บทที่ 5
แบบจำลองการลดทอนสัญญาณคลื่นโดยใช้การถดถอยเชิงเส้นแบบฟัซซี

ในบทที่แล้วได้กล่าวถึงเทคนิคการวัดสัญญาณและการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ซึ่งพบว่าแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นที่ใช้วิธีการถดถอยไม่สามารถทำนายค่าการจางหายอย่างเร็วได้ ตลอดจนค่าสูงสุดของสัญญาณยังมีค่าที่เกินจากเส้นขอบเขตบนของช่วงความเชื่อมั่นอีกด้วย ดังนั้นในบทนี้จึงได้นำเสนอแบบจำลองการลดทอนสัญญาณคลื่นโดยใช้วิธีการถดถอยเชิงเส้นแบบฟัซซี ซึ่งได้นำข้อมูลการตรวจวัดสัญญาณคลื่นวิทยุในบทที่ 4 มาสร้างแบบจำลองแบบใหม่นี้ พร้อมทั้งแสดงการทดสอบแบบจำลองที่ได้นี้ด้วย

5.1 แบบจำลองการลดทอนสัญญาณด้วยพารามิเตอร์ฟัซซี

จากการหาค่าพารามิเตอร์ $a_i = [a_{ic}, a_{ir}]$ ของเวกเตอร์ $\bar{A}$ ในหัวข้อที่ 3.5 แล้ว แบบจำลองการลดทอนสัญญาณสามารถถูกเขียนได้เป็น

$$L_{LOS} = [a_{oc}, a_{or}] + [a_{1c}, a_{1r}] \log (d) \qquad (5.1)$$

ซึ่งเขียนขอบเขตบนสามารถเขียนเป็นสมการได้เป็น

$$L_{LOS} = [a_{oc} + a_{or}] + [a_{1c} + a_{1r}] \log (d) \qquad (5.2)$$

และเส้นขอบเขตล่างสามารถเขียนเป็นสมการได้เป็น

$$L_{LOS} = [a_{oc} - a_{or}] + [a_{1c} - a_{1r}] \log (d) \qquad (5.3)$$

เมื่อ d = ระยะทางระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ สำหรับข้อมูลการวัดสัญญาณที่ได้จากอาคารเรียนคอนกรีตและอาคารจอดรถ เมื่อนำมาหาค่าพารามิเตอร์ฟัซซี โดยการแก้ไขปัญหา LP แล้ว คำตอบที่ได้สามารถนำมาสร้างแบบจำลอง สำหรับอาคารทั้งสองแบบดังต่อไปนี้

5.1.1 อาคารเรียนคอนกรีต

ข้อมูลการลดทอนสัญญาณที่ได้จากการวัดเมื่อมีคนเคลื่อนไหวภายในอาคารบริเวณแนวทางเดินชิดผนังถูกใช้สำหรับการสร้างแบบจำลอง ผลลัพธ์ที่ได้สามารถเขียนให้อยู่ในรูป (5.1) ได้ดังนี้

$$L_{LOS1} = [49.6, 11.5] + [15.4, 0] \log (d) \quad \text{สำหรับ } d \le d_{bp} \qquad (5.4)$$

และ

$$L_{LOS2} = [10.8, 0] + [35.5, 7.1] \log (d) \quad \text{สำหรับ } d > d_{bp} \qquad (5.5)$$

เมื่อ L_{LOS1} และ L_{LOS2} คือ การลดทอนสัญญาณก่อนและหลังระยะทางจุดเปลี่ยนตามลำดับ

5.1.2 อาคารจอดรถในศูนย์การค้า

ข้อมูลการลดทอนสัญญาณจากการวัดเมื่อมีรถแล่นภายในอาคารถูกใช้ในการสร้างแบบจำลอง ผลลัพธ์ที่ได้สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของ (5.1) ได้ดังนี้

$$L_{LOS1} = [44.5, 10.8] + [12.3, 0] \log (d), \quad \text{สำหรับ } d \le d_{bp} \tag{5.6}$$

และ

$$L_{LOS2} = [27.5, 2.5] + [28.5, 6.5] \log (d) \quad \text{สำหรับ } d > d_{bp} \tag{5.7}$$

เมื่อ L_{LOS1} และ L_{LOS2} คือการลดทอนสัญญาณก่อนและหลังระยะทางจุดเปลี่ยนตามลำดับ จากผลลัพธ์ที่ได้ข้างต้น เราสามารถหาค่าเฉลี่ยของเลขยกกำลังการลดทอนสัญญาณ n_1 มีค่าเท่ากับ (15.4+12.3)/2 = 13.9 และ n_2 มีค่าเท่ากับ (35.5-7.1)+(28.5-6.5)/2 = 25.2 และจากกราฟไปที่ 4.7 ข) และ 4.8 ข) ความลึกสูงสุดของเฟดดิ้งอย่างเร็วของการแพร่กระจายคลื่นภายในอาคารมีค่าประมาณ 30 dB ดังนั้นแบบจำลองการลดทอนสัญญาณแบบมีขอบเขตบนและขอบเขตล่างที่ได้คือ

$$L_{LOS,u} = L_{bp} + \begin{cases} 14\log 10\left(\frac{d}{d_{bp}}\right), & \text{สำหรับ } d \le d_{bp} \\ 25\log 10\left(\frac{d}{d_{bp}}\right), & \text{สำหรับ } d > d_{bp} \end{cases} \tag{5.8}$$

และ

$$L_{LOS,u} = L_{bp} + 30 + \begin{cases} 14\log 10\left(\frac{d}{d_{bp}}\right), & \text{สำหรับ } d \le d_{bp} \\ 25\log 10\left(\frac{d}{d_{bp}}\right), & \text{สำหรับ } d > d_{bp} \end{cases} \tag{5.9}$$

เมื่อ L_{bp} คือ การสูญเสียที่ระยะทาง d_{bp} และจากแบบจำลองสามวิถีคลื่นในรูปที่ 4.6 กำลังของสัญญาณที่รับได้คือ

$$P_r = P_t\left[\frac{\lambda}{2\pi d}\right]^n \sin\frac{2\Delta}{2} \tag{5.10}$$

เมื่อ P_t คือ กำลังส่งและ Δ คือ ผลต่างเนลระหว่างคลื่นตรงและคลื่นสะท้อน เส้นขอบเขตล่างเกิดขึ้นเมื่อ $\Delta/2 = n/2$ จากสมการ (5.10) ให้ $d = d_{bp}$ และ $\sin^2(\Delta/2) = 1$ และแทนค่า

d_{bp} = (H-h_2) h_2 / λ ดังนั้น L_{bp} สามารถเขียนใหม่เป็น

$$L_{bp} = \left| 20 \log_{10} \left\{ \frac{\lambda^2}{8\pi(H - h_2)h_2} \right\} \right| \qquad (5.11)$$

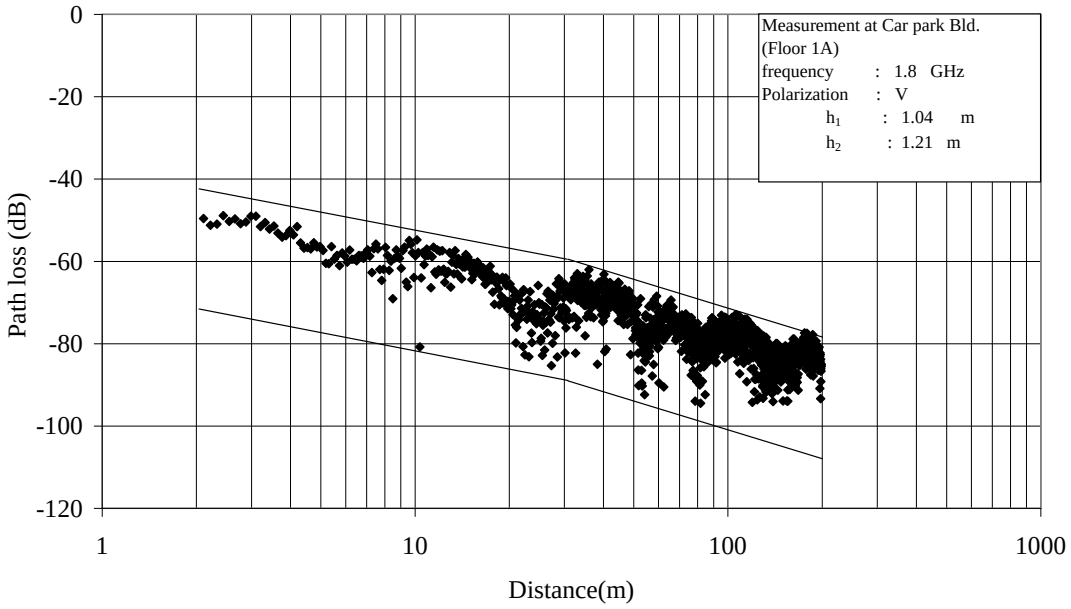
5.2 การทดสอบแบบจำลองที่ได้

เพื่อให้ได้ข้อมูลชุดใหม่สำหรับทดสอบแบบจำลองที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ เราจึงทำกระบวนการวัดการลดทอนสัญญาณภายในสถานที่แห่งใหม่ คืออาคารสำนักงานมหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นอาคารคอนกรีตและชั้นจอดรถแห่งใหม่ภายในอาคารจอดรถของศูนย์รถโดยพารามิเตอร์สำหรับการวัดสัญญาณแสดงตารางที่ 5.1

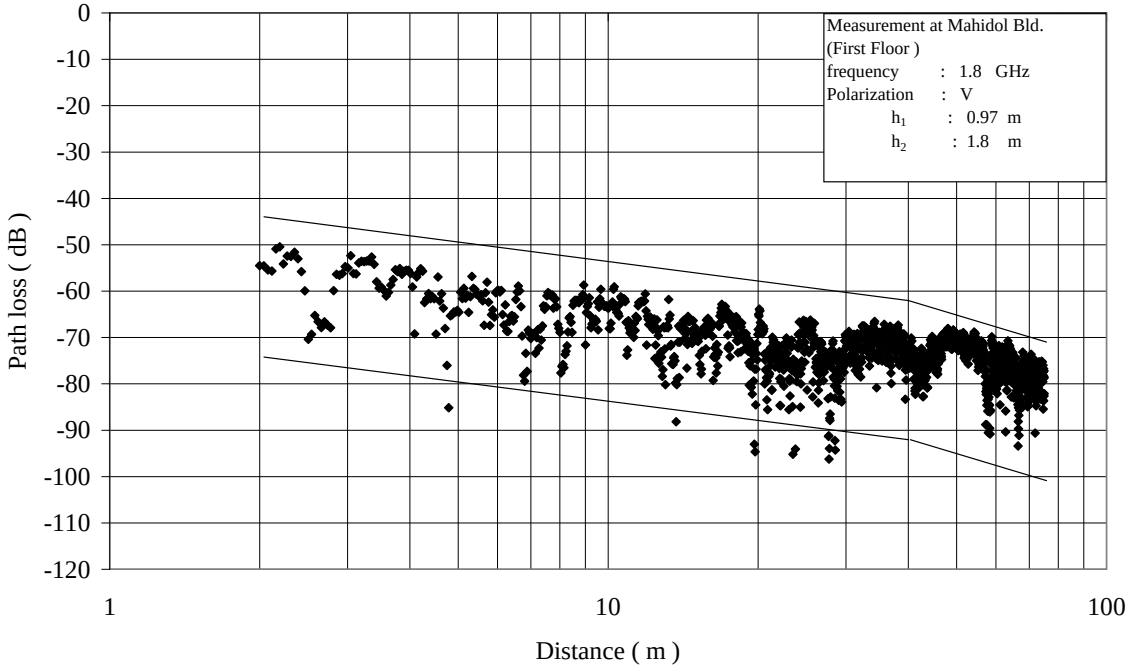
ตารางที่ 5.1 พารามิเตอร์สำหรับการวัดสัญญาณเพื่อทดสอบแบบจำลอง

อาคาร	ความสูงเพดาน H (m)	ความสูงสายอากาศ (m)		ความถี่ (MHz)	Car/people moving	Polari-zation
		h_1	h_2			
1. สำนักงาน	2.77	0.97	1.8	1800	high	v
2. อาคารจอดรถ	2.25	1.04	1.21	1800	high	v

ข้อมูลจากการวัดสัญญาณเมื่อนำมาเขียนกราฟบนแบบจำลองที่นำเสนอแสดงดังรูปที่ 5.1 ก) และ 5.1 ข) สำหรับอาคารจอดรถภายในศูนย์การค้าและอาคารสำนักงานตามลำดับ สังเกตว่าความสูงของสายอากาศถูกกำหนดเพื่อให้ระยะทางจุดเปลี่ยน d_{bp} มีตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อแสดงให้เห็นเส้นกราฟก่อนและหลังจุดเปลี่ยนนี้ นั่นคือค่า d_{bp} อยู่ตำแหน่ง 30.2 เมตร และ 46 เมตร ที่ค่าความสูญเสีย L_{bp} เท่ากับ -61.1 dB และ -63.97 dB สำหรับอาคารจอดรถและอาคารสำนักงานตามลำดับ แบบจำลองที่นำเสนอสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด อย่างไรก็ตามสำหรับอาคารสำนักงานมีข้อมูลบางส่วนเกินออกจากเส้นขอบเขตล่างบ้าง แต่ไม่มากนักโดยเกิดจาก Shadowing จากการตรวจวัดซึ่งเป็น error ส่วนหนึ่งที่สามารถเกิดขึ้นได้



ก) อาคารจอดรถภายในศูนย์การค้า



ข) อาคารสำนักงาน

รูปที่ 5.1 ข้อมูลการวัดสัญญาณและแบบจำลองที่นำเสนอของอาคารสองประเภท