

ผลการคำนวณและการวิเคราะห์เปรียบเทียบ

จากแบบจำลองที่ได้กล่าวรายละเอียดไปแล้วในบทที่ 3 บทนี้จะแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีดังกล่าวเปรียบเทียบกับผลการวัดการแพร่กระจายจริงในบริเวณทดสอบต่างๆ และใช้ฟังก์ชันชดเชยสำหรับผลการคำนวณซึ่งได้จากการพิจารณาผลการเปรียบเทียบเบื้องต้นกับผลการวัด ค่าปัจจัยเริ่มต้นในการคำนวณจะเป็นค่าที่กำหนดโดยลักษณะสภาพแวดล้อมและค่าปัจจัยต่างๆ ในการแพร่กระจายคลื่นของสถานีฐาน ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงค่าปัจจัยเหล่านี้และลักษณะการเก็บข้อมูลผลการวัดในบริเวณทดสอบต่างๆ ก่อนแล้วจึงจะแสดงให้เห็นผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณและผลการวัด

ผลการวัดที่จะใช้เพื่อเปรียบเทียบได้จากการใช้รถทดสอบสัญญาณของบริษัทแอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส (มหาชน) จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทที่ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในย่านความถี่ 900 MHz และให้ความอนุเคราะห์ในการจัดเก็บข้อมูลความแรงสัญญาณของการแพร่กระจายคลื่นด้วยสถานีฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM 900 ซึ่งบริเวณทดสอบกำหนดในบริเวณถนนพหลโยธิน บริเวณถนนสีพระยา-ถนนสุรวงศ์ และถนนพญาไท โดยมีแผนที่ดังรูปที่ 4.1 รูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.5 รถทดสอบจะติดตั้งสายอากาศรับสัญญาณและอุปกรณ์บอกตำแหน่ง GPS โดยมีอุปกรณ์ต่อพ่วงที่สามารถบันทึกค่าความแรงสัญญาณและตำแหน่งขณะนั้นๆ ลงในคอมพิวเตอร์ได้ การทดสอบจะทำโดยการให้รถวิ่งตามแนวถนนและบันทึกค่าความแรงสัญญาณพร้อมทั้งตำแหน่งของจุดทดสอบที่บันทึกไปด้วย จากนั้นนำพิกัดของจุดทดสอบที่บันทึกไว้มาประกอบกับค่าปัจจัยอื่นๆ เพื่อคำนวณระดับความแรงสัญญาณที่ตำแหน่งเหล่านี้และนำค่าที่ได้จากผลการคำนวณและผลการวัดมาสร้างกราฟเปรียบเทียบแบบจุดต่อจุด

บริเวณทดสอบ

สำหรับบริเวณที่ทดสอบความแรงสัญญาณจากรูปที่ 4.1 4.3 และ 4.5 แต่ละบริเวณมีสถานีฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่ในย่านความถี่ 900 MHz อยู่หลายสถานี โดยแต่ละสถานียังแบ่งออกเป็นเซกเตอร์ย่อยตามทิศทางการหันแนวตั้งเสาหลักของสายอากาศโดยมีชื่อย่อภาษาอังกฤษกำกับแต่ละสถานี และมีตัวเลข 1 ถึง 3 กำกับแต่ละเซกเตอร์ย่อยดังแสดงในรูปที่ 4.2 4.4 และ 4.5 โดยมีค่าปัจจัยในการใช้งานและตำแหน่งพิกัดของสถานีดังตารางที่ 4.1 - 4.3 การบันทึกค่าความแรง

สัญญาณทำเฉพาะกับบางสถานีและบางเซกเตอร์เนื่องจากแนวตั้งของสายอากาศและแนวที่รูดิ่งไปของบางเซกเตอร์ไม่สอดคล้องกันทำให้สัญญาณที่รับได้มีค่าต่ำมากจนอาจเทียบเท่าระดับสัญญาณรบกวนได้ และอาจทำให้การเปรียบเทียบไม่สามารถทำได้

ตารางที่ 4.1 สถานีฐานในบริเวณถนนพหลโยธิน<sup>1</sup>

ชื่อสถานี	ตำแหน่ง <sup>1</sup>		เซกเตอร์	ความถี่ MHz	แนวตั้ง Degree	มุมก้ม Degree	กำลังส่ง dBm	ความสูง m	สายอากาศ
	E	N							
SCT2 Shinawatra tower 2	667482	1524352	1	950.4	30	6	50	25	Kathrein738819
			2	946.4	170	0	50	25	Kathrein738819
			3	947.4	270	0	50	25	Kathrein738819
ARE1 Soi Aree 1	667248	1523831	1	943.6	30	4	51	30	Kathrein738819
			2	950.6	150	4	51	30	Kathrein738819
			3	946	270	4	51	30	Kathrein738819
SNP1 Snampao 1	666864.1	1522762	1	942.6	30	10	51	27.11	Kathrein738819
			2	945.2	150	6	51	27.11	Kathrein738819
			3	947.8	270	6	51	27.11	Kathrein738819
ASE2 Anusawaree 2	666723	1521812	1	950.2	30	8	50	40	CelwaveAP9013
			2	950.6	150	10	50	38.5	CelwaveAP9013
			3	948.6	270	6	50	37	CelwaveAP9013

สำหรับสถานีที่พิจารณาบริเวณถนนพหลโยธินได้แก่

- SCT2 เซกเตอร์ 1 และ 2
- ARE1 เซกเตอร์ 1
- SNP1 เซกเตอร์ 1
- ASE2 เซกเตอร์ 1

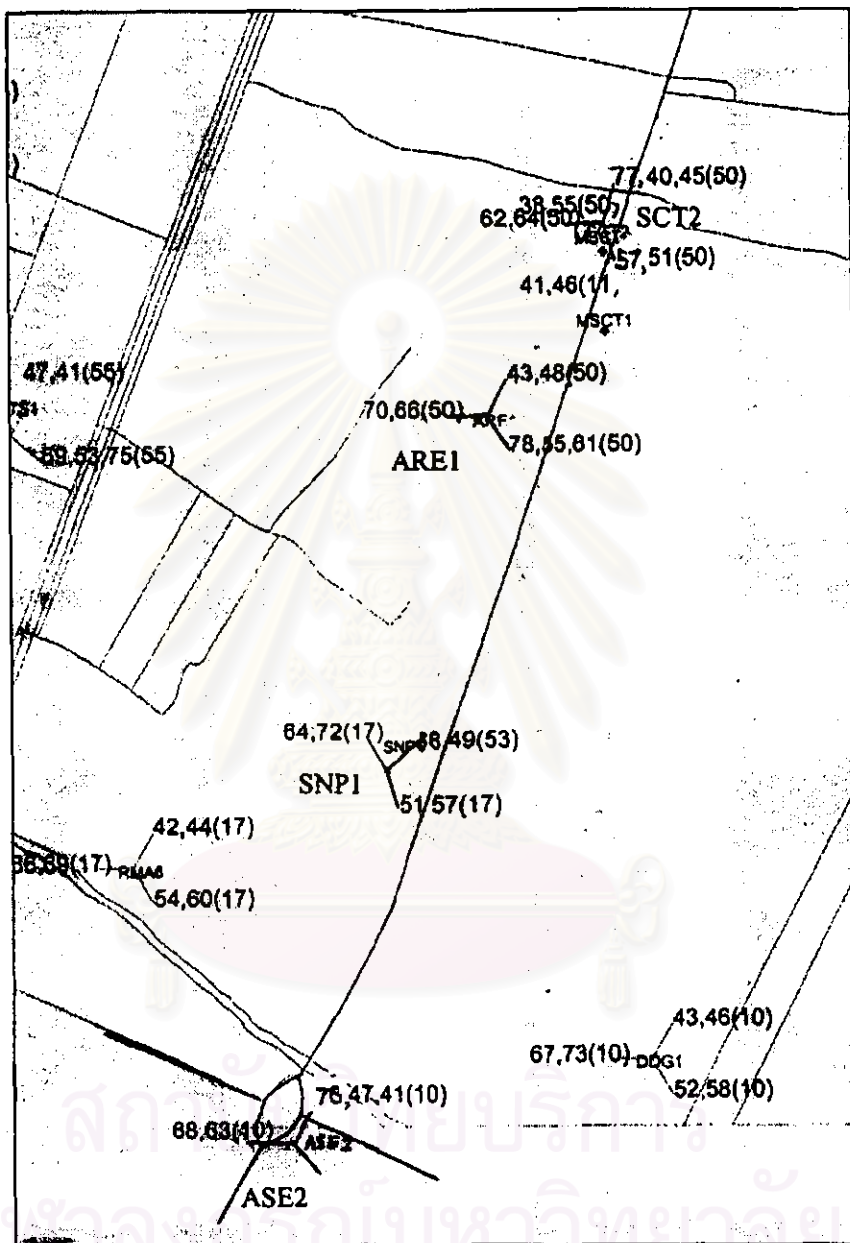
สำหรับการระบุสถานีและเซกเตอร์พิจารณาในครั้งต่อไปจะใช้สัญลักษณ์อักษรย่อของสถานีตามด้วยเซกเตอร์เพื่อให้สะดวกในการอ้างถึงเช่น SCT2-1 หมายถึงสถานี SCT2 เซกเตอร์ที่ 1

<sup>1</sup> ตำแหน่งของสถานีฐานแสดงด้วยพิกัดระบบ UTM ซึ่งแสดงโดยแกนตะวันออก-เหนือ หรือ E-N ตัวอย่างเช่นพิกัด E 100 N 200 หมายถึงพิกัดอยู่ที่ตะวันออก 100 เมตร เหนือ 200 เมตร เทียบกับจุดอ้างอิง E 0 N 0 ที่เส้นละติจูด 0 องศา ลองจิจูด 99 องศา สำหรับประเทศไทย

ดังนั้นสามารถระบุที่ตั้งสายอากาศส่งที่ใช้ทดสอบการแพร่กระจายคลื่นบริเวณถนนพหลโยธินได้ เป็น SCT2-1, SCT2-2, ARE1-1, SNP1-1 และ ASE2-1 สาเหตุที่เลือกสถานีเหล่านี้ในการทดสอบ เพราะการวัดเป็นลักษณะที่ต้องใช้รถทดสอบดังนั้นจึงวัดความแรงสัญญาณได้เฉพาะตามแนวถนนเท่านั้น เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนจึงเลือกสถานีที่อยู่ริมถนนเท่านั้นและเพื่อให้สะดวกในการสร้างฐานข้อมูลของตึกกีดขวางด้วย สำหรับแผนที่บริเวณทดสอบและเส้นทางทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.1 และสถานีฐานในบริเวณทดสอบแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 แผนที่บริเวณถนนพหลโยธินและแนวทดสอบ (บางส่วน)



รูปที่ 4.2 สถานีฐานในบริเวณถนนพหลโยธิน

ตารางที่ 4.2 สถานีฐานในบริเวณถนนสี่พระยา-สุรวงศ์

ชื่อสถานี	ตำแหน่ง		เซกเตอร์	ความถี่ MHz	แนวตั้ง Degree	มุมก้ม Degree	กำลังส่ง dBm	ความสูง m	สายอากาศ
	E	N							
SRP1 Sap Road 1	665479.2	1518085	1	942.8	30	2	51	27	Kathrein738819
			2	950.6	150	2	51	29	Kathrein738819
			3	950	280	2	51	27	Kathrein738819
SRWG Surawong	664553.8	1517640	1	944	75	0	33	6	Kathrein730682
			2	944	245	0	33	6	Kathrein730682
SLM1 Silom 1	664428.7	1518045	1	950.2	80	21.5	50	72	CelwaveAP9013
			2	945.2	150	21.5	50	72	CelwaveAP9013
			3	949.8	310	12	50	72	CelwaveAP9013
SLM2 Silom 2	665191.2	1517558	1	943.4	30	8	50	42	AndrewH13C
			2	950.2	150	8	50	42	AndrewH13C
			3	947.8	270	8	50	42	AndrewH13C

ทำนองเดียวกับการเลือกสถานีทดสอบบริเวณถนนพหลโยธิน ในการทดสอบบริเวณถนนสี่พระยา-สุรวงศ์จึงเลือกสถานีฐานที่ใช้ทดสอบดังนี้

SRP1 เซกเตอร์ 1 และ 3

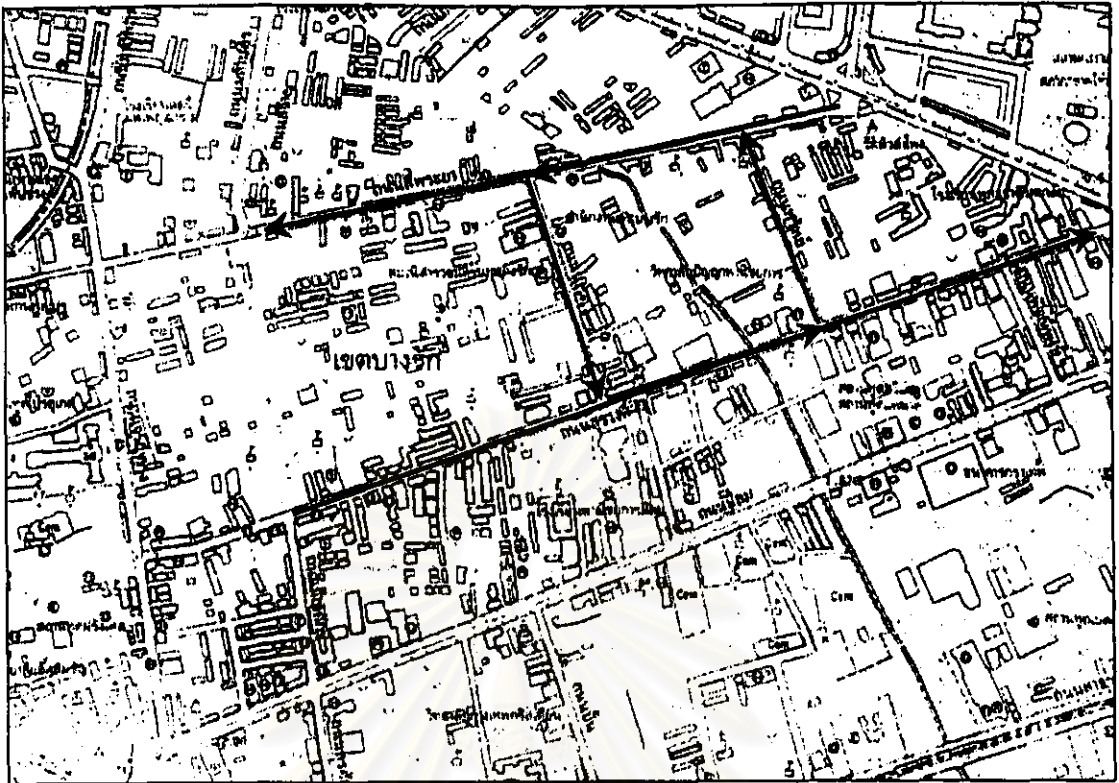
SRWG1 เซกเตอร์ 1

SLM1 เซกเตอร์ 3

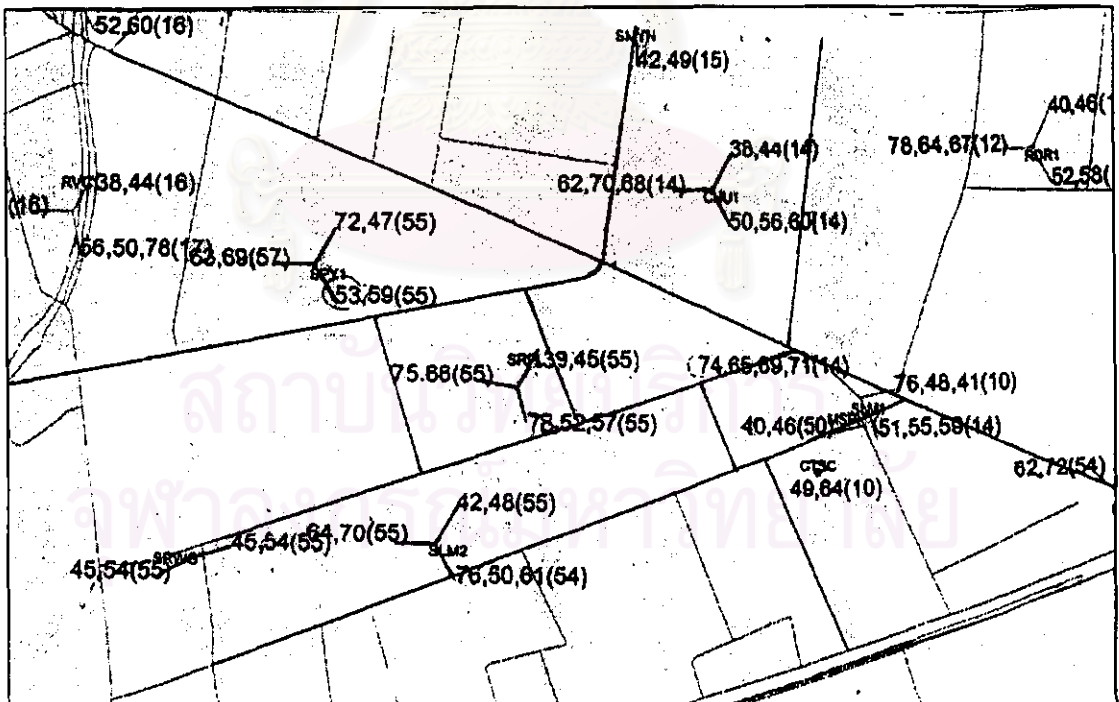
SLM2 เซกเตอร์ 1 และ 3

ทำนองเดียวกับวิธีอ้างชื่อสถานีทดสอบบริเวณถนนพหลโยธิน ในบริเวณถนนสี่พระยา - สุรวงศ์ จะมีสัญลักษณ์ของสถานีทดสอบเป็น SRP1-1, SRP1-3 SRWG-1, SLM1-3, SLM2-1 และ SLM2-3 โดยการทดสอบในบริเวณนี้เนื่องจากเส้นทางการจราจรบังคับจึงทำให้เส้นทางการทดสอบต้องวนซ้ำที่เดิมบ้าง และถนนที่ทดสอบในบริเวณนี้ประกอบไปด้วย ถนนสี่พระยา ถนนนเรศ ถนนทริพย์ และถนนสุรวงศ์ ซึ่งบริเวณที่ทดสอบและเส้นทางจุดทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 แสดงตำแหน่งของสถานีฐานในบริเวณทดสอบ





รูปที่ 4.3 แผนที่บริเวณถนนสีพระยา-สุรวงศ์และแนวทดสอบ



รูปที่ 4.4 สถานีฐานในบริเวณถนนสีพระยา-สุรวงศ์

ตารางที่ 4.3 สถานีฐานในบริเวณถนนพญาไท

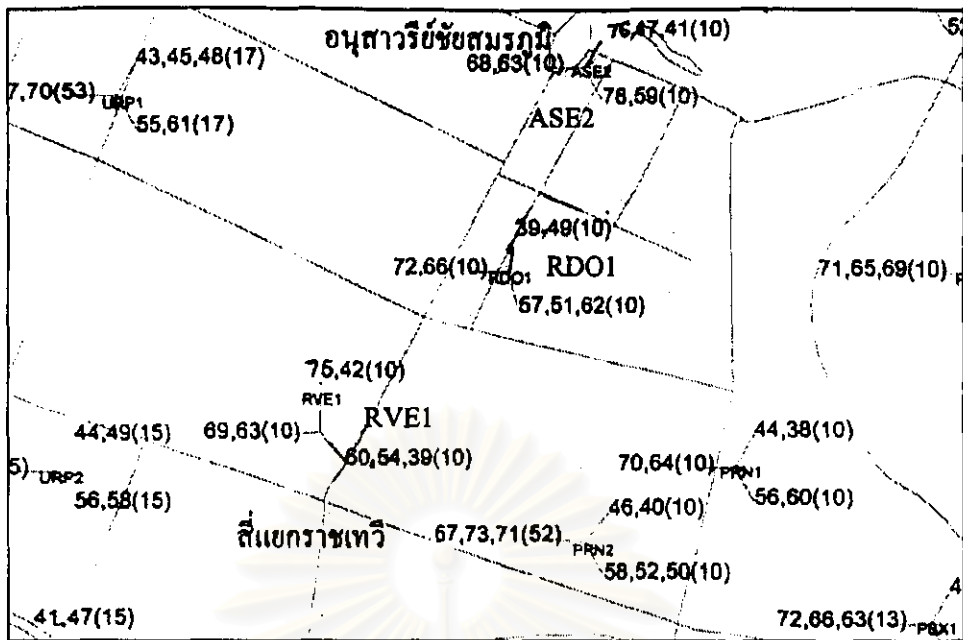
ชื่อสถานี	ตำแหน่ง		เซกเตอร์	ความถี่ MHz	แนวตั้ง Degree	มุมก้ม Degree	กำลังส่ง dBm	ความสูง m	สายอากาศ
	E	N							
ASE2 Anusawaree2	666723	1521811	1	950.2	30	8	50	40	CelwaveAP9010
			2	950.6	150	10	50	38.5	CelwaveAP9010
			3	948.6	270	6	50	37	CelwaveAP9010
RDO1 Ratchthewee District	666438	1521290	1	942.8	10	0	51	30	Kathrein738819
			2	946.4	165	0	51	30	Kathrein738819
			3	949.4	270	10	51	30	Kathrein738819
RVE1 Ratchthewee1	665857	1520881	1	950	0	14	51	39	Allgon7143.14
			2	947	150	14	51	34	Allgon7143.14
			3	948.8	270	14	51	33	Allgon7143.14

สำหรับสถานีที่พิจารณาบริเวณถนนพญาไทได้แก่

- ASE2 เซกเตอร์ 3
- RDO1 เซกเตอร์ 1 และ 3
- RVE1 เซกเตอร์ 1 และ 2

ในบริเวณถนนพญาไทจะมีสัญลักษณ์ของสถานีทดสอบเป็น ASE2-3, RDO1-1, RDO1-3, RVE1-1 และ RVE1-2 โดยการทดสอบในบริเวณนี้มีเส้นทางทดสอบเริ่มจากบริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิจนถึงสี่แยกราชเทวี ซึ่งบริเวณที่ทดสอบและเส้นทางจุดทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.5

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

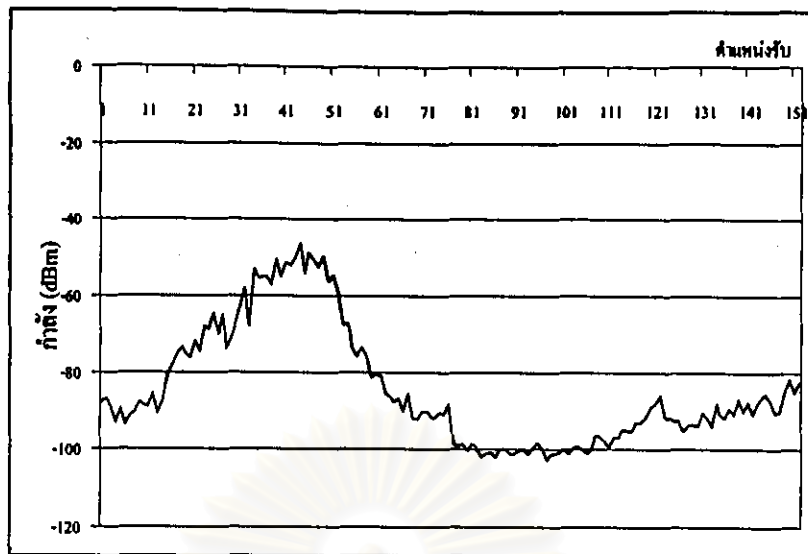


รูปที่ 4.5 สถานีฐานในบริเวณถนนพญาไท

#### การวัดและผลการวัด

การทดสอบสัญญาณในบริเวณต่างๆ ใช้รถทดสอบสัญญาณของบริษัทแอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส (มหาชน) จำกัด ซึ่งรถทดสอบที่ใช้มีการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับความแรงสัญญาณโดยมีสายอากาศรับติดตั้งอยู่ในรถทดสอบและใช้คอมพิวเตอร์ต่อพ่วงเพื่อบันทึกค่าความแรงสัญญาณที่ความถี่ต่างๆ ที่สนใจและมีการบันทึกตำแหน่งของจุดทดสอบสัญญาณด้วยการต่อพ่วงกับอุปกรณ์ GPS ในรถทดสอบ อุปกรณ์วัดระดับความแรงสัญญาณสามารถวัดระดับความแรงสัญญาณของสัญญาณได้หลายความถี่พร้อมกันโดยกวาดค่าวัดไปตามความถี่แต่ละความถี่ที่กำหนดโดยผู้วัด สำหรับการวัดระดับความแรงสัญญาณในแต่ละกรณีใช้การสุ่มค่าที่ทุกๆ ระยะ 20 เมตรจากนั้นจะนำตำแหน่งจุดทดสอบที่ได้ไปใช้ในการคำนวณด้วยแบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองและเปรียบเทียบผลการวัดในแต่ละกรณี ตัวอย่างผลการวัดแสดงในรูปที่ 4.6 เป็นผลการวัดสัญญาณความถี่ 950.4 MHz บริเวณถนนพหลโยธิน โดยแกนอนแสดงตำแหน่งของจุดทดสอบหรือตำแหน่งรับของสายอากาศรับ แกนตั้งแสดงระดับสัญญาณที่วัดได้ที่ตำแหน่งรับนั้นๆ



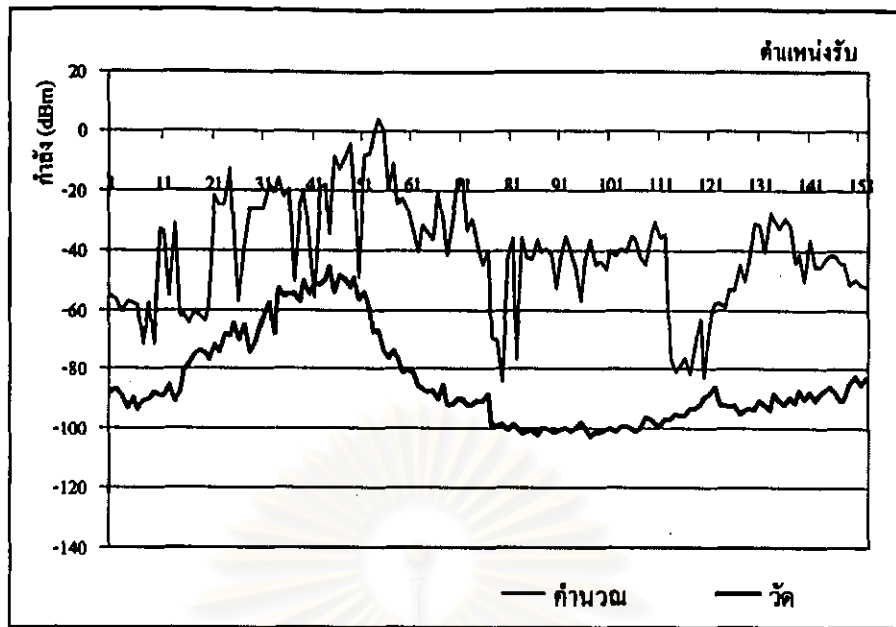


รูปที่ 4.6 ตัวอย่างผลการวัดสัญญาณความถี่ 950.4 MHz บริเวณถนนพหลโยธิน

จากรูปที่ 4.6 จะเห็นว่าระดับสัญญาณที่วัดได้มีการแกว่งของสัญญาณไม่มากนักเนื่องจากอุปกรณ์วัดระดับความแรงสัญญาณเป็นแบบกวาดค่าตามแกนความถี่เมื่อตรงกับความถี่ที่ต้องการจึงบันทึกค่าความแรงสัญญาณและอาจกล่าวได้ว่าอุปกรณ์วัดมีความไวต่อการเปลี่ยนระดับความแรงสัญญาณไม่มากทำให้สัญญาณมีระดับไม่แกว่งมาก และการสุ่มค่าที่ทุกๆ ระยะ 20 เมตรจึงทำให้ผลการวัดอยู่ในลักษณะของแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสัญญาณตามเส้นทางเดินของจุดทดสอบ

#### ผลการวัดและผลการคำนวณ

จากการวัดจะได้ตำแหน่งของจุดทดสอบซึ่งจะนำมาใช้คำนวณกำลังรับที่ตำแหน่งทดสอบนั้นด้วยแบบจำลองโดยวิธีการป้อนข้อมูลและวิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก ก. เมื่อได้ผลการคำนวณแล้วจะนำมาเปรียบเทียบกับผลการวัดเพื่อหาค่าฟังก์ชันชดเชยการลดทอนสำหรับสิ่งกีดขวางและความไม่สม่ำเสมอของพื้นผิวสิ่งกีดขวางที่ได้ละเลยไป การเปรียบเทียบผลการคำนวณและผลการวัดก่อนใช้ค่าฟังก์ชันชดเชยแสดงในรูปที่ 4.7 ซึ่งผลการคำนวณขณะนี้เป็นการคำนวณด้วยแบบจำลองเชิงวิเคราะห์ และเพื่อให้การทำนายระดับสัญญาณมีความถูกต้องมากขึ้นก็จะเปรียบเทียบผลการคำนวณกับผลการวัดซึ่งเป็นวิธีของแบบจำลองเชิงประจักษ์ ดังนั้นการทำนายระดับสัญญาณที่ได้จะเป็นการทำนายด้วยแบบจำลองเชิงประจักษ์



รูปที่ 4.7 ผลการวัดและผลการคำนวณก่อนใช้ฟังก์ชันชดเชย

การปรับเทียบหาฟังก์ชันชดเชยใช้วิธีเทียบผลการวัดและผลการคำนวณหลายชุด โดยในเบื้องต้นมีสมมุติฐานว่าฟังก์ชันชดเชยได้จากผลต่างของผลการวัดและผลการคำนวณ และเขียนสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับที่คำนวณด้วยวิธีเชิงวิเคราะห์และค่ากำลังรับที่ทำนายด้วยวิธีกึ่งประจักษ์ดังสมการที่ 4.1

$$P_{receive\_total} = P_{calculated} + L \quad (4.1)$$

โดย  $P_{receive\_total}$  คือค่ากำลังรับที่ทำนายได้ด้วยวิธีกึ่งประจักษ์

$P_{calculated}$  คือค่ากำลังรับที่คำนวณด้วยระเบียบวิธีเชิงวิเคราะห์ดังแสดงในบทที่ 3

$L$  คือค่าลดทอนเชิงประจักษ์ ได้จากพิจารณาผลการวัดเทียบกับผลการคำนวณ

การหาค่าลดทอน  $L$  จากการเปรียบเทียบผลการคำนวณและผลการวัดหลายชุดพบว่าค่าลดทอนเป็นฟังก์ชันที่ขึ้นกับตำแหน่งของจุดทดสอบเทียบกับตำแหน่งและแนวตั้งของสายอากาศส่งและขึ้นกับช่วงความกว้างของมุมที่ใช้ในการกวาดแนวติดตามทางเดินสัญญาณในระนาบเอียง ซึ่งสำหรับวิทยานิพนธ์นี้ใช้ค่าช่วงมุมเป็น  $\pm 60$  องศาจากแนวตั้งของสายอากาศ หรือมีความกว้าง 120 องศาเนื่องจากสถานีฐานที่พิจารณาในวิทยานิพนธ์นี้เป็นสถานีฐานแบบ 3 เซกเตอร์และความกว้างถาดคลื่นของสายอากาศที่ใช้แต่ละเซกเตอร์มีความสามารถครอบคลุมประมาณ 120 องศา โดยแสดงช่วงกวาดแนวรังสีทดสอบในรูปที่ 4.8

จากสมมติฐานและการพิจารณาด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้น ทำให้ได้ค่าลดทอน  $L$  ดังนี้

$$L = L(\phi) = \begin{cases} -30 \text{ dB} & \text{Direction} - BW/2 < \phi < \text{Direction} + BW/2 \\ -50 \text{ dB} & \text{Elsewhere} \end{cases} \quad (4.2)$$

โดย  $\phi$  คือมุมที่แนวตำแหน่งรับและตำแหน่งส่งทำกับแนวทิศอ้างอิง 0 องศา

$Direction$  คือมุมแนวตั้งของเสาหลัก

$BW$  คือความกว้างของช่วงมุมที่ใช้ในการกวาดแนวติดตามทางเดินสัญญาณ

ในระนาบเอียง ซึ่งสำหรับกรณีทดสอบนี้ใช้ค่า 120 องศา

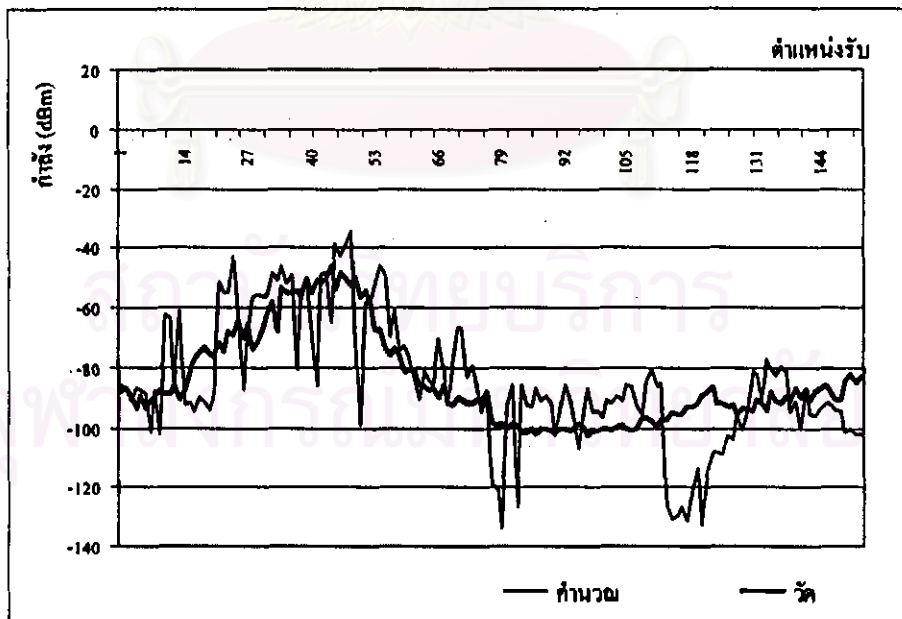


รูปที่ 4.8 ช่วงของการกวาดแนวรังสีทดสอบ

จากสมการที่ (4.2) จะเห็นว่าค่าลดทอนมีค่าสูงมากแม้ว่าจะเป็นกรณีที่ตำแหน่งเสาอากาศรับอยู่ในช่วงกวาดแนวรังสีทดสอบ เนื่องจากขณะวัดระดับความแรงสัญญาณด้วยรถทดสอบนั้น เสาอากาศรับสัญญาณอยู่ในรถทดสอบและสัญญาณที่เดินทางจากอากาศส่งถูกลดทอนด้วยโครงรถที่เป็นโลหะ ซึ่งถ้าคำนวณการลดทอนเนื่องจากคลื่นเดินทางผ่านโครงรถซึ่งมีสมบัติของโลหะตัวนำจาก [12] จะพบว่าสัญญาณมีการลดทอนไปเนื่องจากการสะท้อนประมาณ -20 dB ถึง -40 dB และเมื่อพิจารณาผลการคำนวณเทียบกับผลการวัดด้วยค่าลดทอนช่วง -20 dB ถึง -40 dB พบว่าเมื่อใช้ค่าลดทอนเป็น -30 dB จะเป็นค่าที่ให้ผลเปรียบเทียบของผลการวัดและผลการคำนวณใกล้เคียงกันสำหรับทุกๆ กรณี สำหรับกรณีที่จุดทดสอบอยู่นอกช่วงกวาดแนวรังสีทดสอบค่าลดทอนจะมีค่ามากกว่ากรณีจุดทดสอบอยู่ในช่วงกวาดแนวรังสีเพราะในกรณีนี้รังสีที่พิจารณามีเพียงรังสีเดี่ยวเบนและรังสีเดินทางเป็นเส้นตรงเท่านั้นขาดรายละเอียดของรังสีสะท้อนในระนาบเอียงไป และจากการเปรียบเทียบด้วยผลการวัดพบว่าผลการคำนวณต้องเพิ่มค่าลดทอนเข้าไปมากกว่ากรณีจุดทดสอบ

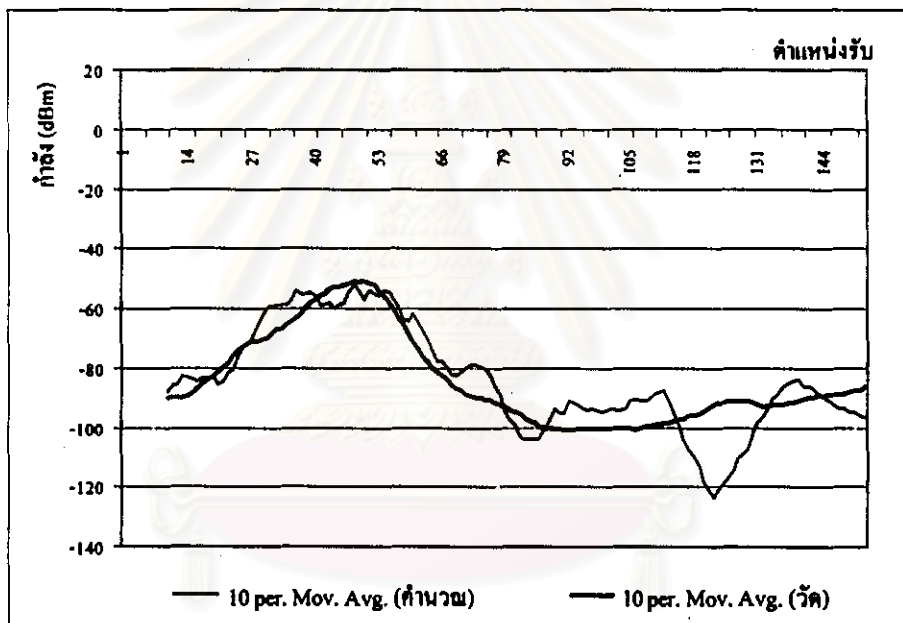
อยู่ในช่วงกวาดแฉวงรังสีประมาณ -50 dB ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้ผลการวัดและผลการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกันทุกๆ กรณี รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างผลการวัดและผลการคำนวณที่ปรับเทียบด้วยฟังก์ชันชดเชยแล้ว

จากผลการคำนวณด้วยโปรแกรมคำนวณและการชดเชยค่าลดทอน จะได้ผลทำนายระดับสัญญาณที่ตำแหน่งทดสอบต่างๆ ก่อนที่จะนำไปเปรียบเทียบกับผลการวัดจริงเพื่อตรวจสอบความแม่นยำในการทำนาย จากผลการคำนวณจะเห็นว่ามีการแกว่งของสัญญาณมากกว่าผลการวัดเพราะดังที่กล่าวแล้วว่าเครื่องมือวัดมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณไม่มาก นอกจากนี้การบันทึกตำแหน่งจุดทดสอบด้วย GPS ของรถทดสอบมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับหนึ่งในขณะที่การอ้างอิงตำแหน่งของสิ่งกีดขวางอ้างอิงจากพิกัดของแผนที่ JICA ดังที่กล่าวไว้แล้วในเรื่องสิ่งกีดขวางในระบบในบทที่ 3 ดังนั้นการที่จะเปรียบเทียบผลการวัดและผลการคำนวณแบบจุดต่อจุดอาจให้ผลการเปรียบเทียบที่มีความคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้เสนอให้ใช้การทำค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ (moving average) ของผลการวัดและผลการคำนวณก่อนเพื่อให้เป็นการเปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณแทนที่จะเป็นการเปรียบเทียบระดับสัญญาณแบบจุดต่อจุด อย่างไรก็ตามสาเหตุที่วิทยานิพนธ์นี้ใช้การเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่เพื่อพิจารณาแนวโน้มสัญญาณได้เนื่องจากจุดทดสอบอยู่ในแนวทดสอบที่ต่อเนื่องกัน หากจุดทดสอบมีการกระจายตัวแบบไม่อยู่ในแนวเดียวกันอาจจะไม่สามารถใช้วิธีเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ได้



รูปที่ 4.9 ผลการวัดและผลการคำนวณที่ชดเชยแล้ว

การเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ที่สามารถเลือกจำนวนจุดที่จะใช้ในการเฉลี่ยได้ โดยสามารถเลือกใช้ตั้งแต่สองจุดขึ้นไป ในวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้การเฉลี่ยด้วยจำนวน 10 จุดซึ่งเป็นจำนวนที่ทำให้กราฟผลการคำนวณมีความเรียบขึ้นจนเห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนในขณะที่จะเสียข้อมูลเพียง 9 จุดแรกเท่านั้น ถ้าหากใช้จำนวนจุดน้อยกว่านี้จะเห็นแนวโน้มไม่ชัดเจนเพราะยังมีการแกว่งอยู่ และหากใช้จำนวนจุดมากกว่านี้ก็เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงแต่จะเสียข้อมูลช่วงแรกมากเกินไปและจะเสียรายละเอียดบางจุดในกรณีที่บางช่วงมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบๆ การเปรียบเทียบด้วยค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่แสดงในรูปที่ 4.10 โดยจะไม่แสดงกราฟผลการวัดและผลการคำนวณก่อนทำการเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่เพื่อความสะดวกในการพิจารณากราฟเปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณและการทดสอบค่าทางสถิติของผลการวัดและผลการคำนวณจะใช้ผลต่างของค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ของทั้งผลการวัดและผลการคำนวณมาทดสอบ

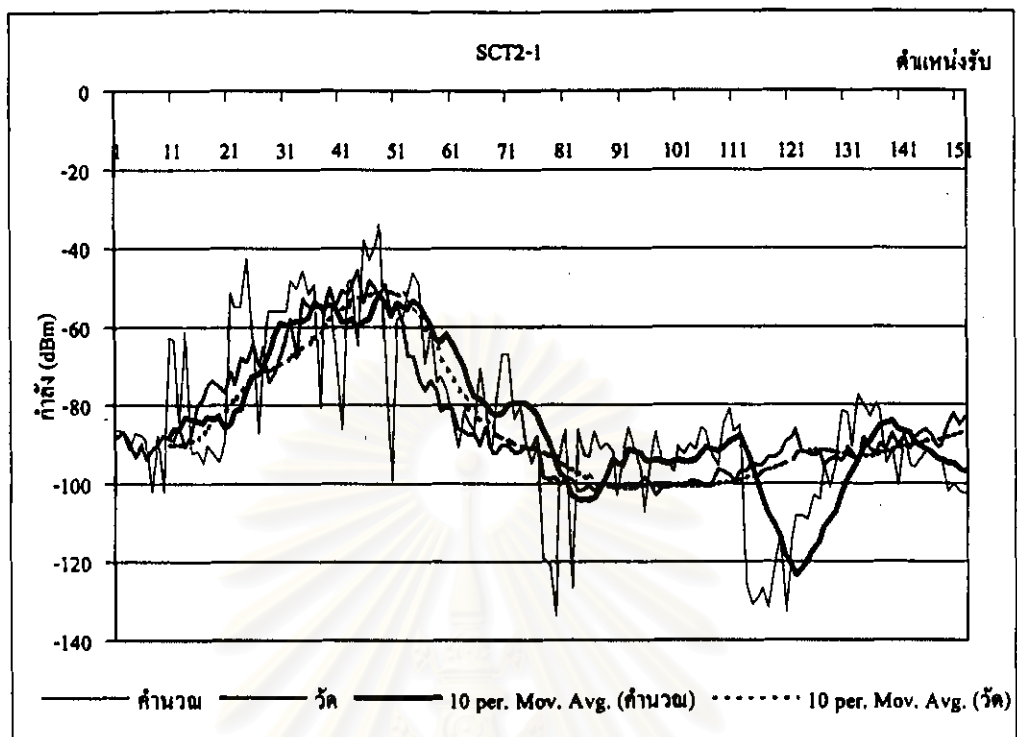


รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบกราฟค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ของผลการวัดและผลการคำนวณ

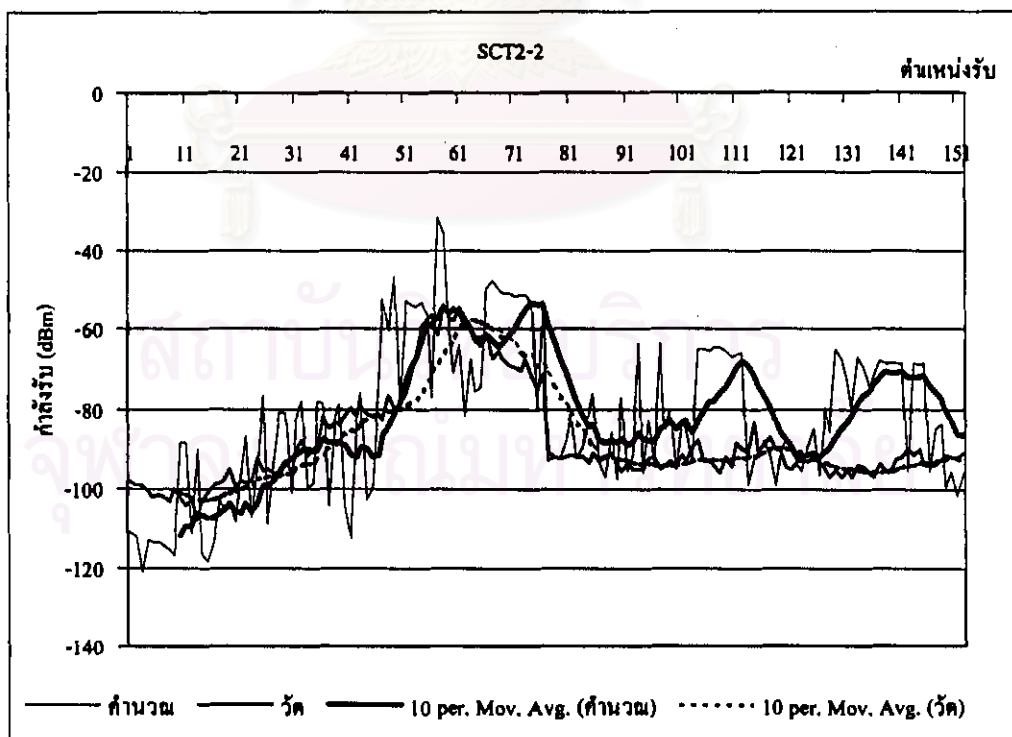
ต่อไปจะเป็นกราฟเปรียบเทียบผลการวัดและผลการคำนวณในกรณีต่างๆ บริเวณถนนพหลโยธิน ถนนสีพระยา-สุรวงศ์ และถนนพญาไทโดยการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบสามารถทำได้ โดยการวิเคราะห์จากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณและใช้ค่าทางสถิติของผลเปรียบเทียบมาอธิบาย โดยจะแยกวิเคราะห์แต่ละบริเวณตามสภาพแวดล้อมการแพร่กระจายคลื่นเริ่มจากบริเวณถนนพหลโยธินก่อนแล้วจึงจะกล่าวถึงบริเวณถนนสีพระยา-สุรวงศ์และบริเวณถนนพญาไทตามลำดับ



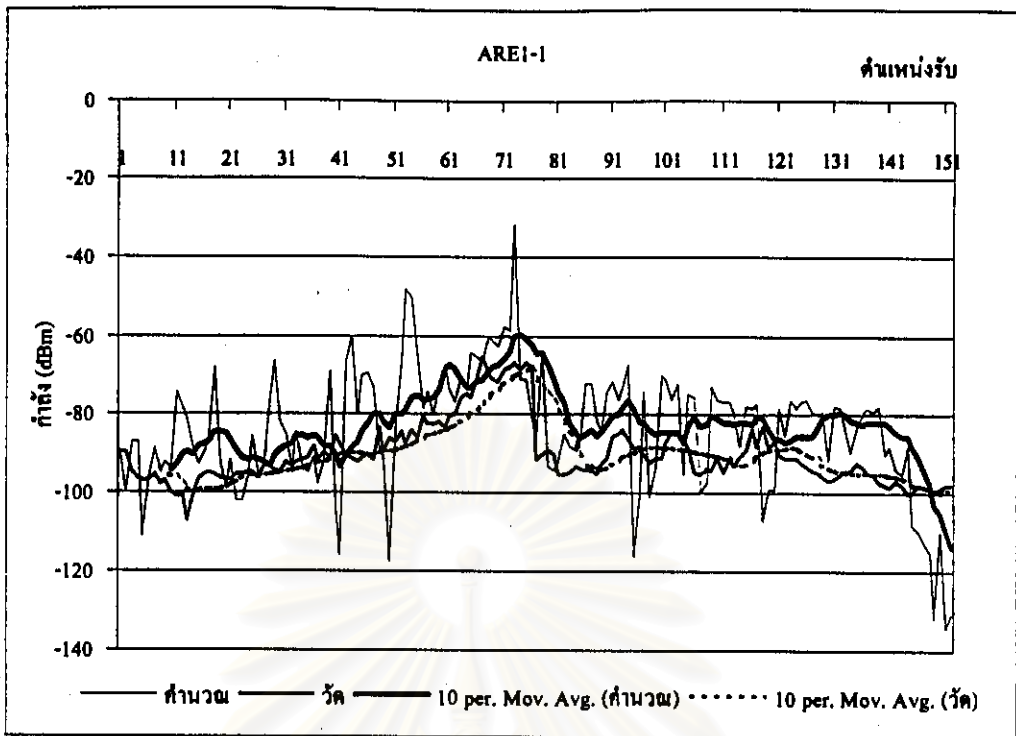
● บริเวณถนนพหลโยธิน



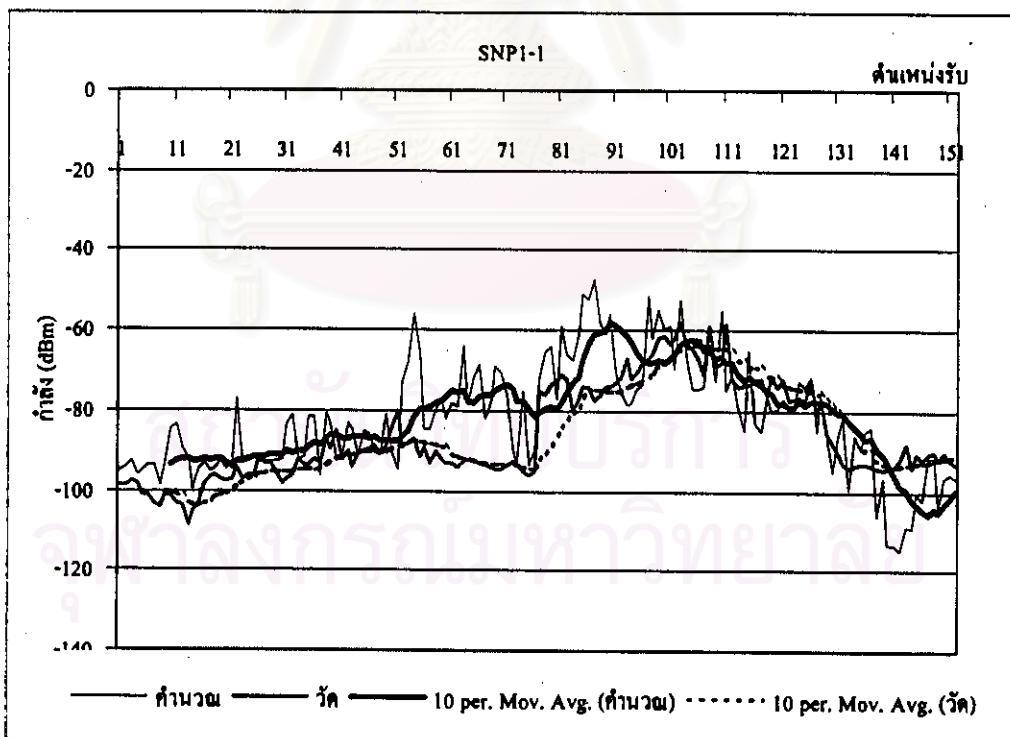
รูปที่ 4.11 กรณีสถานีส่งคือ SCT2-1



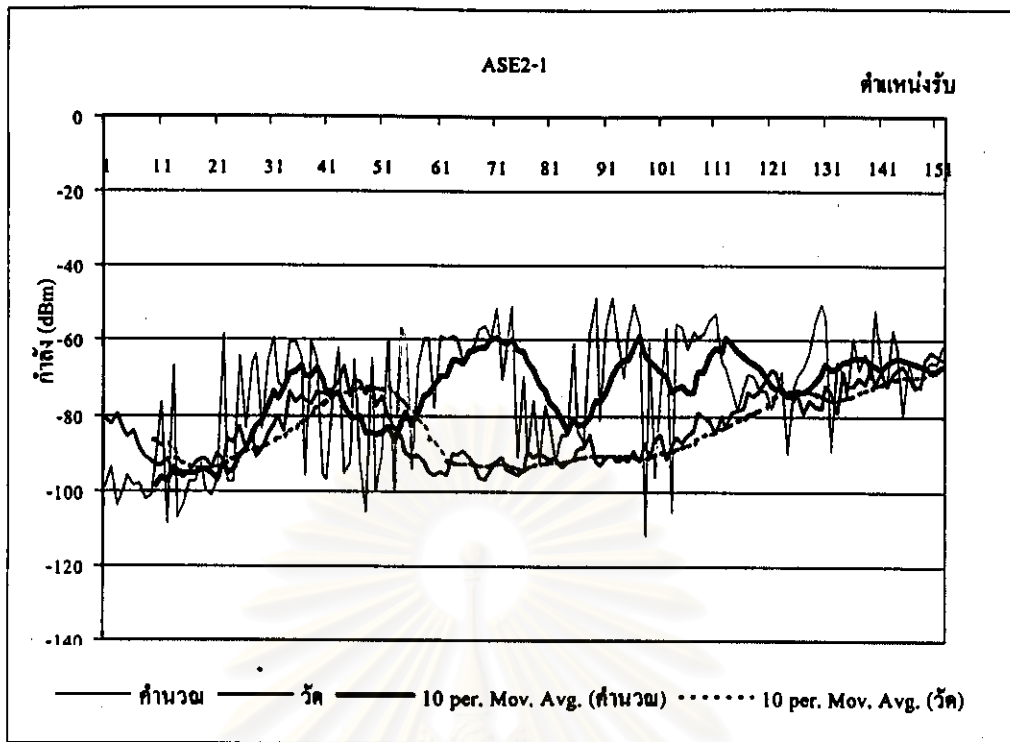
รูปที่ 4.12 กรณีสถานีส่งคือ SCT2-2



รูปที่ 4.13 กรณีสถานีส่งคือ AREI-1



รูปที่ 4.14 กรณีสถานีส่งคือ SNP1-1



รูปที่ 4.15 กรณีสถานีส่งคือ ASE2-1

กรณีศึกษาในบริเวณถนนพหลโยธินมีผลเปรียบเทียบในรูปที่ 4.11 - 4.15 ซึ่งสามารถพิจารณาลักษณะระดับสัญญาณในแต่ละกรณีดังนี้

1. SCT2-1 (รูปที่ 4.11) กรณีนี้สายอากาศส่งอยู่ที่ตึกชินวัตร 2 และตั้งทิศไปที่ 30 องศา เทียบกับแนวทิศเหนือตามเข็มนาฬิกาและตำแหน่งของสายอากาศส่งอยู่ช่วงบริเวณจุดทดสอบที่ประมาณ 45 - 50 ดังนั้นจะเห็นว่าช่วงตำแหน่งรับที่ 20 - 55 ระดับสัญญาณมีความแรงสูงขึ้นและค่อยๆ ลดลงเมื่อตำแหน่งรับเคลื่อนตัวลงมาเรื่อยๆ ทางด้านอนุสาวรีย์ชัย-สมรภูมิซึ่งเป็นด้านพหุตั้งของสายอากาศ
2. SCT2-2 (รูปที่ 4.12) กรณีนี้สายอากาศส่งอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกับกรณี SCT2-1 แต่ตั้งทิศไปทาง 170 องศา ซึ่งจากผลการวัดจะเห็นว่าช่วงตำแหน่งรับระหว่างจุดที่ 50 - 80 ระดับสัญญาณมีความแรงมากขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งมีค่าค่อนข้างคงที่ ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าโดยปกติสถานีฐานสถานีหนึ่งของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีระบะครอบคุมอยู่จำกัดเพื่อไม่ให้สัญญาณมีระดับแรงจนกระทั่งไปรบกวนสัญญาณของสถานีข้างเคียง

3. ARE1-1 (รูปที่ 4.13) สายอากาศส่งของกรณีนี้อยู่ที่บริเวณซอยอารีย์ 1 ซึ่งเป็นช่วงประมาณกึ่งกลางของแนวทดสอบและมีทิศตั้งเป็น 30 องศา โดยจะสังเกตเห็นระดับความแรงสัญญาณในช่วงที่อยู่ในรัศมีแนวตั้งของสายอากาศมีระดับสูงกว่าบริเวณอื่น
4. SNP1-1 (รูปที่ 4.14) กรณีนี้สายอากาศส่งตั้งอยู่ที่สนามเป่ามีแนวตั้งเป็น 30 องศา และตำแหน่งตั้งอยู่ในช่วงซึ่งเป็นช่วงที่กำลังจะสิ้นสุดแนวตำแหน่งทดสอบแล้ว และเหมือนกับกรณีอื่นๆ ก็คือระดับความแรงสัญญาณจะมีระดับที่สูงขึ้นในช่วงรัศมีแนวตั้งของสายอากาศ
5. ASE2-1 (รูปที่ 4.15) ในกรณีนี้สายอากาศส่งอยู่เลขช่วงแนวตำแหน่งทดสอบออกมาแล้ว แต่เนื่องจากแนวตั้งของสายอากาศมีแนวที่ใกล้เคียงกับแนวตำแหน่งทดสอบ ดังนั้นจึงทำการวัดความแรงสัญญาณมาเป็นกรณีศึกษาด้วย แต่จากผลการวัดจะเห็นระดับความแรงสัญญาณมีช่วงที่ระดับเปลี่ยนแปลงอยู่หลายช่วง ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วไม่น่าเป็นไปได้ สาเหตุที่ระดับความแรงสัญญาณในช่วงจุดทดสอบที่ 20-50 มีค่าระดับที่สูงขึ้นนั้น คาดว่าเป็นผลมาจากการรบกวนของ SCT2-1 เพราะความถี่ใช้งานของ SCT2-1 คือ 950.4 MHz และของ ASE2-1 คือ 950.2 MHz ซึ่งอาจทำให้ผลการวัดมีลักษณะดังกล่าวได้

จากการเปรียบเทียบกราฟค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ของผลการคำนวณและผลการวัดจะเห็นว่า มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอยู่ในแนวโน้มเดียวกัน ยกเว้นรูปที่ 4.15 ซึ่งเป็นผลวัดกรณี ASE2-1 สาเหตุที่ผลการคำนวณคลาดเคลื่อนจากผลการวัดมากเนื่องจากในการคำนวณใช้ฐานข้อมูลของตึกเฉพาะช่วงคลองบางซื่อจนถึงบริเวณทางด่วนอนุสาวรีย์เท่านั้น โดยไม่ได้รวมตึกกีดขวางที่อยู่รอบๆ ที่ตั้งของสายอากาศส่ง ASE2 ซึ่งอยู่บริเวณด้านตรงข้ามของทางด่วนไว้ด้วย จึงทำให้ผลการคำนวณคลาดเคลื่อนไปมาก นอกจากนี้จะเห็นว่าผลการคำนวณจริงๆ ก่อนหาค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ ในแต่ละกรณีจะมีการแกว่งของระดับความแรงสัญญาณต่างจากผลการวัดมาก ทั้งนี้เนื่องจากในสภาพแวดล้อมการแพร่กระจายคลื่นจริงมีสิ่งกีดขวางที่ทำให้เกิดสัญญาณพหุวิถีไม่เท่ากับสภาพแวดล้อมที่จำลองในฐานข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นขอบประตู เสาไฟฟ้า ป้าย ฯลฯ เพราะฐานข้อมูลสมมุติว่าพื้นผิวของตึกมีความเรียบเสมอกัน ไม่มีขอบและเหลี่ยมเหล่านี้ เมื่อมีการเกิดสัญญาณพหุวิถีไม่เหมือนกันจึงทำให้ผลการคำนวณที่ได้มีการแกว่งเนื่องจากการรวมเฟสของสัญญาณไม่เท่ากับผลการวัด และดังที่กล่าวแล้วว่าอุปกรณ์วัดระดับสัญญาณมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณน้อยจึงทำให้ผลการวัดมีความเรียบกว่าผลการคำนวณ สำหรับการวิเคราะห์ด้วยตัวเลขทางสถิติจะใช้การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของผลต่างค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ของผลการวัดเทียบกับค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ของผลการคำนวณ โดยแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าทางสถิติของค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ของผลการวัดเทียบกับ  
ค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ของผลการคำนวณบริเวณถนนพหลโยธิน

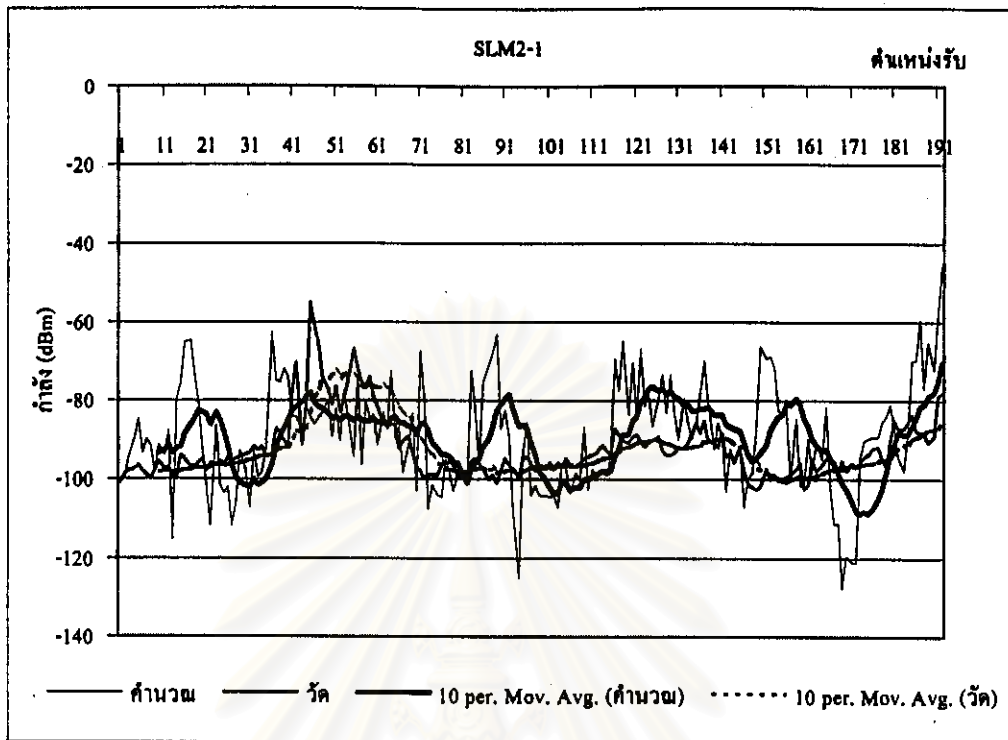
กรณีเปรียบเทียบ	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
SCT2-1	0.8608	6.95	5.79
SCT2-2	0.7832	8.73	6.63
ARE1-1	0.8371	7.85	3.76
SNP1-1	0.7810	7.06	5.08
ASE2-1	0.1783	12.35	9.64

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของผลการวัดและผลการคำนวณมีค่ามากกว่า 70 % ยกเว้นกรณี ASE2-1 ซึ่งสอดคล้องกับการพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจากกราฟเปรียบเทียบ จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แสดงว่าผลการคำนวณสามารถทำนายผลการวัดได้ในระดับที่น่าพอใจมากในบริเวณทดสอบนี้ โดยเฉพาะบริเวณที่มีฐานข้อมูลถึงกีดขวางมากกว่า จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะเห็นว่าสามารถใช้ผลการคำนวณเพื่อทำนายแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับความแรงสัญญาณได้ในระดับที่น่าพอใจ และคาดว่าถ้าหากฐานข้อมูลมีความครบถ้วนสมบูรณ์และแม่นยำกว่าที่มีในปัจจุบันค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในกรณี ASE2-1 น่าจะมีค่าสูงขึ้นกว่านี้ ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วงที่ไม่สูงมากคือประมาณ 6-13 dB โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วงประมาณ 3-10 dB

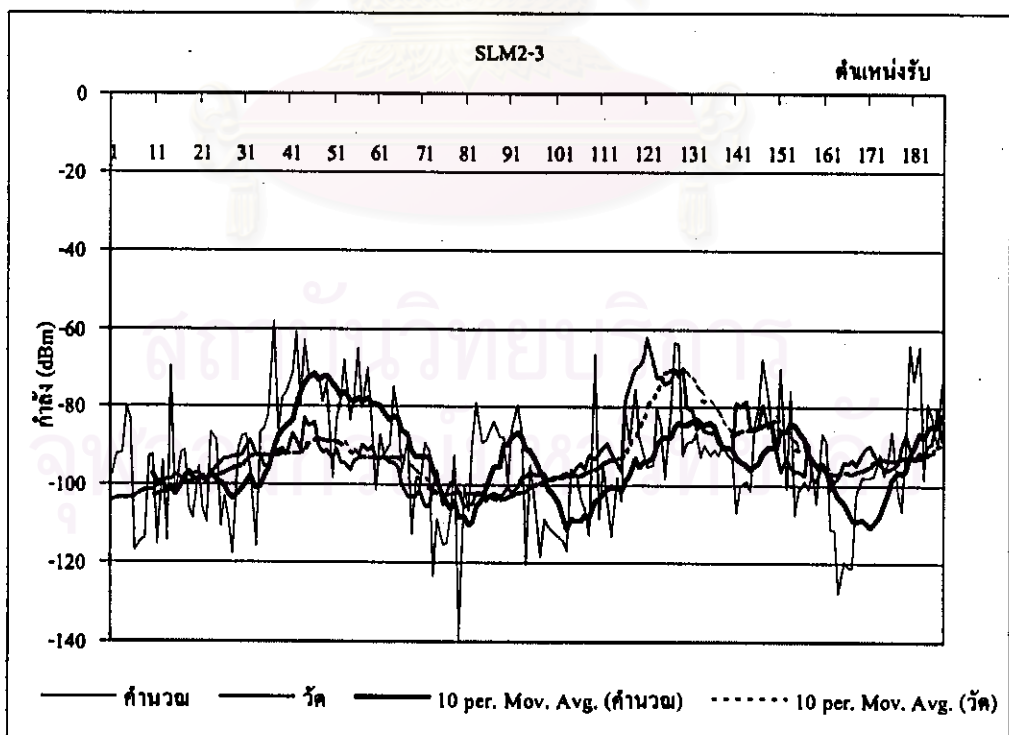
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



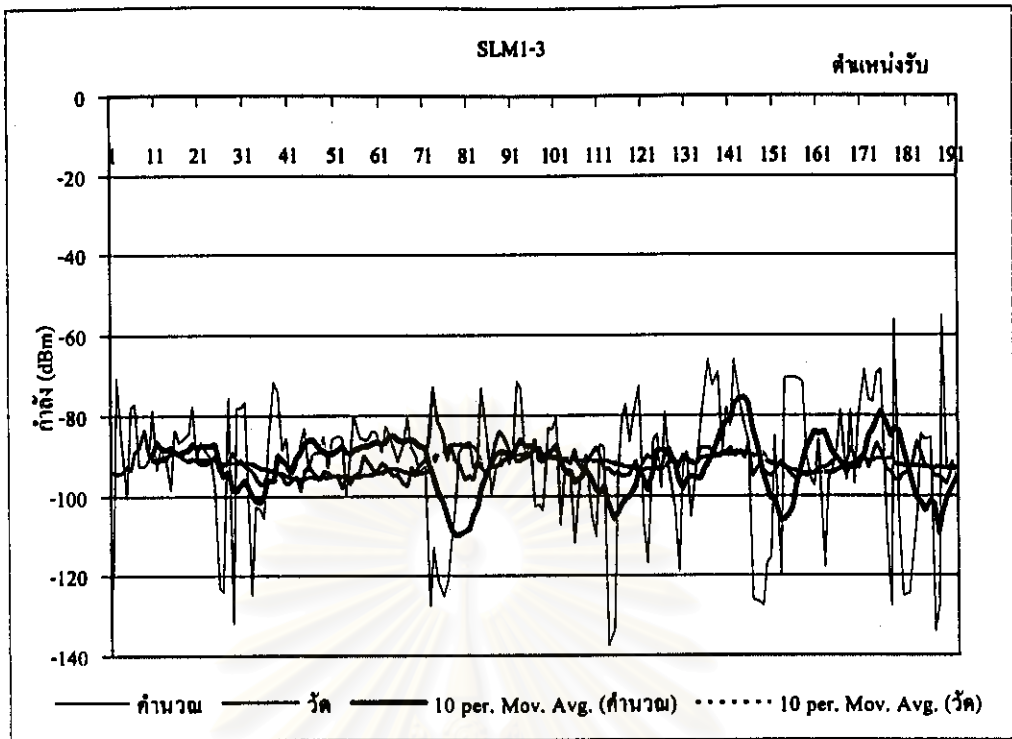
● บริเวณถนนสี่พระยา-สุวรรณศร



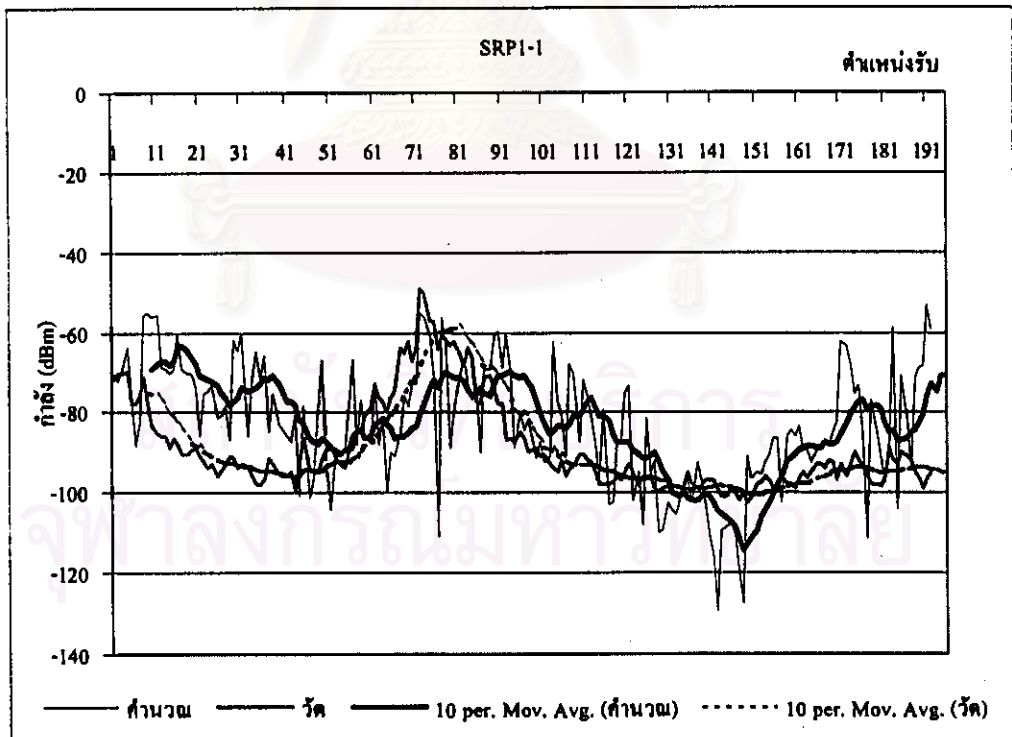
รูปที่ 4.16 กรณีสถานีส่งคือ SLM2-1



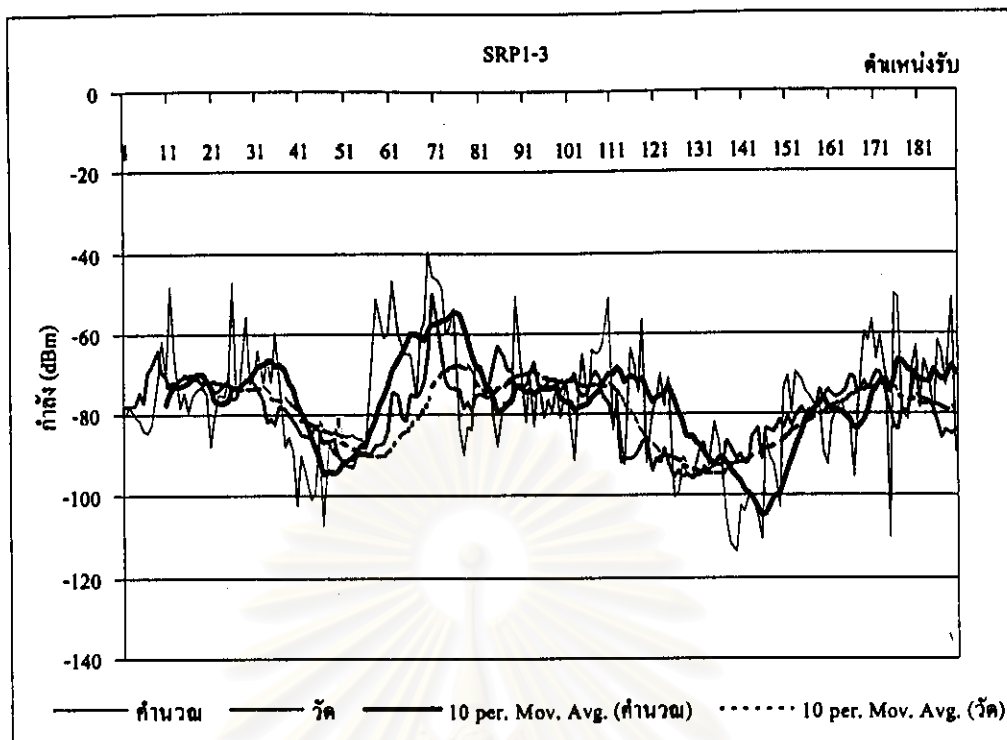
รูปที่ 4.17 กรณีสถานีส่งคือ SLM2-3



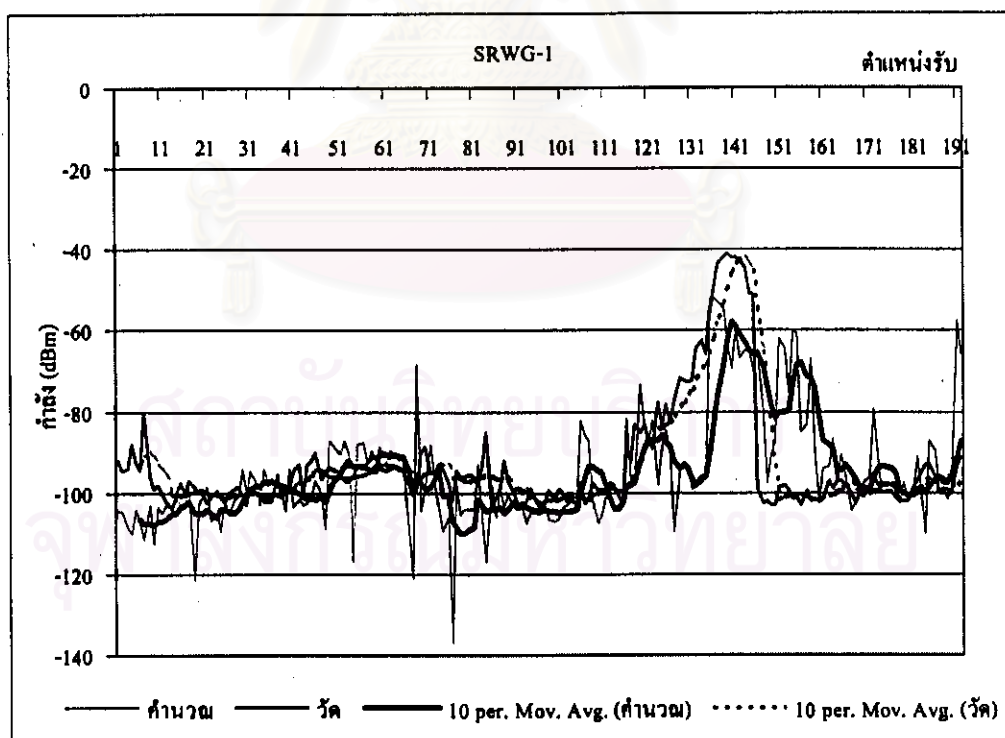
รูปที่ 4.18 กรณีสถานีส่งคือ SLM1-3



รูปที่ 4.19 กรณีสถานีส่งคือ SRP1-1



รูปที่ 4.20 กรณีสถานีส่งคือ SRP1-3



รูปที่ 4.21 กรณีสถานีส่งคือ SRWG-1

การเปรียบเทียบผลการคำนวณและผลการวัดในบริเวณถนนสี่พระยา-สุรวงศ์ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.16 – 4.21 มีลักษณะระดับสัญญาณที่สังเกตจากผลการวัดและจากสภาพแวดล้อมดังนี้

1. SLM2-1 (รูปที่ 4.16) มีที่ตั้งอยู่ที่บริเวณระหว่างถนนสุรวงศ์และถนนสีลมโดยชี้ทิศ 30 องศา พิจารณาจากกราฟผลการวัดจะสังเกตเห็นระดับสัญญาณมีการเปลี่ยนระดับขึ้นลงหลายครั้ง ทั้งนี้เนื่องจากแนวของจุดทดสอบมีบางตำแหน่งที่วนซ้ำรอยทางเดิมบริเวณถนนสี่พระยาช่วงระหว่างถนนทรัพย์และถนนนเรศ อีกบริเวณคือถนนสุรวงศ์ช่วงรอยต่อถนนนเรศและถนนทรัพย์ ทำให้ผลการวัดมีการเปลี่ยนระดับสัญญาณขึ้นลงหลายครั้ง
2. SLM2-3 (รูปที่ 4.17) กรณีนี้สายอากาศส่งมีที่ตั้งเดียวกับกรณี SLM2-1 แต่มีแนวเล็งไปที่ 270 องศา ลักษณะการเปลี่ยนระดับความแรงสัญญาณจะคล้ายกับกรณี SLM2-1 เนื่องจากเหตุผลเดียวกัน แต่ช่วงตำแหน่งที่เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณจะต่างกันเพราะมีแนวเล็งคนละทิศ
3. SLM1-3 (รูปที่ 4.18) จากผลการวัดจะเห็นว่าระดับสัญญาณมีค่าต่ำและค่อนข้างคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่สูงขึ้นเหมือนกับผลการวัดกรณีอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากสายอากาศส่งตั้งอยู่ที่อาคารสีลมตรงข้ามโรงพยาบาลจุฬาและสายอากาศชี้ทิศไปทาง 310 องศา ซึ่งแนวของจุดทดสอบไม่ได้อยู่ในแนวเล็งของสายอากาศเลย ดังนั้นระดับสัญญาณที่วัดได้จึงมีค่าต่ำและไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นเด่นชัดเหมือนกรณีอื่นๆ
4. SRP1-1 (รูปที่ 4.19) ที่ตั้งของสายอากาศกรณีนี้อยู่ระหว่างถนนทรัพย์และถนนนเรศมีมุมเล็งที่ 30 องศา เนื่องจากแนวของจุดทดสอบมีลักษณะวนรอบสถานีฐานนี้ ดังนั้นระดับความแรงสัญญาณในช่วงที่จุดทดสอบอยู่ในช่วงแนวเล็งของสายอากาศจึงมีระดับที่สูงกว่าบริเวณอื่นอย่างเห็นได้ชัด
5. SRP1-3 (รูปที่ 4.20) กรณีนี้คล้ายกับกรณี SRP1-1 เพราะสายอากาศส่งอยู่ตำแหน่งเดียวกันและแนวจุดทดสอบก็เป็นแนวเดียวกันกับกรณี SRP1-1 ด้วยแต่ชี้ทิศแนวเล็งต่างกัน โดยกรณีนี้แนวเล็งเป็น 280 องศา และเนื่องจากแนวจุดทดสอบวนรอบสถานีฐานและมีบางช่วงที่แนวทดสอบซ้ำกับแนวเดิม ทำให้ผลวัดมีการเปลี่ยนระดับความแรงสัญญาณหลายครั้ง
6. SRWG-1 (รูปที่ 4.21) ตำแหน่งที่ตั้งของสายอากาศกรณีนี้ตั้งอยู่ติดกับถนนสุรวงศ์ มีแนวเล็ง 75 องศาซึ่งเป็นแนวเดียวกับถนนสุรวงศ์ และแนวทดสอบผ่านไปใกล้สายอากาศส่งเพียงครั้งเดียว ทำให้ลักษณะของผลวัดมีการยกกระด้างเพียงครั้งเดียวและมีระดับที่สูงเพราะสายอากาศอยู่ริมถนน

จากการสังเกตจากผลเปรียบเทียบระหว่างกราฟค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ของผลการวัดและของผลการคำนวณพบว่าบางช่วงมีแนวโน้มเดียวกันแต่บางช่วงมีแนวโน้มที่ตรงกันข้ามในแต่ละกรณีทดสอบ เช่นรูปที่ 4.16 - 4.19 ส่วนรูปที่ 4.20 และ 4.21 เส้นกราฟเปรียบเทียบจะมีแนวโน้มคล้ายกัน และผลการวิเคราะห์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังแสดงในตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มของผลการวัดและผลการคำนวณมีความเข้ากันได้ไม่มาก ยกเว้นกรณี SRP1-1 SRP1-3 และ SRWG-1 ที่ค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ของผลการคำนวณและของผลการวัดมีความเข้ากันได้พอสมควรด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 50-70 % ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าการทดสอบบริเวณถนนพหลโยธินเล็กน้อย สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยระหว่างค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ของผลการคำนวณและของผลการวัดมีค่าอยู่ในช่วง 6-10 dB ด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4-7 dB ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับการเปรียบเทียบในกรณีทดสอบบริเวณถนนพหลโยธิน

ตารางที่ 4.5 ค่าทางสถิติของค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ของผลการวัดเทียบกับค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ของผลการคำนวณบริเวณถนนสี่พระยา-สุรวงศ์

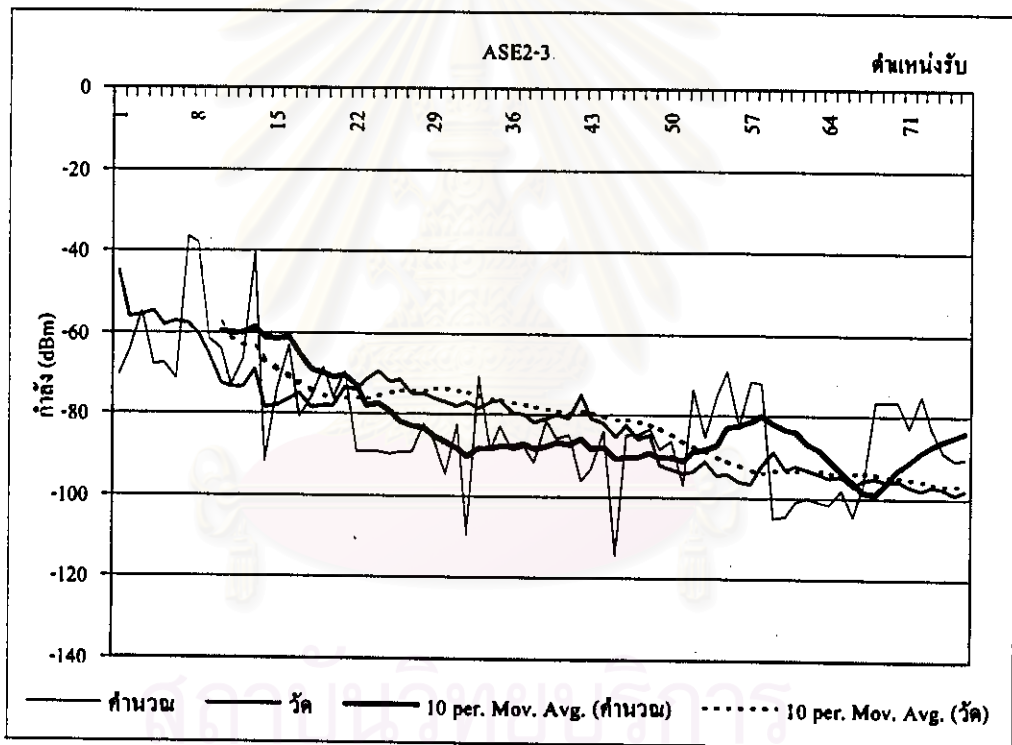
กรณีเปรียบเทียบ	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
SLM2-1	0.4248	7.21	4.64
SLM2-3	0.4857	7.69	4.80
SLM1-3	-0.1204	6.07	4.54
SRP1-1	0.5857	9.89	5.67
SRP1-3	0.6510	6.67	5.01
SRWG-1	0.6952	6.49	6.87

สาเหตุที่ผลการคำนวณในบริเวณนี้มีความแตกต่างกับผลการวัดค่อนข้างมากก็เนื่องจากการกีดขวางในบริเวณนี้มีความหนาแน่นมาก และการทำแผนที่ของสิ่งกีดขวางทำเฉพาะสิ่งกีดขวางที่อยู่บริเวณริมถนน โดยละเลยตึกด้านในไปเป็นจำนวนพอสมควร และตำแหน่งของสถานีฐานในบริเวณนี้ส่วนใหญ่อยู่ด้านใน ทำให้สัญญาณที่เดินทางจากสถานีส่งมายังตำแหน่งรับถูกกีดขวางจากตึกด้านในก่อนที่จะถึงสายอากาศส่งจึงทำให้ผลการคำนวณและผลการวัดไม่ตรงกัน สำหรับกรณี SRP1-1 SRP1-3 และ SRWG-1 นั้นตำแหน่งสายอากาศส่งอยู่ไม่ไกลจากถนนมากนัก ทำให้สิ่งกีดขวางส่วนใหญ่ของสถานีเหล่านี้มีความแตกต่างจากฐานข้อมูลตึกที่ป้อนให้กับแบบจำลองไม่มาก ส่งผลให้ผลการคำนวณและผลการวัดมีแนวโน้มเดียวกัน อีกทั้งในบริเวณนี้ (ถนนสี่พระยา ถนนสุรวงศ์ ถนนสีลม ถนนสาทร) เป็นบริเวณที่มีสถานีฐานของระบบ GSM 900 อยู่ค่อนข้างมาก

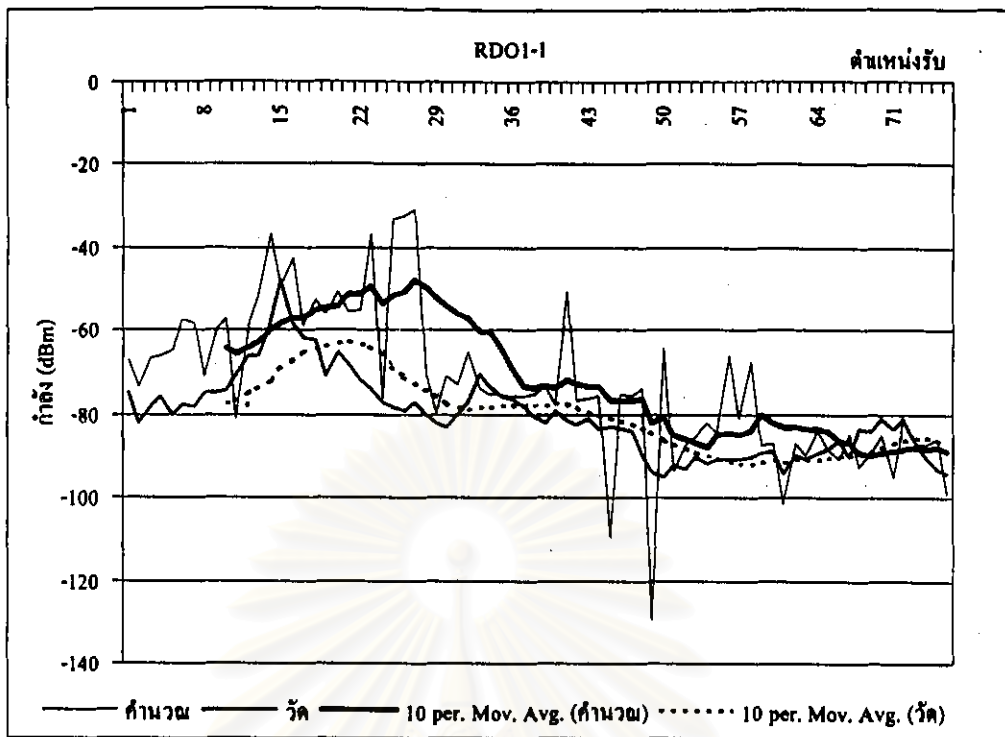


บางบริเวณจึงอาจมีสัญญาณความถี่เดียวกันจากสถานีอื่นมารบกวนได้ ตัวอย่างเช่นการที่ผลการวัดของกรณี SLM2-1 มีการเปลี่ยนระดับความแรงสัญญาณหลายครั้งเนื่องมาจากความถี่ปฏิบัติการของ SLM2-1 คือ 943.4 MHz เป็นความถี่เดียวกับ SMYN-2 หรือสถานีไมโครเซลล์ตามย่าน ซึ่งมีตำแหน่งติดตั้งอยู่ที่บริเวณหน้าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยใช้งานอยู่ ทำให้ช่วงบริเวณจุดทดสอบตำแหน่ง 30 - 45 ซึ่งอยู่บริเวณตอนต้นของถนนสี่พระยามีการยกระดับสัญญาณขึ้น และเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลการคำนวณมีความคลาดเคลื่อนจากผลการวัดได้ จึงอาจกล่าวได้ว่าสำหรับการทำนายการแพร่กระจายคลื่นในบริเวณนี้จำเป็นต้องอาศัยการจัดเก็บฐานข้อมูลที่ละเอียดและสมบูรณ์กว่านี้ รวมถึงต้องจำกัดช่วงของแนวจุดทดสอบให้เหมาะสมด้วย

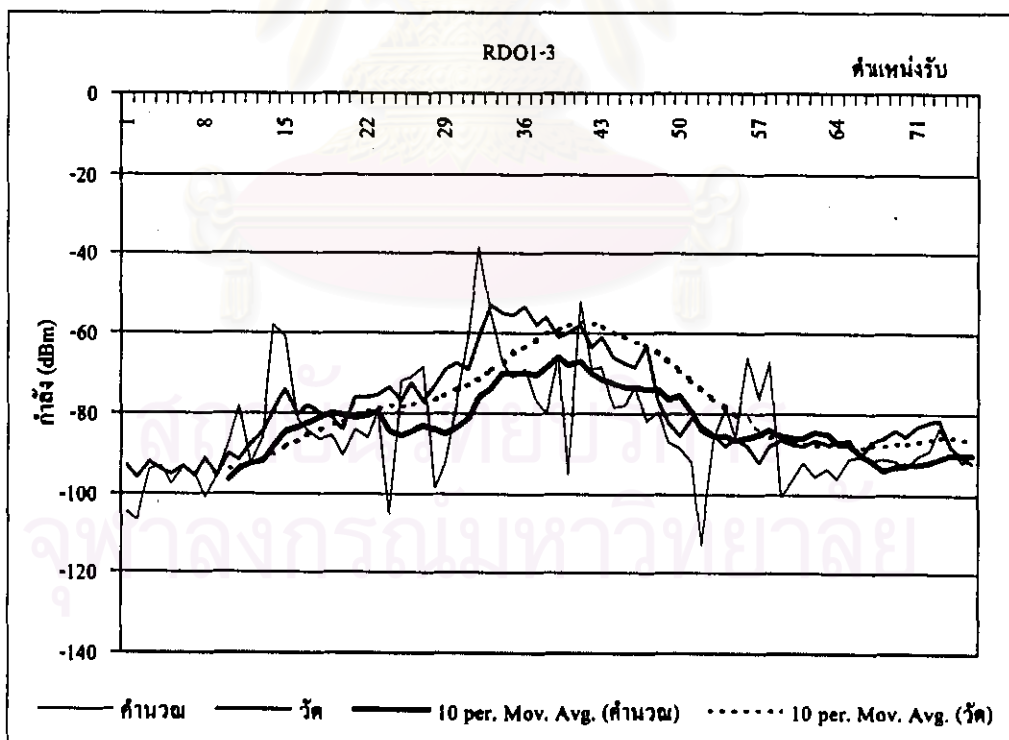
- บริเวณถนนพญาไท



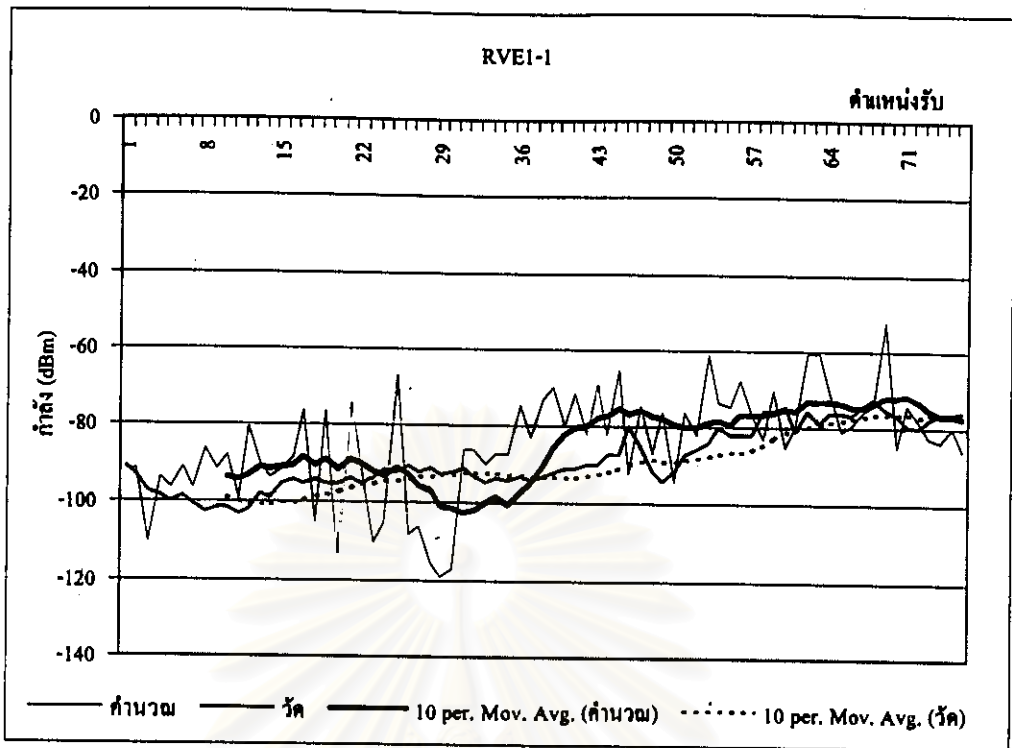
รูปที่ 4.22 กรณีสถานีส่งคือ ASE2-3



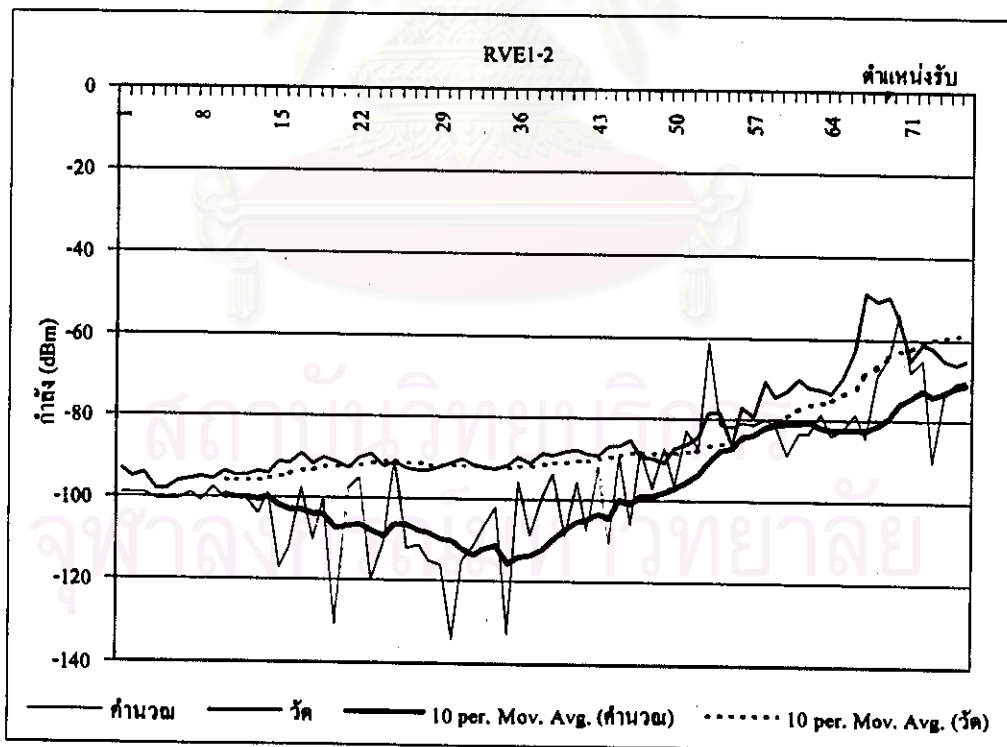
รูปที่ 4.23 กรณีสถานีส่งคือ RDO1-1



รูปที่ 4.24 กรณีสถานีส่งคือ RDO1-3



รูปที่ 4.25 กรณีสถานีส่งคือ RVEI-1



รูปที่ 4.26 กรณีสถานีส่งคือ RVEI-2

ลักษณะสัญญาณของผลการคำนวณและผลการวัดในบริเวณถนนพญาไทแสดงในรูปที่ 4.22 – 4.26 และมีลักษณะดังนี้

7. ASE2-3 (รูปที่ 4.22) มีที่ตั้งอยู่ที่บริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิมีแนวถึง 270 องศา พิจารณาจากกราฟผลการวัดจะสังเกตเห็นระดับสัญญาณต่ำลงเรื่อยๆ ทั้งนี้เนื่องจากแนวของจุดทดสอบวิ่งออกห่างจากสถานีส่งมากขึ้น ระดับสัญญาณที่รับได้จึงมีค่าต่ำลงเรื่อยๆ
8. RDO1-1 (รูปที่ 4.23) กรณีนี้สถานีฐานมีที่ตั้งอยู่บริเวณกึ่งกลางของแนวทดสอบ โดยสายอากาศส่งมีแนวถึงที่ 10 องศา ดังนั้นระดับสัญญาณที่รับได้จะมีระดับที่สูงเมื่อแนวทดสอบอยู่ที่ทิศเหนือของสถานีฐานซึ่งเป็นทิศที่อยู่ในแนวถึงของสายอากาศส่งนั่นเอง และเมื่อแนวทดสอบเลยตำแหน่งของสถานีฐานแล้วจะเห็นว่าระดับสัญญาณมีค่าลดลง
9. RDO1-3 (รูปที่ 4.24) สถานีฐานมีที่ตั้งอยู่ตำแหน่งเดียวกับกรณี RDO1-1 แต่ชี้ทิศที่ 270 องศา ทำให้ระดับสัญญาณที่รับได้มีค่าสูงขึ้นเมื่อจุดทดสอบอยู่ในช่วงกึ่งกลางแนวทดสอบและมีค่าลดลงที่ปลายแนวทดสอบทั้งสองด้าน
10. RVE1-1 (รูปที่ 4.25) สถานีฐานสำหรับกรณีนี้มีที่ตั้งบริเวณช่วงท้ายแนวทดสอบด้านซ้ายเมื่อมองจากรูปที่ 4.5 และมีแนวถึงของสายอากาศ 0 องศา ดังนั้นจะเห็นว่าระดับสัญญาณในกรณีนี้จะมีระดับที่ค่อยๆ สูงขึ้นเมื่อแนวทดสอบเข้าใกล้ช่วงสุดท้าย
11. RVE1-2 (รูปที่ 4.26) กรณีนี้สถานีฐานอยู่ที่เดียวกันกับกรณี RVE1-1 แต่มีแนวถึงของสายอากาศ 150 องศา ซึ่งเมื่อเทียบระดับสัญญาณผลการวัดของรูปที่ 4.26 และรูปที่ 4.25 จะเห็นว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณคล้ายกันแต่ผลการวัดในรูปที่ 4.26 จะมีระดับสัญญาณในช่วงสุดท้ายสูงกว่ารูปที่ 4.25 เนื่องจากแนวทดสอบในช่วงสุดท้ายอยู่ในช่วงแนวถึงของ RVE1-2 มากกว่า RVE1-1 นั่นเอง

จากการพิจารณาผลการเปรียบเทียบของกราฟค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ของผลการวัดและผลการคำนวณจะเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของกราฟทั้งสองมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันแม้ว่าจะมีบางกรณีที่บางช่วงที่กราฟทั้งสองมีค่าต่างกันแต่เมื่อวิเคราะห์จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยแล้วจะเห็นว่าค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับกรณีทดสอบในบริเวณถนนพหลโยธินคือมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากกว่า 70 % ยกเว้นกรณี ASE2-3 ที่มีค่าต่ำกว่า 70 % เล็กน้อย และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยมีค่า 5-12 dB ด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3-7 dB ซึ่งเป็นค่าที่ไม่สูงมากและใกล้เคียงกับกรณีบริเวณถนนพหลโยธิน

ตารางที่ 4.6 ค่าทางสถิติของค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ของผลการวัดเทียบกับ  
ค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ของผลการคำนวณบริเวณถนนพญาไท

กรณีเปรียบเทียบ	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ASE2-3	0.6736	7.27	3.88
RDO1-1	0.8988	8.62	6.43
RDO1-3	0.9158	5.56	3.77
RVE1-1	0.7521	6.83	3.75
RVE1-2	0.8829	11.69	6.24

### สรุป

จากผลการเปรียบเทียบและจากลักษณะทางกายภาพของสิ่งแวดล้อมบริเวณที่ตั้งของสถานีฐานและแนวจุดทดสอบ จะเห็นว่าแบบจำลองสามารถทำนายแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับความแรงสัญญาณได้ดีในบริเวณทดสอบที่มีฐานข้อมูลถึงกีดขวางมากพอ หมายถึงจะต้องมีทั้งฐานข้อมูลของดึกบริเวณรอบๆ สถานีส่งและบริเวณของแนวจุดทดสอบด้วยจึงจะพอเพียง และสำหรับบริเวณทดสอบที่มีสัญญาณความถี่เดียวกันหรือใกล้เคียงกันก็ควรต้องกำหนดขอบเขตของแนวทดสอบให้แน่ใจว่าเป็นบริเวณที่สัญญาณความถี่เดียวกันไม่ซ้อนทับกันหรือรบกวนกัน ซึ่งจะมีผลให้การเปรียบเทียบผลการคำนวณและผลการวัดผิดพลาดได้ เพราะขณะที่ผลการคำนวณได้จากการคำนวณสัญญาณหนึ่งความถี่ต่อหนึ่งสถานีส่งแต่ในความเป็นจริงแล้วสัญญาณที่วัดอาจได้เป็นสัญญาณหนึ่งความถี่ที่มาจากหลายสถานีส่งก็ได้

สำหรับการตรวจสอบการทำนายการแพร่กระจายคลื่นในวิทยานิพนธ์นี้ ใช้การพิจารณาด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่า มีค่าที่ใกล้เคียงกับผลการทดสอบแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นชนิดต่างๆ ทั้งแบบจำลองเชิงประจักษ์ และแบบจำลองกึ่งประจักษ์อื่นๆ ซึ่งทดสอบโดย J.M. Pielou และ D.M. Holdem เมื่อปี 1991 [19] และให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ส่วนใหญ่ประมาณ 50 – 80 % สำหรับการทดสอบที่เมือง London เมือง Chelmsford และเมือง Sheffield โดยจากการทดสอบครั้งนั้นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ค่าที่ต่ำสุดมีค่า 38 % สูงสุด 82 %



อย่างไรก็ตามจากผลการคำนวณจะเห็นว่าการทำงานระดับสัญญาในกรณีทดสอบต่างๆ ที่แสดงในวิทยานิพนธ์นี้สามารถทำนายแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาได้ในระดับที่น่าพอใจด้วยความจำกัดด้านข้อมูลเท่าที่สามารถหาได้และภายใต้ขอบเขตการประมาณต่างๆ ในวิทยานิพนธ์นี้ และจากการคำนวณด้วยฐานข้อมูลตึกก็คขวางเดียวกันแต่มีค่าปัจจัยเชิงตำแหน่งและค่าปัจจัยอื่นๆ ต่างกันก็ยังคงให้ผลการคำนวณที่ใกล้เคียงกับผลการวัด ยกตัวอย่างเช่นกรณีถนนพลโยธินที่ใช้สถานีทดสอบหลายสถานีต่างกันก็สามารถให้ผลทำนายที่ใกล้เคียงผลการวัดเกือบทุกกรณี จากความเป็นจริงข้อนี้ก็นำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนกำหนดตำแหน่งสถานีฐานที่เหมาะสมได้โดยไม่ต้องสิ้นเปลืองงบประมาณมาก เพราะสามารถทำนายแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาคร่าวๆ ได้โดยไม่ต้องตั้งสถานีทดสอบจริงขึ้น หรืออาจใช้เป็นประโยชน์ในการทำนายรัศมีพื้นที่ครอบคลุมของสถานีฐานหนึ่งๆ ได้โดยไม่ต้องจำเป็นต้องวัดการแพร่กระจายจริง



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย