

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในส่วนนี้ จะแสดงให้เห็นผลของการทดลองและพร้อมกับการประเมินประสิทธิภาพวิธีการรู้จำกิจกรรมของมนุษย์ที่เราได้พัฒนาขึ้น สำหรับการประเมินจะอาศัยข้อมูล RSS ที่ได้รวบรวมจากที่แวดล้อมต่างๆและการเปลี่ยนระยะห่างของตัวส่งและตัวรับ การทดลองกรณี NLOS การทดลองกรณี OLOS การทดลองกรณีเปลี่ยนคนดำเนินกิจกรรมและการทดลองกรณีใช้ AP อื่นซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลองวิธีการที่นำเสนอในกรณีห้องเรียน (the classroom)

ในการทดลองนี้ เราได้ทำการวัดและบันทึก RSS samples โดยที่ตัวส่งและตัวรับห่างกันเป็นระยะ 5m (รูปที่ 3.1) ส่วนรายละเอียดของการติดตั้งอื่นๆเป็นไปตามข้อที่ 3.1 ดังที่กล่าวแล้วว่าในแต่ละกรณีมีทั้งหมด 1200 samples จากอัตราการสุ่มเท่ากับ 4 samples/sec ในแต่ละกรณี เราแบ่ง samples ออกเป็น 20 traces ($N = 20$) มีความยาว 60 samples/trace ($n = 60$) สำหรับการประเมินประสิทธิภาพความถูกต้องของวิธีการรู้จำกิจกรรมของมนุษย์ เราใช้วิธีการแบ่งข้อมูลออกเป็นสองชุดเท่าๆกัน (two-fold cross validation) ซึ่งเลือก 10 traces แรกเป็น traces ฝึกฝน และ 10 traces ที่เหลือเป็น traces ทดสอบ หลังจากนั้นเราทำการกลับบทบาทของข้อมูลและเมื่อทำการประเมินการรู้จำทั้งสองแล้ว เราคำนวณค่าเฉลี่ยความถูกต้องทั้งสอง โดยผลได้รับของความถูกต้องอยู่ที่ 90% สำหรับกรณีมีคนยืนและการเคลื่อนไหวที่ $d = 2.5m$ (จุดกึ่งกลางระหว่าง Tx และ Rx) และผลลัพธ์ของความถูกต้องในแต่ละกรณีแสดงในตาราง 4.1 จากตารางพบว่าเปอร์เซ็นต์ของการรู้จำที่ถูกต้องของวิธีการเราสามารถทำนายกรณีของ C1 และ C2 ได้ 100% ส่วนกรณี C3 และ C4 สามารถทำนายได้ 70 – 90% เพราะว่า traces จากสองกรณีนี้บางครั้งมีลักษณะของการเกิดเฟดดิ้งหรือความ

ตารางที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการทำนาย ณ ห้องเรียนสำหรับกรณีคนยืนอยู่ที่ 2.5m

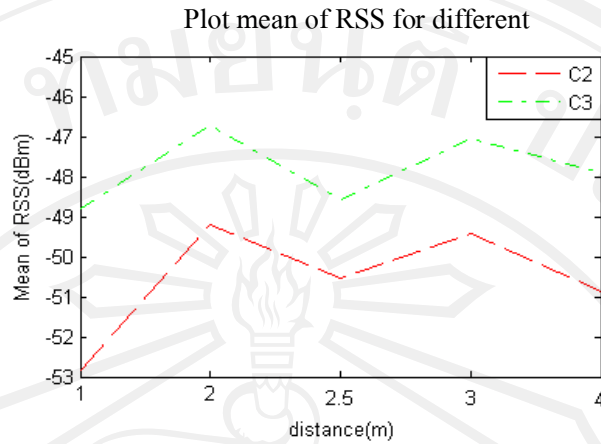
Training traces	C1	C2	C3	C4	Accuracy (%)
first 10 traces	100	100	70	90	90
second 10 traces	100	100	80	80	90
Average accuracy (%)					90

ผันผวนที่คล้ายกันจึงทำให้ผลของการจำแนกมีความผิดพลาดในบางครั้ง โดยเฉลี่ยแล้วมีความถูกต้องอยู่ที่ 90%

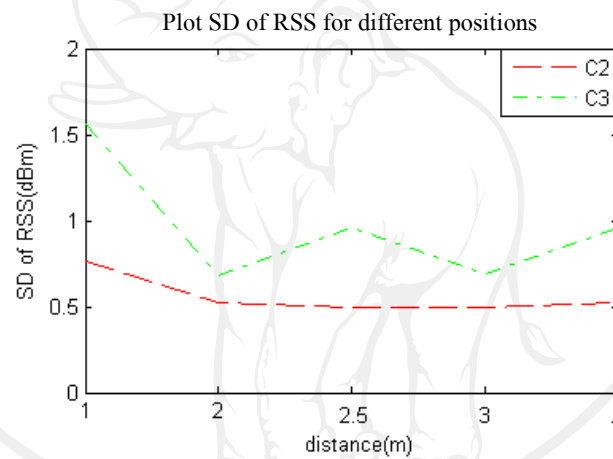
ในสถานที่ดังกล่าวนี้ เรายังได้ทำการทดลองโดยเปลี่ยนตำแหน่งการขึ้น (กรณี C2 และ C3) ของบุคคลในระยะต่างๆ (ระยะ 1m – 4m ห่างจาก Tx) เพื่อเปรียบเทียบลักษณะของการของการเกิดเฟดดิ้งในระยะต่างๆ หลังจากทดลองแล้ว สามารถแสดงให้เห็นถึงลักษณะการลดทอนและการผันผวนของ RSS โดยสังเกตจากค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: SD) ของ RSS ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.2 หรือสังเกตได้จากกราฟค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ RSS ในรูปที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าการขึ้นอยู่ตำแหน่งที่ 1 m ห่างจากตัวส่งได้ทำให้ความแรงของสัญญาณที่ได้รับมีการลดทอนลงมากกว่าคือค่าเฉลี่ย RSS น้อยกว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากการขึ้นอยู่ตำแหน่งอื่น ทั้งสองกรณี $C2 = -52.83$ dBm และ $C3 = -48.80$ dBm ส่วนความผันผวนสัญญาณที่ได้รับกับมีค่ามากกว่าสำหรับกรณีขึ้นที่ตำแหน่ง 1 m นี้ สังเกตได้จากค่า SD ของทั้งสองกรณีคือ $C2 = 0.76$ dBm

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย (dBm) และ SD (dBm) ของ RSS ที่ตำแหน่งการขึ้นต่างๆ

Standing position	C2		C3	
	Mean	SD	Mean	SD
1m	-52.83	0.76	-48.80	1.56
2m	-49.21	0.52	-46.72	0.68
2.5m	-50.54	0.50	-48.57	0.96
3m	-49.42	0.49	-47.07	0.69
4m	-50.85	0.53	-47.92	0.96

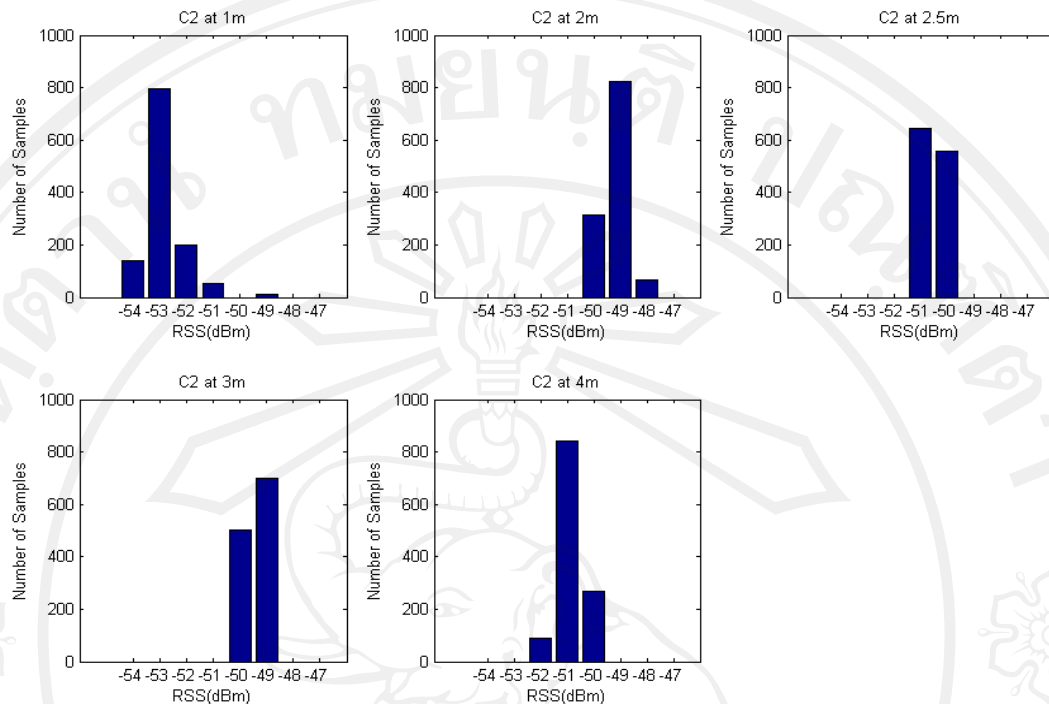


รูปที่ 4.1 กราฟค่าเฉลี่ยของ RSS ที่ตำแหน่งการยืนต่างๆ



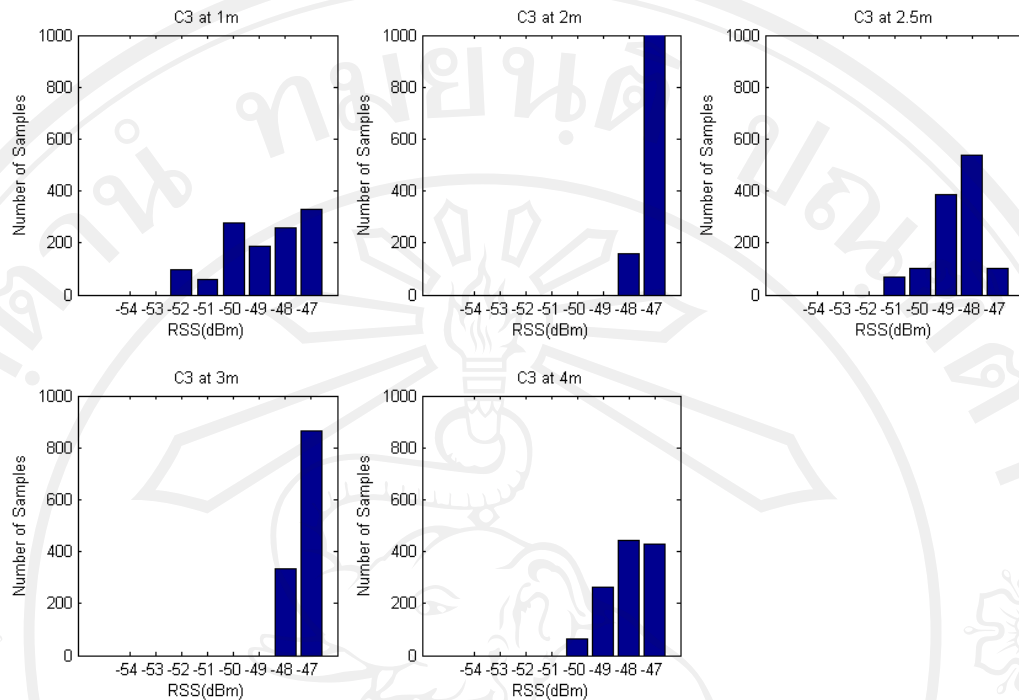
รูปที่ 4.2 กราฟค่า SD ของ RSS ที่ตำแหน่งการยืนต่างๆ

และ $C3 = 1.56 \text{ dBm}$ ก็มีค่า RSS แกว่งมากกว่าค่า RSS ที่ตำแหน่งอื่นเช่นกันนั้นอาจเป็นเพราะการที่บุคคลมีการดำเนินกิจกรรมอยู่ใกล้กับตัวส่งอาจมีโอกาที่จะสามารถบดบังหรือกีดขวางเส้นทางการเดินทางของช่องสัญญาณที่เป็น Multipath ได้มากกว่าตำแหน่งอื่น นอกนั้นยังพบว่าไม่ว่าตำแหน่งใดก็ตามค่าเฉลี่ยของกรณี C3 ยังมีค่าสูงกว่ากรณี C2 ซึ่งถือว่าสอดคล้องกับวิธีการที่นำเสนอคือจำแนก C3 ด้วยค่าเฉลี่ย



รูปที่ 4.3 ฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS ในกรณี C2 ที่ตำแหน่งต่างๆ

จากการสังเกตฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS ในกรณีบุคคลอื่น ณ ตำแหน่งต่างๆ จากรูปที่ 4.3 พบว่า กรณีบุคคลอื่นห่างจากตัวส่งสัญญาณระยะ 1 m ส่งผลให้ค่า RSS กระจายมากกว่าที่อื่น ณ ตำแหน่งอื่นๆคือ มีค่าอยู่ระหว่าง -54 dBm ถึง -49 dBm และมีค่าฐานนิยม (Mode) เท่ากับ -53 dBm ซึ่งน้อยกว่าค่าฐานนิยมของกรณีอื่นด้วย สำหรับการกระจายค่า RSS ที่ตำแหน่ง 2 m, 2.5 m, 3 m และ 4 m มีค่าอยู่ระหว่าง -50 dBm ถึง -48 dBm, -51 dBm ถึง -50 dBm, -50 dBm ถึง -49 dBm และ -52 dBm ถึง -50 dBm ตามลำดับ นี่แสดงว่าบุคคลอื่นอยู่ตำแหน่งที่ใกล้กับตัวส่ง จะส่งผลต่อค่า RSS ได้มากกว่าตำแหน่งอื่น



รูปที่ 4.4 ฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS ในกรณี C3 ที่ตำแหน่งต่างๆ

จากรูปที่ 4.4 พบว่า ฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS กรณีบุคคลยืนและแกว่งแขน (C3) ที่ตำแหน่ง 1 m โดยห่างจากตัวส่งสัญญาณ สามารถส่งผลให้ค่า RSS เกิดการกระจายมากกว่า ตำแหน่งอื่นเหมือนกันกับกรณีของ C2 คือ มีค่าอยู่ระหว่าง -52 dBm ถึง -47 dBm ส่วนการกระจายค่า RSS ที่ตำแหน่ง 2 m, 2.5 m, 3 m และ 4m มีค่าอยู่ระหว่าง -48 dBm ถึง -47 dBm, -51 dBm ถึง -47 dBm, -48 dBm ถึง -47 dBm และ -50 dBm ถึง -47 dBm ตามลำดับ

นอกจากนี้เราได้ทำการทดลองในช่วงเวลาต่างๆของวัน (8AM – 4PM) เพื่อสังเกตดูระดับการเปลี่ยนแปลงของความแรงสัญญาณที่ได้รับ จากการทดลองสามารถแสดงให้เห็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ RSS ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4 และกราฟค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ RSS ในรูปที่ 4.5 และ 4.6

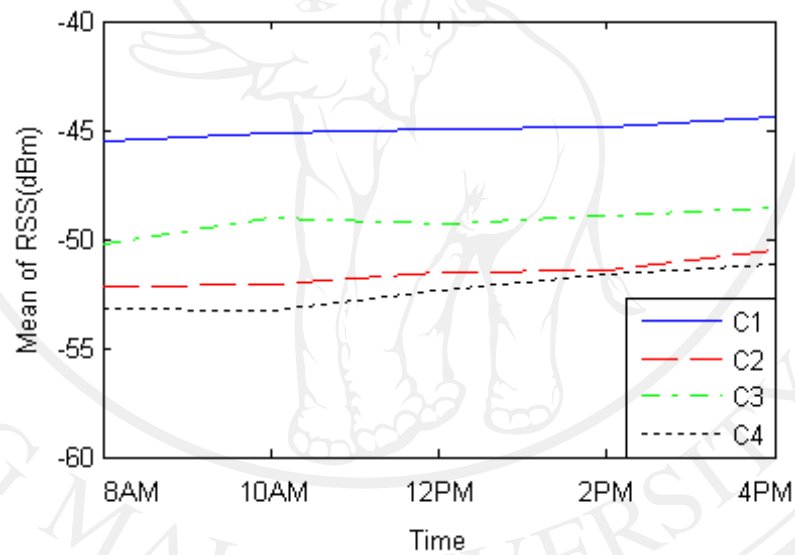
ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ย (dBm) ของ RSS ในช่วงเวลาต่างๆ

Time	C1	C2	C3	C4
8AM	-45.5	-52.2	-50.3	-53.2
10AM	-45.2	-52.1	-49.1	-53.3
12PM	-45.0	-51.5	-49.3	-52.4
2PM	-44.9	-51.5	-49.0	-51.6
4PM	-44.4	-50.5	-48.6	-51.2

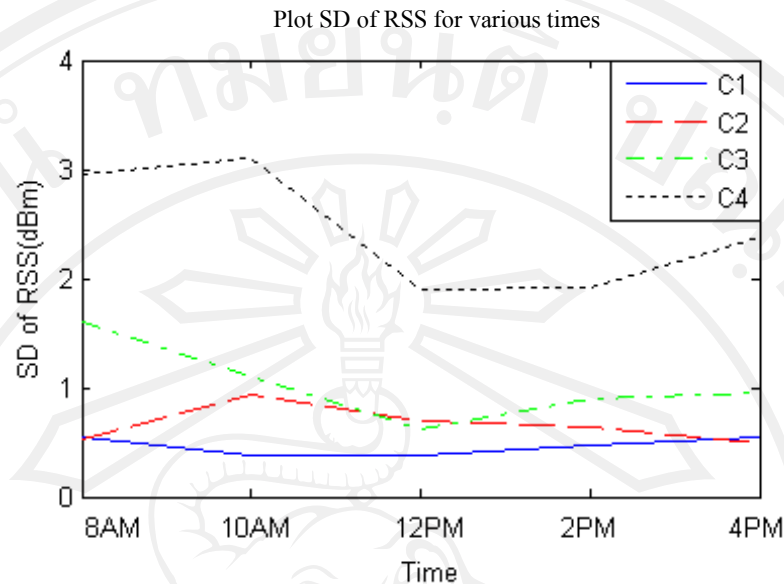
ตารางที่ 4.4 ค่า SD (dBm) ของ RSS ในช่วงเวลาต่างๆ

Time	C1	C2	C3	C4
8AM	0.55	0.53	1.61	2.95
10AM	0.37	0.93	1.10	3.10
12PM	0.38	0.70	0.63	1.90
2PM	0.47	0.64	0.90	1.92
4PM	0.54	0.50	0.96	2.39

Plot mean of RSS for various

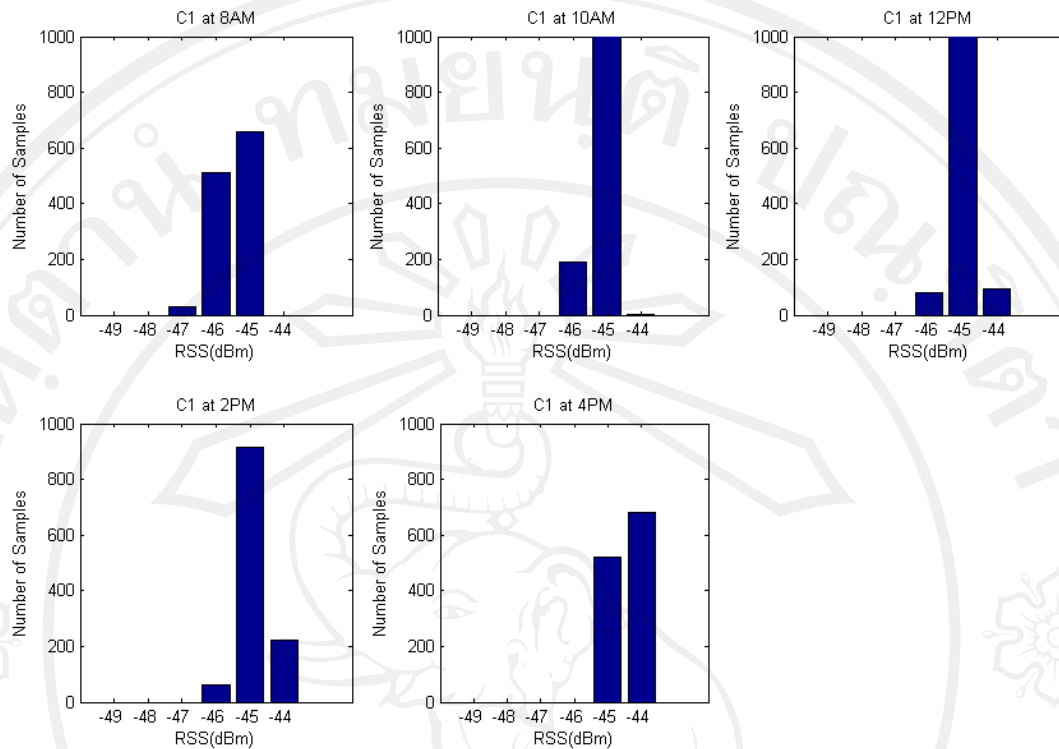


รูปที่ 4.5 กราฟค่าเฉลี่ยของ RSS ในช่วงเวลาต่างๆ



รูปที่ 4.6 กราฟค่า SD ของ RSS ในช่วงเวลาต่างๆ

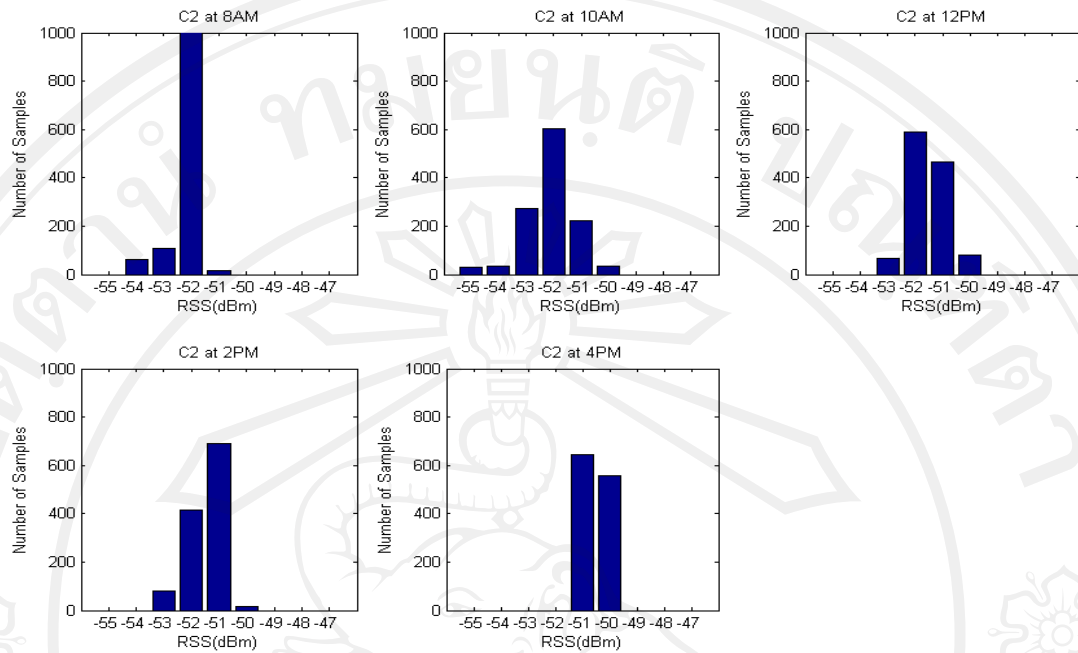
จากการสังเกตค่าเฉลี่ย RSS ของ C1 ในตารางที่ 4.3 และเส้นกราฟในรูปที่ 4.5 พบว่าค่าดังกล่าวอยู่ในระดับไม่แตกต่างกันมากคือมีค่าอยู่ระหว่าง -45.5 dBm ถึง -44.4 dBm ส่วนกรณีอื่นๆ ก็ยังอยู่ในระดับที่ไม่ต่างกันมากเช่นกันคือต่างกันไม่เกิน 2 dB และในช่วงเวลาต่างๆพบว่าระดับค่าเฉลี่ยของ C3 ยังมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของกรณี C2 และ C4 ส่วน C2 และ C4 มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันซึ่งถือว่าเป็นไปตามเงื่อนไขของวิธีการที่น่าเสนอ สำหรับลักษณะการแกว่งของ RSS นั้นถือว่าอยู่ในระดับใกล้เคียงกันเช่นกันสังเกตได้จากค่า SD ของ RSS ในรูปที่ 4.6 พบว่ากรณี C1 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.37 dBm ถึง 0.55 dBm แต่กรณีอื่นๆ ที่มีค่า SD ต่างกันนั้นขึ้นกับรูปแบบและลักษณะของการดำเนินกิจกรรมของบุคคล ณ เวลานั้นอาจไม่เหมือนกันทุกครั้งเลยทำให้ค่าดังกล่าวแต่ละช่วงเวลามีการขึ้นลง ซึ่งไม่สามารถที่จะยืนยันได้แน่นอนว่าช่วงเวลาใดสัญญาณจะมีความผันผวนได้มากหรือน้อยที่สุด ถ้าสังเกตค่า SD ของกรณี C2 และ C4 จากกราฟในช่วงเวลา 10 นาฬิกามีค่ามากที่สุด แต่กรณี C1 มีค่า SD น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับภายในกรณีและกรณี C3 ให้ค่า SD มากในช่วงเวลา 8 นาฬิกา ดังนั้นค่า SD ไม่ขึ้นกับช่วงเวลา



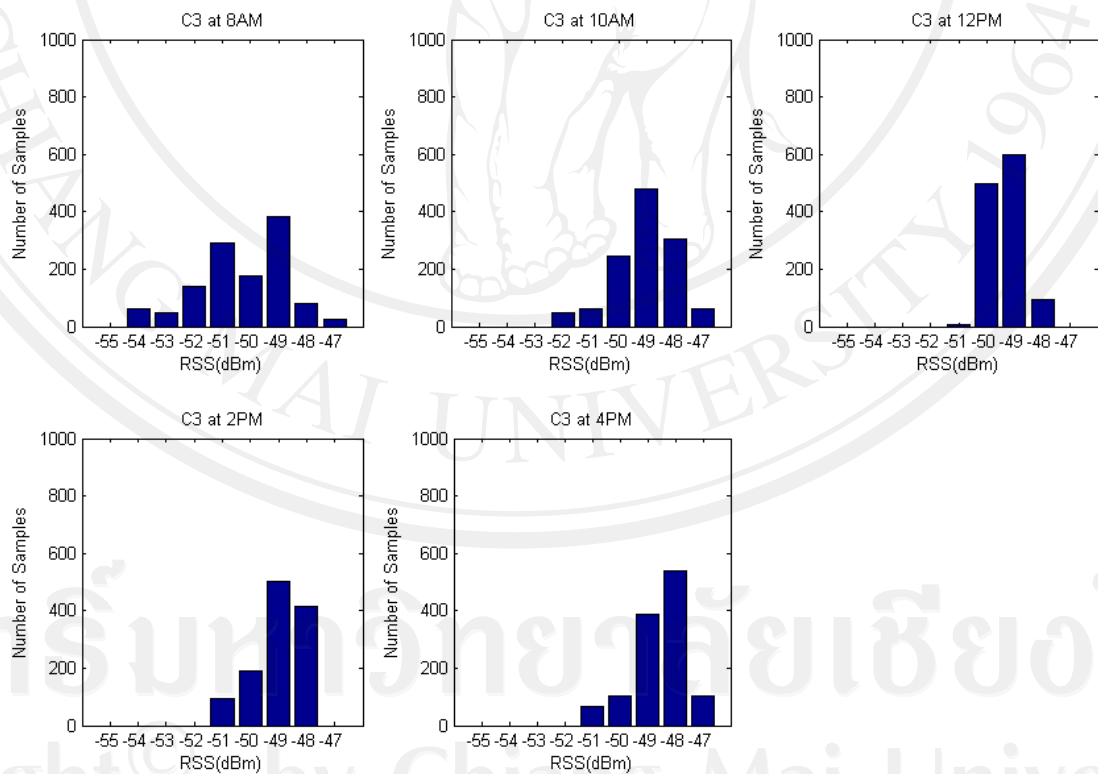
รูปที่ 4.7 ฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS สำหรับกรณี C1 ในช่วงเวลาต่างๆ

จากการสังเกตฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS ในรูปที่ 4.7 พบว่า ช่วงเวลาต่างกันค่า RSS มีลักษณะการกระจายคือ -47 dBm ถึง -45 dBm, -46 dBm ถึง -45 dBm, -46 dBm ถึง -44 dBm, -46 dBm ถึง -44 dBm และ -45 dBm ถึง -44 dBm สำหรับ ณ ช่วงเวลา 8 AM, 10 AM, 12 PM, 2 PM และ 4 PM ตามลำดับ ซึ่งมีลักษณะต่างกันเล็กน้อย แต่โดยรวมแล้วยังกระจายอยู่ในระดับใกล้เคียงกันและส่วนใหญ่มีค่าอยู่ระหว่าง -46 dBm และ -44 dBm และมีค่าฐานนิยมเท่ากับ -45 dBm เหมือนกัน

จากฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS ในรูปที่ 4.8 พบว่า เมื่อมีบุคคลยืนบังช่องทางเดินของช่องสัญญาณได้ทำให้ค่า RSS เกิดการกระจายคือ -54 dBm ถึง -51 dBm, -55 dBm ถึง -50 dBm, -53 dBm ถึง -50 dBm, -53 dBm ถึง -50 dBm และ -51 dBm ถึง -50 dBm สำหรับ ณ ช่วงเวลา 8 AM, 10 AM, 12 PM, 2 PM และ 4 PM ตามลำดับ ซึ่งพบว่าโดยรวมแล้วค่าส่วนใหญ่ของ RSS มีการกระจายเพิ่มขึ้นเล็กน้อยสังเกตได้จากฮิสโตแกรมมีจำนวนแท่งมากขึ้น

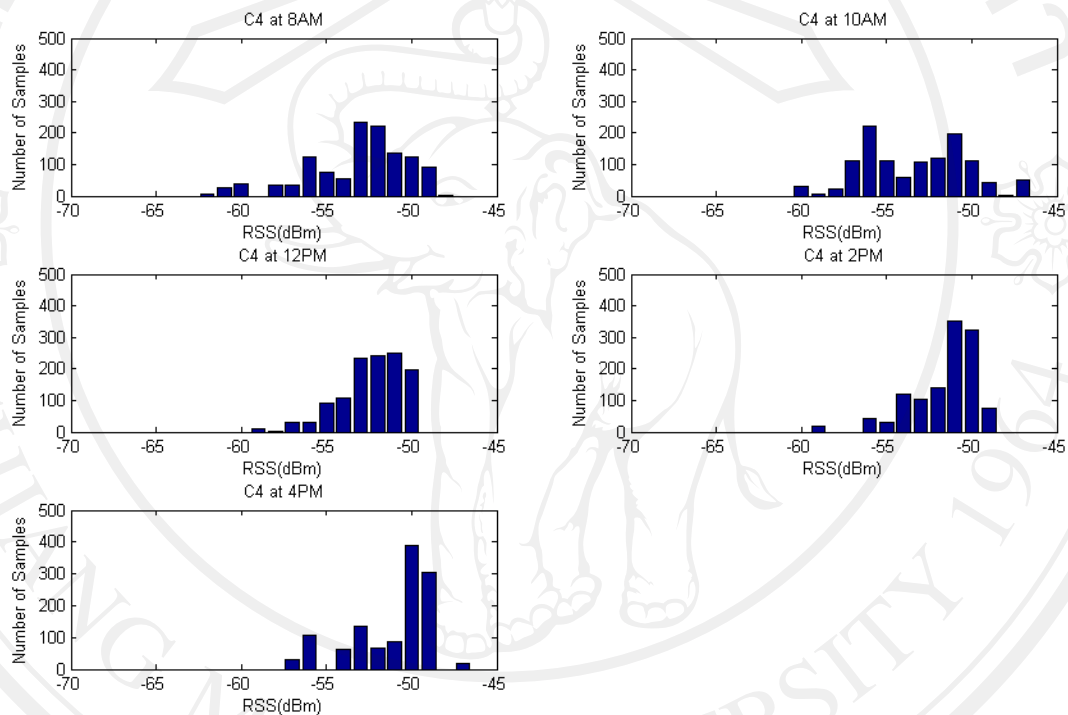


รูปที่ 4.8 ฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS สำหรับกรณี C2 ในช่วงเวลาต่างๆ



รูปที่ 4.9 ฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS สำหรับกรณี C3 ในช่วงเวลาต่างๆ

จากฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS ในรูปที่ 4.9 พบว่า เมื่อบุคคลมีการเคลื่อนไหว อยู่ภายในบริเวณช่องทางเดินของช่องสัญญาณได้ทำให้ค่า RSS เกิดการกระจายคือ -54 dBm ถึง -47 dBm, -52 dBm ถึง -47 dBm, -51 dBm ถึง -48 dBm, -51 dBm ถึง -48 dBm และ -51 dBm ถึง -47 dBm สำหรับ ณ ช่วงเวลา 8 AM, 10 AM, 12 PM, 2 PM และ 4 PM ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ลักษณะการกระจายของฮิสโตแกรมได้กระจายมากขึ้นในแต่ละช่วงเวลาเมื่อเทียบกับฮิสโตแกรมในรูปที่ 4.7 และ 4.8 นอกจากนี้ยังพบว่าระดับการกระจายค่า RSS ในกรณี C3 กลับมีแนวโน้มว่าระดับค่า RSS สูงขึ้นมากกว่ากรณี C2 ในแต่ละช่วงเวลา



รูปที่ 4.10 ฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS สำหรับกรณี C4 ในช่วงเวลาต่างๆ

จากรูปที่ 4.10 พบว่า ฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS เมื่อบุคคลเดินไป-กลับอยู่ ภายในบริเวณช่องทางเดินของช่องสัญญาณจะส่งผลต่อค่า RSS เกิดการกระจายมากกว่ากรณี C1, C2 และ C3 ในทุกๆช่วงเวลาดังกล่าวโดยมีค่า RSS กระจายคือ -62 dBm ถึง -48 dBm, -60 dBm ถึง -47 dBm, -59 dBm ถึง -50 dBm, -59 dBm ถึง -49 dBm และ -57 dBm ถึง -47 dBm สำหรับ ณ ช่วงเวลา 8 AM, 10 AM, 12 PM, 2 PM และ 4 PM ตามลำดับ

หลังจากนั้นเราทำการประเมินความถูกต้องของวิธีการรู้จำกิจกรรมที่น่าเสนอโดยรวมที่ ตำแหน่งการยืนต่างๆของบุคคล ณ เวลาต่างๆของวัน ผลของการทดสอบแสดงในตาราง 4.5 ซึ่ง ความถูกต้องจากระยะ 1m, 2m, 2.5m, 3m และ 4m มีค่าอยู่ระหว่าง 87.5 – 95%, 90 – 95%, 90 –

96.25%, 88.75 – 96.25% และ 91.25 – 96.25% ตามลำดับ ดังนั้นความถูกต้องเฉลี่ยโดยรวมอยู่ระหว่าง 91.25 – 94.45%

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพความถูกต้อง ณ ห้องเรียนกรณีคนยืนตำแหน่งต่างๆ

Time	Standing Positions of a person				
	1m	2m	2.5m	3m	4m
8AM	92.50	90.00	90.00	92.50	96.25
10AM	95.00	93.75	95.00	96.25	96.25
12PM	93.75	95.00	96.25	95.00	96.25
2PM	87.50	90.00	90.00	88.75	92.25
4PM	87.50	90.00	90.00	90.00	91.25
Average accuracy (%)	91.25	91.75	92.25	92.50	94.45

4.2 ผลการทดลองวิธีการที่เสนอในกรณีระเบียงทางเดินในอาคาร (hallway) และลานกิจกรรมในร่ม (Indoor open space)

ในส่วนนี้ เราดำเนินการทดลองที่ระเบียงทางเดิน (กว้าง 2 m) รูปที่ 4.11 ในพื้นที่นี้มีจำนวน AP 6 ตัวที่ใช้ช่องสัญญาณเดียวกันกับ AP ที่ใช้ทดลองและลานกิจกรรมในร่มรูปที่ 4.12 มี 1 AP โดยมีการขยายระยะห่างระหว่างตัวส่งและตัวรับ (d meters) คือ 5 m, 10 m, 15 m และ 20 m ในการทดลองนี้จะกำหนดให้คนยืนอยู่จุดกึ่งกลางระหว่างตัวส่งและตัวรับในขณะที่ทำการวัดค่า RSS samples สำหรับกรณี C2 และ C3 หลังจากได้ทดลองเก็บข้อมูลครบตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดแล้วได้แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ RSS ในแต่ละกรณีที่ระยะห่างต่างๆภายใน Hallway ตามตารางที่ 4.6 และ 4.7 หรือแสดงในรูปแบบกราฟในรูปที่ 4.13 และ 4.14 และภายใน Indoor open space ตามตารางที่ 4.8 และ 4.9 หรือแสดงในรูปแบบกราฟในรูปที่ 4.15 และ 4.16



รูปที่ 4.11 ภาพของ Hallway ที่ใช้เป็นสถานที่ทดลอง



รูปที่ 4.12 ภาพของ Indoor open space ที่ใช้เป็นสถานที่ทดลอง

ในตารางที่ 4.6 พบว่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับได้มีการลดทอนลงไปตามระยะทาง หรือเรียกว่ามีการสูญเสียตามระยะทาง (Path loss) จริง ซึ่งสังเกตได้จากกรณี C1 เป็นต้น หรือสังเกตจากกราฟค่าเฉลี่ยในรูปที่ 4.13 ก็จะเห็นได้ชัดเจนมากขึ้นว่าลักษณะของเส้นกราฟได้ลดลงไปตามระยะทาง ส่วนกรณีที่มีบุคคลอยู่ กรณีอื่นๆพบว่าค่า RSS โดยรวมได้ลดทอนลงไปในเช่นเดียวกัน ยกเว้นกรณีของ C2 จากรูปดังกล่าวพบว่าระยะห่างที่ 15 m กลับมีค่าเฉลี่ยมากกว่าค่าเฉลี่ยที่ระยะห่างที่ 5 m และ 10 m ซึ่งเปรียบเทียบกับ การทดลองใน Indoor open space จากตารางที่ 4.6 หรือในรูปที่ 4.15 ก็มีลักษณะที่คล้ายกันคือ กรณี C2 ที่ระยะห่าง 10 m มีค่าเฉลี่ยมากกว่าค่าที่ได้จากระยะห่างที่ 5 m ทั้งนี้ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอาจเนื่องมาจากว่า เมื่อระยะห่างระหว่างตัวส่งและตัวรับมากขึ้นเมื่อมีบุคคลไปยืนอยู่ ณ จุดกึ่งกลางระหว่าง Tx-Rx อาจจะส่งผลต่อค่าความแรงของสัญญาณ

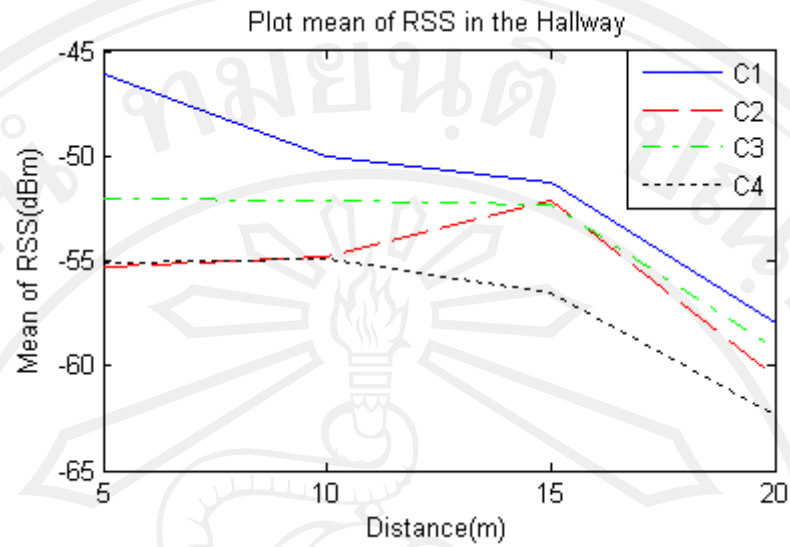
หรือเกิดเฟดดิ้งได้น้อยลง โดยสามารถสังเกตค่าเฉลี่ยที่ระยะห่าง 20 m จากตารางที่ 4.8 เห็นว่าทั้ง 4 กรณีสีค่าใกล้เคียงกันมากคือ $C1 = -62.50$ dBm , $C2 = -63.10$ dBm , $C3 = -63.05$ dBm , และ $C4 = -63.59$ dBm แต่อย่างไรก็ตามเมื่อสังเกตระดับความผันผวนของ RSS โดยพิจารณาจากค่า SD ของ RSS จากตารางที่ 4.7 และ 4.9 หรือกราฟในรูปที่ 4.14 และ 4.16 พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า SD ไม่แปรผันตามการเพิ่มระยะห่างของ Tx-Rx โดยพบว่า บางระยะค่า SD กลับลดลงและในบางระยะค่า SD กลับเพิ่มขึ้น จากตารางที่ 4.7 (Hallway) ค่า SD ของ $C1 = 0.54$ dBm (5 m) , 0.25 dBm (10 m) , 0.53 dBm (15 m) และ 0.67 dBm (20 m) จากตารางที่ 4.9 (Indoor open space) ค่า SD ของ $C1 = 0.58$ dBm (5 m) , 0.33 dBm (10 m) , 0.64 dBm (15 m) และ 0.56 dBm (20 m) ดังนั้นการเพิ่มระยะห่างของ Tx-Rx จะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของ RSS ลดลง แต่ค่าไม่ส่งผลต่อค่า SD อย่างมีนัยสำคัญ ในการทดลองวัดค่า RSS พบว่าการวัดค่าในระยะเดียวกัน ณ เวลาต่างกันก็ให้ค่าที่ต่างกันด้วย

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ย (dBm) ของ RSS ที่ระยะห่างต่างๆภายใน Hallway

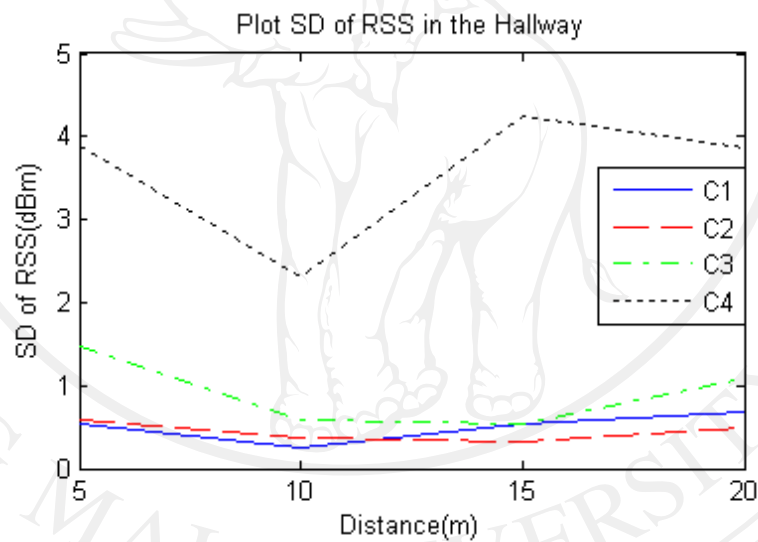
Distance (Tx-Rx)	C1	C2	C3	C4
5m	-46.1	-55.25	-52.07	-55.11
10m	-49.99	-54.84	-52.1	-54.95
15m	-51.26	-52.13	-52.37	-56.49
20m	-57.98	-60.5	-59.19	-62.35

ตารางที่ 4.7 ค่า SD (dBm) ของ RSS ที่ระยะห่างต่างๆภายใน Hallway

Distance (Tx-Rx)	C1	C2	C3	C4
5m	0.54	0.59	1.47	3.89
10m	0.25	0.37	0.58	2.3
15m	0.53	0.33	0.53	4.24
20m	0.67	0.5	1.08	3.85



รูปที่ 4.13 กราฟค่าเฉลี่ยของ RSS ที่ระยะห่างต่างๆภายใน Hallway



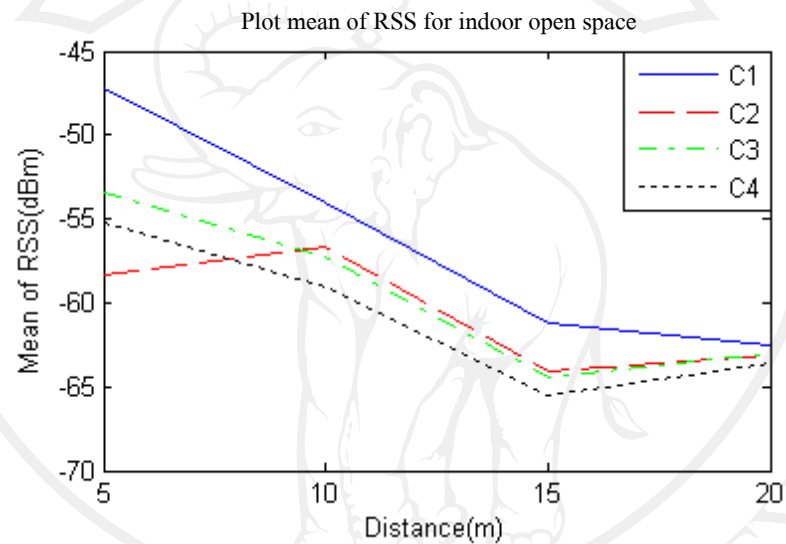
รูปที่ 4.14 กราฟค่า SD ของ RSS ที่ระยะห่างต่างๆภายใน Hallway

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ย (dBm) ของ RSS ที่ระยะห่างต่างๆภายใน Indoor open space

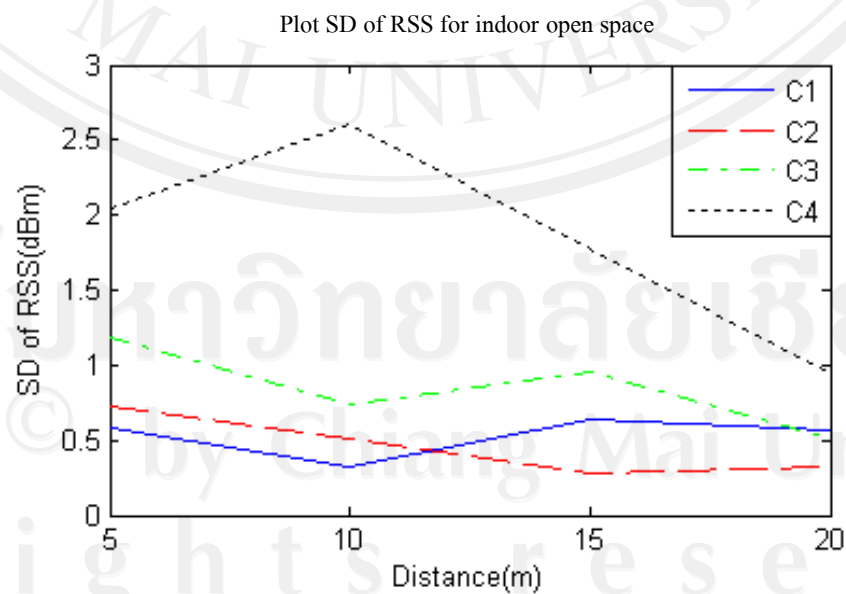
Distance (Tx-Rx)	C1	C2	C3	C4
5m	-47.24	-58.39	-53.48	-55.24
10m	-53.97	-56.69	-57.29	-59.00
15m	-61.21	-64.09	-64.45	-65.49
20m	-62.50	-63.10	-63.05	-63.59

ตารางที่ 4.9 ค่า SD (dBm) ของ RSS ที่ระยะห่างต่างๆภายใน Indoor open space

Distance (Tx-Rx)	C1	C2	C3	C4
5m	0.58	0.73	1.18	2.04
10m	0.33	0.50	0.74	2.61
15m	0.64	0.28	0.96	1.78
20m	0.56	0.33	0.50	0.94

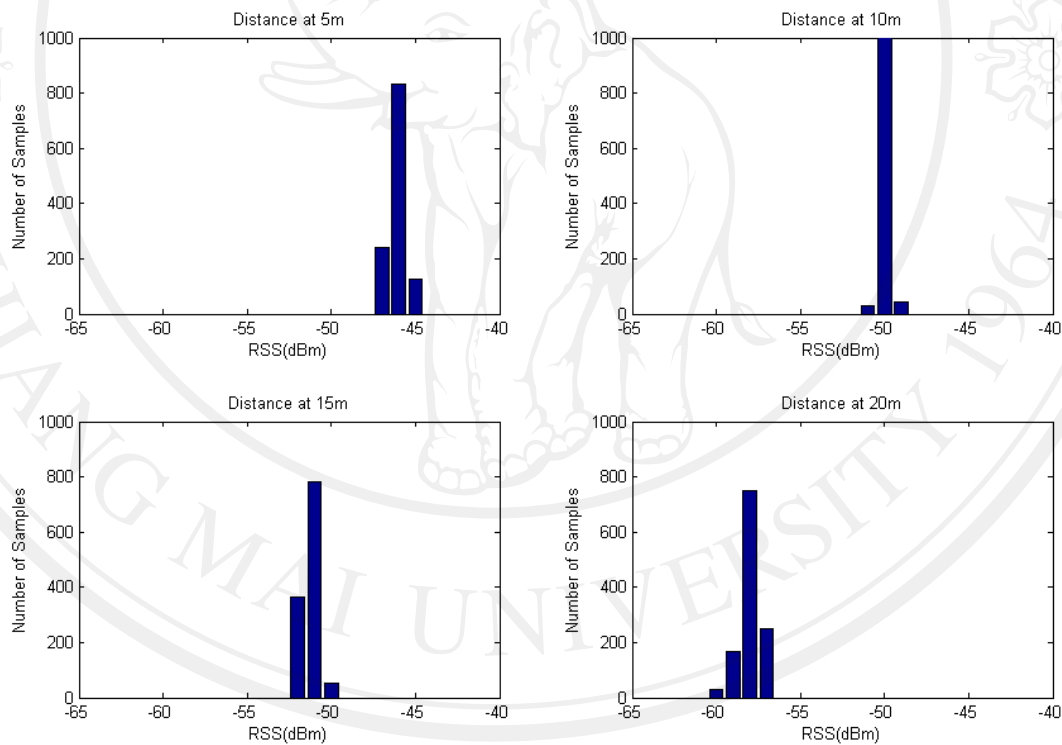


รูปที่ 4.15 กราฟค่าเฉลี่ยของ RSS ที่ระยะห่างต่างๆภายใน Indoor open space



รูปที่ 4.16 กราฟค่า SD ของ RSS ที่ระยะห่างต่างๆภายใน Indoor open space

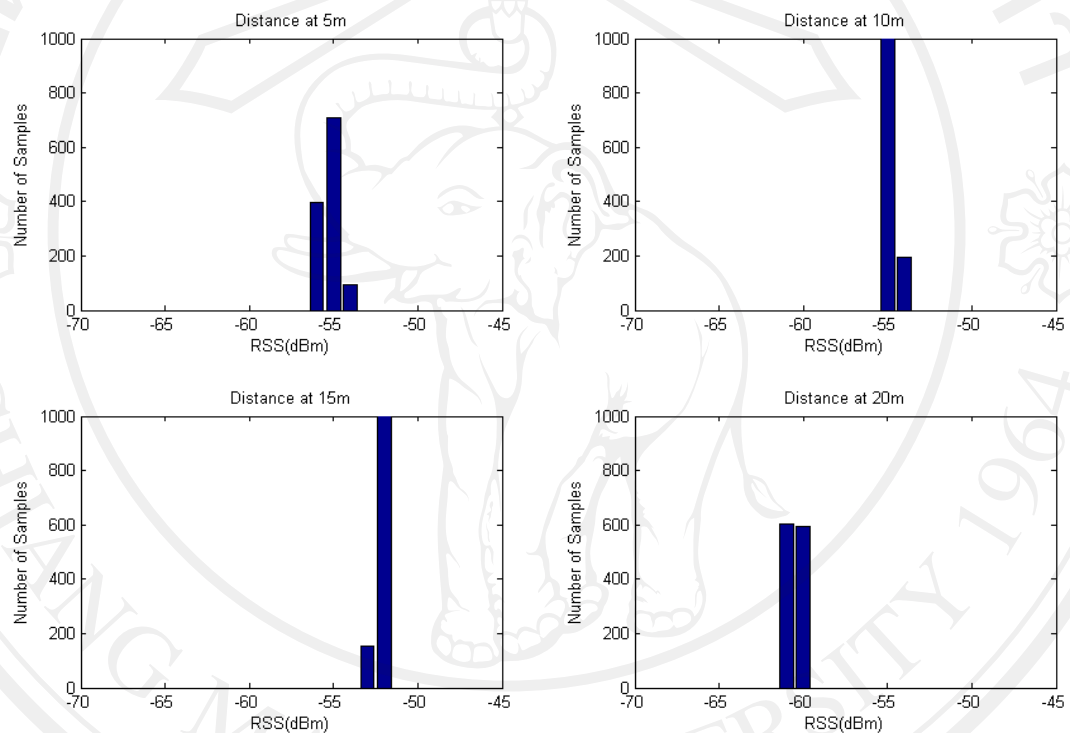
เมื่อเปรียบเทียบลักษณะการเกิดเฟดดิ้งจากการดำเนินกิจกรรมของบุคคลในการทดลองที่ Hallway และ Indoor open space พบว่าผลการทดลองจาก Hallway สามารถส่งผลทำให้เกิดเฟดดิ้งได้มากกว่ากรณีการทดลองจาก Indoor open space สังเกตได้จากกราฟค่า SD ของกรณี C4 ในรูปที่ 4.14 ที่ระยะห่างระหว่าง Tx-Rx ต่างๆมีค่ามากกว่ากรณี C4 ในรูปที่ 4.16 นั้นอาจเนื่องจากว่าสภาพแวดล้อม Hallway เป็นพื้นที่แคบและปิดที่มีกำแพงรอบทั้งสองด้านไปตามความยาวของทางเดินซึ่งจะส่งผลให้สัญญาณถูกการสะท้อนกับกำแพงดังกล่าวแล้วอาจมีโอกาสกลับมาสะท้อนถูกบุคคลที่กำลังดำเนินกิจกรรมอยู่ระหว่างช่องสัญญาณของ Tx-Rx ได้มากกว่ากรณีที่สภาพแวดล้อมที่เป็นพื้นที่กว้างและเปิดดัง Indoor open space สัญญาณที่เป็น Multipath อาจกระจายแล้วจางหายไปไม่ได้กลับมากระทบกับบุคคลที่กำลังดำเนินกิจกรรมอยู่ระหว่างช่องสัญญาณของ Tx-Rx



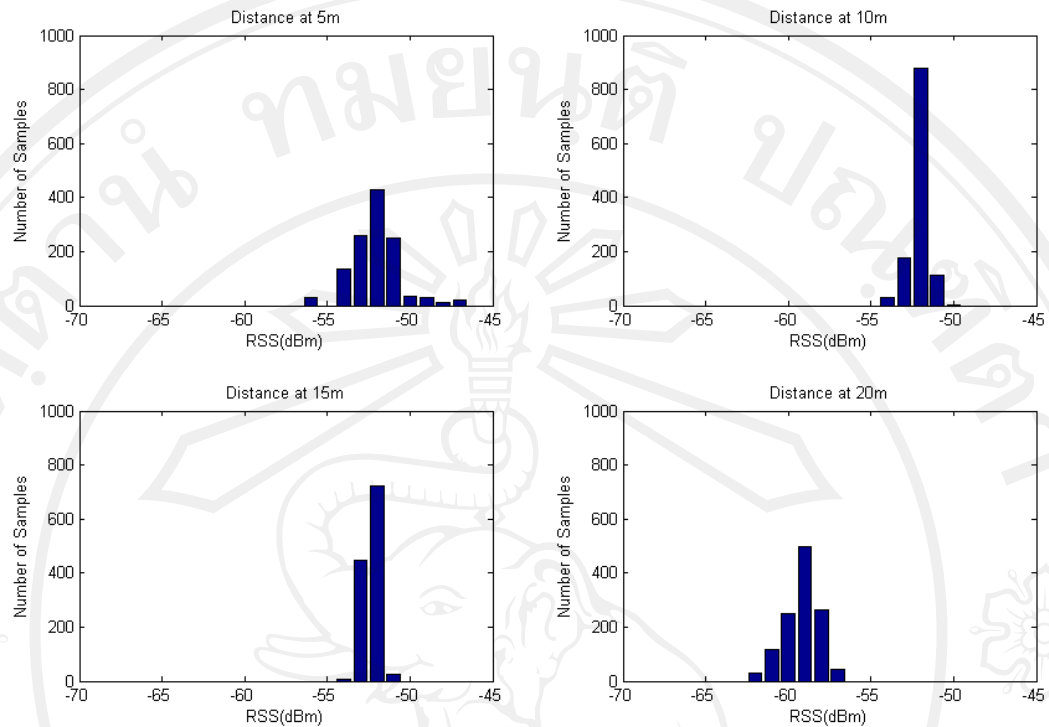
รูปที่ 4.17 ฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS สำหรับกรณี C1 ที่ระยะห่างต่างๆภายใน Hallway

จากฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS ในรูปที่ 4.17 พบว่า ค่า RSS ที่วัดได้ในแต่ละระยะห่าง Tx-Rx มีการกระจายค่าอยู่ในช่วงระหว่างคือ -47 dBm ถึง -45 dBm, -51 dBm ถึง -49 dBm, -53 dBm ถึง -50 dBm และ -60 dBm ถึง -57 dBm สำหรับระยะห่างที่ 5 m, 10 m, 15 m และ 20 m ตามลำดับ ซึ่งพบว่า เมื่อเพิ่มระยะห่าง Tx-Rx ไม่ได้ส่งผลต่อระดับช่วงค่า RSS ที่กระจาย มีเพียงค่าเฉลี่ยของ RSS เท่านั้นที่ลดลง ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.6

จากฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS ในรูปที่ 4.18 พบว่า ในกรณีที่บุคคลยืนอยู่จุดกึ่งกลางระหว่าง Tx-Rx มีการกระจายค่าอยู่ในช่วงระหว่างคือ -56 dBm ถึง -54 dBm, -55 dBm ถึง -54 dBm, -53 dBm ถึง -52 dBm และ -61 dBm ถึง -60 dBm สำหรับระยะห่างที่ 5 m, 10 m, 15 m และ 20 m ตามลำดับ โดยพบว่า ระดับค่า RSS ที่วัดได้ในระยะห่างต่างๆของ Tx-Rx มีระดับช่วงค่า RSS ที่กระจายในลักษณะคล้ายกันและการกระจายไม่ได้มีระดับความผันผวนมากกว่ากรณี C1 นั้นแสดงว่าการยืนอยู่นิ่งๆไม่ได้ทำให้ค่า RSS เกิดการกระจายมากขึ้นมีแต่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยของ RSS เท่านั้น

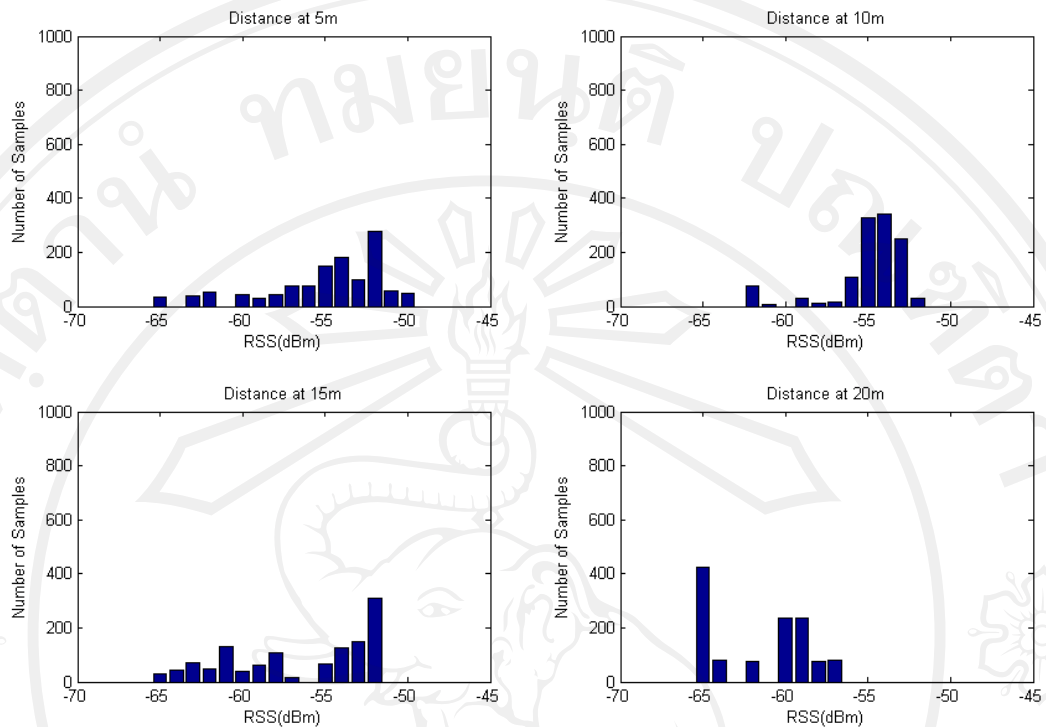


รูปที่ 4.18 ฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS สำหรับกรณี C2 ที่ระยะห่างต่างๆภายใน Hallway



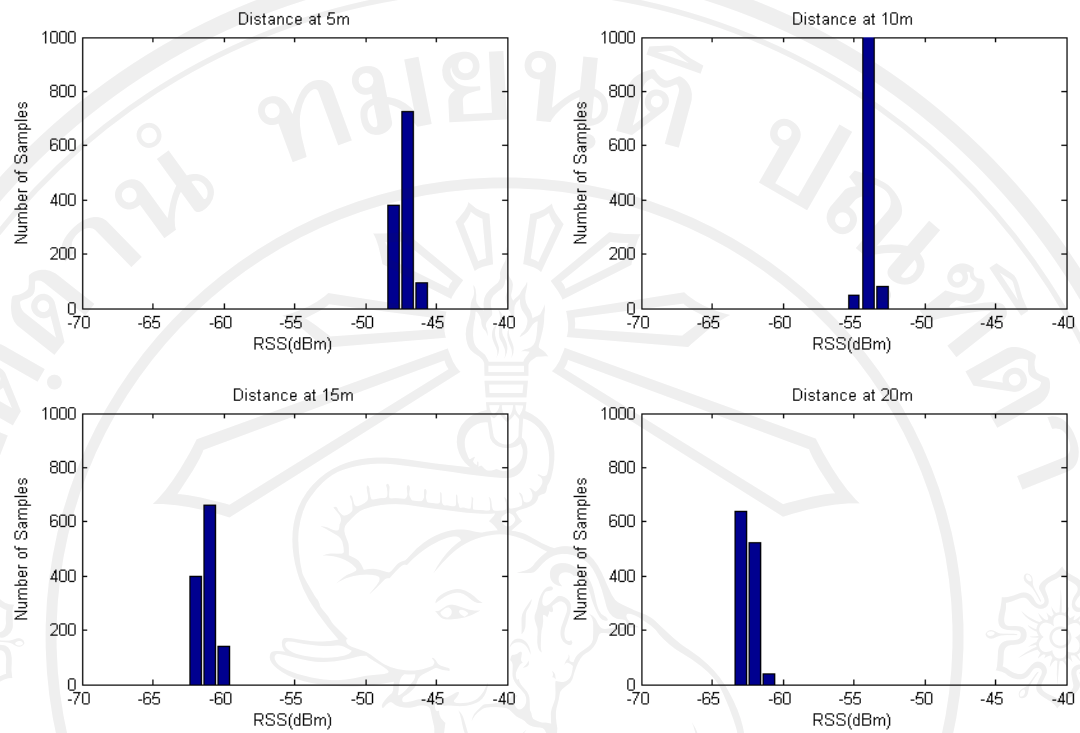
รูปที่ 4.19 ฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS สำหรับกรณี C3 ที่ระยะห่างต่างๆภายใน Hallway

จากการสังเกตฮิสโตแกรมในรูปที่ 4.19 พบว่า ค่า RSS มีการกระจายค่าอยู่ในช่วงระหว่าง คือ -56 dBm ถึง -47 dBm, -54 dBm ถึง -50 dBm, -54 dBm ถึง -51 dBm และ -62 dBm ถึง -57 dBm สำหรับระยะห่างที่ 5 m, 10 m, 15 m และ 20 m ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ระยะห่าง Tx-Rx ที่ 5 m มีระดับช่วงค่า RSS ที่กระจายมากกว่าที่ระยะอื่น ส่วนที่ระยะอื่นๆ มีช่วงการกระจายค่า RSS ใกล้เคียงกัน

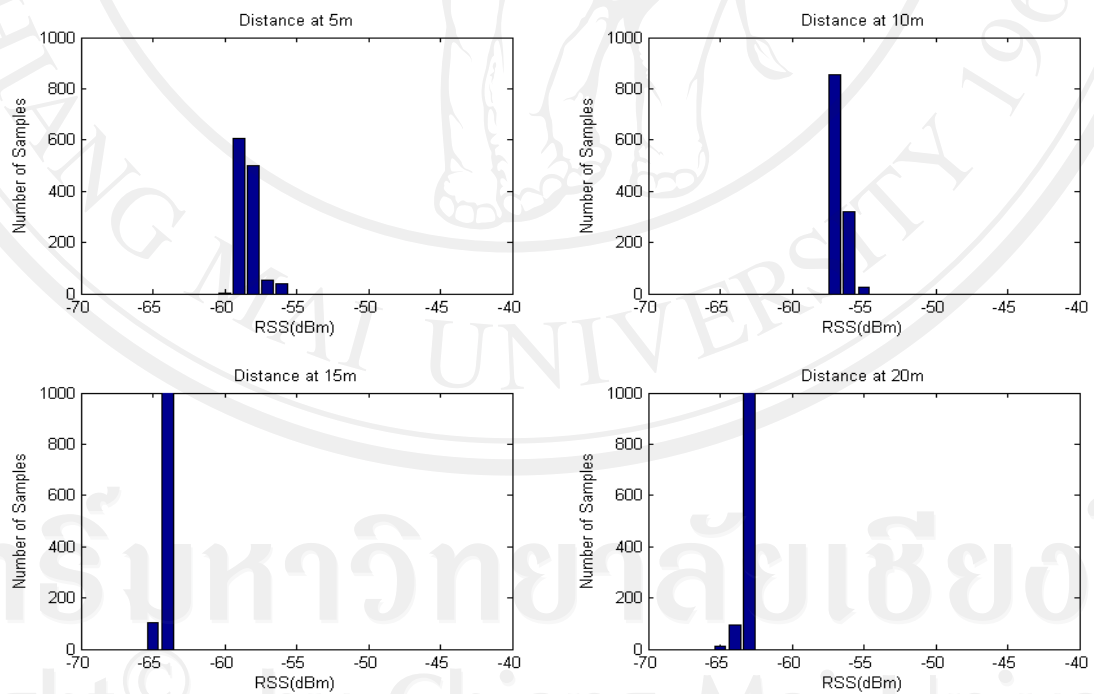


รูปที่ 4.20 ฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS สำหรับกรณี C4 ที่ระยะห่างต่างๆภายใน Hallway

จากฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS ในรูปที่ 4.20 พบว่า ในกรณีที่บุคคลเดินไป-กลับ อยู่ระหว่าง Tx-Rx มีการกระจายค่าอยู่ในช่วงระหว่างคือ -65 dBm ถึง -50 dBm, -62 dBm ถึง -52 dBm, -65 dBm ถึง -52 dBm และ -65 dBm ถึง -57 dBm สำหรับระยะห่างที่ 5 m, 10 m, 15 m และ 20 m ตามลำดับ จากค่าเหล่านี้เห็นว่าที่ระยะห่างต่างๆของ Tx-Rx มีระดับช่วงค่า RSS ที่กระจายมากกว่ากรณี C1, C2 และ C3 ซึ่งโดยส่วนใหญ่พบว่าระดับการกระจายของค่า RSS เมื่อเพิ่มระยะห่าง Tx-Rx จะทำให้ลักษณะการกระจายลดลง



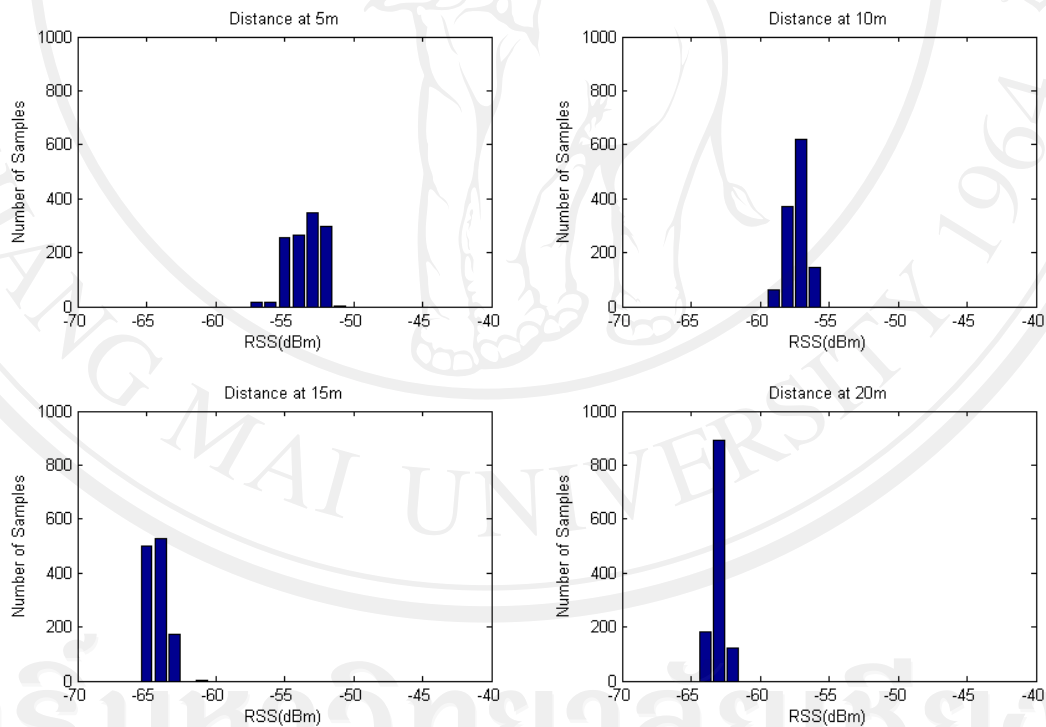
รูปที่ 4.21 ฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS สำหรับกรณี C1 ที่ระยะห่างต่างๆภายใน Indoor open space



รูปที่ 4.22 ฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS สำหรับกรณี C2 ที่ระยะห่างต่างๆภายใน Indoor open space

จากรูปที่ 4.21 พบว่าฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS ในแต่ละระยะห่าง Tx-Rx มีการกระจายค่าอยู่ในช่วงระหว่างคือ -48 dBm ถึง -46 dBm, -55 dBm ถึง -53 dBm, -62 dBm ถึง -60 dBm และ -63 dBm ถึง -61 dBm สำหรับระยะห่างที่ 5 m, 10 m, 15 m และ 20 m ตามลำดับ จากช่วงการกระจายค่า RSS เหล่านี้พบว่ามีค่าระดับช่วงเท่ากับ 3 dB เหมือนกัน โดยมีระดับค่า RSS ลดลงไปตามระยะทาง เมื่อเทียบกับการทดลองกรณี Hallway พบว่ามีระดับการกระจายคล้ายกัน

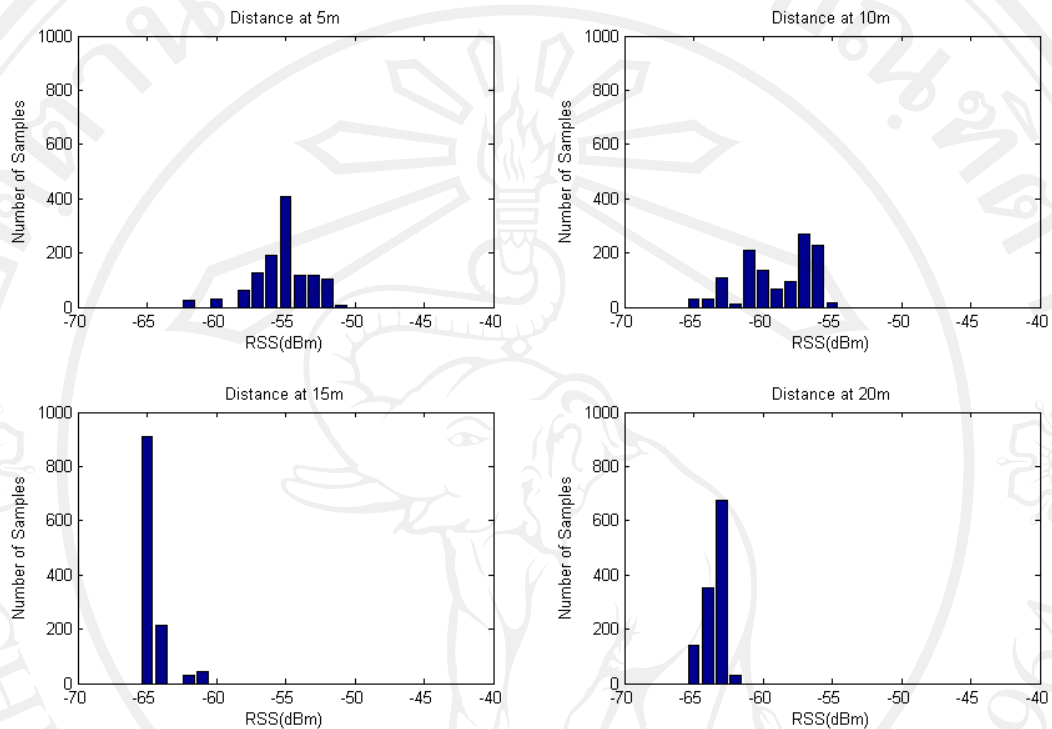
จากการสังเกตฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS ที่ระยะห่าง Tx-Rx ต่างๆ ในรูปที่ 4.22 โดยมีบุคคลยืนอยู่ภายในห้องสัญญาณด้วยนี้ พบว่ามีค่าการกระจายอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกับกรณีไม่มีคน ยกเว้นเพียงกรณีที่ 5 m ที่กระจายมากกว่าเล็กน้อยคือ -60 dBm ถึง -56 dBm, -57 dBm ถึง -55 dBm, -65 dBm ถึง -64 dBm และ -65 dBm ถึง -63 dBm สำหรับระยะห่างที่ 5 m, 10 m, 15 m และ 20 m ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกรณี C1 พบว่าระดับของการกระจายอยู่ในระดับใกล้เคียงกันและมีลักษณะคล้ายกับการทดลองที่ Hallway ในกรณีเดียวกัน



รูปที่ 4.23 ฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS สำหรับกรณี C3 ที่ระยะห่างต่างๆภายใน Indoor open space

จากฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS ในรูปที่ 4.23 ในกรณีมีบุคคลเคลื่อนที่ในห้องสัญญาณ พบว่ามีค่าการกระจายอยู่ในช่วงระหว่างคือ -57 dBm ถึง -51 dBm, -59 dBm ถึง -54 dBm, -65 dBm ถึง -61 dBm และ -64 dBm ถึง -62 dBm สำหรับระยะห่างที่ 5 m, 10 m,

15 m และ 20 m ตามลำดับ ซึ่งพบว่าในกรณีระยะห่างที่ 5 m มีการกระจายมากกว่าโดยคล้ายกันกับกรณี Hallway แต่สังเกตเห็นว่าระยะห่างที่ 15 m มีระดับค่า RSS ต่ำกว่าระยะที่ 20 m ซึ่งต่างจากกรณี Hallway ที่มีค่า RSS ที่ 15 m สูงกว่าค่า RSS ที่ 20 m



รูปที่ 4.24 ฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS สำหรับกรณี C4 ที่ระยะห่างต่างๆภายใน Indoor open space

จากฮิสโตแกรมของการกระจายค่า RSS ในรูปที่ 4.24 ในกรณีที่บุคคลเดินไป-กลับอยู่ในห้องสัญญาณพบว่าการกระจายค่าอยู่ในช่วงระหว่างคือ -62 dBm ถึง -51 dBm, -65 dBm ถึง -55 dBm, -65 dBm ถึง -61 dBm และ -65 dBm ถึง -62 dBm สำหรับระยะห่างที่ 5 m, 10 m, 15 m และ 20 m ตามลำดับ จากค่าเหล่านี้พบว่าฮิสโตแกรมมีการกระจายน้อยกว่าการทดลองในกรณี Hallway โดยเฉพาะที่ระยะห่าง 15 m และ 20 m

สำหรับการทดสอบวิธีการรู้จำกิจกรรมของมนุษย์กับข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่ระเบียงทางเดินและลานกิจกรรมในร่มที่ระยะห่างระหว่างตัวส่งและตัวรับต่างๆ ได้แสดงผลของการประเมินความถูกต้องจากการทดลองทั้งสองไว้ในตาราง 4.10 จากผลการทดสอบในตารางนี้ พบว่าความถูกต้องจากการทดลองที่ระเบียงทางเดินในอาคารให้ค่าความถูกต้องสูงกว่าการทดลองที่ลานกิจกรรมในร่มในทุกๆระยะที่ทำการทดลอง เช่น ณ ระเบียงทางเดินในอาคารที่ 90% ซึ่งมากกว่าความ

ตารางที่ 4.10 ประสิทธิภาพความถูกต้องจากระยะห่างต่างๆ
ณ ระยะเบี่ยงทางเดินในอาคารและลานกิจกรรมในร่ม

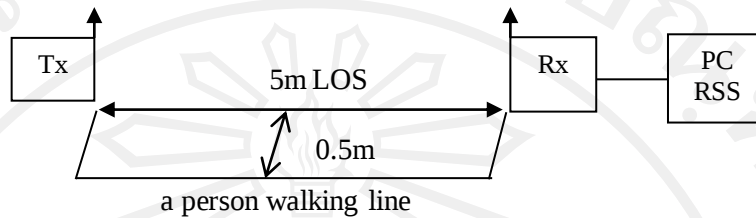
Distance	Accuracy (%)	
	Hallway	Indoor open space
5m	91.25	90.00
10m	90.00	83.75
15m	81.25	77.50
20m	68.75	63.75

ถูกต้อง ณ ลานกิจกรรมในร่มที่ 83.75% สำหรับที่ระยะห่าง 10 m นั้นเนื่องจากว่า พื้นที่ของระยะเบี่ยงทางเดินในอาคารที่เราทำการทดลองมีลักษณะเป็นพื้นที่ปิดและแคบซึ่งประกอบด้วยกำแพงสองด้านขนานไปตามทางยาวของระยะเบี่ยง ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าการดำเนินกิจกรรมของบุคคลสามารถบังหรือกีดขวางองค์ประกอบส่วนที่เป็น multipaths ของช่องสัญญาณจากตัวส่งถึงตัวรับได้มากกว่าซึ่งเป็นสาเหตุก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเกิดเฟดดิ้งบนช่องสัญญาณไร้สายได้แต่ในขณะที่ลานกิจกรรมเป็นพื้นที่กว้างและเปิดเช่น ไม่มีกำแพง ฉะนั้นการดำเนินกิจกรรมของบุคคลสามารถส่งผลกระทบต่อ multipaths อื่นๆของช่องสัญญาณที่นอกเหนือจาก Line-of-sight (LOS) ได้น้อยกว่าเป็นผลทำให้การเกิดเฟดดิ้งบนช่องสัญญาณน้อยตามไปด้วย เมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลการทดลองอยู่ภายในห้องเรียน ความถูกต้องของการรู้จำที่ระยะห่างของตัวส่ง-ตัวรับเหมือนกันที่ 5 m พบว่ายังให้ความถูกต้องใกล้เคียงกันคือ กรณีระยะเบี่ยงทางเดินในอาคารอยู่ที่ 91.25% และกรณีลานกิจกรรมในร่มอยู่ที่ 90% นอกจากนี้ ยังพบว่ากำลังของสัญญาณที่ได้รับจะลดลงเมื่อระยะห่างระหว่างตัวส่งและตัวเพิ่มขึ้น ดังนั้นสำหรับการที่มีคนยืนหรือเคลื่อนไหว ณ จุดกึ่งกลางซึ่งไกลจากทั้งตัวส่งและตัวรับ ตัวของบุคคลสามารถบังหรือกีดขวางเฉพาะช่องทางที่เป็น LOS path เท่านั้นแต่มีผลต่อช่องทาง multipaths เพียงเล็กน้อยจึงทำให้ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเฟดดิ้งที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมในกรณีต่างๆไม่ค่อยแตกต่างกันอย่างเด่นชัด ด้วยเหตุผลนี้ จึงทำให้ความถูกต้องของวิธีการการรู้จำกิจกรรมมีค่าลดลง เช่น ที่ระยะห่าง 20 m ค่าความถูกต้องมีค่าต่ำกว่า 69% จากทั้งสองการทดลอง

4.3 ผลการทดลองวิธีการที่เสนอในกรณี Non-line-of-sight (NLOS)

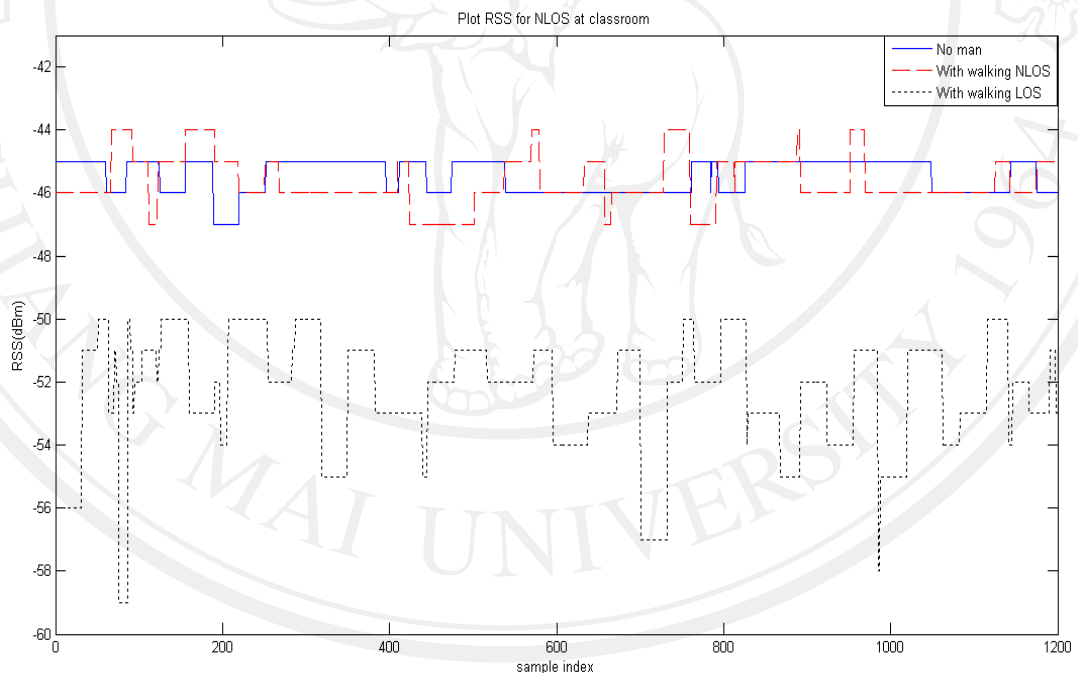
ในการทดลองนี้ได้ติดตั้งตัวส่ง (Tx) และตัวรับ (Rx) ให้อยู่ห่างกัน 5 m ภายในห้องเรียนตามหัวข้อ 4.1 เลือกอัตราการสุ่มสัญญาณเท่ากับ 4 samples/s หรือวัดค่า RSS ทุกๆ 0.25 วินาที ใช้

เวลาในการเก็บข้อมูลตัวอย่าง RSS นาน 5 นาทีเหมือนกับการทดลองผ่านมา แต่ในกรณีนี้ได้ทดสอบโดยให้คนเดินตามแนวนานกับแนว LOS ของตัวส่งและตัวรับที่ระยะห่าง 0.5 m ดังแสดงในรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 กรณีการทดลองวัดค่า RSS ในรูปแบบ NLOS

หลังจากทำการเก็บตัวอย่าง RSS ตามกำหนดเวลาแล้ว ได้นำข้อมูล RSS ดังกล่าวที่ sample indexes ต่างๆ ไปแสดงในรูปแบบกราฟเพื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่มีคนและกรณีมีการเดินในรูปแบบ LOS ดังรูปที่ 4.26 จากเส้นกราฟที่ได้จากการทดลองพบว่าค่า RSS ในกรณีไม่มีคน (C1)



รูปที่ 4.26 เส้นกราฟค่า RSS ของกรณีไม่มีคน กรณีมีการเดินในรูปแบบ LOS และ NLOS

และกรณีการเดินแบบ NLOS (C4) มีการซ้อนทับกันเกือบหมดโดยมีระดับสัญญาณที่ใกล้เคียงกันมาก ซึ่งแสดงให้เห็นจากค่าเฉลี่ย (Mean) คือ No man = -45.47 dBm และ With walking = -45.64 dBm และค่าความผันผวนก็มีระดับที่ไม่แตกต่างกันมากสังเกตได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ No man = 0.54 dBm และ With walking = 0.80 dBm เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีมีการเดินในรูปแบบ

LOS ซึ่งมีค่า Mean = -52.38 dBm และค่า SD = 1.89 dBm จะพบว่ามีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ เนื่องจากการดำเนินกิจกรรมของบุคคลภายในเส้นทาง LOS ของช่องสัญญาณ จะส่งผลกระทบทำให้เกิดการเฟดดิ้งบนช่องสัญญาณไร้สายได้มากกว่าการที่บุคคลไปบดบังเส้นทางอื่นที่ไม่ใช่ LOS

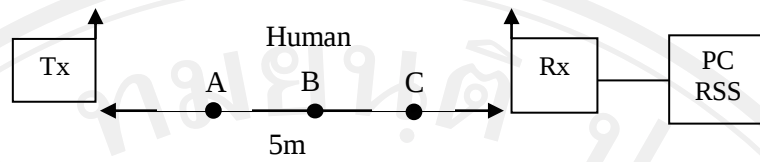
ตารางที่ 4.11 การประเมินความถูกต้องในกรณี NLOS

Time	C1	C4 (NLOS)	Accuracy (%)
8AM	80	70	75
10AM	60	90	75
12PM	50	90	70
2PM	90	70	80
4PM	70	70	70
Average accuracy (%)			74

เพื่อทดสอบความถูกต้องของวิธีการเราได้ทดลองทำการจำแนกสองกรณี (C1 และ C4) ออกจากกันโดยใช้ FA feature เป็นตัวจำแนก ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.11 ซึ่งพบว่าในเวลาต่างๆของวันหนึ่งค่าความถูกต้องในการจำแนกกรณี C1 และ C4 มีค่าอยู่ระหว่าง 70 – 80% เมื่อเฉลี่ยค่าความถูกต้องแล้วพบว่ามีความอยู่ที่ 74 % แม้เป็นค่าที่ไม่สูงมาก แต่หากสังเกตจากรูปที่ 4.10 ผลที่ได้อยู่ในระดับที่พอใจ เพราะลักษณะเส้นกราฟ RSS ของทั้งสองกรณีมีความผันผวนที่ใกล้เคียงกันมาก

4.4 ผลการทดลองวิธีการที่เสนอในกรณี Obstructed-line-of-sight (OLOS)

ในการทดลองนี้เราทำการติดตั้งตัวส่งและตัวรับที่ระยะห่าง 5m ภายในห้องเรียนเดียวกันกับการทดลองในหัวข้อ 4.1 โดยครั้งนี้ เราจะศึกษาผลกระทบของสิ่งกีดขวางต่อค่าความถูกต้องวิธีการการรู้จำกิจกรรม โดยการทดลองจะใช้สิ่งกีดขวางคือ กระดานขาว (whiteboard) สองหน้า ขนาด 6 cm x 122 cm x 224 cm และแบ่งการทดลองออกเป็นสองแบบดังรูปที่ 4.27 ได้แก่ แบบที่หนึ่งนำกระดานมาตั้งไว้ ณ ตำแหน่งจุด A ที่มีระยะห่าง 1.25 m จาก Tx และแบบที่สองก็นำกระดานมาตั้งไว้ ณ ตำแหน่งจุด C ที่มีระยะห่าง 1.25 m จาก Rx หรือห่างจาก Tx 3.75 m การรวบรวมวัดค่า RSS samples นั้นยังกำหนดให้รูปแบบกิจกรรมแบ่งออกเป็นสี่กรณีเหมือนเดิม



รูปที่ 4.27 รูปแบบการทดลองโดยมีสิ่งกีดขวาง

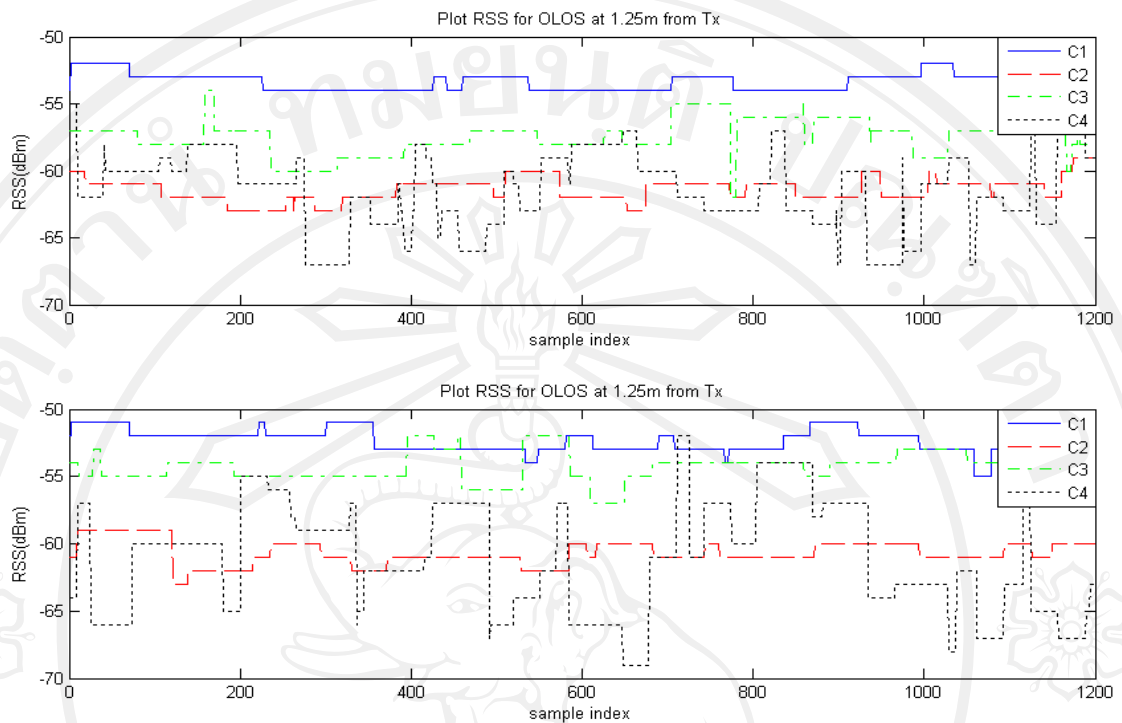
4.4.1 กรณีที่หนึ่งกระดานอยู่ที่จุด A

ในการทดลองนี้ เราได้นำกระดานขาวไปตั้งไว้ใกล้กับตัวส่งมากกว่าตัวรับ ดังนั้นกรณีกิจกรรมการเดิน (กรณี C4) บุคคลจะทำการเดินตามแนวเส้นตรงระหว่างกระดาน (จุด A) และ Rx ดังภาพที่แสดงในรูปที่ 4.28 เพื่อสังเกตลักษณะเฟดดิ้งของช่องสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีสิ่งกีดขวางช่องทางเดินของสัญญาณด้วยตรงและเพื่อเป็นการทดสอบความถูกต้องของวิธีการรู้จำที่เรานำเสนอ จากการทดลองสามารถแสดงค่า RSS ที่ sample indexes ต่างๆในรูปแบบกราฟจากการวัดสองครั้งดังในรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.28 ภาพการทดลองที่มีกระดานตั้งอยู่จุด A

จากเส้นกราฟของค่า RSS ในรูปที่ 4.29 ทั้งสองที่ได้จากการทดลอง พบว่าสิ่งกีดขวาง เช่น กระดานสามารถทำให้ความแรงของสัญญาณหรือ RSS ลดทอนลงไปประมาณ 6 dB เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่มีสิ่งกีดขวางช่องทาง LOS ของช่องสัญญาณระหว่างตัวส่งและตัวรับที่มีระยะห่างเท่ากัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่า RSS ทั้งสี่กรณี (C1 – C4) พบว่าระดับการลดทอนและผันผวนแตกต่างกันออกไป ดังในตารางที่ 4.12 โดยค่าเฉลี่ย (Mean1 และ Mean2) และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของทั้งสี่กรณีในการทดลองทั้งสองครั้งพบว่า ค่าเฉลี่ย RSS ของ C1 = -53.38 dBm,



รูปที่ 4.29 กราฟค่า RSS กรณีกระดานตั้งอยู่จุด A (บน : ทดลองครั้งที่ 1 ล่าง : ทดลองครั้งที่ 2)

C2 = -61.42 dBm, C3 = -57.39 dBm และ C4 = -61.47 dBm สำหรับการทดลองในครั้งนี้หนึ่ง เห็นว่าค่าเฉลี่ยจากกรณี C1 และ C3 มีค่าห่างจากค่าเฉลี่ย RSS ของ C2 และ C4 ซึ่งค่าเฉลี่ยของทั้งกรณี C2 และ C4 มีค่าใกล้เคียงกันแต่มีค่า SD ที่ต่างกันคือ C2 = 0.90 dBm และ C4 = 3.08 dBm ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของลักษณะการเกิดเฟดดิ้งในแต่กิจกรรมจะมีผลคล้ายกับผลที่ได้จากการทดลองในกรณีไม่มีสิ่งกีดขวาง (รูปที่ 3.5) จะพบว่ากราฟของ C1 และ C3 มีระดับค่า RSS สูงกว่าระดับกราฟของ C2 และ C4

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ย (dBm) และ SD (dBm) ของ RSS ที่มีกระดานตั้งอยู่จุด A

Classes	Mean1	Mean2	SD1	SD2
C1	-53.38	-52.42	0.64	0.83
C2	-61.42	-60.68	0.90	0.89
C3	-57.39	-54.33	1.35	1.13
C4	-61.47	-61.10	3.08	4.17

ตารางที่ 4.13 การประเมินความถูกต้องในกรณีมีกระดานตั้งอยู่จุด A
(การทดลองครั้งที่ 1)

Training traces	C1	C2	C3	C4	Accuracy (%)
first 10 traces	100	90	100	60	87.5
second 10 traces	100	100	80	70	87.5
Average Accuracy					87.5

ตารางที่ 4.14 การประเมินความถูกต้องในกรณีมีกระดานตั้งอยู่จุด A
(การทดลองครั้งที่ 2)

Training traces	C1	C2	C3	C4	Accuracy (%)
first 10 traces	90	100	90	80	90
second 10 traces	100	100	90	60	87.5
Average Accuracy					88.75

ในการประเมินความถูกต้องของวิธีการที่นำเสนอเราได้ทำการทดสอบเหมือนกันกับการทดลองกรณีไม่มีสิ่งกีดขวาง ผลการทดสอบได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.13 และ 4.14 จากตารางดังกล่าวพบว่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการทำนาย RSS traces ของกรณี C1 และ C2 มีค่าอยู่ระหว่าง 90 – 100% , C3 อยู่ระหว่าง 80 – 100% และ C4 อยู่ระหว่าง 60 – 80% จากผลที่ได้พบว่าในกรณีของ C4 มีค่าความถูกต้องน้อยกว่าในกรณีอื่น ทั้งนี้เนื่องจากว่าในบาง trace ของ C4 พบว่ามีค่าเฉลี่ย RSS ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย RSS ของ C3 มาก จึงทำให้ทำนายผิดพลาดในขั้นตอนตั้งขึ้นตอนแรก of วิธีการ นอกจากนั้น RSS ของ C4 ในบางช่วงพบว่ามีค่าค่อนข้างนิ่งโดยมีลักษณะคล้ายกับ C2 มากเป็นเหตุให้วิธีการการจำแนกผิดพลาดไป โดยเมื่อเฉลี่ยค่าความถูกต้องจากทั้งสองการทดลองแล้วมีค่าอยู่ที่ 88.13%

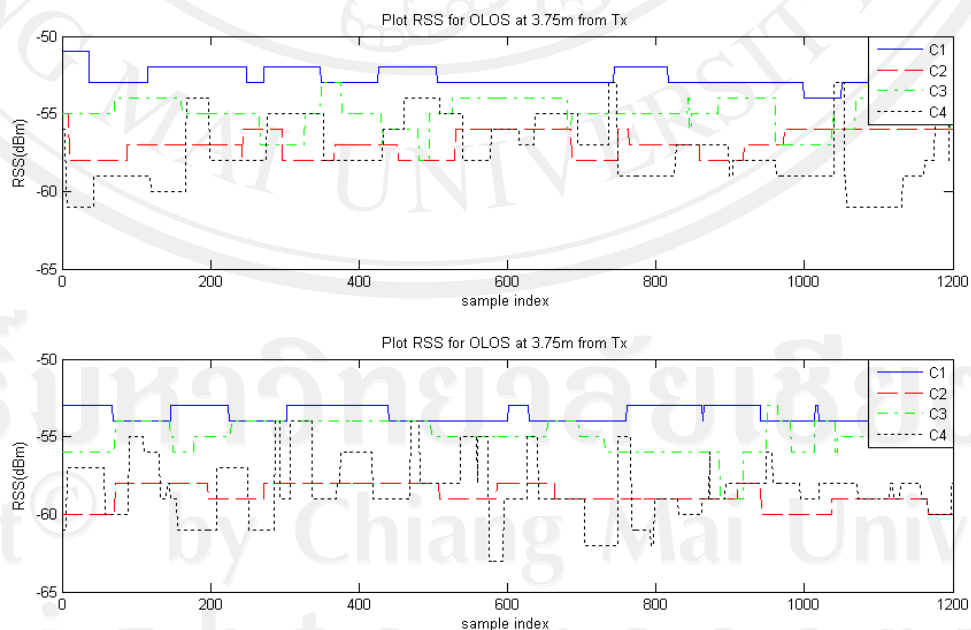
4.4.2 กรณีที่สองกระดานอยู่ที่จุด C

ในการทดลองนี้ เราได้นำกระดานขาวไปตั้งไว้ให้ใกล้กับตัวรับมากกว่าตัวส่ง ณ จุด C ในรูปที่ 4.27 โดยการดำเนินกิจกรรมต่างๆให้อยู่ระหว่าง Tx และกระดาน (จุด C) ดังภาพที่แสดงในรูปที่ 4.30 จากการทดลองนี้สามารถแสดงค่า RSS ที่ sample indexes ต่างๆในรูปแบบกราฟของแต่ละกรณีดังในรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.30 ภาพการทดลองที่มีกระดานตั้งอยู่จุด C

พิจารณาจากเส้นกราฟของ RSS ที่แสดงในรูปที่ 4.31 และเส้นกราฟของ RSS ที่แสดงในรูปที่ 4.29 พบว่าเมื่อนำสิ่งกีดขวาง (กระดานขาว) ไปขวางทางเดินของช่องสัญญาณและตัดขวางสัญญาณในรูปแบบ OLOS นั้นพบว่าไม่ว่าจะเป็นการเอาไปตั้งไว้ใกล้กับตัวส่งหรือตัวรับสัญญาณก็ตาม จะมีผลทำให้ค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับหรือ RSS มีการลดทอนลงไปเกือบเท่าๆกัน สังเกตได้จากค่าเฉลี่ยของกรณี C1 ในตารางที่ 4.12 (-53.38 dBm และ -52.42 dBm) และตารางที่ 4.15 (-52.68 dBm และ -53.57 dBm) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระดับความผันผวนหรือความกว้างของสัญญาณ RSS เห็นว่าในกรณีการนำกระดานไปตั้งขวางไว้ใกล้กับตัวส่ง (จุด A) จะทำให้ระดับค่าการแกว่งมีค่ามากกว่าตั้งขวางไว้ใกล้กับตัวรับ (จุด C) สังเกตได้จากค่า SD โดยเฉพาะกรณี C4 ในตารางที่ 4.12 (3.08 dBm และ 4.17 dBm) และตารางที่ 4.15 (2.08 dBm และ 2.02 dBm)



รูปที่ 4.31 กราฟค่า RSS กรณีกระดานตั้งอยู่จุด C (บน : ทดลองครั้งที่ 1 ล่าง : ทดลองครั้งที่ 2)

ตารางที่ 4.15 ค่าเฉลี่ย และค่า SD ของ RSS ที่มีกระดานตั้งอยู่จุด C

Classes	Mean1	Mean2	SD1	SD2
C1	-52.68	-53.57	0.60	0.51
C2	-56.90	-58.78	0.83	0.71
C3	-55.00	-54.95	1.02	1.07
C4	-57.53	-58.43	2.08	2.02

การประเมินค่าความถูกต้องของวิธีการโดยอาศัยข้อมูล RSS จากการทดลองนี้ แสดงผลไว้ในตารางที่ 4.16 และ 4.17 โดยจากค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการทำนายแต่ละกรณี (C1 – C4) จากการทดลองทั้งสองครั้งพบว่า มีเพียงกรณี C1 เท่านั้นที่สามารถจำแนกได้ 100% ส่วนกรณีอื่นๆที่มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องน้อยกว่านั้น เนื่องจากค่าเฉลี่ยของ RSS ในบาง traces ในกรณีอื่นๆที่เหลือมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันมากจึงทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้นในการทำนายในขั้นตอนการพิจารณาค่าเฉลี่ย โดยจะพบการซ้อนทับกันของค่า RSS ในต่างกรณีดังในรูปที่ 4.31 และกราฟของ C3 บางช่วงก็มีระดับอยู่ในแนวเดียวกันกับ C1 (รูปที่ 4.31 ล่าง) หากเฉลี่ยค่าความถูกต้องของผลการทดสอบจากการทดลองทั้งสองมีค่าอยู่ที่ 81.88% ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าความถูกต้องของการทดลองในกรณีที่มีกระดานตั้งอยู่จุด A (88.13%) นั้นเนื่องจากการดำเนินกิจกรรมของบุคคลในแต่ละกรณีสำหรับการทดลองที่มีกระดานตั้งอยู่จุด A มีลักษณะความแตกต่างของระดับการเกิดเฟดดิ้งมากกว่ากรณีกระดานตั้งอยู่จุด C เล็กน้อยสังเกตได้จากกราฟในรูปที่ 4.13 ซึ่งจากผลลัพธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสัญญาณเดินทางจากตัวส่งผ่านกระดานก่อนแล้วจึงกระทบกับการดำเนินกิจกรรมของบุคคลก่อนถึงตัวรับสัญญาณจะส่งผลให้เกิดลักษณะเฟดดิ้งของ RSS ได้มากกว่ากรณีสัญญาณที่เดินทางแล้วกระทบกับการดำเนินกิจกรรมของบุคคลก่อนจึงผ่านกระดานแล้วถึงตัวรับสัญญาณ

ตารางที่ 4.16 การประเมินความถูกต้องในกรณีที่มีกระดานตั้งอยู่จุด C
(การทดลองครั้งที่ 1)

Training traces	C1	C2	C3	C4	Accuracy (%)
first 10 traces	100	80	90	70	85
second 10 traces	100	70	80	60	77.5
Average Accuracy					81.25

ตารางที่ 4.17 การประเมินความถูกต้องในกรณีมีกระดานตั้งอยู่จุด C
(การทดลองครั้งที่ 2)

Training traces	C1	C2	C3	C4	Accuracy (%)
first 10 traces	100	80	100	40	80
second 10 traces	100	90	50	100	85
Average Accuracy					82.5

4.5 ผลการทดลองกรณีเปลี่ยนบุคคลดำเนินการ

ในการทดลองนี้เราได้ทำการติดตั้งตัวส่ง (Tx) และตัวรับ (Rx) เป็นระยะห่าง 5 m อยู่ภายในห้องเรียนเหมือนเดิม แต่ในครั้งนี้ได้ทำการเปลี่ยนบุคคลที่ดำเนินการคือ เป็นหญิงที่มีความสูง 1.55 m และหนัก 64 Kg ซึ่งมีรูปร่างใหญ่กว่าบุคคลที่หนึ่งเล็กน้อย ดังภาพตัวอย่างของการทดลองทั้งสี่กรณีไว้ในรูปที่ 4.32 โดยมีจุดประสงค์การทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลลักษณะการเกิดเฟดดิ้ง



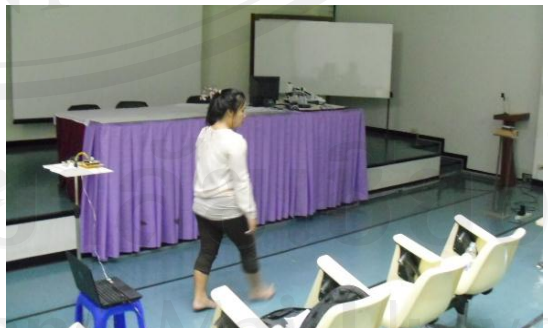
C1



C2



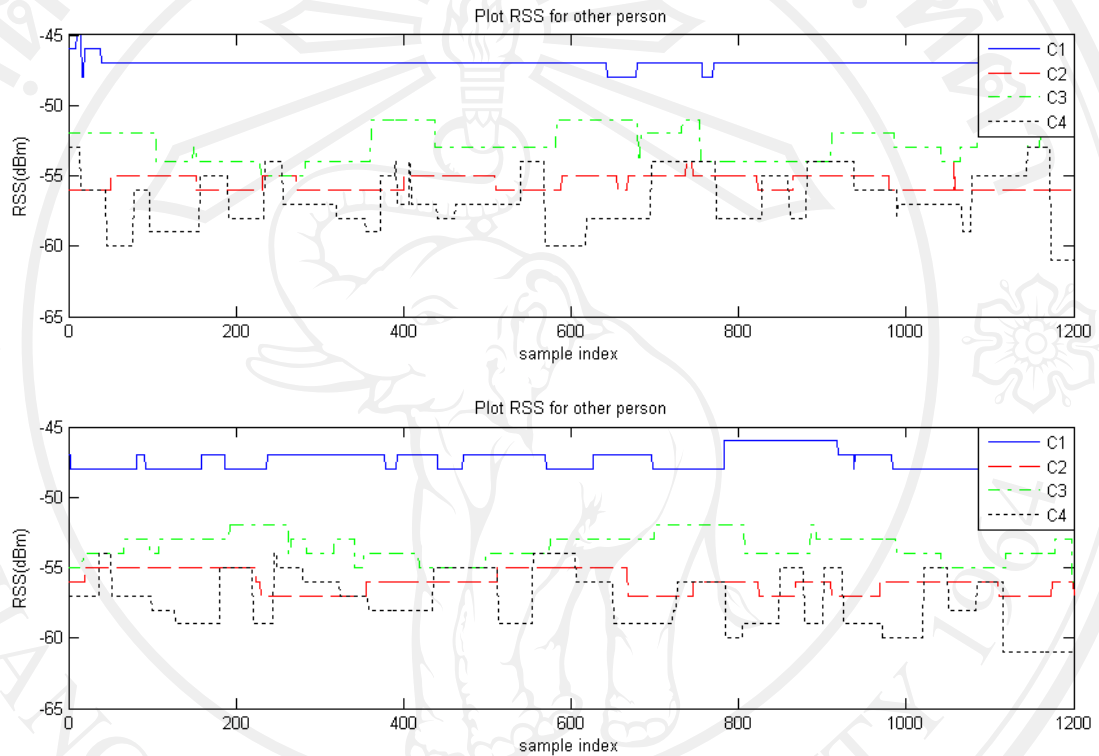
C3



C4

รูปที่ 4.32 ตัวอย่างการทดลองกรณีเปลี่ยนบุคคลดำเนินการ

และการประเมินความถูกต้องของวิธีการที่นำเสนอเมื่อใช้บุคคลที่มีลักษณะรูปร่างต่างไปในการทดลองก่อน ค่า RSS ในรูปแบบกราฟที่ Sample indexes ต่างๆแสดงในรูปที่ 4.33 จากรูปดังกล่าวนี้จะสังเกตเห็นว่าลักษณะเส้นกราฟของแต่ละกรณียังคงมีความคล้ายกันกับลักษณะของเส้นกราฟในกรณีที่ได้จากการทดลองซึ่งใช้บุคคลเพศชายที่ได้แสดงกราฟไว้ในรูปที่ 3.6 เมื่อเปรียบเทียบกรณี C2 – C4 พบว่าระดับค่า RSS กรณีของ C3 อยู่ในระดับที่มีค่ามากกว่าของ C2 และ



รูปที่ 4.33 กราฟค่า RSS กรณีเปลี่ยนบุคคลดำเนินการ

(บน: ทดลองครั้งที่ 1 ล่าง: ทดลองครั้งที่ 2)

ตารางที่ 4.18 ค่าเฉลี่ย และ SD ของ RSS กรณีเปลี่ยนบุคคลดำเนินการ

Classes	Mean1	Mean2	SD1	SD2
C1	-47.01	-47.39	0.31	0.68
C2	-55.50	-56.01	0.51	0.78
C3	-52.80	-53.52	1.18	0.94
C4	-56.72	-57.38	1.99	2.02

C4 ซึ่งสามารถสังเกตได้จากเส้นกราฟ ค่า RSS ในรูปที่ 4.33 หรือสังเกตจากค่าเฉลี่ย RSS ดังในตารางที่ 4.18 เช่น $C2 = -55.50$ dBm , $C3 = -52.80$ dBm และ $C4 = -56.72$ dBm ซึ่งถ้าเปรียบเทียบค่า RSS ของ C2 นี้กับค่าที่ได้จากการทดลองโดยใช้คนเดิมดำเนินการ พบว่าระดับ

การลดทอนของค่า RSS ในครั้งใหม่นี้ลดลงไปมากกว่าเล็กน้อยประมาณ 2 dB นั้นก็เนื่องจากว่าบุคคลที่สองมีรูปร่างหรือน้ำหนักมากกว่าบุคคลที่หนึ่ง

ตารางที่ 4.19 การประเมินความถูกต้องกรณีเปลี่ยนบุคคลดำเนินการ
(การทดลองครั้งที่ 1)

Training traces	C1	C2	C3	C4	Accuracy (%)
first 10 traces	100	100	90	60	87.5
second 10 traces	100	100	80	70	87.5
Average Accuracy					87.5

ตารางที่ 4.20 การประเมินความถูกต้องกรณีเปลี่ยนบุคคลดำเนินการ
(การทดลองครั้งที่ 2)

Training traces	C1	C2	C3	C4	Accuracy (%)
first 10 traces	100	90	100	70	90
second 10 traces	100	100	90	60	87.5
Average Accuracy					88.75

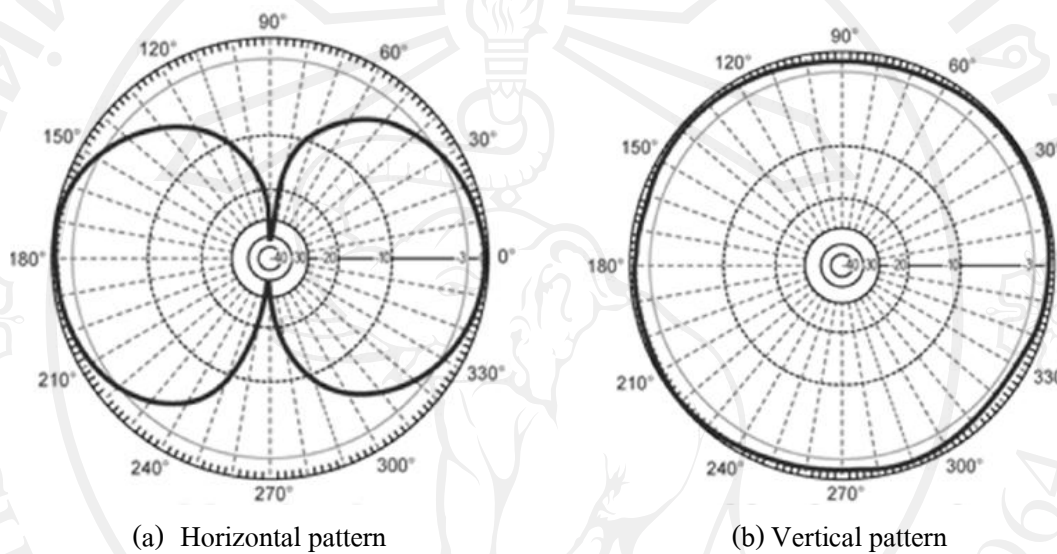
ผลของการประเมินความถูกต้องในการทดลองทั้งสองครั้งนี้ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.19 และ 4.20 โดยจากผลการทดลองพบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถทำนายกรณีของ C1 และ C2 ได้เกือบ 100% ส่วนกรณี C3 มีค่าอยู่ระหว่าง 80 – 90% และ C4 มีค่าต่ำกว่ากรณีอื่นๆที่ 60 – 70% เมื่อเฉลี่ยค่าความถูกต้องทั้งสองการทดลองแล้วให้ค่าอยู่ที่ 88.13% เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพความถูกต้องจากคนที่หนึ่งแล้วจะพบว่ามีความใกล้เคียงกัน

4.6 ผลการทดลองกรณีใช้ AP อื่น

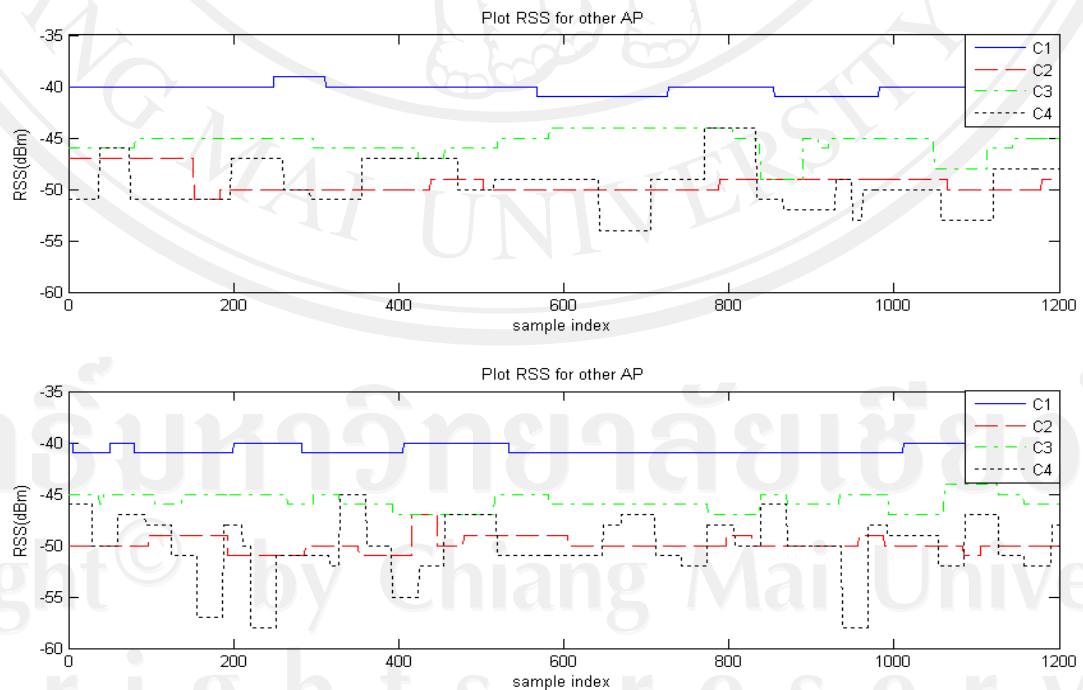
การทดลองนี้ เราได้ทำการเปลี่ยนตัวส่งสัญญาณหรือ AP แทนตัวเดิมโดยเปลี่ยนไปใช้ AP ของ LINKSYS รุ่น WRT54GL ดังแสดงในรูปที่ 4.34 กำลังส่ง RF ที่ 18 dBm โดยสายอากาศแบบ Omni-directional antenna ด้วยอัตราขยาย (gain) 2dBi มีรูปแบบการแพร่กระจายตามแนวนอน (Horizontal pattern) และรูปแบบการแพร่กระจายตามแนวตั้ง (Vertical pattern) ดังในรูปที่ 4.35 ซึ่ง AP ใหม่มีกำลังส่งมากกว่า AP เดิมที่มีกำลังส่งอยู่ที่ 15 dBm พบว่าเงื่อนไขดังกล่าว



รูปที่ 4.34 รูปภาพ AP ของ LINKSYS รุ่น WRT54GL



รูปที่ 4.35 รูปแบบการแพร่กระจายสายอากาศของ LINKSYS รุ่น WRT54GL



รูปที่ 4.36 เส้นกราฟค่า RSS กรณีใช้ AP อื่น (บน : ทดลองครั้งที่ 1 ล่าง : ทดลองครั้งที่ 2)

ตารางที่ 4.21 ค่าเฉลี่ย และ SD ของ RSS กรณีใช้ AP อื่น (การทดลองที่ 1)

Classes	Mean1	Mean2	SD1	SD2
C1	-40.16	-40.64	0.54	0.48
C2	-49.35	-49.83	1.02	0.77
C3	-45.46	-45.73	1.39	0.85
C4	-49.52	-50.15	2.41	3.20

เป็นไปตามทฤษฎีหรือหลักการโดยการเพิ่มกำลังส่งของ AP ทำให้ค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับหรือ RSS มีค่ามากขึ้นตาม ซึ่งสังเกตได้จากเส้นกราฟที่แสดงในรูปที่ 4.36 หรือค่าเฉลี่ย RSS ในตารางที่ 4.21 คือค่าเฉลี่ยของ RSS สำหรับกรณี C1 = -40.16 dBm และ -40.64 dBm ซึ่งกรณีใช้ AP เดิม C1 = -44.99 dBm อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบระดับค่า RSS ของแต่ละกรณีเห็นว่ามียกระดับแตกต่างกันสังเกตได้จากเส้นกราฟของ C1, C2 และ C3 หรือสังเกตจากค่าเฉลี่ยในตารางที่ 4.20 คือ C2 = -49.35 dBm และ -49.83 dBm C3 = -45.46 dBm และ -45.73 dBm ส่วนค่าเฉลี่ยของ C4 ก็มีความใกล้เคียงกับ C2 ซึ่งก็มีลักษณะคล้ายกันกับผลการทดลองที่ได้จากการใช้ AP เดิมที่ได้แสดงเส้นกราฟไว้ในรูปที่ 3.6 ในบทก่อนหน้า

เมื่อนำข้อมูล RSS จากการทดลองนี้ไปทดสอบกับวิธีการที่นำเสนอแล้วสามารถแสดงเปอร์เซ็นต์ค่าความถูกต้องในตารางที่ 4.22 และ 4.23 จากผลที่ได้รับในตารางดังกล่าวพบว่าสามารถ

ตารางที่ 4.22 การประเมินความถูกต้องกรณีใช้ AP อื่น (การทดลองครั้งที่ 1)

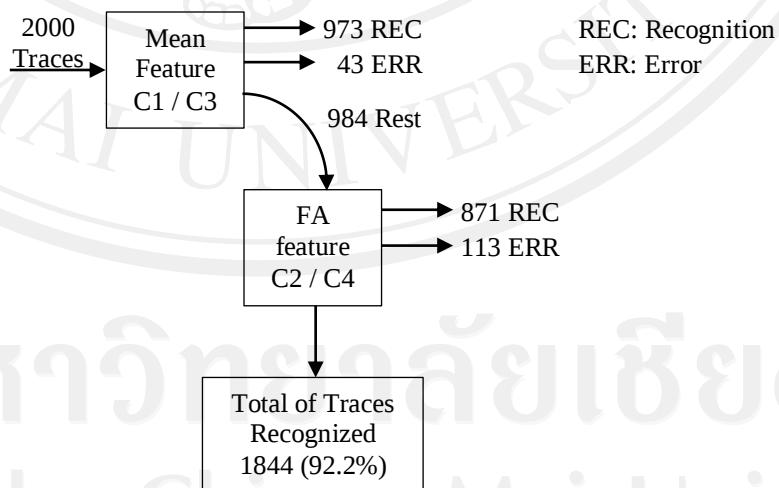
Training traces	C1	C2	C3	C4	Accuracy (%)
first 10 traces	100	100	90	70	90
second 10 traces	100	90	100	60	87.5
Average Accuracy					88.75

ตารางที่ 4.23 การประเมินความถูกต้องกรณีใช้ AP อื่น (การทดลองครั้งที่ 2)

Training traces	C1	C2	C3	C4	Accuracy (%)
first 10 traces	100	100	100	80	95
second 10 traces	100	80	100	80	90
Average Accuracy					92.5

ทำนายกรณี C1 ได้ 100% และ C3 ได้ 90 - 100% ในทั้งสองการทดลอง ที่ใช้พิจารณาเฉพาะค่าเฉลี่ยเพียงอย่างเดียว ส่วนความถูกต้องของการจำแนก C2 จะมีค่าอยู่ระหว่าง 80 - 100% และ C4 อยู่ระหว่าง 60 - 80% นี่ก็เพราะว่า RSS บางช่วงของกรณีดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับ C3 มากกว่าเฉลี่ยของ C2 หรือ C4 เลยทำให้การจำแนกกรณีผิดไปตั้งแต่ขั้นตอนแรกก่อนเข้าสู่ขั้นตอนของการจำแนกด้วย FA หรือแม้แต่มูลค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับ C4 มากกว่าก็ตาม แต่เมื่อเทียบกับค่า FA ที่ได้จากการฝึกฝนของ C2 แล้วกลับมีค่าใกล้เคียงเมื่อเทียบกับ ค่า FA ที่ได้จากการฝึกฝนของ C4 จึงทำให้การทำนายกรณี C4 มีความผิดพลาดมากกว่ากรณีอื่น โดยจากการวัดพบว่าในบาง RSS trace ของ C4 จะมีค่าค่อนข้างนิ่งและมีลักษณะใกล้เคียงรูปแบบสัญญาณในกรณี C2 มากจึงทำให้ผลการทำนายออกมาเป็น C2 แทน โดยค่าเฉลี่ยความถูกต้องจากผลการทดลองทั้งสองครั้งมีค่าอยู่ที่ 90.63% ซึ่งถือว่ามีความอยู่ในระดับเดียวกันกับค่าเฉลี่ยผลจากการทดลองที่ใช้ AP ก่อนหน้า

นอกจากแสดงผลของประสิทธิภาพความถูกต้องในการทำนายของวิธีการที่นำเสนอแล้ว ในการนี้เรายังแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ที่ได้ของวิธีการที่อาศัยการใช้ระบบตัวจำแนกแบบคาสเคด (Cascading classifier system) [25] โดยวิธีการจำแนกและการทดสอบแบบนี้จะทำให้สามารถลดจำนวนการคำนวณที่ต้องการลง ซึ่งจะมีประโยชน์กับการจำแนกข้อมูลที่ใช้ Features มากตัวจำแนกกิจกรรมต่างๆของบุคคล สำหรับวิธีการที่เรานำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้อยู่สอง features ได้แก่ Mean และ FA features และเราสามารถแสดงการคำนวณของตัวจำแนกแบบคาสเคดดังในรูปที่ 4.37 เช่นจากข้อมูล RSS traces ที่กล่าวไว้ในข้อที่ 4.1 รวมจำนวน RSS traces ทั้งหมด 2000 traces จากตารางที่ 4.5 ที่มีขนาดเท่ากับ 5×5 แต่ละเซลล์มีจำนวน $4 \times 20 = 80$ traces



รูปที่ 4.37 ประสิทธิภาพของระบบตัวจำแนกแบบคาสเคด

จากผลของการจำแนกในระบบข้างบนพบว่าสำหรับตัวจำแนกแรกที่ใช้ Mean feature สามารถจำแนกได้ถูกต้อง 973 traces (คิดเป็น 48.65% จาก 2000 traces หรือ 97.3% จาก 1000 traces) ส่วน FA feature จะจำแนกได้ 871 traces (คิดเป็น 43.55% จาก 2000 traces หรือ 88.5% จาก 984 traces) โดยรวมแล้ววิธีการนี้สามารถรู้จำได้ 1844 traces หรือ 92.2% ซึ่งเราสามารถประเมินจำนวนการคำนวณเพื่อจำแนกกิจกรรมจากค่าจำนวนรวม Feature (Total number of feature-values: TVF) ดังสมการที่ (4.1)

$$TVF = \sum_{i=1}^M m_i x_i \quad (4.1)$$

โดยที่ M คือจำนวนตัวจำแนกในคลาสเคด
 m_i คือจำนวน features ที่ใช้ในตัวจำแนก i
 x_i คือจำนวน traces ที่ได้จำแนกโดยตัวจำแนก i

จากสมการข้างบนนี้สามารถประมาณโดยแสดงให้เห็นค่า TVF ดังต่อไปนี้

➤ กรณีแบบคลาสเคด (กรณีใช้วิธีการที่นำเสนอเพื่อการจำแนก)

$$\begin{aligned} TVF &= m_1 x_1 + m_2 x_2 \\ &= (1 \times 1016) + (1 \times 984) \\ &= 2984 \end{aligned}$$

➤ กรณีไม่ใช่แบบคลาสเคด (กรณีใช้ทั้ง Mean และ FA พร้อมกันเพื่อการจำแนก)

$$\begin{aligned} TVF &= m_1 x_1 \\ &= 2 \times 2000 \\ &= 4000 \end{aligned}$$

จากการคำนวณค่า TVF ทั้งสองรูปแบบพบว่า กรณีระบบที่เป็นแบบคลาสเคดสามารถลดการคำนวณลงได้ 25.4% เมื่อเทียบกับค่า TVF ในกรณีไม่ใช่แบบคลาสเคด ดังนั้นระบบตัวจำแนกแบบคลาสเคดจึงมีความเหมาะสมมากกว่าระบบที่ใช้ features หลายตัวพร้อมกันและจะเหมาะกับการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบตรวจจับกิจกรรมในแบบ Real-time ซึ่งอาจใช้อุปกรณ์ที่มีทรัพยากรการประมวลผลที่จำกัด เช่น ในระบบฝังตัว (Embedded systems) เป็นต้น