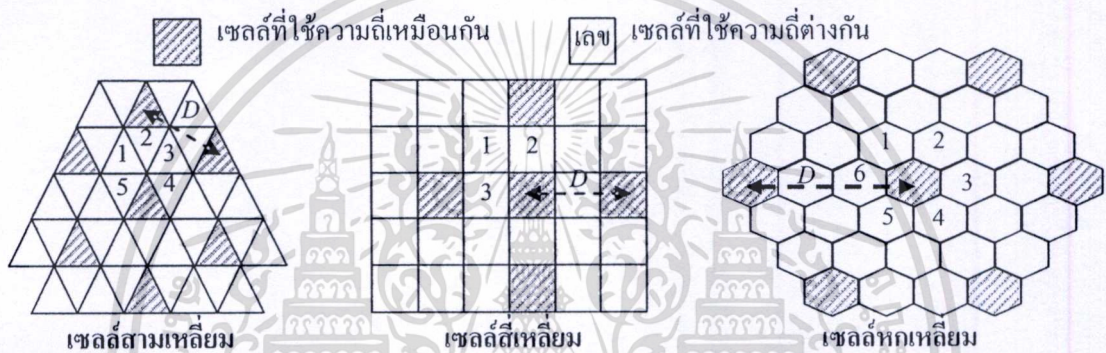
$$C_{id} = kK \quad (2.14)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าคลัสเตอร์มีเวลาใช้งานในระบบ M จำนวนช่องสัญญาณคูเพล็กซ์ C จะใช้วัดความจุหาได้จาก

$$C = MkK = MC_{td} \quad (2.15)$$

ความจุของระบบเซลลูลาร์หาได้จากสัดส่วนจำนวนเวลาในคลัสเตอร์ซึ่งจะคงที่ แฟกเตอร์ K คือขนาดคลัสเตอร์มีค่าเท่ากับ 4, 7 เป็นต้น ถ้าลดค่า K ลงในขณะที่ขนาดเซลล์ยังเท่าเดิม จะต้องใช้จำนวนคลัสเตอร์ให้มากขึ้น ขนาดของคลัสเตอร์ที่ใหญ่จะมีอัตราส่วนระยะห่างระหว่างกึ่งกลางเซลล์ที่ช่องสัญญาณใช้ความถี่เหมือนกัน D กับรัศมีของเซลล์ R มาก ฉะนั้นค่า K จะหมายถึงฟังก์ชันการแทรกสอดจากอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่หรือสถานีฐานดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 รูปแบบและจำนวนเซลล์ต่ำสุดสำหรับการใช้ความถี่ซ้ำในพื้นที่ซึ่งห่างออกไป

การวางแผนรูปแบบการใช้ความถี่ซ้ำของช่องสัญญาณในพื้นที่ซึ่งห่างออกไป ระยะห่างระหว่างเซลล์ที่มีการใช้ความถี่เหมือนกัน จะป้องกันการแทรกสอดจากเซลล์อื่นๆ ที่เรียกว่า การแทรกสอดอินเตอร์เซลล์ หรือ การแทรกสอดโคแชนแนล (co-channel interference) ที่ส่งผลต่อความจุและสมรรถนะของระบบ คุณลักษณะของช่องสัญญาณจะแตกต่างกันตามเทคนิคการมัลติเพล็กซ์ เช่น การแบ่งทางความถี่ การแบ่งทางเวลา การแบ่งทางรหัสที่ตั้งฉากและไม่ตั้งฉาก รวมทั้งการรวมเทคนิคต่างๆ ที่เรียกว่า เทคนิคไฮบริดจ์ เป็นการรวมการแบ่งทางสเปซ ระบบที่ใช้การแบ่งทางรหัสที่ไม่ตั้งฉากจะเกิดการแทรกสอดระหว่างช่องสัญญาณที่ใช้งานภายในเซลล์ เรียกว่า การแทรกสอดอินทราเซลล์ ในบางครั้งจะเกิดกับระบบช่องสัญญาณตั้งฉาก ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากการเกิดมัลติพาทหรือการเกิดความผิดพลาดในการซิงค์โครไนซ์ ทำให้คุณลักษณะตั้งฉากไปเป็นไม่ตั้งฉาก เทคนิคมัลติเพล็กซ์ตั้งฉากในอุดมคติ จะไม่มีการแทรกสอดอินทราเซลล์ การแทรกสอดทั้งอินทราเซลล์และอินเตอร์เซลล์จะส่งผลต่อ SINR ของผู้ใช้งานดังนี้

$$\text{SINR} = \frac{P_r}{N_0B + P_i} \quad (2.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P_r คือกำลังของสัญญาณรับ P_t คือกำลังของสัญญาณแทรกสอดทั้งแบบอินทราเซลล์และอินเตอร์เซลล์ การหาอัตราบิดผิดพลาด (BER: Bit error rate) ของอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ จะขึ้นกับค่า SINR (signal-to-interference-plus-noise power ratio) มากกว่าค่า SIR (signal-to-interference power ratio) เมื่อมีการแทรกสอดจากเซลล์ข้างเคียงที่ใช้กลุ่มความถี่เหมือนกันในจำนวนมาก การลดการแทรกสอดระหว่างเซลล์ที่ใช้ช่องสัญญาณกลุ่มความถี่เดียวกัน จะกำหนดให้ระยะห่างระหว่างกลุ่มเซลล์ที่ใช้ช่องสัญญาณเหมือนกันมีระยะเพิ่มมากขึ้น ระยะระหว่างเซลล์ที่ใช้ความถี่ช่องสัญญาณซ้ำเป็นพารามิเตอร์สำคัญในการหาค่าเฉลี่ยกำลังการแทรกสอดอินเตอร์เซลล์

2.6 การแทรกสอดโคแชนแนล

การแทรกสอดโคแชนแนลขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างเซลล์ที่ใช้ความถี่เดียวกัน ถ้ามีระยะห่างน้อยค่าการแทรกสอดจะสูง ในทางกลับกันถ้ามีระยะห่างที่มาก ค่าการแทรกสอดจะต่ำ จึงต้องพยายามหาระยะห่างระหว่างเซลล์ที่ใช้ความถี่เดียวกันน้อยที่สุด ที่ยังทำให้เกิดการแทรกสอดอยู่ในระดับที่ยอมรับได้จากรูปที่ 2.6 จะเขียนพารามิเตอร์ความสัมพันธ์ของการแทรกสอดได้ดังนี้

$$q = D/R \quad (2.17)$$

q คือ แฟคเตอร์การแทรกสอดโคแชนแนล (Co-channel Interference Reduction Factor)



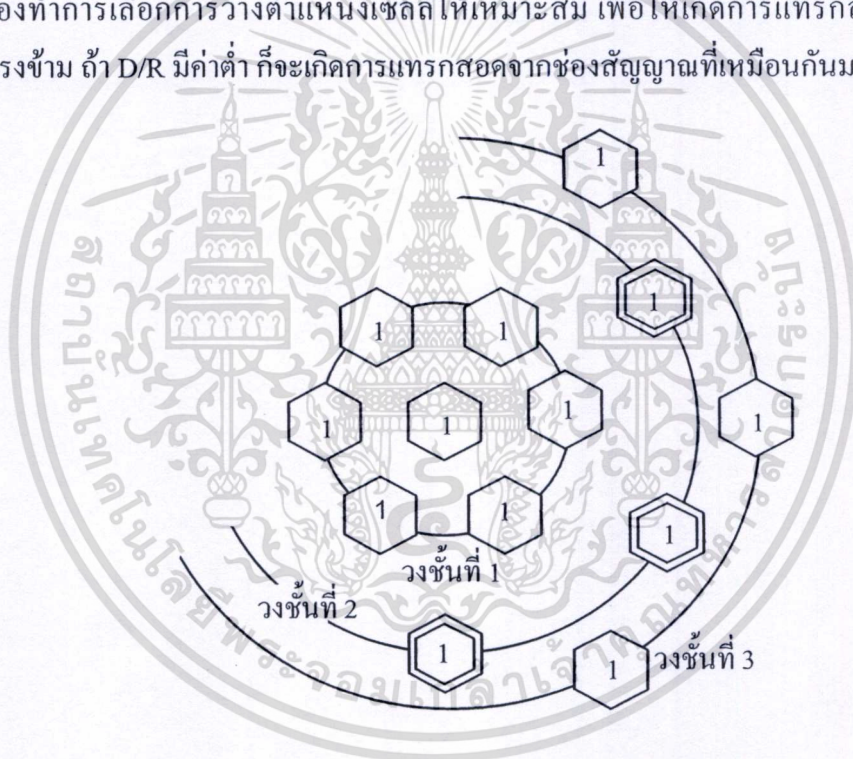
รูปที่ 2.6 รัศมีเซลล์และระยะระหว่างเซลล์ที่ใช้ความถี่เหมือนกัน

การจัดวางเซลล์ลักษณะหกเหลี่ยม จะเกิดการแทรกสอดต่ำที่สุดและจำนวนของเซลล์ที่อยู่ติดกันจะมีจำนวนน้อยที่สุด จึงเหมาะ สมที่จะนำมาใช้กับระบบเซลล์ลูลาร์ พารามิเตอร์ในการจัดวางเซลล์คืออัตราส่วน D/R เรียกว่า อัตราส่วนการแทรกสอดโคแชนแนล (Cochannel Ratio) จะบ่งบอกถึงคุณภาพของการส่งสัญญาณและการรองรับปริมาณของทราฟฟิก ถ้า D/R มีค่าสูง การแทรก

สอดคล้องจากช่องสัญญาณที่ความถี่เดียวกันจะมีค่าน้อย จากรูปที่ 2.6 เมื่อพิจารณาระดับสัญญาณรับที่อุปกรณ์สื่อสารไร้สาย เขียนค่า C/I (Carrier-to-Interference Ratio) ได้ดังนี้

$$\frac{C}{I} = \frac{C}{\sum_{n=1}^{n_t} I_n} \quad (2.18)$$

โดย n_t คือจำนวนของเซลล์ที่มีการแทรกสอดโคเซนแนลมายังเซลล์ที่พิจารณา สำหรับรูปแบบ $N=7$ ดังในรูปที่ 2.7 จะมีเซลล์ที่แทรกสอดอยู่ 6 เซลล์ในชั้นแรก การแทรกสอดจะเกิดขึ้นทั้งสองทางคือ จากสถานีฐานไปยังอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่และอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ไปยังที่สถานีฐาน ค่า C/I ที่กำหนดคือระดับของสัญญาณรับที่เครื่องรับสามารถรับฟังสัญญาณเสียงที่สื่อสารกันเข้าใจได้ จึงต้องทำการเลือกการวางตำแหน่งเซลล์ให้เหมาะสม เพื่อให้เกิดการแทรกสอดน้อยที่สุดในทางตรงข้าม ถ้า D/R มีค่าต่ำ ก็จะทำให้เกิดการแทรกสอดจากช่องสัญญาณที่เหมือนกันมาก

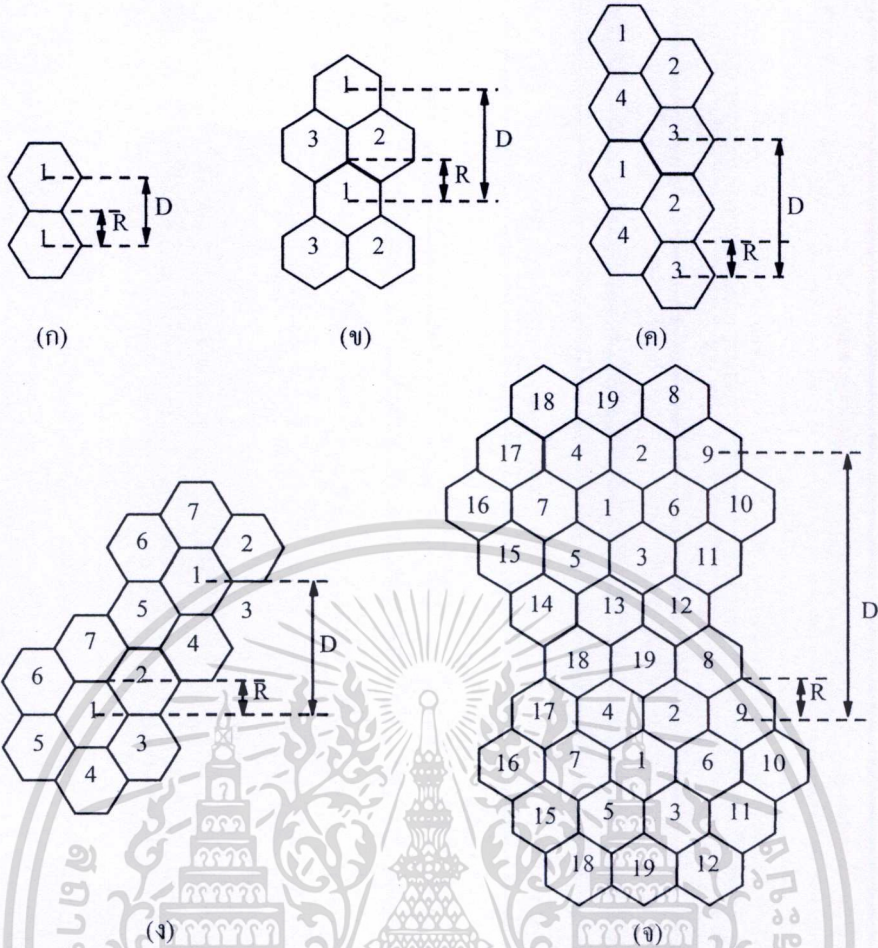


รูปที่ 2.7 การแทรกสอด โคเซนแนลสำหรับ $k=7$

จาก (2.17) สำหรับระบบเซลล์ดูลาร์ จะเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\frac{D}{R} = \sqrt{3N} \quad (2.19)$$

สำหรับรูปแบบการจัดสรรเซลล์ที่ k ค่าต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.8 ลักษณะของการแทรกสอดพิจารณาได้ 2 กรณี คือ การเกิดการแทรกสอดโคเซนแนลที่อุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ที่เกิดจากการส่งเอกสารที่เป็นเอกสารที่ส่งมาไว้สำหรับกรณีซึ่งงานวิชาการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า สัญญาณของสถานีฐานในเซลล์อื่นๆ ที่ใช้ช่องสัญญาณความถี่เดียวกันจะได้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ของ D/R ของการวางเซลล์แบบต่าง ๆ

(ก) $K = 1$ (ข) $K = 3$ (ค) $K = 4$ (ง) $K = 7$ (จ) $K = 19$

$$\frac{C_m}{N_m + \sum_{j=1}^N I_j} \geq \text{ค่าที่กำหนด} \tag{2.20}$$

โดย C_m เป็นสัญญาณพาห้จากสถานีฐานที่อุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนต้องการรับ N_m คือสัญญาณรบกวนที่เกิดกับอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่และ j คือลำดับสัญญาณแทรกสอดจากสถานีฐานของเซลล์ข้างเคียงที่ใช้ความถี่เดียวกับอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ เมื่อ $j = 1, 2, \dots, N$ กรณีที่สอง การเกิดการแทรกสอดโคแชนแนลที่สถานีฐาน สัญญาณแทรกสอดจากอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ ที่มาจกเซลล์อื่นๆ ที่ใช้ความถี่เดียวกัน ค่าการแทรกสอดจะเป็น

$$\frac{C_b}{N_b + \sum_{j=1}^N I_j} \geq \text{ค่าที่กำหนด} \tag{2.21}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย C_b คือสัญญาณพาห้จากอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่สถานีฐานต้องการรับ N_b คือสัญญาณรบกวนที่เกิดกับสถานีฐานและ j คือจำนวนสัญญาณแทรกสอดจากอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ที่ใช้ความถี่เดียวกันในเซลล์อื่นๆ

การใช้ความถี่ของสัญญาณซ้ำในพื้นที่ห่างออกไปของระบบเซลล์ลุดาร์ จะทำให้เกิดการแทรกสอดจากช่องสัญญาณอื่นๆ นอกจากการแทรกสอดโคเซนแนลแล้ว ยังเกิดการรบกวนที่เกิดจากช่องสัญญาณที่อยู่ติดกันที่เรียกว่า การแทรกสอดจากเซนแนลข้างเคียง (Adjacent-channel Interference)

2.7 การแทรกสอดจากเซนแนลข้างเคียง

การแทรกสอดจากเซนแนลข้างเคียง เป็นการรบกวนของช่องสัญญาณที่อยู่ติดกับช่องสัญญาณที่ใช้งาน เนื่องจากข้อ จำกัดของอุปกรณ์ เช่น เสถียรภาพของวงจรปรับความถี่ แบนด์วิดท์ของเครื่องรับ ฟิลเตอร์ ฯลฯ การแทรกสอดนี้แก้ไขได้โดยการปรับปรุงคุณภาพของอุปกรณ์และการจัดสรรช่องสัญญาณ การหลีกเลี่ยงไม่ให้ความถี่ของสัญญาณใกล้เคียงกันซึ่งอยู่ภายในเซลล์เดียวกัน การแทรกสอดจากเซนแนลข้างเคียงสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ การแทรกสอดภายในเซลล์เดียวกัน เมื่อมีการใช้ช่องสัญญาณความถี่เดียวกันในเซลล์ที่ติดกัน จะต้องพิจารณาค่าแห่งของอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ ซึ่งอยู่ใกล้สถานีฐานจะมีการส่งสัญญาณที่แรงน้อยกว่าอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ซึ่งระยะทางห่างจากสถานีฐานไกลๆ การแทรกสอดลักษณะนี้แก้ไขได้โดยการจัดสรรช่องสัญญาณไม่ให้ความถี่ภายในเซลล์เดียวกันติดกัน กรณีที่สองคือ การแทรกสอดระหว่างเซลล์ เมื่อไม่ใช้ช่องสัญญาณที่ความถี่ติดกันในเซลล์เดียวกัน แต่จะยังคงมีการใช้งานอยู่บริเวณขอบเซลล์ การออกแบบจะต้องให้เซลล์มีการเหลื่อมล้ำกันเล็กน้อย เพื่อใช้ในการเปลี่ยนเซลล์ เมื่ออยู่บริเวณขอบเซลล์จะสามารถที่จะรับสัญญาณจากเซลล์ที่ติดกันได้ ทำให้บริเวณขอบเซลล์มีค่าการแทรกสอดสูงสุด

2.8 แบบจำลองการแพร่กระจายคลื่น

ในการวางแผนและออกแบบเพื่อติดตั้งเซลล์ในระบบสื่อสารไร้สาย เพื่อให้สัญญาณวิทยุครอบคลุมพื้นที่บริการตามเป้าหมายที่กำหนด สิ่งสำคัญคือการหาค่าการลดทอนของสัญญาณที่มีความแม่นยำ ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้คำนวณอย่างถูกต้อง เช่น สภาพความสูง-ต่ำของภูมิประเทศ จำนวนและขนาดความสูงของสิ่งก่อสร้าง ฯลฯ ในเขตพื้นที่เมือง จะมีสิ่งก่อสร้างจำนวนมากที่ส่งผลกระทบ การแพร่กระจายคลื่นอย่างมาก การคำนวณหาค่าการลดทอนของสัญญาณในพื้นที่เมือง จะทำได้ค่อนข้างยากมาก แต่ก็มียุทธศาสตร์ต่างๆ ได้พยายามหาวิธีการ

เพื่อหาคุณลักษณะการแพร่กระจายคลื่นที่เรียกว่า เทคนิคการทำนาย (Prediction Techniques) เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นว่าเป็นประโยชน์ในการนำ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการทางคณิตศาสตร์ที่เทียบเท่ากับระดับสัญญาณที่ใช้งานจริง ได้มีการทำการศึกษาในหลายๆ พื้นที่ มีเทคนิคในการหาที่แตกต่างกันไป เพื่อใช้ประมาณระยะห่างสูงสุดที่เครื่องส่งและเครื่องรับยังสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ ซึ่งเป็นวิธีการที่สำคัญมากในการวางแผนก่อนจะมีการติดตั้งระบบเพื่อใช้งานจริง แบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นที่ใช้ในการทำนายจะแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ [10] ดังนี้

- **แบบจำลองเชิงกำหนด (Deterministic model)** เป็นการประยุกต์ใช้ทฤษฎีสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อหาทางเดินของคลื่นในลักษณะของแสงหรือเรย์แทรคซิง (ray-tracing) ตามข้อกำหนดสภาพแวดล้อม ได้แก่ รายละเอียดของสิ่งก่อสร้างและความสูงในการติดตั้งสถานีฐาน เพื่อหาผลกระทบที่เกิดจากการแพร่กระจายคลื่น
- **แบบจำลองเชิงประสบการณ์ (Empirical model)** เป็นสมการคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติของผลการวัดหลายๆ ครั้ง เป็นแบบจำลองที่ไม่ต้องการรายละเอียดของสภาพแวดล้อม ใช้งานง่ายและการประมาณรวดเร็วแต่มีความแม่นยำในการประมาณที่ค่อนข้างต่ำ
- **แบบจำลองรวมเชิงกำหนด และเชิงประสบการณ์ (Semideterministic model หรือ Semiempirical model)** เป็นการประยุกต์แบบจำลองเชิงกำหนดที่ปรับปรุงสมการใหม่ให้ถูกต้อง โดยการวัด ต้องการข้อมูลของสภาพแวดล้อมมากกว่าแบบจำลองเชิงประสบการณ์ แต่น้อยกว่าแบบจำลองเชิงกำหนด

การใช้งานแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นจะขึ้นอยู่กับขนาดการครอบคลุมพื้นที่ของเซลล์ ได้แก่ มาโครเซลล์ (macrocells) ไมโครเซลล์ (microcells) และ พิคโรเซลล์ (picocells) มาโครเซลล์จะมีขนาดการครอบคลุมพื้นที่ใหญ่ จะติดตั้งสายอากาศส่งอยู่เหนืออาคารสิ่งก่อสร้าง เซลล์จะมีรัศมีระหว่าง 1 ถึง 100 กิโลเมตร ไมโครเซลล์จะมีขนาดเล็กกว่า มีรัศมี 0.1 ถึง 1 กิโลเมตร จะติดตั้งสายอากาศส่งในระดับเดียวกับอาคารหรือต่ำกว่า ส่วนพิคโรเซลล์จะมีรัศมี 0.01-0.1 กิโลเมตร นิยมใช้งานทั้งภายในและภายนอกอาคาร สำหรับการใช้งานภายนอกอาคารจะติดตั้งสายอากาศจะต่ำกว่าอาคารหรืออยู่ภายในอาคาร ในสภาพแวดล้อมที่เป็นพื้นที่เมือง ในการใช้งานภายในอาคารจะติดตั้งภายในอาคาร

แบบจำลองการสูญเสียเชิงวิถีย่างง่าย (Simplified Path Loss) เป็นการยากที่จะใช้แบบจำลองเดียวหาการสูญเสียเชิงวิถีย่างง่ายที่แม่นยำ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม แบบจำลองการสูญเสียเชิงวิถีย่างง่ายที่แม่นยำ หาได้จากการวิเคราะห์ที่ซับซ้อนหรือจากผลการวัด โดยทั่วไปจะใช้การวิเคราะห์เทรดออฟ (trade-off) เพื่อออกแบบระบบที่มีการเปลี่ยนแปลง การหาตำแหน่งในการติดตั้งสถานีฐานหรือเอกเซสพอยท์ที่ดีที่สุด ในบางครั้งจะใช้แบบจำลองการสูญเสียเชิงวิถีย่างง่ายเพื่อการประมาณช่องสัญญาณจริงด้วยวิธีต่างๆ แบบจำลองการสูญเสียเชิงวิถีย่างง่ายตามฟังก์ชันระยะทาง ที่ใช้สำหรับการออกแบบระบบเป็นดังนี้

$$P_r = P_t K \left[\frac{d_0}{d} \right]^\gamma \quad (2.22)$$

เมื่อเขียนในหน่วย dB จะได้

$$P_r \text{ (dBm)} = P_t \text{ (dBm)} + K \text{ dB} - 10\gamma \log_{10} \left[\frac{d}{d_0} \right] \quad (2.23)$$

K คือค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสายอากาศและค่าการลดทอนเฉลี่ยของช่องสัญญาณ d_0 คือระยะอ้างอิงสำหรับสนามระยะไกลของสายอากาศและ γ คือค่าการสูญเสียเชิงวิถี ค่า K , d_0 และ γ ประมาณได้จากการวิเคราะห์หรือแบบจำลองที่ได้จากการวัด เช่น แบบจำลองการสูญเสียเชิงวิถีในอากาศว่าง แบบจำลอง 2 เส้นทาง แบบจำลอง Hata เป็นต้น จาก (2.23) เมื่อ $d > d_0$ สำหรับภายในอาคารจะสมมติให้ d_0 มีค่า 1-10 เมตรและ 10-100 เมตร สำหรับภายนอกอาคาร จะปรับปรุงแบบจำลองให้ง่ายโดยใช้การประมาณจากการวัดที่ค่า $K < 1$ บางครั้งจะกำหนดอัตราขยายเส้นทาง LOS ที่ระยะ d_0 เมื่อสมมติให้สายอากาศเป็นแบบรอบทิศทางจะได้

$$K \text{ (dB)} = 20 \log_{10} \frac{\lambda}{4\pi d_0} \quad (2.24)$$

ข้อมูลจากการวัดสำหรับการสูญเสียในอากาศว่างที่ระยะ 100 เมตร [11] จะหาค่า K ได้จากการวัดที่ระยะ d_0 หรือหาโดยใช้ค่า MSE (mean square error) ระหว่างแบบจำลองและการวัดค่าที่สุด [11] ค่าของ γ จะกำหนดเป็น 2 หรือ 4 และค่า γ สำหรับสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนหาได้จากค่า MMSE (minimum mean square error) ที่ให้ผลใกล้เคียงกับข้อมูลการวัด

2.9 SIR และความจุผู้ใช้งาน

การทำ SIR ของผู้ใช้งานในระบบเซลล์และจำนวนผู้ใช้งานต่อเซลล์ ตาม SIR ที่กำหนดสมมติว่าระบบจำกัดการแทรกสอดเมื่อสัญญาณรบกวนเพิ่มขึ้น การทำ SIR ในระบบเซลล์จะขึ้นอยู่กับหลายๆ แฟกเตอร์ ประกอบด้วยลักษณะการวางเซลล์ ขนาดของเซลล์ ระยะห่างของการใช้ความถี่และการแพร่กระจายคลื่น ในการคำนวณหาการสูญเสียเชิงวิถีโดยแบบจำลองการสูญเสียเชิงวิถีอย่างง่าย $P_r = P_t K (d_0/d)^\gamma$ มีระยะอ้างอิง $d_0 = 1$ เมตร จะได้ $P_r = P_t L d^{-\gamma}$ เมื่อ L คือค่าคงที่เท่ากับค่าเฉลี่ยการสูญเสียเชิงวิถีที่ $d = d_0$ และ γ คือการสูญเสียเชิงวิถีเลขยกกำลัง โดย L เท่ากันทั้งสัญญาณที่ต้องการและสัญญาณแทรกสอด ซึ่งจะตัดออกในอัตราส่วนกำลัง SIR ในการวิเคราะห์ให้ $L = 1$ การสูญเสียเชิงวิถียกกำลังของการแพร่กระจายคลื่นภายในเซลล์แทนด้วย γ_1 โดย γ_0 แทนการสูญเสียเชิงวิถีในการแพร่กระจายคลื่นจากเซลล์อื่นๆ จะแตกต่างกันตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพแวดล้อมและขนาดของเซลล์ [12] SIR ภายใต้เทคนิคการแอกเซสทั้งการตั้งจากและไม่ตั้งจาก เมื่อใช้แบบจำลองการสูญเสียเชิงวิถีย่างง่าย จะหาความจุผู้ใช้งานของแต่ละแบบจำลอง โดยจำนวนผู้ใช้งานต่อเซลล์สูงสุด ที่ระบบรองรับโดยไม่เกินค่า SIR ที่กำหนด

สมรรถนะ BER คำนวณจากค่า SIR ของสัญญาณ การประมาณการแทรกสอดเป็น AWGN และสมการสำหรับ BER สัมพันธ์กับ SNR จาก [2 หน้า 174] $P_b = Q\left(\frac{2\sqrt{E_b}}{\sqrt{2N_o}}\right) = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_o}}\right) = Q(\sqrt{2\gamma_b})$ สมรรถนะของ BPSK ที่ไม่มีการเข้ารหัสและไม่มีเฟดดิ้ง จะได้ $P_b = Q(\sqrt{2SIR})$ จาก [2 หน้า 185] $\bar{P}_b = \frac{1}{2} \left[1 - \sqrt{\frac{\gamma_b}{1+\gamma_b}} \right] \approx \frac{1}{4\gamma_b}$ สมรรถนะของสัญญาณที่ต้องการมี Rayleigh เฟดดิ้ง สำหรับ SIR สูงจะได้ $P_b \approx 0.25/SIR$ สมมุติให้แบบจำลองการสูญเสียเชิงวิถีย่างง่ายในสมการ SIR นั้น แบบจำลองการสูญเสียเชิงวิถีย่างง่ายจะซับซ้อนจะใช้ในการประมาณร่วม SIR ที่แม่นยำ อย่างไรก็ตามการกำหนดจำนวนทำได้ยาก ในทางปฏิบัติจะประมาณการแทรกสอดเป็นสัญญาณรบกวนเกาส์เซียน ในกรณีระบบ CDMA จะแม่นยำเมื่อมีตัวแทรกสอดจำนวนมาก ส่วน TDMA และ FDMA จะไม่แม่นยำเมื่อตัวแทรกสอดมีจำนวนน้อย การคำนวณหาสมรรถนะการเฟดดิ้ง จะไม่พิจารณาตัวแทรกสอด ผล SIR ที่รับได้คืออัตราส่วนของ 2 ตัวแปรรันด้อม อัตราส่วนนี้มีการแจกแจงเชิงซ้อน ไม่ใช้การประมาณโดยการแจกแจง Rayleigh หรือการแจกแจงเฟดดิ้งอื่นๆ ความซับซ้อนของแบบจำลองเพื่อหาค่าเฉลี่ย SIR ภายใต้การแจกแจง พาทลอส ชาร์โคว์วิงและมัลติพาทเฟดดิ้งที่แม่นยำ การแจกแจง SIR จะหาได้จากการจำลอง [12]

2.9.1 ระบบตั้งจาก (TDMA/FDMA)

การทำ SIR และจำนวนผู้ใช้งานในระบบเซลล์ที่ใช้เทคนิคมัลติเพล็กซ์แบบตั้งจาก ระบบนี้จะไม่มีการแทรกสอดภายในเซลล์ SIR จะหาได้จากกำลังสัญญาณที่รับได้และการแทรกสอดจากเซลล์ข้างเคียงที่ใช้ความถี่เหมือนกัน การแพร่กระจายคลื่น โดยใช้แบบจำลองพาทลอสอย่างง่าย กำลังที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่รับได้ ซึ่งห่างจากสถานีฐานเป็นระยะ d ทั้งการเชื่อมโยงขาขึ้นและลงมี $P_r = P_t d^{-\gamma}$ เมื่อไม่มีการแทรกสอดจากเซลล์ข้างเคียง M ในวงแรก การประมาณจะแม่นยำเมื่อใช้พาทลอส γ_0 มีค่ามาก สมมุติให้ทุกๆ เครื่องส่งมีกำลังส่ง P_t เท่ากัน จะส่งผลต่อการควบคุมกำลังให้ผู้ใช้งานที่ระยะ $d < R$ มีตัวแทรกสอด M ที่ระยะ $d_i, i=1, \dots, M$ จากเครื่องรับ ผลของ SIR คือ

$$SIR = \frac{d^{-\gamma_1}}{\sum_{i=1}^M d_i^{-\gamma_0}} \quad (2.25)$$

SIR คืออัตราของสองตัวแปรสุ่มซึ่งมีการแจกแจงที่ซับซ้อน การแทรกสอดทางสถิติของตัวหารจะมีหลายลักษณะตามแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่น เมื่อตัวแทรกสอดเหล่านี้เป็นลอคกอนอ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการวิจัยของอาจารย์และบุคลากรในภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอล โดยทั่วไปค่าเฉลี่ย SIR สำหรับการเชื่อมโยงขาขึ้นและลงจะเหมือนกัน ในการเชื่อมโยงขาขึ้นเมื่อตัวแทรกสอดอยู่บริเวณขอบเซลล์ใกล้กับสถานีฐานที่เกิดการแทรกสอด ค่าแทรกสอดครณิที่เลวร้ายจะมากกว่าการเชื่อมโยงขาลงที่ตัวแทรกสอดอยู่บริเวณตรงกลางเซลล์

การเขียน SIR อย่างง่าย เมื่อสมมติให้เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่บริเวณขอบเซลล์ $d = R$ การแทรกสอดที่ระยะ D จากเครื่องรับ ภายใต้การกำหนดนี้ SIR จะลดลงเป็น

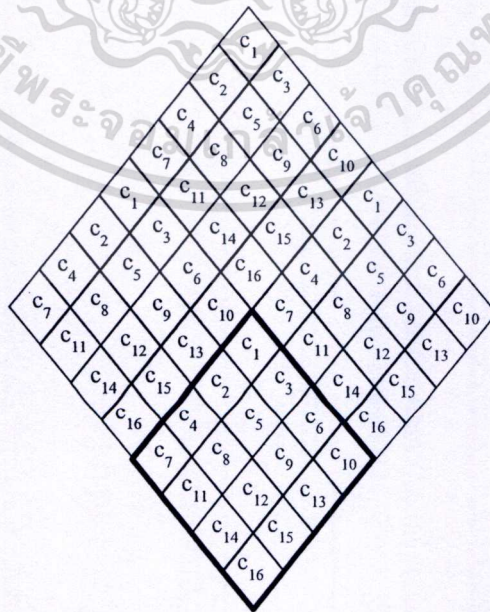
$$SIR = \frac{R^{-\gamma I}}{\sum_{i=1}^M d_i^{-\gamma o}} \quad (2.26)$$

ถ้า $\gamma_i = \gamma_o = \gamma$ จะได้

$$SNR = \frac{I}{M} \left(\frac{D}{R} \right)^\gamma \quad (2.27)$$

เมื่อ D/R คือแฟกเตอร์การใช้ความถี่ซ้ำ K สำหรับรูปร่างเซลล์ จะได้ SIR ในเทอมของ K ในทางปฏิบัติจากรูปที่ 2.8 (จ) เซลล์รูปหกเหลี่ยมจะมี $M=6$ และ $D/R = \sqrt{3K}$ แทนใน (2.27) จะได้ $SIR = 0.167(3N)^{\gamma/2}$ รูปที่ 2.9 เซลล์รูปสี่เหลี่ยมจะมี $M=8$ และ $D/R = \sqrt{4N}$ จะได้ $SIR = 0.125(4N)^{\gamma/2}$ ค่า SIR ของเซลล์ทั้งลักษณะหาได้จาก

$$SIR = a_1 (a_2 N)^{\gamma/2} \quad (2.28)$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.9 เซลล์กิตเตอร์สำหรับรูปสี่เหลี่ยมหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเซลล์รูปสี่เหลี่ยมเมื่อ $a_1 = 0.125$ และ $a_2 = 4$ สำหรับเซลล์รูปหกเหลี่ยมเมื่อ $a_1 = 0.167$ และ $a_2 = 3$ สมการสำหรับการประมาณแฟคเตอร์การใช้ช่องสัญญาณเข้าอย่างง่ายเพื่อให้มีสมรรถนะตามที่ต้องการ จะกำหนดให้ค่า SIR เป้าหมายคือ SIR_0 สำหรับ BER เป้าหมาย เมื่อแปลงกลับ (2.28) จะได้แฟคเตอร์การใช้ช่องสัญญาณเข้าต่ำสุดที่ SIR เป้าหมายคือ

$$N > \frac{1}{a_2} \left(\frac{SIR_0}{a_1} \right)^{2/\gamma} \quad (2.29)$$

ระยะห่างของการใช้ความถี่ช่องสัญญาณซ้ำ D จะคำนวณจาก K และรัศมี R สำหรับพาทลอสที่ $\gamma = 2$ จาก (2.29) จะได้ $N \geq SIR_0 / a_1 a_2$ ถ้าสัญญาณมีชาร์โคว์เฟดดิ้ง การวิเคราะห์จะยุ่งยากขึ้น แต่จะหาแฟคเตอร์การใช้ความถี่ช่องสัญญาณซ้ำต่ำสุดในเทอมของ SIR ที่กำหนดไปยังบางความน่าจะเป็นเอทเดจ

ความจุผู้ใช้งาน C_u เป็นการกำหนดจำนวนผู้ใช้งานต่อเซลล์ทั้งหมดที่ SIR เป้าหมาย สำหรับผู้ใช้งานทั้งหมด จะเห็นได้ว่าการกำหนดให้ระบบตั้งฉาก แฟคเตอร์ใช้ความถี่ซ้ำ K จะสอดคล้อง (2.29) เมื่อ $C_u = N_c$ เมื่อ N_c คือช่องสัญญาณที่กำหนดโดยสมมุติให้แฟคเตอร์ใช้ความถี่ซ้ำ N จำนวนของช่องสัญญาณตั้งฉากทั้งหมดที่แบนด์วิดท์ B_s ที่เกิดจากแบนด์วิดท์ B คือ $N_T = B/B_s$ เมื่อระบบตั้งฉาก แฟคเตอร์ใช้ความถี่ซ้ำที่เหมาะสม $K = N_T/N_c$ จะได้ว่า

$$C_u = \frac{N_T}{K} = \frac{B}{NB_s} = \frac{G}{K} \quad (2.30)$$

เมื่อ $G = B/B_s$ คืออัตราส่วนแบนด์วิดท์ของระบบไปยังแบนด์วิดท์ที่ต้องการสำหรับผู้ใช้งานหนึ่ง K ค่าจำนวนเต็มสูงสุดตาม (2.29)

2.9.2 ระบบ ที่ไม่ตั้งฉาก (CDMA)

ระบบที่ไม่ตั้งฉากเป็นการใช้ช่องสัญญาณซ้ำแบบรหัสในทุกๆเซลล์ แฟคเตอร์การใช้ช่องสัญญาณซ้ำ $K=1$ ระบบมีทั้งการแทรกสอดอินเทอร์เซลล์และอินทรานเซลล์ ความจุผู้ใช้งานมีจำนวนสูงสุดต่อเซลล์ที่ SIR เป้าหมาย เมื่อละเลยการแทรกสอดจากเซลล์ภายนอก สมมุติให้ทุกสัญญาณมีแบบจำลองพาทลอสอย่างง่าย ซึ่งเหมือนกับพาทลอสยกกำลัง การสมมุตินี้เป็นจริงสำหรับการแทรกสอดจากเซลล์ข้างเคียงที่ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม

เมื่อ $N_c = N_T = C_u$ แทนจำนวนของช่องสัญญาณต่อเซลล์ ความจุผู้ใช้ในระบบ CDMA จะถูกจำกัดโดยการเชื่อมโยงขาขึ้น ตามปัญหาใกล้ไกลและการไม่เชิงโคโรไนซ์ของรหัส เมื่อพิจารณาการเชื่อมโยงขาขึ้นภายใต้แบบจำลองพาทลอสอย่างง่ายกำลังสัญญาณที่รับได้ $P_r = P_t d^{-\gamma}$ เมื่อ d คือ

เอกสารระยะทางระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับสถานีฐาน สัญญาณแทรกสอดภายในเซลล์ที่ไม่เชิงโคโรไนซ์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$K-1$ และสัญญาณแทรกสอดภายนอกเซลล์ที่ไม่ซิงโครไนซ์ MN_c ที่ส่งจากเซลล์ข้างเคียง M เมื่อ $d_i (i=1, \dots, N_c-1)$ แทนระยะการแทรกสอดภายในจากการเชื่อมโยงขาขึ้นโทรศัพท์ลำดับที่ i ไปยังเครื่องรับ เมื่อ P_i แทนกำลังส่งของเครื่องโทรศัพท์ เมื่อ $d_j (j=1, \dots, MN_c)$ แทนระยะการแทรกสอดภายนอกจากการเชื่อมโยงขาขึ้นโทรศัพท์ลำดับที่ j ไปยังเครื่องรับ การแทรกสอดจะลดลงโดยรหัสการสเปรดที่สหสัมพันธ์ข้าม $\xi/3G$ เมื่อ G คืออัตราขยายโพเซสซิงของระบบและ ξ คือพารามิเตอร์ของรหัสการสเปรด $1 \leq \xi \leq 3$ กำลังการแทรกสอดทั้งหมดหาได้จาก

$$I = \frac{\xi}{3G} \left(\sum_{i=1}^{N_c-1} P_i d_i^{-\gamma} + \sum_{j=1}^{MN_c} P_j d_j^{-\gamma} \right) \quad (2.31)$$

จะได้อัตราส่วน

$$SIR = \frac{P_i d_i^{-\gamma}}{\frac{\xi}{3G} \left(\sum_{i=1}^{N_c-1} P_i d_i^{-\gamma} + \sum_{j=1}^{MN_c} P_j d_j^{-\gamma} \right)} \quad (2.32)$$

เพราะว่าทุกะยะใน (2.32) จะต่างกัน สมมติว่าการควบคุมกำลังในเซลล์สมบูรณ์ ดังนั้นกำลังที่รับได้ของสัญญาณที่ต้องการและแทรกสอดในเซลล์จะเหมือนกัน $P_r = P_i d_i^{-\gamma} = P_j d_j^{-\gamma}$ สำหรับทุก i นอกจากนี้

$$\lambda = \frac{\sum_{j=1}^{MN_c} P_j d_j^{-\gamma}}{(N_c-1)P_r} \quad (2.33)$$

แทนอัตราส่วนค่าเฉลี่ยกำลังที่รับได้จากการแทรกสอดทั้งภายในและภายนอกที่ใช้ อัลกอริทึมการควบคุมกำลังสมบูรณ์ ใช้การประมาณจะได้สมการ SIR ซึ่งใช้สำหรับ SIR จากการเชื่อมโยงขาขึ้นใน CDMA ที่ควบคุมกำลัง

$$SIR = \frac{I}{\frac{\xi}{3G} (N_c-1)(1+\lambda)} \quad (2.34)$$

ภายใต้การประมาณนี้ สำหรับ SIR ที่กำหนดไว้เป็น SIR_0 จะอธิบายความจุผู้ใช้งาน $C_u = N_c$ โดยกำหนดให้ (2.34) เท่ากับ SIR ที่กำหนดไว้เพื่อหาคำตอบ C_u จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_u = 1 + \frac{I}{\frac{\xi}{3G}(1+\lambda)SIR_0} \quad (2.35)$$

สำหรับสัญญาณเสียงคุณสมบัติทางสถิติจะไม่สามารถทำงานต่อเนื่อง เศษของเวลาที่ผู้ใช้งานเสียงใช้งานช่องสัญญาณจนเต็มเรียกว่า *voice activity factor* แทนด้วย α เมื่อ $0 < \alpha \leq 1$ ถ้าเครื่องส่งปิดเสียงระหว่างที่ไม่ใช้งานเมื่อมีการแทรกสอดใน CDMA ซึ่งตัวหารของ (2.35) จะถูกคูณโดย α เพื่อเพิ่ม SIR ความจุผู้ใช้งาน



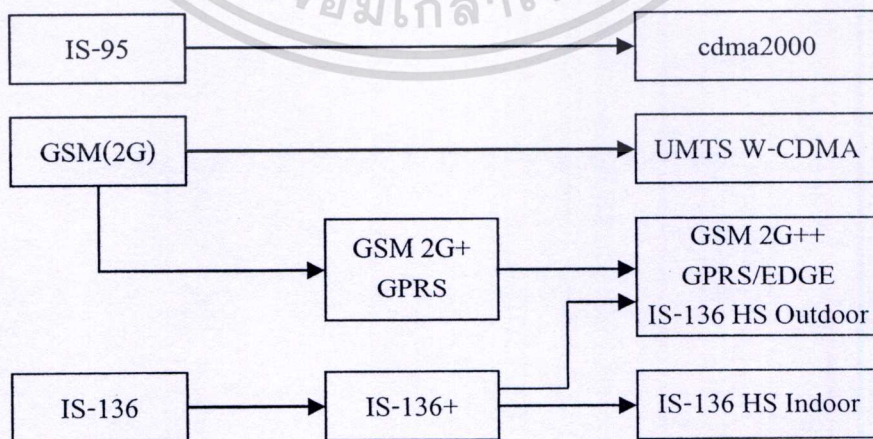
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

โทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ IMT-2000

3.1 กล่าวนำ

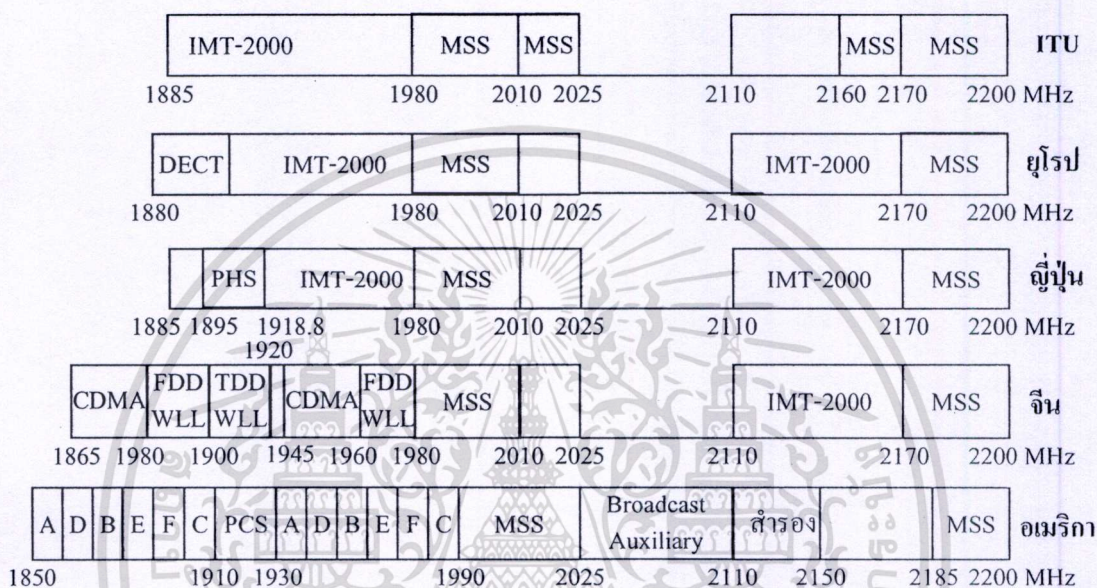
ระบบ 3G ได้มีการพัฒนาจากระบบ 2G ซึ่งใช้ทรัพยากรใกล้เคียงกัน วิวัฒนาการจากระบบ 2G ไปสู่ 3G แสดงดังรูปที่ 3.1 cdma2000 พัฒนามาจาก cdmaOne ที่ใช้ DSSS หนึ่งคลื่นพาห์หรือมากกว่า และทำงานในโหมด FDD สำหรับระบบหลายคลื่นพาห์ มอดูเลตด้วย N คลื่นพาห์ $N=1,2$ หรือ 3 แต่ละคลื่นพาห์ใช้แบนด์วิดท์ 1.25 MHz เมื่อ N เท่ากับ 3 รวมแถบป้องกัน จะมีแบนด์วิดท์ทั้งหมด 5 MHz ให้บริการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูงถึง 2 Mbps ส่วนคลื่นพาห์เดียวที่แบนด์วิดท์ 5 MHz จะมีอัตราชิปส์ 3.6864 Mchip/s (3×1.2288 Mchip/s) มาตรฐานถูกออกแบบให้ใช้งานร่วมกับ GSM การบริการคล้ายกับโหมดข้อมูลแพคเกจของ UMTS สอดคล้องกับ GPRS โดย W-CDMA จะมีการอินเตอร์เฟสคลื่นวิทยุตาม UTRA (UMTS terrestrial radio access) ใช้ DSSS บนแบนด์วิดท์ 5 MHz ทำงานทั้งโหมด FDD และ TDD เวอร์ชัน TDMA ของระบบ 3G ที่ใช้ในอเมริกาเรียกว่า UWC-136 มีวิวัฒนาการแบ่งออกเป็น 3 เฟส คือ IS-1361, IS-136 HS ภายนอกอาคาร/เคลื่อนที่ และ IS-136 HS ภายในอาคารเฟสแรกรองรับบริการเสียงและข้อมูล 64 kbps แบนด์วิดท์ต่อช่องสัญญาณเหมือนกับ IS-136 (30 kHz) เฟสที่ 2 รองรับบริการ 384 kbps สำหรับการใช้งานภายนอกอาคาร/เคลื่อนที่ ใช้การมอดูเลตหลายระดับและมีแบนด์วิดท์ 200 kHz ต่อช่องสัญญาณ ส่วน ETSI ได้กำหนดมาตรฐานที่เรียกว่า EDGE ที่สนับสนุนบริการ IP ในอัตรา 384 kbps ใน GSM เฟสที่ 3 IS-136 HS ภายในอาคารจะรองรับอัตราข้อมูล 2 Mbps โดยใช้แบนด์วิดท์ 1.6 MHz การจัดสรรแบนด์วิดท์สำหรับ UWC-136 จะเหมือนกับ cdma2000



รูปที่ 3.1 วิวัฒนาการไปสู่ระบบ 3G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐาน ITU-R ได้พัฒนา IMT-2000 ให้ขยายขนาดการบริการและสภาพแวดล้อมที่กว้างขึ้นข้อกำหนดทางเทคนิค IMT-2000 [Rao, 1999] ที่พัฒนามาจาก 2G ระบบ 3G จะให้บริการเสียง ข้อมูลความเร็วสูง สื่อประสมและวิดีโอ ผ่านอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ ITU WAC-92 (World Administration Radio Conference in 1992) ได้กำหนด 230 MHz ในแถบความถี่ 2 GHz เพื่อใช้ในการสื่อสารผ่านดาวเทียมและภาคพื้นดิน IMT-2000 WAC-95 ได้มีการทบทวนการจัดสรรความถี่ สำหรับ MSS (mobile satellite service) ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การจัดสรรความถี่สากลสำหรับ 3G ของ ITU

3.2 ระบบ cdma2000 [13]

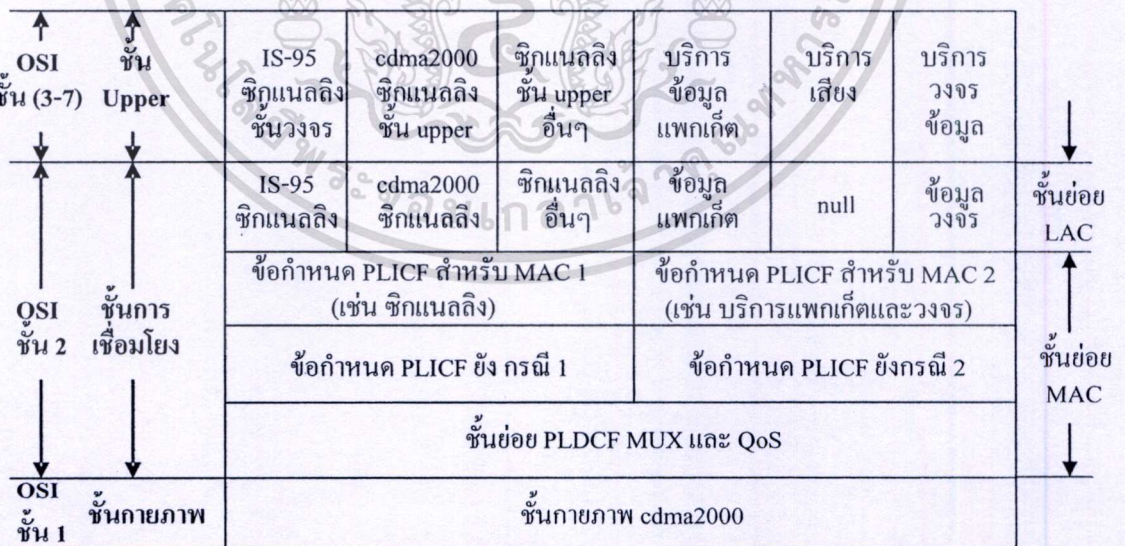
cdma2000 RTT (Radio Transmission Technology) เป็นการอินเทอร์เฟซ โดยใช้เทคโนโลยี CDMA สำหรับระบบ 3G ต่อมา RTT ได้กลายเป็นข้อกำหนด ITU IMT-2000 โดย TIA IS-95B จะรองรับข้อมูลที่อัตรา 9.6 kbps ถึง 2 Mbps cdma2000 ประกอบด้วยช่องสัญญาณขนาด 1, 3, 6, 9 และ 12×1.25 MHz และมีใช้เทคโนโลยีสายอากาศเพื่อรองรับข้อมูลที่อัตราเร็วสูง รองรับบริการต่างๆ รวมทั้งใช้งานร่วมกับระบบอื่น ที่มีใช้งานไม่เคลื่อนที่และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงถึง 300 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในการใช้งานร่วมกับโครงข่ายอื่น โครงสร้างของชั้นจะเป็นการรวมของ 2 ชั้นต่างตาม RTT ทั้งยังรองรับบริการ WIN (wireless intelligent network) ที่กำหนดโดย ITU หรือองค์กรมาตรฐานระหว่างประเทศอื่นๆ จะมีมาตรฐานใกล้เคียงกับมาตรฐาน IS-95B ประกอบด้วย

- TIA IS-95B: ข้อกำหนดการอินเทอร์เฟซวิทยุและสถานีเคลื่อนที่
- IS-707: การบริการข้อมูล (แพคเกจ, อะซิง โครนัสและแพคเกจ)
- IS-127: EVRC (Enhance Variable-Rate Codec) ที่เข้ารหัสเสียง 8.5 kbps
- IS-733: การเข้ารหัสเสียง 13 kbps

- IS-637: SMS (Short Message Service)
- IS-638: การจัดการการอินเทอร์เน็ตเฟสคลื่นวิทยุ
- IS-97 และ IS-98: (มาตรฐานสมรรถนะต่ำสุด)
- พื้นฐานโครงสร้างช่องสัญญาณ TIA IS-95B
- การขยายไปยัง TIA IS-95B หลักการ/โครงสร้างช่องสัญญาณ Supplemental ชั้นการมัลติเพล็กซ์ และซิกแนลลิงที่รองรับการใช้งานความเร็วสูง ช่องสัญญาณบรอดคราส (นำร่อง, เพจจิงและซิงค์)

3.2.1 โครงสร้างชั้นต่างๆ ของระบบ cdma2000

-ชั้น upper รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างชั้นของ cdma2000 ชั้น upper ประกอบด้วย 3 บริการคือ *บริการเสียง* ได้แก่ บริการโทรศัพท์ การแอคเซสผ่าน PSTN การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่และบริการอินเทอร์เน็ต *บริการข้อมูล* เป็นบริการถ่ายโอนข้อมูลสำหรับผู้ใช้เคลื่อนที่ ข้อมูลแพ็คเกจ (บริการ IP) บริการข้อมูลสวิตซ์วงจร (บริการ B-ISDN) และ SMS บริการข้อมูลแพ็คเกจที่ต้องมีการกำหนดการเชื่อมต่อ (connection-oriented) และการเชื่อมต่อตายตัว (connection-less) ข้อมูลแพ็คเกจประกอบโพรโทคอล IP (TCP และ UDP) และ ISO/OSI CLIP (Connection Interworking Protocol) บริการข้อมูลสวิตซ์วงจร บริการที่ต้องมีการกำหนดการเชื่อมต่อ เช่น อะซิงโครนัส โคอัลตอปแอคเซส แพคเกจ V.120 ISDN อะแดปทิฟเรท และบริการ B-ISDN ซิกแนลลิง ใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่



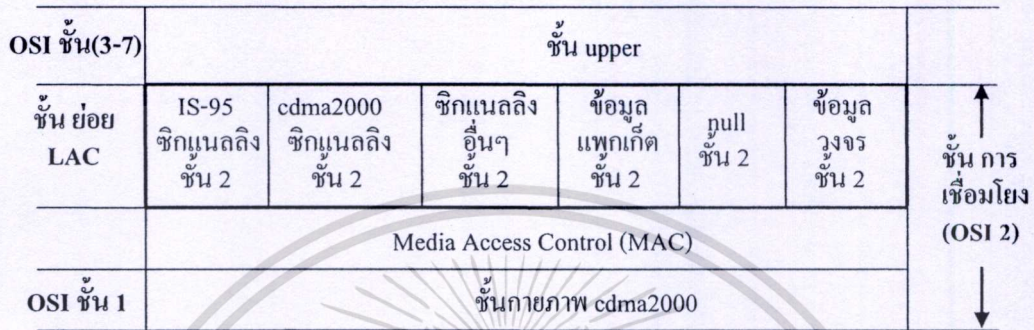
PLICF: Physical-layer-Independent Convergence Function

PLDCF: Physical-layer-Dependent Convergence Function

รูปที่ 3.3 โครงสร้างชั้นต่างๆ ของ cdma2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ชั้นการเชื่อมโยง จะมีข้อกำหนดการเปลี่ยนแปลงระดับของความเชื่อถือและคุณสมบัติ QoS ตามข้อกำหนดการบริการในชั้น upper จะมีโพรโทคอลและกรรมวิธีในการควบคุมสำหรับบริการข้อมูล transport และฟังก์ชันที่จำเป็นในการแมปข้อมูล transport ของชั้นบน upper ตามข้อกำหนดความจุและคุณสมบัติของชั้นกายภาพ ชั้นการเชื่อมโยงจะแบ่งเป็นชั้นย่อยคือ ชั้นย่อย LAC (Link Access Control) ดังรูปที่ 3.4 และชั้นย่อย MAC (Media Access Control) ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 ชั้นการเชื่อมโยง cdma2000



รูปที่ 3.5 ชั้นย่อย cdma2000 MAC

ชั้นย่อย LAC จะจัดการช่องสัญญาณสื่อสารแบบจุดต่อจุด ระหว่างชั้น upper และรองรับบริการตามโพรโทคอลชั้นการเชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้งานปลายทาง ในระบบ cdma2000 ชั้นย่อย MAC จะสนับสนุนการประยุกต์ใช้งาน หนึ่งในแต่ละแพคเกจหรือข้อมูล การควบคุม QoS ชั้นย่อย MAC สัมพันธ์กับมัลติมีเดีย ชั้นย่อย MAC จะประกอบด้วยฟังก์ชัน

▪ สถานะควบคุม MAC เป็นขั้นตอนการควบคุมการแอคเซสบริการข้อมูล ไปยังชั้นกายภาพ (การควบคุมระหว่างบริการมัลติเพล็กซ์จากผู้ใช้งานเดี่ยว คล้ายกับการแข่งขันระหว่างผู้ใช้งาน)

▪ Best-effort delivery เป็นการส่งที่เหมาะสมบนการเชื่อมโยงทางคลื่นวิทยุกับ RLP(radio link Protocol) เพื่อสร้างระดับ best-effort ที่เชื่อถือได้

▪ การมัลติเพล็กซ์และการควบคุม QoS การใช้ระดับ QoS จากการแย่งการร้องขอบริการสำหรับบริการที่มีการแข่งขันและร้องขอการแอคเซสตามลำดับชั้น

ชั้นย่อย MAC จะมี QoS ที่ต่างกัน ไปยังชั้นย่อย LAC จะบังคับในทางตรงข้าม จะตรงกับโพรโทคอลชั้นการเชื่อมโยงอื่น ชั้นย่อย MAC จะแบ่งเป็น

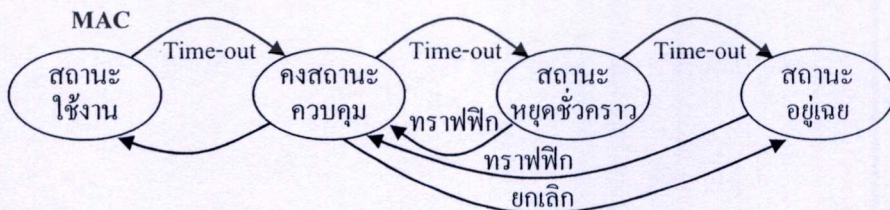
- PLICF (Physical-Layer-Independent Convergence Function)
- PLDCF (Physical-Layer-Dependent Convergence Function) มีคุณลักษณะแบ่งย่อยเป็น
 - ลักษณะเฉพาะคร่าวๆ (Instance-specific) PLDCF
 - PLDCF MUX และชั้นย่อย QoS

PLICF มีข้อกำหนดบริการไปยังชั้นย่อย LAC ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงาน MAC ทั้งหมดและฟังก์ชันจะไม่เฉพาะในชั้นกายภาพ แต่ละคร่าวๆ ของ PLICF จะสร้างสถานะการบริการ บริการผู้ใช้งาน PLICF กำหนดจาก PLDCF เพื่อสร้างการสื่อสารเพื่อสนับสนุนบริการชั้นย่อย MAC บริการที่ใช้ PLICF จะกำหนดเป็นเซตของช่องสัญญาณโวลิตีคอลที่ขนส่งชนิดการควบคุมที่ต่างกันหรือข้อมูลข่าวสาร

TIA/EIA-95B



IS-95 3G



- | | | | |
|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| -ทราฟฟิก | -การควบคุมกำลัง& | -ไม่มีช่องสัญญาณ | -ไม่มีช่องสัญญาณ |
| การควบคุมกำลัง | การกำหนด | dedicate | dedicate |
| &การกำหนด | ช่องสัญญาณควบคุม | -คงสถานะ RLP&PPP | -ไม่มี BS, MSC |
| ช่องสัญญาณควบคุม | -การกำหนดช่องสัญญาณ | -กำหนดให้เสมือนใช้งาน | -คงสถานะ PPP |
| | ทราฟฟิกใหม่ที่เร็วมาก | -โหมคย่อยสลด | -ข้อมูลเบริสส์ |

รูปที่ 3.6 สถานะการทำงาน MAC ข้อมูลแพ็คเกจใน cdma2000 และ TIA IS-95B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริการข้อมูล PLICF แสดงดังรูปที่ 3.6 และ 3.7 ประกอบด้วย

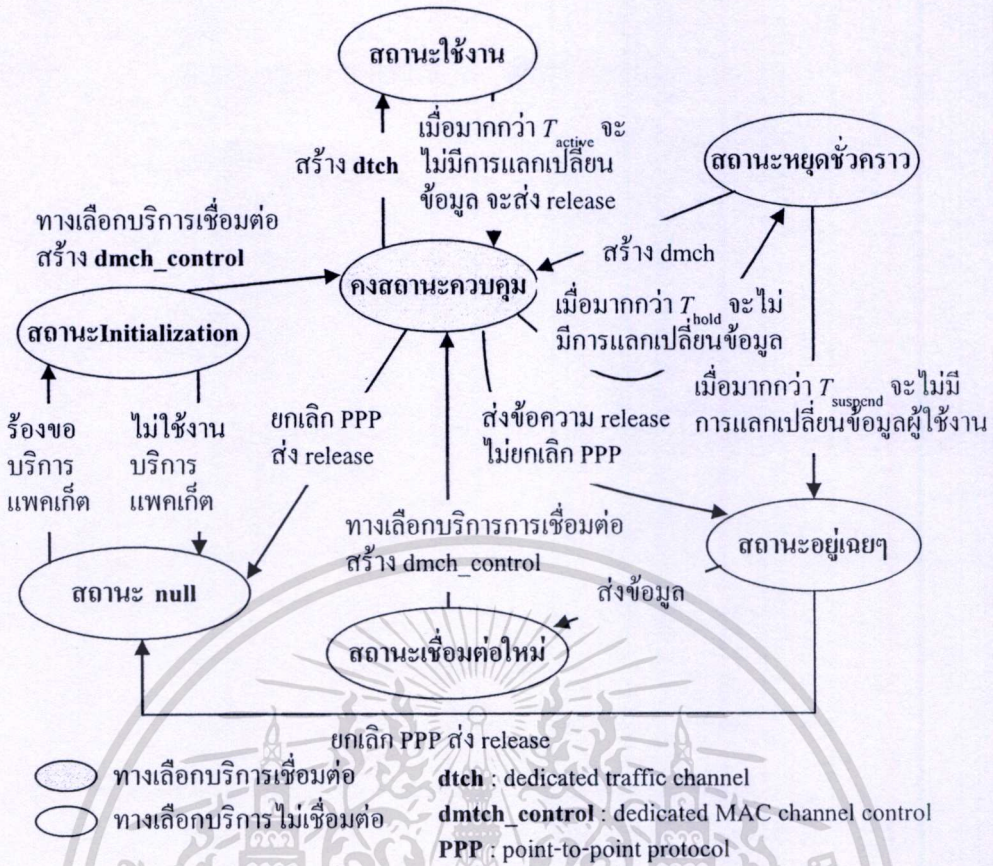
สถานะ null จะพิจารณาจากสถานะเพิกเฉยก่อนบริการแพ็คเกจข้อมูล หลังจากร้องขอ บริการแพ็คเกจ การเปลี่ยน เป็นสถานะ initialization จะเกิดระหว่างความพยายามสร้างการเชื่อมต่อ บริการข้อมูล ทราฟฟิก การควบคุมกำลัง ช่องสัญญาณควบคุมจะกำหนดในสถานะใช้งาน (active) คงสถานะควบคุม (control hold) ช่องสัญญาณควบคุม dedicate control จะใช้ระหว่างผู้ใช้งานและ สถานีฐานบนคำสั่ง MAC control จะส่งเหมือนไม่มีการซ่อนภายใน การควบคุมกำลังสร้างการ ทำงานเบริสดีที่ความเร็วสูง ที่ไม่มีดีเลย์จากเสถียรภาพของการควบคุมกำลัง

การคงสถานะหยุดชั่วคราว (suspended) จะไม่มีช่องสัญญาณ dedicate จะรักษาสถานะ ข่าวสารสำหรับ RTP สถานีฐานและผู้ใช้งานจะมีการใช้งานกำหนดให้คู่หนึ่งที่ใช้สถานีฐานดีที่สุด ในเหตุการณ์ที่ทราฟฟิกข้อมูลแพ็คเกจเกิดกับคู่ใช้งาน สถานะนี้จะรองรับสล็อตสถานะย่อยจะ พบว่าผู้ใช้งานอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ซึ่งมีประสิทธิภาพกำลังสูง

โหมคข้อมูลเบริสดีสั้นจะเพิ่มไปยังสถานะอยู่เฉย (dormant) สนับสนุนการส่งข่าวสารสั้น โดยไม่มีส่วนหัวของสถานะจากอยู่เฉยไปยังสถานะ active การเปลี่ยนระหว่างสถานะ MAC จะ แสดงโดยซิกแนลถึงควบคุม MAC หรือจากการบังคับของตัวตั้งเวลา การเลือกค่าของตัวตั้งเวลา cdma2000 MAC จะปรับให้เหมาะกับบริการข้อมูลและสภาพแวดล้อมใช้งาน ประเภทของ สถานะการเชื่อมต่อหรือไม่เชื่อมต่อ ขึ้นอยู่กับสถานะของทางเลือกบริการข้อมูลคือการเชื่อมต่อใน การคงสถานะควบคุม สถานะใช้งานและคงสถานะหยุดชั่วคราว ทางเลือกบริการข้อมูลจะไม่ เชื่อมต่อในสถานะ null, initialization, dormant หรือ reconnect รูปที่ 3.7 แสดงไดอะแกรมสถานะ สำหรับทางเลือกบริการข้อมูล PLICF

PLDCF เป็นการแมปของช่องสัญญาณ โลจิคอลจาก PLICF ไปยังช่องสัญญาณ โลจิคอล เพื่อรองรับข้อกำหนดชั้นกายภาพ PLDCF จะทำการมัลติเพล็กซ์ ดิมัลติเพล็กซ์ การรวมของข่าวสาร ควบคุมซึ่งผู้ถือข้อมูลจากช่องสัญญาณควบคุมและทราฟฟิกจากมัลติเพล็กซ์ PLICF กรณีสถานี เคลื่อนที่เหมือนกัน การพัฒนา PLDCF จะมีความจุ QoS การรวมการหาคำตอบของลำดับก่อนหลัง ระหว่างการแข่งขันกรณี PLDCF และแมปการร้องขอ QoS จากกรณี PLICF เข้าไปในบริการชั้น กายภาพจะร้องขอการส่ง QoS ที่กำหนด ฟังก์ชันของชั้นย่อยประกอบด้วย

- แสดงการแมปของช่องสัญญาณ โลจิคอลจะง่ายจาก PLICF ภายในช่องสัญญาณ โลจิคอลที่สนับสนุนโดยชั้นกายภาพ
- แสดงฟังก์ชัน โทโทรคอล ARQ ที่รวมกันในชั้นกายภาพ
- แสดงบางข้อกำหนดของชั้นกายภาพฟังก์ชันระดับต่ำของ IS-95B RLP



รูปที่ 3.7 โค้ดสถานะบริการข้อมูล PLICF

4 ข้อกำหนด PLDCF ARQ สำหรับ cdma2000 เป็นดังนี้

1. RLP (Radio Link Protocol) จะมีข้อกำหนดบริการสตรีมประสิทธิภาพสูง เพื่อสร้างการส่งที่ดีที่สุดระหว่างชั้น PLICF โดย RLP จะสร้างทั้งโหมดการทำงาน transparent และ nontransparent โหมด nontransparent RLP จะใช้โพรโทคอล ARQ เพื่อส่งซ้ำเซกเมนต์ข้อมูลที่ไม่เกี่ยวกับการส่งโดยชั้นกายภาพ RLP จะมีดีเลย์ โหมด transparent RLP จะไม่มีการส่งซ้ำเซกเมนต์ข้อมูลที่เสียหาย RLP จะสร้างไบร์ทชิงโครโนซ์ระหว่างผู้ส่งและผู้รับ เครื่องรับที่มีการสูญหายของสตรีมข้อมูล transparent RLP จะไม่มีการดีเลย์ ใช้สำหรับบริการเสียงบน RLP

2. RBP (Radio Burst Protocol) จะมีข้อกำหนดกลไกสำหรับการส่งเซกเมนต์ข้อมูลสั้น ด้วยการขนส่งที่ดีที่สุดบนการแอดเซสชิ่งสัญญาณทรานส์มิชชัน (dtch) ความจริงจะใช้สำหรับขนส่งข้อมูลจำนวนน้อยโดยไม่มีส่วนหัวของการสร้าง dedicated traffic channel (dtch)

3. SRLP (Signaling Radio Link Protocol) จะมีข้อกำหนดบริการสตรีมที่ดีที่สุดสำหรับข่าวสารแอนะล็อกซิกแนลลิงไปยัง RLP แต่เป็นการอุปติไมซ์สำหรับ dedicated signaling channel (dsch)

4. SRBP (Signaling Radio Burst Protocol) จะมีข้อกำหนดกลไกการส่งข่าวสารซิกแนลลิงที่ดีที่สุดสำหรับข่าวสารแอนะล็อกซิกแนลลิงไปยัง RLP แต่เป็นการอุปติไมซ์สำหรับข่าวสารซิกแนลลิงและ common signaling channel (csch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLDCF ประกอบด้วยฟังก์ชัน RLAC (Radio Link Access Control) โดยรายการย่อ RLP และ RBP จาก PLICF และการส่งของข้อมูลร่วมกัน (ทราฟฟิกและซิกแนลลิง) ระหว่าง RLP และ RBP ไปยังสถานะการทำงานปัจจุบันของ MAC ชั้นย่อย PLDCF MUX และ QoS จะมัลติเพล็กซ์ร่วมกันและดีมัลติเพล็กซ์รหัสช่องสัญญาณจากมัลติเพล็กซ์ PLICF จะส่งเสริมและบังคับ QoS ต่างๆระหว่างกรณีและแมปสตรีมข้อมูลและข่าวสารควบคุมบนช่องสัญญาณ โลจิคอลมัลติเพล็กซ์กรณี PLICF ต่างๆ จนกระทั่งมีการร้องขอช่องสัญญาณ โลจิคอล ทรัพยากรและข่าวสารควบคุมบนชั้นกายภาพ

3.2.2 ช่องสัญญาณ CDMA2000

จะแทนช่องสัญญาณ โลจิคอลด้วยคำย่อ 3 หรือ 4 คำ ช่องสัญญาณคือ ch ตัวอักษรลำดับที่ 4 เป็นช่องสัญญาณร่วมในการสถานะอยู่เฉยๆ หรือสถานะหยุดชั่วคราว ตารางที่ 3.1 แสดงรายการการแปลงสำหรับช่องสัญญาณ โลจิคอล

ตารางที่ 3.1 การแปลงชื่อช่องสัญญาณ โลจิคอล

อักษรตัวแรก	อักษรตัวที่สอง	อักษรตัวที่สาม
f = ฟอว์เวิร์ด (BS ไปยัง MS)	d = dedicate	t = traffic
r = รีเวิร์ด (MS ไปยัง BS)	c = common	m = MAC
		s = signaling

ตารางที่ 3.2 การการแปลงชื่อช่องสัญญาณฟิสิกอล

ชื่อช่องสัญญาณ	ช่องสัญญาณฟิสิกอล
F/R-FCH	Forward/Reverse Fundamental Channel
F/R-SCH	Forward/Reverse Supplementary Channel
F/R-DCCH	Forward/Reverse Dedicated Control Channel
F-PCH	Forward Paging Channel
R-ACH	Reverse Access Channel
F/R-CCCH	Forward/Reverse Common Control Channel
F-DAPICH	Forward Dedicated Auxiliary Pilot Channel
F-CAPICH	Forward Common Auxiliary Pilot Channel
F/R-PICH	Forward/Reverse Pilot Channel
F-SYNC	Forward Sync Channel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องสัญญาณกายภาพดังตารางที่ 3.2 แทนด้วยคำย่อตัวพิมพ์ใหญ่ อักษรตัวแรกในชื่อช่องสัญญาณ แสดงทิศทางของช่องสัญญาณ คาดว่าจะมีช่องสัญญาณแอกเซสและเพจิจ

3.2.3 ช่องสัญญาณโลจิคอลที่ใช้ PLICF

ช่องสัญญาณ *Dedicated traffic* (f/r-dtch) dtch คือช่องสัญญาณ โลจิคอลฟอร์เวิร์ดและรีเวิร์ด ที่ใช้ในการขนส่งกราฟิกข้อมูล เป็นช่องสัญญาณแบบจุดต่อจุดและจัดสรรผ่านสถานะบริการข้อมูล การขนส่งข้อมูลไปยัง PLICF เดียว

ช่องสัญญาณ *Common traffic* (f/r-ctch) ctch คือช่องสัญญาณ โลจิคอลฟอร์เวิร์ดและรีเวิร์ดที่ขนส่งข้อมูลเบริสต์ซึ่งสัมพันธ์กับบริการข้อมูลในสถานะย่อยอยู่เฉยๆ/เบริสต์ของสถานะอยู่เฉยๆ

ช่องสัญญาณ *Dedicated MAC* (f/r-dmch_control) dmch_control คือช่องสัญญาณ โลจิคอลฟอร์เวิร์ดและรีเวิร์ดที่ใช้ขนส่งข่าวสาร MAC ช่องสัญญาณ

ช่องสัญญาณ *Reverse Common MAC* (r-cmch_control) r-cmch_control คือช่องสัญญาณ โลจิคอลที่ผู้ใช้งานเคลื่อนที่ให้บริการข้อมูลใน สถานะย่อย dormant/idle ของสถานะ dormant หรือสถานะ suspended ช่องสัญญาณ โลจิคอลจะใช้ขนส่งข่าวสาร MAC กลุ่มของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่จะใช้ร่วมกันในการแอกเซสช่องสัญญาณคือเกนบนการยืนยัน

ช่องสัญญาณ *Forward Common MAC* (f-cmch_control) คือช่องสัญญาณ โลจิคอลฟอร์เวิร์ดของสถานีฐานเพื่อให้บริการข้อมูลในสถานะย่อย dormant/idle หรือ สถานะ suspended จะใช้ขนส่งข่าวสาร MAC เป็นช่องสัญญาณแบบจุดต่อจุด

ช่องสัญญาณ *Dedicated Signaling* (dsch) ใช้ขนส่งข้อมูลซิกแนลลิงในชั้น upper ไปยัง PLICF

ช่องสัญญาณ *Common Signaling* (csch) ใช้ขนส่งข้อมูลซิกแนลลิงเพื่อการแอกเซสของโทรศัพท์เคลื่อนที่ร่วมกันหรือ PLICF

3.2.4 ชั้นกายภาพ

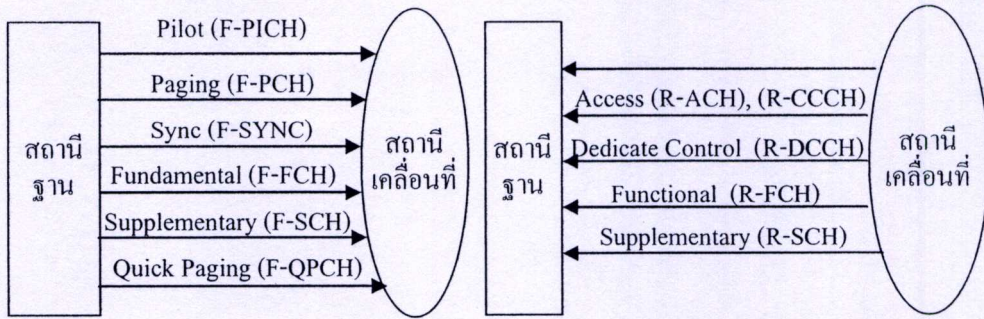
ชั้นกายภาพจะเป็นการเข้ารหัสและการมอดูเลตสำหรับเซ็คช่องสัญญาณ โลจิคอล โดยใช้ PLDCF MUX และชั้นย่อย QoS ช่องสัญญาณกายภาพดังรูปที่ 3.8 แบ่งออกเป็น

- F/R-DPHCH (Forward/Reverse Dedicated Physical Channels) กลุ่มช่องสัญญาณ กายภาพจะใช้ส่งข่าวสารเฉพาะ การเชื่อมโยงจุดต่อจุดระหว่างสถานีฐานและสถานีเคลื่อนที่เดี่ยวดังรูปที่ 3.9

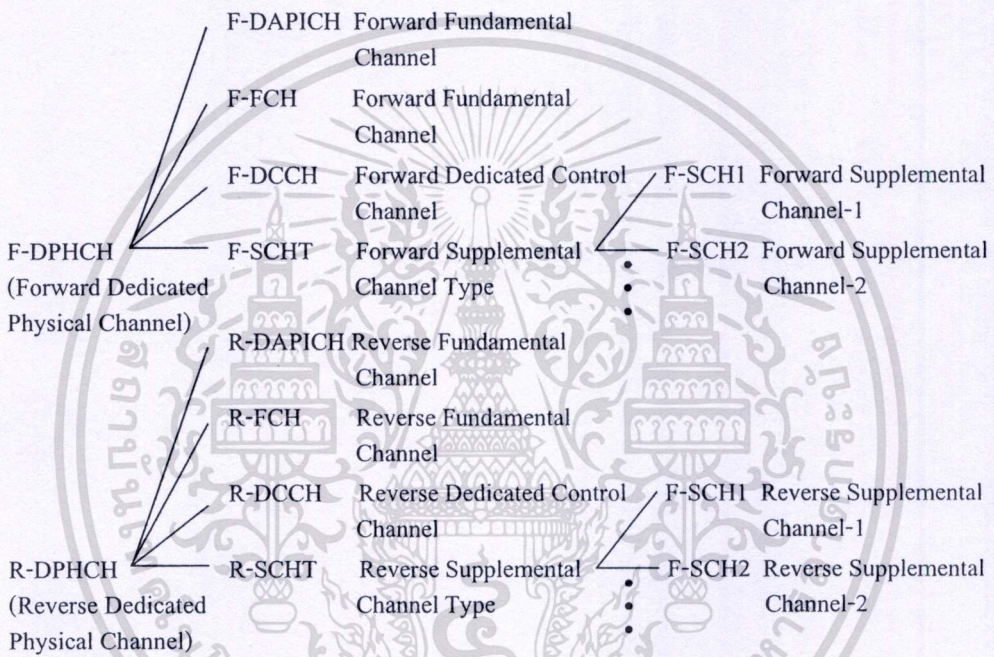
- F/R-CPHCH (Forward/Reverse Common Physical Channels) กลุ่มช่องสัญญาณ กายภาพทั้งหมดจะใช้ส่งข่าวสารจากสถานีฐานไปยังเซ็คของสถานีฐานในการเชื่อมโยงจุดต่อจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าระหว่างสถานีฐานและหลายๆ สถานีเคลื่อนที่ดังรูปที่ 3.10

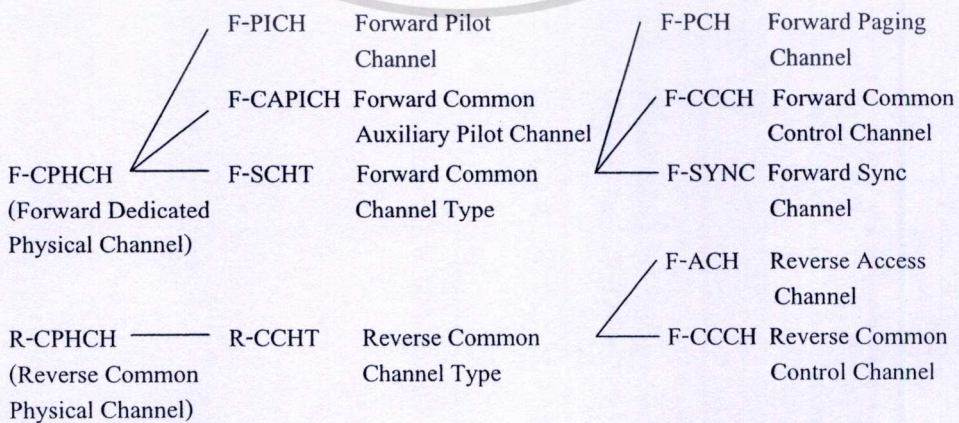
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ช่องสัญญาณกายภาพ cdma2000



รูปที่ 3.9 ช่องสัญญาณ Dedicated Physical

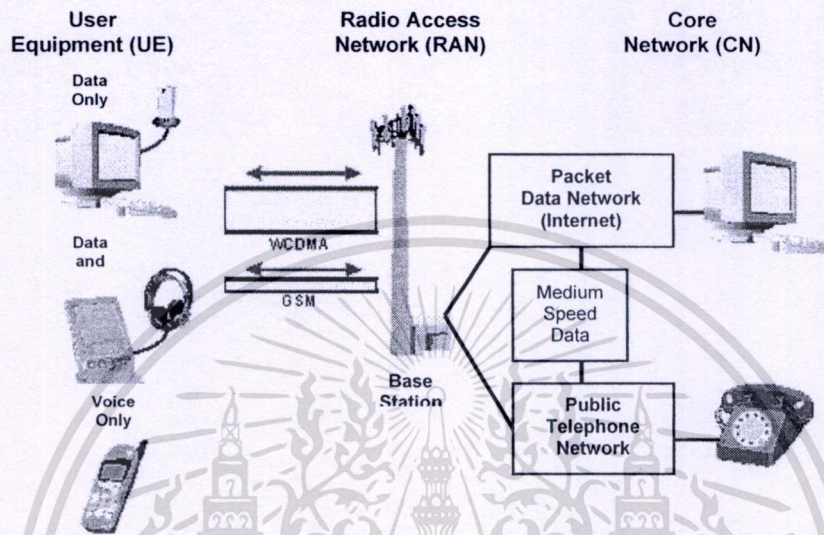


รูปที่ 3.10 ช่องสัญญาณ Common Physical

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ระบบ W-CDMA

ระบบ W-CDMA ที่มีการพัฒนาทั้งในยุโรปและญี่ปุ่น ตามมาตรฐาน UMTS /IMT-2000 บริการของระบบ W-CDMA สามารถรองรับประเภทของอุปกรณ์ได้หลากหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่ โทรศัพท์พื้นฐาน หรือการเชื่อมเข้าสู่ระบบโครงข่ายตามที่แสดงดังรูป 3.11 [14]



รูปที่ 3.11 การให้บริการของ W-CDMA

ระบบ W-CDMA [15] ถูกพัฒนาขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง การเริ่มต้นของระบบเซลล์ลาร์ ซี ดี เอ็ม เอ แบนด์กว้าง ที่แบนด์วิดท์ 5MHz ได้มีวางแผนการขยายความถี่ในช่วง 10 หรือ 20 MHz สำหรับการใช้งานในอนาคต

3.3.1 พารามิเตอร์พื้นฐานของระบบ W-CDMA

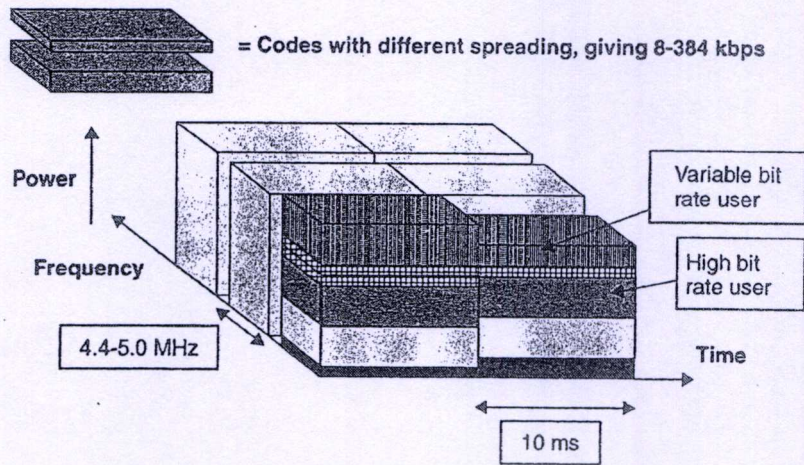
หัวข้อนี้จะนำเสนอเพื่อให้ทราบถึงพารามิเตอร์พื้นฐาน ที่เป็นองค์ประกอบหลักของระบบ W-CDMA มีรายละเอียดดังนี้

- ระบบ W-CDMA จะใช้การเข้ารหัสข้อมูลแบบ DS-SS (Direct-Sequence Code Division Multiple Access) โดยข่าวสารของผู้ใช้งานจะถูกแผ่ขยายให้กว้างด้วยการคูณกับลำดับรหัสชิปส์ ทั้งนี้เพื่อรองรับการรับส่งข้อมูลที่มีความเร็วสูง ที่มีการใช้หลายๆ รหัสในการเข้าถึงข้อมูลต่างๆ ดังรูปที่ 3.12

- อัตราชิปเท่ากับ 3.84 Mcps ที่แบนด์วิดท์ 5MHz โดยทั่วไปการใช้พาหุที่มีแบนด์วิดท์กว้าง เพื่อรองรับการใช้งานที่อัตราเร็วสูง และมีประสิทธิภาพ

- ระบบ W-CDMA รองรับารรับส่งข้อมูลที่หลายอัตราเร็ว สอดคล้องกับหลักการของความต้องการใช้แบนด์วิดท์ ข้อมูลของผู้ใช้งานจะถูกรักษาความเร็วอยู่ที่ 10 มิลลิวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 การแบ่งแบนด์วิดท์ในระบบ W-CDMA

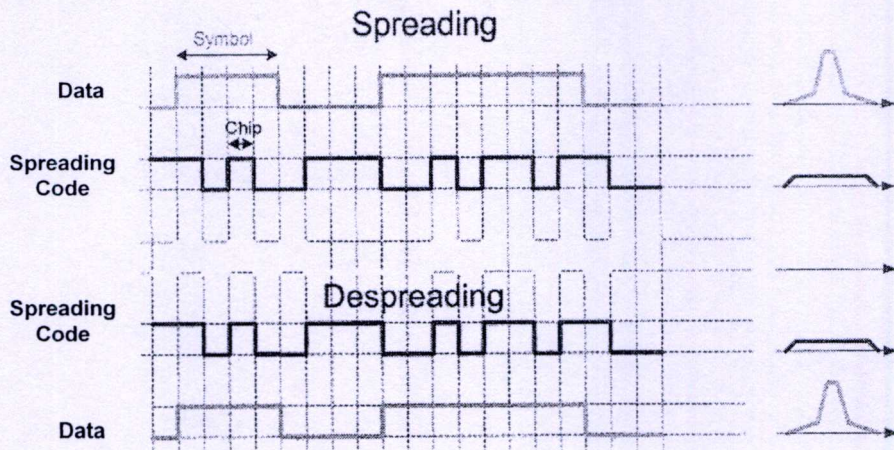
- ระบบ W-CDMA รองรับการทำงานทั้ง FDD (Frequency Division Duplex) และ TDD (Time Division Duplex)
- รองรับการทำงานของสถานีฐานแบบ Asynchronous
- ระบบซี ดี เอ็ม เอ แบนด์กว้างใช้การทำงานของ Coherent Detection ทั้งอพลิงค์ และ ดาวน์ลิงค์
- ระบบ W-CDMA มีเทคนิคสำหรับด้านรับที่พัฒนามากกว่าระบบ CDMA ซึ่งใช้ตามความเหมาะสมเพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณความจุ และขยายขอบเขตการให้บริการ
- ระบบ W-CDMA ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อเข้ามาแทนระบบ GSM โดยประเด็นที่นำมาสนับสนุนคือการเกิดการเปลี่ยนถ่ายเซลล์

3.3.2 สเปกตรัมและการดีสเปรด

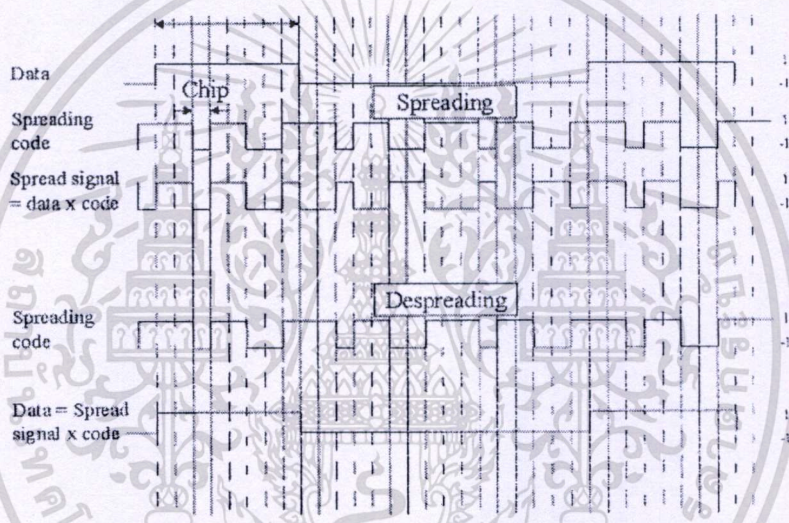
การสื่อสารระบบ W-CDMA สเปกตรัมของสัญญาณ จะถูกขยายออกให้แถบความถี่ที่กว้างกว่าแถบความถี่ข้อมูล ซึ่งส่งผลกับกระจายกำลังของสัญญาณ ไปบนแถบความถี่สเปกตรัมที่กว้างมาก ข้อมูลที่ผ่านการมอดูเลต จะถูกนำมาผ่านกระบวนการขยายแถบความถี่ (Spreading) ด้วยรหัสการสเปรด ด้านเครื่องรับก็จะใช้รหัสการสเปรดที่เหมือนกับด้านส่ง เพื่อสร้างข้อมูลเดิมกลับคืนมา สัญญาณแทรกสอดและสัญญาณรบกวนต่างๆ จะไม่มีความเป็นสัมพันธ์กับรหัสการสเปรด ดังนั้นจึงสามารถกำจัดสัญญาณรบกวนได้ รูปที่ 3.13 แสดงการสเปรดสเปกตรัมและการดีสเปรดสเปกตรัม สำหรับวิธีการสเปรดที่นิยมใช้มีอยู่ 2 วิธีคือ

1. ไคเรคซีควเอนซ์ (Direct Sequence) เป็นการสเปรดแบบเร็ว โดยใช้อัตราชีพที่หลายเมกกะชีพต่อวินาที ทำให้เกิดความแตกต่างทางเวลาหรือระยะทางที่ดีขึ้น ทำให้สามารถตรวจสอบการรับส่งสัญญาณระหว่างเครื่องรับและส่งทำได้ง่ายขึ้น

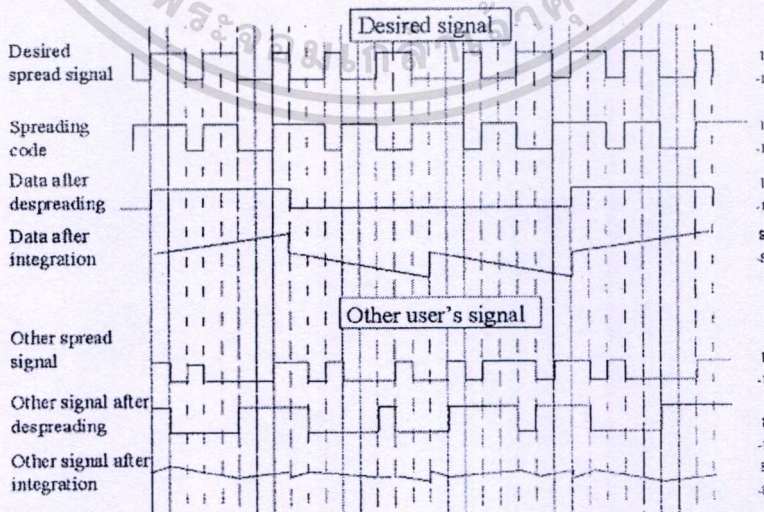
2. ฟรีควเอนซีฮอปปีง (Frequency Hopping) ใช้วงจรสังเคราะห์ความถี่ในการสลับความถี่กลางของสัญญาณ ให้เป็นความถี่ที่แตกต่างกันออกไปตามอัตราความเร็วที่กำหนด ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 การสเปรดสเปคตรัมและการดีสเปรด



รูปที่ 3.14 การสเปรดและดีสเปรดสัญญาณที่ต้องการ



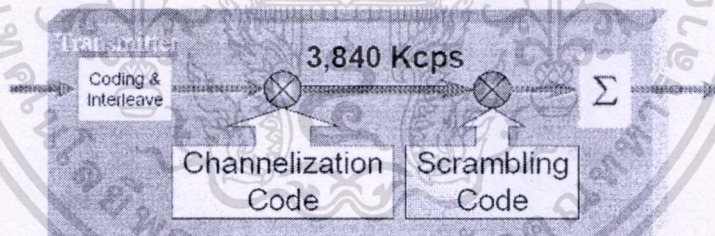
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 3.15 การสเปรดและดีสเปรดสัญญาณที่ไม่ต้องการไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามรูปที่ 3.14 และ 3.15 แสดงการสเปรด์และการดีสเปรด์สัญญาณที่ต้องการและไม่ต้องการตามลำดับ สมมติให้ข้อมูลมีการมอดูเลตแบบ BPSK ที่อัตรา R และขนาดเท่ากับ ± 1 จำนวน 8 บิต หรือที่เรียกว่า “ชิปส์” สัญญาณที่ได้หลังการสเปรด์ จะมีอัตราข้อมูลเท่ากับ $8 \times R$ หลังการดีสเปรด์ สัญญาณจะมีลักษณะเหมือนกับข้อมูลต้นฉบับ

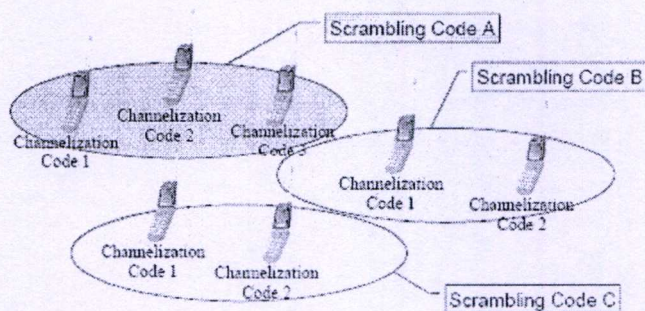
รหัสที่ใช้ในการสเปรด์สเปคตรัมของระบบ W-CDMA เรียกว่า “รหัสสัญญาณรบกวนเทียม” (Pseudo Noise) หรืออนุกรมสัญญาณรบกวนเทียม (Pseudorandom Sequence) ซึ่งเป็นรหัสสัญญาณเชิงคาบโดยธรรมชาติ แต่อยู่ในความถี่ที่แน่นอน มีลักษณะคล้ายกับสัญญาณรบกวนเกาส์เซียน (Gaussian Noise) รหัสการสเปรด์สัญญาณจะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- ฟังก์ชันอัตโนมัติสัมพันธ์ (Auto Correlation Function) ของรหัสต้องมีค่าสูงสุด เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนและใช้ในการสร้างการเข้าจังหวะทางเวลา
- ค่าสหสัมพันธ์ข้าม (Cross Correlation) ของรหัสต้องมีค่าเป็นยูนิฟอร์ม สำหรับการเข้าถึงแบบหลายทางในเทอมเวลา (Time Division Multiple Access)
- สามารถสร้างกลุ่มรหัสที่แตกต่างกันได้ ซึ่งใช้ในการหาจำนวนช่องสัญญาณที่สามารถให้บริการได้

เครื่องส่งสัญญาณของระบบ W-CDMA การสเปรด์สัญญาณ จะมีการเข้ารหัส 2 แบบ โดยรหัสครั้งแรกใช้ในการสเปรด์คือ Channelization Code และครั้งที่สองคือ Scrambling Code โดยการสเปรด์ทั้ง 2 ครั้งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.16 [16]

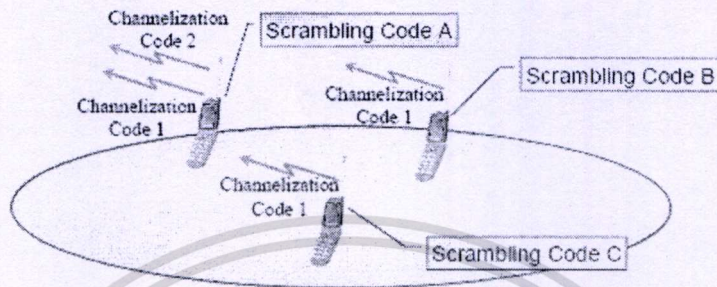


รูปที่ 3.16 การเข้ารหัสในระบบ W-CDMA



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 3.17 แสดงการใช้รหัสกรณีการเชื่อมโยงขาตั้งไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการเชื่อมโยงขาลงจะใช้ Scrambling Code ในการระบุเขต และ Channelization Code ระบุโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ แสดงตามรูปที่ 3.17 ส่วนการเชื่อมโยงขาขึ้นใช้ Scrambling Code การระบุโทรศัพท์เคลื่อนที่ และ Channelization Code ระบุช่องสัญญาณภายในโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งสามารถแสดงได้ตามรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แสดงการใช้รหัสกรณีการเชื่อมโยงขาขึ้น

3.3.3 คลื่นวิทยุหลายทางทิศทางและการรับแบบ RAKE

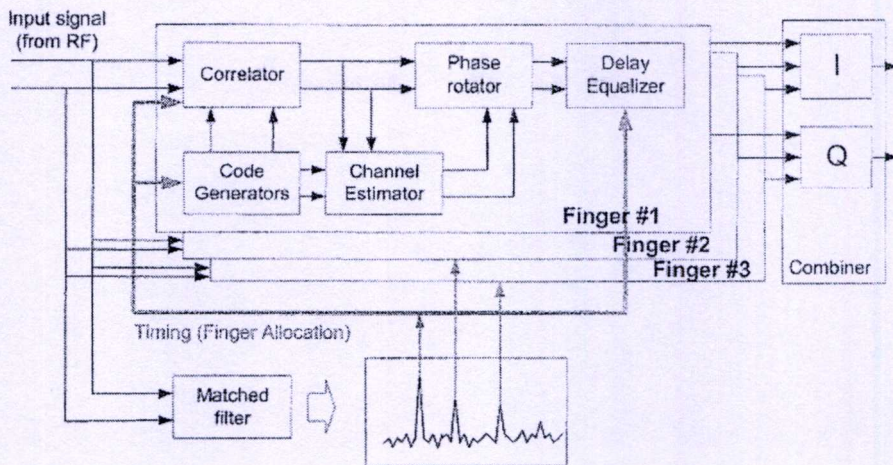
การแพร่กระจายของสัญญาณวิทยุระหว่างสถานีฐานและโทรศัพท์เคลื่อนที่ [17] จะเกิดการจางหายของสัญญาณ เพราะว่าเมื่อสัญญาณวิทยุตกกระทบกับสิ่งก่อสร้าง อาคาร หรือภูเขาแล้วจะเกิดการสะท้อนหลายทิศทางที่แตกต่างกัน ก่อน ไปยังเครื่องรับ ส่งผลให้เกิดปัญหาอยู่ 2 ประเด็นคือ เกิดความล่าช้า (Time Delay) และฟาสเฟดดิ้ง (Fast Fading)

การใช้รหัสสัญญาณรบกวนเทียม (Pseudonoise) ที่มีความเร็วสูงจะทำให้เกิดค่าสูงสุดของอัตราสหสัมพันธ์ ในการตอบสนองต่อการหน่วงเวลาที่แตกต่างกัน ผลกระทบจากสัญญาณแบบมัลติพาทจะทำให้เกิดการตอบสนองหลายเส้นทาง เนื่องจากในระบบโคเร็คซีแควนซ์สามารถแยกสัญญาณแต่ละเส้นทางออกเป็นช่วงเวลาได้ โดยการแก้การสเป็คสัญญาณแต่ละเส้นทางและสังเคราะห์ความถี่สัญญาณในแต่ละเส้นทางได้ ซึ่งเทคนิคเหล่านี้เรียกว่าเป็น “Path Diversity”

รูปที่ 3.19 แสดงการทำงานของเครื่องรับแบบ RAKE ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการรับสัญญาณแบบหลายเส้นทางที่มีลักษณะสุ่ม ซึ่งเครื่องรับแบบ RAKE มีลักษณะการรับเป็นแบบดัชนีในการรับสัญญาณหลายๆ เส้นทาง

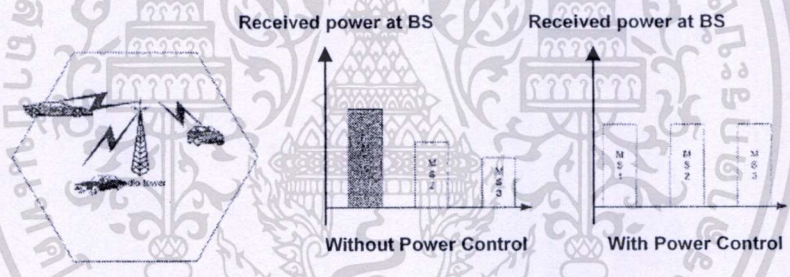
3.3.4 การควบคุมกำลัง

การสื่อสารในระบบ W-CDMA การควบคุมกำลังเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ โดยเฉพาะในการเชื่อมโยงขาขึ้น จะมีผู้ใช้งานทั้งอยู่ใกล้และไกลกับสถานีฐานและอยู่บริเวณรอยต่อระหว่างเซลล์ ถ้าโทรศัพท์เคลื่อนที่ส่งสัญญาณด้วยกำลังส่งที่เท่ากัน จะทำให้กำลังสัญญาณที่รับได้ ณ สถานีฐานมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เอาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ระดับสัญญาณที่แตกต่างกันมาก ซึ่งความสามารถของ W-CDMA ในการกำจัดสัญญาณ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 โค้ดแอมของเครื่องรับแบบ Rake Receiver

ที่ไม่ต้องการออก ขึ้นอยู่กับอัตราขยายของการประมวลผล (Processing Gain) ของระบบ ปัญหาที่เป็นที่รู้จักกัน โดยเรียกว่า “ปัญหาระยะใกล้ไกล” วิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา เพื่อให้ระบบมีปริมาณความจูงสูงสุดคือทำให้กำลังรับที่สถานีฐานมีค่าเท่ากันในทุกโทรศัพท์เคลื่อนที่

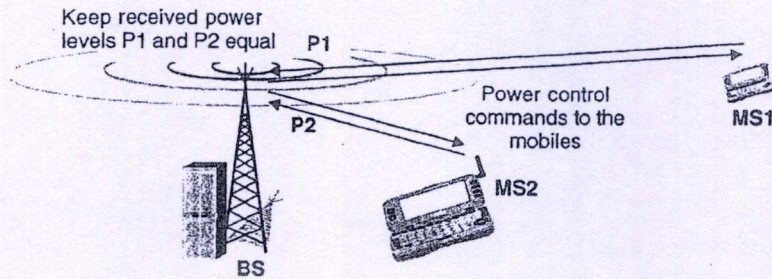


รูปที่ 3.20 เปรียบเทียบกำลังรับ ณ สถานีฐาน กรณีมีการควบคุมกำลังส่งกับ ไม่มีควบคุมกำลังส่ง

การควบคุมกำลังส่ง เป็นการปรับระดับกำลังส่งของ โทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อให้สถานีฐานได้รับกำลังจาก โทรศัพท์เคลื่อนที่ในระดับที่เท่ากันดังรูปที่ 3.20 วิธีที่ง่ายที่สุดในการควบคุมกำลังส่งคือการที่ โทรศัพท์เคลื่อนที่ตรวจสอบระดับสัญญาณที่รับได้จากสถานีฐาน แล้วปรับระดับกำลังส่งให้มีค่าเป็นสัดส่วนกลับของความเข้มสัญญาณที่รับได้ โทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งมีตำแหน่งอยู่ใกล้กับสถานีฐานจะมีกำลังส่งน้อยกว่า โทรศัพท์เคลื่อนที่เคลื่อนอื่นที่มีตำแหน่งอยู่ไกลออกไป เพื่อให้ โทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่อยู่บริเวณรอบต่อเซลล์สามารถใช้การควบคุมกำลังส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ การควบคุมกำลังส่งของ โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่จะต้องตอบสนองต่อสัญญาณจากสถานีฐาน ที่มีระดับความเข้มสูงสุดซึ่งส่งผลให้ โทรศัพท์เคลื่อนที่ลดกำลังส่งได้มากที่สุด แต่หาก โทรศัพท์เคลื่อนที่ ยังคงสามารถตอบสนองต่อสัญญาณในสถานีฐานที่อยู่ไกลได้ จะส่งผลให้เกิดสัญญาณแทรกสอดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์เคลื่อนที่เครื่องอื่นที่อยู่ใกล้สถานีฐานได้ ซึ่งกำลังรับ ณ สถานีฐานของทั้ง 2 เครื่อง แสดงตามรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 แสดงการควบคุมกำลังในระบบ W-CDMA

ตามรูปที่ 3.21 แสดงโทรศัพท์เคลื่อนที่ MS1 กับ MS2 ทำงานที่ความถี่เดียวกัน แต่ตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ MS1 และ MS2 แตกต่างกัน คือ MS1 อยู่ตรงบริเวณขอบเซลล์และ MS2 อยู่ใกล้กับสถานีฐาน ซึ่งนำมาเทคนิคการควบคุมกำลังมาใช้ ที่สถานีฐานจะได้รับกำลังจาก MS1 และ MS2 เท่ากัน

ในกรณีการส่งสัญญาณทิศทาง การเชื่อมโยงขาขึ้น สถานีฐานจะทำการเปรียบเทียบค่าสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SIR Signal to Interference) ระหว่างค่า SIR ที่รับได้ ($SIR_{received}$) กับ SIR ที่ตั้งไว้ SIR_{target} โดยความเร็วที่ใช้ในการตรวจสอบค่า SIR เท่ากับ 1,500 รอบต่อวินาที (1.5 kHz) สำหรับแต่ละโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยเมื่อค่า $SIR_{received} > SIR_{target}$ สถานีฐานจะสั่งให้โทรศัพท์เคลื่อนที่ลดกำลังในการส่ง และในทางตรงกันข้าม ถ้าค่า $SIR_{received} < SIR_{target}$ สถานีฐานจะสั่งให้โทรศัพท์เคลื่อนที่เพิ่มกำลังในการส่ง

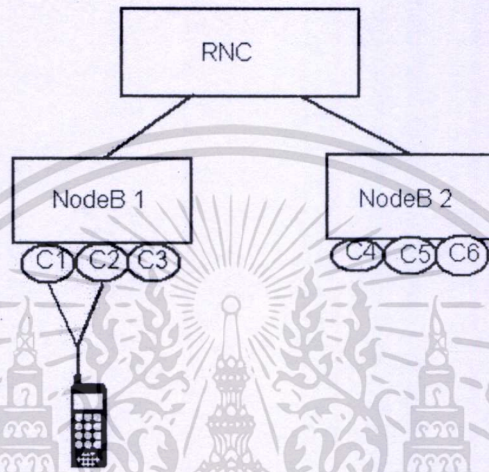
สำหรับการส่งสัญญาณทิศทาง การเชื่อมโยงขาตั้งจะไม่ประสบกับปัญหาระยะใกล้ไกล เนื่องจากเป็นการส่งสัญญาณจากสถานีฐานเพียงแหล่งเดียวไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่ภายในเซลล์เดียวกัน แต่จะพบกับปัญหาที่เกิดสัญญาณแทรกสอดจากเซลล์อื่นแทน

3.3.5 การแฮนด์โอเวอร์

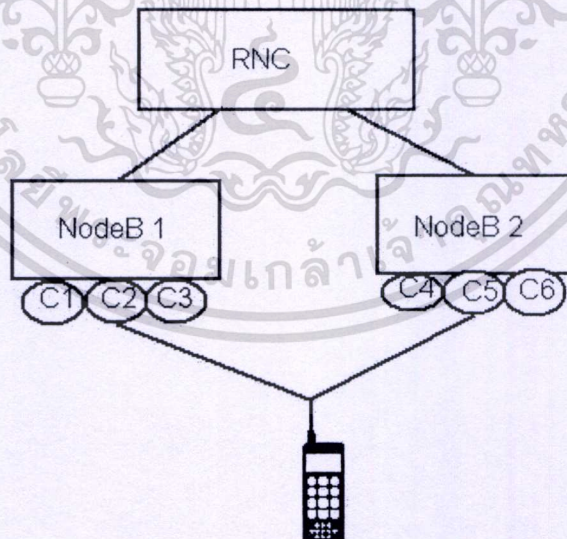
การสื่อสารในระบบเซลล์ลู่การ การเปลี่ยนถ่ายเซลล์เป็นองค์ประกอบสำคัญ เนื่องจากว่าการเคลื่อนที่ของโทรศัพท์เคลื่อนที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งคุณภาพ และปริมาณของสัญญาณที่ไม่แน่นอนภายในระบบ บางครั้งการเคลื่อนที่อาจจะมีการเปลี่ยนสถานีฐานที่ให้บริการอยู่ด้วย ซึ่งการเปลี่ยนถ่ายเซลล์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด [18] คือ

3.3.5.1 ซอฟต์แวร์ แชนด์โอเวอร์ (Softer Handover)

เป็นการเปลี่ยนถ่ายเซลล์ที่เกิดขึ้น เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีการเคลื่อนที่ไปอยู่ในบริเวณที่มีการซ้อนทับกันของเซลล์ ซึ่งเชื่อมต่ออยู่ภายใต้สถานีฐานเดียวกัน สำหรับกรณีการสื่อสารทิศทาง การเชื่อมโยงขาขึ้น กระบวนการเปลี่ยนถ่ายเซลล์แบบซอฟต์แวร์จะเกิดขึ้น ณ สถานีฐาน โดยที่มีการทำงานของการควบคุมกำลังเพียงหนึ่งวงจรเท่านั้น โอกาสที่จะเกิดการเปลี่ยนถ่ายเซลล์แบบซอฟต์แวร์ ประมาณ 5-15% เหตุการณ์ที่การเปลี่ยนถ่ายเซลล์นี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 แสดงการเกิดซอฟต์แวร์ แชนด์โอเวอร์



รูปที่ 3.23 แสดงการเกิดฮาร์ด แชนด์โอเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5.2 ซอฟต์ แฮนด์โอเวอร์ (Soft Handover)

เป็นการเปลี่ยนถ่ายเซลล์ที่เกิดขึ้นเมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่มีการเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณซ้อนทับกันของเซลล์ และเชื่อมต่อกับสถานีฐานกัน กรณีการสื่อสารในทิศทาง การเชื่อมต่อเชื่อมโยงขาขึ้น กระบวนการเปลี่ยนถ่ายเซลล์แบบซอฟต์ แฮนด์โอเวอร์จะเกิดขึ้น ณ สถานีฐานทั้งสองสถานีฐาน โดยจะเกิดกระบวนการควบคุมกำลังส่งวงจรต่อการเชื่อมต่อ ซึ่งแตกต่างจากการเปลี่ยนถ่ายเซลล์แบบซอฟต์เตอร์ (Softer) ที่มีกระบวนการควบคุมกำลังเพียงวงจรเดียวเท่านั้น ทว่าไปแล้วโอกาสที่จะเกิดการเปลี่ยนถ่ายเซลล์แบบซอฟต์ในระบบมีประมาณ 20-40% เหตุการณ์ที่เกิดการเปลี่ยนถ่ายเซลล์แบบซอฟต์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.23

3.4 ความจุของระบบ W-CDMA

3.4.1 ความจุของเซลล์ในทิศทาง การเชื่อมต่อเชื่อมโยงขาขึ้น

การสื่อสารในทิศทาง การเชื่อมต่อเชื่อมโยงขาขึ้น [19] จะเกิดสัญญาณแทรกสอดจากผู้ใช้งาน โทรศัพท์เคลื่อนที่ภายในแต่ละเซลล์ เพื่อความสะดวกในการอธิบายความจุของเซลล์ จึงได้กำหนดตัวแปรต่างๆ ขึ้นมาเพื่อใช้ในการพิจารณา ได้แก่ ปริมาณ โหลดของทิศทาง การเชื่อมต่อเชื่อมโยงขาขึ้น (μ_{UL}) ปริมาณลดทอนสัญญาณทิศทาง การเชื่อมต่อเชื่อมโยงขาขึ้น (NR_{UL}) สัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ (I_o) กำลังที่รับ ณ สถานีฐาน (P_i) และแทนกำลังที่รับทั้งหมดในทิศทาง การเชื่อมต่อเชื่อมโยงขาขึ้น (P_{rx_total}) จะได้ความสัมพันธ์ของปริมาณลดทอนสัญญาณทิศทาง การเชื่อมต่อเชื่อมโยงขาขึ้นดังนี้

$$NR_{UL} = \frac{P_{rx_total}}{I_o} \quad (3.1)$$

สำหรับความสัมพันธ์ของปริมาณ โหลดที่เกิดขึ้นในทิศทาง การเชื่อมต่อเชื่อมโยงขาขึ้นจะเป็นไปตามสมการ เมื่อ N คือจำนวนผู้ใช้งานภายในเซลล์

$$\mu_{UL} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i}{P_{rx_total}} \quad (3.2)$$

จากสมการ (3.1) และ (3.2) เป็นความสัมพันธ์ในกรณีที่ ไม่ได้พิจารณาถึงปริมาณสัญญาณแทรกสอดจากเซลล์อื่นๆ ซึ่งปริมาณลดทอนสัญญาณและ โหลดที่เกิดขึ้น จะมีความสัมพันธ์ที่ไม่สอดคล้องกัน ดังนั้นรูปแบบความสัมพันธ์ของปริมาณทั้งสองสามารถแสดงได้ตามสมการ (3.3)

เอกสาร และ (3.4) การที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$NR_{UL} = \frac{1}{1 - \mu_{UL}} \quad (3.3)$$

$$\mu_{UL} = 1 - \frac{1}{NR_{UL}} = \frac{P_{rx_total} - I_o}{P_{rx_total}} \quad (3.4)$$

จากสมการ (3.3) และ (3.4) แสดงให้เห็นว่าโหลดในทิศทางการเชื่อมโยงขาขึ้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณของกำลังทั้งหมด ณ สถานีฐาน ปกติการส่งสัญญาณจากผู้ใช้งาน โทรศัพท์เคลื่อนที่ไปยังสถานีฐาน ย่อมถูกการรบกวนจากผู้ใช้งาน โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เครื่องอื่นๆ ทั้งที่อยู่ภายในเซลล์เดียวกันหรือเซลล์ข้างเคียง ดังนั้นกำลังรับที่สถานีฐานจะมีปริมาณตามสมการ

$$P_{rx_total} = I_o + I_{int\ racell} + I_{int\ ercell} = I_o + (1 + F) \sum_{i=1}^N P_i \quad (3.5)$$

โดยกำหนดให้ F คืออัตราส่วนของสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นจากเซลล์ข้างเคียงภายในเซลล์ ซึ่งแสดงได้ตามสมการ

$$F = \frac{I_{int\ ercell}}{I_{int\ racell}} = \frac{\sum P_j}{\sum P_i} \quad (3.6)$$

เมื่อ $I_{int\ ercell}$ คือ ปริมาณสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นจากเซลล์ข้างเคียง

$I_{int\ racell}$ คือ ปริมาณสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นภายในเซลล์

P_j คือ กำลังรับ ณ สถานีฐานจากผู้ใช้งาน โทรศัพท์เคลื่อนที่ของเซลล์ข้างเคียง

P_i คือ กำลังรับ ณ สถานีฐานจากผู้ใช้งาน โทรศัพท์เคลื่อนที่ภายในเซลล์

ดังนั้นเราสามารถแสดงปริมาณโหลดทิศทางการเชื่อมโยงขาขึ้น ในรูปของอัตราส่วนสัญญาณแทรกสอดกับกำลังรับได้ตามสมการ

$$\mu_{UL} = (1 + F) \frac{\sum_{i=1}^N P_i}{P_{rx_total}} \quad (3.7)$$

ถ้าจัดรูปแบบสมการ (3.7) ใหม่เพื่ออยู่ในรูปของกำลังรับจะได้ตามสมการ

$$P_i = \frac{(E_b/N_o)_i u_i}{PG_i} (P_{rx_total} - P_i) \quad (3.8)$$

เมื่อ u_i คือ แอคทิวิตีแฟคเตอร์ $0 < u_i < 1$

$(E_b/N_o)_i$ คือ อัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอด

PG_i คือ อัตราขยายของการประมวลผล (Processing Gain)

นำสมการ (3.8) แทนค่าลงในสมการ (3.7) จะได้ปริมาณโหลคที่เกิดขึ้นเป็นตามสมการ

$$\mu_{UL} = (1 + F) \sum \frac{1}{1 + [PG_i / ((E_b/N_o)_i u_i)]} \quad (3.9)$$

3.4.2 ความจุของเซลล์ในทิศทางารเชื่อมโยงขาลง

กรณีการสื่อสารในทิศทางของการเชื่อมโยงขาลงนั้น ปริมาณความจุจะขึ้นอยู่กับกำลังส่งจากสถานีฐาน ซึ่งแตกต่างกับทิศทางารเชื่อมโยงขาขึ้น โดยกำลังรับของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เป็นตามสมการ

$$P_{rx_i} = \frac{(I_o + I_{intra} + I_{inter})(E_b/N_o)_i v_i}{PG_i} \quad (3.10)$$

เมื่อ I_o คือ ปริมาณสัญญาณแทรกสอดของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่

I_{intra} คือ ปริมาณสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นภายในเซลล์

I_{inter} คือ ปริมาณสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นจากเซลล์ข้างเคียง

v_i คือ แอคทิวิตีแฟคเตอร์ $0 < v_i < 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับค่าสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นภายในเซลล์เดียวกัน สามารถแสดงได้ตามสมการ

$$I_{intra} = \frac{\alpha(P_{rx_total} - P_{ix_i})}{PL_i} \quad (3.11)$$

เมื่อ α คือ ออร์โทกอนอลเฟคเตอร์

P_{ix_i} คือ กำลังส่งจากสถานีฐานของผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่

P_{ix_total} คือ กำลังส่งทั้งหมดในกรณีการเชื่อมโยงขาลง

PL_i คือ ปริมาณลดทอนสัญญาณตามระยะทาง

ในส่วนของค่าสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นจากเซลล์ข้างเคียง แสดงได้ตามสมการ

$$I_{inter} = F_{DL} \frac{P_{ix_total}}{PL_i} \quad (3.12)$$

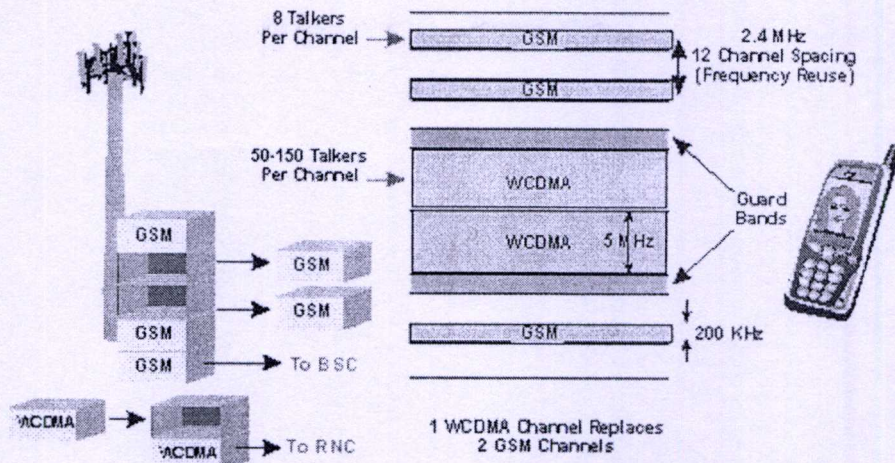
เมื่อ F_{DL} คือ อัตราส่วนสัญญาณแทรกสอดระหว่างเซลล์กับภายในเซลล์

หากทำการแทนค่า I_{intra} และ I_{inter} ตามสมการ (3.11) และ (3.12) ดังนั้นจะได้ปริมาณกำลังรับของโทรศัพท์ตามสมการ

$$P_{ix_i} = ((E_b/N_o)_i v_i) / PG_i [I_o PL_i + (\alpha + F_{DL}) P_{ix_total} - \alpha P_{ix_i}] \quad (3.13)$$

จะเห็นว่าการพิจารณาปริมาณความจุของระบบ W-CDMA จะต้องพิจารณาตามทิศทางการสื่อสารคือทิศทางการเชื่อมโยงขาขึ้นและขาลง โดยปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นและกำลังส่งจากสถานีฐานตามสมการ (3.9) และ (3.13) ตามลำดับ

การสื่อสารในระบบเซลล์ลู่ W-CDMA ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อตอบสนองกับความต้องการของผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ และการขยายตัวทางเศรษฐกิจในปัจจุบัน โดยผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์ได้นำเทคนิคต่างๆ เข้ามาใช้งานเพื่อปรับปรุงระบบเซลล์ลู่ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับมาตรฐานของระบบ W-CDMA แสดงตามรูปที่ 3.20

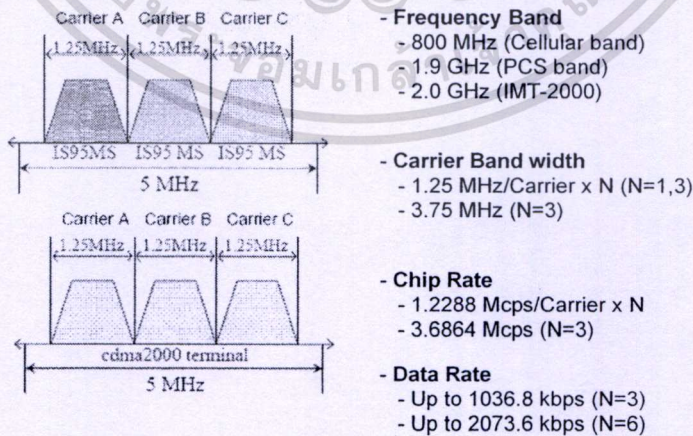


รูปที่ 3.24 มาตรฐานของระบบ W-CDMA

3.5 การเปรียบเทียบระหว่าง W-CDMA กับ CDMA2000

ระบบเซลลูลาร์ในยุคที่ 3 ความเร็วของการส่งข้อมูลที่ 2 Mbps ใช้ช่วงความถี่ที่ 5 MHz หากเป็นในกรณีระบบ CDMA2000 จะแบ่งช่วงความถี่เป็น 3 ช่วง คือช่วงละ 1.25 MHz. (1.25 x 3) ในระบบ CDMA2000 สามารถใช้ช่วงความถี่ที่ 2 GHz และ 800 MHz ได้ดี เนื่องจากได้รับการอนุมัติจาก ITU ที่ทำการเพิ่มความถี่สำหรับการสื่อสารยุคที่ 3 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศญี่ปุ่น ตามรูปที่ 3.25 และ 3.26 เป็นการแสดงให้เห็นช่วงความถี่ของระบบ CDMA2000 และ W-CDMA ตามลำดับ

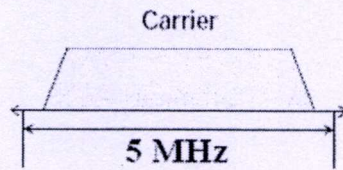
CDMA2000



รูปที่ 3.25 แสดงแถบความถี่ของระบบ CDMA2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W-CDMA Spectrum



- Frequency Band
- 2.0 GHz (IMT-2000, WARC'92)
- Carrier Band width
- 5 MHz/Carrier
- Chip Rate
- 3.84 Mcps/Carrier
- Data Rate
- Up to 2 Mbps/Carrier

รูปที่ 3.26 แสดงแถบความถี่ของระบบ W-CDMA

ตารางที่ 3.3 เปรียบเทียบคุณลักษณะระหว่างระบบ W-CDMA และ cdma 2000

	W - CDMA	CDMA2000	
		1X	3X
หลักการแอดเซส	Direct Spread	Mutli Carrier	Multi Carrier
อัตราชิปส์	3.84 Mcps (3.84 x 1)	1.2288 Mcps (1.2288 x 1)	3.6864 Mcps (1.2288 x 3)
Inter BTS Sync.	Async. / Sync.	Synchronous	Synchronous
Pilot Structure	Common Pilot	Common Pilot	Common Pilot
การจัดการทรัพยากร RFt	Simple	Simple	Complicated
MS Design	Simple	Simple	Complicated
ความเร็วข้อมูล	~ 2 Mbps (5 MHz/Carrier)	~ 144 kbps (1.25 MHz/Carrier)	~ 2 Mbps (1.25 MHz/Carrier x 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การวางซ้อนไมโครเซลล์บนมาโครเซลล์ สำหรับระบบ W-CDMA และ cdma2000

4.1 กล่าวนำ

จากบทที่ 1 ปริมาณความจุของระบบ W-CDMA และ cdma2000 จะขึ้นอยู่กับกรอกแบบ ขนาด ตำแหน่งและจำนวนของไมโครเซลล์บนมาโครเซลล์ ปริมาณการแทรกสอดที่เกิดขึ้นภายในระบบ โดยทั่วไปการแทรกสอดจะเกิดขึ้นทั้งในทิศทางการเชื่อมขาขึ้นและขาลง แต่ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะทำการศึกษาเฉพาะทิศทางการเชื่อมโยงขาขึ้น เพราะวาระบบอยู่ภายใต้การควบคุมกำลังที่สมบูรณ์ (Perfect Power Control) ซึ่งง่ายต่อการวิเคราะห์ เนื่องจากระบบ W-CDMA และ cdma2000 มีการวางเซลล์ในลักษณะเซลล์ดาร์ ดังนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

สัญญาณแทรกสอดที่เกิดภายในเซลล์เดียวกัน เป็นสัญญาณแทรกสอดที่เกิดจากผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งอยู่ในเซลล์ที่ให้บริการ สมมติว่าภายในเซลล์ซึ่งมีรัศมีเท่ากับ R มีจำนวนผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่เท่ากับ N ผู้ใช้งานมีการกระจายของเท่าๆ กัน ตำแหน่งของสถานีฐานอยู่ตรงจุดกึ่งกลางเซลล์ ถ้าให้ผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีกำลังส่งเท่ากับ $P_{T,M}$ ดังนั้นจะคำนวณหา กำลังรับที่สถานีฐานได้ดังนี้ [20]

$$P = P_{T,M} r^{-\gamma} \quad (4.1)$$

- เมื่อ P คือ กำลังรับ ณ สถานีฐาน
 r คือ ระยะทางระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่และสถานีฐาน
 γ คือ กำลังลดทอน ($3 \leq \gamma \leq 5$)

ค่าการแทรกสอดทั้งหมดที่เกิดจากผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ ภายในเซลล์เดียวกันจะเกิดจากกำลังส่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ เครื่องอื่นๆที่อยู่ในเซลล์แสดงได้ดังสมการ

$$I = (N-1)P \quad (4.2)$$

เมื่อ I คือ สัญญาณแทรกสอดที่เกิดจากผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งอยู่ในเซลล์เดียวกัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ตีพิมพ์โดยสำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ นครเชียงใหม่ สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ นครเชียงใหม่ นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณแทรกสอดที่เกิดเซลล์ข้างเคียง เนื่องจากภายในระบบที่มีการวางเซลล์ติดกันแบบเซลล์ลาร์ สำหรับระบบที่ใช้เทคนิค CDMA ปัญหาที่พบก็คือการเกิดสัญญาณแทรกสอดจากเซลล์ข้างเคียงอื่นๆ สำหรับเซลล์ที่อยู่ติดกันระยะทางระหว่าง 2 สถานีฐาน มีค่าเท่ากับ $2R$ เมื่อ R คือรัศมีของแต่ละเซลล์ ในทำนองเดียวกันจะกำหนดให้แต่ละเซลล์มีจำนวนผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่เท่ากับ N มีการกระจายภายในเซลล์ต่างๆ กัน ระบบอยู่ภายใต้การควบคุมกำลังที่สมบูรณ์ กำลังรับที่สถานีฐานมีค่าเท่ากับ P หรือกำลังรับที่สถานีฐานมีค่าเท่ากับ $P r^{\gamma} d^{-\gamma}(r, \phi, R)$ เมื่อ r คือระยะทางระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐานของเซลล์ข้างเคียง และ $d(r, \phi, R)$ คือระยะทางระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐานของเซลล์ที่ทำการพิจารณา จะเขียนสมการได้ดังนี้

$$d(r, \phi, R) = \sqrt{[2R + r \sin(\phi)]^2 + [r \cos(\phi)]^2} \quad (4.3)$$

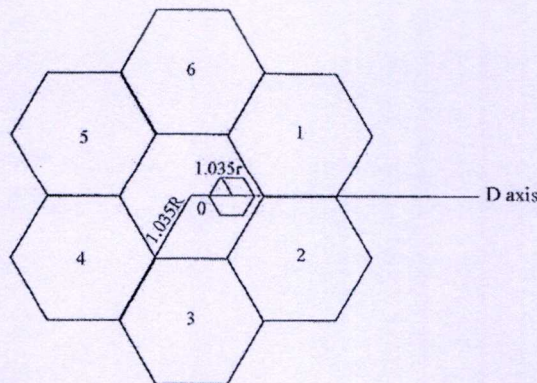
เมื่อ ϕ คือจุดพิกัดโพลารัมของตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ ดังนั้นสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นจากเซลล์ข้างเคียงทั้งหมดสามารถแสดงได้ตามสมการนี้

$$I = \left[r_1^{\gamma} d_1^{-\gamma}(r_1, \phi_1, R) + \dots + r_N^{\gamma} d_N^{-\gamma}(r_N, \phi_N, R) \right] P \quad (4.4)$$

เมื่อ I คือสัญญาณแทรกสอดที่เกิดจากเซลล์ข้างเคียงทั้งหมด

4.2 การวางทับซ้อนไมโครเซลล์บนมาโครเซลล์ (1 ไมโครเซลล์)

แบบจำลองการวางทับซ้อน 1 ไมโครเซลล์ลงบน 7 มาโครเซลล์ แสดงดังรูปที่ 4.1 [6] อัตราส่วนของการแทรกสอดเรียกว่า แฟคเตอร์การแทรกสอด (interference factor) ของระบบ



แฟกเตอร์การแทรกสอด จะพิจารณาจากระยะทางระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน ซึ่งขึ้นอยู่กับ การสูญเสียเชิงวิถีตามระยะทาง (Path Loss Propagation) สำหรับในระบบที่ใช้เทคนิค CDMA ได้มีการกำหนดค่าการแจกแจง F-Factor [21] ขึ้นมา เพื่อความสะดวกในการพิจารณาค่าสัญญาณแทรกสอด เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$F = \frac{I_{\text{intra}}}{I_{\text{intra}} + I_{\text{inter}}} = \frac{1}{1 + f} \quad (4.5)$$

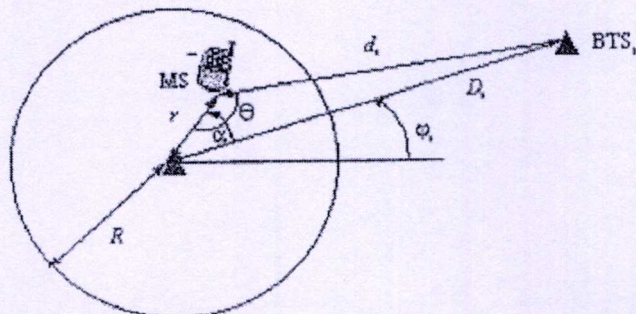
เมื่อ I_{inter} คือ ปริมาณสัญญาณแทรกสอดระหว่างเซลล์
 I_{intra} คือ ปริมาณสัญญาณแทรกสอดภายในเซลล์
 f คือ แฟกเตอร์การแทรกสอด แสดงโดยอัตราส่วนของสัญญาณแทรกสอดระหว่างเซลล์กับสัญญาณแทรกสอดภายในเซลล์เขียนได้ดังสมการ

$$f = \frac{I_{\text{inter}}}{I_{\text{intra}}} \quad (4.6)$$

เมื่อพิจารณาปริมาณของสัญญาณแทรกสอด สมมติว่าแต่ละเซลล์มีการกระจายของจำนวนโทรศัพท์เคลื่อนที่เท่าๆ กัน มีเงื่อนไขของการแพร่กระจายคลื่นในลักษณะเดียวกัน เพื่อให้สะดวกต่อการคำนวณ ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสัญญาณแทรกสอด จะต่างกันตามระยะทางดังนี้

$$f = \frac{I_{\text{inter}}}{I_{\text{intra}}} = \sum_{n=1, n \neq m}^N \frac{L_{m,j}}{L_{n,j}} \quad (4.7)$$

เมื่อ $L_{m,j}$ คือ ค่าลดทอนจากจากสถานีฐานไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่
 $L_{n,j}$ คือ ค่าลดทอนจากจากสถานีฐานของเซลล์ข้างเคียง ไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่
 N คือ จำนวนสถานีฐานของเซลล์ข้างเคียง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.2 แสดงการแทรกสอดที่เกิดที่สถานีฐาน
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก (4.7) เริ่มจากการพิจารณาเซลล์แบบวงกลมรัศมีเท่ากับ R รองรับโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งวางอยู่ในตำแหน่งที่ห่างจากสถานีฐานเท่ากับ r ดังรูปที่ 4.2 สัญญาณแทรกสอดที่จากโทรศัพท์เคลื่อนที่เครื่องหนึ่ง เมื่อขนาดของคัสเตอร์เท่ากับ 1 ($K=1$) ระยะทางระหว่างสถานีฐานเท่ากับ D จะเขียนความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

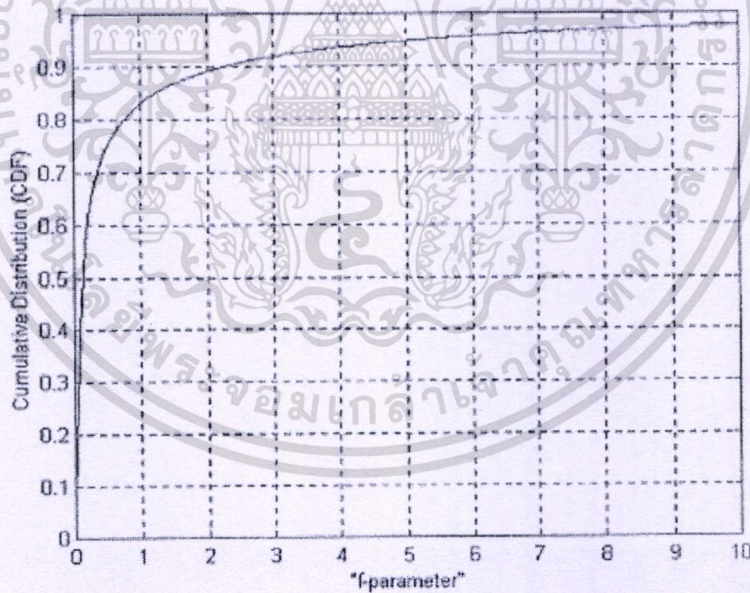
$$f(r, \alpha) = \left(\frac{r}{d_i}\right)^\gamma = \left(1 + 3\left(\frac{R}{r}\right)^2 - 2\sqrt{3}\left(\frac{R}{r}\right)\cos\alpha\right)^{-\gamma/2} \quad (4.8)$$

เมื่อ r คือ ระยะระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน

d_i คือ ระยะระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐานของเซลล์ข้างเคียง

γ คือ ดัชนีของกำลังการลดทอนจากการแพร่กระจายคลื่น

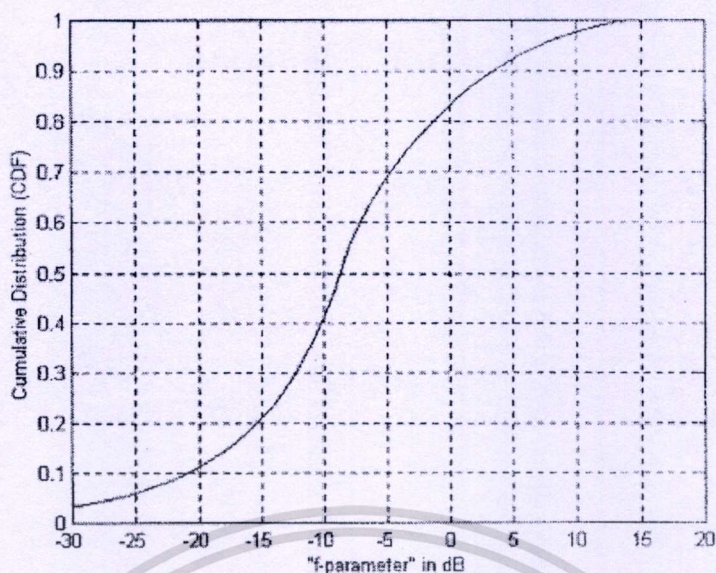
สำหรับ CDF (Cumulative Distribution) กับแฟคเตอร์การแทรกสอดจากเซลล์ข้างเคียงภายใต้เงื่อนไข $f(r, \alpha) \leq 1$ แสดงดังรูปที่ 4.3 และ 4.4



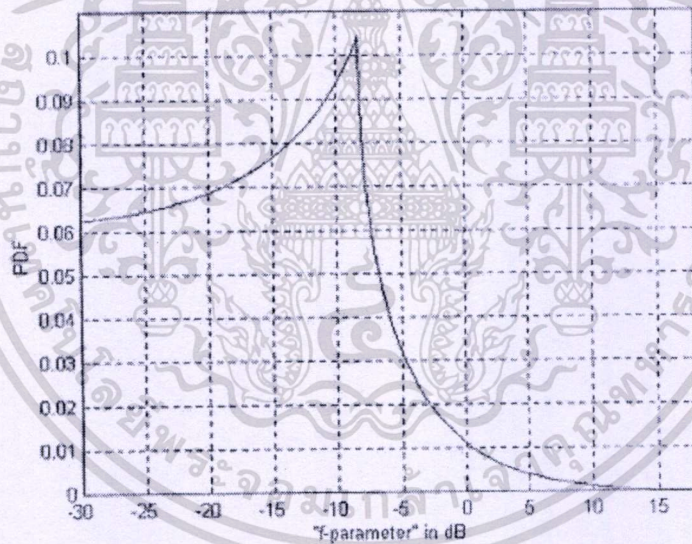
รูปที่ 4.3 CDFของแฟคเตอร์การแทรกสอดจากเซลล์ข้างเคียง

จากรูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ของ CDF กับแฟคเตอร์การแทรกสอดของเซลล์ข้างเคียง ในกรณีที่ระบบอยู่ในสภาวะเลวร้ายที่สุด กำหนดให้ γ เท่ากับ 4 ค่าแฟคเตอร์การแทรกสอดของเซลล์ข้างเคียงจะเพิ่มขึ้น ค่า CDF จะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน หากทำการพิจารณาค่าแฟคเตอร์การแทรกสอดของเซลล์ข้างเคียงในหน่วยของเดซิเบลจะได้กราฟดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิจัยและการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 CDF กับแฟคเตอร์การแทรกสอด (เดซิเบล)

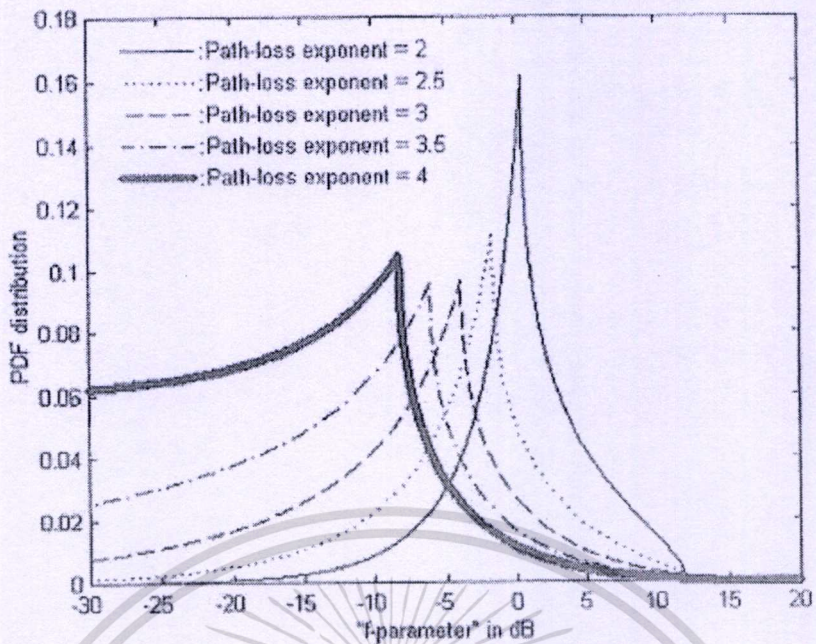


รูปที่ 4.5 PDF กับแฟคเตอร์การแทรกสอด (เดซิเบล)

ในทำนองเดียวกันความสัมพันธ์ของค่า PDF (probability density function) กับแฟคเตอร์การแทรกสอดจากเซลล์ข้างเคียงแสดงดังรูปที่ 4.5 โดยเงื่อนไขที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้พิจารณานั้นระบบจะอยู่ในสภาวะเลวร้ายที่สุดสุด คือกำหนดให้ γ เท่ากับ 4

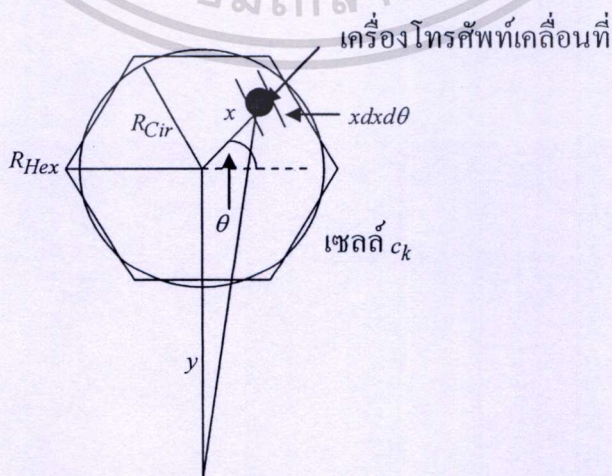
รูปที่ 4.6 แสดงค่า PDF กับแฟคเตอร์การแทรกสอดของเซลล์ข้างเคียงในหน่วยเดซิเบล เมื่อเปลี่ยนแปลง $\gamma = 2, 2.5, 3, 3.5$ และ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 PDF กับแฟคเตอร์การแทรกสอด (เดซิเบล)

จากรูปที่ 4.1 ระบบประกอบด้วย 7 มาโครเซลล์และ 1 ไมโครเซลล์ ดังนั้นแฟคเตอร์การแทรกสอดที่เกิด ประกอบด้วย การแทรกสอดระหว่างมาโครเซลล์กับมาโครเซลล์ การแทรกสอดระหว่างมาโครเซลล์กับไมโครเซลล์ และการแทรกสอดระหว่างไมโครเซลล์กับมาโครเซลล์ สัญญาณแทรกสอดจะขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างเซลล์และตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยสามารถแบ่งแฟคเตอร์การแทรกสอดที่เกิดขึ้นในระบบได้ 3 ลักษณะ ประกอบด้วยแฟคเตอร์การแทรกสอดมาโครเซลล์/มาโครเซลล์ แฟคเตอร์การแทรกสอดไมโครเซลล์/มาโครเซลล์ และแฟคเตอร์การแทรกสอดมาโครเซลล์/ไมโครเซลล์ ไมโคร



สถานีฐานเซลล์แรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สรวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.7 การหาระยะทางที่เกิดขึ้นระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน
 ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดเบงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับระยะทางระหว่างเซลล์และระยะระหว่างสถานีฐานกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่ใช้ในการพิจารณาการแทรกสอดของระบบ แสดงได้ตามรูปที่ 4.7 [22] เพื่อให้ง่ายและสะดวกต่อการคำนวณในการหาระยะทางต่างๆ ที่เกิดขึ้น จะกำหนดให้เซลล์ที่พิจารณาเป็นแบบหกเหลี่ยม ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์แบบวงกลมกับเซลล์แบบหกเหลี่ยมเป็นตามสมการ

$$R_{Hex} = 1.035 R_{Cir} \quad (4.9)$$

สัญญาณที่สถานีฐานได้รับ $r(t)$ เมื่อไม่พิจารณาสัญญาณรบกวน AWGN สัญญาณรบกวนจากความรบกวน ซึ่งสามารถแสดงได้ตามสมการ

$$r(t) = \sum_{k=1}^{CK} \sqrt{\varepsilon(\gamma, c_k, k)} S_k(t) \quad (4.10)$$

เมื่อ $S_k(t)$ คือ สัญญาณจากผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ลำดับที่ k

C คือ จำนวนของเซลล์ทั้งหมดในระบบ

K คือ จำนวนผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั้งหมด

γ คือ ศัชนีของกำลังการลดทอนจากการแพร่กระจายคลื่น

c_k คือ เซลล์ที่มีผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ลำดับที่ k อยู่

$\varepsilon(\gamma, c_k, k)$ คือ ลำดับอัตราส่วนกำลังการลดทอนตามระยะทางมีค่าเท่ากับ

$$\varepsilon(\gamma, c_k, k) = \left(\frac{d_{c_k, k}}{d_{1, k}} \right)^\gamma \quad (4.11)$$

เมื่อ $d_{c_k, k}$ คือ ระยะทางระหว่างผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ลำดับที่ k กับเซลล์ c_k

$d_{1, k}$ คือ ระยะทางระหว่างผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ลำดับที่ k กับเซลล์ $c_k = 1$

จากรูปที่ 4.7 แทนค่า $d_{c_k, k}$ และ $d_{1, k}$ แล้วลงในสมการ (4.11) จะได้ค่าลำดับอัตราส่วนกำลังการลดทอนตามระยะทาง สำหรับ $c_k = 2, 3, \dots, C$ จะได้

$$\varepsilon(\gamma, c_k, k) = \left[\frac{x^2}{(x \cos \theta)^2 + (y + x \sin \theta)^2} \right]^{\gamma/2} \quad (4.12)$$

เมื่อ x คือ ระยะระหว่างสถานีฐานกับโทรศัพท์เคลื่อนที่

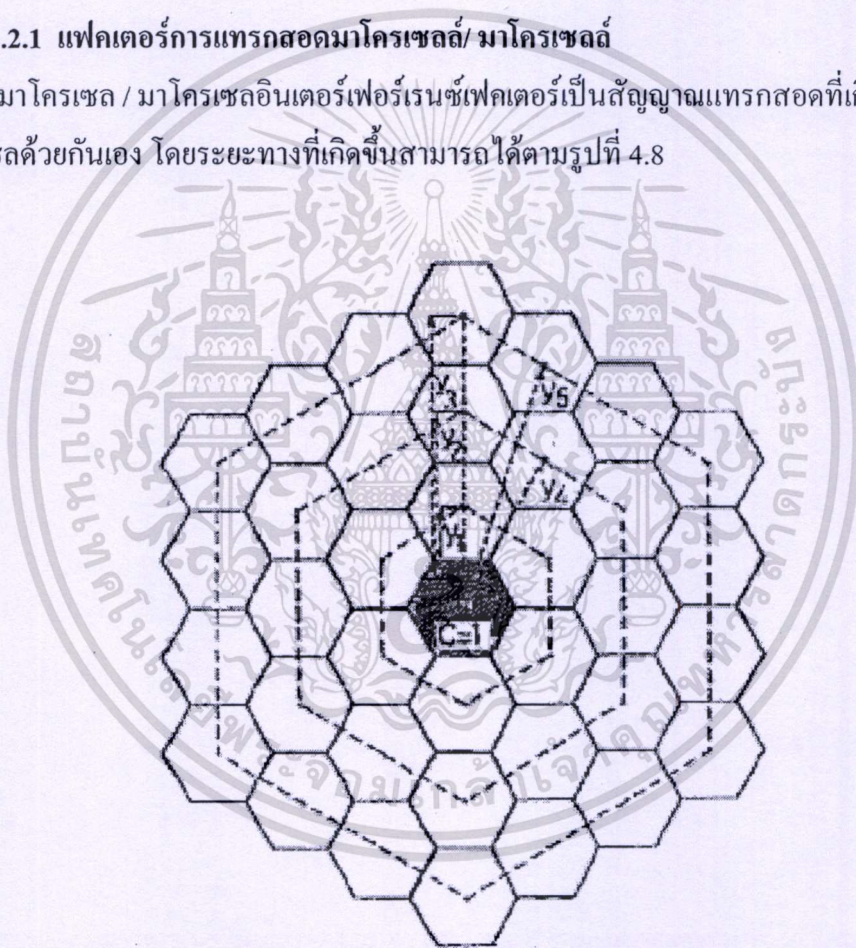
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุใดเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก (4.12) จะเป็นค่าของลำดับอัตราส่วนกำลังลดทอนตามระยะทางของผู้ใช้งาน โทรศัพท์เคลื่อนที่เพียงหนึ่งคนเท่านั้น ($k=1$) ดังนั้นกรณีที่ต้องการหาปริมาณสัญญาณแทรกสอดทั้งหมดภายในเซลล์ จะหาได้โดยทำการเฉลี่ยลำดับของกำลังลดทอนตามสมการดังนี้

$$\begin{aligned} \varepsilon(\gamma, c_k) &= E[\varepsilon(\gamma, c_k, k)] = \frac{1}{\pi r^2} \int_0^{r/2} \int_0^{2\pi} \left[\frac{x^2}{(x \cos \theta)^2 + (y + x \sin \theta)^2} \right]^{y/2} dx d\theta \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^{12\pi} \int_0^{r/2} \left[\frac{z^2}{(z \cos \theta)^2 + (y/r + z \sin \theta)^2} \right]^{y/2} dz d\theta \end{aligned} \quad (4.13)$$

4.2.1 แฟลคเตอร์การแทรกสอดมาโครเซลล์/ มาโครเซลล์

มาโครเซลล์ / มาโครเซลล์อินเตอร์เฟียร์เรนซ์แฟลคเตอร์เป็นสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นระหว่างมาโครเซลล์ด้วยกันเอง โดยระยะทางที่เกิดขึ้นสามารถได้ตามรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ระยะทางสำหรับคำนวณแฟลคเตอร์การแทรกสอดมาโครเซลล์ / มาโครเซลล์

จากรูปที่ 4.8 ระยะทาง y_1 ถึง y_5 เขียนได้สมการ (4.14) ถึง (4.18) ตามลำดับดังนี้

$$y_1 = \sqrt{3} \times 1.035 R_{cir} \quad (4.14)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ (4.15) ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$y_3 = 3\sqrt{3} \times 1.035R_{cir} \quad (4.16)$$

$$y_4 = 3 \times 1.035R_{cir} \quad (4.17)$$

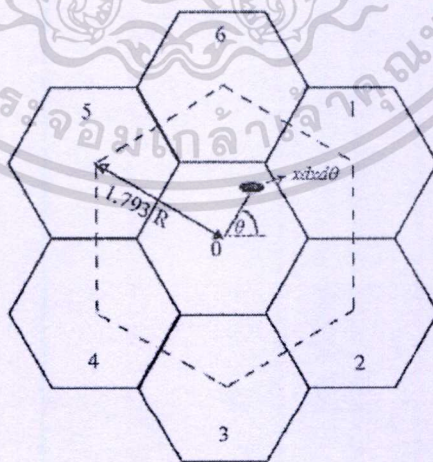
$$y_5 = 4.74R_{cir} \quad (4.18)$$

เมื่อนำระยะทางที่เกิดขึ้นตามสมการ (4.14) ถึง (4.18) แทนค่าลงในสมการ (4.13) จะทำให้ได้แฟลคเตอร์การแทรกสอดมาโครเซลล์/มาโครเซลล์ ของระบบดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าของมาโคร / มาโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์แฟลคเตอร์ ที่ $\gamma=2, 3$, และ 4

γ	ชั้นแรกของเซลล์	ชั้นที่ 2 ของเซลล์		ชั้นที่ 3 ของเซลล์	
	$\varepsilon(\gamma, c_k)$	$\varepsilon(\gamma, c_k)$		$\varepsilon(\gamma, c_k)$	
	$y = 1.793r$	$y = 3.105r$	$y = 3.586r$	$y = 4.74r$	$y = 5.379r$
2	0.1986	0.0559	0.0411	0.023	0.0177
3	0.125	0.016	0.0099	0.0041	0.0027
4	0.0935	0.005	0.0026	0.0008	0.0005

ระบบเซลล์ular ที่ทำการจำลองในรูปที่ 4.1 ประกอบด้วยมาโครเซลล์เพียงชั้นเดียว ระยะทางที่ใช้ในการหาปริมาณการแทรกสอด ซึ่งมีค่าเท่ากับ $1.793R$ สามารถแสดงได้ตามรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ระยะทางการคำนวณแฟลคเตอร์มาโครเซลล์/มาโครเซลล์ในกรณีวางมาโครเซลล์ชั้นเดียว

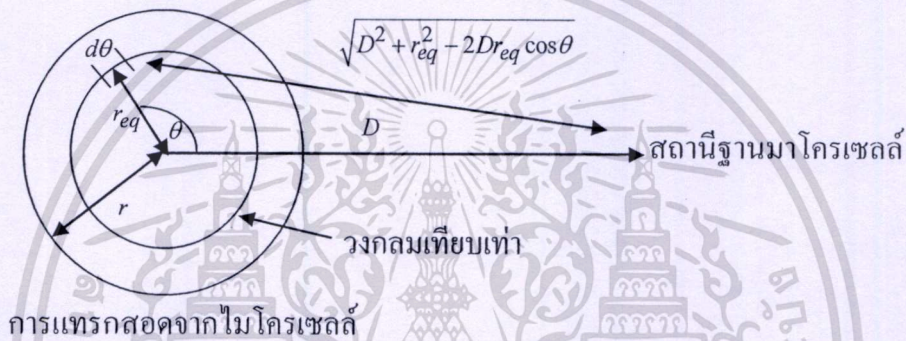
เมื่อนำระยะดังกล่าวแทนค่าลงในสมการ (4.13) จะทำให้สามารถหาแฟลคเตอร์การแทรกสอดมาโครเซลล์/มาโครเซลล์ที่เกิดขึ้นดังนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f_{MM} = \frac{1}{\pi R^2} \int_0^R \int_0^{2\pi} \left(\frac{x^2}{(x \cos \theta)^2 + (1.793R + x \sin \theta)^2} \right)^{\gamma/2} x dx d\theta \quad (4.19)$$

เมื่อ f_{MM} คือ แฟคเตอร์การแทรกสอดมาโครเซลล์ / มาโครเซลล์
 R คือ รัศมีของมาโครเซลล์

4.2.2 แฟคเตอร์การแทรกสอดไมโครเซลล์ / มาโครเซลล์

การแทรกสอดที่เกิดจากผู้ใช้งานที่อยู่ภายในไมโครเซลล์ แล้วส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งานที่อยู่ในมาโครเซลล์ ระยะทางที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณการแทรกสอดแสดงได้ตามรูปที่ 4.10 [14]



รูปที่ 4.10 ระยะทางสำหรับคำนวณแฟคเตอร์การแทรกสอดไมโครเซลล์/มาโครเซลล์

กำหนดให้ P_r คือผลรวมกำลังทั้งหมด ซึ่งผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ส่งให้กับสถานีฐานเขียนได้ดังนี้

$$P_r = \int_0^r \int_0^{2\pi} P_{\mu}^r x^{\gamma} \rho x dx d\theta = \frac{2NP_{\mu}^r r^{\gamma}}{\gamma + 2} \quad (4.20)$$

เมื่อ P_{μ}^r คือ กำลังส่งผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่ภายในไมโครเซลล์

N คือ จำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ภายในไมโครเซลล์

$\rho = N/\pi r^2$ คือ ความหนาแน่นของผู้ใช้งานในไมโครเซลล์

กำลังส่งของผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ หนึ่งเครื่องแสดงตามสมการ

$$P_A = \frac{2P_{\mu}^r r^{\gamma}}{\gamma + 2} \quad (4.21)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังส่งทั้งหมดและปริมาณของผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ภายในไมโครเซลล์ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เพื่อรักษากำลังส่งภายในระบบ ที่มีตำแหน่งอยู่บนวงกลมรัศมี r_{eq} ให้มีค่าตาม (4.21) ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ของรัศมี r_{eq} กับกำลังส่งของผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่แสดงได้ดังนี้

$$r_{eq}^\gamma = \frac{P_A}{P_\mu^r} \quad (4.22)$$

$$r_{eq} = \left(\frac{2}{\gamma + 2} \right)^{1/\gamma} r \quad (4.23)$$

เมื่อแทนค่าระยะทางตามรูปที่ 4.10 ลงในสมการ (4.13) จะได้แฟคเตอร์การแทรกสอดไมโครเซลล์/มาโครเซลล์ดังนี้

$$f_{\mu M} = \frac{1}{2\pi P_\mu^r} \int_0^{2\pi} \frac{P_A}{\left(D^2 + r_{eq}^2 - 2Dr_{eq} \cos \theta \right)^{\gamma/2}} d\theta \quad (4.24)$$

เมื่อ $f_{\mu M}$ คือ แฟคเตอร์การแทรกสอดไมโครเซลล์/มาโครเซลล์
 D คือ ระยะทางระหว่างสถานีฐานของไมโครเซลล์กับมาโครเซลล์

จาก (4.24) ทำการนอร์มไลซ์ด้วย P_μ^r และจำนวนผู้ใช้งาน N กำหนดให้ γ มีค่าเท่ากับ 4 ทำการอินทิเกรต จะหาค่าแฟคเตอร์การแทรกสอดไมโครเซลล์/มาโครเซลล์ดังนี้

$$f_{\mu M} = \frac{r^4 \left(D^2 + r_{eq}^2 \right)}{3 \left| D^2 - r_{eq}^2 \right|^3} \quad (4.25)$$

การเปรียบเทียบแฟคเตอร์การแทรกสอดของไมโครเซลล์/มาโครเซลล์ ที่คำนวณระหว่าง r และ r_{eq} แสดงดังตารางที่ 4.2

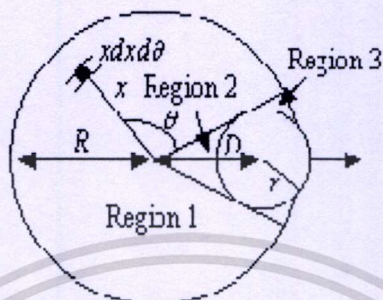
ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบแฟคเตอร์การแทรกสอดไมโครเซลล์/มาโครเซลล์ ที่คำนวณด้วย r กับ r_{eq}

D	$2r$	$3r$	$4r$	$5r$	$6r$
คำนวณปกติ r	$4.7e-2$	$5.8e-3$	$1.6e-3$	$6.0e-4$	$2.8e-4$
การประมาณด้วย r_{eq}	$3.8e-2$	$5.3e-3$	$1.5e-3$	$5.9e-4$	$2.7e-4$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 แฟลคเตอร์การแทรกสอดมาโครเซลล์/ไมโครเซลล์

เป็นการแทรกสอดระหว่างมาโครเซลล์กับไมโครเซลล์ โดยเกิดจากผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ภายในมาโครเซลล์ใช้งาน แล้วส่งผลกระทบไปยังผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งอยู่ในไมโครเซลล์ โดยระยะทางที่ใช้ในการพิจารณาปริมาณการแทรกสอด แสดงตามรูปที่ 4.11 ซึ่งค่าเท่ากับ D



รูปที่ 4.11 ระยะทางสำหรับคำนวณแฟลคเตอร์การแทรกสอดมาโครเซลล์/ไมโครเซลล์

เมื่อนำระยะทาง D ดังกล่าว แทนค่าลงในสมการ (4.13) จะทำให้ได้ค่าแฟลคเตอร์การแทรกสอดมาโครเซลล์/ไมโครเซลล์ดังนี้

$$f_{M\mu} = \frac{1}{\pi R^2} \iint \left[\frac{x^2}{x^2 + D^2 - 2xD \cos \theta} \right]^{1/2} x dx d\theta \quad (4.26)$$

เมื่อ $f_{M\mu}$ คือ แฟลคเตอร์การแทรกสอดมาโครเซลล์/ไมโครเซลล์

x คือ ระยะทางระหว่างผู้ใช้งาน โทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐานของมาโครเซลล์

สำหรับการอินทิเกรตเพื่อหาปริมาณของมาโคร/ไมโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์แฟลคเตอร์ตาม (4.26) ประกอบกับรูปที่ 4.11 ต้องทำการแบ่งขอบเขตของการอินทิเกรตออกเป็น 4 ช่วง ดังนี้

ช่วงที่ 1

$$\theta = 0 \quad (4.27)$$

$$x = D \quad (4.28)$$

ช่วงที่ 2

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{r}{D}\right) \sim 2\pi - \sin^{-1}\left(\frac{r}{D}\right) \quad (4.29)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ $x=0 \sim R$ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงที่ 3

$$\theta = 0 \sim \sin^{-1}\left(\frac{r}{D}\right) \quad (4.31)$$

$$x = 0 \sim \min\left(R, D\cos\theta - \sqrt{r^2 - D^2\sin^2\theta}\right) \quad (4.32)$$

ช่วงที่ 4

$$\theta = 0 \sim \sin^{-1}\left(\frac{r}{D}\right) \quad (4.33)$$

$$x = \min\left(D\cos\theta + \sqrt{r^2 - D^2\sin^2\theta}, R\right) \sim R \quad (4.34)$$

4.2.4 อัตราส่วนกำลังรับกับกำลังสัญญาณแทรกสอด (E_b/I_0)

ความจุของระบบเซลลูลาร์ W-CDMA และ cdma2000 จะขึ้นอยู่กับค่าปริมาณสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นภายในระบบ ในกรณีนี้ได้ทำการศึกษาเป็นการสื่อสารในทิศทางของการเชื่อมโยงขาขึ้น การพิจารณาประสิทธิภาพของระบบนั้น สามารถพิจารณาได้จากค่าอัตราส่วนระหว่างกำลังรับกับกำลังสัญญาณแทรกสอดของระบบ รูปที่ 4.1 เป็นระบบจำลองเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาปริมาณ E_b/I_0 ของมาโครเซลล์กับไมโครเซลล์ ซึ่งประกอบด้วย 7 มาโครเซลล์ และ 1 ไมโครเซลล์ กำหนดให้ระบบอยู่ในสภาวะการควบคุมกำลังแบบสมบูรณ์ ซึ่งจำนวนผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีการกระจายเท่าๆ กัน แบบแบบยูนิฟอร์ม (Uniform) ในแต่ละเซลล์ โดย M และ N คือจำนวนผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ของมาโครเซลล์และไมโครเซลล์ตามลำดับ

4.2.4.1 อัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอดของมาโครเซลล์ (E_b/I_0)_M

จากรูปที่ 4.1 หากพิจารณาอัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอด (E_b/I_0) ของมาโครเซลล์ จะเห็นว่าสัญญาณแทรกสอดเกิดขึ้นจาก 3 ส่วนด้วยกัน ส่วนที่ 1 คือสัญญาณแทรกสอดที่เกิดจากผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ภายในมาโครเซลล์เดียวกัน ส่วนที่ 2 คือผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่ภายในมาโครเซลล์ข้างเคียง และส่วนสุดท้ายคือผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ภายในไมโครเซลล์ ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์ของกำลังรับกับการแทรกสอดที่เกิดขึ้นได้ตามสมการ

$$\left(\frac{E_b}{I_0}\right)_M = \frac{GP_M^r}{\alpha(M-1)P_M^r + \alpha MP_M^r f_{MM} + \alpha NP_\mu^r f_{\mu M}} \quad (4.35)$$

เมื่อ G คือ โพรเซสซิงเกน (Processing Gain)

α คือ แฟคเตอร์ voice activity

P_M^r คือ กำลังรับที่สถานีฐานของมาโครเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่ง P_μ^r คือ กำลังรับที่สถานีฐานของไมโครเซลล์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

f_{MM} คือ แฟคเตอร์การแทรกสอดมาโครเซลล์/มาโครเซลล์

$f_{\mu M}$ คือ แฟคเตอร์การแทรกสอดไมโครเซลล์/มาโครเซลล์

4.2.4.2 อัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ (E_b/I_0) _{μ}

ในทำนองเดียวกัน หากต้องการพิจารณาอัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ จากรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าสัญญาณแทรกสอดที่ส่งผลกระทบต่อไมโครเซลล์จะเกิดจากมาโครเซลล์ที่อยู่บริเวณรอบ และผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ภายในไมโครเซลล์ด้วยกันเอง ดังนั้นจะสามารถแสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอดได้ดังนี้

$$\left(\frac{E_b}{I_0}\right)_{\mu} = \frac{GP_{\mu}^r}{\alpha(N-1)P_{\mu}^r + \alpha MP_M^r f_{M\mu}} \quad (4.36)$$

เมื่อ $f_{M\mu}$ คือ แฟคเตอร์การแทรกสอดมาโครเซลล์ / ไมโครเซลล์

4.2.5 ความจุของระบบ

การพิจารณาความจุของระบบเซลล์ลุ่มาร์ W-CDMA ที่ภายในประกอบด้วยมาโครเซลล์และไมโครเซลล์ต้องแยกพิจารณาความจุของมาโครเซลล์ และไมโครเซลล์ทั้งในกรณีที่ระบบมีและไม่มีสัญญาณแทรกสอดระหว่างกัน โดยเริ่มพิจารณาปริมาณความจุที่เกิดขึ้นในกรณีที่ระบบไม่มีไมโครเซลล์จากสมการ (4.35) ทำการกำจัดปริมาณสัญญาณแทรกสอดที่เกิดไมโครเซลล์ออกแล้วจะได้ความจุของมาโครเซลล์กรณีไม่มีไมโครเซลล์ได้ตามสมการ

$$M_0 = \frac{G}{\alpha \left(\frac{E_b}{I_0}\right)_M^r (1 + f_{MM})} \quad (4.37)$$

เมื่อ M_0 คือ ความจุของมาโครเซลล์กรณีที่ระบบไม่มีไมโครเซลล์

$\left(\frac{E_b}{I_0}\right)_M^r$ คือ ค่าอัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอดต่ำสุดของมาโครเซลล์

ในทำนองกลับกันหากต้องการหาความจุของไมโครเซลล์ ต้องเริ่มพิจารณาในกรณีที่ระบบไม่มีมาโครเซลล์ จากสมการ (4.37) จะให้ความจุของไมโครเซลล์เป็น

$$N_0 = \frac{G}{\alpha \left(\frac{E_b}{I_0}\right)_{\mu}^r} \quad (4.38)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ N_0 คือ ความจุของไมโครเซลลกรณิที่ระบบไม่มีมาโครเซล

$\left(\frac{E_b}{I_0}\right)_\mu^r$ คือ ค่าอัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอดต่ำสุดของไมโครเซล

จากสมการ (4.37) และ (4.38) สามารถหาความจุของระบบที่ประกอบด้วยมาโครเซลและไมโครเซลได้ตามสมการ

$$N = N_0 - Mf_{M\mu}x \quad (4.39)$$

$$M = M_0 - \frac{Nf_{\mu M}}{x(1 + f_{MM})} \quad (4.40)$$

โดย x คือ อัตราส่วนกำลังรับของมาโครเซลกับไมโครเซล และสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ตามสมการ

$$x = \frac{P_M^r}{P_\mu^r} \quad (4.41)$$

เมื่อทำการแทนค่าของ $\left(\frac{E_b}{I_0}\right)_M^r$ และ $\left(\frac{E_b}{I_0}\right)_\mu^r$ ลงในสมการ (4.40) และ (4.41) แล้วจัดรูปสมการใหม่ เราจะได้ความสัมพันธ์ปริมาณความจุของมาโคร และไมโครเซลเป็นตามสมการ

$$M = \frac{M_0}{1 + \frac{Nf_{M\mu}f_{\mu M}}{(N_0 - N)(1 + f_{MM})}} \quad (4.42)$$

จาก (4.42) หากจำนวนผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ในไมโครเซลมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ จะส่งผลให้ความจุที่เกิดขึ้นในมาโครเซลมีค่าสูงสุด ในทำนองกลับกันถ้าจำนวนผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ของไมโครเซลมีค่ามาก ก็จะส่งผลให้ความจุของมาโครเซลลดลงเข้าสู่ศูนย์

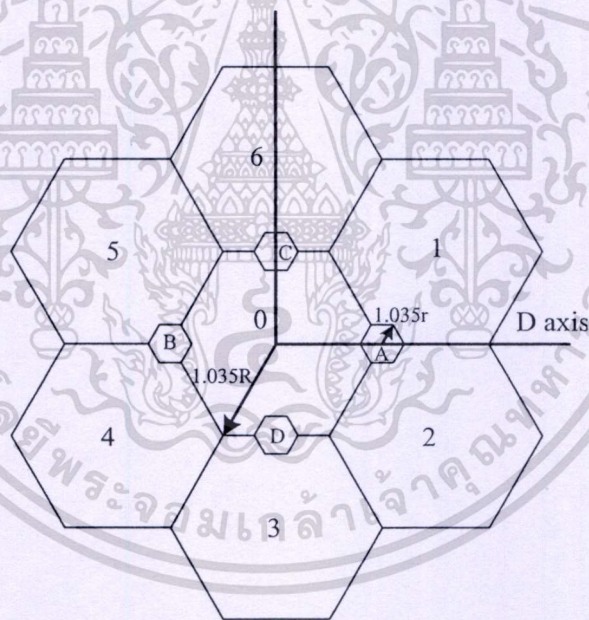
กล่าวโดยสรุปได้ว่าจำนวนผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือความจุของระบบจะมีปริมาณมากหรือน้อยนั้น ก็จะขึ้นอยู่กับค่าสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้น ซึ่งก็คือค่าของ $f_{M\mu}$, $f_{\mu M}$ และ f_{MM} ยิ่งถ้าค่าสัญญาณแทรกสอดเหล่านี้มีค่ามาก ก็จะส่งผลให้ระบบมีปริมาณความจุน้อย ซึ่งก็คือว่าความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณแทรกสอดกับความจุของระบบเป็นแบบผกผันนั่นเอง

บทที่ 5

การวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์สำหรับการวางซ้อนไมโครเซลล์ ของระบบ W-CDMA และ cdma2000

5.1 แบบจำลองระบบ

การวางซ้อนไมโครเซลล์ ที่ใช้จำลองเพื่อการศึกษาและทดลองสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ดังรูปที่ 5.1 ประกอบด้วยมาโครเซลล์ จำนวน 7 เซลล์ แต่ละเซลล์มีรัศมีเท่ากับ $1.035R$ และไมโครเซลล์จำนวน 1 (A), 2 เซลล์ (A และ) 3 เซลล์ (A, B และ C หรือ D) และ 4 เซลล์ (A, B, C และ D) รัศมีแต่ละเซลล์เท่ากับ $1.035r$



รูปที่ 5.1 แบบจำลองการวางทับซ้อนไมโครเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง

จากรูปที่ 5.1 จะเห็นว่าลักษณะรูปแบบของเซลล์ที่ใช้ในการทดลองมีลักษณะเป็นเซลล์แบบหกเหลี่ยม ซึ่งความสัมพันธ์ของเซลล์แบบหกเหลี่ยมและวงกลมเป็นตามสมการ (4.9)

โดยระบบการสื่อสารไร้สายยุคที่ 3 ที่นำมาศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้มี 2 ระบบด้วยกันคือ ระบบ W-CDMA และ cdma 2000 ทั้งนี้ได้กำหนดลักษณะกระจายปริมาณของผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เป็นแบบยูนิฟอร์ม (Uniform) คือมีลักษณะความหนาแน่นของการกระจายผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

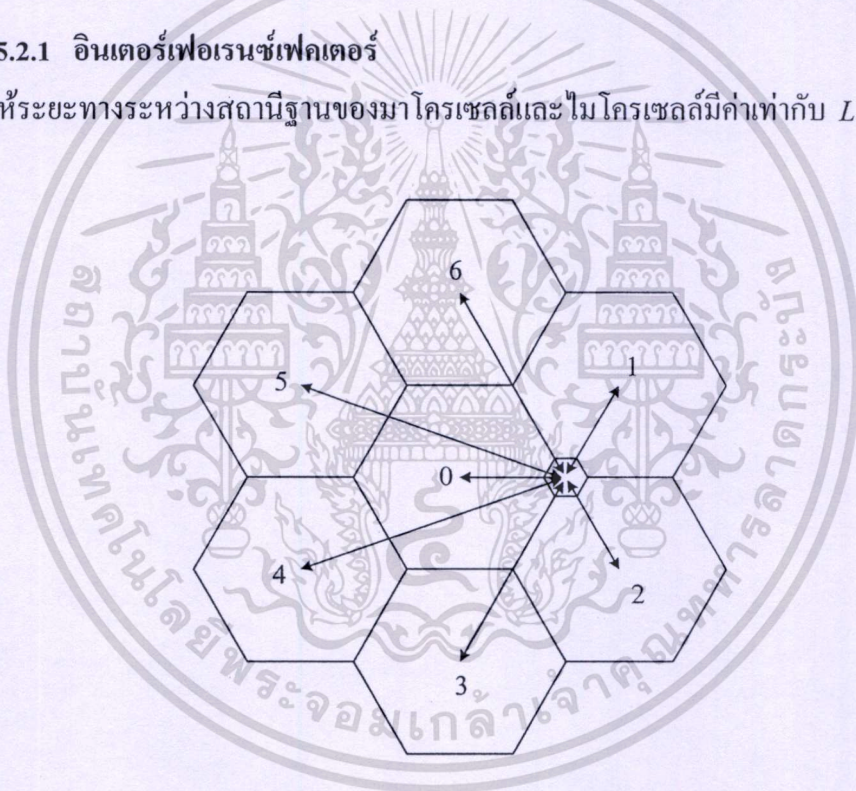
เคลื่อนที่เท่าๆกัน โดยที่ผู้ใช้งาน โทรศัพท์เคลื่อนที่จะเชื่อมต่ออยู่กับสถานีฐานของเซลล์นั้นๆ และอยู่ภายใต้การควบคุมกำลังแบบสมบูรณ์ (Perfect Power Control)

5.2 การทดลองและผลการทดลอง

สำหรับการทดลองได้กำหนดค่าปัจจัยต่างๆ คือ อัตราชิป (Chip Rate) เท่ากับ 3.84 Mcps. และ 3.6864 Mcps. เป็นค่ามาตรฐานของระบบ W-CDMA และ cdma 2000 ตามลำดับ ค่ากำลังในการลดทอน (γ) เท่ากับ 4 รัศมีมาโครเซลล์ มีค่า $R = 1$ และพิจารณารัศมีไมโครเซลล์เท่ากับ $r = 0.1, 0.2$ และ 0.3 ในส่วนตำแหน่งการวางของไมโครเซลล์ หรือระยะทางที่ใช้คำนวณหาปริมาณสัญญาณแทรกสอดจะพิจารณาตามแกน D ที่แสดงดังรูปที่ 5.1

5.2.1 อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟกเตอร์

กำหนดให้ระยะทางระหว่างสถานีฐานของมาโครเซลล์และไมโครเซลล์มีค่าเท่ากับ L



รูปที่ 5.2 ระยะทางระหว่างมาโครเซลล์ 7 เซลล์ กับไมโครเซลล์ 1 เซลล์ (A)

จากรูปที่ 5.2 ระยะทางที่เกิดขึ้นของ LA_0 ถึง LA_6 สามารถคำนวณ และแสดงได้ตามสมการ (5.1) ถึง (5.4) ตามลำดับดังนี้

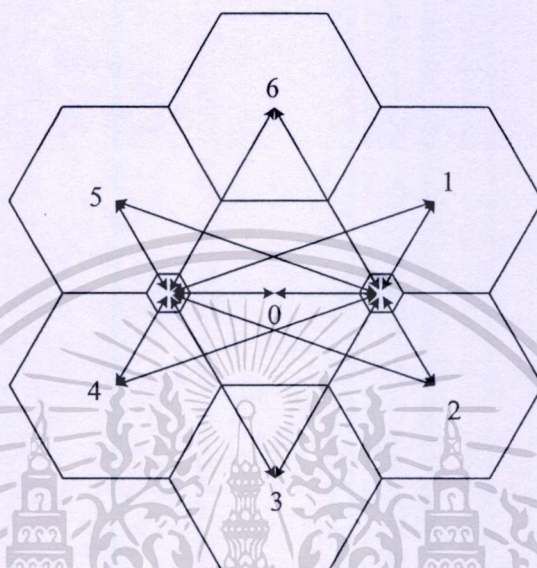
$$LA_0 = D \quad (5.1)$$

$$LA_1 = LA_2 = \sqrt{3.215R^2 - 3.106RD + D^2} \quad (5.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$LA3 = LA6 = \sqrt{3.215R^2 + D^2} \quad (5.3)$$

$$LA4 = LA5 = \sqrt{3.215R^2 + 3.106RD + D^2} \quad (5.4)$$



รูปที่ 5.3 ระยะทางระหว่างมาโครเซลล์ 7 เซลล์ กับไมโครเซลล์ 2 เซลล์ (A และ B)

จากรูปที่ 5.3 ระยะทางที่เกิดขึ้นของ $LA0$ ถึง $LA6$ และ $LB0$ ถึง $LB6$ สามารถคำนวณและแสดงได้ตามสมการ (5.5) ถึง (5.12) ตามลำดับดังนี้

ไมโครเซลล์ A

$$LA0 = D \quad (5.5)$$

$$LA1 = LA2 = \sqrt{3.215R^2 - 3.106RD + D^2} \quad (5.6)$$

$$LA3 = LA6 = \sqrt{3.215R^2 + D^2} \quad (5.7)$$

$$LA4 = LA5 = \sqrt{3.215R^2 + 3.106RD + D^2} \quad (5.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

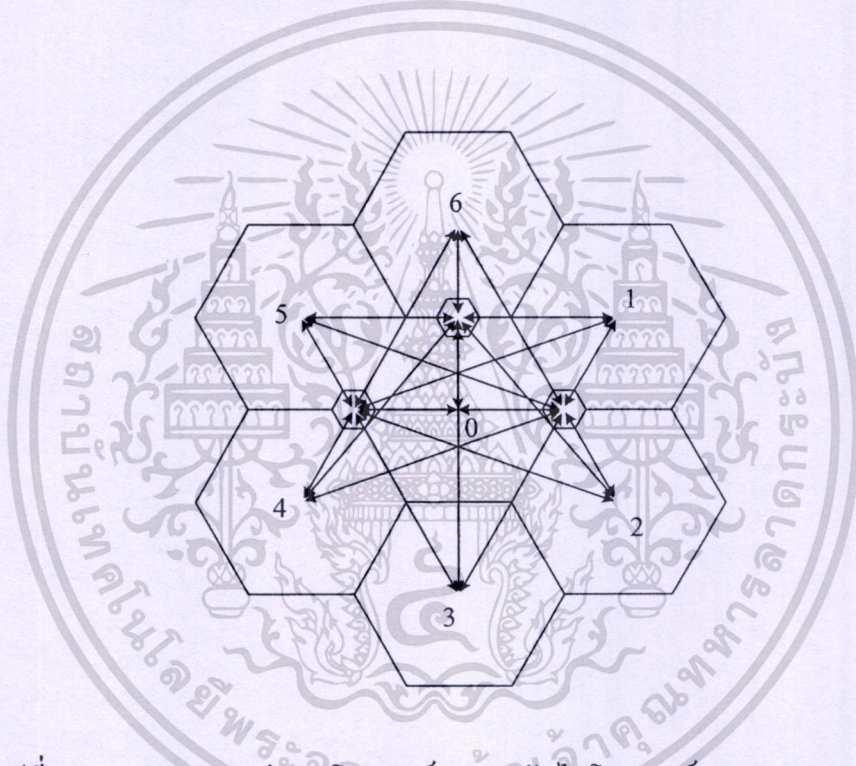
ไมโครเซลล์ B

$$LB0 = D \quad (5.9)$$

$$LB1 = LB2 = \sqrt{3.215R^2 + 3.106RD + D^2} \quad (5.10)$$

$$LB3 = LB6 = \sqrt{3.215R^2 - D^2} \quad (5.11)$$

$$LB4 = LB5 = \sqrt{3.215R^2 - 3.106RD + D^2} \quad (5.12)$$



รูปที่ 5.4 ระยะทางระหว่างไมโครเซลล์ 7 เซลล์ กับ ไมโครเซลล์ 3 เซลล์ (A, B และ C)

จากรูปที่ 5.4 ระยะทางที่เกิดขึ้นของ $LA0$ ถึง $LA6$, $LB0$ ถึง $LB6$ และ $LC0$ ถึง $LC6$ สามารถคำนวณ และแสดงได้ตามสมการ (5.13) ถึง (5.24) ตามลำดับดังนี้

ไมโครเซลล์ A

$$LA0 = D \quad (5.13)$$

$$LA1 = LA2 = \sqrt{3.215R^2 - 3.106RD + D^2} \quad (5.14)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$LA3 = LA6 = \sqrt{3.215R^2 + D^2} \quad (5.15)$$

$$LA4 = LA5 = \sqrt{3.215R^2 + 3.106RD + D^2} \quad (5.16)$$

ไมโครเซลล์ B

$$LB0 = D \quad (5.17)$$

$$LB1 = LB2 = \sqrt{3.215R^2 + 3.106RD + D^2} \quad (5.18)$$

$$LB3 = LB6 = \sqrt{3.215R^2 - D^2} \quad (5.19)$$

$$LB4 = LB5 = \sqrt{3.215R^2 - 3.106RD + D^2} \quad (5.20)$$

ไมโครเซลล์ C

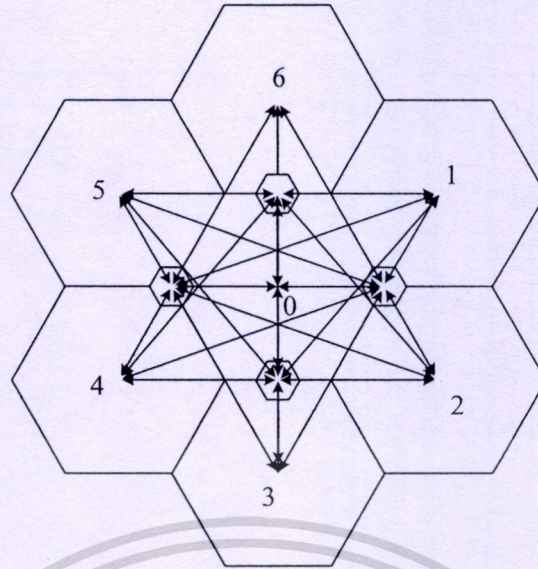
$$LC0 = D \quad (5.21)$$

$$LC1 = LC4 = \sqrt{3.215R^2 + D^2} \quad (5.22)$$

$$LC2 = LC3 = \sqrt{3.215R^2 + 3.106RD + D^2} \quad (5.23)$$

$$LC5 = LC6 = \sqrt{3.215R^2 - 3.106RD + D^2} \quad (5.24)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 ระยะทางระหว่างมาโครเซลล์ 7 เซลล์ กับไมโครเซลล์ 4 เซลล์ (A, B, C และ D)

จากรูปที่ 5.5 ระยะทางที่เกิดขึ้นของ LA_0 ถึง LA_6 , LB_0 ถึง LB_6 , LC_0 ถึง LC_6 และ LD_0 ถึง LD_6 สามารถคำนวณ และแสดงได้ตามสมการ (5.25) ถึง (5.40) ตามลำดับดังนี้

ไมโครเซลล์ A

$$LA_0 = D \quad (5.25)$$

$$LA_1 = LA_2 = \sqrt{3.215R^2 - 3.106RD + D^2} \quad (5.26)$$

$$LA_3 = LA_6 = \sqrt{3.215R^2 + D^2} \quad (5.27)$$

$$LA_4 = LA_5 = \sqrt{3.215R^2 + 3.106RD + D^2} \quad (5.28)$$

ไมโครเซลล์ B

$$LB_0 = D \quad (5.29)$$

$$LB_1 = LB_2 = \sqrt{3.215R^2 + 3.106RD + D^2} \quad (5.30)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$LB3 = LB6 = \sqrt{3.215R^2 - D^2} \quad (5.31)$$

$$LB4 = LB5 = \sqrt{3.215R^2 - 3.106RD + D^2} \quad (5.32)$$

ไมโครเซลล์ C

$$LC0 = D \quad (5.33)$$

$$LC1 = LC4 = \sqrt{3.215R^2 + D^2} \quad (5.34)$$

$$LC2 = LC3 = \sqrt{3.215R^2 + 3.106RD + D^2} \quad (5.35)$$

$$LC5 = LC6 = \sqrt{3.215R^2 - 3.106RD + D^2} \quad (5.36)$$

ไมโครเซลล์ D

$$LD0 = D \quad (5.37)$$

$$LD1 = LD4 = \sqrt{3.215R^2 - D^2} \quad (5.38)$$

$$LD2 = LD3 = \sqrt{3.215R^2 - 3.106RD + D^2} \quad (5.39)$$

$$LD5 = LD6 = \sqrt{3.215R^2 + 3.106RD + D^2} \quad (5.40)$$

ตามที่อธิบายในหัวข้อที่ 4.3.3 มาแล้วนั้น เมื่อนำระยะทางที่คำนวณได้ แทนค่าลงในสมการ (4.28) โดยการทดลองจะเป็นการพิจารณาค่าแห่งไมโครเซลล์ A ที่ $D=0.4$ จนถึง $D=1.2$ ซึ่งผลที่ได้รับแสดงได้ตามรูปที่ 5.8

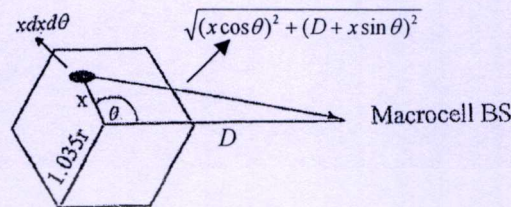
5.2.1.1 มาโคร / มาโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟลคเตอร์ (f_{MM})

จากสมการ (4.21) แทนค่า $R=1$ ลงในสมการ แล้วทำการอินทิเกรตจะได้ปริมาณของมาโคร / มาโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟลคเตอร์คงที่ เท่ากับ 0.0935 เพราะเนื่องจากระยะห่างระหว่างมาโครเซลล์มีค่าคงที่เท่ากับ 1.793R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษานั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

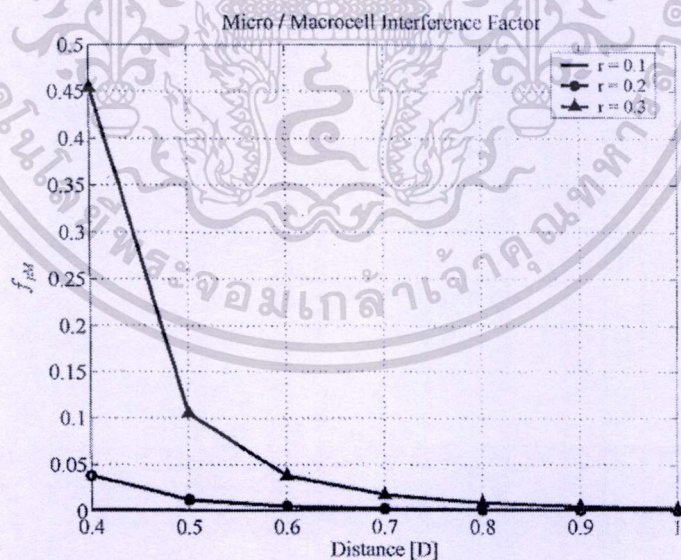
5.2.1.2 ไมโคร / มาโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์ ($f_{\mu M}$)

จากระบบที่จำลองขึ้นมาเพื่อใช้ในการทดลองตามรูปที่ 5.1 สามารถหาระยะทางที่ใช้ในการพิจารณาปริมาณไมโคร / มาโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์เกิดขึ้น แสดงดังรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 แบบจำลองสำหรับคำนวณค่าไมโคร / มาโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์

จากระยะทางที่คำนวณได้ตามรูปที่ 5.6 นำแทนลงในสมการของไมโคร / มาโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์สมการ (4.27) แล้วทำการทดลอง ซึ่งกำหนดรัศมีของมาโครเซลล์ $R=1$ และรัศมีของไมโครเซลล์ $r=0.1, 0.2$ และ 0.3 โดยไมโครเซลล์ที่พิจารณาสัญญาณแทรกสอดนั้นคือไมโครเซลล์ A สำหรับตำแหน่งการวางไมโครเซลล์ จะพิจารณา ณ ตำแหน่ง $D=0.4$ ถึง $D=1$ ซึ่งปริมาณไมโคร / มาโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์ที่เกิดขึ้นแสดงได้ตามรูปที่ 5.7



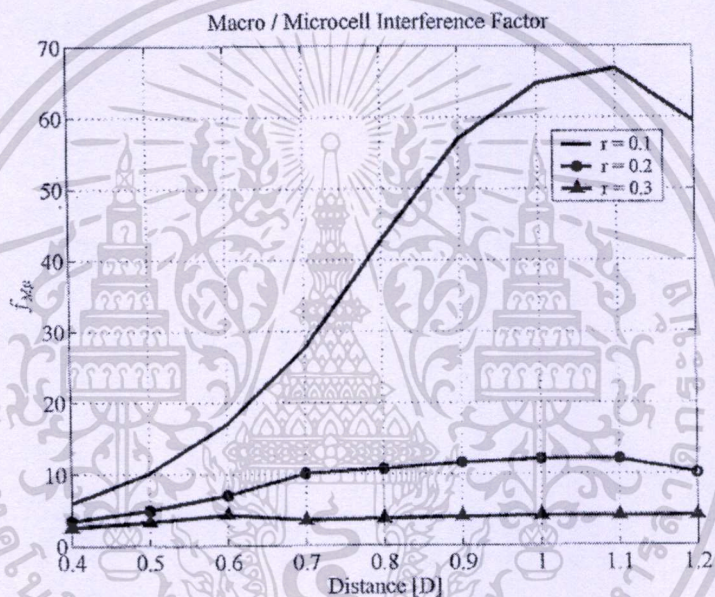
รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ของไมโคร / มาโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์กับระยะทาง D

จากผลการทดลองที่ได้ตามรูปที่ 5.7 จะเห็นว่าปริมาณไมโคร / มาโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์ที่เกิดขึ้นกับรัศมีของไมโครเซลล์มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันตรง ซึ่งก็คือเมื่อไมโครเซลล์มีรัศมีมากขึ้น ปริมาณสัญญาณแทรกสอดก็จะเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ถ้าพิจารณาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เกิดแบล็กโฮต และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นกับตำแหน่งการวางไมโครเซลล์ A จะเห็นว่ามีความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน แสดงว่าเมื่อวางตำแหน่งของไมโครเซลล์ที่ห่างออกไปจะทำให้ปริมาณของไมโคร / มาโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์ลดลง

5.2.1.3 มาโคร / ไมโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์ ($f_{M\mu}$)

สำหรับการทดลองปริมาณสัญญาณแทรกสอดของมาโครเซลล์ ที่ส่งผลกระทบต่อไมโครเซลล์นั้น ในการพิจารณาจะทำการพิจารณาอินเตอร์เฟอเรนซ์ที่เกิดขึ้น ณ ไมโครเซลล์ A โดยสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นจะเกิดจากผู้ใช้งาน โทรศัพท์เคลื่อนที่ในมาโครเซลล์ ทั้ง 7 เซลล์ ซึ่งระยะทางระหว่างมาโครเซลล์ กับไมโครเซลล์ (D) สามารถแสดงตามรูปที่ 5.2, 5.3, 5.4 และ 5.5



รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ของมาโคร / ไมโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์กับระยะทาง D

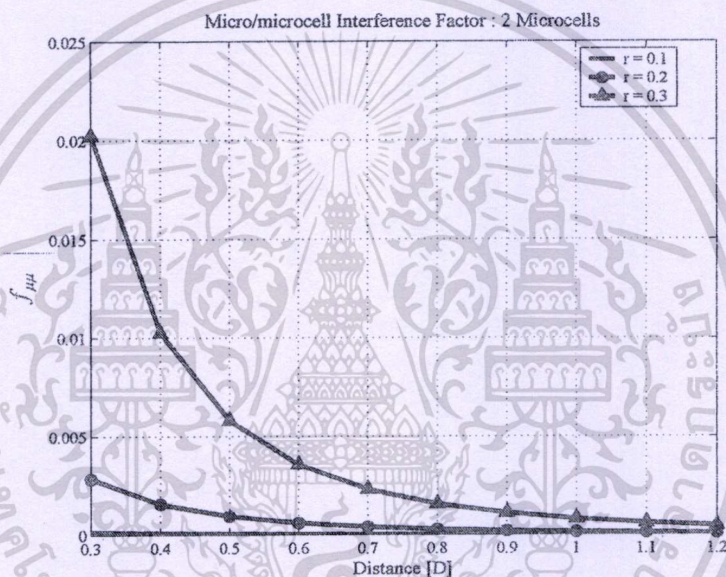
ความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นของมาโคร / ไมโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์ตามรูปที่ 5.8 จะเห็นว่าเมื่อระยะทางการวางตำแหน่งของไมโครเซลล์ หรือระยะทางระหว่างมาโครเซลล์ กับไมโครเซลล์เพิ่มขึ้น ค่ามาโคร / ไมโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์ที่เกิดขึ้นจะเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะทาง D มีค่าเท่ากับ 1.1 ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่งของไมโครเซลล์บนแกน D เคลื่อนที่ออกจากมาโครเซลล์ 0

ในทางตรงกันข้ามหากพิจารณาปริมาณดังกล่าวในเทอมของรัศมีของไมโครเซลล์มีขนาดเพิ่มขึ้น ปริมาณมาโคร / ไมโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์ที่เกิดขึ้นจะลดลง เพราะเนื่องจากว่าผลกระทบที่เกิดจากผู้ใช้งาน โทรศัพท์เคลื่อนที่ในมาโครเซลล์ ส่งผลกระทบมาในปริมาณที่น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

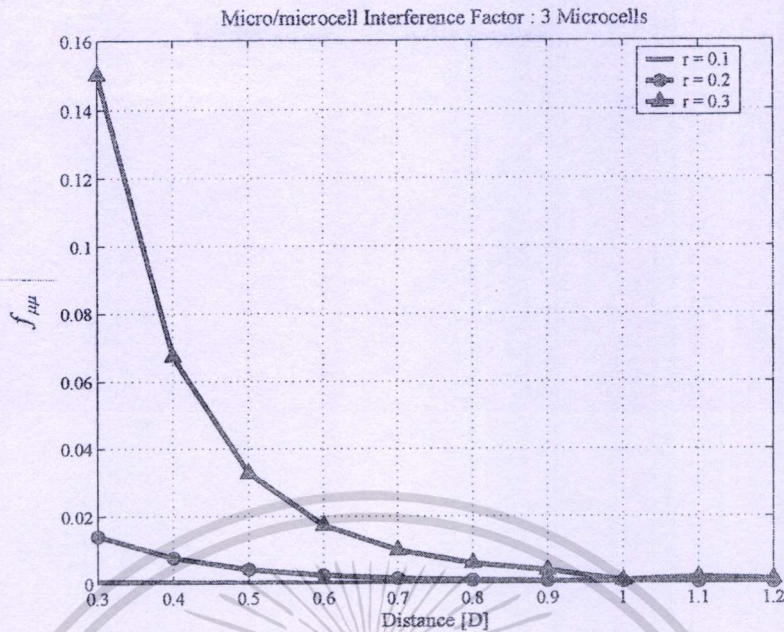
5.2.1.4 ไมโคร / ไมโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์ (f_{μ})

สำหรับการทดลองเพื่อคำนวณหาปริมาณไมโคร / ไมโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์ จะพิจารณาตามหัวข้อที่ 4.3.4 และสมการ (4.37) โดยได้แยกการทดลองออกเป็น 2 กรณี หนึ่งคือ กรณีที่ระบบประกอบด้วยไมโครเซลล์จำนวน 2 เซล ได้แก่ไมโครเซลล์ A และ B โดยกำหนดให้ไมโครเซลล์ B วางอยู่ในตำแหน่งคงที่ $D=0.4$ เพื่อพิจารณาผลของอินเตอร์เฟอเรนซ์ที่เกิดขึ้นของไมโครเซลล์ A เมื่อมีการเลื่อนตำแหน่งการวางบนแกน D ที่ระยะทางเท่ากับ 0.3 ถึง 1.2 ผลที่เกิดขึ้นแสดงตามรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.9 ไมโคร / ไมโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์กับระยะทาง D กรณี 2 ไมโครเซลล์

กรณีที่ 2 นั้นเป็นระบบที่ประกอบด้วยไมโครเซลล์จำนวน 3 เซล คือไมโครเซลล์ A, B และ C ได้กำหนดตำแหน่งของไมโครเซลล์ B และ C ที่ระยะห่างจากศูนย์กลางมาโครเซลล์ 0 เท่ากับ 0.4 ซึ่งผลที่เกิดขึ้นของไมโคร / ไมโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์กับระยะทางได้แสดงไว้ตามรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 ไมโคร / ไมโครเซลล์อินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์กับระยะทาง D กรณี 3 ไมโครเซลล์

จากผลการทดลองของปริมาณอินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์ที่เกิดขึ้นภายในระบบ จะขึ้นกับระยะทางระหว่างเซลล์ที่ทำการพิจารณากับรัศมีของไมโครเซลล์ ดังนั้นในระบบ W-CDMA หรือ CDMA2000 จะให้ผลที่เกิดขึ้นเป็นแบบเดียวกัน เพราะเนื่องจากว่าอัตราชิป (Chip Rate) ไม่มีผลต่อปริมาณสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้น

5.2.2 อัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอด (E_b/I_0)

หลังจากที่ทดลองหาค่าอินเตอร์เฟอเรนซ์เฟคเตอร์ที่เกิดขึ้นของทั้งมาโครเซลล์ และไมโครเซลล์แล้ว เราจะทำการทดลองเพื่อหาค่าอัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอด (E_b/I_0) ของระบบเพื่อจะได้นำไปพิจารณาและหาความจุหรือปริมาณของผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ต่อไป

5.2.2.1 อัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอดของมาโครเซลล์ ($(E_b/I_0)_M$)

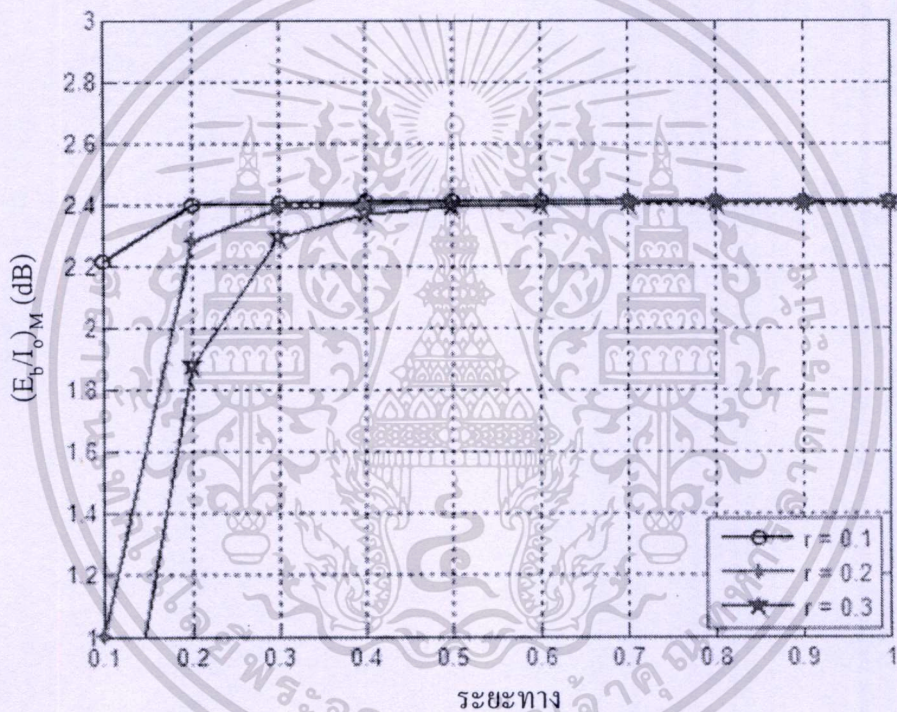
ตามที่ได้แสดงให้เห็นการหาปริมาณของอัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอดในหัวข้อ 4.4 ซึ่งจะเห็นว่าประมาณสัญญาณแทรกสอดเกิดจากผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ภายในมาโครเซลล์ เดียวกัน (มาโครเซลล์ 0) มาโครเซลล์ ข้างเคียง (มาโครเซลล์ 1 ถึง 6) และจากไมโครเซลล์ หากพิจารณาตามระบบที่จำลองขึ้นตามรูปที่ 5.1 จะทำให้สามารถแสดงสมการของอัตราส่วนกำลังรับกับการแทรกสอดของมาโครเซลล์ เพื่อใช้ในการทดลองได้ตามสมการ (5.41)

$$(E_b/I_0)_M = \frac{GP_M^R}{\alpha(M-1)P_M^R + \alpha MP_M^R f_{\mu M} + \sum_{i=1}^n \alpha NP_{iM}^R f_{\mu iM}} \quad (5.41)$$

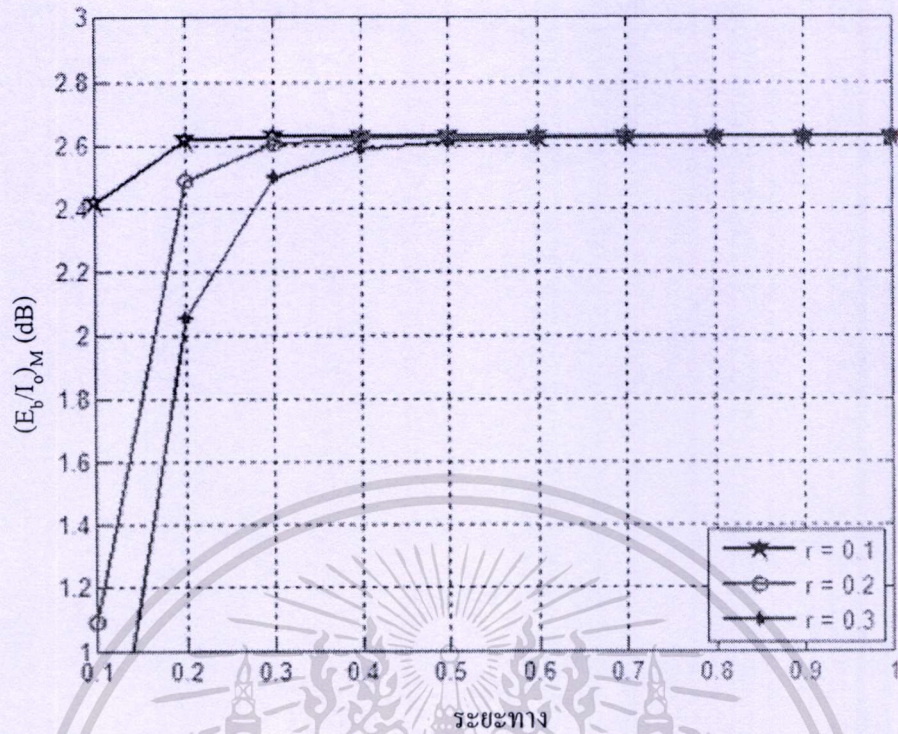
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในโครงการวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการทดลองได้แยกการพิจารณาออกเป็น 4 กรณี คือ หนึ่งเป็นระบบที่มีไมโครเซลล์ A เพียงเซลล์เดียว กรณีที่สองระบบที่พิจารณาประกอบด้วย 2 ไมโครเซลล์ คือ A และ B ในส่วน 3 ไมโครเซลล์ คือ ทั้ง A, B และ C หรือ D กรณีสุดท้ายคือประกอบด้วย 3 ไมโครเซลล์ คือ ทั้ง A, B และ C และ D

หากทำการพิจารณาผลการทดลองที่เกิดขึ้นในกรณีที่ 1 คือ จำลองระบบให้มีไมโครเซลล์ A เพียงเซลล์เดียว โดยให้มีการเลื่อนตำแหน่งบนแกนที่ $D=0.4$ จนถึง $D=1$ ซึ่งผลที่ได้รับสามารถตามรูปที่ 5.8 และ 5.9 ในระบบ cdma 2000 และ W-CDMA ตามลำดับ

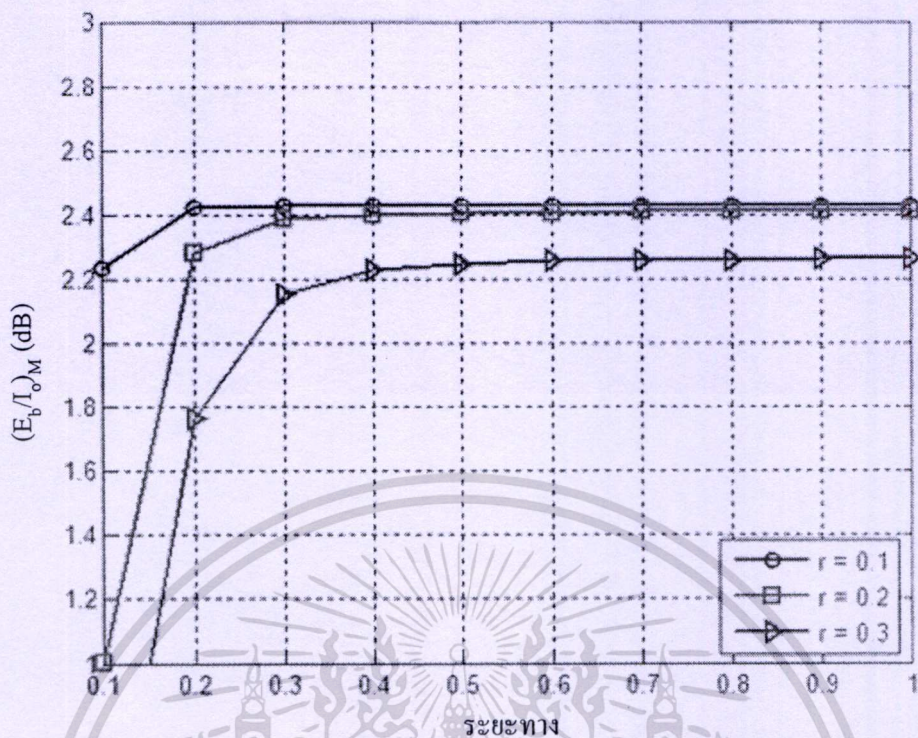


รูปที่ 5.11 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของมาโครเซลล์ในระบบ cdma2000กรณีไมโครเซลล์ 1 เซลล์

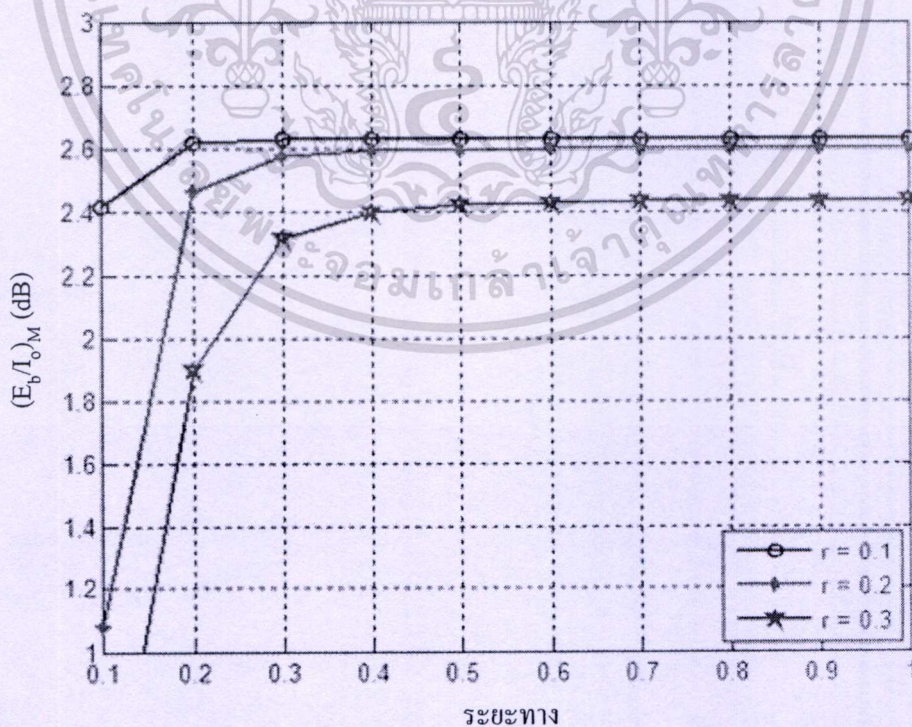


รูปที่ 5.12 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ในระบบ W-CDMA กรณี ไมโครเซลล์ 1 เซลล์

จากรูปที่ 5.11 และ 5.12 จะเห็นว่าแนวโน้มของกราฟทั้งระบบ cdma 2000 และ W-CDMA จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และแปรผันตรงกับปริมาณ $f_{\mu M}$ กล่าวคือ เมื่อทำการออกแบบให้รัศมีของไมโครเซลล์มีขนาดที่เล็กลง และเพิ่มระยะทาง D จะเป็นผลให้ ปริมาณ $(E_b/I_o)_M$ มีค่าที่ดีขึ้น



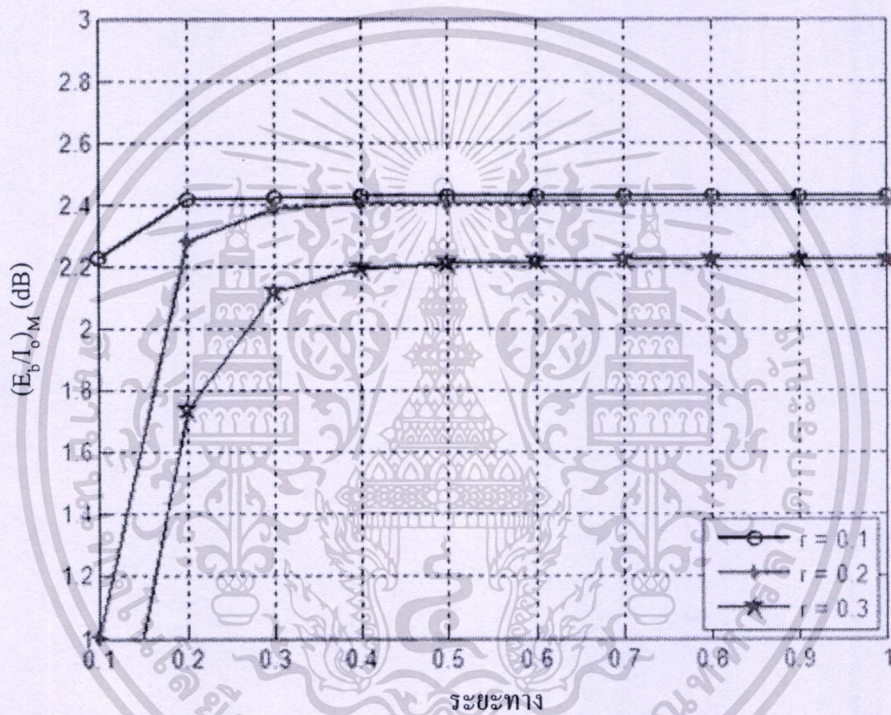
รูปที่ 5.13 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของมาโครเซลล์ในระบบ cdma2000 กรณี 2 ไมโครเซลล์



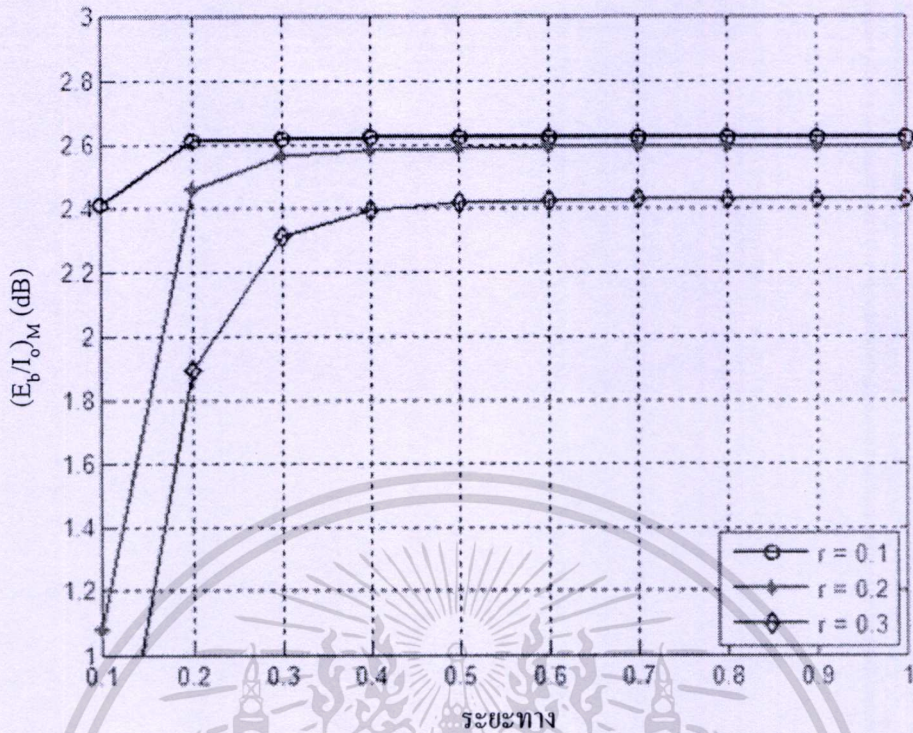
รูปที่ 5.14 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของมาโครเซลล์ในระบบ W-CDMA

เอกสารนี้เป็นเอกสารกรณี 2 ไมโครเซลล์ ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.13 และ 5.14 จะเป็นส่วนของผลการทดลองในกรณีจำนวนที่ 2 ไมโครเซลล์ จะพบว่า แนวโน้มของกราฟทั้งระบบ cdma 2000 และ W-CDMA จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และแปรผันตรงกับ ปริมาณ f_{IM} กล่าวคือ เมื่อทำการออกแบบให้รัศมีของไมโครเซลล์มีขนาดที่เล็กลง และเพิ่ม ระยะทาง D จะเป็นผลให้ ปริมาณ $(E_b/I_o)_M$ นั้นมีค่าที่ดีขึ้น โดยที่กราฟจะแตกต่างกับ กรณี จำนวนที่ 1 ไมโครเซลล์ คือ ปริมาณ $(E_b/I_o)_M$ จะมีปริมาณที่ลดลง อันเป็นผลเนื่องมาจากได้รับ ผลกระทบจากการแทรกสอดของ ไมโครเซลล์ A และ B

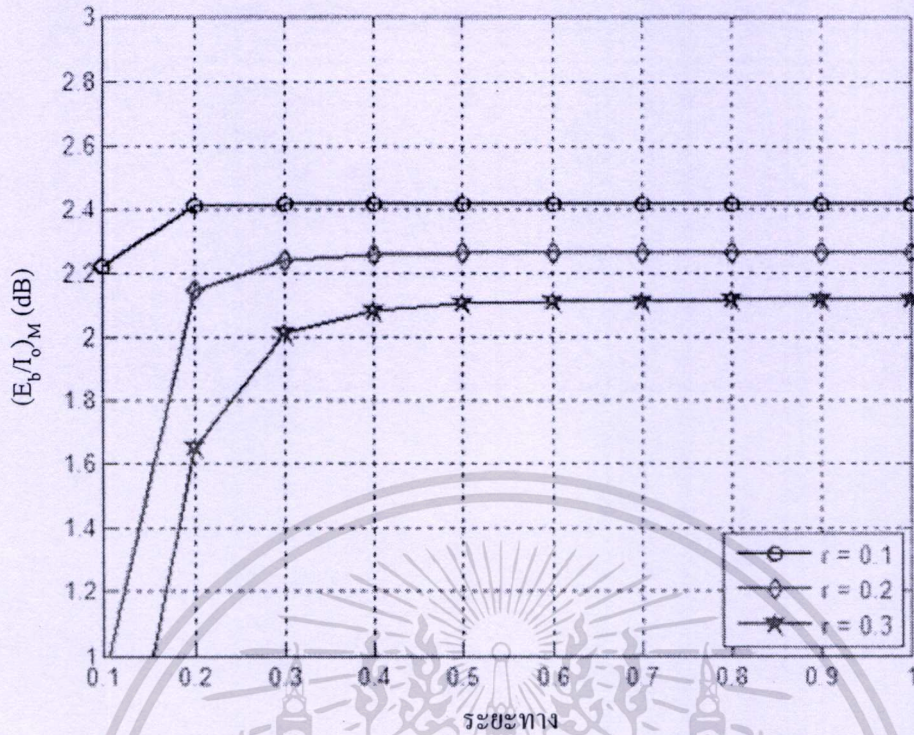


รูปที่ 5.15 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ในระบบ cdma2000 กรณี 3 ไมโครเซลล์

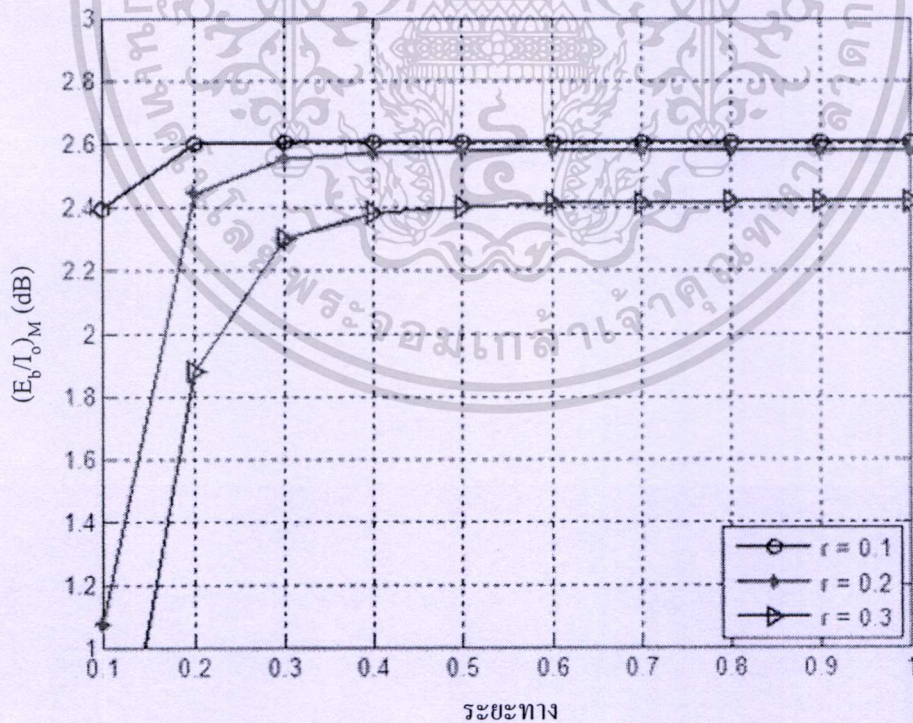


รูปที่ 5.16 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ในระบบ W-CDMA กรณี 3 ไมโครเซลล์

รูปที่ 5.15 และ 5.16 จะเป็นส่วนของผลการทดลองในกรณีจำนวนที่ 3 ไมโครเซลล์ จะพบว่า แนวโน้มของกราฟทั้งระบบ cdma 2000 และ W-CDMA จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และแปรผันตรงกับ ปริมาณ $f_{\mu M}$ กล่าวคือ เมื่อทำการออกแบบให้รัศมีของไมโครเซลล์มีขนาดที่เล็กลง และเพิ่ม ระยะทาง D จะเป็นผลให้ ปริมาณ $(E_b/I_o)_M$ นั้นมีค่าที่ดีขึ้น โดยที่กราฟจะแตกต่างกับ กรณี จำนวนที่ 1 และ 2 ไมโครเซลล์ คือ ปริมาณ $(E_b/I_o)_M$ จะมีปริมาณที่ลดลง อันเป็นผลเนื่องมาจาก ได้รับผลกระทบจากการแทรกสอดของ ไมโครเซลล์ A,B และ C



รูปที่ 5.17 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของมาโครเซลล์ในระบบ cdma2000 4M โครเซลล์



รูปที่ 5.18 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของมาโครเซลล์ในระบบ W-CDMA 4M โครเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุดท้ายคือกรณีที่ระบบประกอบด้วยไมโครเซลล์จำนวน 4 เซล คือ A, B, C และ D ซึ่งผลการทดลองที่ของระบบ cdma 2000 และ W-CDMA แสดงตามรูปที่ 5.17 และ 5.18 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากกราฟ จะพบว่าแนวโน้มของกราฟทั้งระบบ cdma 2000 และ W-CDMA จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และแปรผันตรงกับปริมาณ $f_{\mu M}$ กล่าวคือ เมื่อทำการออกแบบให้รัศมีของไมโครเซลล์มีขนาดที่เล็กลง และเพิ่มระยะทาง D จะเป็นผลให้ ปริมาณ $(E_b/I_o)_M$ นั้นมีค่าที่ดีขึ้น โดยที่กราฟจะแตกต่างกับ กรณีจำนวนที่ 1 2 และ 3 ไมโครเซลล์ คือ ปริมาณ $(E_b/I_o)_M$ จะมีปริมาณที่ลดลงโดยเฉพาะทางด้านระบบ cdma 2000 อันเป็นผลเนื่องมาจากได้รับผลกระทบจากการแทรกสอดของ ไมโครเซลล์ A, B, C และ D

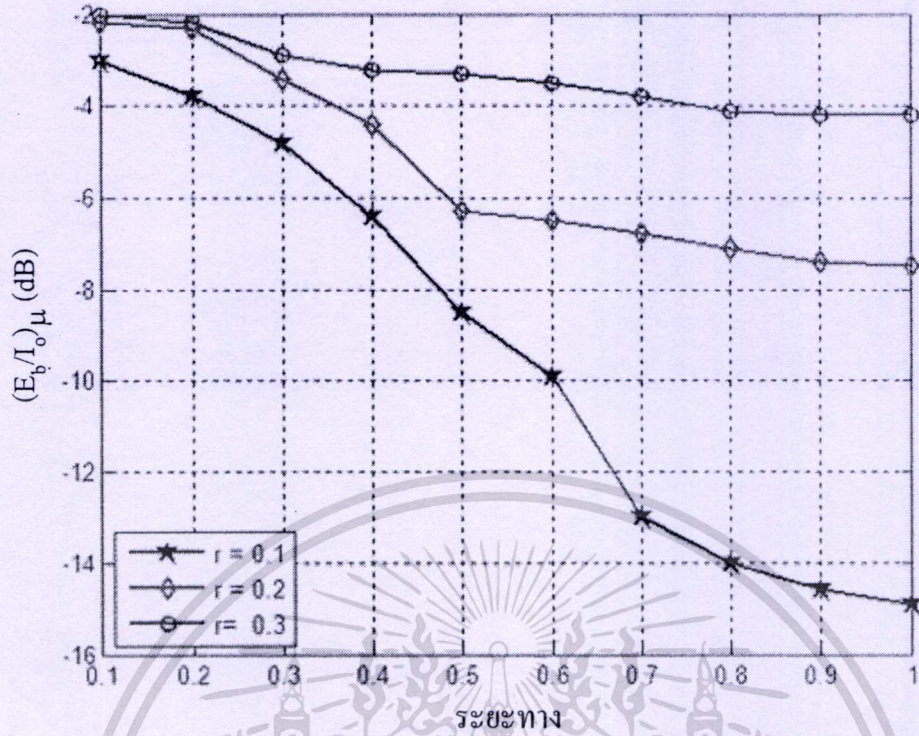
ทั้งนี้จะเห็นว่าแนวโน้มปริมาณของอัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอดในแต่ละกรณี จะมีความสัมพันธ์ในทำนองเดียวกัน โดยที่ปริมาณอัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ $(E_b/I_o)_M$ ของระบบ cdma 2000 นั้นจะมีปริมาณน้อยกว่าระบบ W-CDMA เพราะว่ามีปริมาณอัตราขยายของการประมวลผล (Processing Gain) ของ W-CDMA ตามสมการ (5.41)

5.2.2.2 อัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ $(E_b/I_o)_\mu$

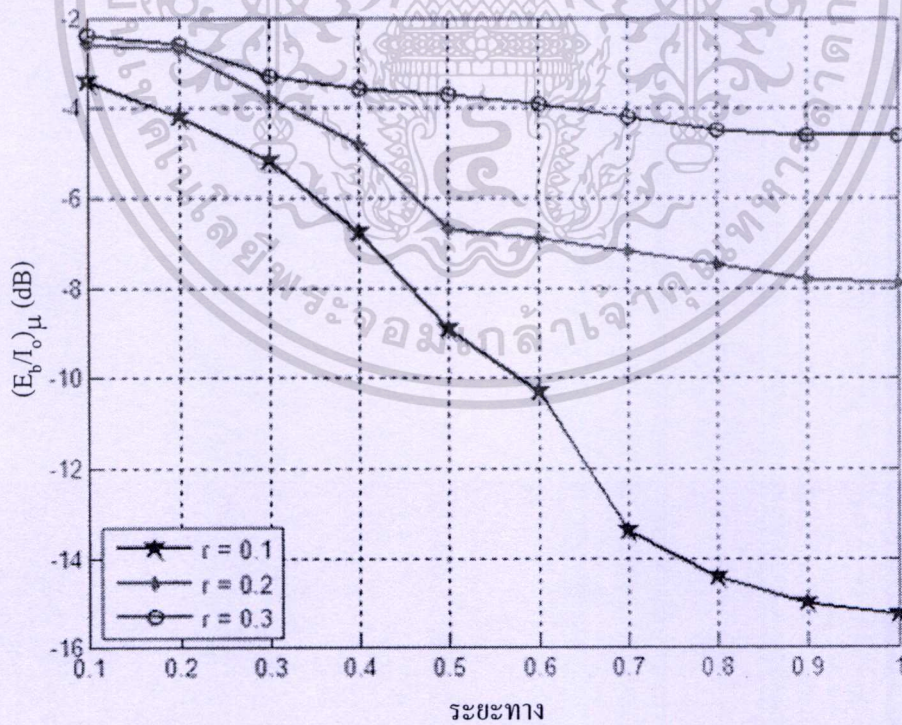
การทดลองเพื่อวิเคราะห์ปริมาณอัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ ได้พิจารณาถึงปริมาณสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นกับไมโครเซลล์ A ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการเพื่อใช้ในการทดลองระบบตามสมการ (5.6)

$$(E_b/I_o)_\mu = \frac{GP_\mu^R}{\alpha(N-1)P_\mu^R + \sum_{i=1}^n \alpha NP_\mu^R f_{\mu i} + \sum_{j=1}^m \alpha MP_M^R f_{Mj}} \quad (5.42)$$

สำหรับการทดลองของไมโครเซลล์ ได้กำหนดเช่นเดียวกับไมโครเซลล์ คือ ได้แยกการพิจารณาออกเป็น 3 กรณี โดยกรณีที่ 1 ผลการทดลองที่เกิดขึ้นแสดงผลตามรูปที่ 5.14 และ 5.15 ซึ่งเป็นของระบบการสื่อสารไร้สายแบบ cdma 2000 และ W-CDMA ตามลำดับ



รูปที่ 5.19 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ในระบบ cdma2000
กรณี 1 ไมโครเซลล์

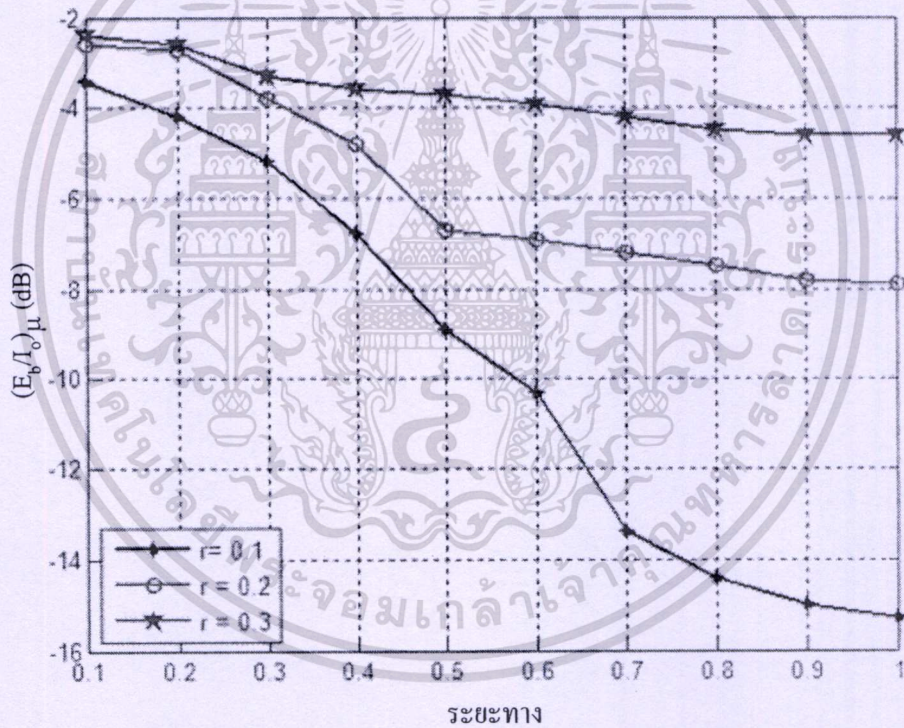


รูปที่ 5.20 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ในระบบ W-CDMA
กรณี 1 ไมโครเซลล์

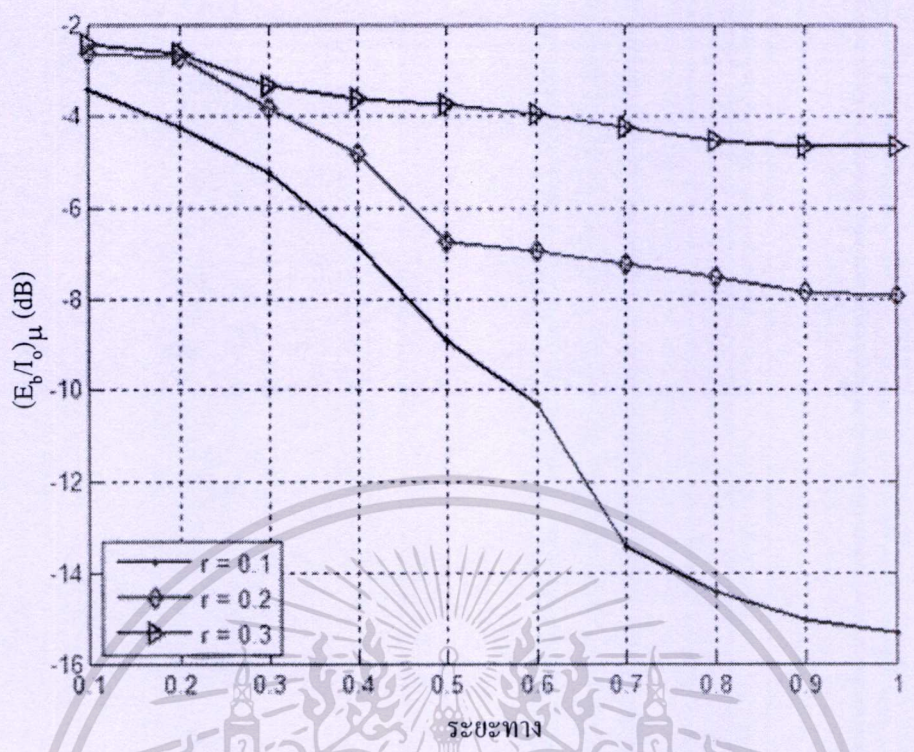
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.19 และ 5.20 จะเป็นผลการทดลองที่เกิดขึ้นในกรณีที่ 1 ไมโครเซลล์ สังเกตว่าเมื่อไมโครเซลล์ A มีการเคลื่อนที่ห่างออกไปตามแนวแกน D ปริมาณอัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นจะมีปริมาณที่ลดลง อันเป็นผลเนื่องมาจากได้รับผลกระทบจากการแทรกสอดเพิ่มขึ้นจากเซลล์ข้างเคียงที่ มาโครเซลล์ 1,2 แต่เมื่อเคลื่อนที่ออกไป ณ ที่ $D > 1.1$ ปริมาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นจะเริ่มมีค่าน้อยลง เนื่องจากไมโครเซลล์ A มีตำแหน่งออกนอกบริเวณมาโครเซลล์ หลักที่ 0 ออกไปแล้ว จึงมีผลกระทบจากการแทรกสอดที่น้อยลง

ซึ่งค่า $(E_b/I_0)_\mu$ นั้นจะแปรผันตรงกับ ปริมาณ $f_{M\mu}$ กล่าวคือ เมื่อทำการออกแบบระบบให้มีขนาดรัศมีของไมโครเซลล์ที่เพิ่มขึ้น พร้อมทั้งทำการเลื่อนระยะ D ให้ลดลง จะส่งผลให้ปริมาณ อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์จะมีค่าที่ดีขึ้น โดยจะพบว่าการาฟทั้งทางด้าน cdma 2000 และ W-CDMA จะมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันในการออกแบบ

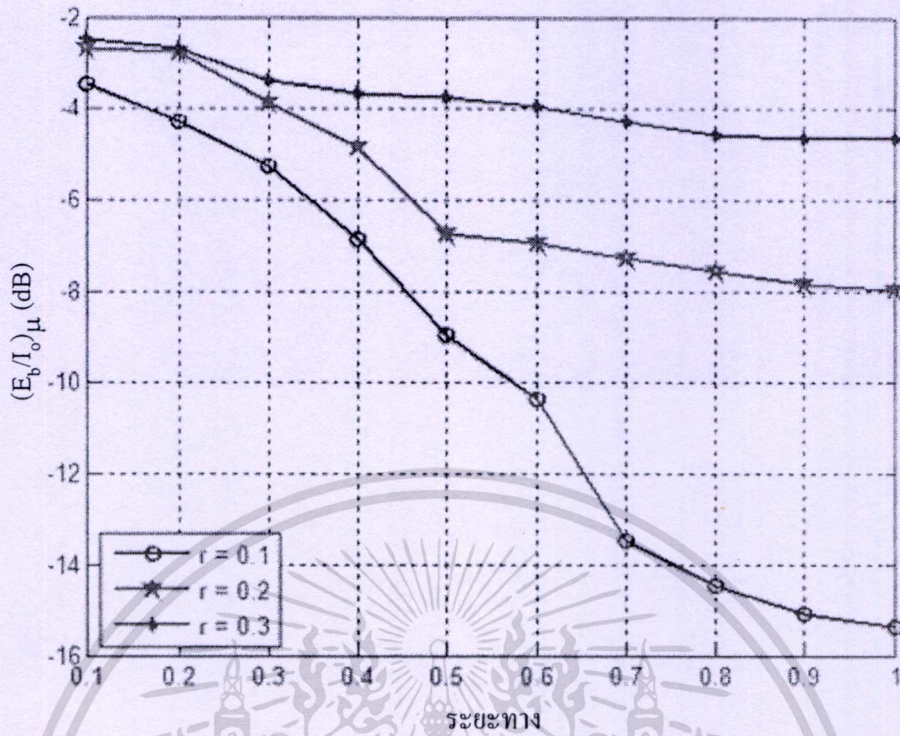


รูปที่ 5.21 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ในระบบ cdma2000 กรณี 2 ไมโครเซลล์

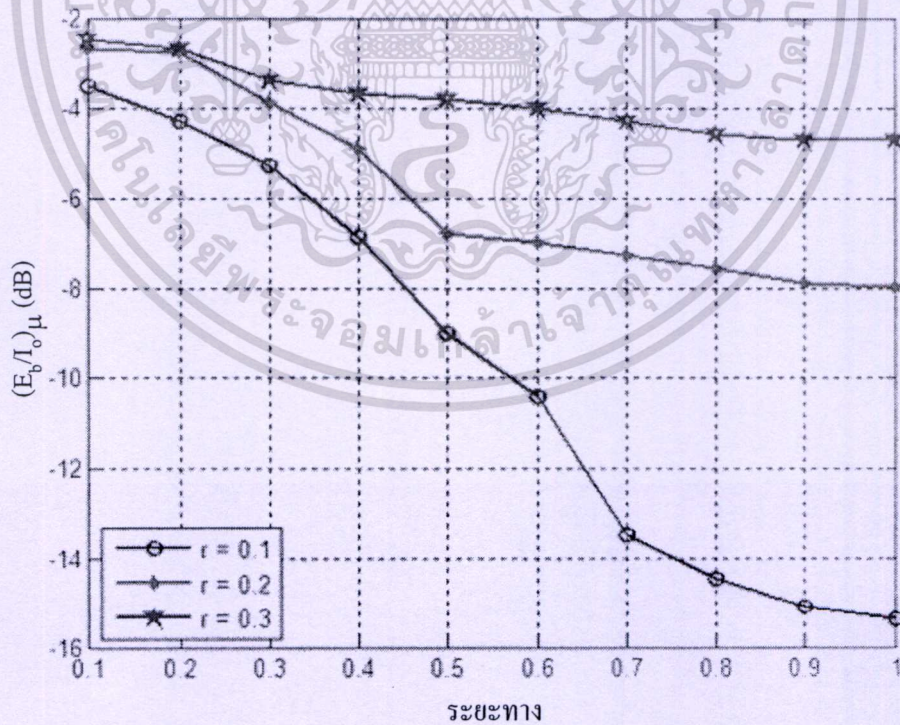


รูปที่ 5.22 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ในระบบ W-CDMA กรณี 2 ไมโครเซลล์

รูปที่ 5.21 และ 5.22 จะเป็นส่วนของผลการทดลองในกรณีจำนวนที่ 2 ไมโครเซลล์ จะพบว่า แนวโน้มของกราฟทั้งระบบ cdma 2000 และ W-CDMA จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และจะแปรผันตรงกับปริมาณ f_{Mu} กล่าวคือ เมื่อทำการออกแบบให้รัศมีของไมโครเซลล์มีขนาดที่เพิ่มขึ้น และลดระยะทาง D จะเป็นผลให้ ปริมาณ $(E_b/I_0)_\mu$ นั้นมีค่าที่ดีขึ้น โดยที่กราฟจะแตกต่างกับ กรณีจำนวนที่ 1 ไมโครเซลล์ คือ ปริมาณ $(E_b/I_0)_\mu$ จะมีปริมาณที่ลดลง อันเป็นผลเนื่องมาจากได้รับผลกระทบจากการแทรกสอดของ ไมโครเซลล์ A และ B



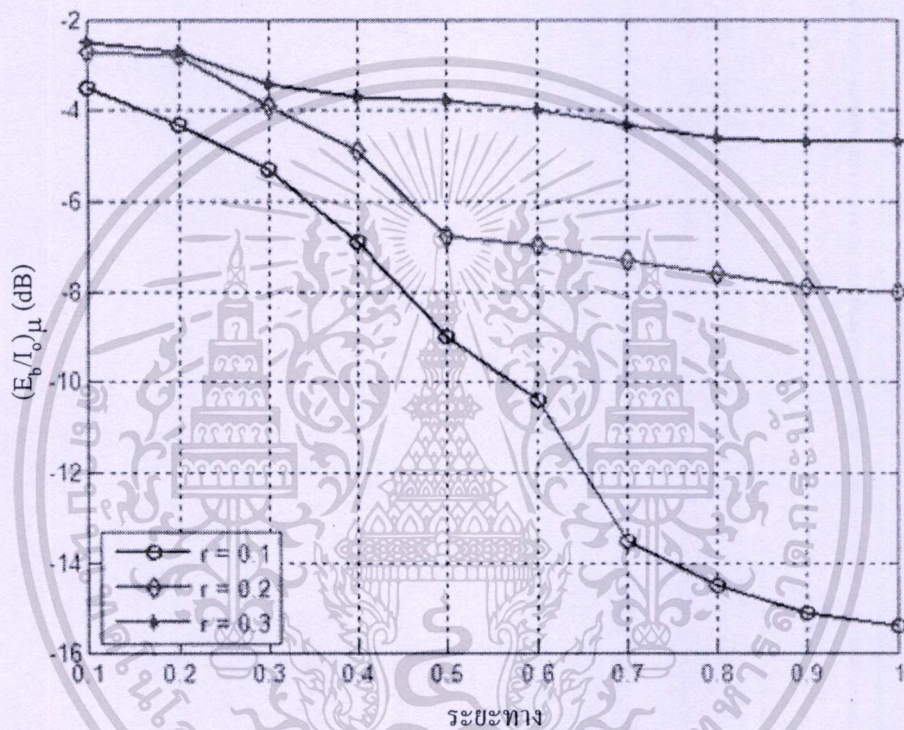
รูปที่ 5.23 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ในระบบ cdma2000
กรณี 3 ไมโครเซลล์



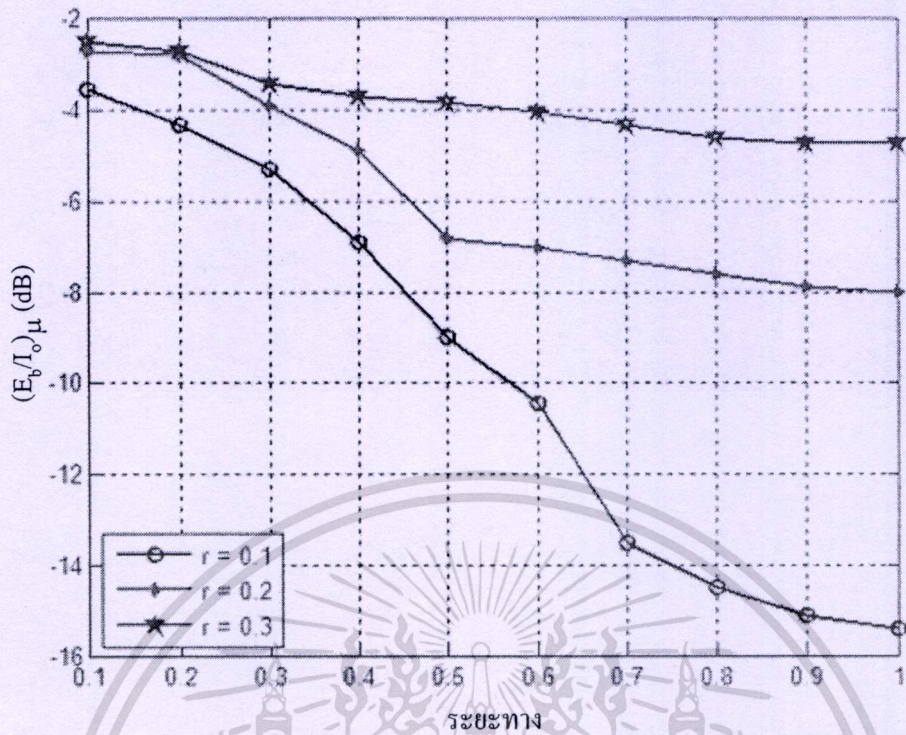
รูปที่ 5.24 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ในระบบ W-CDMA
กรณี 3 ไมโครเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.23 และ 5.24 จะเป็นส่วนของผลการทดลองในกรณีจำนวนที่ 3 ไมโครเซลล์ จะพบว่า แนวโน้มของกราฟทั้งระบบ cdma 2000 และ W-CDMA จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และจะแปรผันตรงกับปริมาณ $f_{M\mu}$ กล่าวคือ เมื่อทำการออกแบบให้รัศมีของไมโครเซลล์มีขนาดที่เพิ่มขึ้น และลดระยะทาง D จะเป็นผลให้ ปริมาณ $(E_b/I_0)_\mu$ นั้นมีค่าที่ดีขึ้น โดยที่กราฟจะแตกต่างกับ กรณีจำนวนที่ 2 ไมโครเซลล์ คือ ปริมาณ $(E_b/I_0)_\mu$ จะมีปริมาณที่ลดลง อันเป็นผลเนื่องมาจากได้รับผลกระทบจากการแทรกสอดของ ไมโครเซลล์ A, B และ C



รูปที่ 5.25 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของ ไมโครเซลล์ในระบบ cdma2000 กรณี 4 ไมโครเซลล์



รูปที่ 5.26 อัตราส่วนกำลังรับต่อกำลังสัญญาณแทรกสอดของไมโครเซลล์ในระบบ W-CDMA กรณี 4 ไมโครเซลล์

รูปที่ 5.25 และ 5.26 จะเป็นส่วนของผลการทดลองในกรณีจำนวนที่ 4 ไมโครเซลล์ จะพบว่า แนวโน้มของกราฟทั้งระบบ cdma 2000 และ W-CDMA จะมีค่าที่ใกล้เคียงกันกับ กรณีจำนวนที่ 1, 2 และ 3 ไมโครเซลล์ และจะแปรผันตรงกับปริมาณ $f_{M\mu}$ กล่าวคือ เมื่อทำการออกแบบให้รัศมีของ ไมโครเซลล์มีขนาดที่เพิ่มขึ้น และลดระยะทาง D จะเป็นผลให้ ปริมาณ $(E_b/I_0)_\mu$ นั้นมีค่าที่ดีขึ้น โดยที่กราฟจะแตกต่างกับ กรณีจำนวนที่ 3 ไมโครเซลล์ คือ ปริมาณ $(E_b/I_0)_\mu$ จะมีปริมาณที่ ลดลง อันเป็นผลเนื่องมาจาก ได้รับผลกระทบจากการแทรกสอดของ ไมโครเซลล์ A, B, C และ D

ทั้งนี้ จะเห็นว่า แนวโน้มปริมาณของอัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอดในแต่ละกรณี จะมีความสัมพันธ์ในทำนองเดียวกัน โดยที่ปริมาณอัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอดของ ไมโครเซลล์ $(E_b/I_0)_\mu$ ของระบบ cdma 2000 นั้นจะมีปริมาณน้อยกว่าระบบ W-CDMA เพราะว่า ปริมาณอัตราขยายของการประมวลผล (Processing Gain) ของ W-CDMA ตามสมการ (5.42)

5.2.3 ปริมาณผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ของระบบ

ตามที่ได้นำเสนอการพิจารณาความจุของระบบ W-CDMA ในหัวข้อ 4.5 ตามสมการ (4.42) จะเห็นว่าปริมาณความจุของระบบขึ้นกับอินเตอร์เฟรเควนซ์เฟลคเตอร์ 2 ปัจจัย คือ มาโคร / ไมโคร เซลอินเตอร์เฟรเควนซ์เฟลคเตอร์และไมโคร / มาโครเซลอินเตอร์เฟรเควนซ์เฟลคเตอร์ แต่เนื่องจากว่าระบบที่จำลองขึ้นมาเพื่อพิจารณาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ประกอบด้วยไมโครเซลล์มากกว่า 1 เซล ซึ่งทำให้เกิดไมโคร / ไมโครเซลอินเตอร์เฟรเควนซ์เฟลคเตอร์ด้วย ดังนั้นปริมาณความจุของระบบสามารถแสดงตามสมการ

$$M = \frac{M_0}{1 + \frac{Nf_{MM}f_{\mu M}}{(N_0 - N)(1 + f_{MM})(1 + f_{\mu M})}} \quad (5.43)$$



บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การสื่อสารไร้สายในยุคปัจจุบันนี้ ได้ก้าวเข้าสู่ยุคที่ 3 หรือ มาตรฐาน IMT-2000 เพื่อรองรับการใช้งานด้านมัลติมีเดียที่มีอัตราเร็วข้อมูลที่สูงขึ้น ซึ่งระบบที่นำมาใช้เชิงพาณิชย์กันอย่างแพร่หลายคือ cdma 2000 และ W-CDMA โดยมีพื้นฐานทางด้านการออกแบบเซลล์ตามระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ ซึ่งภายในพื้นที่ให้บริการภายในเซลล์นั้น จะมีความหนาแน่นของผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูงจะมีผู้ใช้งานจำนวนหนึ่งที่ไม่สามารถร้องขอบริการได้ (call blocking) ซึ่งเทคนิคที่นำมาแก้ไขปัญหาดังกล่าว การวางซ้อนไมโครเซลล์ทับซ้อนลงบนพื้นที่ ที่มาโครเซลล์ไม่สามารถรองรับบริการได้ แต่สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงก็คือ การเกิดปัญหาการแทรกสอดกันเพิ่มขึ้นระหว่างมาโครเซลล์และไมโครเซลล์

การจำลองผลและการคำนวณหาความสัมพันธ์ของค่ารัศมี ระยะทางในการวางทับซ้อน และจำนวนของไมโครเซลล์ ที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการนำเสนอแนวทางในการออกแบบการวางทับซ้อนไมโครเซลล์ด้วยค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ต่อปริมาณสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นให้ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพระบบให้น้อยที่สุด

สำหรับในการทดลองเพื่อศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อระบบนั้น ได้อยู่บนสมมติฐานของแบบจำลองที่ประกอบด้วย ไมโครเซลล์ จำนวน 4 เซลล์ และมาโครเซลล์ จำนวน 7 เซลล์ โดยได้กำหนดตำแหน่งในการวางของไมโครเซลล์ที่ระยะต่างๆ ตั้งแต่ 0.4 ถึง 1.2 และรัศมีของไมโครเซลล์ในการออกแบบ ในการทดลองเท่ากับ 0.1, 0.2 และ 0.3 ซึ่งผลการทดลองที่เกิดขึ้นได้นำเสนอในรูปของปริมาณสัญญาณแทรกสอดรบกวน และในเชิงของอัตราส่วนกำลังรับกับสัญญาณแทรกสอด ที่เกิดขึ้นทั้งมาโครเซลล์ และไมโครเซลล์ โดยทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างระบบ cdma 2000 และ W-CDMA

จากผลการทดลองจะพบว่า $f_{M\mu}$ และ $f_{\mu M}$ นั้นเป็นปริมาณที่แปรผกผันกัน ดังนั้นการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะส่งผลให้ปริมาณดังกล่าว ไม่มากขึ้นจนเกินไปจนส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพระบบ โดยค่า D ที่เหมาะสมจะอยู่ที่ ระยะ 0.7 จากการทดลองออกแบบที่รัศมีไมโครเซลล์เท่ากับ 0.1 เมื่อคำนวณที่ 1 ไมโครเซลล์ และที่รัศมี 0.3 เมื่อคำนวณที่ 3 ไมโครเซลล์

นอกจากพารามิเตอร์ที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีพารามิเตอร์ที่สำคัญต่อผลลัพธ์ของการทดลองที่เกิดขึ้น นั่นคือ อัตราเร็วชิป(chip rate) ซึ่งจะส่งผลกระทบโดยตรงต่ออัตราขยายของการประมวลผล (Processing gain) โดยจะมีค่าที่แตกต่างกันในระบบ cdma 2000 และ W-CDMA

บรรณานุกรม

- [1] J. D. Vriendt, P. Laine, C. Lerouge and X. Xu, "Mobile network evolution: a revolution on the move," *IEEE Commun. Mag.*, pp. 104-111, 2001.
- [2] A. Goldsmith, **Wireless Communication**, Cambridge University Press, 2005.
- [3] W. C. Y. Lee, "Overview of Cellular CDMA," *IEEE Trans. Veh. Tech.*, Vol. 40, No. 2, pp.291-302, May 1991.
- [4] D. H. Kim, D.D. Lee, H. J. Kim and K. C. Whang, "Capacity analysis of macro/microcellular CDMA with power ratio control and tilted antenna," *IEEE Trans. Veh. Tech.*, Vol. 49, No. 1, pp. 34-42, January 2000.
- [5] G. Wahyudianto and G. Wibisono, "Capacity Analysis of Macrocellular CDMA with Power Ratio Control," *IEICE Trans. Com.*, Vol.E-84, No.11, pp.433-436, Nov 2001.
- [6] P. Moungnoul and M. Pongsuwanporn, "Capacity Analysis of Macro and Microcell Layout in W-CDMA Cellular System," *In Proc. of APCC 2007*, pp. 253-256, October 18-20, 2007
- [7] M. Kuwabara editor, "Mobile Telephone," *IEICE*, pp. 234-250, 1985.
- [8] T. Okumura, E. Ohmori and K. Fukuda, "Field strength and its variability in VHF and UHF land mobile service," *Review Electrical Communication Laboratory*, Vol. 16, No. 9-10, pp. 825-873, Sept.-Oct. 1968.
- [9] K. Akimaru, **Information Communication Traffic – Basic and Its Application**, Ohmsha, pp.1-22, 1990.
- [10] B. H. Fleury and P.E. Leuthold, "Radiowave propagation in Mobile Communications: An Overview of European Research," *IEEE Communication Mag.* Vol.34, No.2 pp. 70-81, Feb 1996.
- [11] V Erceg, L. J. Greenstein, S. Y. Tjandra, S. R. Parkoff, A. Gupta, B. Kulic, A. A. Julius and R. Bianchi, "An empirically based path loss model for wireless channels in suburban environments," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, pp. 1205-1211, July 1999.
- [12] M. V. Clark, V.Erceg, and L. J. Greenstrin, "Reused efficiency in urban microcellular network," *IEEE Trans Veh.Tech.*, pp, 279-88, May 1997.
- [13] V.K. Garg, **IS-95 and CDMA 2000**, Prentice Hall PTR, 2000.

- [15] L.B. Milstein, “**Wideband Code Division Multiple Access**,” IEEE J. Select. Areas Commun., Vol.18, No.8, pp. 1344 – 1354, Aug. 2000.
- [16] The ITU Association of Japan. **Cellular Mobile Telephone System for Rural Communication**, WCDMA System Overview, 2003.
- [17] สายัณห์ พวงเงิน, 2524, การคำนวณปริมาณผู้ใช้และพื้นที่ครอบคลุมเซลล์ที่เหมาะสมในระบบเซลลูลาร์ซีดีเอ็มเอตามลักษณะพื้นที่ให้บริการ, กรุงเทพมหานคร : วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า-บัณฑิตวิทยาลัย.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [18] Zahid Ghadialy, “**Handover principle and concepts**”,
http://3g4g.co.uk/Tutorial/ZG/zg_handover.html
- [19] T. Griparis, T. Lee, Bechtel Corporation, “**The Capacity of a WCDMA**”, Bechtel Telecommunication Technical Journal, Vol.3, No.1, pp.73-78, Aug. 2005,
- [20] C. de Almeida, R.P. Fabris Hoefel, Faculdade de Engenharia Eletrica e de Computacao, Caixa Postal, “**On the Interference of Cellular CDMA Systems**”, IEEE Conference Processing, Vol. 1, pp. 166-171, Aug. 1998.
- [21] A. Masmoudi, S. Tabbane, “**Other-cell-interference factor Distribution Model in Downlink WCDMA Systems**”, IEEE Institut National des Sciences Appliquées et de Technologie (INSAT), Vol.36, No.3, pp.245 – 275, Feb. 2006.
- [22] J. Wang and L.B. Milstein “**Approximate interference of a microcellular spread spectrum system**”, Electronics Letters, Vol.31, No.20, pp. 1782 – 1783, Sep. 1995,



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

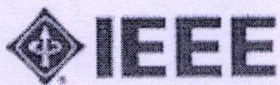
ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

[1] Phichet Moungnoul, Nanut Laipat, Tran Tuan Hung and Tawil Paungma “**GSM Traffic by Combing Forecasting Technique**”, International Conference on Information Communication and Signal Processing (ICICS) 2005, Bangkok, Thailand, 2005.

[2] Phichet Moungnoul, Nanut Laipat, Somyot Junnapiya and Somsak Mitatha “**Microcell Overlay for IMT-2000 Cellular System**”, International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT) 2008, Vientiane, Lao, 2008.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



IT
C 2008
IS

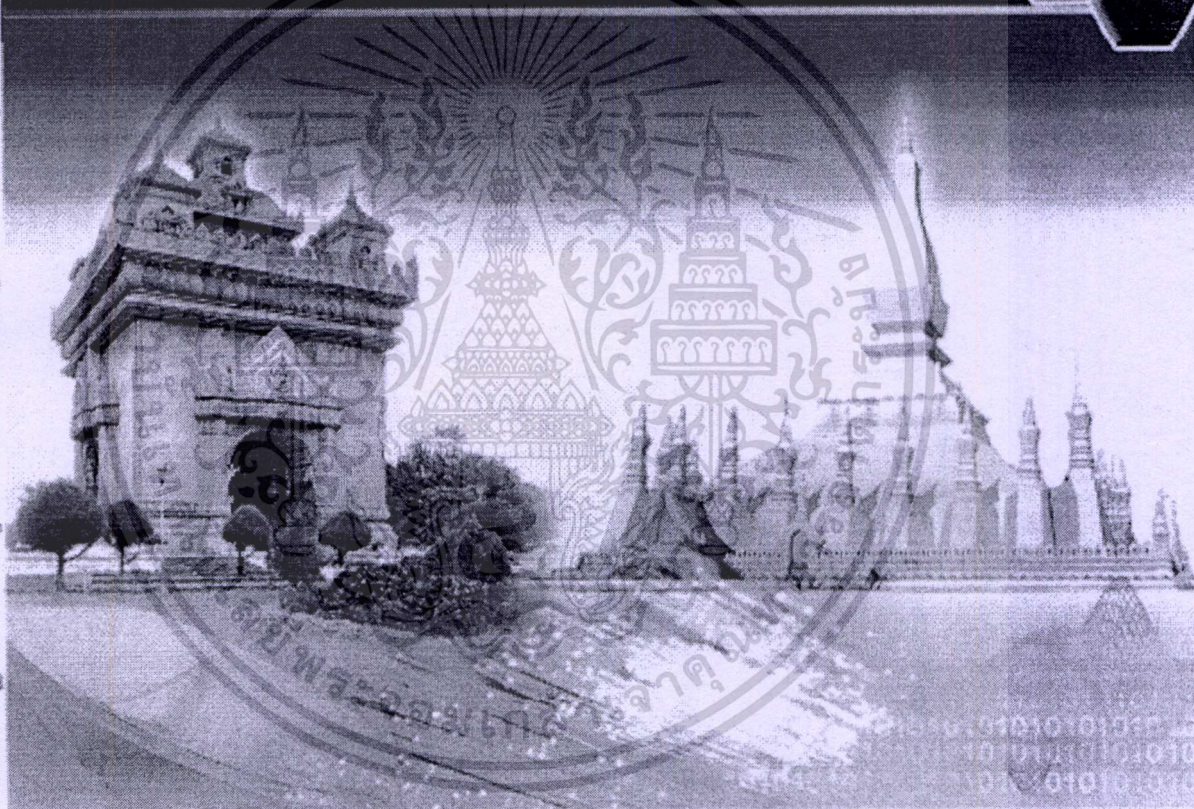
ISCIT 2008

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMMUNICATIONS AND
INFORMATION TECHNOLOGIES 2008

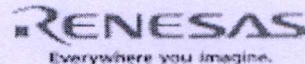
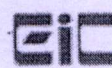
October 21-23, 2008

Don Chan Palace, Vientiane, Lao PDR

ISCIT 2008 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMMUNICATIONS AND INFORMATION TECHNOLOGIES



PROGRAM AND ABSTRACT BOOK



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Microcell Overlay for IMT-2000 Cellular System

Phichet Moungnoul, Nanut Laipat, Somyot Junnapiya and Somsak Mitatha
 Faculty of Engineering and Research Center for Communication and Information Technology,
 King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand
 Tel: +66-2-3264238, Fax: +66-2-3264554
 E-mail: phichet@telecom.kmitl.ac.th

Abstract— Cellular mobile service providers would like to service the users in a cost-effective way. The resource demand may depend on the concentration of users in the given area. The changing of the number of users can also occur over a period of time. This paper proposes about microcells that overlay over a macrocell to increase user capacity of IMT-2000 cellular mobile system. The model uses 7 macrocells cluster and allocates cell size, number of microcell, installation pattern and position of microcell. The result shows that the increasing of the number of microcells is effected by number of user in the microcell. The design of microcell overlay is proposed to find the optimum solution on demand.

I. INTRODUCTION

Cellular mobile service is very popular in the world, developed of digital cellular from 2G to 3G for support voice and multimedia service. The International Mobile Telephone 2000 (IMT-2000) standard has provided Mbps data rates for demanding applications such as broadband internet access, interactive gaming, and high-quality audio and video entertainment. There are W-CDMA standard supported by the 3GPP1 (Third Generation Partnership Project 1) and CDMA2000 standard supported by the 3GPP2 [1]. In IMT-2000 standard with CDMA access, every cell uses the same frequency to limit the number of users, data transfer rate and quality of service by channel bandwidth and interference between users in the cell.

One way to cope about the increasing traffic is to split a cell into several small cells as shown Fig 1.

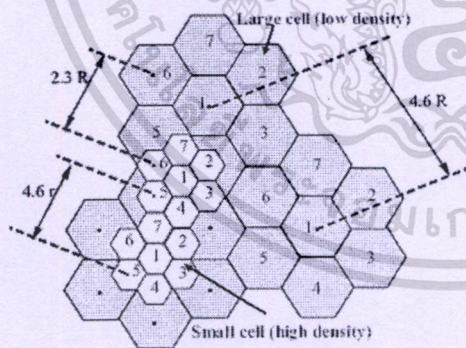


Fig. 1. Cell splitting technique used overlay small cell with large cell

Overlaying small cells (microcells) over a large cell (macrocell) will effect to the interference parameter between cells [2]. The interference factor depends on the radius of the microcell and distance between the macrocell and the microcell. This paper investigates the effect of microcell overlay in IMT-2000 standard with allocate size, number, pattern and position of microcell cooperate with macrocell.

II. SYSTEM SIMULATION MODEL

Fig. 2 shows the installation change study of one microcell position over macrocell to find the optimum microcell allocations with minimum interference as in Fig. 2(a) [3-4]. The area of macrocell (cell 0) needs to increase the number of users and offered traffic, by splitting technique that install microcell overlay over the macrocell. The System model overlay of macro/microcell is shown in Fig. 2(b),(c) and (d) with 2 and 3 microcell overlay. Both of the cells use the same frequency band and assume that the mobile users that are commented to one type of cell are not connected to another type of cell and under perfect power control.

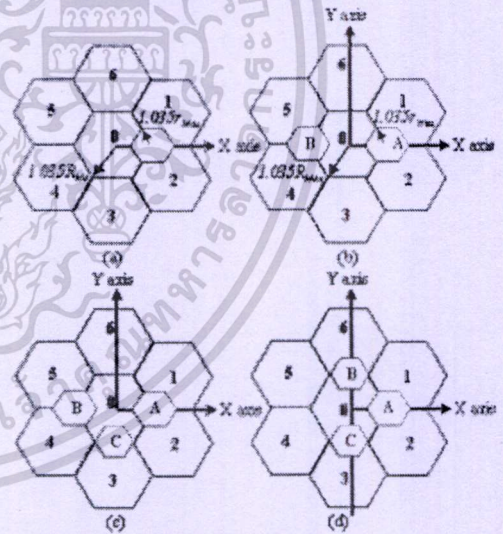


Fig. 2. Microcell overlay. (a) Only one microcell. (b) 2 microcell (c) and (d) 3 microcell

978-1-4244-2336-1/08/\$25.00 © 2008 IEEE

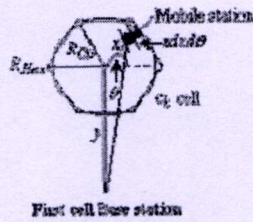


Fig. 3. Distance power ratio

White Gaussian noise and thermal noise are not considered. Fig. 3 shows the distance between the mobile subscriber and the base station. For convenient, the considered cell is set to be a hexagonal. The radius relationship between circular cell and hexagonal cell is $R_{Hex} = 1.035R_{C\mu}$. R_{Hex} is the hexagonal cell radius. $R_{C\mu}$ is the circular cell radius.

Received signal of a mobile station $r(t)$ is expressed as

$$r(t) = \sum_{k=1}^{CK} \sqrt{\epsilon(\gamma, c_k, k)} S_k(t) \quad (1)$$

$S_k(t)$ is the transmit signal of k^{th} user, C is the total number of cells, K is the total number of users, γ is propagation path loss exponent, c_k is the cell of k^{th} active user, and $\epsilon(\gamma, c_k, k)$ is order of distortion distance power ratio [5].

$$\epsilon(\gamma, c_k, k) = \left[\frac{x^2}{(x \cos \theta)^2 + (y + x \sin \theta)^2} \right]^{\gamma/2} \quad (2)$$

where x is the distance between c_k base station (BS) and k^{th} mobile station (MS), y is the distance between c_k base station and first cell base station, R is radius of macrocell. If $k = 1$, then

$$\epsilon(\gamma, c_k) = E \left[\epsilon(\gamma, c_k, k) \right] = \frac{1}{\pi R^2} \int_0^R \int_0^{2\pi} \left[\frac{x^2}{(x \cos \theta)^2 + (y + x \sin \theta)^2} \right]^{\gamma/2} x dx d\theta \quad (3)$$

A. Macro/macrocell Interference Factor (f_{MM})

Cell pattern of macrocell in single layer is shown in Fig. 4.



Fig. 4. Model for calculate the macro/macrocell interference factor
Distance ratio between the center of home cell (Cell 0) and the center of neighbor cell is 1.793R. The macro/macrocell interference factor is

$$f_{MM} = \frac{1}{\pi R^2} \int_0^R \int_0^{2\pi} \left[\frac{x^2}{(x \cos \theta)^2 + (1.793R + x \sin \theta)^2} \right]^{\gamma/2} x dx d\theta \quad (4)$$

The distance between the center of home cell and the center of every neighbor cell are same, that is $f_{MM} = 0.0935$.

B. Micro/macrocell Interference Factor ($f_{\mu M}$)

The interference signal from microcell to macrocell [6] is shown in Fig. 5.

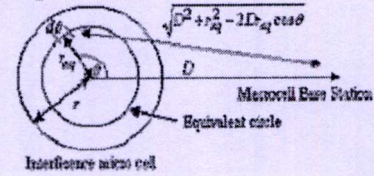


Fig. 5. Model for calculate the micro/macrocell interference factor
The Micro/macrocell interference factor is expressed as

$$f_{\mu M} = \frac{1}{2\pi P_{\mu}^r} \int_0^r \int_0^{2\pi} \left[\frac{P_A}{(D^2 + r_{eq}^2 - 2Dr_{eq} \cos \theta)^{\gamma/2}} \right] d\theta \quad (5)$$

where P_{μ}^r is the received power of microcell base station, r is the radius of microcell, r_{eq} is the radius of equivalent. D is the distance between center of macrocell and microcell, P_A is the transmit power of a mobile station that is expressed as follows

$$P_A = \frac{2P_{\mu}^r r^{\gamma}}{\gamma + 2} = P_{\mu}^r r_{eq}^{\gamma} \quad (6)$$

C. Macro/micro Interference Factor

Macro/micro interference factor from macrocell to microcell is shown in Fig. 6 [6].

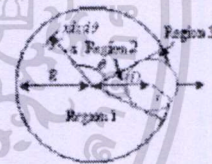


Fig. 6. Model for calculate the macro/microcell interference factor
By using the microcell installation, the distance on D axis x will effect to θ value. The macro/micro interference factor is expressed as

$$f_{\mu M} = \frac{1}{\pi r^2} \int_0^r \int_0^{2\pi} \left[\frac{x^2}{x^2 + D^2 - 2xD \cos \theta} \right]^{\gamma/2} x dx d\theta \quad (7)$$

D. Micro/microcell Interference Factor ($f_{\mu\mu}$)

The interference between microcell is shown in Fig. 7 [7]. The macro/micro interference factor is expressed as

$$f_{\mu\mu} = \frac{1}{\pi r^2} \int_0^r \int_0^{2\pi} \left[\frac{x^2}{(x \cos \theta)^2 + (D + x \sin \theta)^2} \right]^{\gamma/2} x dx d\theta \quad (8)$$

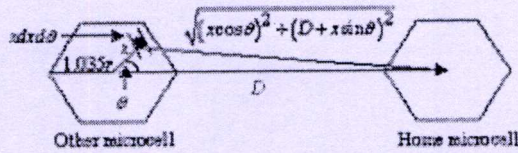


Fig. 7. Model for calculate the micro/microcell interference factor

E. Power Signal to Noise Ratio of Macrocell $(E_b/I_o)_M$

From Fig. 2 (b) and (c), the interference of the mobile station in macrocell 0 is divided in 3 parts. The first is the self interference from the other mobile stations in the macrocell 0. The second is interference from the other mobile stations in 6 neighboring macrocells, and the last is the interference from the other mobile stations in microcells (the 2 microcells are A and B or the 3 microcells are A, B and C). Power signal to noise ratio of a mobile station in macrocell is written as follows

$$(E_b/I_o)_M = \frac{GP_M^R}{\alpha(m-1)P_M^R + \sum_{k=1}^m \alpha k P_M^R f_{MM} + \sum_{k=1}^n \alpha k P_\mu^R f_{\mu M}} \quad (9)$$

where G is the processing gain, α is the activity factor, P_M^R is the received power of macrocell base station, m is the total number of users in macrocell, n is the total number of users in microcell, and k is the order of user.

F. Power Signal to Noise Ratio of Microcell $(E_b/I_o)_\mu$

From Fig. 2 (b) and (c), the interference of the mobile station in microcell A is divided in 3 parts. The first is the self interference from other mobile stations in the macrocell A, the second is interference from other mobile stations in 2 neighboring microcells, and the last is the interference from other mobile stations in 7 macrocells. Power signal to noise ratio of a mobile station in microcell is expressed as follows

$$(E_b/I_o)_\mu = \frac{GP_\mu^R}{\alpha(n-1)P_\mu^R + \sum_{k=1}^n \alpha k P_\mu^R f_{\mu\mu} + \sum_{k=1}^m \alpha k P_M^R f_{M\mu}} \quad (10)$$

G. Capacity of macro/microcell cellular system

The capacity of macro/microcellular system depends on the interference effect of cell layout. The number of users in macrocell is expressed as

$$m = \frac{m_0}{1 + \frac{n f_{\mu M} f_{MM}}{(n_0 - n)(1 + f_{MM})(1 + f_{\mu M})}} \quad (11)$$

where m_0 is the number of users in the macrocell (case is not microcell) and n_0 is the number of user in the microcell (case is not macrocell).

III. NUMERICAL SIMULATION AND RESULT

The cell pattern of the system is shown in Fig. 2(b) and (c). The simulation parameters use the propagation path loss

exponent $\gamma = 4$. The data rate are 144 kbps, the data chip rate are 3.6864 Mcps for CDMA2000 and 3.84 Mcps for W-CDMA. The normalized radius of macrocell is $R = 1$ and the changed the radius of microcell $r = 0.1, 0.2$ and 0.3 , respectively. Fig. 8 shows the relationship of $(E_b/I_o)_M$ in the W-CDMA system with 2 and 3 microcells, respectively. The microcell has less interference to the macrocell, that the difference of $f_{\mu M}$ from 2 and 3 microcells is 0.0015. So, $(E_b/I_o)_M$ depends on the interference from microcell. By increasing D , it can increase $(E_b/I_o)_M$. Alternatively, $(E_b/I_o)_M$ can be reduced by increasing the radius of the microcell. Similarly, the CDMA2000 system has $(E_b/I_o)_M$ of macrocell as shown in Fig. 9. $(E_b/I_o)_M$ depends on $f_{\mu M}$ and D . Since the difference chip rate (3.6863 MChps) is lower than WCDMA system, then $(E_b/I_o)_M$ is smaller than the value as in the WCDMA system. Figs. 10 and 11 shows the $(E_b/I_o)_\mu$ of both systems. By changing the position of microcell, the $(E_b/I_o)_\mu$ values are decreased.

Figs. 12 and 13 shows the capacity of W-CDMA and CDMA2000 ($r = 0.3$), respectively. The interference value so high for the position of microcell A with $D = 0.7$ and $D = 0.9$. From (11), the capacity depends on $f_{MM} \cdot f_{\mu M} \cdot f_{\mu M}$ and $f_{\mu M}$ from cell pattern. By comparing between 2 microcells and 3 microcells, it is shown a little effect with capacity with macrocell. From (11), the increasing of D the capacity will decrease from interference factor.

IV. CONCLUSIONS

The result shows that the important parameter will effect to the capacity of system. This paper investigates 7 macrocell and the changing of the number (1-3), size and position of microcell. When the number of user in microcell is increased, the number of users in macrocell is decreased. The result shows that the increasing of user to overlay microcell over macrocell and can be find the design solution to supported the users demand.

REFERENCES

- [1] A. Goldsmith, *wireless Communication*, Cambridge university press, 2005.
- [2] W. C. Y. Lee, "Overview of Cellular CDMA," *IEEE Trans. Veh. Tech.*, Vol. 40, No. 2, pp.291-302, May 1991.
- [3] P. Moungruol and M. Pongsuwanpom, "Capacity Analysis of Macro and Microcell Layout in W-CDMA Cellular System," *In Proc. of APCC 2007*, pp. 253-256, October 18-20, 2007
- [4] G. Wahyudianto and G. Wibisono, "Capacity Analysis of Macrocellular CDMA with Power Ratio Control," *IEICE Trans. Com.*, Vol.E-84, No.11, pp.433-436, Nov 2001.
- [5] Wang and L. B. Milstein, "Approximate interference of a microcellular spread spectrum system," *IEE Electron. Lett.*, Vol. 31, pp. 1782-1783, Sept. 1995.
- [6] D. H. Kim, D.D. Lee, H. J. Kim and K. C. Whang, "Capacity analysis of macro/microcellular CDMA with power ratio control and tilted antenna," *IEEE Trans. Veh. Tech.*, Vol. 48, No. 1, pp. 34-42, January 2000.
- [7] K. Takeo, "Uplink Capacity of Macro/Spot-Microcellular Systems in Frequency Division CDMA," *IEICE Trans. Fundamentals*, Vol. E80-A, No. 7, pp. 1218-1225, July 1997.

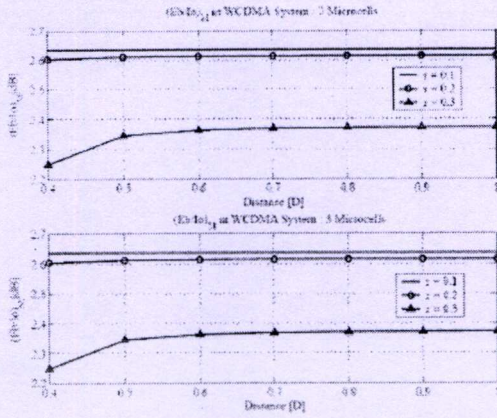


Fig. 8. $(E_b/I_o)_M$ of Macrocell of W-CDMA System

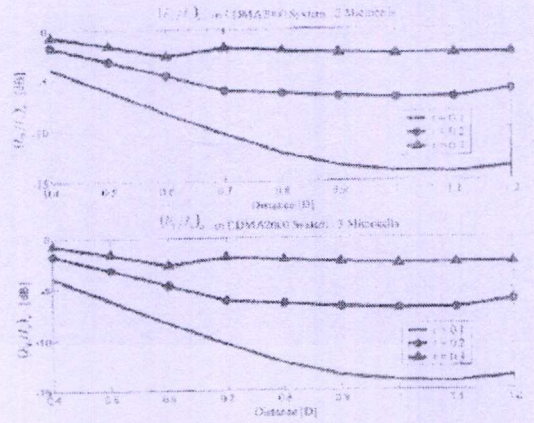


Fig. 11. $(E_b/I_o)_\mu$ of Microcell of CDMA2000 System

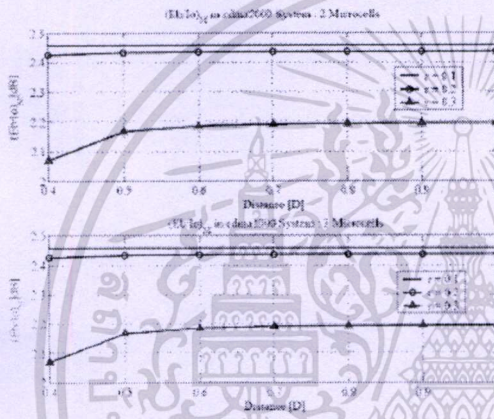


Fig. 9. $(E_b/I_o)_M$ of Macrocell of CDMA2000 System

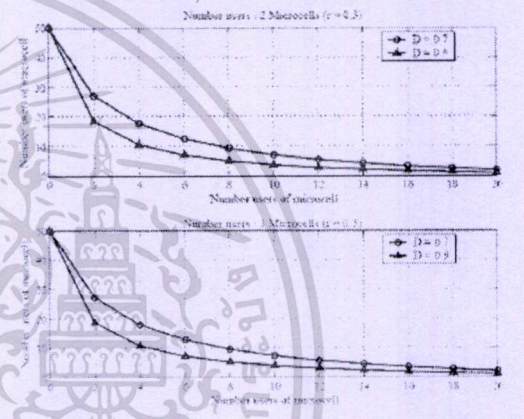


Fig. 12. User capacity of W-CDMA system $r = 0.3, D = 0.7, 0.9$

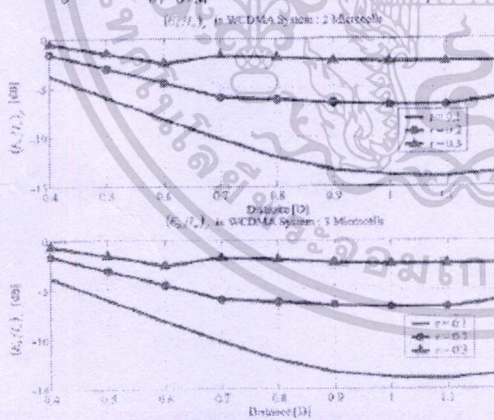


Fig. 10. $(E_b/I_o)_\mu$ of Microcell of W-CDMA System

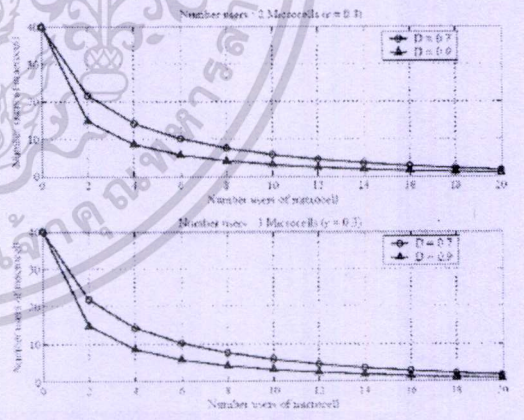


Fig. 13. User capacity of CDMA2000 $r = 0.3, D = 0.7, 0.9$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาย ฉันทน์ ลายพัฒน์ เกิดเมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม พ.ศ.2524 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ ในปีการศึกษา 2545 และ เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2547



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้