

บทที่ 4

การทดสอบและการวิเคราะห์แบบจำลอง

4.1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานีแม่ข่ายที่ใช้ทดสอบ

ในที่นี้ได้ทำการทดสอบแบบจำลองกับสถานีแม่ข่าย จำนวน 3 สถานี คือ

1. สถานีแม่ข่าย ร.ส.พ.
2. สถานีแม่ข่าย ศศินทร์
3. สถานีแม่ข่าย สีสลม ช.19

แต่ละสถานีแม่ข่าย มีลักษณะ สภาพพื้นที่ มีอาคารสูง สามารถสังเกตคลื่นในทิศทางตรงได้น้อยมาก เมื่อเทียบกับคลื่นที่ไม่ได้มาในทิศทางตรง เมื่อทำการสังเกตจากจุดทดสอบมองมายังสถานีแม่ข่าย และทำการทดสอบหาสัญญาณเฟดดิ้งและทำการประมาณโดยอาศัยวิธี Linear Regression เพื่อตรวจสอบว่า ใกล้เคียงกับแบบจำลองเฟดดิ้งแบบไหน กล่าวคือ แบบ Log Normal , แบบ Rayleigh หรือ แบบ Rician

สถานีแม่ข่าย	ความสูงของสายอากาศ	กำลังส่ง	ช่องสัญญาณ Signaling	ความถี่ ที่ส่ง [MHz]	Pattern ของสายอากาศ
ร.ส.พ. Band A	60 เมตร	50 dBm	333	880.02	6 x 60 องศา
ร.ส.พ. Band B	45 เมตร	50 dBm	337	880.14	6 x 60 องศา
ศศินทร์	54 เมตร	50 dBm	348	880.47	6 x 60 องศา
สีลม ช.19	35 เมตร	50 dBm	344	880.35	6 x 60 องศา

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลของสถานีแม่ข่ายที่ทำการทดสอบ

สำหรับรายละเอียดในการทดสอบและผลการทดสอบของสถานีแม่ข่าย ร.ส.พ. , สถานีแม่ข่าย ศศินทร์ และสถานีแม่ข่าย สีสลม ช.19 จะได้กล่าวต่อไป ในหัวข้อ 4.2 ,4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

สมมติฐานที่เราใช้ทดสอบในที่นี้กรณีในเมือง ลักษณะการกระจายของคลื่นสัญญาณเฟดดิ้ง น่าจะมีลักษณะการกระจายใกล้เคียงกับการกระจายแบบ Rayleigh เนื่องจากตำแหน่งที่สังเกตเห็น คลื่นในทิศทางตรงนั้นน้อยมากเมื่อเทียบกับคลื่นในทิศทางอื่น ๆ

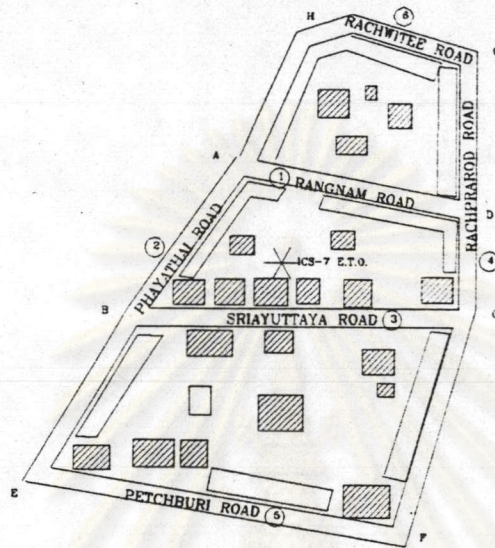
4.2 การทดสอบสถานีแม่ข่าย ร.ส.พ.

สถานีแม่ข่าย ร.ส.พ. เป็นสถานีแม่ข่ายของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่ประกอบด้วยระบบ 2 ระบบ คือ AMPS Band A และ AMPS Band B รูปที่ 4.1 เป็นภาพถ่ายแสดงสายอากาศที่ใช้ส่งคลื่น ความถี่ Signaling ที่ใช้ในการทดสอบเพื่อวัดสัญญาณเฟดดิ้ง



รูปที่ 4.1 เป็นภาพถ่ายแสดงสายอากาศที่ใช้ทดสอบของสถานีแม่ข่าย ร.ส.พ.

ในรูปที่ 4.1 สายอากาศกลุ่ม A เป็นของระบบ AMPS Band A และ สายอากาศกลุ่ม B เป็นของระบบ AMPS Band B มีความสูงดังแสดงในตารางที่ 4.1 สำหรับสายอากาศกลุ่ม C เป็นระบบ NAMPS Band B และสายอากาศกลุ่ม D เป็นของระบบ PCN1800 ซึ่งเราไม่ได้ทำการทดสอบ



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะสภาพพื้นที่ที่ใช้ทดสอบวัดสัญญาณเฟดดิ้ง
ของสถานีแม่ข่าย ร.ส.พ.

4.1.1 การทดสอบสถานีแม่ข่าย ร.ส.พ. Band A

วันที่ทำการทดสอบ : 05-07-1997 เวลา 22:47:00 น. ถึง 05-07-1997 เวลา 23:03:31 น.

จำนวนจุดตัวอย่างที่ทำการทดสอบ 934 จุดตัวอย่าง

ช่องสัญญาณที่ทำการทดสอบ : Signaling On Sector Channel 333 [880.02 MHz]

ความสูงของสายอากาศเหนือพื้นดิน : 60 เมตร

4.1.2 การทดสอบสถานีแม่ข่าย ร.ส.พ. Band B

วันที่ทำการทดสอบ : 05-07-1997 เวลา 23:07:08 น. ถึง 05-07-1997 เวลา 23:26:51 น.

จำนวนจุดตัวอย่างที่ทำการทดสอบ 990 จุดตัวอย่าง

ช่องสัญญาณที่ทำการทดสอบ : Signaling On Sector Channel 337 [880.14 MHz]

ความสูงของสายอากาศเหนือพื้นดิน : 45 เมตร

ลักษณะพื้นที่ที่ทำการทดสอบ การกระจายคลื่นของสถานี แม่ข่าย ร.ส.พ แสดงดังในรูปที่ 4.2 หมายเลข 1,2,3,4,5,6 และ อักษร A,B,C,D,E และ F สอดคล้องกับตำแหน่งที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.5 ซึ่ง แสดงสัญญาณเฟดดิ้งของสถานี ร.ส.พ. Band A และของ Band B ตามลำดับ

การวัดสัญญาณเฟดดิ้งได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 เส้นทางคือ

เส้นทางที่ 1 ถนนซอยรางน้ำ - ถนนพญาไท - ถนนศรีอยุธยา- ถนนราชปรารภ - ถนนซอยรางน้ำ ซึ่งตรงกับหมายเลข 1 ,2,3,4 และ 1 ตามลำดับ

เส้นทางที่ 2 ถนนพญาไท - ถนนเพชรบุรี - ถนนราชปรารภ - ถนนราชวิถี - ถนนพญาไท ซึ่งตรงกับหมายเลข 2,5,4,6 และ 2 ตามลำดับ

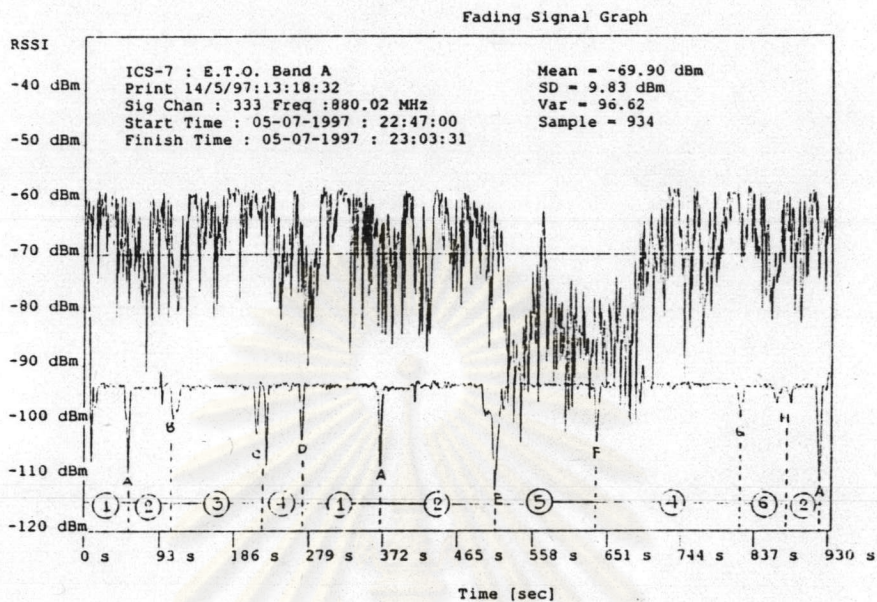
ผลการทดสอบวัดสัญญาณเฟดดิ้ง ของสถานีแม่ข่าย E.T.O. Band A และ Band B แสดงดังในรูปที่ 4.3 ,4.5 และ % Probability ของสถานีแม่ข่าย E.T.O. Band A และ Band B แสดงไว้ในรูปที่ 4.4 และ 4.6 ตามลำดับ สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

สถานีแม่ข่าย	ความสูง Antenna	ช่องสัญญาณ Signalling	ค่า Mean [dBm]	ค่า Variance [dBm]
ร.ส.พ. Band A	60 เมตร	333	-69.90	96.62
ร.ส.พ. Band B	45 เมตร	337	-74.27	130.57

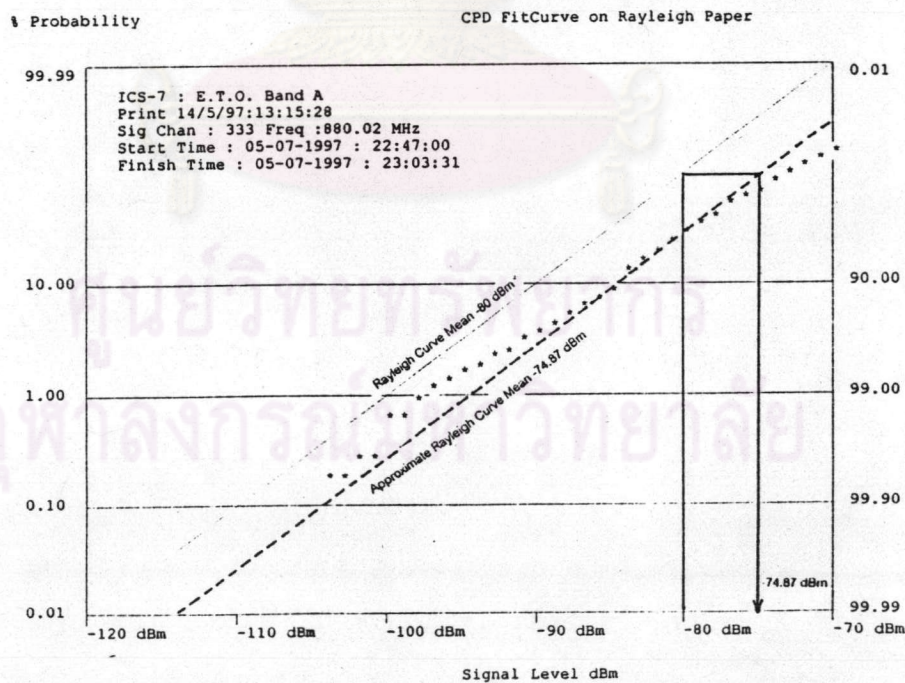
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบสัญญาณเฟดดิ้งของสถานีแม่ข่าย ร.ส.พ.

จากรูปที่ 4.3 และ 4.5 จะพบว่าบริเวณที่ระดับสัญญาณเฟดดิ้งมีอิทธิพลมาจากสิ่งกีดขวาง ได้แก่ บริเวณ ถนนหมายเลข 5 และถนนหมายเลข 6 ซึ่งเป็นย่านธุรกิจและที่พักอาศัยถนนเพชรบุรีและประตูน้ำ

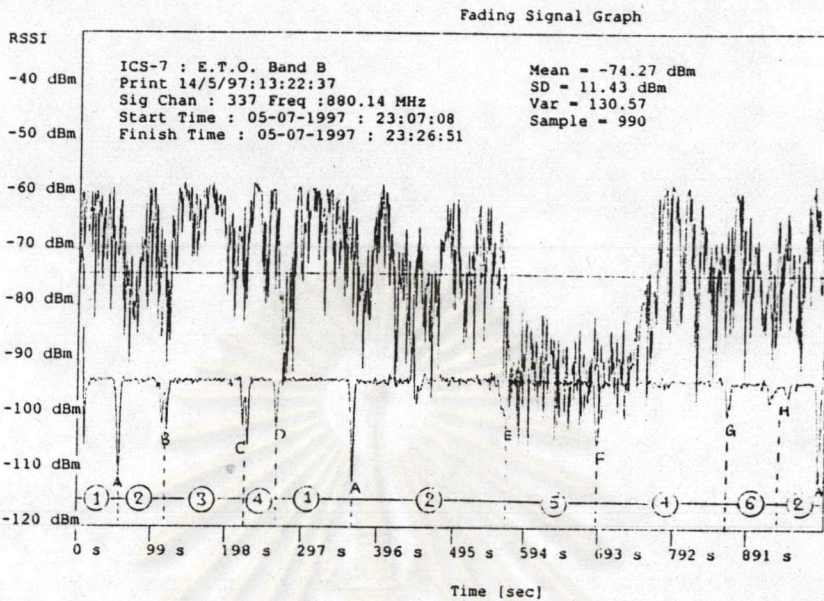
รูปที่ 4.4 และ 4.6 แสดง % Probability ของสัญญาณเฟดดิ้งในรูปที่ 4.3 และ 4.5 ตามลำดับ ซึ่งประมาณด้วยประมาณด้วยสมการเส้นตรงที่ลากขนานกับเส้น Rayleigh Curve จะได้สมการเส้นตรงซึ่งมีค่าระดับสัญญาณเฟดดิ้งเฉลี่ย -74.87 dBm และ -80.00 dBm สำหรับสัญญาณเฟดดิ้งในรูปที่ 4.3 และ 4.5 ตามลำดับ



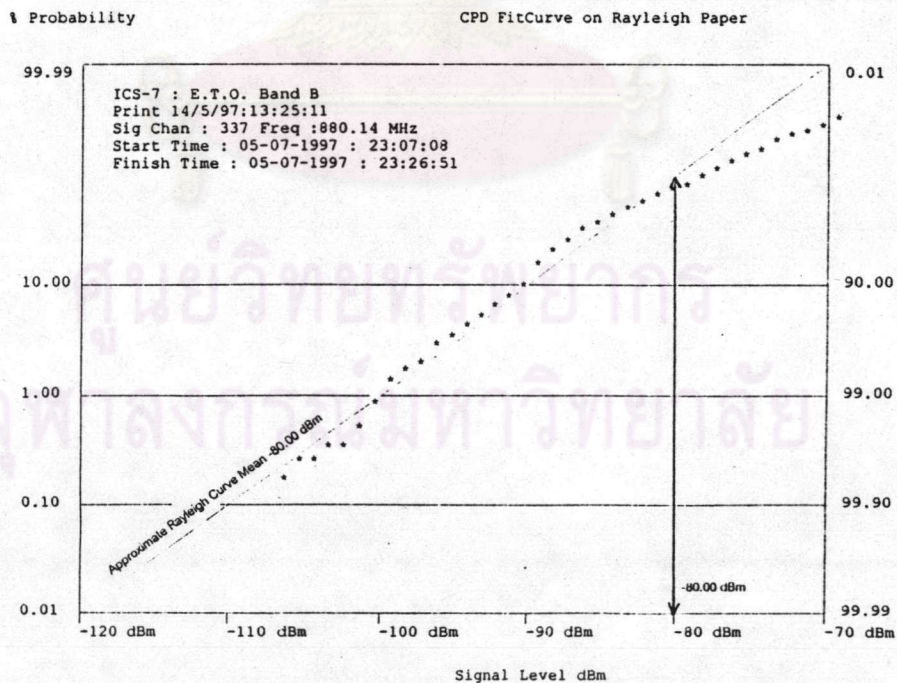
รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณเฟดดิ้งของสถานีแม่ข่าย ร.ส.พ. Band A



รูปที่ 4.4 แสดง % Probability ของสัญญาณเฟดดิ้งของสถานีแม่ข่าย ร.ส.พ. Band A



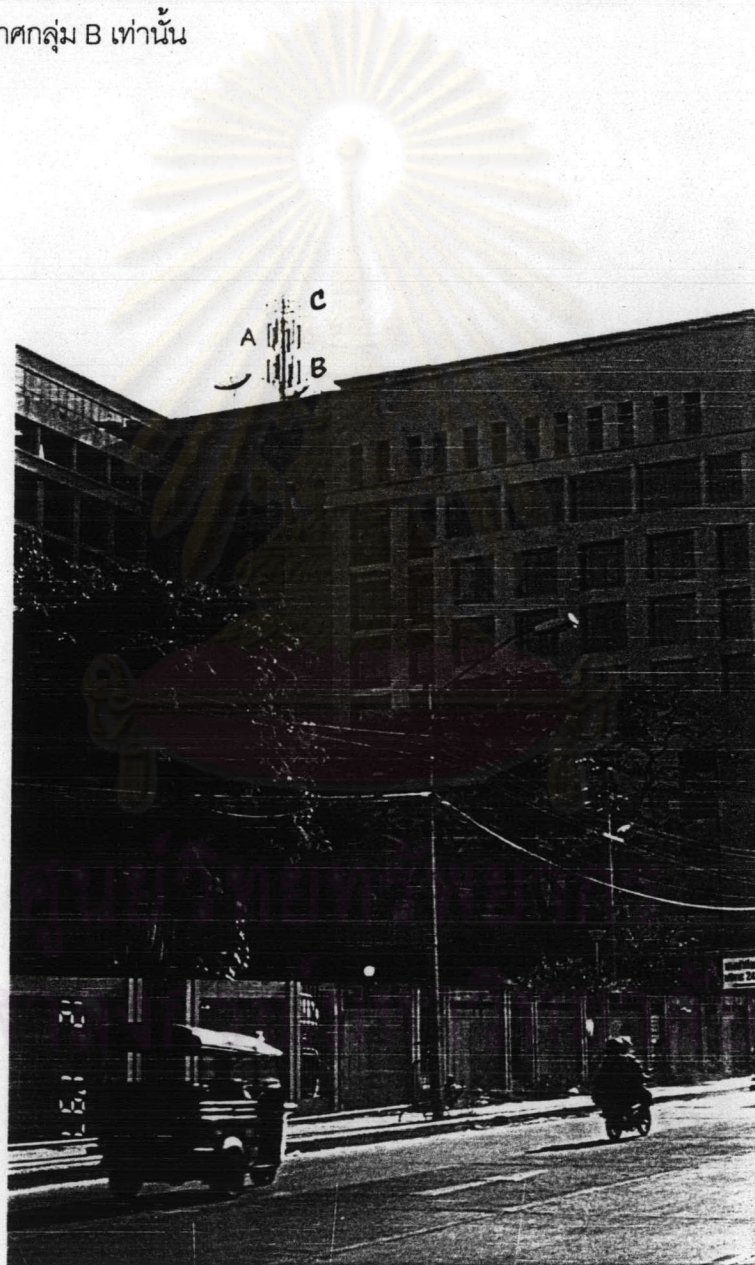
รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณเฟดดิ้งของสถานีแม่ข่าย ร.ส.พ. Band B



รูปที่ 4.6 แสดง % Probability ของสัญญาณเฟดดิ้งของสถานีแม่ข่าย ร.ส.พ. Band B

4.3 การทดสอบสถานีแม่ข่าย ศคินทร์

สถานีแม่ข่าย ศคินทร์ เป็นสถานีแม่ข่ายของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่ประกอบด้วยกลุ่มของสายอากาศจำนวนระบบ 3 ระบบ คือสายอากาศกลุ่ม A (AMPS Band B) และสายอากาศกลุ่ม B (NAMPS Band B) และสายอากาศกลุ่ม C (PCN1800) รูปที่ 4.7 เป็นภาพถ่ายแสดงสายอากาศที่ใช้ส่งคลื่นความถี่ Signaling ที่ใช้ในการทดสอบเพื่อวัดสัญญาณเฟดดิ้ง ในที่นี้จะทดสอบเฉพาะสายอากาศกลุ่ม B เท่านั้น



รูปที่ 4.7 เป็นภาพถ่ายแสดงสายอากาศที่ใช้ทดสอบของสถานีแม่ข่าย ศคินทร์

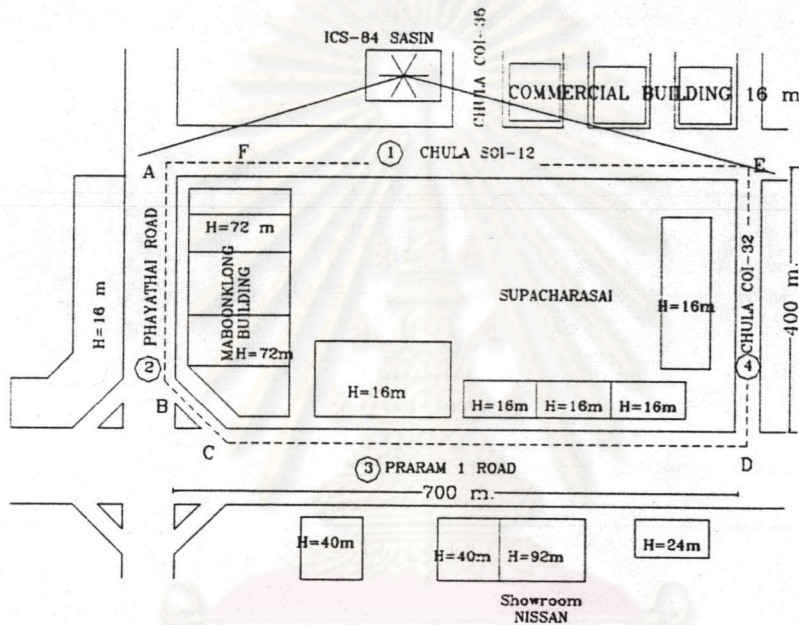
วันที่ทำการทดสอบ : 05-14-1997 เวลา 02:13:34 น. ถึง 05-14-1997 เวลา 02:28:13 น.

จำนวนจุดตัวอย่างที่ทำการทดสอบ 810 จุดตัวอย่าง

ช่องสัญญาณที่ทำการทดสอบ : Signaling On Sector Channel 348 [880.47 MHz]

ความสูงของสายอากาศของสถานีแม่ข่าย 54 เมตร (สูงจากระดับพื้นดิน)

ลักษณะพื้นที่ที่ทำการทดสอบการกระจายคลื่นของสถานี แม่ข่าย ศศินทร์ แสดงดังในรูปที่ 4.8

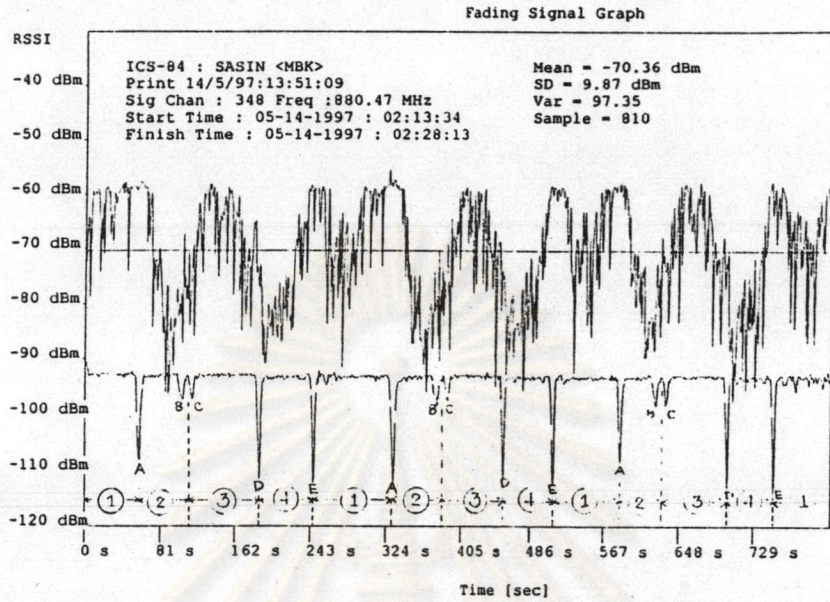


รูปที่ 4.8 เป็นแนวเส้นทางที่ทำการทดสอบ

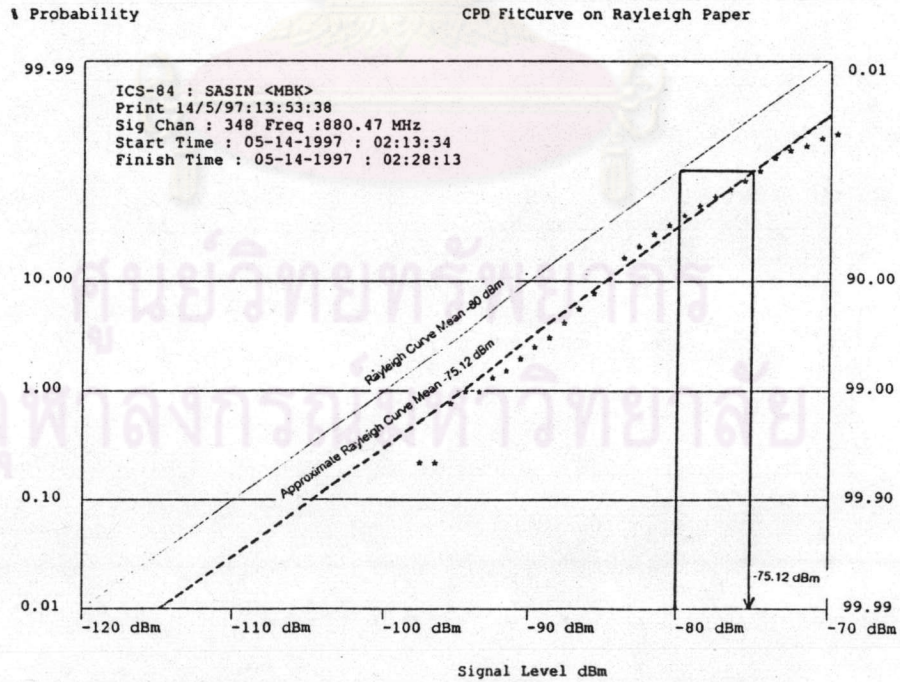
หมายเลข 1,2,3,4 และอักษร A,B,C,D และ E สอดคล้องกับตำแหน่งที่แสดงไว้ของกราฟรูปสัญญาณเฟดดิ้ง ในรูปที่ 4.7

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบ คือ % การสังเกตเห็นงานสายอากาศ หรือ แนว Line of Sight ต่ำไม่ถึง 5 % (สังเกตพบเฉพาะบริเวณถนนหมายเลข 1 Zone F) เส้นกราฟ % CPD ของสัญญาณเฟดดิ้งที่ทำการทดสอบได้ควรมีลักษณะการกระจายใกล้เคียงกับการกระจายแบบ Rayleigh

รูปที่ 4.7 เป็นกราฟแสดงการเฟดดิ้งของสัญญาณ เมื่อทำการทดสอบ โดยเริ่มจาก ถนนหมายเลข 1 (ถนนชอยจุฬา ฯ 12) เลี้ยวซ้าย เข้าถนนหมายเลข 2 (ถนนพญาไท) เลี้ยวซ้าย เข้าถนนหมายเลข 3 (ถนนพระราม 1) และเลี้ยวซ้ายเข้าถนนหมายเลข 1 (ถนนชอยจุฬา ฯ 32) ทำการทดสอบซ้ำรวมจำนวนรอบทั้งหมด 3 รอบ



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเฟดดิ้งของสัญญาณของสถานีแม่ข่าย ศศินทร์



รูปที่ 4.8 กราฟแสดง % Probability ของสถานีแม่ข่าย ศศินทร์

ความกว้างของถนน

ถนนหมายเลข 1 ถนนซอยจุฬาลงกรณ์ 12 กว้างประมาณ 10 เมตร

ถนนหมายเลข 2 ถนนพญาไท กว้างประมาณ 20 เมตร

ถนนหมายเลข 3 ถนนพระราม 1 กว้างประมาณ 40 เมตร

ถนนหมายเลข 4 ถนนด้านข้างสนามกีฬาสุวราลัย กว้างประมาณ 8 เมตร

พบว่า บริเวณถนนหมายเลข 2 ถนนพญาไท (ด้านหน้าอาคารมานูญครอง) จะมีการเฟดของสัญญาณราว ๆ 10 - 30 dB และบริเวณถนนหมายเลข 4 (ด้านข้างสนามกีฬา) จะมีการลดทอน 10-15 dB และถนนหมายเลข 1 ถนนซอยจุฬาลงกรณ์ 12 Zone E จะมีการลดทอนของสัญญาณ 10-20 dB

จากการทดสอบ โดยการสุ่มตัวอย่างจำนวน 810 จุด พบว่า ค่าระดับสัญญาณเฟดดิ้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ -70.36 dBm โดยมีค่าเบี่ยงเบนเท่ากับ 9.87 dBm และ % CPD ที่ได้หากประมาณด้วยเส้นโค้งการกระจายแบบ Rayleigh จะได้เส้นโค้ง Rayleigh ที่มีค่าเฉลี่ย -75.12 dBm ดังแสดงในรูปที่ 4.8

โดยการเปรียบเทียบ ระหว่างลักษณะของพื้นที่ที่ทำการทดสอบ รูปที่ 4.6 และการเฟดดิ้งของสัญญาณ รูปที่ 4.7 พบว่า การลดทอนบริเวณถนนหมายเลข 2 ถนนพญาไท (ด้านหน้าอาคารมานูญครอง) จะได้รับอิทธิพลมาจากตัวอาคารมานูญครอง , การลดทอนบริเวณถนนหมายเลข 4 Zone D ได้รับอิทธิพลมาจากแนวของอาคารของสนามกีฬา และการลดทอนบริเวณถนนหมายเลข 1 Zone E จะได้รับอิทธิพลมาจากอาคารพาณิชย์ที่อยู่ใกล้ ๆ Zone E และอิทธิพลจากตัวอาคารคตินทร์เอง ซึ่งเป็นขอบของตัวอาคารบังคลื่นในทิศทางตรง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 การทดสอบสถานีแม่ข่าย สีสลม ซ.19

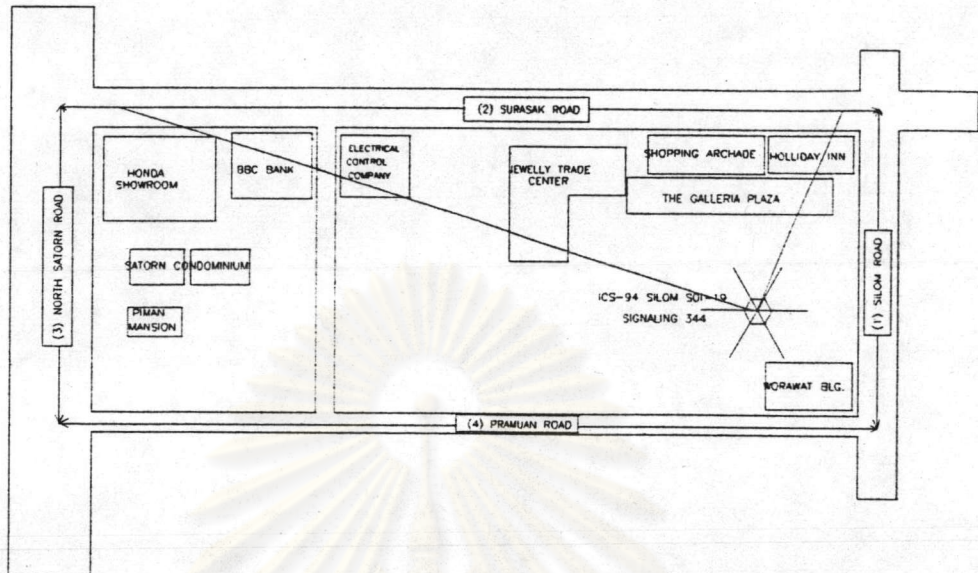
รูปที่ 4.9 แสดงภาพถ่ายสถานีแม่ข่ายสีลม ซ.19 ในรูปประกอบด้วยกลุ่มของสายอากาศ 3 กลุ่ม คือ สายอากาศกลุ่ม A (ระบบ AMPS) , สายอากาศกลุ่ม B (NAMPS) และสายอากาศกลุ่ม C (ระบบ PCN1800) ในที่นี้จะทำการทดสอบเฉพาะสายอากาศกลุ่ม A เท่านั้น



รูปที่ 4.9 แสดงภาพถ่ายสถานีแม่ข่าย สีลม ซ.19

ในการทดสอบสถานีแม่ข่าย สีลม ซ.19 เราได้ทำการทดสอบตามแนวถนนดังนี้

ถนน หมายเลข 1	ถนนสีลม	ถนน หมายเลข 2	ถนนสุรศักดิ์
ถนน หมายเลข 3	ถนนสารเหนือ	ถนน หมายเลข 4	ถนนประมวญ



รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะสภาพพื้นที่ของสถานีแม่ข่าย สิลม ช.19 ที่ใช้ทดสอบ

ในรูปที่ 4.11 เป็นผลการทดสอบสัญญาณเฟดดิ้งที่ส่งมาจากสถานีแม่ข่าย สิลม ช.19 เส้นทางและตำแหน่ง แสดงไว้ในรูปที่ 4.10 ซึ่งเป็นภาพแสดงสภาพแวดล้อมรอบ ๆ สถานีแม่ข่าย สิลม ช.19

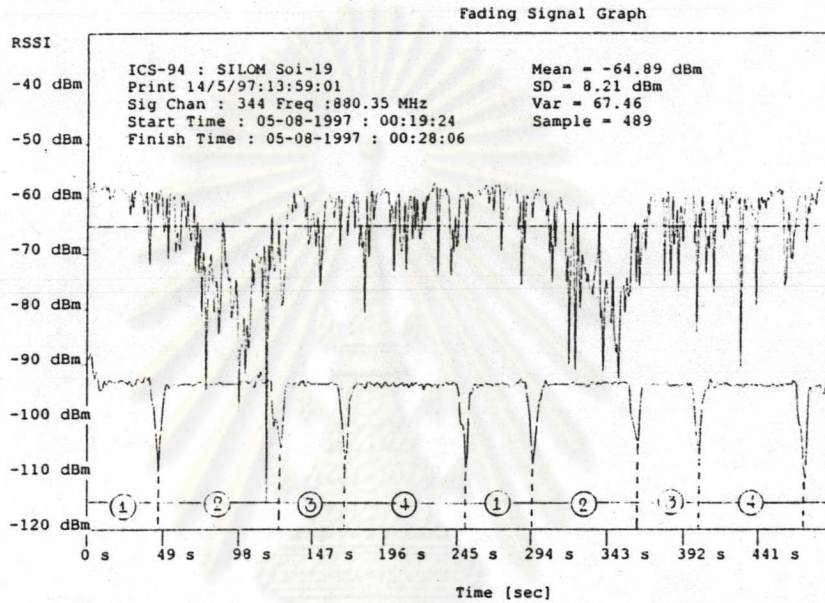
ในรูปที่ 4.11 พบว่า ถนนหมายเลข 2 หรือ ถนนสุรศักดิ์ เป็นบริเวณที่มีปัญหาการเฟดของสัญญาณ มาก ตำแหน่ง A,B,C,D, และ E เป็นการเฟดของสัญญาณซึ่งมีอิทธิพลมาจากสิ่งกีดขวางดังนี้

- บริเวณ A เป็นบริเวณ ที่มีการเฟดของสัญญาณเนื่องมาจากอิทธิพลของจาก อาคาร The Galleria Plazar และ Shopping Center และโรงแรม Holiday Inn ซึ่งมีความสูงประมาณ 180 เมตร ,60 เมตร และ 190 เมตร ตามลำดับ
- บริเวณ B เป็น บริเวณที่มีการเฟดของสัญญาณเนื่องมาจากอิทธิพลมาจากอาคาร Jewelry Trade Center
- บริเวณ C เป็นบริเวณที่มีการเฟดของสัญญาณเนื่องมาจากอาคาร Jewelry Trade Center , อาคารบริษัท Electrical Control และอาคารธนาคารกรุงเทพ พาณิชยการ ซึ่งมีความสูงประมาณ 50 เมตร , 65 เมตร และ 55 เมตร ตามลำดับ
- บริเวณ D เป็นบริเวณที่มีการเฟดของสัญญาณเนื่องมาจากอาคาร Showroom

ของบริษัท Honda

บริเวณ E

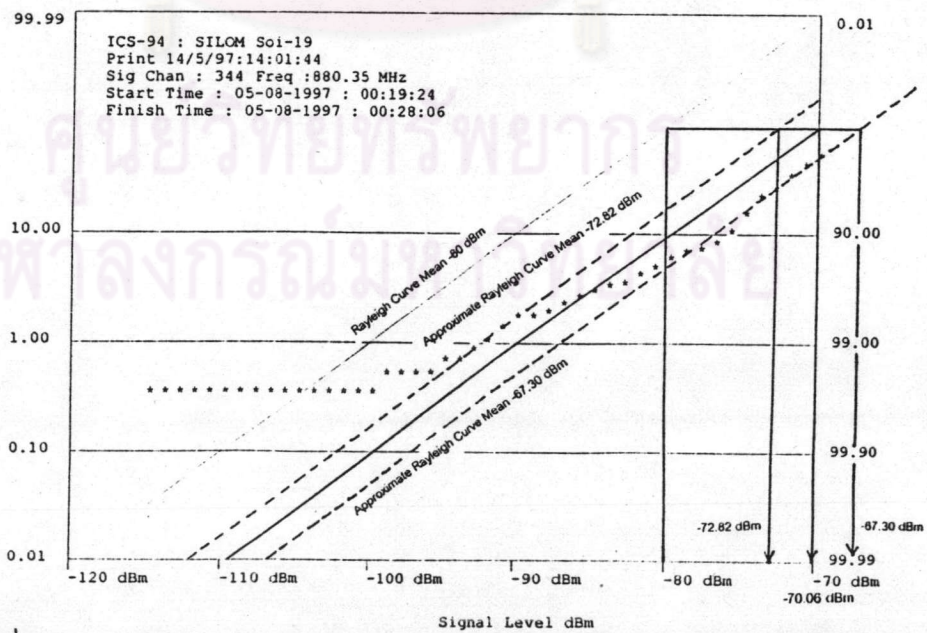
เป็นบริเวณที่มีการเฟดของสัญญาณเนื่องมาจากอาคารสาธิต
คอนกรีตเสริม และอาคารพิกานแนวนชั้น ซึ่งมีความสูงประมาณ
200 เมตร และ 180 เมตร ตามลำดับ



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงสัญญาณเฟดของสถานี สีส้ม ข.19 ของสัญญาณ 344

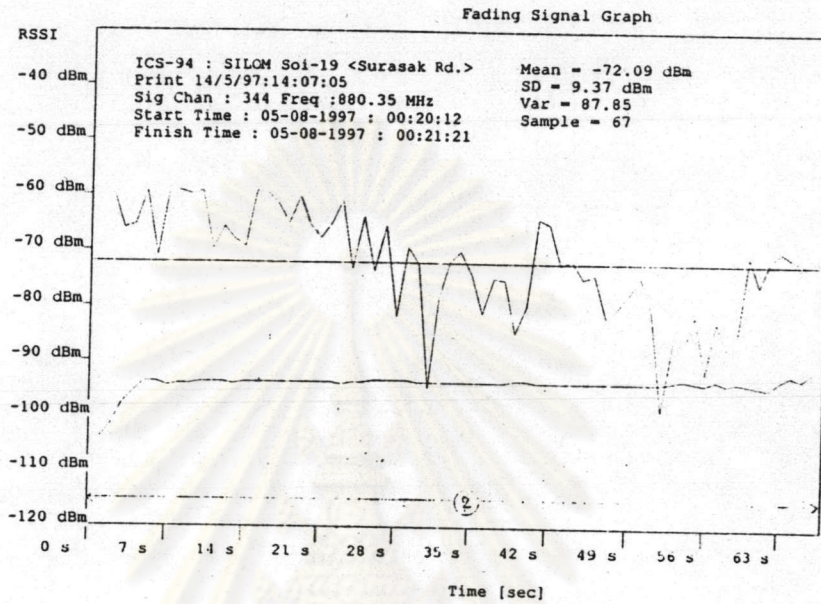
% Probability

CPD FitCurve on Rayleigh Paper

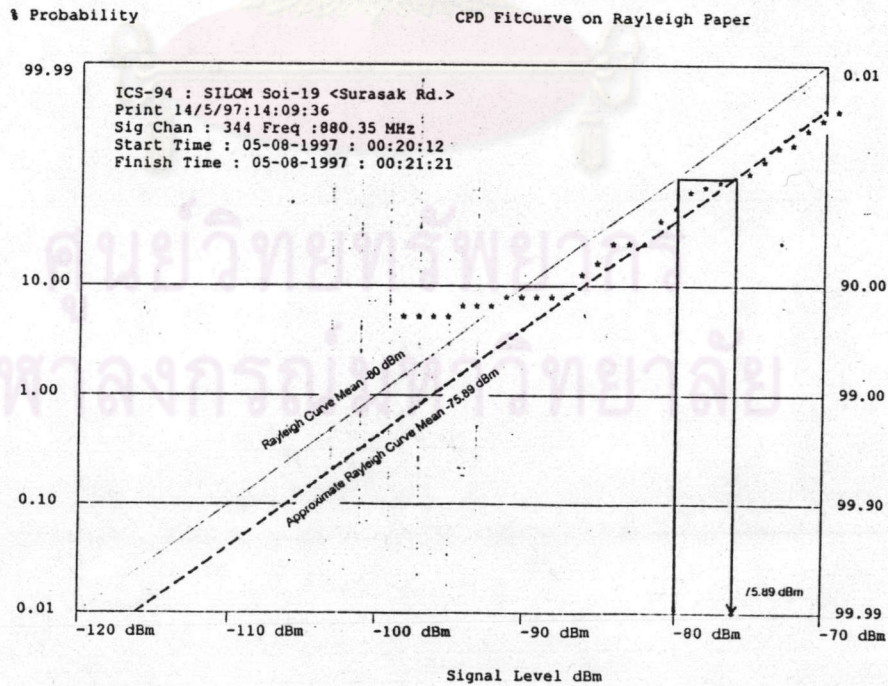


รูปที่ 4.12 กราฟแสดง % Probability ของสถานีแม่ข่ายสีส้ม ข.19 ของสัญญาณ 344

จากผลที่ได้ทดลองนำข้อมูลเฉพาะส่วนบนเส้นถนนสุรศักดิ์ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีตึกหนาแน่น ดังแสดงในรูปที่ 4.10 จะได้สัญญาณเฟดดิ้งดังรูปที่ 4.11 และ % Probability ดังในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงสัญญาณเฟดดิ้งของสถานีแม่ข่ายสีลม ซ.19 (บนถนนสุรศักดิ์)



รูปที่ 4.14 กราฟแสดง % Probability ของสถานีแม่ข่ายสีลม ซ.19 (บนถนนสุรศักดิ์)

จากกราฟในรูปที่ 4.12 และจากกราฟในรูปที่ 4.14 ทำการประมาณในส่วนของเส้นโค้งที่ขนาดกับเส้น Rayleigh Curve Mean -80 dBm จะได้เส้นโค้งที่ใกล้เคียงกับการกระจายแบบ Rayleigh ที่มีค่า Mean -70.06 dBm และ -75.89 dBm ตามลำดับ

4.5 การวิเคราะห์แบบจำลองที่ได้ทำการทดสอบ

จากการทดสอบวัดคลื่นสัญญาณเฟดดิ้ง ซึ่งอาศัยช่องสัญญาณ Signalling ที่ส่งออกมาจากแต่ละ Sector ของสายอากาศของสถานีแม่ข่ายที่ทำการทดสอบซึ่งเป็นสายอากาศชนิด Beam 60 องศา โดยการทดสอบอยู่ในรัศมีไม่เกิน 2 กิโลเมตร สามารถ สัญญาณที่รับได้จะอยู่ที่ระดับ -60 dBm ซึ่งคิดเป็นค่า Free Space Loss ได้เท่ากับ 110 dB (กำลังส่งที่สถานีแม่ข่าย 50 dBm รวม Gain ของสายอากาศแล้ว) พบว่าสัญญาณสามารถถูกลดทอนเนื่องจากสิ่งกีดขวางได้ตั้งแต่ 10 - 30 dB ขึ้นอยู่กับขนาดของอาคารและความสูง

จากการประมาณโดยวิธี Linear Regression โดยเปรียบเทียบกับเส้นโค้งแบบ Rayleigh พบว่าสามารถประมาณข้อมูลที่ได้ด้วยสมการเส้นตรงซึ่งขนานกับเส้นโค้ง Rayleigh โดยได้ค่าเฉลี่ย ดังนี้

สถานีแม่ข่าย ร.ส.พ. Band A	-74.87 dBm
สถานีแม่ข่าย ร.ส.พ. Band B	-80.00 dBm
สถานีแม่ข่าย ศคินทร์	-75.12 dBm
สถานีแม่ข่าย สีสลม ข.19	-70.06 dBm
สถานีแม่ข่าย สีสลม ข.19 (เฉพาะเส้นถนนสุรศักดิ์)	-75.89 dBm

จากกราฟในรูปที่ 2.8 % ความถี่แบบสะสมมีถึง 63 % ซึ่งมีระดับสัญญาณต่ำกว่าค่าเฉลี่ย -80 dBm เมื่อทำการปรับระดับของเส้นโค้งที่ได้จากการทดสอบโดยเทียบกับเส้นโค้ง Rayleigh ซึ่งใช้เป็นเส้นโค้งอ้างอิง จะได้ค่าเฉลี่ยของสัญญาณ คือ -74.87 dBm , -80.00 dBm , -75.12 dBm , -70.06 dBm และ -75.89 dBm สำหรับสถานีแม่ข่าย ร.ส.พ. Band A , สถานีแม่ข่าย ร.ส.พ. Band B , สถานีแม่ข่าย ศคินทร์ , สถานีแม่ข่ายสีลม ข.19 และสถานีแม่ข่ายสีลม (สำหรับเส้นถนนสุรศักดิ์) ตามลำดับ