การหาพื้นที่ครอบคลุมเซลภายในอาคารของระบบพีซีทีอย่างแม่นยำโดยวิธี 1st order approximation method

1ST ORDER APPROXIMATION METHOD TO PREDICT THE ACCURATE CONTOUR OF INTRA-BUILDING CELL STATION COVERAGE AREA OF THE PCT SYSTEM

พิสิฐ บุญศรีเมือง

PISIT BOONSRIMUANG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2548

ISBN 974-648-013-8

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การหาพื้นที่ครอบคลุมเซลภายในอาคารของระบบพีซีทีอย่างแม่นยำโดยวิธี 1st order approximation method

1ST ORDER APPROXIMATION METHOD TO PREDICT THE ACCURATE CONTOUR OF INTRA-BUILDING CELL STATION COVERAGE AREA OF THE PCT SYSTEM

พิสิฐ บุญศรีเมือง

PISIT BOONSRIMUANG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2543

ISBN 974-648-013-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 38959
วัน, เดือน, ปี 20 ก.พ. 2544
.b.....
.i.....

1ST ORDER APPROXIMATION METHOD TO PREDICT THE ACCURATE CONTOUR OF INTRA-BUILDING CELL STATION COVERAGE AREA OF THE PCT SYSTEM

PISIT BOONSRIMUANG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICTAL ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISBN 974-648-013-8

COPYRIGHT 2000

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การหาพื้นที่ครอบคลุมเซลภายในอาคารของระบบพีซีทีอย่างแม่นยำโดยวิธี 1st order approximation method

1st ORDER APPROXIMATION METHOD TO PREDICT THE ACCURATE CONTOUR OF INTRA-BUILDING CELL STATION CONVERAGE AREA OF THE PCT SYSTEM

ชื่อนักศึกษา นายพิสิฐ บุญศรีเมือง

รหัสประจำตัว 41061078

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ถวิล พึ่งมา

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ศ.มนูญ สุขเกษม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ศ.มนูญ	สุขเกษม	
ผศ.ดร.ไกรสิน	ส่งวัฒนา	
รศ.ดร.สุวิพล	สิทธิชีวภาค	
รศ.ดร.กอบชัย	เดชหาญ	
รศ.ดร.ถวิล	พึ่งมา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 10 พฤศจิกายน 2543 **เวลา** 12.00-13.00 น.

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

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.สมชาย อัตนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 19 **เดือน** พฤศจิกายน **พ.ศ.** 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหาพื้นที่ครอบคลุมเซลภายในอาคารของระบบพีซีทีอย่างแม่นยำโดยวิธี 1st order approximation method
นักศึกษา	นาย พิสิฐ บุญศรีเมือง
รหัสประจำตัว	41061078
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2543
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. ถวิล พึ่งมา

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะการแพร่กระจายคลื่นวิทยุภายในอาคารในย่านความถี่ 1900 MHz เพื่อนำมาใช้หารูปแบบการวางตำแหน่งเซลภายในอาคารที่เหมาะสมของระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีที(PCT) ดังนั้นต้องการทราบปรากฏการณ์การแพร่กระจายคลื่นวิทยุเมื่อคลื่นวิทยุเดินทางผ่านวัสดุต่างๆ ที่นำมาใช้สร้างอาคารเช่น ผนัง กำแพงฯ ในวิทยานิพนธ์นี้ใช้วิธีประมาณค่าอันดับหนึ่ง (1st order approximation method) ปรับปรุงสมการการลดทอนทั้งในพื้นที่แนวสายตา (LOS: Line of Sight) และในพื้นที่อยู่นอกแนวสายตา (NLOS: Non-Line of Sight) ทำให้การหาค่าระดับของสัญญาณภายในอาคารได้อย่างแม่นยำและแสดงผลของค่าระดับสัญญาณเป็นเส้นรูปร่างพื้นที่ครอบคลุมเซลภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	1st Order Approximation Method to Predict the Accurate Contour of Intra-Building Cell Station Coverage Area of the PCT System
Student	Mr. Pisit Boonsrimuang
Student ID.	41061078
Degree	Master of Engineering
Year	2000
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Tawil Paungma

ABSTRACT

This thesis studied on intra-building radio propagation at 1900 MHz for determines a suitable position of intra-building cell station in the Personal Communication Telephone (PCT) system. So, it should know about the wave propagation phenomena when the travel wave passes through the other constructed materials such as obstruction, wall, etc. To use the 1st order approximation method for improving the attenuation equation of line of sight (LOS) and non-line of sight (NLOS) areas to determine the signal level of intra-building in order to predict more accurate contour of intra-building cell station coverage area in personal communication telephone system (PCT).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำและช่วยเหลือจาก รศ.ดร. ถวิล พึ่งมา และ ศ. มนูญ สุขเกษม ตลอดมา ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทั้งสองท่านเป็นอย่างสูง ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้โอกาสและสนับสนุนข้าพเจ้าให้ได้เล่าเรียนมาจนถึงระดับปริญญามหาบัณฑิต

ขอขอบพระคุณมูลนิธิเพื่อการสื่อสารและคอมพิวเตอร์(C&C)และบัณฑิตวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้มอบทุนช่วยเหลือในศึกษาวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาสาขาโทรคมนาคม ในขณะกำลังศึกษาจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลงด้วยดี

ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ ๆและน้องๆ ทุกคนในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำต่างๆ พร้อมทั้งช่วยตรวจทานและแก้ไขข้อผิดพลาดอื่นๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ความรู้และประโยชน์ใดๆที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบความดีที่ได้ให้แก่บิดา มารดาและผู้มีพระคุณทุกท่าน

พิสิฐ บุญศรีเมือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญภาพ.....VIII

รายการสัญลักษณ์.....XI

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 อธิบายถึงปัญหาที่กำลังศึกษาและวิจัย..... 2

1.2 เพราะเหตุใดปัญหานี้จึงน่าสนใจ..... 3

1.3 มีการนำเสนอหลักการใหม่อย่างไร..... 3

1.4 ให้เปรียบเทียบกับหลักการที่มีอยู่เดิม..... 4

บทที่ 2 ทฤษฎีการแพร่กระจายคลื่นและความรู้เบื้องต้นของระบบของโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีทีที..... 5

2.1 โคแชนแนลอินเตอร์เฟอร์เร้นซ์..... 5

2.2 การลดทอนแบบลาร์จสเกล..... 8

2.2.1 ลองเทอมเฟดดิ้ง.....8

2.2.2 ช็อทเทอมเฟดดิ้ง..... 9

2.3 การลดทอนแบบสมอลสเกล.....11

2.3.1 ผลกระทบของสมอลสเกลเฟดดิ้ง..... 12

2.4 การสะท้อนและการแพร่กระจายคลื่น.....12

2.5 ความรู้เบื้องต้นของระบบของโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีทีที.....14

2.6 โครงสร้างของระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีทีที.....16

2.7 คุณสมบัติทางเทคนิคของระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีทีที.....17

2.8 โครงสร้างของช่องสัญญาณและความถี่ที่ใช้สำหรับโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีทีที.....18

2.9 คุณสมบัติสถานีลูกข่าย..... 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.10 คุณสมบัติเครื่องลูกข่าย..... 20

บทที่ 3 การออกแบบ..... 22

3.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์เครื่องดาต้าล็อกเกอร์.....22

3.1.1 พีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์ 23

3.1.1.1 ไวด์แบนธ์สเปกตรัมอนาไลเซอร์..... 23

3.1.1.2 แนร์โรว์แบนธ์สเปกตรัมอนาไลเซอร์..... 24

3.1.1.3 มัลติแทร็กซิ้ง.....24

3.1.1.4 ซิ้งเกิลแทร็กซิ้ง.....24

3.1.2 ดาต้าล็อกเกอร์.....25

3.1.2.1 วงจรส่วนเชื่อมต่อ.....26

3.1.2.2 วงจรเปลี่ยนระยะทางเป็นสัญญาณไฟฟ้า.....27

3.1.2.3 หน่วยประมวลผลกลาง.....28

3.1.3 ส่วนวัดระยะทาง.....33

3.1.4 คอมพิวเตอร์.....33

3.1.5 ฮาร์ดดีสก์.....34

3.2 การออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์.....35

3.2.1 มุมตกกระทบที่ระยะใดๆ.....35

3.2.2 ผลกระทบของการลดทอนและการสะท้อน.....38

บทที่ 4 การคำนวณพื้นที่ครอบคลุมและการออกแบบการวางตำแหน่งเซลสเตชั่นภายในอาคาร...43

4.1 วิธีการที่ใช้ในหาค่าการสะท้อนและการลดทอนของสัญญาณ.....43

4.1.1 โมเดลของเรย์เทร์คซิ้ง 44

4.2 การหาระดับสัญญาณโดยใช้โปรแกรม..... 49

4.3 วิธีหาพื้นที่ครอบคลุมของเซลสเตชั่นจากการวัดระดับสัญญาณ.....55

บทที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....59

5.1 ผลการออกแบบการวางเซล.....59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.2 เปรียบเทียบผลการทดลองกับผลที่ได้จากการคำนวนโดยซอฟแวร์.....61

บทที่ 6 บทสรุป..... 63

6.1 ปัญหาที่เกิดขึ้น.....64

6.2 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....64

บรรณานุกรม.....66

ภาคผนวก ก โปรแกรมเชื่อมโยงการทำงานเครื่องพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์กับคอมพิวเตอร์.....68

ภาคผนวก ข โปรแกรมแอสแซมบลี้ เครื่องควบคุมการทำงานและรับข้อมูลจากเครื่องพีเอชเอส ฟิลด์อนาไลเซอร์.....79

ภาคผนวก ค คำสั่งของพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์.....90

ภาคผนวก ง คำสั่งของโปรแกรมออกแบบการวางเซลสเตชั่น.....102

ภาคผนวก จ ผลงานวิจัยในระหว่างการศึกษาที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....105

ประวัติผู้เขียน.....110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การใช้งานความถี่ของระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีทีที.....18

2.2 คุณสมบัติเฉพาะของเซลสเตชั่นภายในอาคาร 20

3.1 คุณสมบัติของเครื่องวัดความเข้มสัญญาณ(PHS Field Protocol Analyzer) รุ่น LF-960 ยี่ห้อ LEADER.....24

3.2 คุณสมบัติของสายอากาศวัดความเข้มสัญญาณ(PHS Field Protocol Analyzer) รุ่น LF-960 ยี่ห้อ LEADER.....25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 การสอดแทรกของช่องสัญญาณที่ใช้ความถี่ร่วมกัน.....6

2.2 โคแซลแนลอินเตอร์เฟอร์เร้นซ์ที่เกิดขึ้นบริเวณของเซล.....7

2.3 (ก) ค่าเฉลี่ยของลองเทอมเฟดดิ้ง.....9

(ข) ลองเทอมเฟดดิ้งในรูปของล็อกนอลมอลดีสติบิวชั่น.....9

2.4 การแพร่กระจายคลื่นที่เกิดการสะท้อนของคลื่น.....14

2.5 โครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีที.....16

2.6 แสดงการจัดช่องสัญญาณแบบ TDMA-TDD.....17

2.7 สถานีลูกข่ายภายในอาคารของโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีที.....19

2.8 เครื่องลูกข่ายโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีที.....21

3.1 บล็อกไดอะแกรมเครื่องรับและดาต้าล็อกเกอร์.....23

3.2 ภาพถ่ายจริงของเครื่องพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์.....23

3.3 วงจรส่วนเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์.....26

3.4 วงจรเปลี่ยนระยะทางเป็นสัญญาณไฟฟ้า.....27

3.5 ตำแหน่งที่ติดตั้งแม่เหล็ก.....27

3.6 วงจรที่สมบูรณ์ของวงจรเชื่อม.....29

3.7 ภาพถ่ายจริงของวงจรเชื่อมต่อ.....30

3.8 โฟว์ชาร์ทการทำงานของวงจรเชื่อมต่อ.....31

3.9 โฟว์ชาร์ทการตั้งโหมดการทำงานของวงจรเชื่อมต่อ.....32

3.10 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมลิ้งกับเครื่องดาต้าล็อกเกอร์.....33

3.11 การสะท้อนของสัญญาณ 1 ครั้ง.....36

3.12 การสะท้อนของสัญญาณ 2 ครั้ง.....36

3.13 เปรียบเทียบระยะการเดินของคลื่นที่มีการสะท้อนอันดับ 1 กับ คลื่นที่เดินโดยตรง.....37

3.14 ระยะการเดินของคลื่นที่มีการสะท้อนอันดับ 1 (Dref1), 2 (Dref2) และ 3 (Dref3) 37

3.15 (ก) ทิศทางการแพร่กระจายคลื่นผ่านกำแพงในแนวตั้ง.....39

(ข) ทิศทางการแพร่กระจายคลื่นที่เกิดการสะท้อนจากผ่านกำแพงในแนวตั้ง.....39

3.16 (ก) ทิศทางการแพร่กระจายคลื่นผ่านกำแพงในแนวนอน.....40

(ข) ทิศทางการแพร่กระจายคลื่นที่เกิดการสะท้อนจากผ่านกำแพงในแนวนอน.....40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

3.17 โฟว์ชาร์ทการทำงานของโปรแกรมออกแบบการวางตำแหน่งเซลสเตชั่น.....41
3.18 โปรแกรมออกแบบการวางเซลสเตชั่นโดยใช้โปรแกรมเม็ทช์แคด(Mathcad).....42
4.1 ทิศทางของคลื่นในแนวตรงและสะท้อนจากพื้นดิน.....44
4.2 ระดับสัญญาณที่คำนวณจากเรย์โมเดล โดยกำหนดสนามเป็น H polarizeที่ Ht = 4 m และ Hr = 1.5 m ที่ความที่ 1900MHz สัมประสิทธิการสะท้อนเท่ากับ –1.....46
4.3 ระดับสัญญาณที่คำนวณจากเรย์โมเดล โดยกำหนดสนามเป็น V polarizeที่ Ht = 4m และ Hr = 1.5 m ที่ความที่ 1900MHz สัมประสิทธิการสะท้อนเท่ากับ –1..... 47
4.5 พื้นที่ครอบคลุมเซลในแนวสายโดยทูเรย์โมเดล..... 49
4.6 แผนผังอาคารของตึกโทรคมนาคม ชั้น 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ 50
4.7 (ก) กำแพงหรือฉากกั้นในแนวนอนทั้งหมดของตึกโทรคมนาคมชั้น 1 50
(ข) กำแพงหรือฉากกั้นในแนวตั้งทั้งหมดของตึกโทรคมนาคมชั้น 1..... 50
4.8 ลักษณะภาพตาข่าย 3มิติของสัญญาณที่คำนวณได้จากโปรแกรมของตึกโทรคมนาคม ชั้น 1..... 51
4.9 ลักษณะภาพ คอนทัวร์ของสัญญาณที่คำนวณได้จากโปรแกรมของตึกโทรคมนาคม ชั้น 1.....51
4.10 (ก) กำแพงหรือฉากกั้นในแนวนอนทั้งหมดของตึกโทรคมนาคมชั้น 2 52
(ข)กำแพงหรือฉากกั้นในแนวตั้งทั้งหมดของตึกโทรคมนาคมชั้น 2 52
4.11 ลักษณะภาพตาข่าย 3มิติของสัญญาณที่คำนวณได้จากโปรแกรมของตึกโทรคมนาคม ชั้น 2..... 52
4.12 ลักษณะภาพ คอนทัวร์ของสัญญาณที่คำนวณได้จากโปรแกรมของตึกโทรคมนาคม ชั้น 2.....53
4.13 (ก) กำแพงหรือฉากกั้นในแนวนอนทั้งหมดของตึกโทรคมนาคมชั้น 3 53
(ข) กำแพงหรือฉากกั้นในแนวตั้งทั้งหมดของตึกโทรคมนาคมชั้น 3 53
4.14 ลักษณะภาพตาข่าย 3มิติของสัญญาณที่คำนวณได้จากโปรแกรมของตึกโทรคมนาคม ชั้น 3.....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

4.15 ลักษณะภาพ คอนทัวร์ของสัญญาณที่คำนวณได้จากโปรแกรมของตึกโทรคมนาคม ชั้น 3.....54
4.16 ภาพถ่ายจริงของเครื่องดาต้าล็อกเกอร์.....55
4.17 ความผิดพลาดที่เกิดจากระยะห่างของการแซมปลิ้งข้อมูล.....56
4.18 ระดับสัญญาณที่วัดโดยใช้เครื่องดาต้าล็อกเกอร์ร่วมกับพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์.....57
4.20 ค่าการลดทอนของสัญญาณระหว่างชั้นภายในอาคาร.....58
5.1 การแกว่งของสัญญาณที่ระยะ 35 เมตรพื้นที่นอกแนวสายตา(NLOS) ของตึกโทรคมนาคม ...59
5.2 ความน่าจะเป็นของสัญญาณที่ระยะ35 เมตรพื้นที่นอกแนวสายตา(NLOS) ของตึกโทรคมนาคม.....60
5.3 ภาพถ่ายจริงของเครื่องเจนเนอร์เรเตอร์HP-ESG-3000A.....61
5.4 ระดับของสัญญาณในแนวสายตา(LOS) ของตึกโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.....62
5.5 เปรียบระดับที่วัดกับสัญญาณที่ได้จากการคำนวณของสัญญาณในแนวสายตา(LOS) ของตึกโทรคมนาคมคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.....62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์

PCS : Personal Communication System

PHS : Personal Handy-phone System

PCT : Personal Communication Telephone System

IN : Intelligent Network

MS : Mobile Station

BS : Base Station

PS : Personal Station

CS : Cell Station

TDMA : Time Division Multiple Access

TDD : Time Division Duplex

ISDN : Integrated Service Digital Network

PSTN : Public Switched Telephone Network

SS7 : Signaling System No.7

TOT : Telephone Organization of Thailand

TA : Telecom Asia Co., Ltd.

$\pi/4$ QPSK: $\pi/4$ Quadrature Phase Shift Keying

SSP : Service Switching Point

HLR : Home Location Register

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การสื่อสารได้เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น การทำธุรกิจหรือการค้าต่างๆมีความจำเป็นต้องพึ่งพาการสื่อสารเป็นสำคัญซึ่งผู้ที่มีการติดต่อสื่อสารที่ดีและรวดเร็วก็จะได้เปรียบกว่าผู้ที่มีการติดต่อสื่อสารที่ไม่ดีหรือว่าช้ากว่า ทำให้ปริมาณความต้องการการสื่อสารที่สะดวกและรวดเร็วมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้มีผู้ที่คิดค้นการสื่อสารที่สะดวกและรวดเร็วออกมากมายหลายประเภท โทรศัพท์เคลื่อนที่(Mobile Phone)ก็เป็นระบบการสื่อสารที่มีความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและก็มีผู้ผลิตระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ออกมามากมายหลายระบบเช่น GSM, DECT, AMPS, PHS เป็นต้น ซึ่งการเลือกระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อใช้งานในแต่ละระบบให้เหมาะสมขึ้นกับผู้ใช้งานของแต่ละบุคคล ซึ่งแต่ละระบบมีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกันออกไป

ในประเทศไทยนั้นได้มีการเปิดให้บริการระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีที (PCT: Personal Communication Telephone System) ในย่านความถี่ 1900 MHz (1895-1918 MHz) โดยการนำเทคโนโลยีของระบบโทรศัพท์พกพาส่วนบุคคล PHS จากประเทศญี่ปุ่นมาทำการปรับปรุงเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมภายในประเทศ การที่เรียกระบบโทรศัพท์นี้ว่าเป็น "การสื่อสารส่วนบุคคล" เพราะว่าลักษณะลักษณะการใช้งานของโทรศัพท์ในระบบนี้การใช้ส่วนใหญ่จะอยู่ในพื้นที่ที่เป็นชีวิตประจำวัน เช่น ที่บ้าน ที่สำนักงาน ห้างสรรพสินค้า เป็นต้น โดยที่ระบบการสื่อสารส่วนบุคคลนี้กำลังเป็นได้รับการนิยมเป็นอย่างมากตามเมืองหลวงของประเทศต่างๆ เนื่องมีข้อได้เปรียบตรงที่มีความจุของจำนวนผู้ใช้งานต่อพื้นที่สูง สาเหตุที่ทำให้ระบบการสื่อสารส่วนบุคคลนี้มีความจุต่อพื้นที่สูงเพราะว่าขนาดของเซลสเตชั่นที่มีขนาดเล็ก ซึ่งทำให้การวางเซลสเตชั่นให้สามารถใช้งานโทรศัพท์ส่วนบุคคลนี้ได้ในทุกๆพื้นจึงมีความยุ่งยาก ซับซ้อนและจำเป็นต้องใช้จำนวนของเซลสเตชั่นมากขึ้น ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการติดตั้งเซลสเตชั่นออกเป็นสองลักษณะใหญ่ๆด้วยกันคือ 1.การติดต้องเซลสเตชั่นภายนอกอาคาร และ 2. การติดตั้งเซลสเตชั่นภายในอาคาร ซึ่งทั้งสองแบบนี้แตกต่างกันทั้งในเรื่องตัวเซลสเตชั่น และการออกแบบการวางตำแหน่งเซลสเตชั่น

การออกแบบการวางตำแหน่งเซลสเตชั่นก็จะสามารถแบ่งโมเดลที่ใช้งานออกป็นการออกแบบการวางตำแหน่งเซลสเตชั่นภายนอกอาคารและการออกแบบการวางตำแหน่งเซลสเตชั่นภายในอาคาร ซึ่งโมเดลที่ใช้สำหรับการออกแบบนี้ก็ได้มีผู้เสนอโมเดลที่มีลักษณะการใช้งานของแต่ละพื้นที่ที่แตกต่างกันเช่น พื้นที่ที่เป็นลักษณะของเมือง พื้นที่ที่เป็นลักษณะกึ่งเมือง พื้นที่ที่เป็นชนบท และพื้นที่ที่เป็นอาคารขนาดใหญ่ กลาง เล็ก ตามลำดับเป็นต้น เพื่อให้ประสิทธิภาพของระบบมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไปดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพที่ดี การออกแบบการวางตำแหน่งเซลสเตชั่นก็จำเป็นต้องเลือกประเภทของแต่ละโมเดลให้สอดคล้องตามแต่ละพื้นที่

เนื่องจากพื้นที่ภายในอาคารเป็นลักษณะพื้นที่ปิด การแพร่กระจายคลื่นภายในอาคารจะได้รับอิทธิพลของคลื่นที่สะท้อนจากพื้น ผนังและเพดานมากกว่าพื้นที่ภายนอกอาคารที่มีลักษณะที่เป็นพื้นที่เปิด ดังนั้นการคาดเดาการแพร่กระจายคลื่นที่ติดผลรวมของคลื่นที่เกิดจากการสะท้อนและการลดทอนที่เกิดจาก พื้น ผนังและเพดานจะให้ความคาดเคลื่อนที่น้อยกว่าการคาดเดาระดับของสัญญาณที่เกิดจากคลื่นที่เดินทางโดยตรงเพียงอย่างเดียว

1.1 อธิบายถึงปัญหาที่กำลังศึกษาและวิจัย

การสื่อสารในปัจจุบันมีความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ประเทศไทยจึงได้นำระบบการสื่อสารส่วนบุคคลเข้ามาใช้ เพื่อรองรับปริมาณการสื่อสารที่เพิ่มมากขึ้น โดยนำระบบ PHS มาใช้งาน ซึ่งทำงานอยู่ที่ย่านความถี่ 1900 MHz และได้มีการปรับปรุงระบบเพื่อให้เหมาะสมการใช้งานภายในประเทศไทย จึงเรียกระบบนี้ใหม่ว่าระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีที (PCT) เนื่องความถี่ที่ใช้ในการสื่อส่วนบุคคลมีความถี่มีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น ซึ่งคุณสมบัติการแพร่กระจายคลื่นก็แตกต่างกัน เช่นในย่าน 1900MHz ก็จะแตกต่างจาก 800 MHz และ 900MHz ที่ใช้งานอยู่ ดังนั้นเพื่อให้ระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลมีประสิทธิภาพสูงขึ้น การศึกษาถึงการแพร่กระจายคลื่นจึงเป็นสิ่งจำเป็น

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการแพร่กระจายคลื่นภายในอาคารในย่านความถี่ 1900MHz ซึ่งโดยทั่วไปลักษณะภายในอาคารจะมีพื้นที่เป็นลักษณะปิด มีการสะท้อนและการลดทอนของสัญญาณจากวัสดุต่างๆมากมายเช่น ผนัง กำแพง พื้นหรือเฟอร์นิเจอร์ ทำให้พื้นที่ครอบคลุมเซลของแต่ละพื้นที่ภายในอาคารมีรูปแบบที่แตกต่างกันตามลักษณะของอาคารและวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง ส่งผลให้การออกแบบการวางเซลให้สามารถครอบคลุมในแต่ละพื้นที่ทำได้ยาก ดังนั้นเพื่อการออกแบบการวางเซลภายในอาคารมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น จากการศึกษาถึงผลการสะท้อนและการลดทอนของสัญญาณ ก็จะนำสัมประสิทธิ์ของการสะท้อนและลดทอนของสัญญาณมาทำการปรับปรุงสมการให้หาค่าระดับสัญญาณได้ใกล้เคียงกับระดับของสัญญาณในพื้นที่ที่ใช้งานจริง นอกจากนี้ทำการซิมมูเลทหาระดับสัญญาณและฟลอต(Plot) ค่าระดับสัญญาณในลักษณะของภาพคอนทัวร์(Contour) เพื่อให้เห็นระดับของสัญญาณได้ชัดเจนและสะดวกในการออกแบบการวางเซล

1.2 เพราะเหตุใดปัญหานี้จึงน่าสนใจ

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

เนื่องจากระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีที (PCT) เป็นการนำเอาเทคโนโลยีของระบบ PHS ที่ใช้งานอยู่ในประเทศญี่ปุ่นมาปรับปรุงดังนั้นการออกแบบการวางเซลสำหรับใช้งาน

ในประเทศไทย จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงการวางเซลให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมภายในประเทศไทย เพราะค่าสัมประสิทธิ์ของการสะท้อนและการลดทอนของสัญญาณเปลี่ยนไปตามรูปแบบของอาคาร, วัสดุที่นำมาสร้าง, เฟอร์นิเจอร์ฯลฯ เพื่อช่วยให้การคาดคะเนระดับของสัญญาณเป็นไปได้อย่างแม่นยำ ในระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีที (PCT) การวางเซลเป็นแบบไมโครเซลคือเซลจะมีขนาดเล็ก เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพจะต้องวางเซลให้ครอบคลุมพื้นที่ได้ทั่วถึง เนื่องกำลังส่งของเซลสเตชั่นภายในอาคารมีกำลังส่งต่ำ พื้นที่ภายในอาคารมีความสลับสับซ้อน ทำให้การออกแบบการวางเซลเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ทั่วถึงทำได้ยาก ดังนั้นเพื่อการออกแบบสะดวกและแม่นยำยิ่งขึ้น ก็นำจะผลของการศึกษาสัมประสิทธิ์การสะท้อนและการลดทอนของสัญญาณนำมาสร้างเป็นโปรแกรมเพื่อช่วยในการออกแบบ โดยโปรแกรมจะสร้างภาพของระดับสัญญาณในลักษณะภาพคอนทัวร์(Contour) ทำให้เข้าใจได้ง่าย ดังนั้นการออกแบบการวางเซลภายในอาคารก็จะทำได้ง่ายและประหยัดเวลายิ่งขึ้น

1.3 มีการนำเสนอหลักการใหม่อย่างไร

การแพร่กระจายคลื่นได้มีการศึกษากันอย่างกว้างในหลายประเทศ ซึ่งสิ่งที่มีผลกระทบต่อการแพร่กระจายคลื่นอย่างมาก นอกจากย่านความถี่แล้วก็จะเกิดจากสิ่งกีดขวางว่าสิ่งกีดขวางนั้นทำจากวัสดุอะไร, หนาเท่าไร, กว้างเท่าไรฯลฯ จากผลกระทบนี้ทำให้พื้นที่ครอบคลุมเซลมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปตามรูปแบบของอาคารและวัสดุที่สร้างอาคาร เมื่อประเทศไทยนำระบบ PHS มาดัดแปลงเป็นระบบ PCT การออกแบบการวางเซลภายในอาคารจำเป็นต้องปรับปรุงให้เหมาะสมเพราะว่ารูปร่างของอาคารและวัสดุที่นำมาสร้างเปลี่ยนแปลงไป เพื่อให้การคาดคะเนระดับของสัญญาณใกล้เคียงกับระดับของสัญญาณที่ได้จากวัดในพื้นที่ การคำนวนหาค่าระดับสัญญาณไม่ได้หาจากการลดทอนของผนังหรือกำแพงแต่เพียงอย่างเดียว จำเป็นต้องพิจารณาผลการสะท้อนของสัญญาณโดยจะใช้วิธีการของ 1st Order Approximate Method ประกอบการหาระดับของสัญญาณ จะทำให้การหาพื้นที่ครอบคลุมเซลภายในอาคารเป็นไปได้อย่างถูกต้อง

1.4 ให้เปรียบเทียบกับหลักการที่มีอยู่เดิม

เนื่องจากความต้องการทางด้านการสื่อสารภายในประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว องค์การโทรศัพท์จึงได้อนุญาติให้เปิดบริการโทรศัพท์ระบบใหม่ในย่านความถี่ 1900MHz ซึ่งคล้ายกับระบบ PHS ในประเทศญี่ปุ่น ความถี่ในย่าน 1900MHz เป็นย่านความถี่ใหม่ที่ใช้ในประเทศไทยดังนั้นสมการการคาดคะเนระดับสัญญาณแบบเดิมที่ใช้ในประเทศญี่ปุ่นนั้นไม่สามารถที่จะใช้ในประเทศไทยได้เพราะสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปตามแต่ละประเทศ การคาดคะเนระดับของสัญญาณจากสมการการลดทอนเพียงอย่างเดียวจะทำให้ค่าระดับสัญญาณดังกล่าวมีความคาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการคาดคะเนระดับสัญญาณจึงนำสัมประสิทธิ์การสะท้อนของสัญญาณมาประกอบการพิจารณาหาค่าระดับของสัญญาณ ในวิทยานิพนธ์นี้ จึงเสนอวิธีการหาค่าระดับสัญญาณจากการสะท้อนและการลดทอนของสัญญาณโดยการใช้หลักการเรย์เทรคซิ้ง (Ray tracing) และหลักการอิมเมจ(Image) ซึ่งเป็นหลักการที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนและการหักเหของคลื่น ในการออกแบบโปรแกรมจะคำนวณระดับสัญญาณตามเส้นทางของคลื่นบนแผนที่ ซึ่งเส้นทางดังกล่าวจะประกอบไปด้วยการสะท้อนและการหักเหที่เกิดขึ้นระหว่างเซลสเตชั่นและตัวเครื่องโทรศัพท์ โดยผลรวมของความแรงของสัญญาณที่ตำแหน่งใดๆจะแสดงออกมาในลักษณะของภาพคอนทัวร์(Contour)เทียบกับแผนที่ของอาคารต่างๆที่นำมาออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีการแพร่กระจายคลื่นและความรู้เบื้องต้นของระบบของโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีที

ประสิทธิภาพของระบบโทรศัพท์สื่อสารไร้สายที่ดีนั้นส่วนหนึ่งมาจากการวางเซลสเตชั่นให้สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้อย่างทั่วถึง ดังนั้นเพื่อให้ระบบโทรศัพท์สื่อสารไร้สายทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพจึงมีความจำเป็นต้องศึกษาถึงการแพร่กระจายคลื่น, การลดทอนต่างๆของสัญญาณ, การเกิดการจางหายของสัญญาณ(Fading), การแทรกสอดของสัญญาณ(Interference)และอื่นๆ ฯลฯ เพื่อสามารถออกแบบวางเซลสเตชั่นได้อย่างครอบคลุม

2.1 โคแชนแนลอินเตอร์เฟอร์เร้นซ์

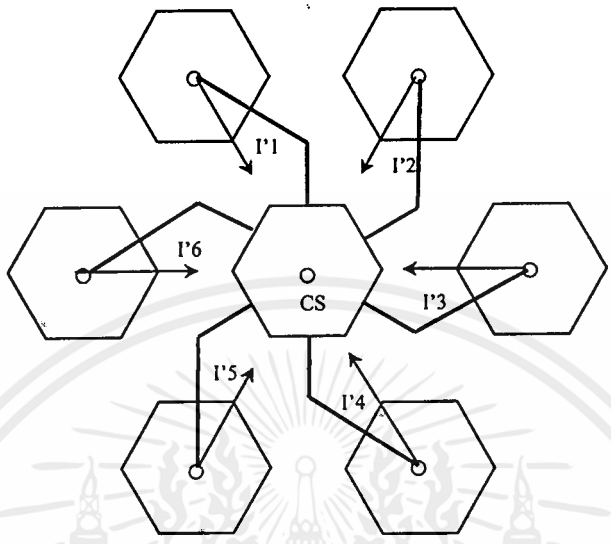
การเกิดอินเตอร์เฟอร์เร้นซ์ของช่องสัญญาณที่เหมือนกันเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นกับระบบโทรศัพท์ที่มีโครงสร้างแบบเซลลูล่าร์(Cellular) เพราะว่าช่องสัญญาณที่เหมือนกันก็จะถูกใช้ในเซลอื่นๆที่อยู่ห่างออกไป การจัดช่องสัญญาณร่วมกันคือให้ช่องสามารถทำการสื่อสารได้ตั้งแต่สองช่องสัญญาณขึ้นโดยใช้ความถี่เดียวกัน การทำเช่นนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ความถี่ ในสภาพแวดล้อมที่ใช้ช่องสัญญาณร่วมกัน สมมุติให้แต่ละสายอากาศมีพื้นที่ครอบคลุมสัญญาณในแต่ละเซลมีรัศมี R และระยะห่างระหว่างสองเซลที่ใช้ช่องสัญญาณร่วมกันมีระยะห่างเป็น D ซึ่งอัตราส่วนระหว่าง R/D เป็นค่าที่สำคัญเกี่ยวกับโคแชลแนลอินเตอร์เฟอร์เร้นซ์

$$a = D/R \tag{2.1}$$

ค่าของ a เรียกว่าโคแชลแนลรีดิวชั่นเฟคเตอร์ (Co-channel Reduction Factor) ค่าของ a สามารถหาได้จากอัตราส่วนระหว่างแคร์เรียต่อการสอดแทรกของช่องสัญญาณเดียวกัน ดังนั้นรูปแบบการวางตำแหน่งของสายอากาศในพื้นที่ขนาดใหญ่ที่ดีจะขึ้นอยู่ค่าของโคแชลแนลรีดิวชั่นซ์เฟคเตอร์ ซึ่งค่าอัตราส่วนของแคร์เรียต่อโคแชลแนลอินเตอร์เฟอร์เร้นซ์จะต้องมากกว่า 18 dB หรือเท่ากับ 63เปอร์เซ็น ซึ่งสามารถหาได้มาจากสมการที่2.2 ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดจากการพิจารณาคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับจากเครื่องรับโทรศัพท์ โดยที่สัญญาณเสียงที่รับนี้ยังสามารถจะสื่อสารเข้าใจได้ซึ่งจะต้องเลือกตำแหน่งของเซลลสเตชั่นให้เหมาะสมเพื่อให้เกิดอินเตอร์เฟอร์เรนซ์น้อยที่สุด เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงลักษณะของโคแชลแนลอินเตอร์เฟอร์เรนซ์สามารถที่จะอธิบายการเกิดอินเตอร์เฟอร์เรนซ์ได้ดังสมการที่ 2.1

เอกสารนี้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{S}{N_0 + I} = \frac{S}{N_0 + \sum_{i=1}^{M} I_i} = 63.1 \qquad (2.2)$$



รูปที่ 2.1 การสอดแทรกของช่องสัญญาณที่ใช้ความถี่ร่วมกัน

จากรูปที่2.1 ภายในพื้นที่ส่วนที่แรเงาคือเซลสเตชั่นที่ใช้ความถี่เดียวกันเป็นวิธีการนำความถี่กลับมาใช้ใหม่หรือเรียกว่า ฟรีเควนซีรียูส(Frequency reuse)หมายถึงการทำให้พื้นที่ครอบคลุมเซลทำได้หลายๆพื้นที่โดยใช้ความถี่เดียวกัน การวางเซลในลักษณะนี้เราเรียกว่า โคแชลแนลเซลล์(Co-channel cells)และการเกิดอินเตอร์เฟอร์เร้นซ์ระหว่างสัญญาณที่จากเซลที่เป็นโคแชลแนลแชลล์เรียกว่าโคแชลแนลอินเตอร์เฟอร์เร้นซ์(Co-channel interference) ซึ่งไม่เหมือนกับนอยส์(Noise) ที่เกิดจากอุณหภูมิหรือเทอร์มอลนอยส์(Thermal noise) สามารถเพิ่มขึ้นได้จากอัตราส่วนระหว่างสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนหรือซิกแนลทูนอยส์เรโช(SNR) โคแชลแนลอินเตอร์เฟอร์เร้นซ์ไม่สามารถทำให้ลดได้ง่ายโดยการเพิ่มกำลังส่งแคร์เรียร์ของเครื่องส่ง ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าการเพิ่มกำลังส่งแคร์เรียร์ของเครื่องส่งจะเกิดการทอดแทรกจากสัญญาณที่เป็นความถี่เดียวกันจากเซลข้างเคียง วิธีการลดโคแชลแนลอินเตอร์เฟอร์เร้นจะต้องทำการแยกโคแชลแนลเซลออกจากกันโดยทางกายภาพซึ่งระยะห่างระหว่างเซลที่น้อยที่สุดจะต้องห่างพอที่เป็นตัวกั้นของการแพร่กระจายคลื่น

จากการแพร่กระจายคลื่นในช่องสัญญาณโมบายล์จะแสดงให้เห็นค่าเฉลี่ยของสัญญาณที่รับที่จุดใดๆ จะลดลงด้วยกฎของพลังงานตามระยะทางที่แยกออกระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ พลังงานที่รับได้เฉลี่ย P_r ที่ระยะห่าง d จากสายอากาศเครื่องส่งสามารถประมาณได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_r = P_o(\frac{d}{d_o})^{-n} \tag{2.3}$$

หรือ

$$P_r(dBm) = P_o(dBm) - 10n\log(\frac{d}{d_o}) \tag{2.4}$$

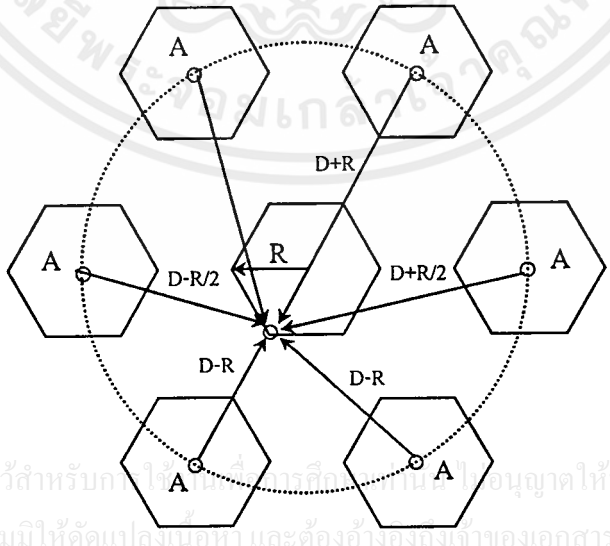
เมื่อ P_o คือระดับพลังงานอ้างอิงในบริเวณฟาร์ฟิล(Far field)ของสายอากาศโดยที่ d_o เป็นระยะห่างเล็กน้อยจากสายอากาศเครื่องส่งและ n เป็นเลขยกกำลังของพาทลอส

เมื่อพลังงานที่ส่งมาจากเครื่องของแต่ละเครื่องเท่ากันและพาทลอสของแต่ละเซลมีขนาดเท่ากัน S/I สามารถที่ประมาณได้ดังนี้

$$S/I = \frac{R^{-n}}{\sum_{i=1}^{i_o}(D_i)} \tag{2.5}$$

เมื่อพิจารณาเฉพาะในชั้นแรกของเซลข้างเคียง ถ้าเกิดอินเตอร์เฟอร์เร้นซ์จากทุกๆเซลที่มีระยะทางเท่ากันจากเบสสเตชั่นที่ต้องการและถ้าระยะห่างมีค่าเท่ากับ D ระหว่างศูนย์กลางของเซล เขียนเป็นสมการง่ายๆได้ดังนี้

$$\frac{S}{I} = \frac{(D/R)^n}{i_o} = \frac{(\sqrt{3N})^n}{i_o} \tag{2.6}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่2.2 โคแชลแนลอินเตอร์เฟอร์เร้นซ์ที่เกิดขึ้นบริเวณของเซล

ดังนั้นสามารถที่จะประมาณการเกิดโคแชลแนลอินเตอร์เฟอร์เรนซ์ที่ขอบขอบเซลสเตชั่น รูปที่ 2.2 จะเห็นว่าเป็นเป็นกลุ่มเซล 7 โดยโมบายล์อยู่ที่ขอบของเซล มีระยะห่าง $D-R$ จากเซลข้างเคียงอยู่สองเซลและเซลอื่นๆประมาณได้เป็น $D+R/2, D, D-R/2$ และ $D+R$ เราสมมุติให้ n เท่ากับ 4 อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสามารถประมาณได้ดังสมการที่2.5

$$\frac{S}{I}=\frac{R^{-4}}{2(D-R)^{-4}+(D-R/2)^{-4}+(D+R/2)^{-4}+(D+R)^{-4}+D^{-4}} \tag{2.7}$$

เมื่อขนาดของเซลแต่ละเซลประมาณให้มีขนาดเท่ากัน โคแชลแนลอินเตอร์เฟอร์จะขึ้นอยู่กับพลังงานของเครื่องส่งให้เหมาะสมกับขนาดรัศมีของเซลและระยะห่างจุดศูนย์กลางของเซลข้างเคียงหรือโคแชลแนลเซล โดยอัตราการเพิ่มของ D/R ขึ้น อินเตอร์เฟอร์เร้นซ์ลดได้โดยทำให้เกิดแนวกันระหว่างกำลังงานของ RF จากเซลข้างเคียง ซึ่งระยะห่างระหว่างโคแชลแนลเซลจะสัมพันธ์ระยะห่างของพื้นที่ครอบคลุมเซลที่เพิ่ม

2.2 การลดทอนแบบลาร์จสเกล

2.2.1 ลองเทอมเฟดดิ้ง

ลองเทอมเฟดดิ้งเป็น(Long-Term Fading m(t) or $m(x)^2$) เป็นค่าเฉลี่ยของสัญญาณที่เกิดการจางหายของสัญญาณ หรือเรียกว่าโลคอลมีน (Local mean) โดยค่าลองเทอมเฟดดิ้งแต่ละค่าเป็นค่าเฉลี่ยของความเข้มสนามของแต่ละจุด สามารถอธิบายทางคณิตศาสตร์โดยค่า $\hat{m}(x_1)$ ที่ตำแหน่ง x_1 เขียนสมการได้ดังนี้

$$\hat{m}(x)=\frac{1}{2L}\int_{x_1-L}^{x_1+L} r(x)dx=\frac{1}{2L}\int_{x_1-L}^{x_1+L} m(x)r_0(x)dx \tag{2.8}$$

สมมุติให้ $\hat{m}(x_1)$ เป็นค่าเฉลี่ยที่ตำแหน่ง x_1 จะได้

$$m(x=x_1)=\hat{m}(x=x_1) \qquad x_1-L\langle x\langle x_1+L$$

โดย L เป็นช่วงความยาวที่เลือก

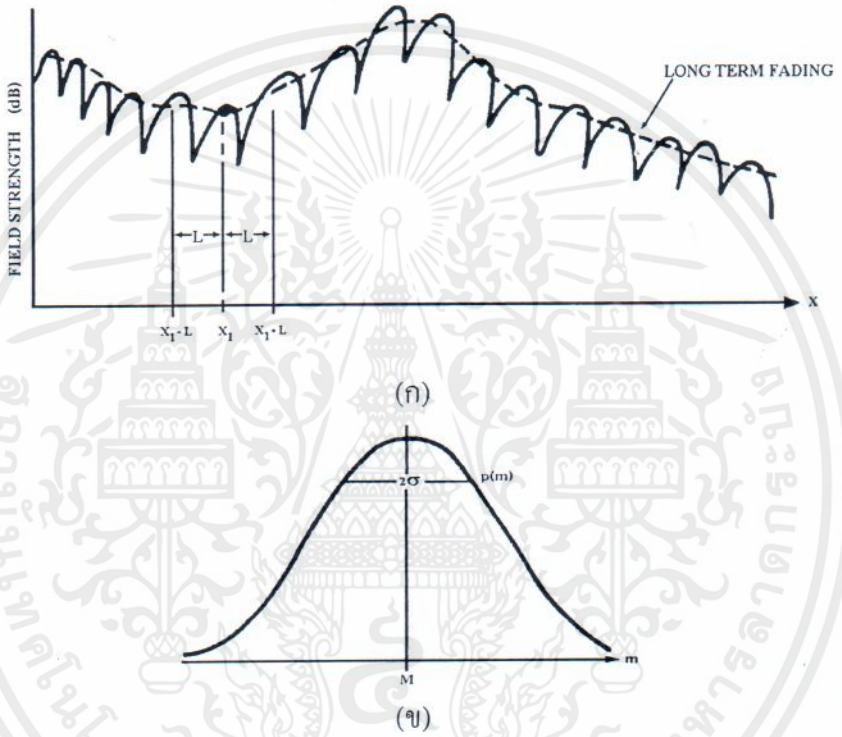
$$\hat{m}(x)=\hat{m}(x)\cdot\frac{1}{2L}\int_{x_1-L}^{x_1+L} r_0(x)dx \tag{2.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ค่าของ $\hat{m}(x_1)$ มีค่าใกล้เคียงได้ความสัมพันธ์เป็น

$$\frac{1}{2L}\int_{x_1-L}^{x_1+L} r_0(x)dx \to 1 \tag{2.10}$$

ลองเทอมเฟดดิ้งของ $m(x)$ ส่วนใหญ่เกิดจากสภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับเช่นภูเขา, บ้านเรือนต่างๆ ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นดังลักษณะของการเฟดดิ้งได้ดังรูปที่2.3(ก)



รูปที่2.3 (ก) ค่าเฉลี่ยของลองเทอมเฟดดิ้ง
(ข) ลองเทอมเฟดดิ้งในรูปของล็อกนอลมอลดีสติบิวชั่น

ลองเทอมเฟดดิ้งเกิดจากลักษณะของสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันสามารถเขียนอยู่ในรูปของล็อกนอลมอลดีสติบิวชั่น (Log-normal distribution) โดยใช้วิธีของสถิติเขียนเป็นรูปได้ดังรูปที่ 2.3(ข)

2.2.2 ช็อทเทอมเฟดดิ้ง

ช็อทเทอมเฟดดิ้ง (Short-Term Fading) เกิดจากสัญญาณที่สะท้อนมาจากหลายทิศทางของเครื่องส่งที่เกิดจากกระจายจากสิ่งต่างเช่น บ้าน, ตึก หรือสิ่งก่อสร้างที่มนุษย์ก่อสร้าง สามารถที่จะแบ่งกรณีการเกิดช็อทเทอมเฟดดิ้งระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่งได้เป็น 5 กรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น รวมถึงการนำไปดัดแปลงเนื้อหาเพื่อการค้า

กรณี 1 เครื่องรับอยู่กับที่ แต่รอบๆมีวัตถุที่เคลื่อนที่อยู่ ซึ่งสัญญาณเกิดการเฟดดิ้งขึ้นอยู่กับปริมาณการจราจรของรถยนต์และระยะห่างระหว่าง

กรณี 2. เกิดจากเครื่องรับเคลื่อนที่โดยใช้ความเร็ว V และรอบๆไม่มีการกระจายของสัญญาณ ซึ่งสามารถสัญญาณที่รับเข้ามาเป็นสมการได้ดังนี้ ให้มุมตกกระทบเป็นมุม θ

$$s_r = A\exp[j(2\pi f_t t - \beta x\cos\theta)] \tag{2.11}$$

β เรียกว่าตัวเลขของคลื่น จะได้ว่า $\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$ และ λ เป็นความยาวคลื่น ในเทอมของ $(j2\pi f_t t)$ เป็นคอมเพล็กซ์เอ็กโปเนนเชียลและ f_t เป็นความถี่ของเครื่องส่งในไทม์โดเมน x แทนได้โดย $x = Vt$ เมื่อ V เป็นความเร็วของเครื่องรับ A เป็นแอมปลิจูด เขียนเป็นสมการใหม่ได้ดังนี้

$$s_r = A\exp[j2\pi(f_t - \frac{V}{\lambda}\cos\theta)t] \tag{2.12}$$

เมื่อ f_D เป็น กำหนดให้ความถี่ด็อปเปอร์(Doppler frequency)

$$f_D = \frac{V}{\lambda}\cos\theta \tag{2.13}$$

ซึ่งความถี่ที่รับได้โดยมีการด็อปเปอร์คือ

$$f_r = f_t - \frac{V}{\lambda}\cos\theta \tag{2.14}$$

กรณี 3 โมบายล์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว V เคลื่อนที่ไปบนถนนระหว่างและมีกระจายของสัญญาณหนึ่งสัญญาณ สัญญาณที่รับเข้ามาแทนโดยสมการที่ 2.11 เมื่อ $\theta = 0$ ได้เป็น

$$A\exp[j2\pi(f_t - \frac{V}{t})t] \tag{2.15}$$

สมมุติให้การสะท้อนของสัญญาณเป็นไปอย่างสมบูรณ์ คลื่นสะท้อนออกมาในทางตรงกันข้าม $(\theta = 180)$ จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$-A(\exp[j2\pi(f_t + \frac{V}{\lambda})t \tag{2.16}$$

ผลของการรวมสัญญาณทั้งสองสัญญาณ

$$s_r = (Ae^{-j2\pi(V/\lambda)t} - Ae^{j2\pi(V/\lambda)t})e^{j2\pi f_t t} \tag{2.17}$$

กรณี 4. สมมุติให้คลื่นที่รับเข้ามามีทิศทางตรงกันข้ามกำหนดให้ $\theta = 0^0$ และ $\theta = \theta_1^0$ สมมุติให้คลื่นสะท้อนทั้งสองมีแอมปลิจูดเท่ากัน ตามสมการที่ 2.11 สามารถคำนวณการเฟดดิ้งของสัญญาณที่รับได้ดังนี้

$$\begin{aligned} s_r &= Ae^{j2\pi f_t t(e^{-j\beta x} + e^{-j\beta x\cos\theta_1})} \\ &= Ae^{j2\pi f_t t} \cdot 2e^{j\beta x(1+\cos\theta_1)/2} \cdot \cos(\frac{\beta x}{2} - \frac{\beta x}{2}\cos\theta_1) \end{aligned} \tag{2.18}$$

กรณี 5. สมมุติให้มีการสะท้อนจำนวน N คลื่นและไม่มีทิศทาง ความน่าจะเป็นของคลื่นที่รับเข้ามีค่าเท่ากันทุกๆด้าน สัญญาณที่เครื่องรับโมบายล์เข้าได้เป็น

$$s_r = \sum A_i e^{-j2\pi f_t t} \cdot e^{j\beta Vt\cos\theta_i} \tag{2.19}$$

เมื่อ f_t เป็นความถี่ของเครื่องส่ง, V เป็นความเร็วในการเคลื่อนที่ของโมบายล์ และ θ_i เป็นทิศทางของเคลื่อนที่รับเข้ามา

2.3 การลดทอนแบบสมอลสเกล

การลดทอนแบบสมอลสเกล(Small scale)หรือเรียกง่ายๆว่าการเฟดดิ้ง(Fading) ใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอย่างรวดเร็วทางด้านแอมปลิจูลของสัญญาณ การเฟดดิ้งของสัญญาณเกิดจากการสอดแทรกของสัญญาณตั้งแต่สองสัญญาณหรือมากกว่าสองสัญญาณ โดยเมื่อสัญญาณส่งออกจากเครื่องส่งและไปถึงเครื่องรับที่เวลาต่างกันซึ่งเราจะเรียกว่า มัลติพาทเวฟ (Multi-path wave) ผลรวมของการสัญญาณที่รับได้ทำมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านแอมปลิจูล(Amplitude) และทางด้านเฟส(Phase) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความเข้มของสนามที่แพร่กระจายและความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายคลื่นและเบนด์วิทของสัญญาณส่ง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ผลกระทบของสมอลสเกลเฟดดิ้ง(Small-Scale Fading)

ปัจจัยทางด้านกายภาพหลายอย่างของช่องการแพร่กระจายคลื่นวิทยุที่มีผลกระทบแบบสมอลสเกล ซึ่งประกอบดังต่อไปนี้

-มัลติพาทโพรพาเกชั่น(Multi-path Propagation) คือการอธิบายวัตถุที่มีการสะท้อนและการแพร่กระจายในช่องสัญญาณ โดยทำเป็นค่าคงที่ของแต่ละสภาพแวดล้อมที่ทำให้เกิดการจากหายของพลังงานในแอมปลิจูด, เฟสและเวลา

-ความเร็วของโมบาย(Speed of the mobile) คือการเคลื่อนของโมบายล์(Mobile) ที่สัมพันธ์กันระหว่างเบสสเตชั่น(Base station) จากการมอดดูเลทความถี่แบบสุ่มเป็นตัวกำหนดความแตกต่างของการด็อปเปอร์(Doppler)ในแต่องค์ประกอบของทุกๆทิศของสัญญาณ ด็อปเปอร์จะเป็นบวกหรือว่าเป็นลบขึ้นอยู่กับว่าเครื่องรับสัญญาณโมบายล์วิ่งผ่านไปหรือวิ่งเข้าหาเบสสเตชั่น

-ความเร็วของวัตถุรอบๆ(Speed of surrounding objects) คือถ้าวัตถุในในบริเวณที่แพร่กระจายคลื่นมีการเคลื่อนที่ ถ้าวัตถุที่อยู่รอบๆมีการเคลื่อนที่มากกว่าการเคลื่อนที่ของโมบายล์เมื่อนั้นผลกระทบหลักก็จะเป็นสมอลสเกลเฟดดิ้ง ส่วนอื่นที่มีการเคลื่อนที่ของวัตถุอาจไม่ต้องสนใจและความเร็วของโมบายล์เท่านั้นที่จำเป็นจะต้องพิจารณา

-แบนด์วิธการส่งสัญญาณ(The Transmission bandwidth of the signal) ถ้าแบนด์วิธของสัญญาณคลื่นวิทยุที่ส่งกว้างกว่าแบนด์วิธของสัญญาณในมัลติพาทแชลแนล สัญญาณที่รับได้จะมีการสูญเสียแต่ว่าความเข้มของสัญญาณที่รับได้จะไม่จางหายในทุกๆพื้นที่ เท่ากับว่าแบนด์วิธของคลื่นวิทยุที่ส่ง

2.4 การสะท้อนและการแพร่กระจายคลื่น

แอมปลิจูล(Amplitude) และเฟส(Phase) ของคลื่นจะขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวนั้นๆ ณ ตำแหน่งที่เกิดการสะท้อนและความแตกต่างของโพลาร์ไรซ์(Polarization) ทางด้านแนวตั้งและแนวนอน ในทางปฏิบัติพื้นผิวของวัสดุต่างๆส่วนใหญ่จะไม่เป็นทั้งตัวนำที่สมบูรณ์และฉนวนที่สมบูรณ์ซึ่งสัมประสิทธิ์การสะท้อนจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุนั้นๆ ดังนั้นในทางปฏิบัติก็จะมีค่าคงที่ความเป็นฉนวน ε (Dielectric constant) และค่าความนำ σ (Conductivity)

คลื่นทางแนวนอน(Horizontally-polarized wave) ที่ตกกระทบพื้นผิววัสดุ(สมมุติให้พื้นผิวของวัสดุเป็นพื้นเรียบ) สัมประสิทธิ์การสะท้อนสามารถเขียนได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\rho_h = \frac{\sin\psi - \sqrt{(\varepsilon/\varepsilon_o - j\sigma/\omega\varepsilon_o) - \cos^2\psi}}{\sin\psi + \sqrt{(\varepsilon/\varepsilon_o - j\sigma/\omega\varepsilon_o) - \cos^2\psi}} \qquad (2.20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ ω เป็นความถี่เชิงมุมของคลื่นและ ε_o ค่าคงที่ความเป็นฉนวนของอากาศ ε_r เท่ากับค่าความสัมพันธ์ของค่าคงที่ความเป็นฉนวนของพื้นผิววัสดุได้เป็น

$$\rho_h = \frac{\sin\psi - \sqrt{(\varepsilon_r - jx) - \cos^2\psi}}{\sin\psi + \sqrt{(\varepsilon_r - jx) - \cos^2\psi}} \tag{2.21}$$

เมื่อ $x = \dfrac{\sigma}{\omega\varepsilon_o}$

คลื่นทางแนวตั้ง(Vertical-polarized wave) สามารถเขียนได้เป็น

$$\rho_v = \frac{(\varepsilon_r - jx)\sin\psi - \sqrt{(\varepsilon_r - jx) - \cos^2\psi}}{(\varepsilon_r - jx)\sin\psi + \sqrt{(\varepsilon_r - jx) - \cos^2\psi}} \tag{2.22}$$

จากสมการ (2.21) และ (2.22) แสดงให้ทราบว่าสัมประสิทธิ์ ρ_h และ ρ_v จะเป็นจำนวนจินตภาพ ซึ่งคลื่นที่เกิดจากการสะท้อนนั้นจะมีความแตกต่างทั้งขนาดและเฟส ซึ่งทั้งสมการที่ (2.21) และ (2.22) จะแสดงให้เห็นว่าคลื่นที่ตกกระทบและคลื่นที่เกิดการสะท้อนมีค่าใกล้เคียงกัน 180 องศา ของทุกๆมุมตกกระทบและทุกๆค่าความนำของพื้นวัสดุ

$$\rho_h = |\rho_h| \angle\theta = 1 = \angle 180^o = -1 \tag{2.23}$$

มุมของการตกกระทบเพิ่มขึ้นเมื่อ $|\rho_h|$ และ θ มีการเปลี่ยนแปลงแต่ว่ามีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย การเปลี่ยนแปลงที่มีผลกระทบอย่างมากขึ้นอยู่กับความถี่และค่าความนำของพื้นวัสดุ

การสะท้อนของสนามจะไม่มีความแตกต่างระหว่างโพลาร์ไรซ์ทางแนวตั้งและโพลาร์ไรซ์ทางแนวนอนซึ่งยังคงใช้สมการที่(2.21) ดังนั้นเมื่อ ψ มีค่าเพิ่มขึ้น จะปรากฏความแตกต่างให้เห็น

การแพร่กระจายคลื่นทั้งหมดของพื้นผิวที่มีการสะท้อน (Propagation over a plane reflecting surface) ระยะห่างที่น้อยกว่า 10 กิโลเมตร สามารถที่ตัดจะผลกระทบที่เกิดจากความโค้งของพื้นผิวโลกโดยสมมุติให้พื้นผิวแบนและเรียบแสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.4 เมื่อสมมุติให้สนามที่ตกกระทบมีค่าดังนี้ $\rho = -1$ แทนค่าในสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} E &= E_d\left[1 - \exp(-j\Delta\phi)\right] \\ &= E_d\left[1 - \cos\Delta\phi + j\sin\Delta\phi\right] \end{aligned} \tag{2.24}$$

จะได้เป็น

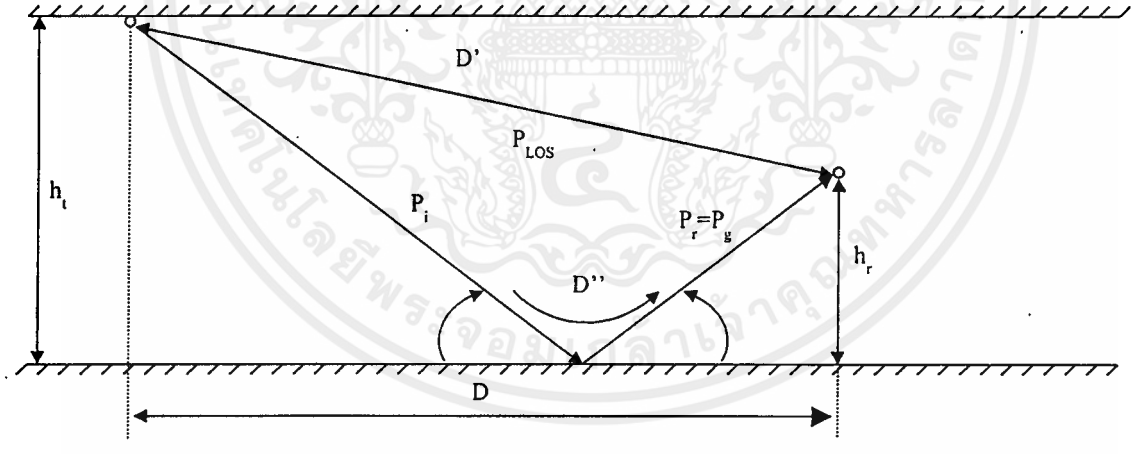
$$|E| = |E_d|\left[1+\cos^2\Delta\phi - 2\cos\Delta\phi + \sin^2\Delta\phi\right]^{1/2}$$
$$= 2|E_d|\sin\frac{\Delta\phi}{2} \quad (2.25)$$

จะได้

$$|E| = 2|E_d|\sin\left(\frac{2\pi h_T h_R}{\lambda d}\right) \quad (2.26)$$

เพาเวอร์ที่รับได้ P_R จะแปรตามค่าของ E^2

$$P_R = 4|E_d|\sin^2\left(\frac{2\pi h_T h_R}{\lambda d}\right)$$
$$= 4P_T\left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2 G_T G_R \sin^2\left(\frac{2\pi h_T h_R}{\lambda d}\right) \quad (2.27)$$



รูปที่2.4 การแพร่กระจายคลื่นที่เกิดการสะท้อนของคลื่น

2.5 ความรู้เบื้องต้นของระบบของโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีที

ระบบโทรศัพท์ PHS มีชื่อย่อมาจากคำว่าว่า Personal Handy-phone System มีความหมายว่าเป็นโทรศัพท์แบบพกพาติดตัว โดยหลักการแล้วระบบโทรศัพท์พีเอชเอสคือระบบโทรศัพท์ไร้สายแบบดิจิตอล(Digital cordless telephone) ระบบพีเอชเอสถูกพัฒนาขึ้นโดยประเทศญี่ปุ่น ซึ่งยังมีอีก 2 ระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมาพร้อมกัน คือระบบ DECT (DECT: Digital Europain Cordless) ที่พัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยกลุ่มประเทศยุโรปและระบบ PACS (PACS: Personal Advanced Cordless System) ได้รับการพัฒนาโดยประเทศสหรัฐอเมริกา จุดประสงค์ของการออกแบบระบบ PHS ก็เพื่อที่จะนำมาใช้เป็นบริการเสริมของโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน PSTN (PSTN: Public Switched Telephone Network) โดยที่สามารถใช้กับระบบ SPC (SPC: Store Program Control) หรือระบบ ISDN ก็ได้และจะให้ประสิทธิภาพสูงเมื่อใช้กับคู่สายโทรศัพท์ระบบ ISDN ทั้งนี้เพราะโทรศัพท์ PHS สามารถให้บริการได้ถึงระดับบริการมัลติมิเดีย คือ สามารถให้บริการได้หลายรูปแบบทั้งการส่งสัญญาณเสียง ส่งข้อมูลและภาพได้ โทรศัพท์พกพาส่วนบุคคล PHS นั้นมีความสามารถในการให้บริการได้ 5 รูปแบบด้วยกันคือ

1.สามารถติดต่อกันระหว่างเครื่องลูกข่าย PS (PS: Personal Station) ด้วยกันได้ โดยไม่ต้องอาศัยเซลสเตชั่น CS (CS: Cell Station) คือ มีลักษณะการติดต่อเหมือนเครื่องรับ-ส่ง(Transceiver) ทำให้สามารถใช้ติดต่อกันในรัศมีประมาณ 100 เมตรได้แบบเดียวกับการใช้อินเตอร์คอมไร้สาย (Wireless intercom) ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ในการติดต่อกันภายในบ้านหรือสำนักงานเป็นอย่างยิ่ง

2.ใช้งานในลักษณะเป็นเครื่องโทรศัพท์ไร้สาย(Cordless Telephone) เมื่อติดตั้งสถานีเซลสเตชั่น HBS (HBS: Home Base Station) เข้ากับโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานที่บ้าน โดยที่เครื่องลูกข่ายPS ก็สามารถโทรเข้าและออกได้เช่นเดียวกับโทรศัพท์ไร้สายทั่วไป ซึ่งเลขหมายของโทรศัพท์ PHS จะเป็นหมายเลขเดียวกับโทรศัพท์ที่บ้าน

3.สามรถใช้ในสำนักงานร่วมกับชุมสายปลายทางแบบไร้สาย WPABX (WPABX: Wireless Private Automatic Branch exchange) ในลักษณะของโทรศัพท์ไร้สายในสำนักงานโดยหมายเลขของโทรศัพท์ PHS จะเป็นหมายเลขเดียวกับหมายเลขภายในสำนักงานนั้นๆซึ่งจะทำให้มีความสะดวกในการติดต่อกันภายในหน่วยงานและยังประหยัดค่าใช้จ่ายได้เช่นเดียวกับโทรศัพท์ภายในสำนักงานทุกประการ

4.สามารถใช้งานนอกอาคารได้ โดยมีเป้าหมายหลักของการให้บริการนอกอาคาร เช่นบนถนน, สถานีรถไฟ, สวนสาธารณะหรือทดแทนการใช้โทรศัพท์หยอดเหรียญ โดยผู้ให้บริการจะติดตั้งสถานีเซลสเตชั่นไว้ตามจุดต่างๆเพื่อทำให้เกิดเซลที่ต่อเนื่องครอบคลุมพื้นที่การให้บริการ การใช้งานของระบบ PHS ใช้งานในลักษณะที่ผู้ใช้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่มากนักคือไม่เกิน 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เช่นการเดิน, การวิ่งออกกำลังงานหรือในยานพาหนะ เพราะถ้าเร็วกว่านั้นสัญญาณจะหลุดหรือขาดการติดต่อเพราะว่าเซลมีขนาดเล็ก(รัศมี 100-300เมตร)

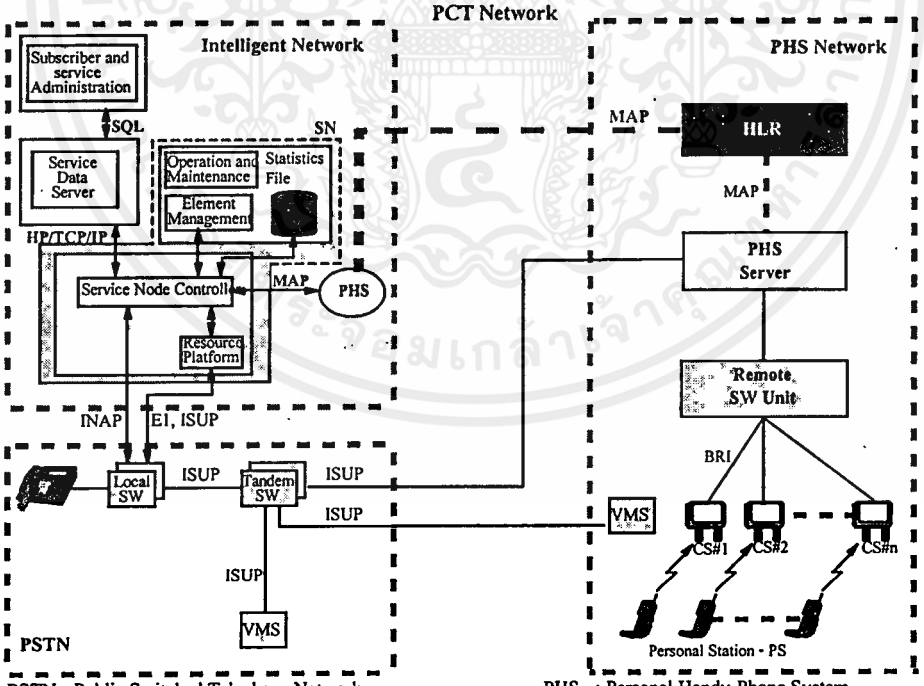
5.สามารถใช้ PHS ในลักษณะของ WLL (WLL: Wireless Local Loop) ในบางกรณีที่การเดินสายทำได้ยากหรือมีความลำบาก เช่น ข้ามน้ำ หรือในหมู่บ้านที่สายโทรศัพท์เข้าไปยังไม่ถึง วิธีการนี้ทำได้โดยอุปกรณ์แปลงสัญญาณ PHS เป็นตัวกระจายการติดต่อกับเครื่องลูกข่ายซึ่งในกรณีนี้จะมีประโยชน์ในการขยายการใช้งานโทรศัพท์เป็นอย่างมาก

2.6 โครงสร้างของระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพา

ในปัจจุบันประเทศไทย โดยองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย TOT (TOT: Telephone Organization of Thailand) ได้อนุมัติให้บริษัท เทเลคอมเอเซีย จำกัด (มหาชน) (TA: Telecom Asia Co., Ltd.) นำระบบโทรศัพท์พกพาส่วนบุคคล (PHS: Personal Handy-phone System) มาเปิดให้บริการในประเทศไทย และใช้ชื่อว่าโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีที (PCT: Personal Communication Telephone System) โดยมีการปรับปรุงโครงข่ายโทรศัพท์พกพาส่วนบุคคล PHS ให้มีคุณสมบัติพิเศษขึ้นซึ่งสามารถแสดงโครงข่ายให้เห็นในรูปที่ 2.5 การปรับปรุงโครงข่ายนี้เพื่อให้เหมาะสมกับประเทศไทย 3 ประการ คือ

1. ใช้หมายเลขของระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีทีเป็นหมายเลขเดียวกับหมายเลขโทรศัพท์บ้าน เพื่อให้ง่ายต่อการจดจำหมายเลข และเป็นการพัฒนาไปสู่หมายเลขส่วนบุคคล (Personal number)

2. ในระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีทีจะใช้เซลที่มีขนาดใหญ่กว่าเซลในระบบโทรศัพท์พกพาส่วนบุคคล PHS เพื่อลดปริมาณทราฟฟิกและลดจำนวนครั้งของการข้ามเซล (Hand over) ทำให้สามารถทำการติดต่อสื่อสารภายในยานพาหนะด้วยความเร็วที่สูงถึง 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



PSTN : Public Switched Telephone Network
PCT : Personal Communication Telephone
ISUP : Integrated Service User Part
VMS : Voice Mail System
BRI : Basic Rate Interface
CS : Cell Station
SN : Service Node

PHS : Personal Handy-Phone System
HLR : Home Location Registor
INAP : Intelligent Network Application Protocol
MAP : Mobile Application Protocol
SQL : Structured Query Language
PS : Personal Station
TCP/IP : Transmission Control Protocol/Internet Protocol

รูปที่ 2.5 โครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีที

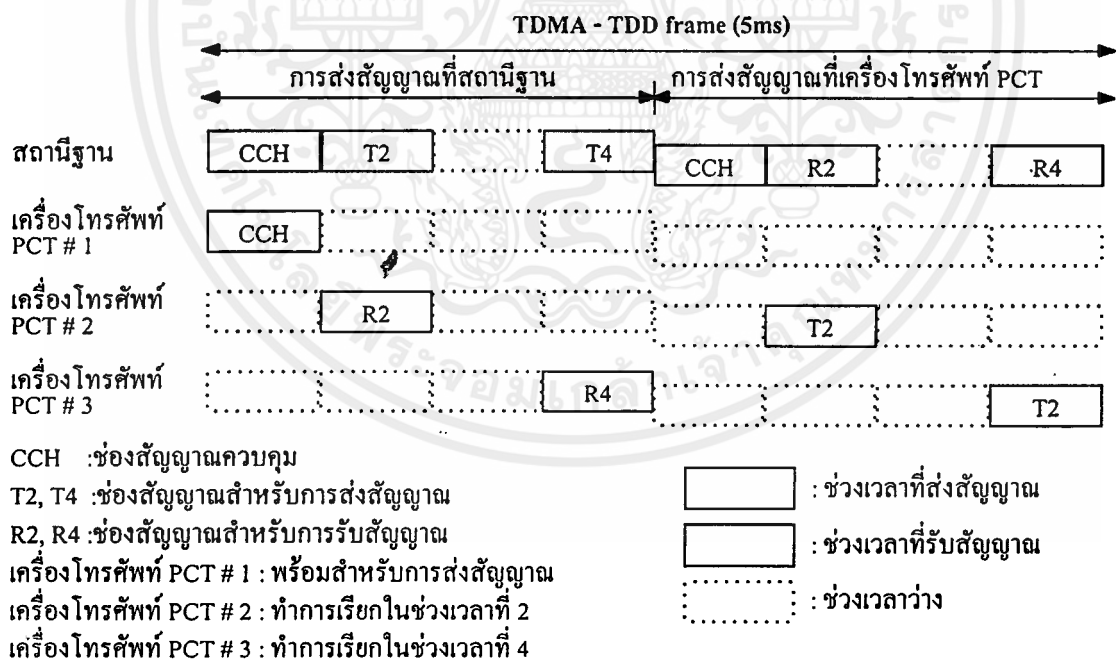
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ในระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีทีได้นำเอาโครงข่าย 3 โครงข่าย คือ โครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน PSTN (PSTN: Public Switched Telephone Network) โครงข่ายโทรศัพท์พกพาส่วนบุคคล PHS และโครงข่ายอัจฉริยะ IN (IN: Intelligent Network) มาทำงานร่วมกัน เพื่อให้เกิดฟังก์ชั่นที่ต้องการของระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีที เช่น การใช้หมายเลขของโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีทีเป็นหมายเลขเดียวกับหมายเลขโทรศัพท์บ้าน

2.7 คุณสมบัติทางเทคนิคของระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพา

การจัดช่องสัญญาณของระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีที ใช้เทคนิคแบบ TDMA/TDD (TDMA/TDD: Time Division Multiple Access/Time Division Duplex) โดยที่เฟรมข้อมูลทั้งหมดประกอบด้วย 8 ช่อง จึงทำให้มีช่องเวลาส่ง 4 ช่อง (มี 1 ช่องสัญญาณควบคุม)และช่องเวลารับ 4 ช่อง (มี 1 ช่องสัญญาณควบคุม) ในการทำงานปกติจะใช้ 1 ช่องส่ง และ 1 ช่องรับ ดังนั้นใน 1 เซลของระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีทีจะสามารถทำการติดต่อได้พร้อม ๆ กัน 3 คู่สนทนา นั่นคือ เซลสเตชั่น 1 ตัว จะใช้เครื่องลูกข่ายได้ 3 ตัวพร้อม ๆ กันซึ่งแสดงโครงสร้างการจัดช่องสัญญาณของระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีทีได้ดังรูปที่2.6



รูปที่ 2.6 แสดงการจัดช่องสัญญาณแบบ TDMA-TDD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

38959

2.8 โครงสร้างของช่องสัญญาณและความถี่ที่ใช้สำหรับโทรศัพท์พื้นฐานพกพา

ตารางที่ 2.1 การใช้งานความถี่ของระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีที

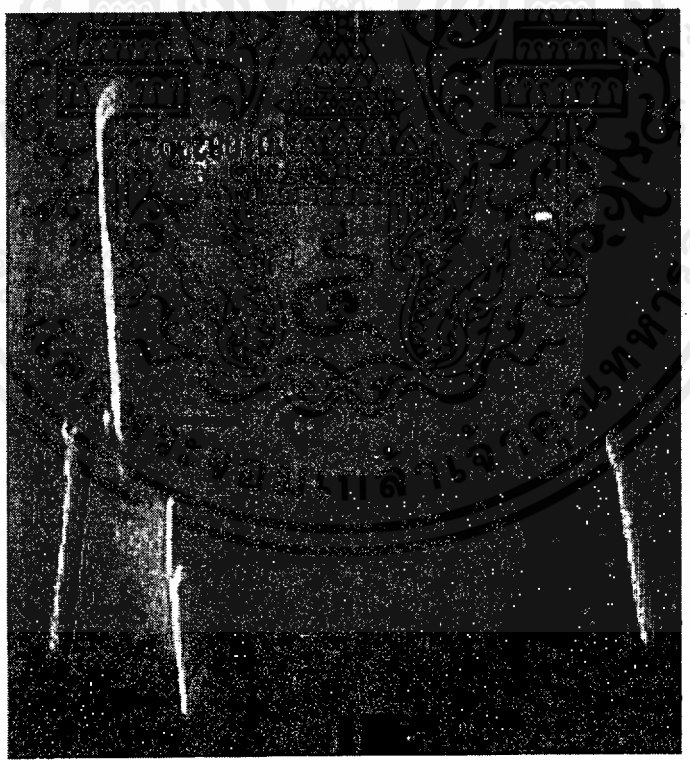
ช่องที่	ความถี่	ลักษณะการใช้งาน
1 ~ 10	1895.15 ~ 1897.85 MHz (แต่ละช่องสัญญาณความถี่ห่างกัน 300 kHz)	ความถี่ที่ใช้สำหรับการสื่อสารส่วนบุคคล (Private Mode) และการสื่อสารระหว่างเครื่อง PS ด้วยกัน (Tranceiver Mode : PS→PS)
11	1898.15 MHz	ความถี่ที่ใช้สำหรับการสื่อสารภายในอาคารสำนักงาน ที่อยู่อาศัย ในรูปแบบของ Wireless PABX
12	1898.45 MHz	ช่องสัญญาณควบคุมสำหรับการสื่อสารส่วนบุคคล (Private Mode)
13 ~ 17	1898.75 ~ 1899.95 MHz (แต่ละช่องสัญญาณความถี่ห่างกัน 300 kHz)	ความถี่ที่ใช้สำหรับการสื่อสารภายในอาคารสำนักงาน ที่อยู่อาศัย ในรูปแบบของ Wireless PABX
18	1900.25 MHz	ช่องสัญญาณควบคุมสำหรับการสื่อสารส่วนบุคคล (Private Mode)
19 ~ 37	1900.55 ~ 1905.95 MHz (แต่ละช่องสัญญาณความถี่ห่างกัน 300 kHz)	ความถี่ที่ใช้สำหรับการสื่อสารภายในอาคารสำนักงาน ที่อยู่อาศัย ในรูปแบบของ Wireless PABX
38 ~ 69	1906.25 ~ 1915.55 MHz	ความถี่ที่ใช้สำหรับการสื่อสารในพื้นที่สาธารณะภายนอกอาคาร (Public mode)
70	1915.85 MHz	Guard Channel
71	1916.15 MHz	ช่องสัญญาณควบคุมสำรอง
72	1916.45 MHz	Guard Channel
73	1916.75 MHz	ช่องสัญญาณควบคุมสำหรับการสื่อสารในพื้นที่สาธารณะภายนอกอาคาร (Public mode)
74	1917.05 MHz	Guard Channel
75	1917.35 MHz	ช่องสัญญาณควบคุมสำหรับการสื่อสารในพื้นที่สาธารณะภายนอกอาคาร (Public mode)
76	1917.65 MHz	Guard Channel
77	1917.95 MHz	ช่องสัญญาณควบคุมสำหรับการสื่อสารในพื้นที่สาธารณะภายนอกอาคาร (Public mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ที่ใช้สำหรับโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีทีแสดงดังตารางที่ 2.1 ซึ่งจะแบ่งความถี่ออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มของความถี่ที่ใช้สำหรับการสื่อสารส่วนบุคคล เช่น การใช้งานในลักษณะอินเตอร์คอม คือการสื่อสารระหว่างเครื่อง PS ด้วยกัน โดยไม่มีเซลสเตชั่นเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งจะใช้ความถี่ในช่องที่ 1-10 สำหรับการใช้งานส่วนบุคคลภายในสำนักงานหรือที่อยู่อาศัยต่างๆ ในรูปแบบของ Wireless PABX จะใช้งานความถี่ตั้งแต่ช่องที่ 11-37 โดยมีช่องสัญญาณควบคุมในช่องที่ 12, 18, 30 และ 36 ตามลำดับ และอีกกลุ่มหนึ่งเป็นความถี่ที่ใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารในพื้นที่สาธารณะ ซึ่งจะใช้ความถี่ตั้งแต่ช่องที่ 38 - 69 โดยมีช่องสัญญาณควบคุมในช่องที่ 70-77

2.9 คุณสมบัติสถานีลูกข่าย(Cell Station)

เซลสเตชั่นที่นำมาใช้ในโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีทีจะมีอยู่ 2 ชนิด คือ ชนิดติดตั้งภายในตัวอาคาร โดยจะมีกำลังส่ง 10mW และชนิดติดตั้งนอกอาคาร มีกำลังส่งขนาด 10mW ซึ่งคุณสมบัติของเซลสเตชั่นภายในอาคารขนาด 10mW แสดงให้เห็นในตารางที่ 2.2 ลักษณะของเซลสเตชั่นภายในอาคาร10 mW แสดงให้เห็นในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 สถานีลูกข่ายภายในอาคารของโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีที

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.2 คุณสมบัติเฉพาะของเซลสเตชั่นภายในอาคาร (CS)

ชนิด / ลักษณะเฉพาะ		เซลสเตชั่นภายในอาคาร (CS)
ค่าเฉลี่ยพลังงานเอาท์พุท RF (Peak)		10mW(80mW)
เซนซิติวิตี้(Sensitivity) Static,BER=1%		14dBμ
สายอากาศ		Built-in Antenna(2branch:2.14dBi) External Antenna
ไดเวอร์ซิตี้ (Diversity)	Rx(up link)	Antenna selection diversity(frame by frame)
	Tx(down link)	Transmitter antenna selection diversity(2 branch)
การออกแบบช่องสัญญาณ		กำหนดช่วงเวลาของเฟรมข้อมูลอิสระ การควบคุมช่องสัญญาณแบบเปลี่ยนแปลงได้ต่อการเรียกของช่องทราฟฟิคแชลแนล (Traffic channel)
การเชื่อมต่อเน็ทเวอร์ก(Network)		BRI(2B+D)×1
การควบคลุมเป็นกลุ่ม		ไม่มี
อัตราการเข้ารหัสเสียงพูดในการเชื่อมต่อเน็ทเวอร์ก		32kbit/s×3-ch
อัตราการส่งข้อมูลในการเชื่อมต่อเน็ทเวอร์ก		32kbit/s Bearer
ความยาวของสาย(MAX) ที่ ϕ 0.4		1.0 km(⇔CS Server)
ขนาด(ปริมาตร)		154×142×46.5mm
น้ำหนัก		ประมาณ 0.6kg
พลังงานที่ใช้		ประมาณ 0.3W
แหล่งจ่ายพลังงาน		พลังงานที่ป้อน DC27V~55V
อุณหภูมิที่ใช้งาน		0°C ถึง 50°C
ความชื้นภายในอากาศที่ใช้งาน		น้อยกว่า 90%
แบตเตอรี่แบล็กอัพ		ไม่มี

2.10 คุณสมบัติเครื่องลูกข่าย

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ

เครื่องลูกข่ายของโทรศัพท์ของระบบPHS มีลักษณะคล้ายกับเครื่องโทรศัพท์มือถือทั่วๆไป แต่อาจมีขนาดเล็กกว่าเนื่องจากใช้ความถี่สูงกว่าปกติคือประมาณ 1.9GHz น้ำหนักของประมาณ 90-150กรัม ขนาดของเครื่องประมาณ 40W×120H×15D มิลลิเมตร และมีแบตเตอรี่ที่สามารถชาร์จได้

(Ni-Cd, Ni-MH, Lithium Ion) ซึ่งสามารถเปิดเครื่องรอสายได้นานถึง 500 ชั่วโมง ขึ้นไปถึง 600 ชั่วโมง และสามารถสนทนาได้นานถึง 5 ชั่วโมงขึ้นไป จึงทำให้การใช้งานสะดวกไม่ต้องกังวลในการพกพาแบตเตอรี่สำรอง มีขั้วต่อสำหรับการให้บริการข้อมูลดิจิตอล เช่น FAX, Data terminal ฯลฯ

รูปที่ 2.8 เครื่องลูกข่ายโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีซีที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ

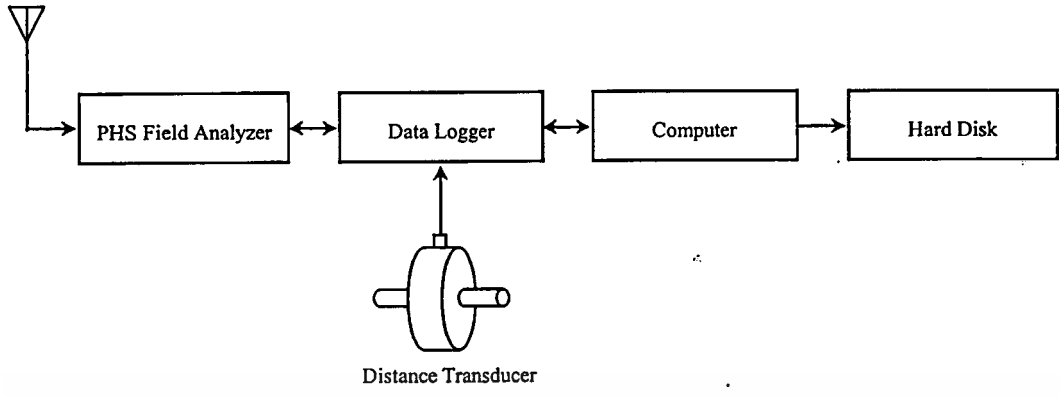
การออกแบบในบทนี้จะแย่งออกเป็นสองส่วนใหญ่คือส่วนแรกเป็นการออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ช่วยในการเก็บบันทึกสัญญาณเพื่อวิเคราะห์สัญญาณ โดยจะเป็นเครื่องมือจะช่วยในการเก็บบันทึกบันทึกผลของระดับสัญญาณเพื่อให้การเก็บข้อมูลได้อย่างละเอียดยิ่งขึ้นส่งผลให้การวิเคราะห์สัญญาณมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ส่วนที่สองจะเป็นการออกแบบซอฟแวร์เพื่อช่วยในการออกแบบการวางตำแหน่งของเซลสเตชั่น โดยซอฟแวร์นี้จะนำหลักการสะท้อนและการลดทอนของสัญญาณเข้ามาคำนวณทำให้เกิดความแม่นยำในการออกแบบการวางตำแหน่งเซลสเตชั่น

การวิเคราะห์หาสมการลดทอนเพื่อใช้ในการออกแบบการวางตำแหน่งเซลสเตชั่นจำเป็นจะต้องมีการเก็บข้อมูลจากสถานที่ติดตั้งจริง เพื่อวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ที่จะทำให้สมการที่ใช้ในการออกแบบการวางตำแหน่งเซลสเตชั่นเกิดความผิดผลาดน้อยที่สุด ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการวัดระดับสัญญาณจากสถานที่จริงจะต้องละเอียดมากพอ เนื่องค่าความลดทอนของการแพร่กระจายคลื่นเป็นฟังก์ชั่นของระยะทางดังนั้นการวิเคราะห์หาค่าแฟคเตอร์(Factor)ของการลดทอนจึงมีความจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและทำให้ทราบถึงปรากฏการณ์ของคลื่น เพื่อให้เกิดความแม่นยำ สะดวกและรวดเร็ว ในการเก็บข้อมูลด้วยการวัดระดับสัญญาณการแพร่กระจายคลื่น ดังนั้นจะต้องมีเครื่องที่ใช้สำหรับวัดการเดินทางของคลื่น ที่สัมพันธ์กับระยะทางที่เปลี่ยนหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าดาต้าล็อเกอร์(Data logger)

3.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์เครื่องดาต้าล็อกเกอร์

เครื่องที่ใช้วัดการแพร่กระจายที่สัมพันธ์กับระยะทางหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเครื่องดาต้าล็อกเกอร์(Data Logger) เครื่องดาต้าล็อกเกอร์นี้ทำให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการเก็บข้อมูล ซึ่งแสดงให้เห็นการทำงานโดยแบ่งเป็นบล็อกไดอะแกรม(Block diagram)ให้เห็นดังรูปที่3.1 ในรูปซึ่งจะแบ่งการทำงานออกเป็น 5 บล็อกใหญ่ๆ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.1 บล็อกไดอะแกรมเครื่องรับและดาต้าล็อกเกอร์(Data Logger) ที่ใช้ในการวัดสนาม

3.1.1 พีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์

พีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์(PHS Field Analyzer) เป็นเครื่องรับสัญญาณ PHS ทำงานอยู่ที่ย่านความถี่ 1900MHz สามารถวัดสัญญาณทุกช่องสัญญาณของระบบพีเอชเอส(PHS) ซึ่งคุณสมบัติของเครื่องแสดงให้เห็นในตารางที่ 3.1 การทำงานของเครื่องพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์(PHS Field Analyzer) เป็นเครื่องของยี่ห้อลีดเดอร์(Leader) รุ่นโมเดล LF960 ภาพถ่ายจริงของเครื่องแสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.2 สามารถที่จะทำการวัดเซ็ลสเตชั่นได้ 4 แบบคือ

เอกสารนี้เป็น ...ค์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ...ำไปใช้

รูปที่3.2 ภาพถ่ายจริงของเครื่องพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์

3.1.1.1 ไวด์แบนด์สเปกตรัมอนาไลเซอร์

ไวด์แบนด์สเปกตรัมอนาไลเซอร์ (Wide Band Spectrum Analyzer) สามารถแสดงสเป็ตตัม ของช่องสัญญาณพีเอชเอสทั้ง 77 ช่องสัญญาณว่าค่าระดับของสัญญาณ ณ เวลานั้นมีค่าระดับสัญญาณเป็นเท่าใดในแต่ละช่องของสัญญาณ

3.1.1.2 แนร์โรว์แบนด์สเปกตรัมอนาไลเซอร์

แนร์โรว์แบนด์สเปกตรัมอนาไลเซอร์(Narrow Band Spectrum Analyzer) สามารถแสดงสเป็คตัมของช่องสัญญาณได้พร้อมกัน 6 ช่องสัญญาณ โดยที่ค่าความถี่ที่เลือกเป็นความถี่ศูนย์กลางของสเป็คตัมทั้งหมด ความถี่ทางด้านล่างและด้านบนจะเป็นช่องของสัญญาณที่อยู่ข้างเคียงความถี่ศูนย์กลางที่เลือก

3.1.1.3 มัลติเทร็กซิ้ง

มัลติเทร็กซิ้ง(Multi-tracing) สามารถแสดงว่าขณะที่ทำงาน ณ ช่องความถี่นั้นๆมีจำนวนของเซลสเช่น(Cell Station) ที่สามารถรับสัญญาณที่จุดนั้นได้กี่เซล โดยที่แต่ละเซลสเตชั่น จะมีรหัสประจำเครื่อง(ID-CS) แสดงให้ทราบและบอกระดับความแรงของสัญญาณ ณ จุดนั้นๆว่าสามารถวัดความแรงของแต่ละเซลสเตชั่นมีค่าเท่าใด

3.1.1.4 ซิ้งเกิลแทร็กซิ้ง

ซิ้งเกิลแทร็กซิ้ง(Single Tracing) สามารถวัดความแรงระดับสัญญาณของเซลใดๆจากจำนวนเซลทั้งหมดที่แสดงให้ดูทุกๆเซลตอนที่พีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์ทำงานอยู่ในโหมดมัลติเทร็กกิ้ง(Multi tracking) โดยที่ในโหมดซิ้งเกิลเทร็กกิ้ง(Single tracking) มีข้อแตกต่างก็คือจะทราบรายละเอียดต่างๆของเซลสเตชั่นๆเช่น บิทเออเรอร์เลท(Bit Error Rate) ดังนั้นหากเราต้องการวิเคราะห์ลักษณะพื้นที่ครอบคลุมเซลของแต่ละเซลอย่างละเอียดควรจะใช้โหมดนี้ จะทำให้ทราบรายละเอียดได้เป็นอย่างดี

ตารางที่3.1 คุณสมบัติของเครื่องวัดความเข้มสัญญาณ(PSH Field Protocol Analyzer) รุ่น LF-960 ยี่ห้อ Leader

อินพุทอิมพีเด็นซ์	50Ω
สัญญาณอินพุทสูงสุด	100dBμV(EMF)
ย่านความถี่	1895.15MHz to 1917.94MHz
ช่องความถี่	300kHz
ความถูกต้องของความถี่	ในช่วง $\pm 3\times10^{-6}$ Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่3.1 (ต่อ)

วิธีการเข้าถึง, วิธีการมอดดูเลท	TDMA-TDD, $\pi/4$ shift QPSK
อัตราการส่งข้อมูล	384 kbits/s
ระดับการวัดสัญญาณ	- SPECTRUM, CS-TRACE:CCH, PS-TEST 0dBμV ถึง 60dBμV (EMF) เมื่อไม่มีค่าลดทอน, 30dBμV ถึง 85dBμV (EMF) เมื่อมีค่าลดทอน - CS-TRACE : MULT1, SINGLE, TIME 0dB μV ถึง 85dBμV (EMF) เมื่อมีค่าลดทอนอัตโนมัติ
ระยะห่าง	0.1dB
ความถูกต้อง	- SPECTRUM, CS-TRACE:CCH, PS-TEST ±3 dBμV (10 dBμV ถึง60 dBμV) เมื่อมีค่าไม่ลดทอน ±3 dBμV (35 dBμV ถึง75 dBμV) เมื่อมีค่าลดทอน - CS-TRACE:MULTI, SINGLE, TIME±3 dBμV (10 dBμV ถึง60 dBμV) เมื่อมีค่าลดทอนอัตโนมัติ
การเลือกช่องสัญญาณข้างเคียง	≥50dB

ตารางที่3.2 คุณสมบัติของสายอากาศวัดความเข้มสัญญาณ (PSH Field Protocol Analyzer) รุ่น LF-960 ยี่ห้อ LEADER

ย่านความถี่	1895MHz ถึง 1918MHz
VSWR	≤3
โพลาไรส์เซชั่น(Polarization)	เวอร์ติคอลลี่โพลาไรส์(Vertically polarized)
ไดเล็คติวิตี้(Directivity)	ไม่มีในแนวนอน
เกณ(Gain)	2.15dBi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

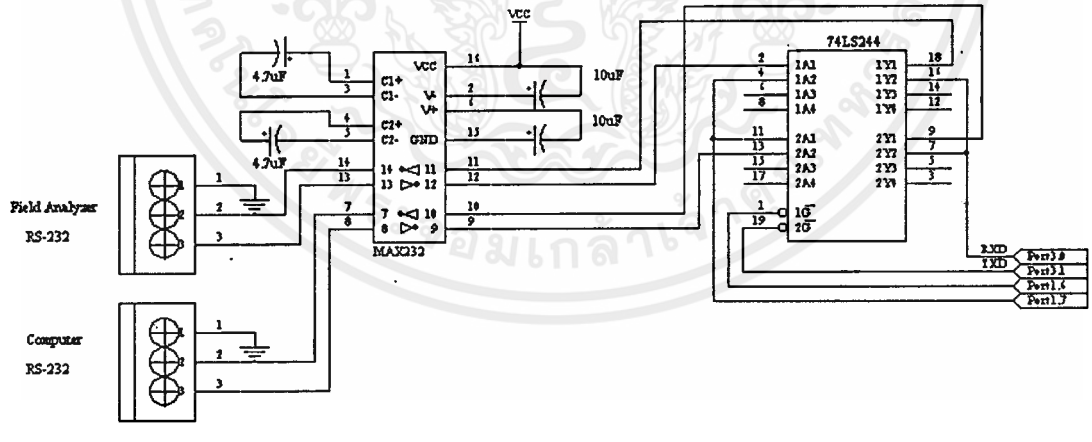
3.1.2 ดาต้าล็อกเกอร์

ดาต้าล็อกเกอร์(Data Logger) เป็นวงจรที่ทำหน้าในการจัดการเกี่ยวกับการวัดระดับสัญญาณ, การส่งคำสั่งควบคุม, การวัดระดับสัญญาณแบบสัมพันธ์กับเวลาหรือเรียกว่าแบบแซม

ปลิ้ง(Sampling) เป็นช่วงเวลาและวัดระดับสัญญาณที่สัมพันธ์กับระยะทางโดยที่ข้อมูลที่อ่านได้จากพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์โดยเครื่องดาต้าล็อกเกอร์จะส่งข้อมูลที่อ่านได้ไปเก็บที่เครื่องคอมพิวเตอร์(Computer) โดยรูปแบบการเก็บข้อมูลจะเก็บอยู่ในรูปแบบของเท็กซ์ไฟล์(Text File) บันทึกไว้ในฮาร์ดดิสก์ ทำให้เกิดความสะดวกในการวิเคราะห์ โดยที่ในบล็อกไดอะแกรมนี้จะแบ่งออกเป็น 3ภาคใหญ่ด้วยกันคือ

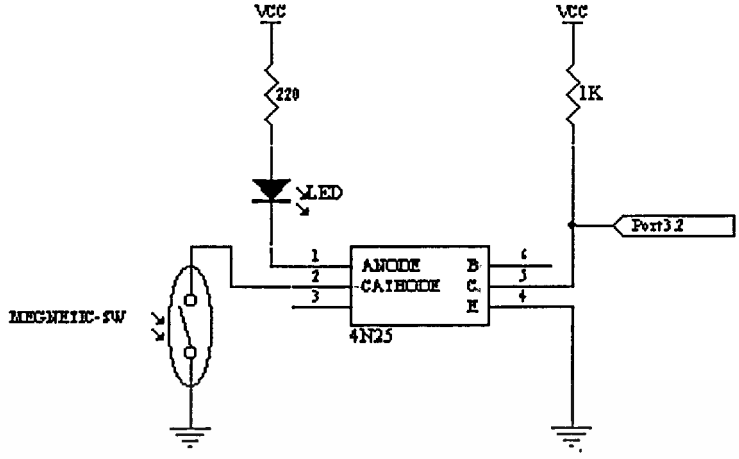
3.1.2.1 วงจรส่วนเชื่อมต่อ

วงจรดาต้าล็อกเกอร์เป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์(Computer)กับพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์(PHS Field Analyzer) วงจรส่วนนี้จะทำหน้าในการติดสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์ ในการติดต่อสื่อสารระหว่างสองส่วนนี้จะส่งข้อมูลเป็นดิจิตอลโดยผ่านทางมาตราฐาน RS-232 อัตราการส่งข้อมูลที่ความเร็ว 9600Bit/s ซึ่งใช้ IC#MAX232 ทำหน้าที่เป็นตัวแปลงสัญญาณ ส่วนIC#74LS244 ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์(Buffer)ควบคลุมทิศทางในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์ ซึ่งการควบคุมทิศทางมาจากหน่วยประมวลผลกลาง(CPU) การเปลี่ยนทิศทางการส่งคำสั่งควบคุมและการนำข้อมูลไปเก็บยังเครื่องคอมพิวเตอร์ขึ้นอยู่การเลือกโหมดการทำงานของเครื่องของเครื่องดาต้าล็อกเกอร์ ซึ่งเครื่องดาต้าล็อกเกอร์สามารถทำงานได้ 3 โหมดคือ 1.)การทำงานแบบสัมพันธ์กับระยะทาง 2.) การทำงานแบบสัมพันธ์กับเวลา 3.) การทำงานแบบตามการกระตุ้น



รูปที่3.3 วงจรส่วนเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์(Computer)กับพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์(PHS Field Analyzer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

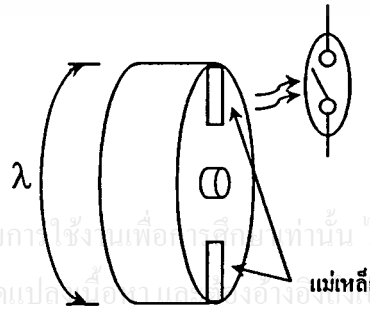


รูปที่3.4 วงจรเปลี่ยนระยะทางเป็นสัญญาณไฟฟ้า

3.1.2.2 วงจรเปลี่ยนระยะทางเป็นสัญญาณไฟฟ้า

วงจรเปลี่ยนระยะทางเป็นสัญญาณไฟฟ้า วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่วัดระยะทางโดยใช้สวิตช์แม่เหล็กเป็นตัวเปลี่ยนระยะ โดยที่สวิตท์แม่เหล็กจะติดอยู่กับตัวถังของรถ ส่วนแม่เหล็กจะติดอยู่กับส่วนที่เคลื่อนที่คือล้อรถ ระยะห่างที่เลือกติดจะเป็นระยะห่างเท่ากับ λ นั้นหมายความว่าล้อที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4นิ้ว จะต้องติดตั้งตำแหน่งแม่เหล็ก 2 แห่งซึ่งเมื่อเคลื่อนที่ครบจำนวนหนึ่งรอบของล้อรถหมายความว่าวงจรเปลี่ยนระยะทางเป็นสัญญาณไฟฟ้าจะกำเนิดลอจิก(Logic) ให้กับหน่วยประมวลผลกลางสองครั้ง คือแม่เหล็กเคลื่อนที่มาตรงกับตำแหน่งของสวิตช์แม่เหล็กหน้าคอนเท็คท์(Contact) จะถูกแม่เหล็กดูดให้ติดกัน จากให้ออฟโต้ทรานซิสเตอร์(Opto Transistor) ก็จะทำงานส่งลอจิก "0" ให้กับหน่วยประมวลผลกลาง

ดังนั้นเมื่ออยู่ในโหมดการวัดระดับสัญญาณที่เปลี่ยนตามระยะทาง การเกิดลอจิก "0" หนึ่งครั้งจะเท่าการวัดระยะหนึ่งครั้งแต่ละครั้งประมาณเท่ากับ λ จากนั้นหน่วยประมวลผลกลางก็จะอ่านค่าระดับสัญญาณจากฟิลด์อนาไลเซอร์หนึ่งครั้งแล้วส่งข้อมูลที่อ่านได้ไปแสดงผลที่คอมพิวเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3.5 ตำแหน่งที่ติดตั้งแม่เหล็ก

3.1.2.3 หน่วยประมวลผลกลาง

หน่วยประมวลผลกลางทำหน้าที่ควบคุมการทำงานส่วนต่างๆให้เป็นระบบอัตโนมัติ ถ้าอยู่ในโหมดควบคุมก็จะรับคำสั่งการทำงานจากเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วส่งคำสั่งควบคุมไปยังฟิลด์อนาไลเซอร์ จากนั้นรอรับข้อมูลจากฟิลด์อนาไลเซอร์เพื่อส่งต่อไปยังคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถแสดงโฟว์ชาร์ทการทำงานได้ดังรูปที่ 3.8 และรูปที่ 3.9 แสดงโฟว์ชาร์ทการตั้งโหมดการทำงานของวงจรเชื่อมต่อโดยจะมีอยู่ 3โหมดดังนี้คือ

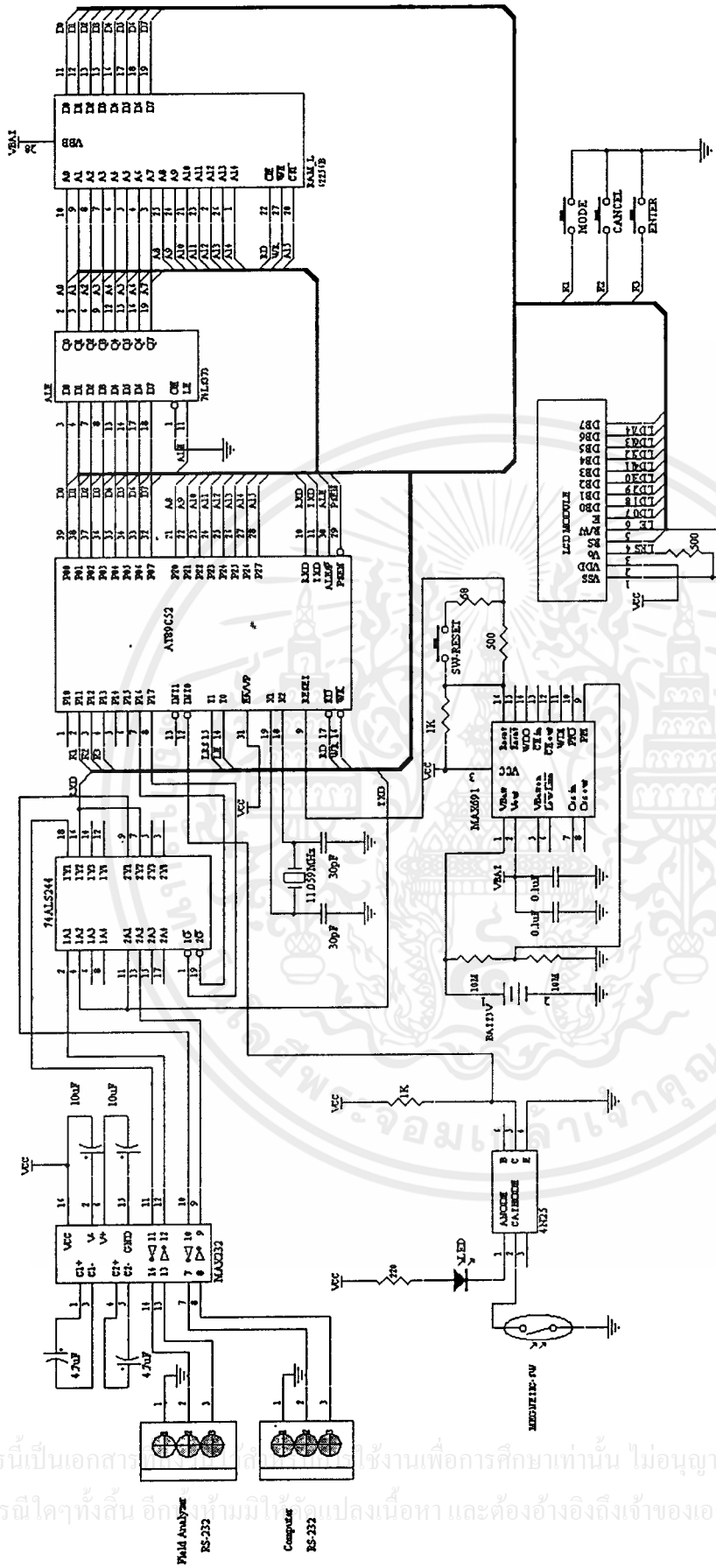
1.กำหนดคุณสมบัติการทำงานของเครื่อง

2.การวัดค่าแบบอัตโนมัติตามค่าเวลาที่กำหนด

3.การวัดค่าระดับสัญญาณแบบสัมพันธ์กับระยะทาง

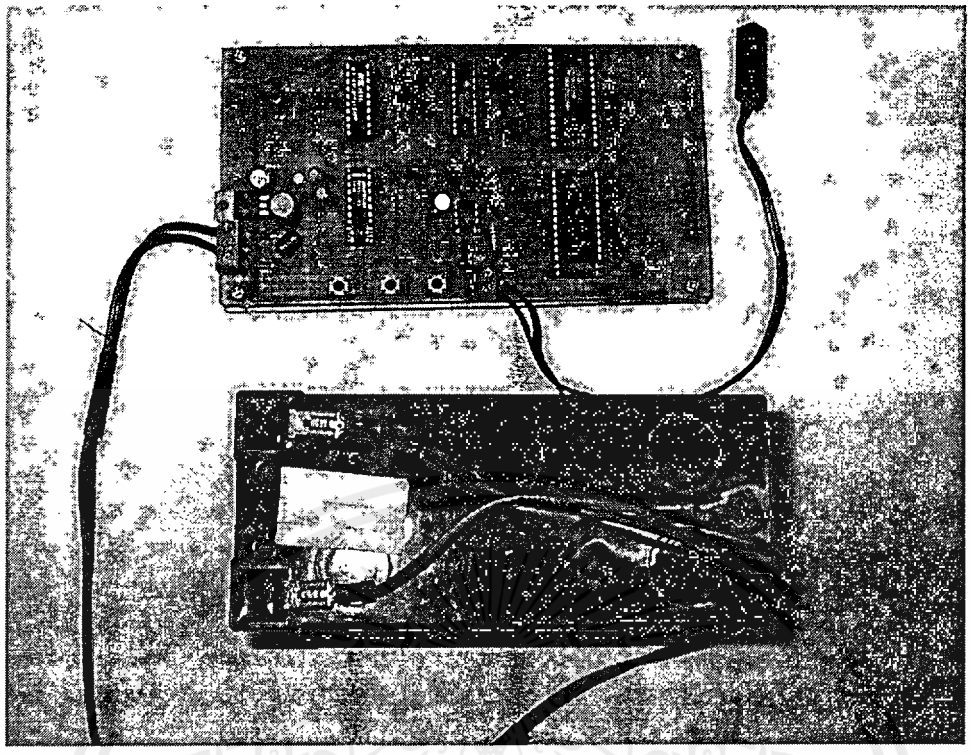
จากทั้งสามภาคที่กล่าวมาข้างต้นรวมประกอบเป็นวงจรแสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.6 จากรูปวงจรที่ได้ออกแบบไว้นี้นำไปสร้างเป็นเครื่องต้นแบบ แสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.6 วงจรที่สมบูรณ์ของวงจรเชื่อม(Interfacing Circuit)

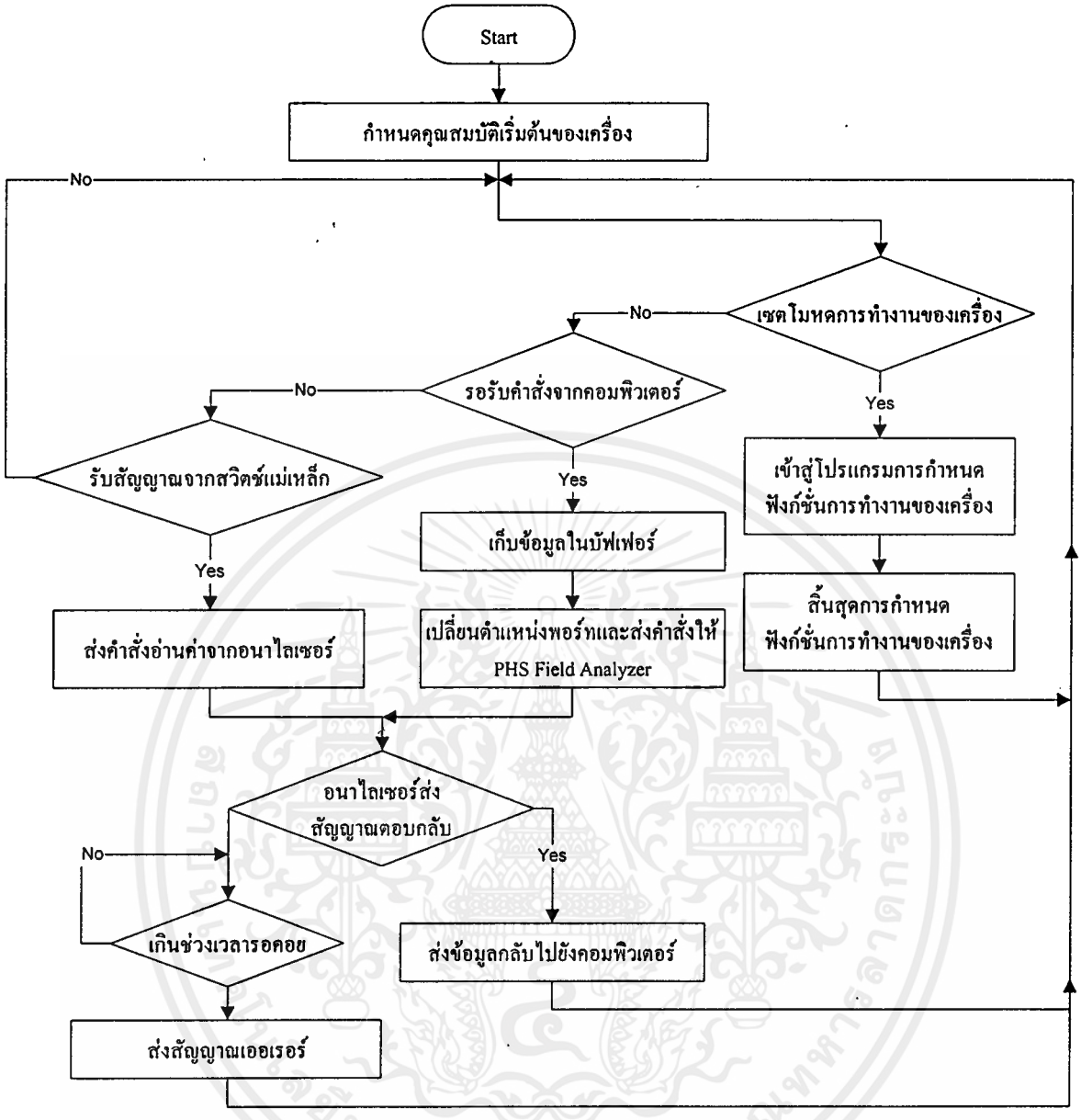
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.7 ภาพถ่ายจริงของวงจรเชื่อมต่อ

การเปลี่ยนโหมดการทำงานหรือเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ใดสามารถสั่งงานได้โดยตรงจากคีย์บอร์ด(Keyboard)ของเครื่องดาต้าล็อกเกอร์หรือเปลี่ยนแปลงการทำงานจากคอมพิวเตอร์โดยผ่านโปรแกรมเชื่อมโยงซึ่งโปรแกรมเชื่อมต่อสามารถสั่งงานงานได้เหมือนกับการสั่งงานด้วยคีย์บอร์ดด้วยเครื่อง โดยที่โปรแกรมเชื่อมต่อนี้สามารถทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดว์95/98(Windows 95/98) ทำให้สะดวกในการใช้งาน หน้าต่างของโปรแกรมเชื่อมโยงนี้แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.10

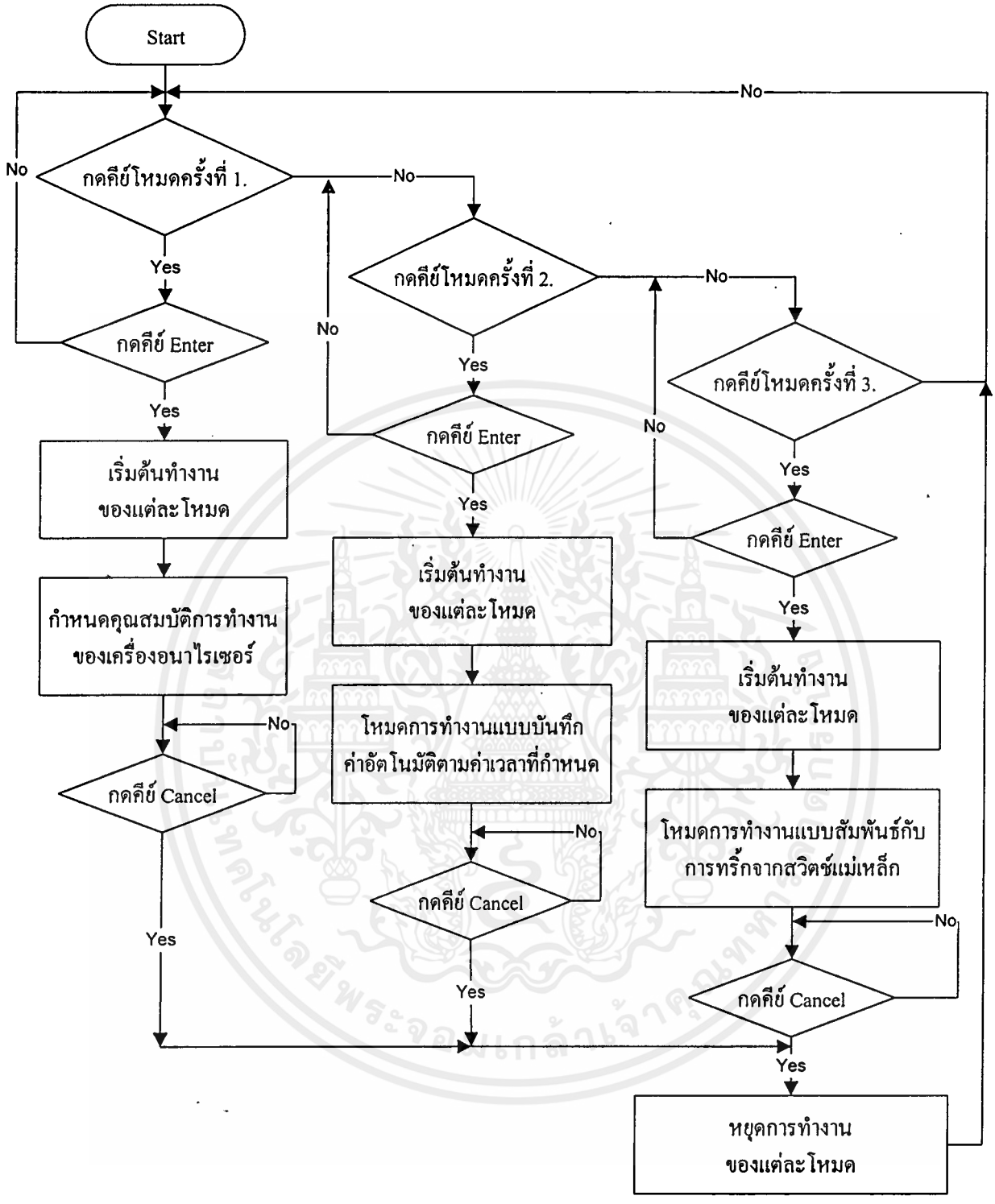
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.8 โฟว์ชาร์ทการทำงานของวงจรเชื่อมต่อ(Interfacing Circuit)

การทำงานของเครื่องนี้สามารถที่จะทำงานได้โดยลำพังโดยจะอ่านของระดับสัญญาณที่วัดได้เก็บไว้ในหน่วยความจำของเครื่องหากเมื่อต้องการนำข้อมูลออกแสดงที่จอแอลซีดี(LCD)ของเครื่องหรือดึงข้อมูลมาเก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์เมื่อให้ทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์เลยโดยสามารถดึงเอาข้อมูลของระดับสัญญาณในหน่วยความจำเครื่องที่วัดได้เข้ามาเก็บในเครื่องคอมพิวเตอร์ทันที โดยที่เครื่องคอมพิวเตอร์จะมีโปรแกรมที่ใช้สำหรับรับข้อมูลจากเครื่องดาต้าล็อกเกอร์อีกครั้งหนึ่งให้อยู่ในรูปของเท็กซ์ไฟล์ ซึ่งหน้าต่างของโปรแกรมแสดงให้เห็นดังรูปที่3.10

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไปดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.9 โฟว์ชาร์ทการตั้งโหมด(Mode)การทำงานของวงจรเชื่อมต่อ(Interfacing Circuit)

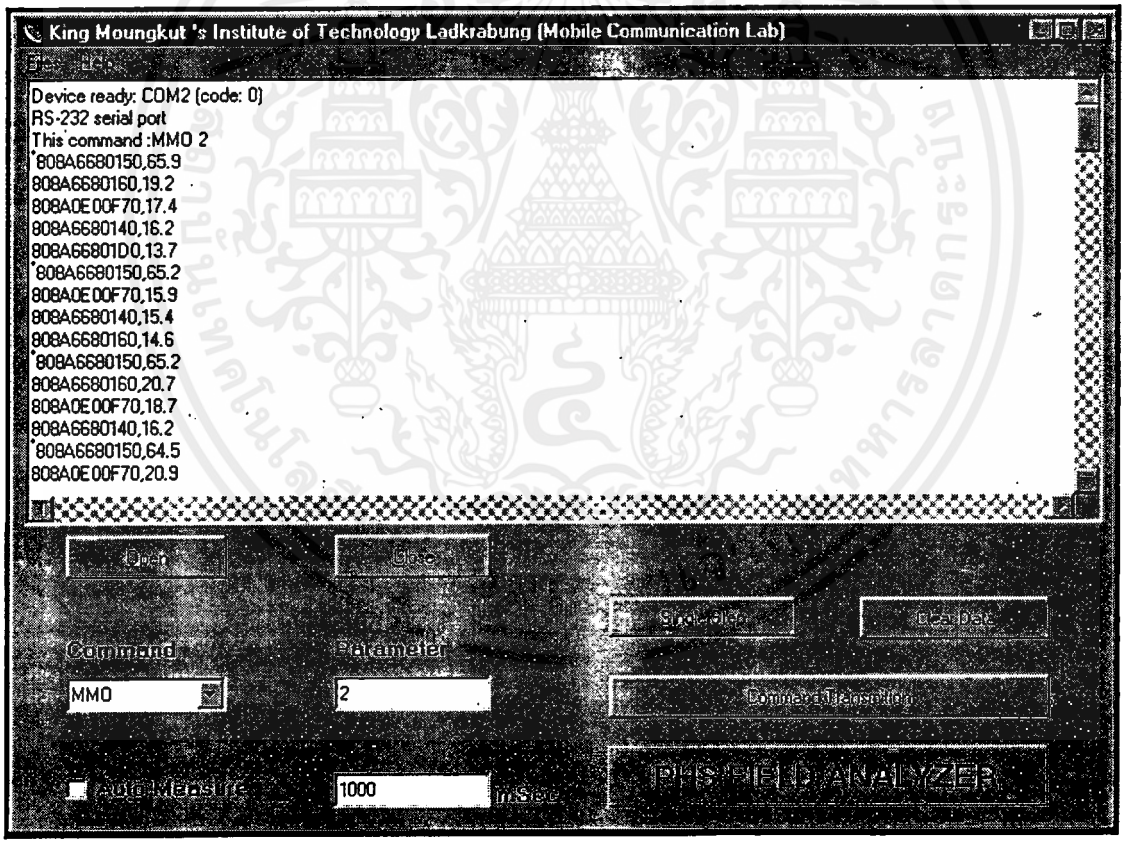
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ส่วนวัดระยะทาง

ส่วนวัดระยะทางทำหน้าที่เปลี่ยนระยะทางให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อกระตุ้นให้หน่วยประมวลผลการของดาต้าล็อกเกอร์ส่งคำสั่งไปยังพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์ เพื่อวัดระดับสัญญาณตามระยะทางที่คลื่นเดินทาง

3.1.4 คอมพิวเตอร์

คอมพิวเตอร์ (Computer) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานเครื่องพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์และรับข้อมูลของระดับสัญญาณที่วัดได้เข้ามาเก็บไว้ฮาร์ดดิสก์(Hard disk) การเชื่อมต่อจะต่อผ่านทางพอร์ทอนุกรม (COM Port) ตามมาตราฐาน RS-232และโปรแกรมที่ใช้ในการเชื่อมต่อนี้ได้พัฒนามาจากโปรแกรมเดลไฟท์ (Delphi) ซึ่งซอสโค็ด(Source Code) ของโปรแกรมสามารถดูได้จากภาคผนวก ก



รูปที่3.10 แสดงหน้าต่างการของโปรแกรมลิ้งกับเครื่องดาต้าล็อกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ซึ่งโปรแกรมลิ้งกับเครื่องดาต้าล็อกเกอร์สามารถที่ควบคุมการทำงานต่างของเครื่องพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์ผ่านทางคอมพิวเตอร์ได้ และรับข้อมูลขอบระดับสัญญาณที่รับได้เข้ามาเก็บในเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ โดยรูปแบบการเก็บข้อมูลจะเก็บข้อมูลระดับสัญญาณที่อ่านได้ในรูปแบบ

เท็กซ์(Text Mode)ไว้ในฮาร์ดดีสก์(Hard Disk) ทำให้เกิดความสะดวกในการทำงานและสามารถเก็บข้อมูลได้เป็นจำนวนมาก โหมดการของโปรแกรมสามารถทำงานได้ 3 โหมดคือ

1. ซิงเกลสเต็ป(Single Step) คือการวัดสัญญาณเพียงหนึ่งครั้งทันทีเมื่อมีการกดปุ่มซิงเกลสเต็ปหนึ่งครั้ง

2. ออโต้เมสเซอร์(Auto Measure)คือการวัดระดับสัญญาณตามค่าของเวลาที่ตั้งไว้เมื่อครบเวลาที่ตั้งไว้โปรแกรมก็จะส่งคำสั่งไปยังพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์เพื่ออ่านค่าระดับสัญญาณแล้วนำค่าเข้ามาเก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งการทำงานจะซ้ำอย่างนี้ไปเรื่อยๆ

3. ดีสเตนซ์ทรานสดิวเซอร์(Distance Transducer)คือวัดระดับสัญญาณตามระยะทางที่เปลี่ยนคือเมื่อรถเคลื่อนที่ไปทำให้ตำแหน่งของแม่เหล็กกับสวิตช์แม่เหล็กมาตรงกันก็จะมีสัญญาณกระตุ้นให้เครื่องดาต้าล็อกเกอร์ก็จะทำการอ่านค่าสัญญาณจากพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์หนึ่งครั้งแล้วส่งค่าระดับสัญญาณที่อ่านได้ไปเก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ไปโดยโปรแกรมเชื่อมโยงจะทำหน้าที่รับค่าระดับสัญญาณจากเครื่องดาต้าล็อกเกอร์และบันทึกข้อมูลลงฮาร์ดดีสก์ก์

วิธีการควบคุมพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์ผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยการเลือกคำสั่งที่จะส่งให้เครื่องพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์ที่อยู่ในไดอะล็อก(Dialog)ซึ่งภายในไดอะล็อกนี้จะประกอบด้วยคำสั่งของรุ่นLF-960 ทั้งหมดที่มีอยู่ซึ่งความหมายของตัวย่อคำสั่งและค่าพารามิเตอร์ต่างที่สามารถส่งได้จะแสดงให้เห็นในภาคผนวก ค จากนั้นก็ใส่ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการจะสั่งให้เครื่องพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์ทำงานในช่องพารามิเตอร์(Parameter) เมื่อทำการป้อนค่าตัวแปรเรียบร้อยแล้วก็กดปุ่มคอมมานด์ทรานสมิสชั่น(Command Transmission)ส่งคำสั่งไปให้เครื่องพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์เป็นอันเสร็จสิ้นการสั่งงานหนึ่งคำสั่ง ถ้าค่าพารามิเตอร์ถูกต้องพีเอชเอสฟิลด์อนาไลเซอร์จะเปลี่ยนตามคำสั่ง แต่ถ้าค่าพารามิเตอร์ที่ใส่ให้ไม่ถูกต้องเครื่องจะส่งเสียงบีบ(Beep)พร้อมกับบอกสถานะความผิดพลาดออกมาเป็นรหัสซึ่งสามารถตีความหมานของรหัสได้จากภาคผนวก ค

3.1.5 ฮาร์ดดีสก์

ฮาร์ดดีสก์(Hard Disk) ทำหน้าที่เป็นที่เก็บข้อมูลของระดับสัญญาณที่วัดได้ การเก็บลงในฮาร์ดดีสก์โดยโปรแกรมเชื่อมต่อกับเครื่องดาต้าล็อกเกอร์นี้จะบันทึกข้อมูลในรูปแบบเท็ซ์กโหมด เมื่อต้องการนำข้อมูลมาวิเคราะห์สามารถที่จะโปรแกรมประเภทเวิร์ดโปรเซสเซอร์(Word Processor)เปิดขึ้นมาดูได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์

วิธีการออกแบบโปรแกรมออกแบบการวางเซลสเตชั่น ในวิทยานิพนธ์นี้จะเลือกใช้โปรแกรมเมทช์แค็ด2000(Mathcad2000) ซึ่งข้อดีของโปรแกรมมีดังนี้คือการทำงานของโปรแกรมเป็นลักษณะของวินโดวส์(Windows) ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน, รูปแบบการแสดงผลของเอาท์พุทสามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบการแสดงผลได้ง่าย, ลักษณะการเขียนคำสั่งให้โปรแกรมทำงานยังสามารถเขียนในลักษณะของฟังก์ชั่นได้ด้วย และนอกจากนี้สามารถทำเป็นหน้าต่างสำหรับเพื่อใช้เฉพาะงานโดยสามารถปรับค่าตัวแปร เมื่อต้องการจะเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรและคำนวณใหม่ได้ทันที

3.2.1 มุมตกกระทบที่ระยะใดๆ

การลดทอนของสัญญาณเป็นฟังก์ชั่น(Function)ของระยะการเดินทางของคลื่นที่แปรผันแบบตามกัน เมื่อระยะทางเดินขึ้นเพิ่มมากขึ้นการลดทอนของสัญญาณก็จะเป็นสัดส่วนตามระยะทาง โดยที่แนวการแพร่กระจายคลื่นไม่มีสิ่งกีดขวาง(LOS)

จากรูปที่3.11 สามารถเขียนสมการระยะทางเดินของคลื่นที่ตำแหน่งใดๆแสดงให้เห็นดังสมการ ซึ่งตัวอย่างการหาระยะทางเดินของคลื่นที่ตำแหน่งใดๆ จะแสดงคลื่นที่มีการสะท้อนอันดับที่หนึ่งและอันดับที่สองตามลำดับ ดังสมการที่3.3 และสมการที่3.7 ตามลำดับ โดยที่ทั้งสองสมการเป็นฟังก์ชั้นของระยะทางในนอน(D)ทั้งสองสมการ

เมื่อ h_t = ความสูงของเซลที่ติดอยู่บนเพดานที่ทราบค่า

h_r = ความสูงของเครื่องรับ

D = ระยะห่างในแนวนอน

D_{dir} = ระยะห่างจากเซลสเตชั่นถึงเครื่องรับ

D_{ref1} = ระยะทางเดินคลื่นที่มีการสะท้อนหนึ่งครั้งจากเซลสเตชั่นถึงเครื่องรับ

D_{ref2} = ระยะทางเดินคลื่นที่มีการสะท้อนสองครั้งจากเซลสเตชั่นถึงเครื่องรับ

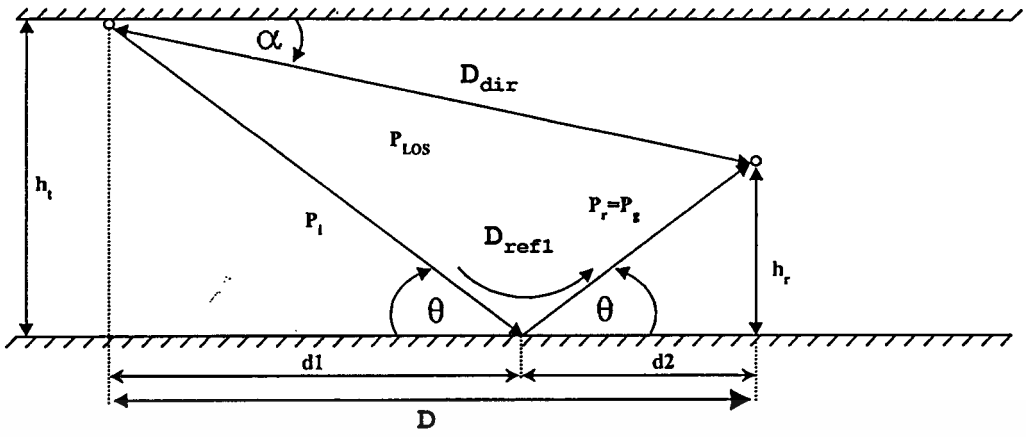
$$D = d_1 + d_2 \tag{3.1}$$

$$d_1 = \frac{h_t}{\tan(\theta)} \qquad d_2 = \frac{h_r}{\tan(\theta)}$$

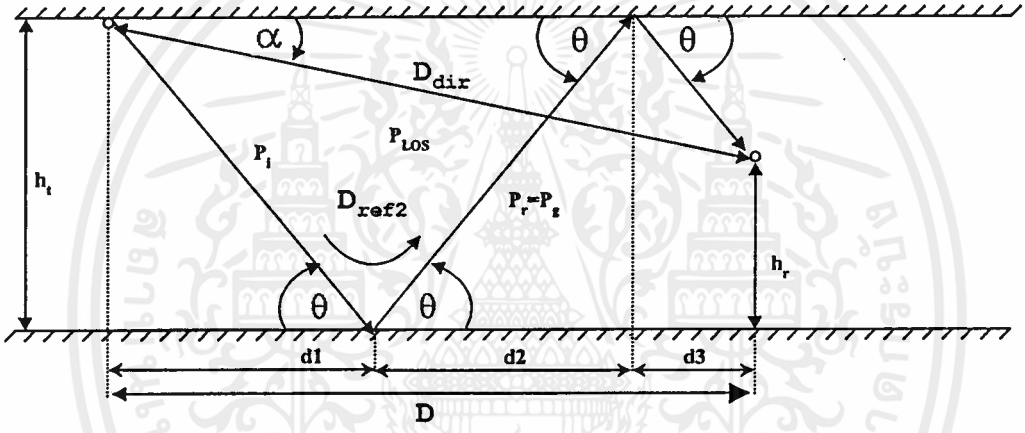
$$\theta(D) = \tan^{-1}\left(\frac{h_t + h_r}{D}\right) \tag{3.2}$$

$$D_{ref1}(D) = \frac{h_t + h_r}{\sin\{\tan^{-1}\left(\frac{h_t + h_r}{D}\right)\}} \tag{3.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.11 การสะท้อนของสัญญาณ 1 ครั้ง



รูปที่3.12 การสะท้อนของสัญญาณ 2 ครั้ง

$$D = d_1 + d_2 + d_3 \tag{3.4}$$

$$d_1 = d_2 = \frac{h_t}{\tan(\theta)} \qquad d_3 = \frac{h_t - h_r}{\tan(\theta)}$$

$$D = 2d_1 + d_3$$

$$= 2\left(\frac{h_t}{\tan(\theta)}\right) + \left(\frac{h_t - h_r}{\tan(\theta)}\right) \tag{3.5}$$

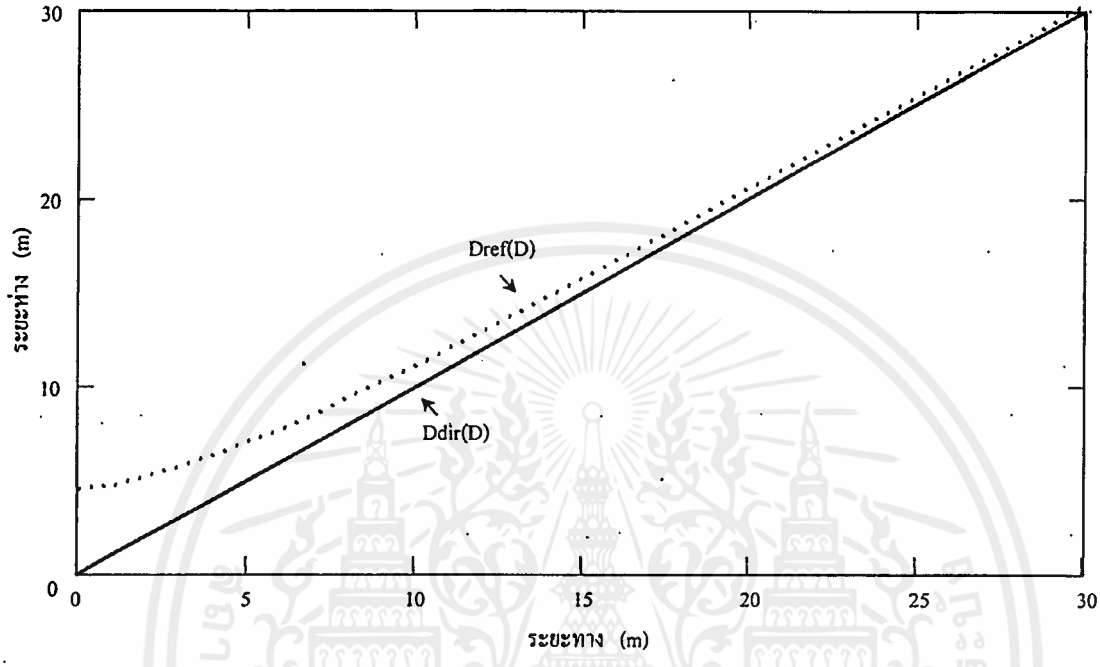
$$\theta(D) = \tan^{-1}\left(\frac{3h_t - h_r}{D}\right) \tag{3.6}$$

$$D_{ref2}(D) = \frac{3h_t - h_r}{\sin\left\{\tan^{-1}\left(\frac{3h_t - h_r}{D}\right)\right\}} \tag{3.7}$$

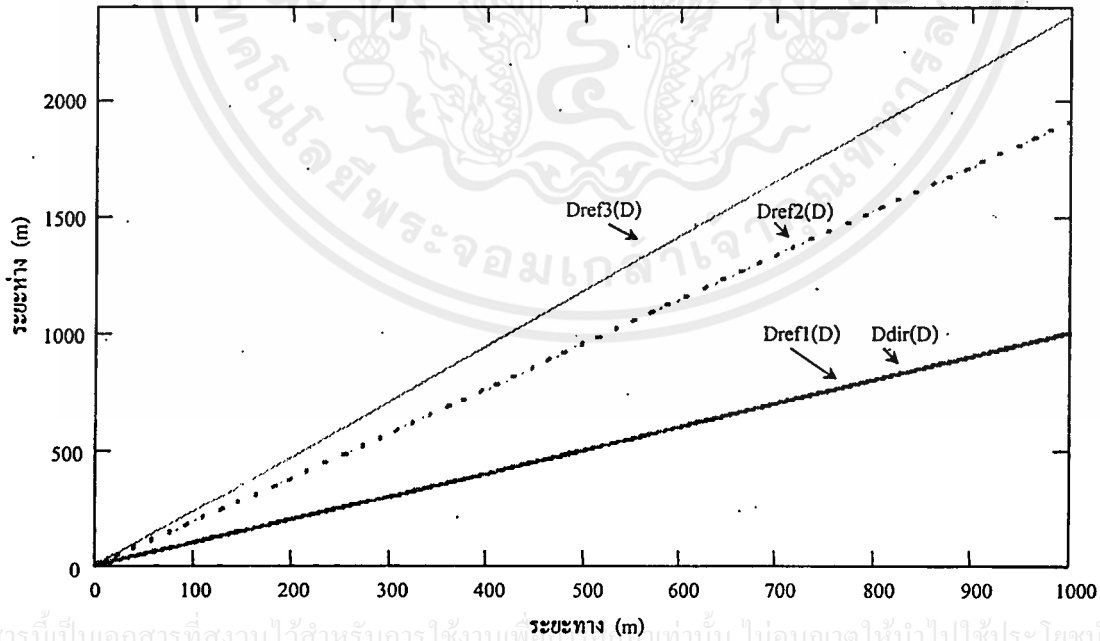
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปการหาค่าระทางเดินของคลื่นที่อันดับต่างสามารสรุปเป็นสมการได้ดังสมการที่3.8

$$\theta(D) = \begin{cases} \tan^{-1}\left(\dfrac{n \cdot h_t + h_r}{D}\right) & even \\ \tan^{-1}\left(\dfrac{(n+1) \cdot h_t - h_r}{D}\right) & odd \end{cases} \qquad (3.8)$$



รูปที่3.13 เปรียบเทียบระยะการเดินของคลื่นที่มีการสะท้อนอันดับ 1 (Dref1) กับ คลื่นที่เดินโดยตรง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3.14 ระยะการเดินของคลื่นที่มีการสะท้อนอันดับ 1 (Dref1), 2 (Dref2) และ 3 (Dref3) (Ddir)

ระยะทางเดินคลื่นจากเซลสเตชั่นถึงเครื่องรับที่อันดับต่างกันจะทำให้ความแรงของสัญญาณที่เกิดจากการสะท้อนจะส่งผลให้ทำให้เกิดการลดทอนของคลื่นแตกต่างกันออกไป ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นดังรูปที่3.13 จากรูปจะสังเกตุเห็นว่าการสะท้อนของคลื่นตั้งแต่อันอับสองขึ้นไปซึ่งการทดทอนมีระยะทางแปรผันตามระยะทางที่คลื่นเดินทางโดยตรง คือเมื่อระยะทางที่คลื่นเดินทางโดยตรงเพิ่มขึ้นระยะทางเดินคลื่นที่เกิดจากการสะท้อนก็จะเพิ่มขึ้นเป็นอัตราส่วนที่ตามกัน สามารถแสดงระยะทางการสะท้อนของคลื่นที่อันดับที่2 , 3 และ 4 ได้ดังรูปที่3.14 ตามลำดับ คลื่นที่มีอันดับการสะท้อนเพิ่มขึ้นก็จะมีระยะทางเดินคลื่นเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ส่วนคลื่นที่มีการสะท้อนอันดับหนึ่งจะมีลักษณะที่แตกต่างจากอันดับอื่นๆ คือเมื่อระยะทางเดินคลื่นโดยตรงจากเซลสเตชั่นไปยังเครื่องรับมีระยะทางเพิ่มขึ้น จนกระทั่งระยะทางเพิ่มขึ้นเข้าใกล้ค่าอนันต์(Infinity) ค่าระยะทางเดินที่เกิดจากการสะท้อนอันดับหนึ่งจะมีระยะทางประมาณเท่ากับระยะทางเดินคลื่นโดยตรงเนื่องจากระยะห่างระยะว่างเซลสเตชั่นมากว่าระยะความสูงของเครื่องรับมากๆ ดังนั้น ผลกระทบของการสะท้อนของคลื่น การสะท้อนอันดับที่หนึ่งจะมีผลกระทบต่อระดับสัญญาณมากที่สุด จึงเลือกใช้การสะท้อนของสัญญาณอันดับหนึ่งในแบบโมเดลของเรย์เทร์คซิ้ง (Ray tracing model) ทำให้การคาดเคาระดับความแรงของสัญญาณแม่นยำยิ่งขึ้น

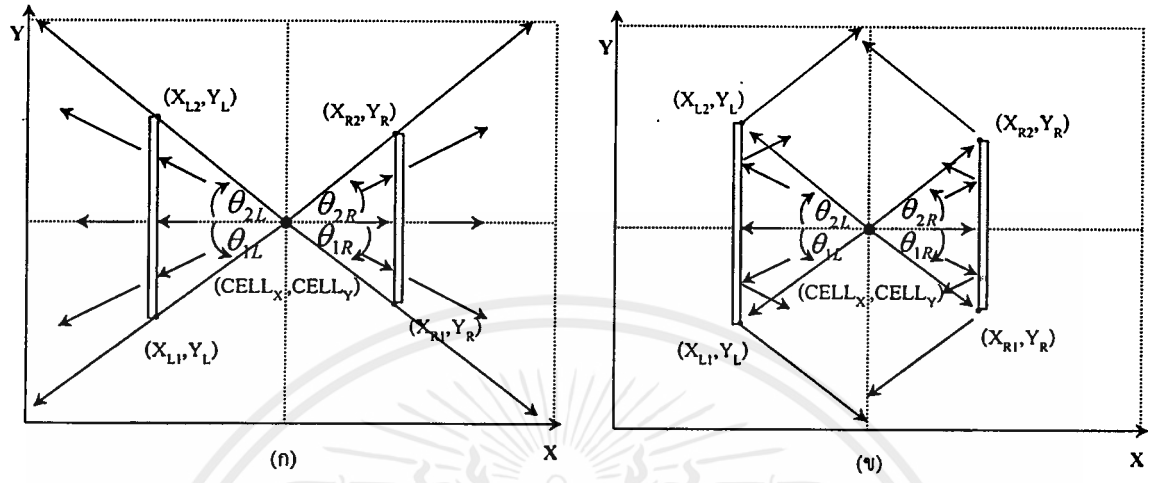
3.2.2 ผลกระทบของการลดทอนและการสะท้อน

แนวคิดเริ่มต้นจากกำหนดให้พื้นที่ครอบคลุมเป็นค่าตัวแปรใดๆในแนวแกน X และแนวแกน Y โดยพื้นที่ครอบคลุมของเซลสเตชั่นจะอยู่ในพิกัดฉากมีค่าเท่ากับ($CELL_x$,$CELL_Y$) การคำนวณหาค่าการสะท้อนและการลดทอนที่เกิดจากกำแพงหรือฉากกั้นต่างๆ เริ่มต้นจากกำแพงหรือฉากกั้นจะมีอยู่สองลักษณะด้วยกันคือในแนวตั้งและแนวนอนกับตำแหน่งของเซลสเตชั่นดังในรูปที่ 13.5(ก)และรูปที่ 13.6(ก) จากรูปแสดงให้เห็นถึงทิศทางเดินของคลื่นเมื่อผ่านกำแพงหรือฉากกั้น เมื่อคลื่นเดินทางผ่านกำแพงจะทำให้ระดับของสัญญาณที่ผ่านทะลุกำแพงหรือฉากกั้นมีค่าน้อยลง ซึ่งการลดทอนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้ในการทำกำแพงหรือฉากกั้นนั้นๆ ส่วนลักษณะการสะท้อนของคลื่นสามารถแสดงให้เห็นดังรูปที่ 13.5(ข) และรูปที่ 13.6(ข) โดยจากรูปจะเป็นกำแพงในแนวตั้งและแนวนอนตามลำดับ สัญญาณที่สะท้อนมีทิศทางคล้ายกับสัญญาณที่ทะลุผ่านกำแพงแต่ทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งจากกฎของสเนล (Snell's Law) ว่ามุมของคลื่นที่ตกกระทบเท่ากับมุมของคลื่นที่สะท้อน แต่จะแตกต่างกันตรงที่ความแรงของสัญญาณที่สะท้อนออกมาจะขึ้นอยู่กับค่าของไดอิเล็คตริกคอนสแทนท์(Dielectric Constant) ของวัสดุนั้นๆ

เมื่อวางเซลที่ตำแหน่งที่ใดๆ ($CELL_X$, $CELL_Y$) ตำแหน่งที่ตั้งกำแพงหรือฉากกั้นจะแบ่งออกเป็นกำแพงที่อยู่ทางด้านซ้ายและด้านขวาแสดงดังรูปที่ 13.5(ก) และรูปที่ 13.5(ข) คือจะอยู่ทางด้านขวาเมื่อตำแหน่งของกำแพงที่ $X < CELL_X$ และอยู่ทางด้านขวาเมื่อตำแหน่งของกำแพงที่ $X > CELL_X$ โดยที่ตำแหน่งความยาวของกำแพงเท่าตำแหน่ง Yใดๆ ทำให้เกิดมุมระหว่างระนาบ X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเซลสเตชั่นเป็นมุมต่างๆ ความยาวของกำแพงหรือฉากกั้นกำหนดจากY_1และY_2 เป็นค่าความยาวของกำแพงจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุดตามลำดับ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้



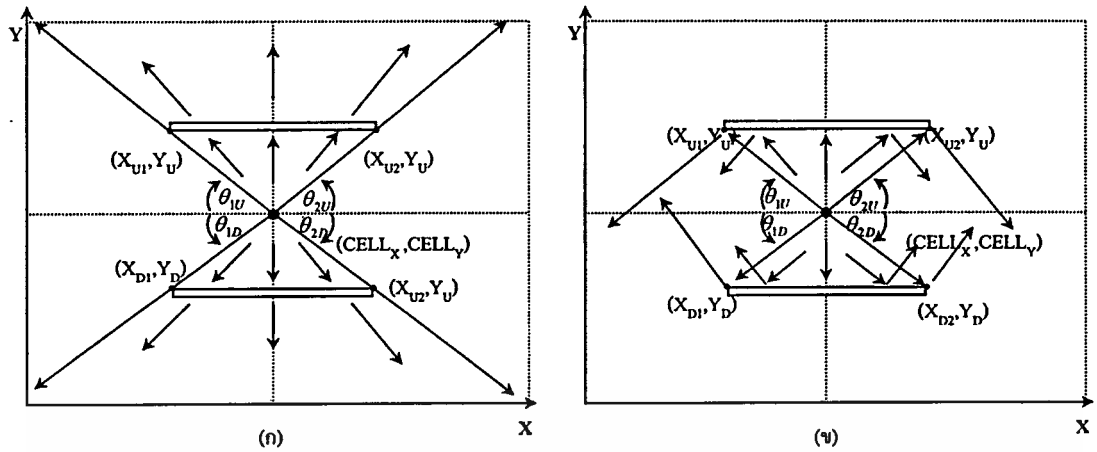
รูปที่3.15 (ก) ทิศทางการแพร่กระจายคลื่นผ่านกำแพงในแนวตั้ง

(ข) ทิศทางการแพร่กระจายคลื่นที่เกิดการสะท้อนจากผ่านกำแพงในแนวตั้ง

$$\theta(X,Y_1,Y_2)=\begin{cases}\theta_L=\tan^{-1}\left(\dfrac{CELL_Y-Y_{1L,2L}}{CELL_X-X}\right) & X<CELL_X\\ \theta_R=\tan^{-1}\left(\dfrac{CELL_Y-Y_{1R,2R}}{X-CELL_X}\right) & X>CELL_X\end{cases} \tag{3.9}$$

กำแพงหรือฉากกั้นที่อยู่ในแนวนอนจะใช้แนวคิดคล้ายกับกำแพงหรือฉากกั้นที่อยู่ในแนวตั้ง คือกำแพงหรือฉากกั้นจะแบ่งออกเป็นกำแพงที่อยู่ทางด้านล่างและด้านบนแสดงดังรูปที่ 13.6(ก) และรูปที่ 13.(ข) คือจะอยู่ทางด้านล่างเมื่อตำแหน่งของกำแพงที่ $Y < CELL_Y$ และอยู่ทางด้านบนเมื่อตำแหน่งของกำแพงที่ $Y > CELL_Y$ โดยที่ตำแหน่งความยาวของกำแพงเท่าตำแหน่ง Xใดๆ ทำให้เกิดมุมระหว่างระนาบ Y ของเซลสเตชั่นเป็นมุมต่างๆ ความยาวของกำแพงหรือฉากกั้น กำหนดจากX_1และX_2 เป็นค่าความยาวของกำแพงจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุดตามลำดับ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.16 (ก) ทิศทางการแพร่กระจายคลื่นผ่านกำแพงในแนวนอน

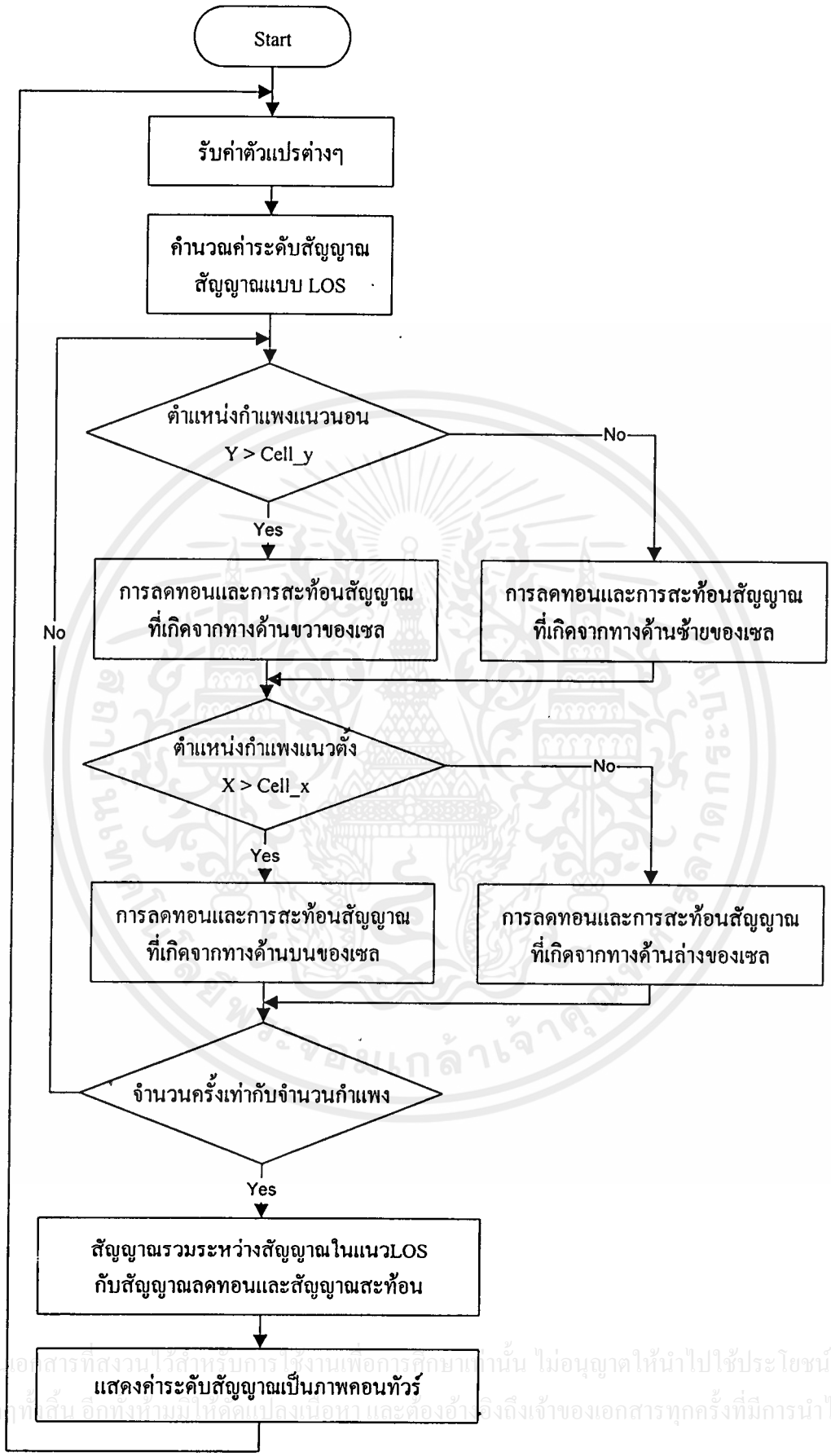
(ข) ทิศทางการแพร่กระจายคลื่นที่เกิดการสะท้อนจากผ่านกำแพงในแนวนอน

$$\theta(X_1,X_2,Y)=\begin{cases}\theta_D=\tan^{-1}\left(\dfrac{CELL_Y-Y}{CELL_X-X_{1D,2D}}\right) & Y<CELL_Y\\ \theta_U=\tan^{-1}\left(\dfrac{Y-CELL_Y}{CELL_X-X_{1U,2U}}\right) & Y>CELL_Y\end{cases} \tag{3.10}$$

จากมุมตกกระทบต่างๆของเซลสเตชั่นกับกำแพงสามารถนำค่าของมุมต่างๆนี้ไปหาค่าพื้นครอบคลุมของสัญญาณที่ถูกบัดบังโดยกำแพงเพื่อหาการลดทอนของสัญญาณที่เกิดจากกำแพงและจากมุมตกกระทบเดียวกันนี้ยังสามารถนำมาคำนวณหาพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณที่เกิดจากการสะท้อนของสัญญาณได้เช่นกัน

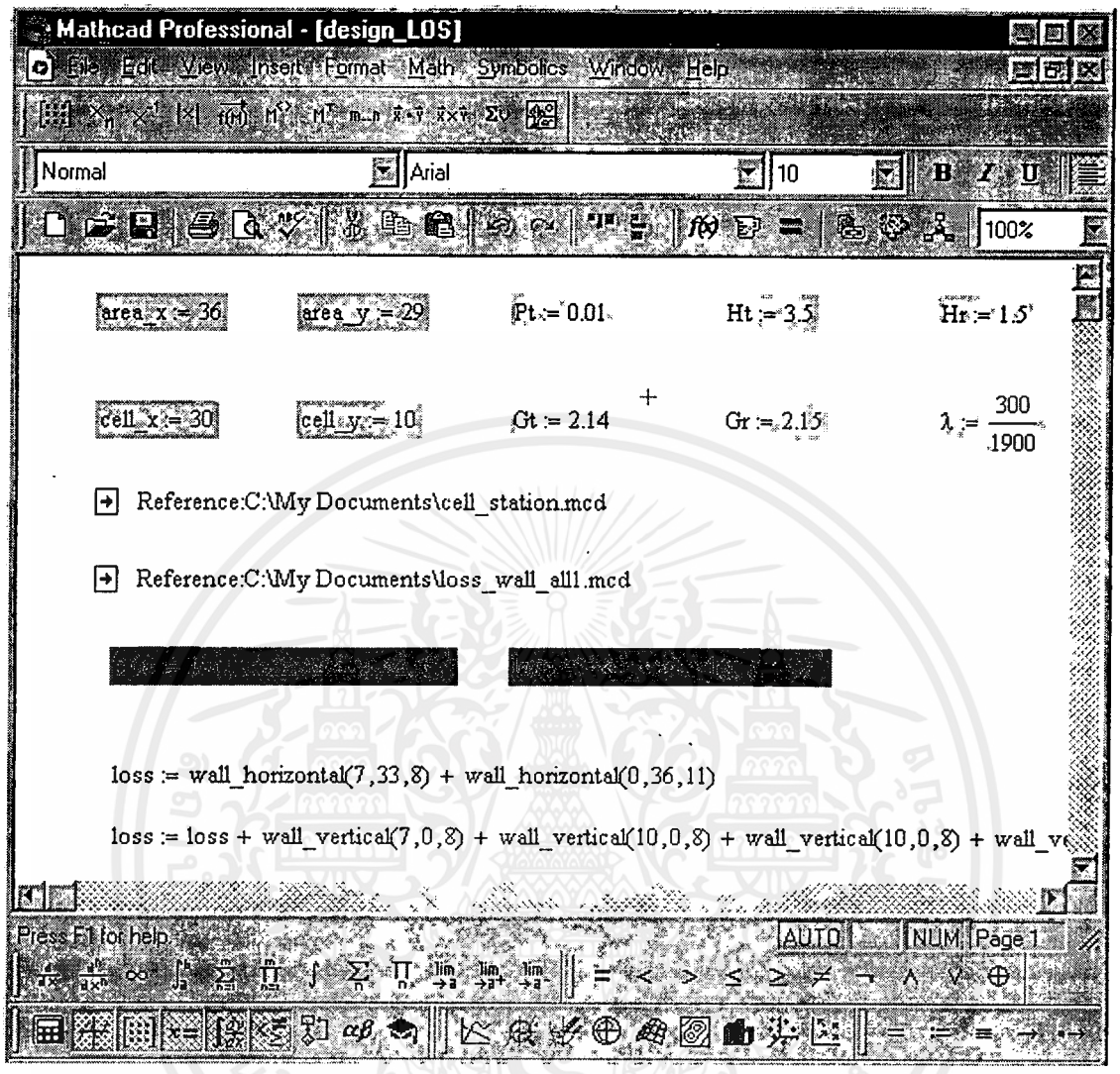
จากวิธีการหามุมตกต่างๆของกระทบและการสะท้อนสามารถเขียนเป็นลูป(Loop) โปรแกรมเพื่อหาผลกระทบทั้งหมดของกำแพงหรือฉากกั้นต่อพื้นที่ครอบคลุมทั้งหมดแสดงให้เห็นในภาคผนวก ง และจากคำนวนนี้จะคือผลของการสะท้อนและการลดทอนของสัญญาณครั้งละหนึ่งกำแพงหรือหนึ่งฉากกั้น โดยที่ผลรวมของการสะท้อนและการลดทอนจะถูกรวบรวมในตอนท้าย สามารถที่จะเขียนเป็นโฟว์ชาร์ท(Flow chart) การทำงานได้ดังรูปที่ 3.17 นั่นหมายความว่าผลรวมทั้งหมดนี้จะเท่ากับจำนวนกำแพงหรือฉากกั้นที่มีอยู่จริงของแต่ละอาคารนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.17 โฟว์ชาร์ทการทำงานของโปรแกรมการออกแบบการวางตำแหน่งเซลสเตชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.18 โปรแกรมออกแบบการวางเซลสเตชั่นโดยใช้โปรแกรมแมทช์แคด(Mathcad)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การคำนวณพื้นที่ครอบคลุมและการออกแบบการวางตำแหน่งเซลสเตชั่นภายในอาคาร

ระบบการสื่อสารส่วนบุคคลเป็นระบบที่มีเซลสเตชั่นขนาดเล็ก ซึ่งสัญญาณจากเซลสเตชั่นจากภายนอกอาคารไม่สามารถที่ครอบคลุมพื้นที่ภายในอาคารได้ ดังนั้นจะต้องมีการติดตั้งเซลสเตชั่นภายในอาคารซึ่งการติดตั้งเซลสเตชั่นภายในอาคารจำเป็นต้องเข้าใจให้ลึกซึ้งถึงลักษณะการแพร่กระจายคลื่นในสภายแวดล้อมที่เป็นแบบภายในอาคาร

จากลักษณะทางกายภาพพื้นฐานของแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นภายในอาคารสามารถหาเค้าโครงการแพร่กระจายคลื่นโดยใช้เทคนิคการสะท้อนของแสง พลังงานของสัญญาณที่รับได้และเฟส (Phase) สามารถคำนวณได้จากตำแหน่งของเครื่องรับโดยใช้การทับซ้อนจากการแพร่กระจายทั้งหมดจากเครื่องส่งอันดับการสะท้อนอันดับ 1^{st} จากวิธีการนี้สามารถคาดเดาลักษณะการแพร่กระจากคลื่นได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น

4.1วิธีการที่ใช้ในหาค่าการสะท้อนและการลดทอนของสัญญาณ

โมเดลที่มีการใช้กันบ่อยๆจะชี้ให้เห็นถึงค่าเฉลี่ยของลอสที่เพิ่มเป็นเลขยกกำลังตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น

$$PL(d) \propto (\frac{d}{d_0})^n \tag{4.1}$$

เมื่อ n เป็นค่าเฉลี่ยของลอสซึ่งเป็นตัวชี้ให้เห็นว่าลอสที่เพิ่มขึ้นกับระยะทาง d_0 เป็นระยะทางอ้างอิงและ d เป็นระยะห่างระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ เมื่อพล็อทกราฟในรูปของสเกลล็อก ค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์ของลอสเป็นเดซิเบล(Decibel)โดยจะนิยามให้เป็นมีการสูญเสียของสัญญาณจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับอ้างอิงที่ระยะ d_0 รวมกับพาทลอสในหน่วยเดซิเบล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

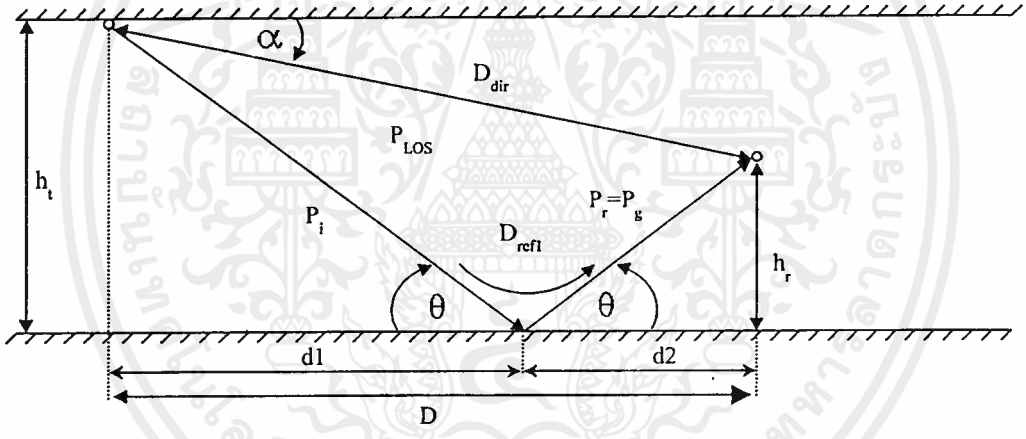
$$\overline{PL}(d)dB = PL(d_0) + 10 \cdot n \cdot \log_{10}(\frac{d}{d_0})dB \tag{4.2}$$

ในที่นี้เราแนะนำให้โดยใช้ระยะอ้างอิงที่ $d_0 = 1\,\mathrm{m}$ สำหรับใช้วัดค่าพาทลอสทั้งหมด สมมุติให้ $PL(d_0)$ ที่การแพร่กระจายคลื่นในอากาศห่างจากเครื่องส่งที่ระยะอ้างอิง 1m โดยใช้สายอากาศแบบไอโซโทปิคทำให้เกิดพาทลอส 38.0 dB ที่ความถี่ 1900MHz ที่ระยะห่างเกินกว่า 1m แสดงได้ดังนี้

$$PL(d_0 = 1m)dB = 20 \cdot \log_{10}\left\{\frac{4\pi(1m)}{\lambda(m)}\right\}dB \tag{4.3}$$

4.1.1 ทฤษฎีโมเดลของเรย์เทร์คซิ้ง (Ray Tracing Model Theory)

แบบจำลองของทูเรย์โมเดลแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.1 คลื่นเคลื่อนที่แนวตรงจากความสูงของสายอากาศเครื่องส่งไปยังความสูงของสายอากาศเครื่องรับในแนวระดับสายตาม(LOS) เป็น $r1$ คลื่นในส่วนที่สองที่สายอากาศเครื่องรับคลื่นรับคลื่นได้จากการสะท้อนจากพื้นเป็น r_2



รูปที่4.1 ทิศทางของคลื่นในแนวตรงและสะท้อนจากพื้นดิน

โมเดลนี้ใช้เมื่อสายอากาศมีที่วางอยู่เหนือกราวด์เพลน์ สัญญาณที่ได้จากสายอากาศเครื่องรับเป็นผลรวมของเวคเตอร์สัญญาณในทิศทางตรงและในทิศทางที่เกิดจากการสะท้อน โดยใช้วิธีการของอิมเมจ(Images) สนามไฟฟ้าที่รับได้สามารถอธิบายได้ดังนี้

$$\begin{aligned} |E|^2 &= |E_1 + E_2|^2 \\ &= \left|\frac{1}{r_1}e^{-jkr_1} + \Gamma(\alpha)\frac{1}{r_2}e^{-jkr_2}\right|^2 \end{aligned} \tag{4.4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $\Gamma(\theta)$ เป็นสัมประสิทธิ์ของการสะท้อนเฟรส์เนล ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของมุมตกกระทบ α และโพล่าไรซ์ของสายอากาศสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\Gamma(\theta)=\frac{\cos\theta-a\sqrt{\varepsilon_r-\sin^2\theta}}{\cos\theta+a\sqrt{\varepsilon_r-\sin^2\theta}} \tag{4.5}$$

เมื่อ $a=\begin{cases} 1/\varepsilon_r & \textit{vertical polarization} \\ 1 & \textit{horizontal polarization} \end{cases}$

และ $\theta=\frac{\pi}{2}-\alpha$, ε_r เป็นค่าคงที่ฉนวนรูปที่ 4.1 เป็นการพล็อทค่าพาทลอสในหน่วยเดซิเบล สัมพันธ์กับพลังงานที่รับได้ที่ระยะอ้างอิง1m จุดที่เป็นฟังก์ชั่นของระยะห่างระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่งของทูเรย์โมเดล(Two-ray Model) แสดงดังรูปที่4.1 โดยให้สัมประสิทธิ์การสะท้อนเฟรสเนล (Fresnel) สมมุติให้มีค่าเป็น $\Gamma=-1$ แสดงในรูปที่4.2 รูปที่ 4.3และรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นพื้นที่แตกต่างอย่างชัดเจนที่ระยะเบร็กพ้อนท์(Break-point) แสดงให้เห็นความแตกต่างที่สำคัญของความเข้มของสัญญาณที่รับแบ่งออกเป็นสองพื้นที่ ก่อนที่จะถึงจุดเบล็กพ้อยท์สัญญาณจะออสซิเลททำให้เกิดความเสียหายของสัญญาณและเกิดการสอดแทรกของสองสัญญาณที่รับได้ ซึ่งค่าเฉลี่ยพาทลอสสามารถหาได้จากค่าเฉลี่ยของฟาสเฟดดิ้ง(Fast Fading) ซึ่งในที่นี้มีเลขยกกำลังเป็น $n=2$ โดยที่การออสซิเลทจะสิ้นสุดลงหลังจากเลยจุดเบรคพ้อยท์ไปแล้ว

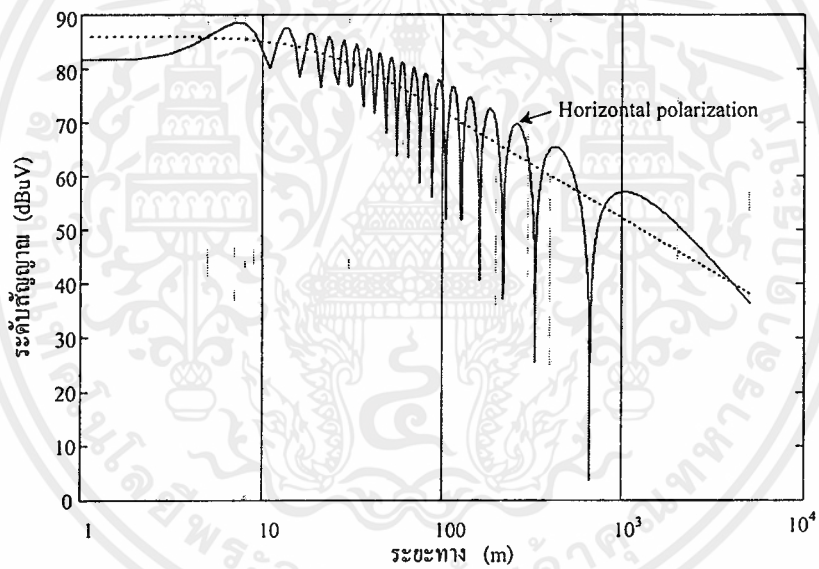
จุกเบรคพ้อยท์ที่แสดงในรูปที่4.2, รูปที่4.3 และรูปที่4.4 สามารถที่จะใช้ความสัมพันธ์ทฤษฎีของเฟรสเนล พื้นที่แรกของเฟรสเนลนิยามให้โฟกัสเป็นรูปวงรีอยู่ที่สายอากาศของเครื่องรับและเครื่องส่ง ระยะจากสายอากาศไปยังจุดบนเส้นวงรี จากรูปที่4.2, รูปที่4.3 และรูปที่4.4 จุดเบรคพ้อยท์จะพิจารณาระยะห่างกราวด์เป็นฉากกั้นส่วนแรกของพื้นที่เฟรสเนล เมื่อทางแพร่กระจายคลื่นของช่วงแรกของเฟรสเนลโซนเป็นพื้นที่โล่งหมายความถึงในทางปฏิบัติฉากกันจะไม่ชน

$$d_f=\frac{1}{\lambda}\sqrt{\left(\Sigma^2-\Delta^2\right)^2-2\left(\Sigma^2+\Delta^2\right)\left(\frac{\lambda}{2}\right)^2+\left(\frac{\lambda}{2}\right)^4} \tag{4.6}$$

เมื่อ $\Sigma=h_t+h_r$ และ $\Delta=h_t+h_r$ จากสมการสมมุติให้พื้นโลกระหว่างเครื่องรับกับเครื่องส่งแบนราบ โมเดลเฟรสเนลโซนจะใช้ได้เฉพาะพื้นที่ที่เป็นไลน์ออฟไซต์(LOS)

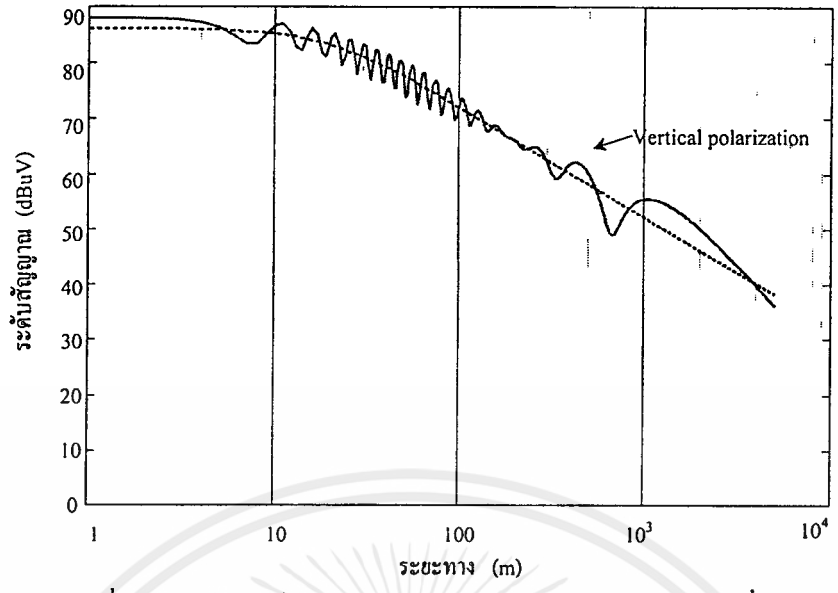
เอกสารนี้มีไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโมเดลดังที่กล่าวมาข้างต้นสามารถคำนวณหาระดับสัญญาณในแนวสายตา(LOS) ของเซลสเตชั่นโทรศัพท์ไร้สายส่วนบุคคลพกพาพื้นฐานส่วนบุคคลพีซีทีภายในอาคาร ซึ่งกำลังส่งของเซลสเตชั่นเท่ากับ 10mW เกณสายอาการเครื่องส่งเท่ากับ 2.15dBi เกณสายอากาศเครื่องรับเท่ากับ 2.14dBi ความสูงของเครื่องส่งเท่ากับ 4 เมตร ความสูงของสายอากาศเครื่องรับเท่ากับ 1.5 เมตรและค่าไดอิเล็กติกคอนสเต็นท์(Dielectric Constant)เท่ากับ 7-j0.05 จากค่าของตัวแปรต่างๆที่กำหนดข้างต้นและจากสมการของทูเรย์โมเดลสามารถที่จะแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของโพล่าไรซ์ของสัญญาณต่อผลรวมของสัญญาณที่เกิดจากการสะท้อน ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นผลรวมของสัญญาณที่เกิดจากการรวมของสัญญาณที่เกิดการรวมของสัญญาณฮอริซอลทอลโพลาไรซ์(Horizontal Polarize) แสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.2 โดยที่สัมประสิทธิ์การสะท้อนมีค่าสูงสุดเท่ากับ –1 และผลรวมของสัญญาณที่เกิดจากผลรวมของการสะท้อนสัญญาณเวอร์ทิคอลโพลาไรซ์(Vertical Polarize) แสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.3 โดยที่สัมประสิทธิ์การสะท้อนมีค่าสูงสุดเท่ากับ –1 ตามลำดับ



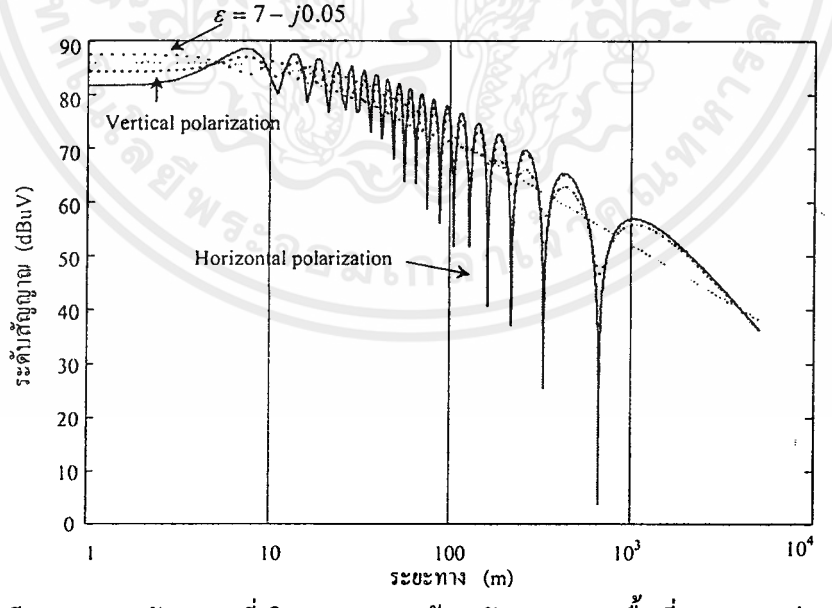
รูปที่4.2 ระดับสัญญาณที่คำนวณจากเรย์โมเดล โดยกำหนดสนามเป็น H polarizeที่ Ht = 4 m และ Hr = 1.5 m ที่ความที่ 1900MHz สัมประสิทธิ์การสะท้อนเท่ากับ -1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.3 ระดับสัญญาณที่คำนวณจากเรย์โมเดล โดยกำหนดสนามเป็น V polarizeที่ Ht = 4m Hr = 1.5 m ที่ความที่ 1900MHz สัมประสิทธิ์การสะท้อนเท่ากับ -1

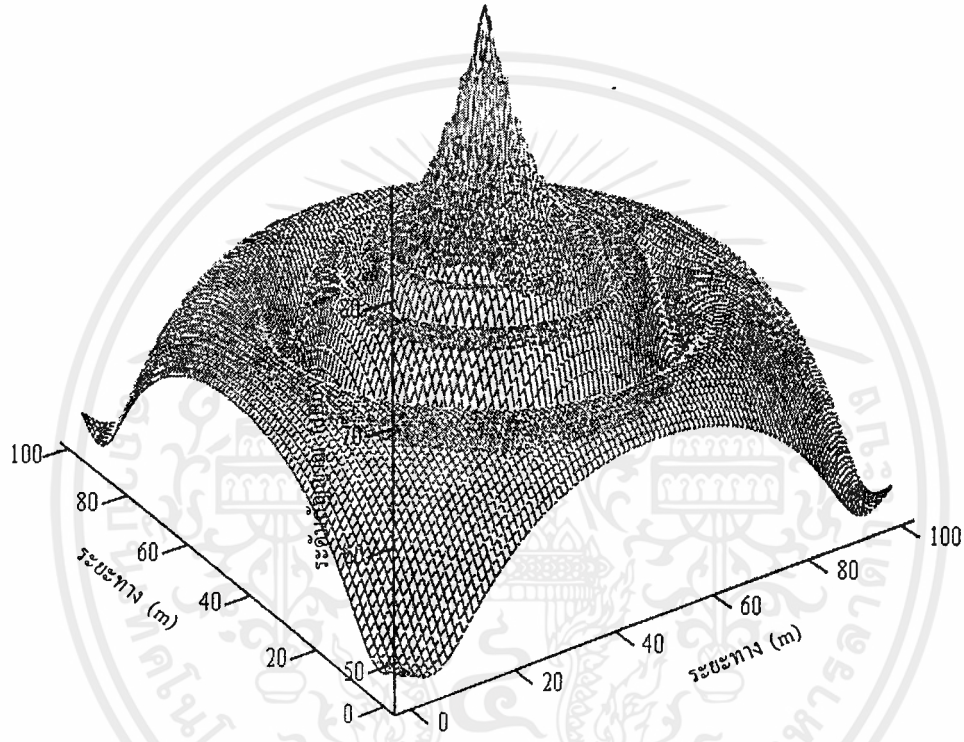
เมื่อเปรียบเทียบผลการรวมของสัญญาณทั้งสองโพล่าไรซ์พบว่าผลกระของสัญญาณรวม โพล่าไรส์ของฮอริซอลทอลโพล่าไรซ์มีผลกระทบต่อสัญญาณรวมมากกว่าผลกระทบของสัญญาณรวมของเวอร์ทิคอลโพลาไรซ์ทำให้ซึ่งฮอริซอลทอลโพล่าไรซ์จะทำให้เกิดการเฟดดิ้งของสัญญาณมากกว่าเวอร์ทิคอลโพลาไรซ์ สามารถแสดงการเปรียบเทียบให้เห็นดังรูปที่ 4.4



รูปที่4.4 เปรียบเทียบผลของสัญญาณที่เกิดจากการสะท้อนสัญญาณจากพื้นที่ Polarize ต่างๆกันและมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนเท่ากับ -1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าสมมุติให้พื้นที่ครอบคลุมเซลสเตชั่นภายในอาคารกว้างเท่า 100เมตรและยาวเท่ากับ 100เมตร กำลังส่งของเซลสเตชั่นเท่ากับ 10mW เกณสายอาการเครื่องส่งเท่ากับ 2.15dBi เกณสายอากาศเครื่องรับเท่ากับ 2.14dBi ความสูงของเครื่องส่งเท่ากับ 4 เมตร ความสูงของสายอากาศเครื่องรับเท่ากับ 1.5 เมตร และค่าไดอิเล็กติกคอนสเต็นท์(Dielectric Constant)เท่ากับ 7-j0.05 การแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบเวอร์-ทิคอลโพล่าไรซ์ จากโมเดลของทูเรย์สามารถที่จะคาดเดาการแพร่กระจายคลื่นในพื้นที่ในแนวสายตา (LOS) โดยยังไม่รวมถึงการลดทอนที่เกิดการกำแพงหรือฉากกั้นต่างๆ ได้ดังรูปที่ 4.5



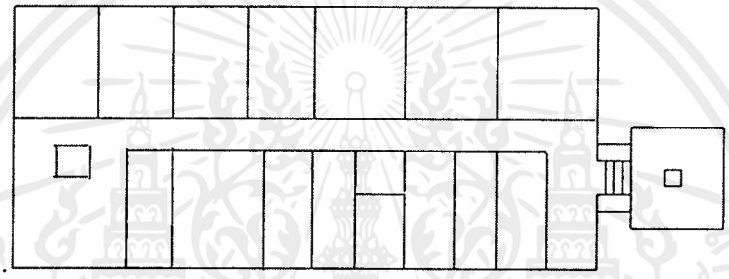
รูปที่4.5 พื้นที่ครอบคลุมเซลในแนวสายโดยทูเรย์โมเดล

4.2 การหาระดับสัญญาณโดยใช้โปรแกรม

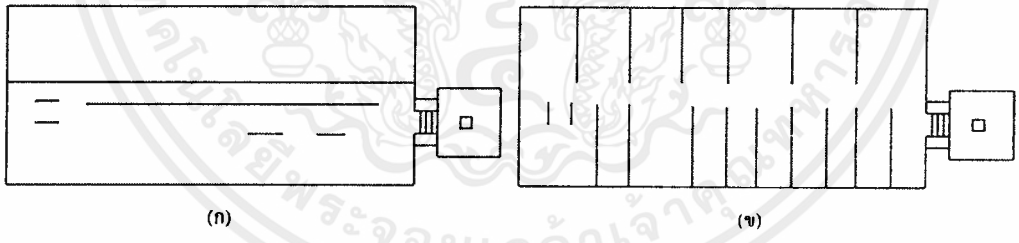
วิธีการออกแบบการวางตำแหน่งของเซลสเตชั่นภายในอาคาร เริ่นต้นจากต้องทราบถึงลักษณะของอาคารอย่างคราวๆว่ารูปร่างของอาคารเป็นอย่างโดยปกติจะอ้างอิงกับแผนผังโครงสร้างของอาคาร การแบ่งจำนวนของห้องของแต่ละชั้นของอาคารนั้น วัสดุที่ให้ทำกำแพงหรือฉากกั้นทำจากวัสดุใดมีค่าสัมประสิทธิ์ไดอิเล็คติดเท่ากับเท่าใด ซึ่งวัสดุที่ใช้ทำกำแพงหรือฉากกั้นนั้นทำให้เกิดการลดทอนของสัญญาณต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณของโปรแกรมจะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนด้วยกันคือ 1.คำนวณหาค่าพื้นที่ครอบคลุมเซลระดับของสัญญาณในพื้นที่โล่งในส่วนนี้คำนวณการลดทอนของสัญญาณที่เกิดจากระยะทางและผลกระทบของสัญญาณที่เกิดจากการสะท้อนของพื้นอาคาร โดยกำหนดพื้นที่ครอบคลุมทั้งหมดของเซลสเตชั่นคือพื้นที่ทั้งหมดของอาคารในแต่ละชั้นมีค่าเท่ากับค่าความกว้างและความยาวของอาคารแต่ละอาคารดังแสดงให้เห็นดังรูปที่4.6 หรือกับการแทนค่าความกว้างของอาคารเท่ากับค่าตัวแปร area_x และค่าความยาวของอาคารเท่ากับค่าตัวแปร area_y ในโปรแกรมตามลำดับ จากนั้นกำหนดจุดการวางเซลสเตชั่นไว้ที่ตำแหน่งใดๆของอาคารหรือแทนค่าตัวแปรตำแหน่งอาคารเท่ากับตำแหน่งในแนวแกน X เท่ากับค่าตัวแปร CELL_X และตำแหน่งในการวางเซลสเตชั่นในแนวแกน Y เท่ากับค่าตัวแปร CELL_Y ตามลำดับ



รูปที่4.6 แผนผังอาคารของตึกโทรคมนาคม ชั้น 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์

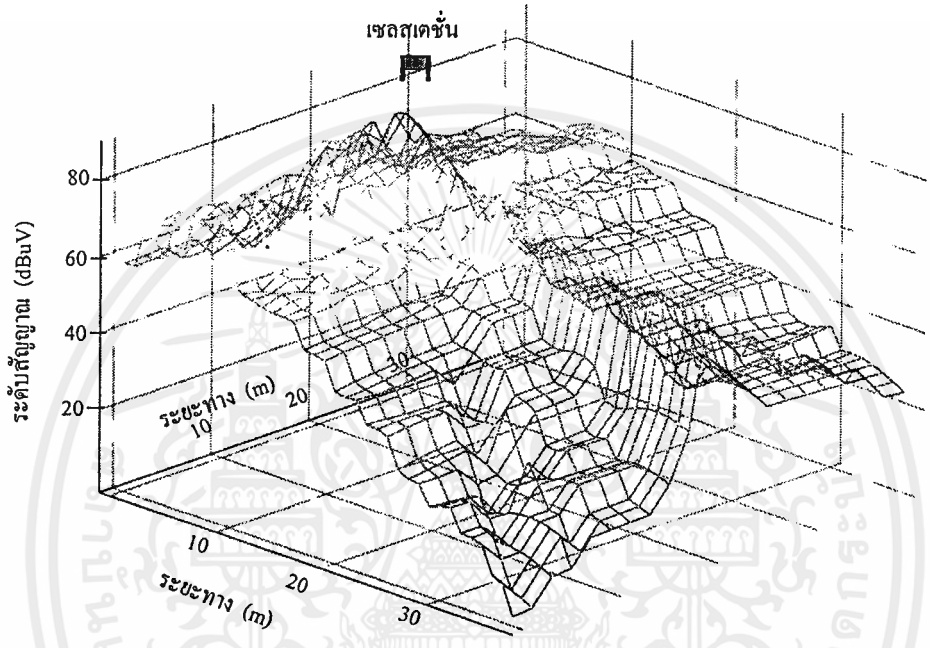


รูปที่4.7 (ก) กำแพงหรือฉากกั้นในแนวนอนทั้งหมดของตึกโทรคมนาคมชั้น 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์
(ข) กำแพงหรือฉากกั้นในแนวตั้งทั้งหมดของตึกโทรคมนาคมชั้น 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์

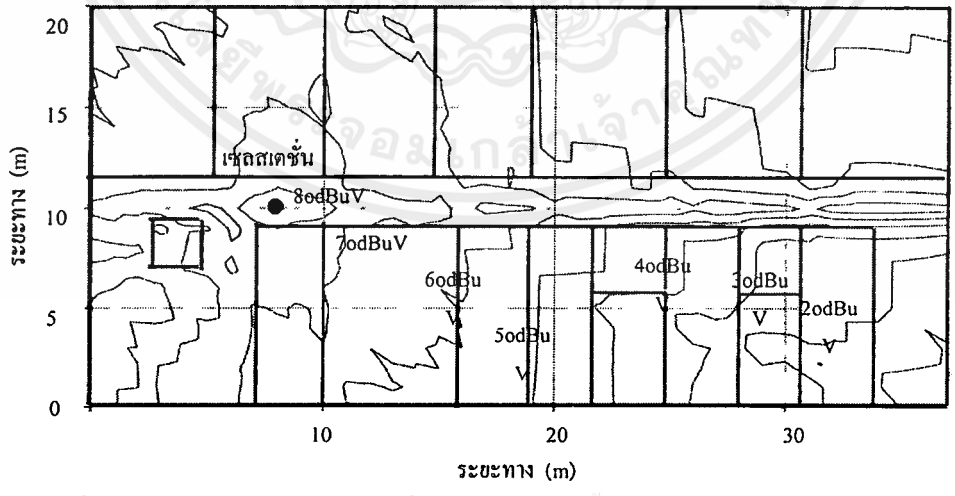
ส่วนที่ 2.โปรแกรมจะคำนวณผลของการสะท้อนและการลดทอนของสัญญาณที่เกิดจากจากกำแพงหรือฉากกั้นต่างๆซึ่งโดยปกติอาคารต่างๆจะประกอบด้วยห้องเล็กๆหลายๆห้อง โดยที่แต่ละห้องส่วนใหญ่จะประกอบด้วยกำแพงอยู่สองแนวคือกำแพงที่อยู่ในนอนและกำแพงที่อยู่ในแนวตั้ง วิธีการกำหนดพิกัดของตำแหน่งของกำแพงหรือฉากกัน แบ่งเป็นการกำหนดพิกัดในแนวตั้งและพิกัดในแนว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอนดังแสดงให้เห็นการแบ่งลักษณะของกำแพงออกดังรูปที่4.7(ก) (x1,x2,y) เมื่อค่า x1=จุดเริ่มต้นของกำแพง x2=จุดสิ้นสุดของกำแพงและ y= ตำแหน่งที่ตั้งของกำแพง และรูปที่4.7(ข) ตามลำดับ ส่วนที่ 3. เมื่อกำหนดจำนวนกำแพงหรือฉากกั้นทั้งหมดเรียบร้อยโปรแกรมก็จะคำนวณหาระดับของสัญญาณที่ครอบคลุมพื้นภายในอาคารนั้นทั้งหมด ซึ่งระดับของสัญญาณที่คำนวณออกมาจะเป็น $dB\mu V$ รูปข่าย (Mesh)ของสัญญาณหรือปรับเปลี่ยนการแสดงผลเป็นลักษณะของภาพคอนทัวร์(Contour) เพื่อให้เห็นลักษณะการครอบคลุมของเซลสเตชั่นในอาคารในแต่ละชั้นได้ง่ายยิ่งขึ้น



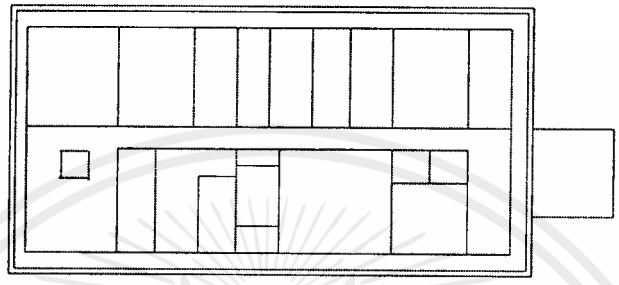
รูปที่4.8 ลักษณะภาพตาข่าย 3มิติของสัญญาณที่คำนวณได้จากโปรแกรมของตึกโทรคมนาคม ชั้น 1



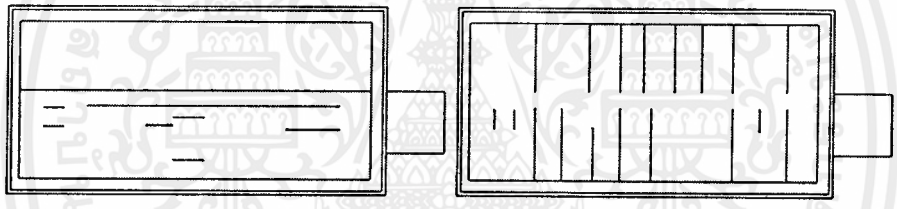
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่4.9 ลักษณะภาพ คอนทัวร์ของสัญญาณที่คำนวณได้จากโปรแกรมของตึกโทรคมนาคม ชั้น 1

เมื่อกำหนดตำแหน่งพิกัดการวางตำแหน่งเซลสเตชั่น ขนาดของพื้นที่ครอบคลุมและพิกัดตำแหน่งที่ตั้งกำแพงต่างๆเรียบร้อย ก็สามารถที่จะเห็นลักษณะการครอบคลุมของเซลสเตชั่นได้ โดยในที่นี้จะเลือกเอาตึกโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์เป็นตัวอย่างในการคำนวณ ซึ่งตึกโทรคมนาคมประกอบด้วยกัน 3ชั้นซึ่งแสดงให้เห็นผลของการคำนวณได้ดังรูปที่ 4.8, 4.9, 4.12, 4.13, 4.15 และ 4.16 เป็นระดับสัญญาณของตึกโทรคมนาคมชั้นที่ 1 ,2 และ 3 ตามลำดับ

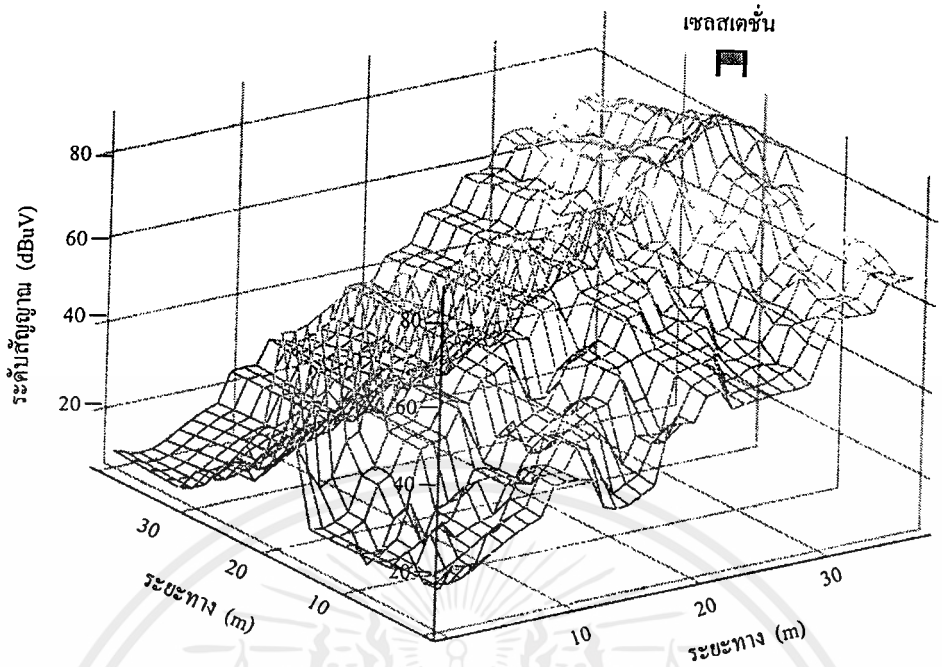


รูปที่4.10 แผนผังอาคารของตึกโทรคมนาคม ชั้น 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์

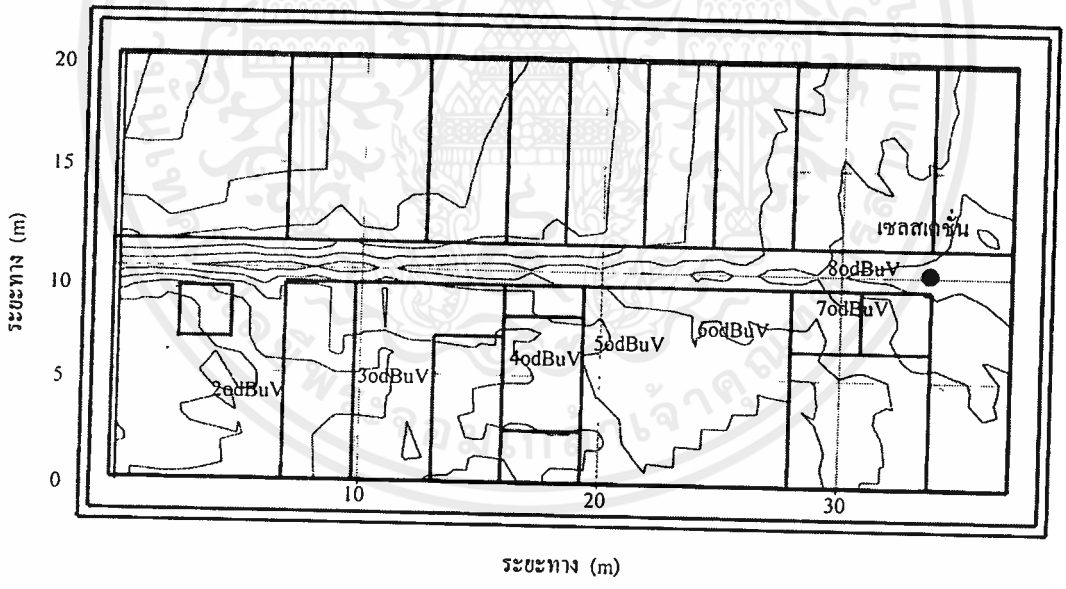


รูปที่4.11 (ก) กำแพงหรือฉากกั้นในแนวนอนทั้งหมดของตึกโทรคมนาคมชั้น 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์
(ข)กำแพงหรือฉากกั้นในแนวตั้งทั้งหมดของตึกโทรคมนาคมชั้น 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

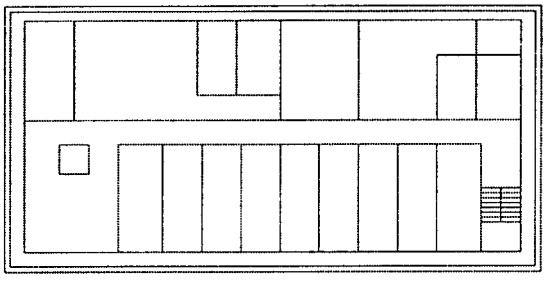


รูปที่4.12 ลักษณะภาพตาข่าย 3มิติของสัญญาณที่คำนวณได้จากโปรแกรมของตึกโทรคมนาคม ชั้น 2

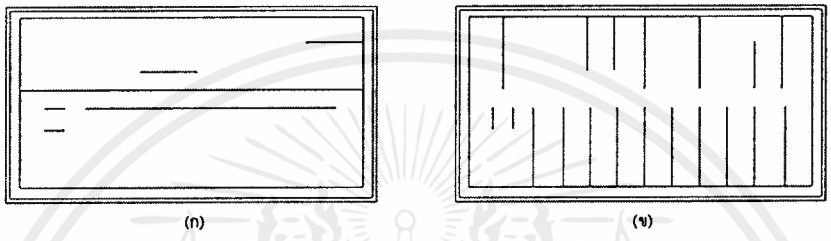


รูปที่4.13 ลักษณะภาพ คอนทัวร์ของสัญญาณที่คำนวณได้จากโปรแกรมของตึกโทรคมนาคม ชั้น 2

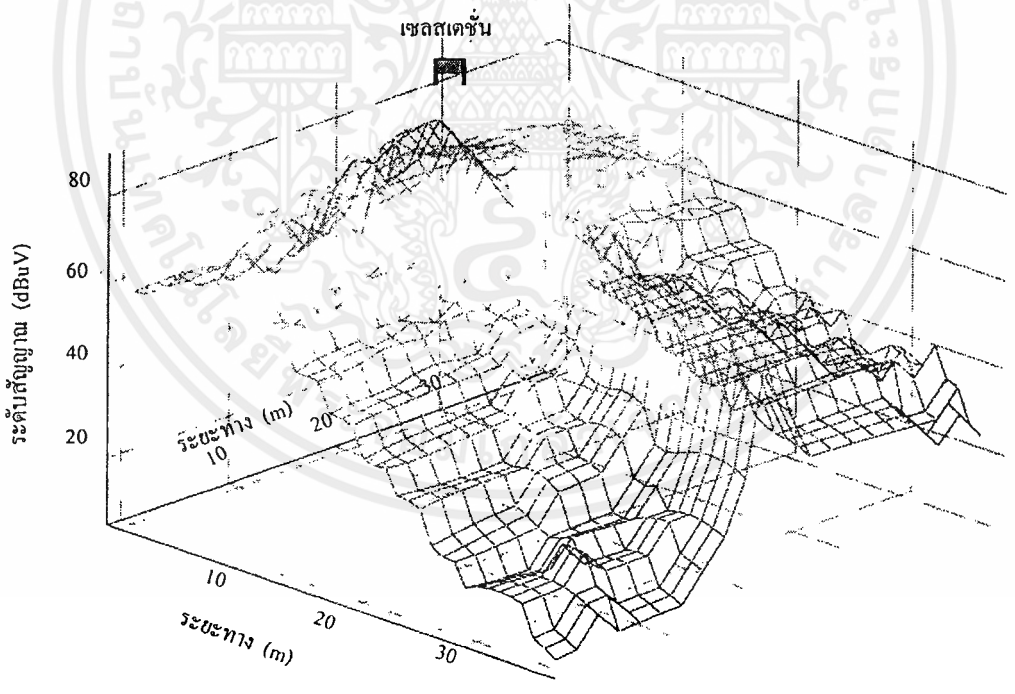
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.14 แผนผังอาคารของตึกโทรคมนาคม ชั้น 3 คณะวิศวกรรมศาสตร์

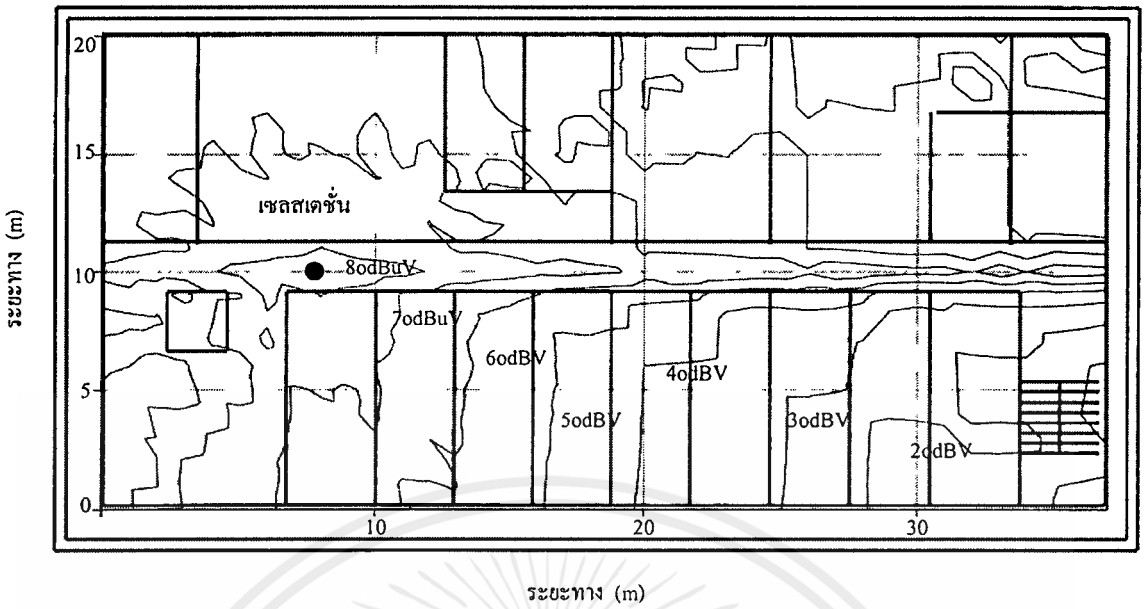


รูปที่4.15 (ก) กำแพงหรือฉากกั้นในแนวนอนทั้งหมดของตึกโทรคมนาคมชั้น 3 คณะวิศวกรรมศาสตร์
(ข) กำแพงหรือฉากกั้นในแนวตั้งทั้งหมดของตึกโทรคมนาคมชั้น 3 คณะวิศวกรรมศาสตร์



รูปที่4.16 ลักษณะภาพตาข่าย 3มิติของสัญญาณที่คำนวณได้จากโปรแกรมของตึกโทรคมนาคม ชั้น 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

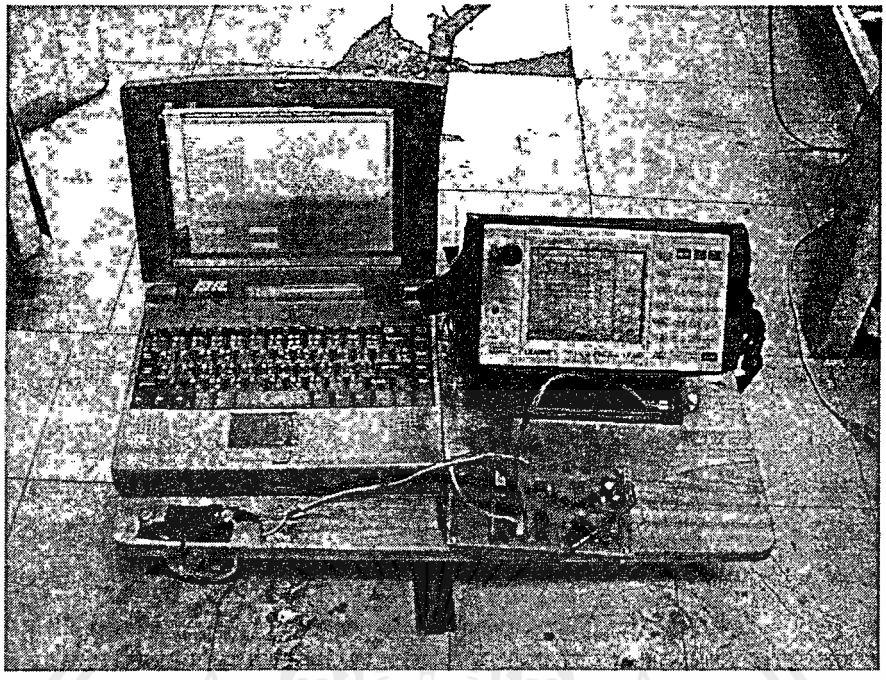


รูปที่4.17 ลักษณะภาพ คอนทัวร์ของสัญญาณที่คำนวณได้จากโปรแกรมของตึกโทรคมนาคม ชั้น 3

4.3 วิธีหาพื้นที่ครอบคลุมของเซลสเตชั่นจากการวัดระดับสัญญาณ

ประสิทธิภาพของระบบโทรศัพท์สื่อสารไร้สายที่ดีนั้นส่วนหนึ่งมาจากการวางเซสเตชั่นให้สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้อย่างทั่วถึง การทดสอบว่าเซลสเตชั่นนั้นสามารถครบคลุมพื้นที่ได้ดีหรือไม่ วิธีที่ดีที่สุดคือวัดจากสถานที่จริง โดยการนำเครื่องรับสัญญาณไปวัดในตำแหน่งต่างๆว่าตรงกับที่ได้คำนวณโดยโปรแกรมหรือไม่ ซึ่งจุดที่ควรจะพิจารณาคือบริเวณที่สัญญาณต่ำที่สุดว่าจุดนั้นยังสามารถที่รับสัญญาณได้หรือไม่ ในที่นี้จะใช้เครื่องดาต้าล็อกเกอร์ทำการวัด ซึ่งเครื่องดาต้าล็อกเกอร์ดังกล่าวแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.16 เครื่องดาต้าล็อกเกอร์สามารถที่จะวัดสัญญาณได้ละเอียดที่ระยะห่างเท่ากับ 1λ โดยที่การบันทึกสัญญาณจะเป็นไปโดยอัตโนมัติเมื่อรถเข็นเคลื่อนที่ไปตามพื้นของอาคาร เมื่อสวิตช์แม่เหล็กที่ติดอยู่ที่ล้อของรถเข็นเคลื่อนมาตรงกับตำแหน่งสวิตช์แม่เหล็กที่ติดอยู่ที่ตัวรถเข็น สวิตช์ก็จะส่งสัญญาณไปให้หน่วยประมวลผลการทำการวัดค่าระดับสัญญาณ ณ.จุดนั้นว่ามีค่าเท่ากับเท่าไร จากนั้นส่งค่าระดับสัญญาณไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกลงฮาร์ดดิสก์ เนื่องจากการวัดสัญญาณทุกๆ1λ จะทำให้ต้องเสียเวลามาก ก็จะเปลี่ยนแปลงระยะการวัดของสัญญาณให้ระยะห่างมากขึ้นซึ่งการแปลงระยะห่างของการวัดระดับของสัญญาณสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้จากโปรแกรม

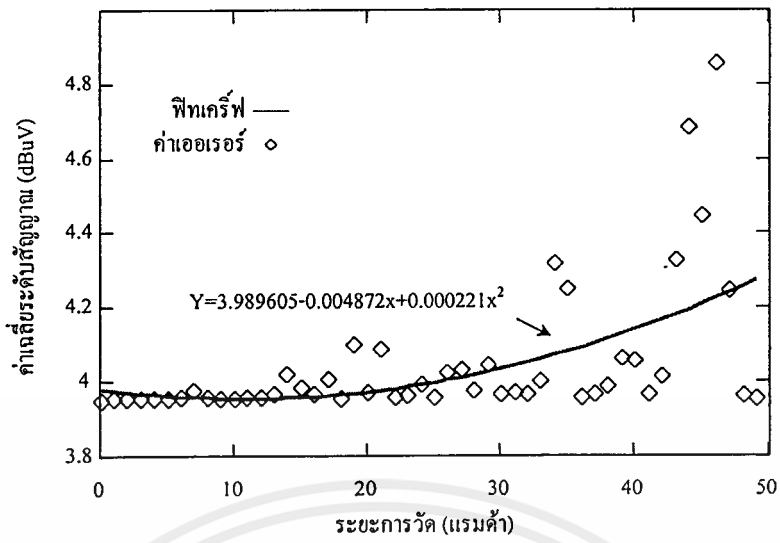
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 ภาพถ่ายจริงของเครื่องดาต้าล็อกเกอร์

ความผิดพลาดที่เกิดการเก็บตัวอย่างข้อมูลในลักษณะที่ห่างเกินไป ซึ่งสัญญาณแต่ละสัญญาณจะมีค่าซีเล็คทีฟเฟดดิ้ง(Selective Fading) เป็นการเฟดดิ้งที่เกิดจากตำแหน่ง ดังนั้นเพื่อป้องกันความผิดพลาดของการวิเคราะห์หาสมการจากระยะห่างการสุ่มตัวอย่างของระดับสัญญาณควรจะให้มีระยะไม่มากจนเกินไปจะทำให้เกิดความผิดพลาดมากขึ้นตามระยะห่างของตัวอย่างสัญญาณที่เพิ่มขึ้นโดยที่เครื่องดาต้าล็อกเกอร์ สามารถวัดสัญญาณที่ระยะห่างตั้งแต่ 1λขึ้นไป โดยสามารถจะเปลี่ยนแปลงได้ตามต้องการ ทดลองหาค่าความผิดผลาดที่เกิดจากระยะห่างการแซมปลิ้ง โดยการวัดระดับสัญญาณจากเซลสเตชั่นเริ่มตั้งวัดจากจุดศูนย์กลางของเซลแล้วเคลื่อนที่ออกด้านนอกเซล-สเตชั่น เริ่มต้นระยะการแซมปลิ้งเท่ากับ 1λ จากนั้นเปลี่ยนระยะการแซมปลิ้งให้แตกต่างกันคือ 1λ , 2λ...,25λ นำมาเปรียบเทียบกับระดับสัญญาณที่วัดทุกๆ1λ ความผิดพลาดที่เกิดระยะห่างของการแซมปลิ้งระดับสัญญาณมากเกินไป จากความผิดผลาดที่เกิดขึ้นสามารถสามารถแสดงให้เห็นได้ดังรูป4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

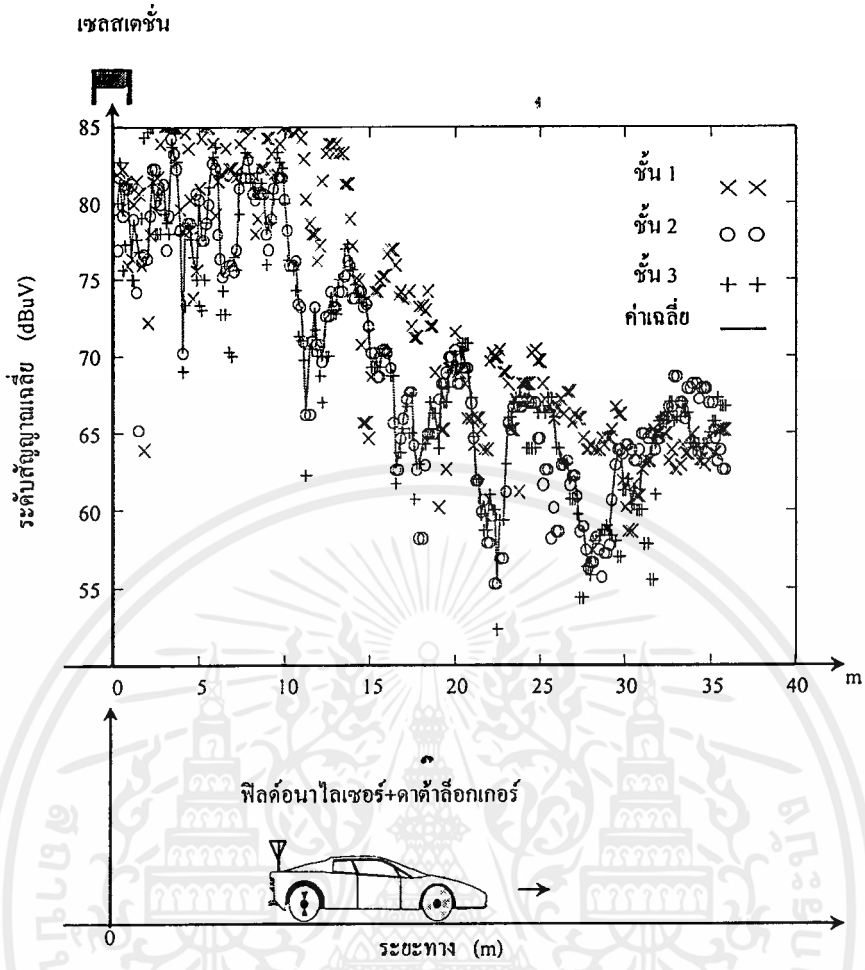


รูปที่4.19 ความผิดพลาดที่เกิดจากระยะห่างของการแซมปลิ้งข้อมูล

จากค่าความเบี่ยงเบนมาตราฐานของความผิดพลาดนี้ได้จากการวัดสัญญาณที่ระยะต่างๆกัน สามารถที่จะใช้วิธีการลีเนียรรีเกรสชั่นหาลักษณะการเพิ่มขึ้นของค่าความผิดพลาด ซึ่งจะได้เป็นสมการควอ์ทราติค. จากรูปที่4.17 แสดงให้เห็นว่าจุดวิกฤตของสมการอยู่ที่ตำแหน่งแรมด้าเท่ากับ 34 หมายความว่าการวัดระดับสัญญาณแบบแซมปลิ้งแบบจุดต่อจุดระยะอยู่ในช่วงไม่เกินระยะ 34λ จะได้ค่าเบี่ยงมาตราฐานของความผิดลาดที่มีค่าใกล้เคียงกับที่ระยะ 1λ แต่หากเกินกว่าที่ระยะ 34λ ค่าความผิดพลาดจะเพิ่มขึ้นอย่าวเร็วด้วยเป็นกำลังสองเท่าของระยะการวัด ซึ่งในระบบพีซีทีทำงานในย่าน 1900MHz ระยะการวัดพื้นที่ครอบคลุมเซลภายในอาคารในแนวสายตาสามารถวัดที่ระยะประมาณไม่เกิน 5 เมตร เริ่มต้นจากจุดศูนย์กลางออกไปด้านนอกของเซลสเตชั่นจะได้ค่าความผิดพลาดใกล้เคียงกัน

การวิเคราะห์พื้นที่ครอบคลุมเซลค่าที่ได้จากการคำนวณนั้นมีค่าใกล้เคียงกับที่คำนวณจากทางทฤษฎีนั้นใกล้เคียงกันเพียงใดนั้น ก็จำเป็นที่จะต้องวัดค่าระดับสัญญาณที่ติดตั้งจริงเปรียบเทียบกับค่าระดับสัญญาณที่ได้จาการคำนวณว่าแตกต่างกับค่าระดับสัญญาณมากน้อยเพียงใด แสดงให้เห็นในรูปการใช้เครื่องดาต้าล็อกเกอร์วัดระดับของสัญญาณเพื่อเปรียบเทียบกับระดับสัญญาณที่ได้จากการคำนวณแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.18 ค่าที่ได้จากการวัดนี้บางครั้งอาจจะเกิดการการแกว่งของสัญญาณมากหรือน้อยปกติดังนั้น เพื่อให้เกิดความถูกต้องก็จะทำการวัดสัญญาณในลักษณะเดียวกันซ้ำหลายๆครั้ง ผลที่ได้จากการวัดซ้ำกันหลายๆครั้ง ส่วนใหญ่ค่าที่ได้จะมีค่าใกล้เคียง ซึ่งเมื่อทำการเฉลี่ยสัญญาณที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างรวดเร็วจะมีผลต่อลักษณะการแพร่กระจายคลื่นน้อยมาก

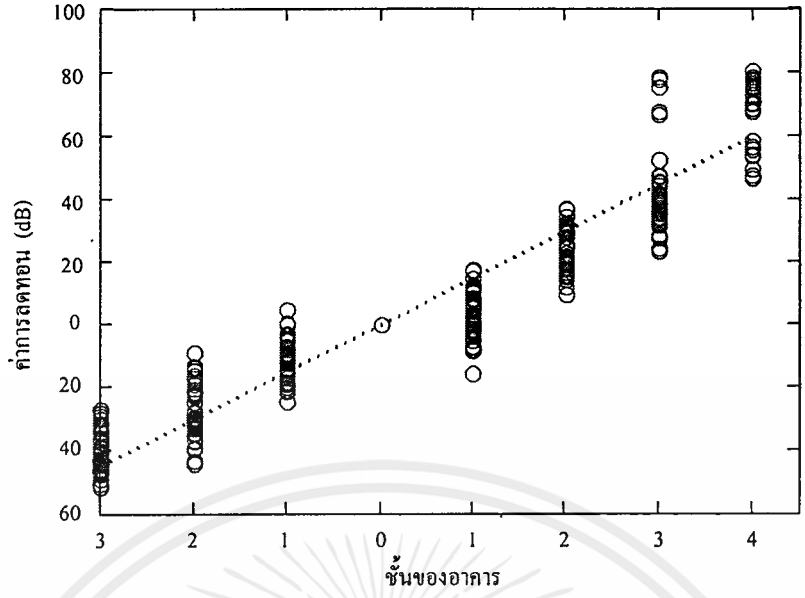
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.20 ระดับสัญญาณที่วัดโดยใช้เครื่องดาต้าล็อกเกอร์ร่วมกับพีเอสเฮสฟิลด์อนาไลเซอร์

จากการทดลองหาค่าการลดทอนของสัญญาณระหว่างชั้นเพราะว่าเมื่อตำแหน่งของเซลสเตชั่นใกล้กันเกินจะมีปัญหาในเรื่องของการสอดแทรกของสัญญาณของเซลสเตชั่นข้างเคียงระหว่างชั้นของอาคารดังนั้นสัญญาณจากเซลสเตชั่นของแต่ละชั้นที่ทะลุผ่านไปยังชั้นอื่นๆจึงต้องนำมาประกอบการพิจารณาการวางตำแหน่งเซลสเตชั่น จากการศึกษาพบว่าสัญญาณผ่านไประหว่างชั้นของอาคารสัญญาณจะลดลงประมาณ $15\,dB$ ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นการลดทอนของสัญญาณที่ได้จากการวัดระหว่างชั้นดังรูปที่ 4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.21 ค่าการลดทอนของสัญญาณระหว่างชั้นภายในอาคาร

การลดทอนของสัญญาณที่ทะลุข้ามไประหว่างชั้นของอาคารสามารถที่สรุปลักษณะการลดทอนของสัญญาณได้ดังรูป ซึ่งลักษณะการลดทอนของสัญญาณประมาณได้ว่า การลดทอนมีลักษณะที่เป็นเชิงเส้นตามจำนวนชั้นที่สัญญาณเดินทางผ่านไป หรือเท่ากับ $15\,dB$ ระยะการแพร่กระจายคลื่นที่ไปได้ไกลที่สุดระหว่างชั้นสามารถทะลุผ่านไปได้ประมาณ 4 ชั้น วัดที่ระยะห่างจากเซลสเตชั่นระยะอ้างอิงเท่ากับ 1เมตร

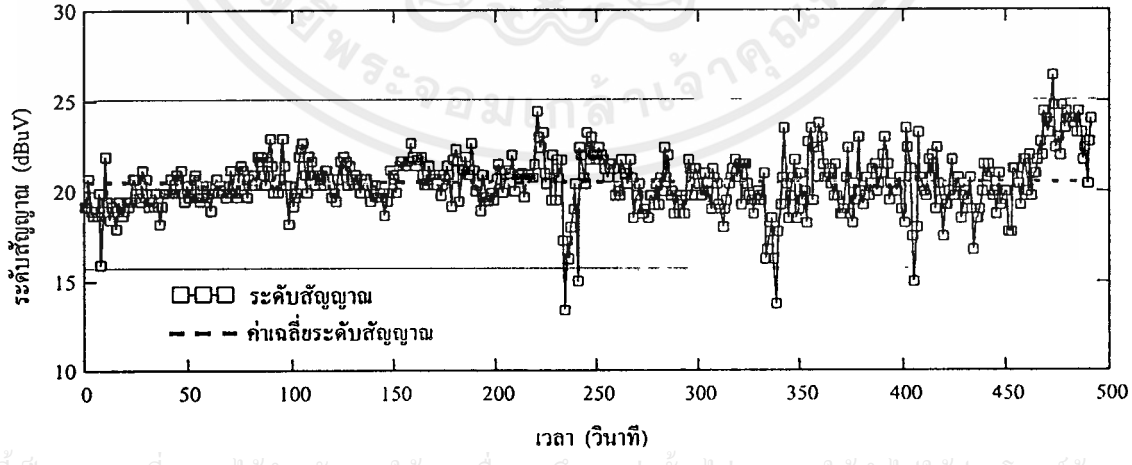
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการวิธีการออกแบบการวางเซลสเตชั่นที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นในการออกแบบการวางเซลสเตชั่นว่าผลของการออกแบบการเซลสเตชั่นว่าดีเพียงใด จึงมีความจำเป็นที่จะต้องวิเคราะห์ผลลัพท์ที่ได้จากการออกแบบการวางตำแหน่งเซลสเตชั่นดังกล่าว ว่ามีค่าความผิดพลาดจากการออกแบบ

5.1ผลการออกแบบการวางเซล

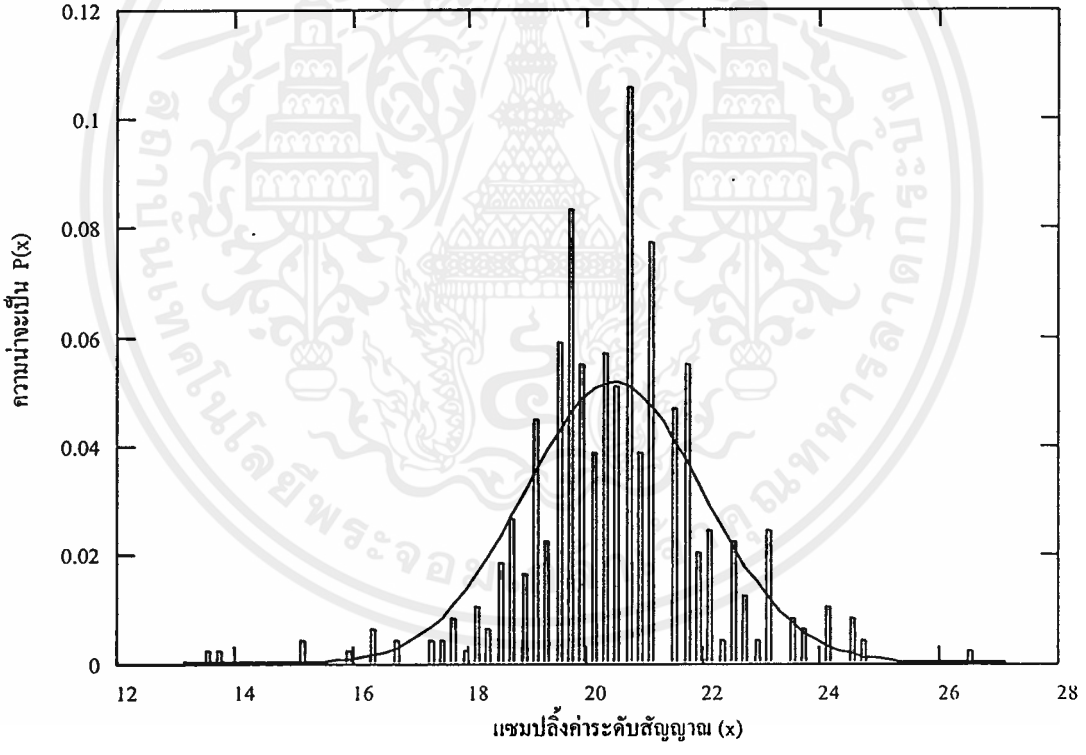
จากการเปรียบเทียบผลของระดับสัญญาณพื้นที่ในแนวนอนที่ได้จากการทดลองและการคำนวณตามสมการการลดทอนของสัญญาณจะเห็นว่ามีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยทั้งทิศทางที่มีสิ่งกีดขวางและไม่มีสิ่งกีดขวาง จึงสรุปได้ว่า ถ้าจะวางเซลในอาคารต่างๆ ในย่าน 1900 MHz นี้ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมากก็คือ ค่าแฟคเตอร์ของการลดทอนคลื่นจากเพราะภายในอาคารพื้นที่เป็นลักษณะปิด ระดับสัญญาณของเซลสเตชั่นในระดับชั้นเดียวกันค่าลดทอนส่วนใหญ่เกิดจากกำแพง ดังนั้นความถูกต้องจะขึ้นอยู่กับค่าความลดทอนของสัญญาณแต่ละวัสดุ ค่าที่ได้จากการคำนวณจึงจะใกล้กับความเป็นจริง และถ้าวัสดุใดไม่สามารถทราบถึงแฟคเตอร์ในการลดทอนของสัญญาณ เราก็สามารถที่จะทดลองหาค่าอย่างง่ายๆโดยการส่งคลื่นจากด้านหนึ่งจากนั้นไปรับยังอีกด้านหนึ่งของวัสดุนั้นๆแล้ววัดค่าการสูญเสียนั้นว่าเป็นเท่าใด แล้วนำมาใช้เป็นแฟคเตอร์ในการคำนวณ



รูปที่ 5.1 การแกว่งของสัญญาณที่ระยะ 35 เมตรพื้นที่นอกแนวสายตา(NLOS) ของตึกโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนกรณีของการแกว่งของสัญญาณที่มีระดับสูงเกินกว่า 20 dB อาจจะต้องพิจารณาเปลี่ยนแปลงสถานที่ติดตั้งเซลสเตชั่นไม่ให้อยู่ใกล้วัสดุที่สะท้อนคลื่นมากนักอย่างไรก็ตามจากการทดลองในบทความนี้ ค่าการแกว่งของสัญญาณยังไม่เกิน 20 dB ก็ถือว่ายังเป็นระดับที่ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานไม่จำเป็นที่จะต้องแก้ไขแต่ประการใด ซึ่งจะแสดงลักษณะการแกว่งของสัญญาณได้ดังรูปที่ 5.1 จากรูปเป็นการวัดสัญญาณที่ตึกโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ พื้นที่นอกแนวสายตาที่ระยะประมาณ35เมตร ซึ่งลักษณะกี่เกิดเป็นลักษณะการเฟดดิ้งเป็นแบบนอลมอลเดริฟ์(Normal Curve) แสดงให้เห็นดังรูปที่5.2 ซึ่งค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อให้การแกว่งของสัญญาณเท่ากับบวก-ลบ สามเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน($\pm 3\sigma$) ซึ่งค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของสัญญาณเท่ากับ $\pm$4.64 dB ดังนั้นเมื่อออกแบบการวางตำแหน่งของเซลสเตชั่นถ้าต้องการให้ระบบมีความเชื่อมั่นได้ดีจำเป็นที่จำต้องเพื่อค่าการแกว่งสัญญาณเท่ากับประมาณ $\pm$4.64 dB สามรถที่จะลดการขาดหายของสัญญาณระหว่างการสนทนาได้

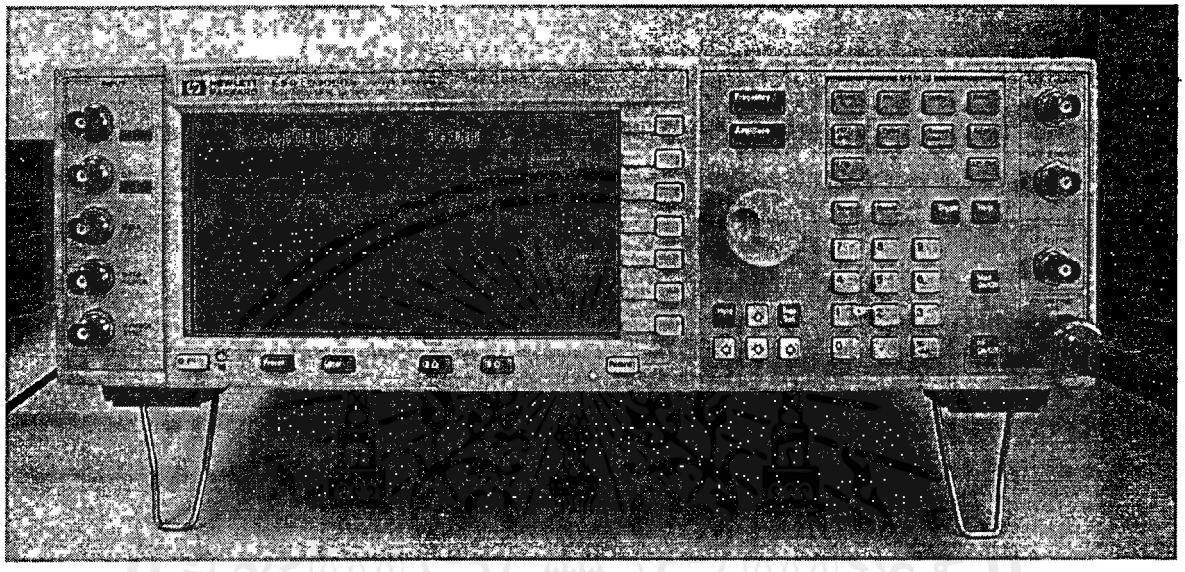


รูปที่ 5.2 ความน่าจะเป็นของสัญญาณที่ระยะ 35 เมตรพื้นที่นอกแนวสายตา(NLOS) ของตึกโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2เปรียบเทียบผลการทดลองกับผลที่ได้จากการคำนวนโดยซอฟแวร์

เมื่อทำการออกแบบการตำแหน่งเซลสเตชั่นโดยโปรแกรมที่สร้างขึ้น เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของระดับสัญญาณที่ได้จากโปรแกรมด้วยการเปรียบเทียบกับระดับของสัญญาณที่วัดได้จากสถานที่จริง

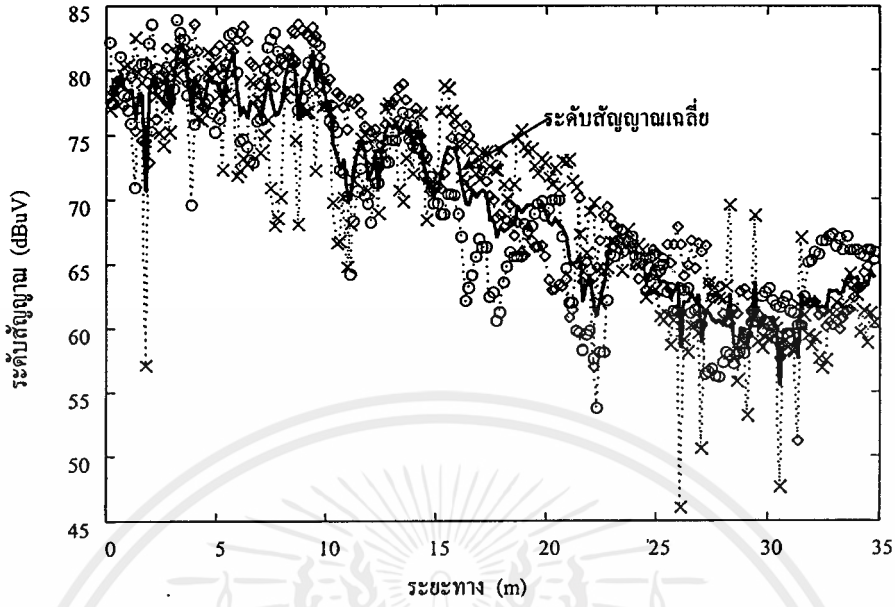


รูปที่5.3 ภาพถ่ายจริงของเครื่องเจนเนอร์เรเตอร์HP-ESG-3000A

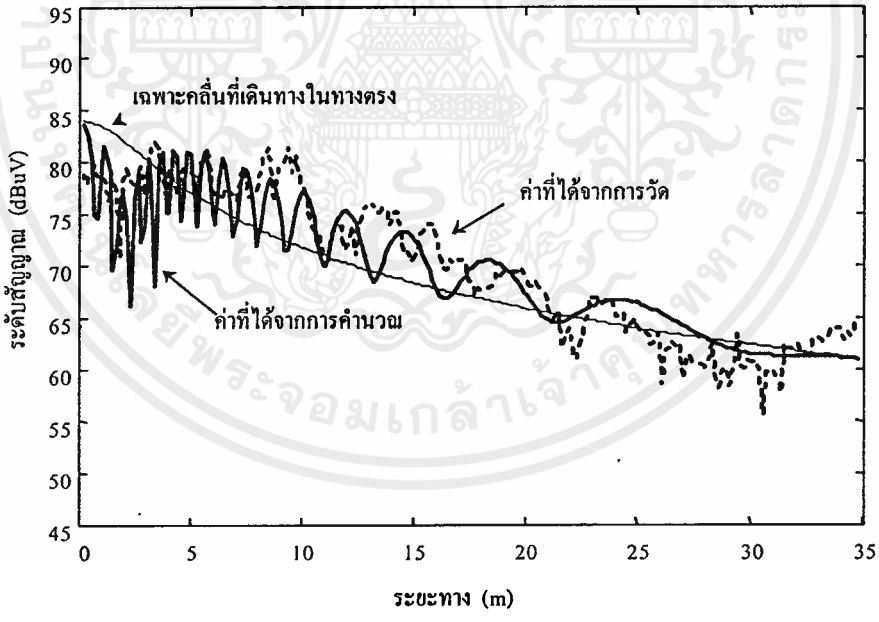
ทำการทดลองโดยใช้เครื่องเจนเนอร์เรเตอร์ของเอชพี(HP) โมเดล ESG-3000A เครื่องเจนเนอร์เรเตอร์สามารถที่กำเนิดสัญญาณรูปแบบของเฟรมข้อมูลแบบพีเอชเอส(PHS) ได้โดยการสามารถที่จะกำหนดเท่ากับเซลสเตชั่นภายในอาคารเท่ากับ 10mW จากใช้ดาต้าล็อกเกอร์วัดสัญญาณเปรียบเทียบกับสัญญาณที่วัดคำนวนโดยโปรแกรม

ซึ่งผลจากการวัดระดับของสัญญาณจากสถานที่ในแนวสายตาภายในตึกโทรคมนาคมซ้ำกันหลายๆ ค่าของระดับสัญญาณสามารถแสดงให้เห็นดังรูปที่ 5.4 ซึ่งจากค่าสัญญาณที่วัดได้จากสถานที่จริงเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับระดับของสัญญาณที่คำนวณได้จากสมการ ซึ่งแสดงให้เห็นดังรูปที่ 5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 ระดับของสัญญาณในแนวสายตา(LOS) ของตึกโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ เจ้าคุณทหารลาดกระบัง



รูปที่ 5.5 เปรียบระดับที่วัดกับสัญญาณที่ได้จากการคำนวณของสัญญาณในแนวสายตา(LOS) ของตึกโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบนมีค่าประมาณเท่ากับ $\pm$ 3.2 dB ซึ่งจะเห็นว่าค่าที่ได้สามารถที่จะยอมรับได้ ซึ่งค่าความผิดพลาดดังกล่าวอาจเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่นเฟอร์นิเจอร์ที่นำมาตกแต่งอาคาร เป็นต้น ความผิดพลาดในส่วนนี้เป็นการอยากที่จะคาดเดาได้อย่างแม่นยำเพราะว่ามีการเปลี่ยนแปลงอยู่บ่อยๆ และมีรูปแบบการจัดวางที่ไม่ค่อยแน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุป

6.1ปัญหาที่เกิดขึ้น

ปัญหาที่พบจากเกิดจากการออกแบบการวางเซลสเตชั่นภายในอาคาร เนื่องจากในบางพื้นที่ของพื้นที่จริงพื้นที่ที่เป็นกำแพงคอนกรีต ในส่วนที่เป็นประตูหรือหน้าต่างอาจมีส่วนที่เป็นส่วนของวัสดุที่เป็นไม้หรือกระจก ซึ่งส่วนนี้อาจจะทำให้เกิดความผิดผลาดระหว่างระดับสัญญาณที่ได้จากการออกแบบโปรแกรมกับระดับสัญญาณที่ได้จากการวัดในสถานที่จริง นอกจากนี้ส่วนที่มีผลกระทบต่อการคาดเดาระดับสัญญาณคือส่วนที่เป็นเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่สามารถคาดเดาได้ยาก เนื่องจากวัสดุที่นำมาใช้ทำเฟอร์นิเจอร์มีมากมายหลายชนิดซึ่งก็ส่งผลทำให้เกิดค่าความผิดผลาดระหว่างค่าที่คำนวณกับค่าที่ได้จากการวัดจริง

ปัญหาความผิดพลาดอีกอย่างหนึ่งเกิดจากการปัดเศษของเลขทศนิยมของโปรแกรม เนื่องส่วนที่แสดงผลเป็นในภาพคอนทัวร์ (Contour) แสดงผลจากตัวแปรที่เป็นอาเรย์(Array) โดยค่าที่คำนวณประจำแต่ละหลักของตัวแปรอาเรย์จะต้องเป็นจำนวนเต็ม เพื่อให้เกิดความผิดพลาดจากการปัดเศษนี้น้อยลงทำได้โดยการคำนวณระยะห่างของพื้นที่ให้น้อยลงก็จะสามารถลดความผิดพลาดจากกรณีได้ แต่จะทำให้จะต้องใช้ระยะเวลาที่ให้คอมพิวเตอร์คำนวณมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นจึงมีความเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงและจำนวนหน่วยความจำมากๆ

6.2สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบการวางตำแหน่งในเซลสเตชั่นภายในอาคาร ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้วิธีโมเดลของเรย์เทร์คซิ้ง (Ray tracing model) ซึ่งลักษณะการคาดเดาการแพร่กระจายคลื่นในวิธีการนี้ตัวแปรที่สำคัญต่อการแพร่กระจายคลื่นภายในอาคารในแนวสายตา(LOS)คือความสูงของเซล-สเตชั่น ซึ่งความสูงของเซลสเตชั่นจะถูกจำกัดด้วยความสูงระหว่างชั้นของแต่ละอาคารโดยทั่วไปจะอยู่ที่ประมาณ 3-4เมตร ซึ่งตำแหน่งของเซลสเตชั่นถ้าติดตั้งในตำแหน่งที่สูงจะทำให้การแพร่กระจายคลื่นไปได้ไกล ส่วนการแพร่กระจายคลื่นที่ไม่อยู่ในระดับสายตา(NLOS) ตัวแปรที่สำคัญต่างสัญญาณนี้คือความซับซ้อนของแต่ละอาคาร ยิ่งอาคารมีความซับซ้อนของจำนวนกำแพงหรือฉากกั้นมาเท่าใดก็ยิ่งจะทำให้การแพร่กระจายคลื่นลดลงมากตามไปด้วย หมายความการออกแบบการวางเซลสเตชั่นเพื่อให้พื้นที่ครอบคลุมทั้งอาคารความซับซ้อนของจำนวนกำแพงจะมีผลกระทบมากกว่าขนาดของตัวอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโปรแกรมที่ใช้การออกแบบการวางเซลสเตชั่นนี้สามารถที่จะนำช่วยในการออกแบบการวางตำแหน่งของเซลสเตชั่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้การออกแบบการวางเซลสเตชั่นภายในอาคารสามารถที่จะออกแบบวางเซลสเตชั่นเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ได้ทั่วถึง ออกแบบให้ใช้เซลสเตชั่นได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ คาดเดาระดับสัญญาณได้อย่างแม่นยำและใช้เวลาอันสั้นในการออกแบบการวางตำแหน่งเซลสเตชั่นทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการออกแบบการวางตำแหน่งเซลสเตชั่น

เมื่อทำการออกแบบการวางเซลสเตชั่นเรียบร้อยแล้วเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นว่าระบบที่ได้ออกแบบไปนั้นสามารถที่ใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพตรงตามที่ได้ออกแบบไว้ สามารถทำการทดสอบได้โดยการทดสอบติดตั้งเซลสเตชั่นในจุดที่ได้ออกแบบไว้ข้างต้น จากนั้นทำการวัดระดับของสัญญาณที่คำนวณได้ตรงตำแหน่งที่ระดับสัญญาณอ่อนที่สุด เพื่อตรวจดูลักษณะของการเฟดดิ้งที่เกิดจากจุดที่วางว่าการเฟดดิ้งอยู่ในระดับที่สามารถไปยอมรับได้หรือสัญญาณต้องไม่กว่าระดับแฮนด์โอเวอร์($25\ dB\mu V$) ซึ่งจะทำให้เห็นลักษณะการเฟดดิ้งของสัญญาณ ถ้าสัญญาณที่รับได้เฟดดิ้งไม่ตำแหน่งกว่าระดับของการแฮนด์โอเวอร์แสดงว่าตำแหน่งที่ออกแบบนั้นยังสามารถที่จะใช้งานได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ถวิล พึ่งมา. 2541. **ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูล่าร์.** กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[2] สหะไชย วิลาสุวรรณ. 2537. **วิธีการออกแบบระบบและเลือกตำแหน่งของเซลในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูล่า.** กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า-บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[3] ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์ พิสิฐ บุญศรีเมือง ถวิล พึ่งมา และ มนูญ สุขเกษม. 2541. **การออกแบบการวางเซลสำหรับให้บริการในพื้นที่สาธารณะในระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคล PCT.** กรุงเทพฯ:การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 21.

[4] P. Moungnoul, P. Tangtisanon, and T. Paungma. 1998. **PCT-The New Service for Digital Wireless Communication in Thailand.** Taiwan:Proc. of The 16th (1998) International Telecommunications Symposium (ITS'98).

[5] P. Moungnoul, N. Namuang, M. Sukkasem and T. Paungma. 1998. **The computation and experimental results for cell coverage regions for a PCT system.** Taiwan:Proc. of The 16 th (1998) International Telecommunications Symposium (ITS,98).

[6] P. Moungnoul, P. Tangtisanon, and T. Paungma. 1998. **Cell station design for Personal Communication Telephone.** Australia:Proc. of The 6th IEEE International Workshop on intelligent Signal Processing and Communication System (ISPACS 98).

[7] T. Paungma. 1999. **Test Result for Cell Coverage Area in Personal Communication Telephone System in Thailand.** Taiwan: Progress in Electromagnetics Research Symposium 1999 (PIERS1999).

[8] Telecom training Department-TT&D. 1997. **PCT Network Introduction.** Version 3.

[9] J.D. Parsons. 1992. **The Mobile Radio Propagation Channel.** New York: John Wiley & Sons.

[10] M. J.Feuerstein, K. L. Blackard, T. S.Rappaport, Scott Y.Seidel and H. H.Xia. 1994. **Path Loss, Delay Spread and Outage Models as Function of antenna Height for Microcellular System Design.** IEEE Trans.Vehicular. Vol.43: pp. 487-498.

[11] T. S. Rappaport. 1996. **Wireless Communications.** New York: Prentice Hall.

[12] William C.Y. Lee. 1993. **Mobile Communications Design Fundamentals.** New York: John Wiley & Sons Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[13] Howard H.Xia, Henry L.Bertoni, Leandro R.Maciel, Andrew Lindsay-Stewart and Robert Rowe. 1993 **Radio Propagation Characteristics for Line-of-Sight Microcellular and Personal Communications.** IEEE Trans Antennas and Propagation. Vol.41: pp.1439-1447.

[14] Martin V.Clark, Vinko Erceg and Larry J.Greenstein. 1997. **Reuse Efficiency in Urban Microcellular Networks** . IEEE Trans Vehicular Technology. Vol 46. No 2:pp. 279-288.

[15] S. Y. Seidel and T. S. Rappaport. 1992. **914 MHz path loss prediction models for indoor wireless communications in multifloored buildings,** IEEE Trans. Antenna & Propag. Vol. 40. No. 2: pp. 207-217.

[16] Karim Rizk, Jean-Frederic Wagan, and Fred Gardiol. 1997. **Two – Dimentional Ray – Tracing Modeling for Propagation Prediction in Microcellular Environments.** IEEE Trans. Vehicular Technology. Vol42. No 2:pp. 508-518.

[17] Reinaldo A. Valenzuela, Orlando Landron and D.L. Jacobs. 1997 **Estimating Local Mean Signal Strength of Indoor Multipath Propagation.** IEEE Trans. Vehicular Technology. Vol 46. No.1: pp. 203-211.

[18] Vittorio Degli-Esposti, Gabriele Falciasecca and Guido Riva. 1996. **Evaluation of Cellular Coverage Solutions for an Indoor DECT System Using a 3D Ray tracing Technique.** IEEE: pp. 834-838.

[19] R.P. Torres, L.Valle, M.Domingo and M.C. Diez. 1999 **CINDOOR: An Engineering Tool for Planning and Design of Wireless System in Enclosed Spaces.** IEEE Trans. Antenna & Propag. Vol. 41. No 4: pp. 11-22.

[20] Akihiro Kajiwara. 1997. **Effects of Polarization, Antenna Directivity, and Room Size on Delay Spread in LOS Indoor Radio Channel.** IEEE Trans Vehicular Technology. Vol 46. No.1 pp. 169-175.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมเชื่อมโยงการทำงานเครื่องพีเอสเฮสฟิลด์อนาไลเซอร์กับคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit FieldAnalyzer;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs, StdCtrls,
  async32,b ExtCtrls, Menus;

type
  TForm1 = class(TForm)
  Comm32: TComm32;
  Memo2: TMemo;
  CloseButton: TButton;
  ParameterEdit: TEdit;
  TransmitButton: TButton;
  ClearButton: TButton;
  Timer1: TTimer;
  Label6: TLabel;
  Bevel1: TBevel;
  AutoCheckBox: TCheckBox;
  OpenButton: TButton;
  CommandComboBox: TComboBox;
  TimeEdit: TEdit;
  Label1: TLabel;
  Label2: TLabel;
  Label3: TLabel;
  OpenDialog1: TOpenDialog:
  SaveDialog1: TSaveDialog;
  MainMenu1: TMainMenu;
  Files1: TMenuItem;
  OpenMenu: TMenuItem;
  SaveMenu: TMenuItem;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
N1: TMenuItem;
ExitMenu: TMenuItem;
HelpMenu: TMenuItem;
About1: TMenuItem;
SingleStepButton: TButton;
procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure OpenButtonClick(Sender: TObject);
procedure Comm32Open(Sender: TObject; ProviderSubType: Integer;Error: Integer);
procedure CloseButtonClick(Sender: TObject);
procedure TransmitButtonClick(Sender: TObject);
procedure ClearButtonClick(Sender: TObject);
procedure Comm32Error(Sender: TObject; Errors: Integer);
procedure Comm32Ring(Sender: TObject);
procedure Comm32RLSD(Sender: TObject);
procedure Comm32RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
procedure Comm32RxFlag(Sender: TObject);
procedure Comm32Break(Sender: TObject);
procedure Comm32CTS(Sender: TObject);
procedure Comm32DSR(Sender: TObject);
procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
procedure XOffButtonClick(Sender: TObject);
procedure XOnButtonClick(Sender: TObject);
procedure ExitMenuClick(Sender: TObject);
procedure OpenMenuClick(Sender: TObject);
procedure SaveMenuClick(Sender: TObject);
procedure About1Click(Sender: TObject);
procedure TimeEditChange(Sender: TObject);
procedure CommandComboBoxChange(Sender: TObject);
procedure SingleStepButtonClick(Sender: TObject);
procedure ParameterEditChange(Sender: TObject);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
private
    FCurrentLine: Integer;
public
    { Public declarations }
end;

var
    Form1: TForm1;

implementation

    {$R *.DFM}

const
    ONOFF: array[0..1] of string = ('Off', 'On');

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
    FCurrentLine := 0;                    //prepare receive buffer
end;
procedure TForm1.OpenButtonClick(Sender: TObject);
begin
    if Comm32.Enabled then
    CloseButton.Click;
    Comm32.Open;
end;
procedure TForm1.Comm32Open(Sender: TObject; ProviderSubType: Integer; Error: Integer);
var
    S: string;
begin
if Error <> 0 then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    begin
      Memo2.Lines.add('Error accessing device: ' + Comm32.DeviceName +' (code: ' + IntToStr
      (Error) + ')');
    end
  else
    begin
      Memo2.Lines.add('Device ready: ' + Comm32.DeviceName +' (code: ' + IntToStr(Error) +
      ')');
      Inc(FCurrentLine);
      case ProviderSubType of
      PST_FAX: S := 'FAX device';
      PST_LAT: S := 'LAT protocol';
      PST_MODEM: S := 'Modem device';
      PST_NETWORK_BRIDGE: S := 'Unspecified network bridge';
      PST_PARALLELPORT: S := 'Parallel port';
      PST_RS232: S := 'RS-232 serial port';
      PST_RS422: S := 'RS-422 port';
      PST_RS423: S := 'RS-423 port';
      PST_RS449: S := 'RS-449 port';
      PST_SCANNER: S := 'Scanner device';
      PST_TCPIP_TELNET: S := 'TCP/IP Telnet protocol';
      PST_UNSPECIFIED: S := 'Unspecified';
      PST_X25: S := 'X.25 standards';
    end;
    Memo2.Lines.add(S);
    Inc(FCurrentLine);
    end;
end;
procedure TForm1.CloseButtonClick(Sender: TObject);
begin
    Memo2.Lines.add('Closing: ' + Comm32.DeviceName);
    Comm32.Close;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Inc(FCurrentLine);
end;
procedure TForm1.Comm32Error(Sender: TObject; Errors: Integer);
begin
if (Errors and CE_BREAK > 0) then
    Memo2.Lines.add('The hardware detected a break condition.');
if (Errors and CE_DNS > 0) then
    Memo2.Lines.add('Windows 95 only: A parallel device is not selected.');
if (Errors and CE_FRAME > 0) then
    Memo2.Lines.add('The hardware detected a framing error.');
if (Errors and CE_IOE > 0) then
    Memo2.Lines.add('An I/O error occurred during communications with the device.');
if (Errors and CE_MODE > 0) then
begin
    Memo2.Lines.add('The requested mode is not supported, or the hFile parameter');
    Memo2.Lines.add('is invalid. If this value is specified, it is the only valid error.');
end;
if (Errors and CE_OOP > 0) then
    Memo2.Lines.add('Windows 95 only: A parallel device signaled that it is out of paper.');
if (Errors and CE_OVERRUN > 0) then
    Memo2.Lines.add('A character-buffer overrun has occurred. The next character is lost.');
if (Errors and CE_PTO > 0) then
    Memo2.Lines.add('Windows 95 only: A time-out occurred on a parallel device.');
if (Errors and CE_RXOVER > 0) then
    begin
        Memo2.Lines.add('An input buffer overflow has occurred. There is either no');
        Memo2.Lines.add('room in the input buffer, or a character was received after');
        Memo2.Lines.add('the end-of-file (EOF) character.');
    end;
if (Errors and CE_RXPARITY > 0) then
    Memo2.Lines.add('The hardware detected a parity error.');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if (Errors and CE_TXFULL > 0) then
    begin
        Memo2.Lines.add('The application tried to transmit a character, but the output');
        Memo2.Lines.add('buffer was full.');
    end;
end;
procedure TForm1.TransmitButtonClick(Sender: TObject);
var
S: string;
Count: Integer;
begin
    S:=CommandComboBox.Text+#$20+ParameterEdit.Text+#13+#10;
    Count:=Comm32.Write(S[1],Length(s));
    Inc(FCurrentLine);
if Count = -1 then
    Memo2.Lines.add('Error!')
else
    Memo2.Lines.add('This command :' +S);
end;
procedure TForm1.ClearButtonClick(Sender: TObject);
begin
    Memo2.Lines.Clear;
    FCurrentLine := 0;                    //prepare receive buffer
    Memo2.Lines.add('');
end;
procedure TForm1.Comm32CTS(Sender: TObject);
begin
    Memo2.Lines.add('CTS SIGNAL: ' + ONOFF[ord(Comm32.CTS)]);
end;
procedure TForm1.Comm32DSR(Sender: TObject);
begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Memo2.Lines.add('DSR SIGNAL: ' + ONOFF[ord(Comm32.DSR)]);
end;
procedure TForm1.Comm32Ring(Sender: TObject);
begin
    Memo2.Lines.add('RING SIGNAL: ' + ONOFF[ord(Comm32.Ring)]);
end;
procedure TForm1.Comm32RLSD(Sender: TObject);
begin
    Memo2.Lines.add('RLSD SIGNAL: ' + ONOFF[ord(Comm32.RLSD)]);
end;
procedure TForm1.Comm32RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
var
    Buffer: array[0..1024] of Char;
    Bytes, P: Integer;
begin
    Fillchar(Buffer, Sizeof(Buffer), 0);
    Bytes := Comm32.Read(Buffer, Count);
    if Bytes = -1 then
        Memo2.Lines.add('Error reading incoming data!')
    else
        begin
        for P := 0 to Bytes do
            case Buffer[P] of
                #10: begin
                        Memo2.Lines.add('');
                        Inc(FCurrentLine);
                    end;
                #13:;
            else
                begin
                    Memo2.Lines[FCurrentLine] := Memo2.Lines[FCurrentLine] + Buffer[P];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Memo2.Refresh;
            end;
        end;
    end;
end;
procedure TForm1.Comm32RxFlag(Sender: TObject);
begin
    Memo2.Lines.add('RXFLAG SIGNAL');
end;
procedure TForm1.Comm32Break(Sender: TObject);
begin
    Memo2.Lines.add('BREAK SIGNAL');
end;
procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
var
    SS: string;
begin
Label6.Visible := not Label6.Visible;
    if AutoCheckBox.Checked then
        SS := 'MDA'+ #13+#10;
        Comm32.Write(SS[1], Length(SS));
    end;
procedure TForm1.XOffButtonClick(Sender: TObject);
begin
    Comm32.XON(false);
end;
procedure TForm1.XOnButtonClick(Sender: TObject);
begin
    Comm32.XON(true);
end;
procedure TForm1.OpenMenuClick(Sender: TObject);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
begin
    Opendialog1.Execute;
    Memo2.Lines.LoadFromFile(Opendialog1.FileName);
end;
procedure TForm1.SaveMenuClick(Sender: TObject);
begin
    SaveDialog1.Execute;
    Memo2.Lines.SaveToFile(SaveDialog1.Filename);
end;
procedure TForm1.ExitMenuClick(Sender: TObject);
begin
    Close;
end;
procedure TForm1.About1Click(Sender: TObject);
begin
    ShowMessage('This program used to PSH Filed Analyzer');
end;
procedure TForm1.TimeEditChange(Sender: TObject);
var
    Itime:Integer;
    Stime:string;
begin
    Itime:=Strtoint(TimeEdit.Text);
    Timer1.Interval:=Itime;
end;
procedure TForm1.CommandComboBoxChange(Sender: TObject);
begin
    CommandComboBox.ItemIndex;
end;
procedure TForm1.ParameterEditChange(Sender: TObject);
begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ParameterEdit.Text;
end;
procedure TForm1.SingleStepButtonClick(Sender: TObject);
var
    SS:String;
begin
    SS := 'MDA'+ #13+#10;
    Comm32.Write(SS[1], Length(SS));
end;

end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

โปรแกรมแอสเซมบลี้(Aesemby) เครื่องควบคลุมการทำงานและรับข้อมูลจาก เครื่องพีเอสเฮสฟิลด์อนาไลเซอร์(PHS Field Analyzer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;#########################################################################;
;##########  PROGRAM BY TELACOMMUNICATION ENGINEERING  ############;
;######  KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKABANG  ########;
;################      Creative by Mr. PISIT BOONSRIMUANG      ################;
;#########################################################################;
KEY1            EQU   P1.0
KEY2            EQU   P1.1
KEY3            EQU   P1.2
EN_COMPUTER     EQU   P1.6
EN_ANALYZER     EQU   P1.7
TRIGER          EQU   P3.2
COMM_LCD        EQU   0FA00H
BUSY_LCD        EQU   0FA01H
WR_LCD          EQU   0FA02H
RD_LCD          EQU   0FA03H
KEY             EQU   20H
DATA_TO_LCD     EQU   21H
TIME_TRIG       EQU   22H
INDEX_MODE      EQU   23H
REC_DATA        EQU   30H

        ORG   0000H
        JMP   START

        ORG   000BH
        JMP   MAIN_TF0

        ORG   0023H
        JMP   RXTX_INT

        ORG   0050H
START:  MOV   SP,#08H          ; MOVE STACK
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
_INIT_TF0:      SETB   EA                ;EXTERNAL INTERUPT
                ORL    TMOD,#01H        ;SET TIMER 0,MODE2
                MOV    TH0,#0H
                MOV    TL0,#0H
                SETB   ET0              ;ENABLE INTERUPT TIMER 0
                SETB   TR0
INIT_TXRX:      SETB   EA
                MOV    PCON,#80H        ;SMOD=1
                MOV      SCON,#50H      ;SERIAL MODE1 ,NOT
                                         RB8 ,RECIEVE ENABLE
                ORL    TMOD,#20H        ;SET TIMER1 ,MODE2
                MOV    TL1,#0FAH        ;(AUTO RELOAD)
                MOV    TH1,#0FAH        ;BUARD RATE 9600(TH1=FA)
                SETB   TR1              ;ON TIMER 1 ,MODE2
_INI_PORT:
                CLR    EN_COMPUTER
                SETB   EN_ANALYZER
_INIT_RAM:
                MOV    KEY,#0H
                MOV    TIME_TRIG,#0H
                MOV    INDEX_MODE,#01H

MAIN:
                CALL   FUNC_LCD
                CALL   ENT_MODE_LCD
                CALL   ON_LCD
                CALL   OFF_CURSOR
                CALL   CLEAR_LCD
                CALL   LINE1_LCD
                MOV    DPTR,#POWER_ON1
                CALL   WRITE_16CHAR
                CALL   LINE2_LCD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV   DPTR,#POWER_ON2
                CALL  WRITE_16CHAR
                CALL  LINE3_LCD
                MOV   DPTR,#POWER_ON3
                CALL  WRITE_16CHAR
                CALL  LINE4_LCD
                MOV   DPTR,#POWER_ON4
                CALL  WRITE_16CHAR
LOOP_MAIN:
                MOV   A,KEY
                CJNE  A,#01H,_JMP_MODE1
                MOV   A,INDEX_MODE
                CJNE  A,#01H,_M_MODE1
                MOV   INDEX_MODE,#02H
                CALL  LINE2_LCD
                MOV   A,#' '
                CALL  WRITE_CHAR
                CALL  LINE3_LCD
                MOV   A,#'>'
                CALL  WRITE_CHAR
                JMP   _MAIN_END
_M_MODE1:
                CJNE  A,#02H,_M_MODE2
                MOV   INDEX_MODE,#03H
                CALL  LINE3_LCD
                MOV   A,#' '
                CALL  WRITE_CHAR
                CALL  LINE4_LCD
                MOV   A,#'>'
                CALL  WRITE_CHAR
                JMP   _MAIN_END
_M_MODE2:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE   A,#03H,_M_MODE3
                MOV    INDEX_MODE,#01H
                CALL   LINE4_LCD
                MOV    A,#' '
                CALL   WRITE_CHAR
                CALL   LINE2_LCD
                MOV    A,#'>'
                CALL   WRITE_CHAR
                JMP    _MAIN_END
_M_MODE3:
_JMP_MODE1:
                CJNE   A,#03H,_MAIN_END
                MOV    A,INDEX_MODE
                CJNE   A,#01H,_GOTO_M1
                JMP    SETUP_MODE
_GOTO_M1:
                CJNE   A,#02H,_GOTO_M2
                JMP    AUTO_MODE
_GOTO_M2:
                CJNE   A,#03H,_GOTO_M3
                JMP    AUTO_MODE
_MAIN_END:
                CALL   DELAY_250mS
                MOV    KEY,#0H
_GOTO_M3:
                JMP    MAIN
SETUP_MODE:
                CALL   DELAY_250mS
                MOV    KEY,#0H
                CALL   CLEAR_LCD
                CALL   LINE1_LCD
                MOV    DPTR,#SETUP_MODE1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL  WRITE_16CHAR
LOOP_SETUP:
                MOV   DATA_TO_LCD,#0CBH
                CALL  SET_DDRAM_LCD
                MOV   A,TIME_TRIG
                ANL   A,#0F0H
                SWAP  A
                ORL   A,#30H
                CALL  WRITE_CHAR
                MOV   DATA_TO_LCD,#0CDH
                CALL  SET_DDRAM_LCD
                MOV   A,TIME_TRIG
                ANL   A,#0FH
                ORL   A,#30H
                CALL  WRITE_CHAR
                MOV   A,KEY
                CJNE  A,#01H,_SETUP_K1
                INC   TIME_TRIG
                MOV   A,TIME_TRIG
                DA    A
                MOV   TIME_TRIG,A
                CALL  DELAY_250mS
                MOV   KEY,#0H
                JMP   SETUP_MODE_END
_SETUP_K1:
                CJNE  A,#02H,_SETUP_K2
                CALL  DELAY_250mS
                MOV   KEY,#0H
                JMP   MAIN
_SETUP_K2:
SETUP_MODE_END:
                JMP   LOOP_AUTO
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SETUP_MODE1:    DB    "OperateSetupMode"
SETUP_MODE2:    DB    "Setup Time x.xmS"
AUTO_MODE:
                CALL  DELAY_250mS
                MOV   KEY,#0H
                CALL  CLEAR_LCD
                CALL  LINE1_LCD
                MOV   DPTR,#AUTO_MODE1
                CALL  WRITE_16CHAR
LOOP_AUTO:
                CALL  LINE2_LCD
                MOV   DPTR,#TRIG_MODE2
                CALL  WRITE_16CHAR
                CLR   ES
                CLR   EN_ANALYZER
                SETB  EN_COMPUTER
                MOV   A,#4CH
                MOV   SBUF,A
                JNB   TI,$
                CLR   TI
                MOV   A,#44H
                MOV   SBUF,A
                JNB   TI,$
                CLR   TI
                MOV   A,#41H
                MOV   SBUF,A
                JNB   TI,$
                CLR   TI
                MOV   A,#13D
                MOV   SBUF,A
                JNB   TI,$
                CLR   TI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV   A,#10D
                MOV   SBUF,A
                JNB   TI,$
                CLR   TI
                SETB  ES
                CALL  LINE2_LCD
                MOV   DPTR,#TRIG_MODE3
                CALL  WRITE_16CHAR
                MOV   R0,TIME_TRIG
_T_AUTO:
                CALL  DELAY_10mS
                DJNZ  R0,_T_AUTO
                MOV   A,KEY
                CJNE  A,#02H,AUTO_MODE_END
                MOV   KEY,#0H
                CALL  DELAY_250mS
                JMP   MAIN
AUTO_MODE_END:
                JMP   LOOP_AUTO
AUTO_MODE1:     DB    "Operate AutoMode"
TRIG_MODE:
                CALL  DELAY_250mS
                MOV   KEY,#0H
                CALL  CLEAR_LCD
                CALL  LINE1_LCD
                MOV   DPTR,#TRIG_MODE1
                CALL  WRITE_16CHAR
LOOP_TRIG:
                JB    TRIGER,_DRILECT
                CALL  LINE2_LCD
                MOV   DPTR,#TRIG_MODE2
                CALL  WRITE_16CHAR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CLR   ES
CLR   EN_ANALYZER
SETB  EN_COMPUTER
MOV   A,#4CH
MOV   SBUF,A
JNB   TI,$
CLR   TI
MOV   A,#44H
MOV   SBUF,A
JNB   TI,$
CLR   TI
MOV   A,#41H
MOV   SBUF,A
JNB   TI,$
CLR   TI
MOV   A,#13D
MOV   SBUF,A
JNB   TI,$
CLR   TI
MOV   A,#10D
MOV   SBUF,A
JNB   TI,$
CLR   TI
SETB  ES
CALL  DELAY_250mS
JNB   TRIGER,$
CALL  LINE2_LCD
MOV   DPTR,#TRIG_MODE3
CALL  WRITE_16CHAR
_DRILECT:
MOV   A,KEY
CJNE  A,#02H,TRIG_MODE_END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL  DELAY_250mS
                MOV   KEY,#0H
                JMP   MAIN
TRIG_MODE_END:
                JMP   LOOP_TRIG
TRIG_MODE1:     DB    "Operate TrigMode"
TRIG_MODE2:     DB    "  Triging    "
TRIG_MODE3:     DB    "  Holding    "
TRIG_MODE4:     DB    "             "
MAIN_TF0:
                JB    KEY1,_SKEY1
                MOV   KEY,#01H
                JMP   _SKEY_E
_SKEY1:
                JB    KEY2,_SKEY2
                MOV   KEY,#02H
                JMP   _SKEY_E
_SKEY2:
                JB    KEY3,_SKEY_E
                MOV   KEY,#03H
_SKEY_E:
                RETI
RXTX_INT:
                PUSH  ACC
                PUSH  DPH
                PUSH  DPL
                CLR   TR0
                CLR   EA
                MOV   R1,#REC_DATA
_L_RXTX:
                JNB   RI,$                ;Waiting prompt
                MOV   A,SBUF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     @R1,A
                INC     R1
                CLR     RI                      ;Clear Interupt By Software
                CJNE    A,#0AH,_L_RXTX          ;0DH = ENTER
                SETB    EA
                SETB    TR0
                SETB    EN_ANALYZER
                CLR     EN_COMPUTER
                POP     DPL
                POP     DPH
                POP     ACC
                RETI
POWER_ON1:      DB      " Field Analyzer "
POWER_ON2:      DB      ">Setup Mechanism"
POWER_ON3:      DB      " Auto Measure   "
POWER_ON4:      DB      " Trig Measure   "
                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

คำสั่งของพีเอสเฮสฟิลด์อนาไลเซอร์(PHS Filed Analyzer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Basic Control Command

MMO	p1	Selects the measurement mode.
CNO	p1	Sets the carrier number.
ATT	p1	Sets the RF attenuator on/off.
CON	p1	Sets the contrast.
DTE	p1 - p6	Sets the date and time.
MDT		Recalls date and time of measurement.
BEP	p1	Sets the beeper.
TIM	p1	Sets the auto power-off.
BAT		Outputs battery voltage.
OFS	P	Sets the offset level.
BLT	p1	Backlight on/off.
PRE	p1[,p2l	Recalls/stores preset conditions.
DAT	p1[,p2]	Recalls/stores measurement data.
TIT	p1	Sets the title.
CMT	p1 [,p2]	Sets the carrier type and comment.
MST	p1	Starts/stops measurement.
GLT	Cancels remote control mode.	
MDA		Outputs measurement data.

Spectrum Measurement Command

SAR		Executes picture search.
MLV		Outputs level of center carrier number.

Cell Station Measurement Command

MTI	p1	Sets the measurement period.
CSC	p1	Copies CS-ID of specified number.
CSS	p1	Sets the numerical value of CS-ID.
DEC	p1	Selects the decimal/hexadecimal display for CS-ID.
ALM	p1	Sets the alarm level.
FISL	p1	Displays specified page (MULTI mode only).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX p1 Selects the measurement data calculation method (SINGLE mode only).

Connection Test Command

PSS p1 Sets the PS-ID.

Details on Command

(1) Basic Command

MMO p1

Sets the measurement mode.

p1 : 0 SPECTRUM WIDE

: 1 SPECTRUM NARROW 2

: 2 CS-TRACE:MULTI

: 3 CS-TRACE:SINGLE

: 4 PS-TEST

: ? Reads setting status in measurement mode.

CNO p1

Sets the carrier number.

p1 : 1-77

: ? Reads setting status.

ATT p1

Sets the RF attenuator.

p1 : 0 Attenuator off

: 1 Attenuator on

: ? Reads setting status.

CCN p1

Sets the contrast

p1 : 0 20 to 20 (- for thinner. + for darker)

: ? Reads setting status.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DTE p1 - p6

Sets the date and time

p1 Year

: ? Reads setting status. (p2 through p6 are not required.)

p2 : Month

p3 : Date

p4 : Hour (24-hour system)

p5 : Minute

p6 : Second

MDT Output date and time of measurement

- Example: November 20,1994,1:3:25 pm

  "MDT 1994,11,20,13.3,25"

- The date and time of measurement are output when recalling data.

BEP p1

Sets the beeper on/off.

p1 : 0 Beeper off

: 1 Beeper on

: ? Reads setting status.

TIM p1

Sets the auto power-off on/off.

p1 : 0 Auto power-off off

:1 Auto power-off on

: 2 Auto power-off [off]

: ? Reads setting status.

BAT Outputs battery voltage in volts.

Example: "BAT 12.1'

OFS p1

Sets the offset level

p1 : -9.9to9.9

: ? Reads setting status.

BLT p1

Sets the backlight on/off

p1 : 0 Backlight off

: 1 Backlight on

: ? Reads setting status.

PRE p1[,p2l

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Recalls/stores preset conditions.

p1 : 0 – 49 Specifies preset number.

: ? Displays remaining memory in %. (p2 is not required.)

p2 : 0 Selects the recall.

: I Selects the store.

: 2 Selects the clear.

: ? Checks the number specified by p1 for store-enable/disable, and reads the result.

* Output example (in case of p1 is 5)

"PRE 5, O<CR+LF>"(Store enable)

"PRE 5, 1<CR+LF>"(Stored)

DAT p1[,p2]

Recalls/stores measurement data.

p1 :O – 999 Specifies data number.

: - Terminate data recall.

: ? Shows remaining memory capacity. (p2 is not required.)

p2 : Selects the recall.

: 1 Selects the store.

: 2 Selects the clear.

: ? Checks the number specified by p1 for store-enable/disable, and reads the result.

* Output example (in case of p1 is 25)

"PRE 25, O<CR+LF>"(Store enable)

"PRE25, 1<CR+LF>"(Stored)

TIT p1

Sets the title.

p1 : Up to 10 ASCII characters.

: ? Reads setting status.

* Clears without parameter.

CMT p1[,p2]

Sets the carrier type and comment.

p1 :1 – 77 Specifies carrier number to be set.

p2 : Up to 1 0 ASCII characters.

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

: ? Reads setting status.

* Clears without parameter.

MST p1

Starts/stops measurement.

p1 :O Starts measurement

:1 Stops measurement

:2 Continuous measurement

: ? Reads setting status.

Measurement continues during the preset period, then the termination message is output.

Termination message "MED<CR+LF>"

In the continuous measurement mode, it continues until termination command is received.

- The continuous measurement mode is disabled in the PS-TEST mode.
- The continuous measurement mode is disabled in the CS-TRACE CCH mode.
- The continuous measurement mode is disabled in the PS-TEST:HANDOVER mode.

GLT

Cancels remote control mode.

MDA

Outputs measurement data. The data depends on the measurement mode.

[Spectrum Mode]

There are 77 data for the WIDE measurement mode and 1 1 data for NARROW measurement mode. Each data consists of the carrier number and measurement value, and is delimited by <CR+LF>. The <EOF>(1 AH) is output at the end.

Output example

"1,36.3<CR+LF>"

"2,36.3<CR+LF>"

"3,35.3<CR+LF>"

"4,35.3<CR+LF>"

"76,35.2<CR+LF>"

"77,35.1<CR+LF>"

"<EOF>"

Spectrum Slot Measurement Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Each data consists of one line of trigger information and 77 data, and is delimited by <CR+LF>.

The <EOF>(l AH) is output at the end.

The trigger information consisting of carrier number, CS-ID, absolute CS slot is output.

The data consisting of carrier number, and measurement values of slot 1, 2, 3, and 4 are output

"77,819C08AA20,0<CR+LF>"

"1,<O, 0,<O,<O<CR+LF>"

"2, < 0, < 0, < 0, < O<CR+LF>"

"3, < 0, < 0, < 0, < O<CR+LF>"

"4, < 0, < 0, < 0, < O<CR+LF>"

"76, 19.7, 2.1, 2. 1, < O<CR+LF>"

"77, 40.7, 54.7, 41.4, 1. I <CR +LF>"

"<EOF>"

[Cell Station Measurement Mode]

MULTI Measurement Mode

Each data consists of CS-ID and measurement value, and is delimited by <CR+LF>. The <EOF> (l AH) is output at the end.

* Output example

"819COE85CO0,45.7<CR+LF>"

"819COEB0430,42.9<CR+LF>"

"819CI 383430,39. 1 <CR+LF>"

"819Cl 381630,36.1 <CR+LF>"

"819COE82030,24.9<CR+LF>"

"819CO800830,23.5<CR+LF>"

"<EOF>"

[Connection Test Mode]

PS-TEST

Outputs measurement results.

Each data consists of total judgment value, PS-to-CS judgment value, CS-to-PS judgment value, reject reason code, and CS-ID.

Judgment value:

O=NG

I =OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Output example

"1, 1,1,-,8080CDO01 68<CR+LF>"

PS-TEST:HANDOVER

Each data consists of one line of frame error rate and up to 1 000 slots of measurement data, and is delimited by <CR+LF>. The <EOF>(l AH) is output at the end. The measurement data depends on TIME/LEVEL setting.

(2) Spectrum Measurement Command

SAR

Executes picture search and sets center carrier number to the carrier with peak level.

MLV

Outputs measurement level of center carrier number.

SSL p1

(Enables in SLOT only)

Sets the slot to output picture search and marker level.

p1	:I	slot 1
	: 2	Slot 2
	: 3	Slot 3
	: 4	Slot 4
	: ?	Reads setting value.

LNK p1

(Enables in SLOT only)

Selects the downlink/uplink of slot

p1	: 1	Level of downlink only
	: 2	Level of uplink only
	: 3	Larger level of downlink or uplink
	: ?	Reads setting value.

(3) Cell Station Measurement Command

MTI p1

Sets the measurement period.

p1	: 0 – 10	1 step (sec)
	: ?	Reads setting value.

* The measurement period cannot be set in the following status.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Measurement mode: TIME, burst signal monitoring function off CCH

CSC P1

This command copies specified CS-ID in the CS-ID list measured by CS-TRACE-.MULTI mode.and set it to the CS-ID used in the CS-TRACE:SINGLE mode.

p1 : 1 - 80

CSS p1

Sets the numerical value of CS-ID used in the CS-TRACE:SINGLE.

p1 : 11 digits in hexadecimal (current display is in hexadecimal)

: 9 digits in decimal (current display is in decimal) Reads setting status.

* This command is used to set CS-ID in CCH mode.

DEC p1

Sets the CS-ID Display in dedimal or hexadecimal.

p1 : Displays in hexadecimal.

p1 : 1 Displays in decimal.

p1 : ? Reads setting status.

ALM p1

Sets the alarm level in dBμV'

p1 : 0-85

p1 : ? Reads setting status.

PSL p 1

(Enables in MULTI mode only)

Displays measurement data of the page specified by p1

p1 :1 - 10

: 1 - 12 (CCH only)

• This command can be used in the following status.

Measurement mode: TIME. burst signal monitoring function on CCH, hold

• This command can be used in the following status.

Measurement mode: HANDOVER in PS-TEST mode

MAX p1

(Enables in SINGLE mode only)

Sets the measurement data calculation method.

p1 . 0 Displays maximum value. (MAX)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

: 1 Displays average value. (AVE)

: 2 Displays minimum value. (MIN)

(4) CS Transmission Timing measurement Command

T/L p1

Selects the measurement time or level in the following status.

Measurement Mode:TIME

Burst display: Off.

P1 : 0 Displays time.

: 1 Displays level.

: ? Reads setting value.

TRC p1

Copies specified CS-ID number in the CS-ID list for trigger station in the following status.

Measurement Mode: TIME

Burst display: Off.

p1 :1 - 80

: ? Outputs number of CS-ID measured.

DVW p1

Sets the burst signal display mode on/off in the TIME mode.

p1 : 0 off

: 1 On

: ? Reads setting value.

MKR p1

Sets the marker position in the TIME mode.

Measurement Mode: TIME

Burst display : On

p1 : 1 - 87

: ? Reads setting value.

- Parameters 1 through 3 cannot be set when delay time is 0 Ms.
- When the time base is 0.625 ms/div (MS/=O), fractions are rounded off for an even number.

MTL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้

Outputs time from 0-div axis and level at the marked point, and CS-ID.

DLY p1

Indicates the delay time in the following status.

Measurement mode: TIME, burst signal monitoring function

p1	:	0 – 199	5 Ms steps	(Time base: 0.625 ms/div [MS/=O])
p1	:	0 – 99	10 Ms steps	(Time base: 1.25 ms/div [MSI=11)
p1	:	0 – 49	20 Ms steps	(Time base: 2.50 ms/div [MS/=2])
p1	:	0 – 24	40 Ms steps	(Time base: 5.00 ms/div [MSI=31)
p1	:	0 – 12	80 Ms steps	(Time base: 10.00 ms/div [MS/=4])
p1	:	0 – 6	160 Ms steps	(Time base-. 20.00 ms/div [MS/=51)
p1	':	0 – 3	320 Ms steps	(Time base: 40.00 ms/div [MSI=6])
	: ?		Reads setting value.	

(5) Connection Test Command

PSS p1

Sets the -num rical value of PS-ID.

p1	:	9 digits in decimal number
	: ?	Reads setting status.

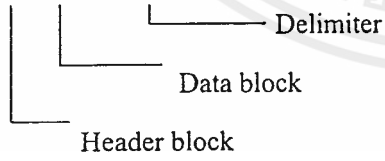
This command is used to set PS-ID in CCH measurement mode.

Transferring Error Information

The error information is output when error occurs in the LF 961.

Example

ERR 1 <CR+LF>



(1) Header Block

ERR: The ASCII code to indicate error.

(2) Data Block

Data to indicate error contents.

1 : RS-232C communication error.

2 : Unreadable command is input.

3 : Unusable command is input.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 : The parameter is incorrect.

(3) Delimiter

<CR+LF>(ODH, OAH' is used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

คำสั่งของโปรแกรมออกแบบการวางเซลสเตชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$x := 0..area_x \qquad y := 0..area_y$

$$D_{x,y} := 1\sqrt{[x - (cell_x + 0.000000)]^2 + [y - (cell_y + 0.000000)]^2}$$

$$Drefl_{x,y} := \frac{Ht + Hr}{\sin\left(\operatorname{atan}\left(\frac{Ht + Hr}{|D_{x,y}|}\right)\right)} \qquad Ddir_{x,y} := \frac{Ht - Hr}{\sin\left(\operatorname{atan}\left(\frac{Ht - Hr}{|D_{x,y}|}\right)\right)}$$

$$\alpha_{x,y} := \operatorname{atan}\left(\frac{Ht + Hr}{|D_{x,y}|}\right)$$

$$a := \frac{1}{\varepsilon} \qquad \theta_{x,y} := \frac{\pi}{2} - \alpha_{x,y}$$

$$\Gamma_{x,y} := \frac{\cos(\theta_{x,y}) - a\sqrt{\varepsilon - (\sin(\theta_{x,y}))^2}}{\cos(\theta_{x,y}) + a\sqrt{\varepsilon - (\sin(\theta_{x,y}))^2}}$$

$$Pr_{x,y} := Pt\cdot\left(\frac{\lambda}{4\cdot\pi}\right)^2\cdot\left[\left|\frac{1}{Ddir_{x,y}}\cdot\exp\left[-\left(\frac{2\cdot\pi}{\lambda}\,Ddir_{x,y}\,i\right)\right] + \Gamma_{x,y}\cdot\frac{1}{Drefl_{x,y}}\cdot\exp\left[-\left(\frac{2\cdot\pi}{\lambda}\,Drefl_{x,y}\,i\right)\right]\right|\right]^2$$

$$Pn_{x,y} := Pt\cdot\left(\frac{\lambda}{4\cdot\pi}\right)^2\cdot\left[\left|\frac{1}{Ddir_{x,y}}\cdot\exp\left[-\left(\frac{2\cdot\pi}{\lambda}\,Ddir_{x,y}\,i\right)\right]\right|\right]^2$$

$$Pr_w_{x,y} := 10\cdot\log(Pr_{x,y}) + Gt + Gr$$

$$Prr_{x,y} := 10^{\left(\frac{Pr_w_{x,y}}{10}\right)}$$

$$Pr_uV_{x,y} := 20\cdot\left(\log\left(\frac{\sqrt{Prr_{x,y}\cdot\eta}}{10^{-6}}\right)\right)$$

$$wall_horizontal(x1, x2, y) := \begin{cases} wall_hor_left(x1, x2, y) & \text{if } x2 < cell_x \\ wall_hor_right(x1, x2, y) & \text{if } x1 > cell_x \end{cases}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{wall_hor12}(x1, x2, y) := \left|\begin{array}{l} \alpha 12 \leftarrow \operatorname{atan}\left(\dfrac{\text{cell_y} - y}{x1 - \text{cell_x}}\right) \\ \alpha 12H \leftarrow \operatorname{atan}\left(\dfrac{\text{cell_y} - y}{x2 - \text{cell_x}}\right) \\ \text{for } i \in 0..\text{area_x} \\ \quad \text{for } j \in 0..\text{area_y} \\ \quad\quad M_{i,j} \leftarrow 0 \\ \text{for } j \in 0..y \\ \quad \text{for } i \in \operatorname{floor}\left(\text{cell_x} + \dfrac{\text{cell_y} - j}{\tan(\alpha 12)}\right)..\operatorname{floor}\left(\text{cell_x} + \dfrac{\text{cell_y} - j}{\tan(\alpha 12H)}\right) \\ \quad\quad M_{i,j} \leftarrow 1 \text{ if } i \geq 0 \\ \text{for } i \in 0..\text{area_x} \\ \quad \text{for } j \in 0..\text{area_y} \\ \quad\quad N_{i,j} \leftarrow M_{i,j} \\ N \end{array}\right.$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

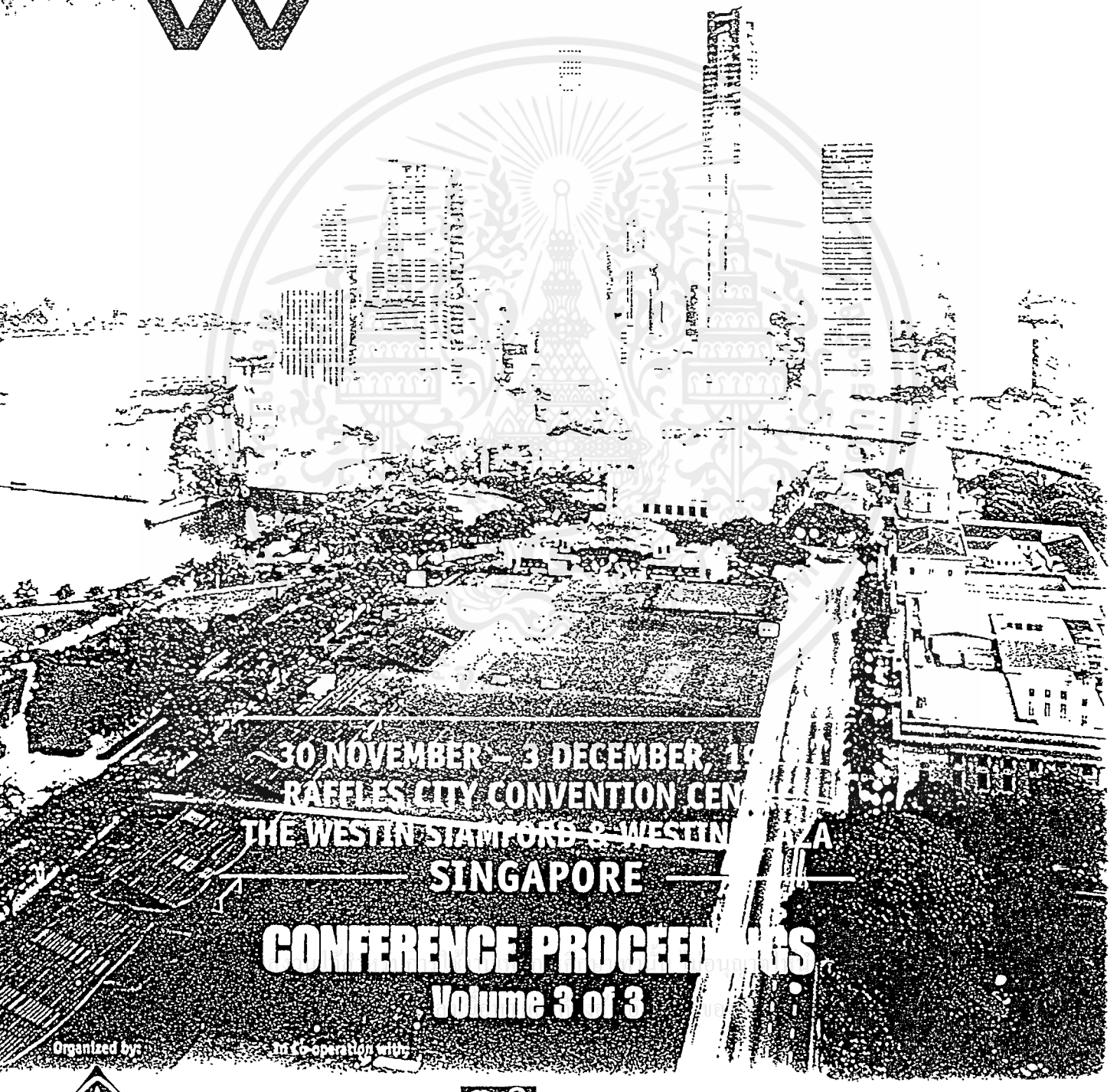
ผลงานวิจัยในระหว่างการศึกษาที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1999 ASIA PACIFIC MICROWAVE CONFERENCE

APMC '99

Microwaves Enter the 21st Century



30 NOVEMBER – 3 DECEMBER 1

RAFFLES CITY CONVENTION CEN

THE WESTIN STAMFORD & WESTIN PLAZA

SINGAPORE

CONFERENCE PROCEEDINGS

Volume 3 of 3

Organized by:

In Co-operation with:

IEEE

MTTS

IME SINGAPORE

INTRA BUILDING CELL STATIONS PLACEMENT PREDICTION MODEL FOR PERSONAL COMMUNICATION TELEPHONE (PCT) SYSTEM IN 1.9GHZ BAND

T. Paungma, P. Moungnoul, P. Boonsrimuang

Faculty of Engineering and Research Center for Communication and Information Technology
King Mongkut 's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand
Fax: +662 326 9965 E-mail : tawilp@telelan.telecom.eng.kmitl.ac.th

ABSTRACT

This paper presents the appropriate indoor cell stations layout of Personal Communication Telephone (PCT) system in Thailand. This layout designs for rather big and very big buuildings which base on frequency reuse technique for each floors by considering vertical and horizontal wave propagation. Cell stations were installed for modeling at the Telecommunication Building, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. By virtue of computer technology and employing propagation loss factors in the establishment of the equation, the measured signal levels were then compared with theoretical signal levels. The outcome of the verification was satisfactory. The results will be used as guide line in designing indoor cell stations layout to improve the quality of performance of the PCT system.

I. INTRODUCTION

A new personal wireless telephone service known as PCT (Personal Communication Telephone) was provided in Thailand by Telecom Asia Co., Ltd. (TA), a concessionaire under the Telephone Organization of Thailand (TOT). TA is carrying out a field trial of PCT technology from December 1997 to June 1999, providing service to 100,000 subscribers with the installation of 80,000 outdoor stations and a targeted 100,000 indoor stations which is now in its first phase of installation.

The PCT network[1] provides service over the existing wire line telephone network. There are two network categories: external public area network and intra building network. The efficiency of both networks depend on the coverage to the service area that the layout of cell stations (CS) can provide: Due to the fact that CS's in the PCT system are nanocell technology, with very low output power. The external CS's are not capable of providing coverage inside the building.

To achieve the highest efficiency, it is essential to allocate the internal CS's placement[2-5]. However, the methology of designing the CS's layout for internal and external coverage is entirely different. This is due to the environmental condition of the building interior, which consist of walls, floors and furniture that attenuate the propagation waves. Therefore, certain factors such as interference and fading should be taken into account such that C/I is better than 6 dB with fading not more than 10 dB which are standard for PCT. In the case that the measured values did not comply with that aforementioned the CS's have to be relocated.

II. INTRA BUILDING CELL STATION PLACEMENT DESIGN

Intra building cell stations installation planning is categorized into 4 types[2] according to the size of the building.

A) Groups of small buildings.
B) Medium size buildings.
C) Rather big size buildings.
D) Very big size buildings.

A. GROUPS OF SMALL BUILDINGS

Cell stations can be installed outside to cover the whole building area. The equation will be:

$$L_p(r) = L_r(r_0)\left(\frac{r}{r_o}\right)^{\alpha_1} L_B(r_0)\left(\frac{r}{r_o}\right)^{\alpha_2} A_F \qquad (2.1)$$

Where

$L_r(r_0)$ = propagation path loss attenuation at distance $r=r_0$
$L_B(r_0)$ = building attenuation at $r=r_0$
α_1 = attenuation factor of the propagation path loss with respect to distance
α_2 = building attenuation factor
A_F = building penetration loss

B. MEDIUM SIZE BUILDINGS

Installation of only one cell station to cover every room inside the building according to equation.

$$L_p(r) = L_r(r_0)\left(\frac{r}{r_o}\right)^{\alpha_P} \qquad (2.2)$$

α_p = 2-3, while the transmitter and the terminal are located on the same floor.
$\alpha_p = \geq 3$,while they are located on the different floors.

การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0-7803-5761-2/99/$10.00 © 1999 IEEE

C. RATHER BIG SIZE BUILDINGS

Installation of cell stations on each floor of the building according to attenuation equation are as follow.

$$L_p(r) = 20\log\left(\frac{4\pi r}{\lambda}\right) + a(AF_{w1}) + b(AF_{w2}) + c(AF_{w3}) + d(AF_f) \quad (2.3)$$

$$P_r = P_t + G_t + G_r - \{20\log\left(\frac{4\pi r}{\lambda}\right) + a(AF_{w1}) + b(AF_{w2}) + c(AF_{w3}) + d(AF_f)\} \quad (2.4)$$

Where

R = distance
λ = wavelength of utilized frequency
P_t = transmit power of cell station
P_r = receive power of personal station
G_t, G_r = rate of extension of PCT and cell station
$AF_{w1,2,3}$ = factor of wall attenuation of 1,2,3 walls, respectively
AF_{wf} = factor of floor attenuation
d = number of floors

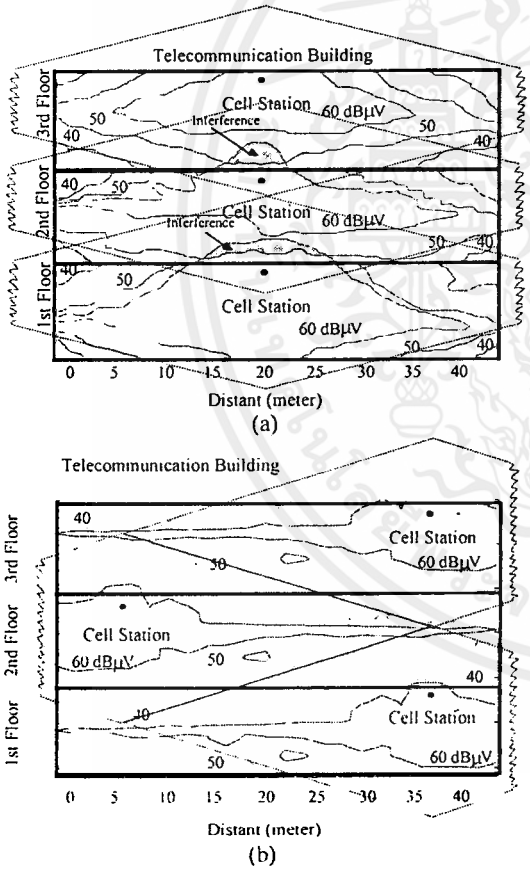


Fig.1 Installation of indoor cell station for experiment in the Telecommunication Building.
(a) Installation of indoor cell station in the corridor on each floor of the Building
(b) Alternatively offsetting installation of indoor cell station on each floor in the Building

D. VERY BIG SIZE BUILDINGS

Installation of multiple cell stations on each floor in big rooms. The number of cell stations should depend on the size and usage quantity of each room by applying equation 2.4.

III. EXPERIMENTAL RESULTS

The Telecommunication Building, Faculty of Engineering KMITL was chosen for simulation, the construction of building was 20 X 44 X 12 metre, had 3 floors and rather big. One cell station was installed on each floor. They were initially installed in the central position of each floor. Fig. 1(a) shows the interference amongst the cell stations on each floor, the cell stations are subsequently installed in an alternatively offsetting pattern in order to reduce interference as showed in Fig.1(b).

The test of measuring signal by NEC - CP6H3E1-2A can assume that the vertical propagation pattern look like rectangular like the 2nd illustration. This model divides propagation to LOS and NLOS[6]. The propagation in LOS area will spread without any obstruction, but NLOS area will spread with the lower obstruction which is the floor and the lower and upper floor as ceiling.

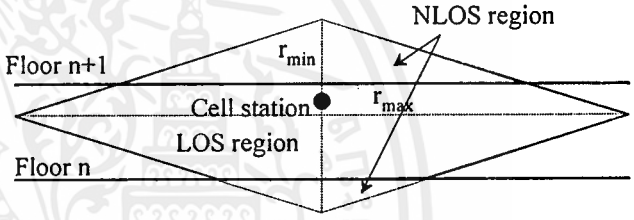


Fig 2. The model of cell station in each floor of building

From this model which can apply to cell station design in high building which has many floors. To set vertical cells which have 8-neighbor cells surrounded, which appropriate for very high building but not too wide.

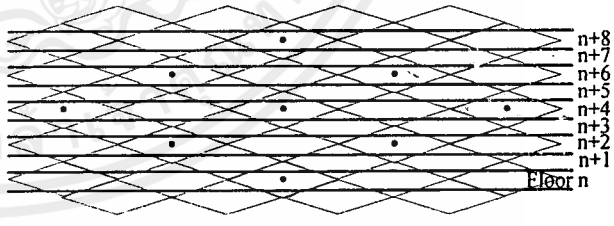


Fig.3 The cell model position in high building, wide not too big

This group is convenient for the high building which has many floor and very wide. Setting the vertical cells must consider with the horizon cells.

The signal level was then measured with NEC CP6H3E1-2A from point to point totaling 288 points 2 meters apart as per Fig.2. All results were analized by MATLAB version 5.1.10 as per illustration 3, the result was then compared with that of the theory as per the 4th equation by assuming 10 mW cell stations with 2dBi diversity omnidirectional dipole

antenna and specifying area attenuation as 20dB/Oct. The attenuation factor of brick, concrete and glass walls were 10 dB, 4.5dB and 2dB, respectively.

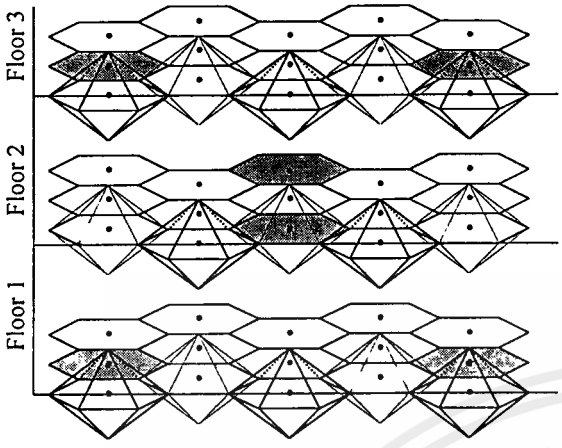


Fig.4 The cell model position in high build wide too big

IV.COMPARISON OF CALCULATED AND EXPERIMENTAL SIGNAL LEVELS

Signal level are measured in real indoor area of the building of the building of Telecommunication department, Faculty of Engineering, KMITL. The contour of calculated and experimental signal were illustrated in Fig 5(a), 4(b) respectively. The comparison between computed values from the 4rd equation and measured values along the corridor indicated that the signal levels of the former were slightly higher while in some other areas, signal levels were too weak for operation, such deviations may be occurred due to fading and other factors such as office tools and equipment in each room and etc but not included in the calculation. All the above mentioned may effect the attenuation of the signal.

The measured values of signal levels along the corridor of the Telecommunication Building was show in Fig.6 there were 3 signal level curves, minimum, maximum and average, value deviation was less than 18 dBμ V; these may be due to reflected wave from materials used to construct the building.

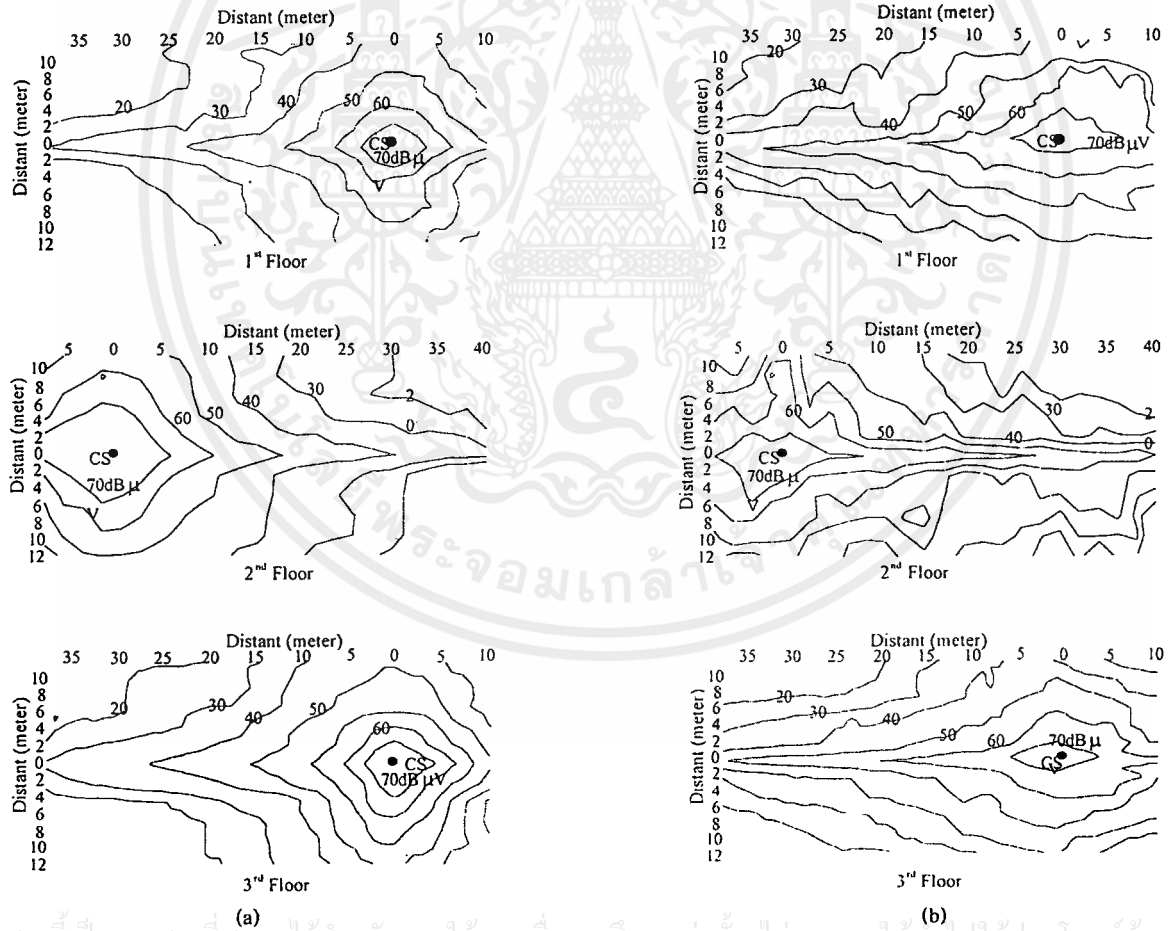


Fig. 5 Contour of signal levels on the 2nd floor of the Telecommunication Building
(a) Computed values
(b) Measured values

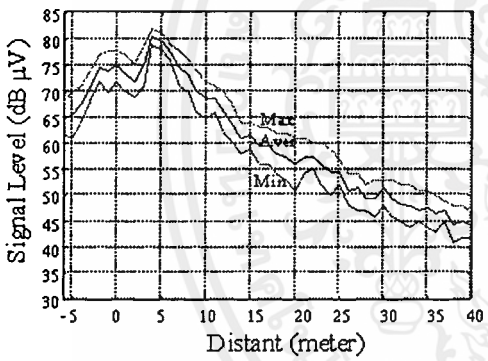
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The comparison of the results from experimental and calculation of the diagonal of the Telecommunication Building was shown in Fig 7. The difference was less than 2 dBμV. to indicate for indoor cell layout design.

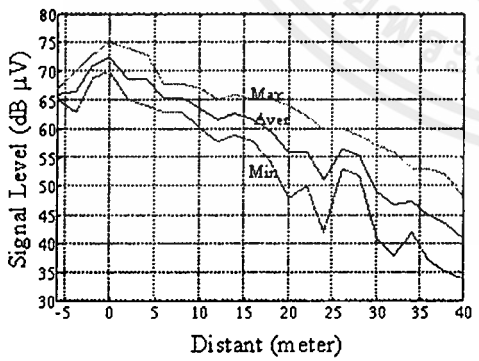
V.CONCLUSION

From the experimental results, it is obviously show that the rectangular model can be represented the coverage area of indoor cells of each floor. The cell arrangement depends on the building type. For the high building but not so wide site, the vertical frequency group is used. The high building with wide size, the cell arrangement should be overlapped. The horizontal model should be as show in Fig.4.

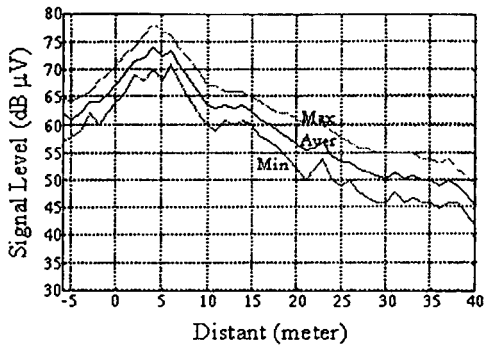
Comparison between experimental and computed signal attenuation results indicated that minimal difference existed in both obstacle and non obstacle conditions because during the design process of the indoor cell layout for the 1900 MHz band, material attenuation factors were taken into consideration. In the case of a material for unknown signal attenuation factor, an experiment can be carried out to determine such factor which can subsequently be used for calculation. While signal deviation is exceed 18 dB, the locations of cell stations have to be changed to ascertain that they are not close to a wave reflective material. In this experiment, signal level deviations were not more than 18 dB, it is acceptable, the change of location is thus deem unnecessary.



(A) 1 st Floor



(B) 2 nd Floor



(C) 3 rd Floor

Fig.6 Measurement of signal levels from the Telecommunication Building.

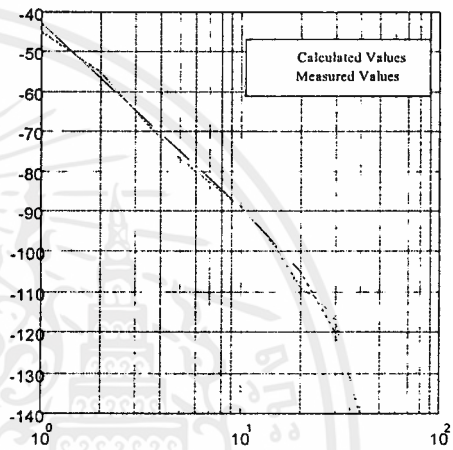


Fig.7 Measurement of diagonal signal attenuation in the Telecommunication Building.

REFERENCE

[1] Telecomm training Department-TT&D, "PCT Network Introduction," Version 3, November 26,1997

[2] S. Y. Seidel and T. S. Rappaport, "914 MHz path loss prediction models for indoor wireless communications in multifloored buildings." *IEEE Trans. Antenna & Propag.*, vol. 40 , no. 2, pp. 207-217, Feb. 1992.

[3] D. A. Hawbaker and T. S. Rappaport, "Indoor wire band radio wave propagation measurements at 1.3 GHz and 1.4 GHz," *Electronics Letters*, vol. 26, no. 21, pp. 1800-1802, Oct. 1900.

[4] K.-W. Cheung, J. H.-M. Sau and R. D. Murch, "A new empirical model for indoor propagation prediction," *IEEE Trans. Vehicular Technology*, Vol. 47, No. 3, Aug. 1998.

[5] F. C. Owen and C. D. Pudney, "Radio propagation for digital cordless telephone at 1700 MHz and 900 MHz," *Electronics Letters*, vol. 25, no. 1, pp. 52-53, Jan. 1989.

[6] M.V.Clark, V. Erceg and L. J.Greenstein, "Reuse Efficiency in Urban Microcellular Network", *IEEE Trans. Vehicular Technology*, vol. 46, No.2, May 1997.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายพิสิฐ บุญศรีเมือง เกิดเมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2518 ที่จังหวัดราชบุรี สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรีจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม ปีการศึกษา 2540 เข้าศึกษาต่อในปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2541เป็นผู้ช่วยวิจัยโครงการวิจัย ในปี พ.ศ. 2541 และ ปี พ.ศ. 2542

ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

1. T. Paungma, P. Moungnoul, P. Boonsrimuang, "Intra Building Cell Stations Placement Prediction Model for Personal Communication Telephone (PCT) System in 1.9GHZ Band", APMC'99, 30 Nov-3 Dec 1999.
2. ณรงค์ กวาวหก พิสิฐ บุญศรีเมือง พิเชษ ม่วงนวล และ รศ.ดร. ถวิล พึ่งมา บทความทางวิชาการเรื่อง "เครื่องควบคุมสัญญาณไฟแบบอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 22 คณะวิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์ 2-3 ธันวาคม 2542
3. ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์ พิสิฐ บุญศรีเมือง ถวิล พึ่งมา และ มนูญ สุขเกษม บทความทางวิชาการเรื่อง "การออกแบบการวางเซลสำหรับให้บริการในพื้นที่สาธารณะในระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคล PCT" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรม ไฟฟ้า ครั้งที่ 21 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 12-13 พฤศจิกายน 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้