



เรื่อง การลดผลกระทบของสัญญาณแทรกสอดจากช่องสัญญาณข้างเคียงในการสื่อสาร
ระหว่างยานพาหนะสำหรับระบบขนส่งอัจฉริยะ



นายเสกสรรค์ เจริญลาภ รหัสนักศึกษา B5300129

นายจิระวุธ ทิระจิง รหัสนักศึกษา B5327423

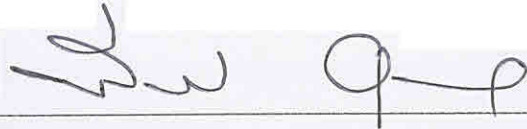
รายงานเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 427499 โครงการวิศวกรรมโทรคมนาคม
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2545

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2556

การลดผลกระทบของสัญญาณแทรกสอดจากห้องสัญญาณข้างเคียง
ในการสื่อสารระหว่างยานพาหนะสำหรับระบบขนส่งอัจฉริยะ

คณะกรรมการสอบโครงการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิระพงษ์ ใจดี)
กรรมการ/อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุตินา พรหมมาก)

กรรมการ



(อาจารย์ธเนศ ทัศนกรพัฒน์)

กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นำรายงานโครงการฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ราชวิชา 427499 โครงการวิศวกรรมโทรคมนาคม ประจำปีการศึกษา 2556

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือในด้านวิชาการ โดยให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พีระพงษ์ อุทาสกุล รวมถึงให้ความช่วยเหลือในการให้แนวคิด การดูแลเอาใจใส่ติดตามผลงาน ชี้แนะข้อบกพร่องที่ข้าพเจ้า มองข้าม ตลอดจนช่วยตรวจทานและแก้ไขโครงการเล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

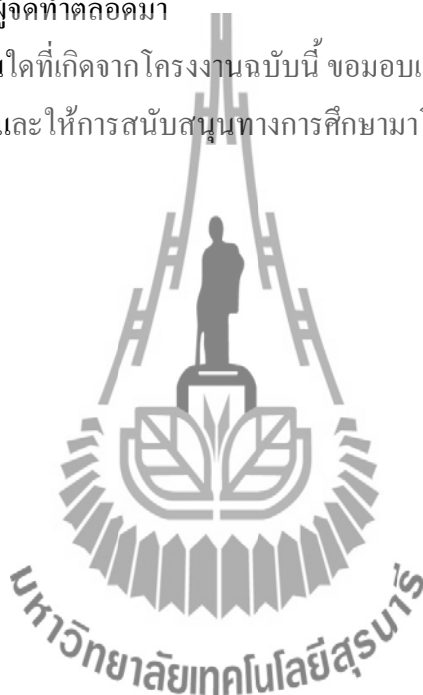
ขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆดังนี้

- พี่นักศึกษาปริญญาเอก,ปริญญาโท ทุกๆท่านที่คอยแนะนำและให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์

- เพื่อนนักศึกษาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกคน สำหรับความช่วยเหลือที่ดีทุกด้านตลอดจน

กำลังใจที่มอบให้แก่คณะผู้จัดทำตลอดมา

ท้ายนี้คุณความดีอันใดที่เกิดจากโครงการฉบับนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดา และพี่ๆ ของข้าพเจ้า ผู้ที่คอยห่วงใย ให้โอกาส และให้การสนับสนุนทางการศึกษามาโดยตลอด



นายเสกสรรค์ เจริญลาภ

นายจิระวุธ ภิระจิ่ง

โครงการ	การลดผลกระทบของสัญญาณแทรกสอดจากช่องสัญญาณข้างเคียงในการสื่อสารระหว่างยานพาหนะสำหรับระบบขนส่งอัจฉริยะ	
จัดทำโดย	นายเสกสรรค์ เจริญลาภ	B5300129
	นายจิระวุธ กิระจิ่ง	B5327423
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. พีระพงษ์ อุฑารสกุล	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ภาคการศึกษาที่	1/2556	

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอการออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม (Corner Reflector) เพื่อให้ได้ความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังที่เหมาะสมที่สุด [1] และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารของระบบขนส่งอัจฉริยะที่ดีขึ้น โดยชุดอุปกรณ์นี้จะถูกติดตั้งบนยานพาหนะ สามารถติดตั้งได้ทั้งบริเวณหลังคา ฝากระโปรงหน้า และบริเวณฝากระโปรงท้ายของยานพาหนะ ซึ่งการสื่อสารระหว่างยานพาหนะนี้จะใช้งานที่ย่านความถี่ 5 GHz ตามมาตรฐาน IEEE 802.11p โดยแบบรูปการแผ่พลังงานที่ใช้ออกแบบตัวสะท้อนแบบมุมนี้จะมีรูปร่างเป็นกรวย หรือทำให้มีสภาพเจาะจงทิศทางไปในทิศทางที่ต้องการ

สารบัญ

หน้า	
กิตติกรรมประกาศ ก	
บทคัดย่อ ข	
สารบัญ ค	
สารบัญภาพ จ	
สารบัญตาราง ฉ	
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มา และ ความสำคัญ 1	
1.2 วัตถุประสงค์ 2	
1.3 ขอบเขตงาน 2	
1.4 ขั้นตอนดำเนินงาน 3	
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 3	
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 บทนำ 4	
2.2 ระบบขนส่งอัจฉริยะ 4	
2.3 เทคโนโลยีการสื่อสารระยะใกล้ 5	
2.4 มาตรฐานของเทคโนโลยีการสื่อสารระยะใกล้และสำหรับ ระบบขนส่งอัจฉริยะ	7
- มาตรฐาน IEEE 802.11a	7
- มาตรฐาน IEEE 802.11n	8
- มาตรฐาน IEEE 802.11p ชั้นกายภาพ	9
2.5 มาตรฐานของระบบขนส่งอัจฉริยะ 11	
- มาตรฐานที่ใช้ในทวีปอเมริกาเหนือ 11	
- มาตรฐานที่ใช้ในแถบยุโรป	12
- มาตรฐานญี่ปุ่น ARIB STD-T75	13
2.6 ชุดอุปกรณ์บนยานพาหนะ	14
2.7 ทฤษฎีของสายอากาศเบื้องต้น	16
- บริเวณการแผ่กระจายกำลังงานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	16
- แบบรูปการแผ่พลังงาน	18
- ค่าสภาพเจาะจงทิศทาง	20

สารบัญ (ต่อ)

หน้า	
- อัตรายายของสายอากาศ	20
2.8 ทิศทางลำคลื่นหน้าและลำคลื่นหลัง สำคัญที่สุด	21
2.9 สัญญาณแทรกสอดจากช่องสัญญาณข้างเคียง	22
2.10 ตัวสะท้อนแบบมุม	23
2.11 สรุป	26
บทที่ 3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	
3.1 บทนำ	27
3.2 การออกแบบตัวสะท้อนแบบมุม	27
3.3 แบบรูปการแผ่พลังงานโดยใช้โปรแกรม CST	42
- การออกแบบสายอากาศเบื้องต้น	42
- ผลการจำลองในลักษณะต่างๆ	44
- แบบจำลองสายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง 48	
3.4 การสร้างสายอากาศต้นแบบ 50	
- สายอากาศแบบโมโนโพล 50	
- สายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง 52	
3.5 สรุป	55
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 บทนำ	56
4.2 ขั้นตอนการตั้งค่า กล้องรับ-ส่ง สัญญาณ OBU	56
- การตั้งค่าพื้นฐานของกล้องสัญญาณ OBU	56
- การเขียนคำสั่ง	57
4.3 การวัดจริง	60
4.4 ผลการวัด	67
4.5 สรุป	82
บทที่ 5 บทสรุป	
5.1 สรุป	83
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	84
ประวัติผู้เขียน	85
บรรณานุกรม	86

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 การสื่อสารในระบบขนส่งอัจฉริยะ 1	
รูปที่ 2.1 การรับส่งข้อมูลระหว่างยานพาหนะกับยานพาหนะ Vehicle to Vehicle (V2V)	5
รูปที่ 2.2 การรับส่งข้อมูลระหว่างยานพาหนะกับอุปกรณ์ข้างทาง Vehicle to Infrastructure (V2I)	6
รูปที่ 2.3 ชุดอุปกรณ์บนยานพาหนะ	14
รูปที่ 2.4 ชุดอุปกรณ์ LocoMate™ OBU	15
รูปที่ 2.5 บริเวณการแผ่กระจายกำลังงานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	16
รูปที่ 2.6 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศแบบมีทิศทางรอบตัวในระนาบเดียว	19
รูปที่ 2.7 ความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง	19
รูปที่ 2.8 สายอากาศสำหรับแบบเดิมสำหรับการสื่อสารระหว่างยานพาหนะ 21	
รูปที่ 2.9 เปรียบเทียบสายอากาศ ระหว่างสายอากาศแบบเดิม และสายอากาศแบบใหม่ 22	
รูปที่ 2.10 แสดงการเกิดการกวนกันของ มาตรฐาน IEEE 802.11n และ มาตรฐาน IEEE 802.11p	23
รูปที่ 2.11 สายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง โดยใช้ตัวสะท้อนแบบมุม	24
รูปที่ 2.12 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการออกแบบของตัวสะท้อนแบบมุม	25
รูปที่ 3.1 รูปแสดงตำแหน่งพิกัดของแผ่นกั้นเมื่อสายอากาศวางที่ตำแหน่ง $X=i, Y=I$	27
รูปที่ 3.2 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.35\lambda$ และมุม $\alpha = 30^\circ$	32
รูปที่ 3.3 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.35\lambda$ และมุม $\alpha = 45^\circ$	32
รูปที่ 3.4 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.35\lambda$ และมุม $\alpha = 60^\circ$	33
รูปที่ 3.5 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.35\lambda$ และมุม $\alpha = 90^\circ$	33
รูปที่ 3.6 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.35\lambda$ และมุม $\alpha = 180^\circ$	34
รูปที่ 3.7 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.45\lambda$ และมุม $\alpha = 30^\circ$	34
รูปที่ 3.8 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.45\lambda$ และมุม $\alpha = 45^\circ$	35
รูปที่ 3.9 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.45\lambda$ และมุม $\alpha = 60^\circ$	35
รูปที่ 3.10 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.45\lambda$ และมุม $\alpha = 90^\circ$	36
รูปที่ 3.11 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.45\lambda$ และมุม $\alpha = 180^\circ$	36
รูปที่ 3.12 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.55\lambda$ และมุม $\alpha = 30^\circ$	37
รูปที่ 3.13 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.55\lambda$ และมุม $\alpha = 45^\circ$	37

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.14 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.55\lambda$ และมุม $\alpha = 60^\circ$	38
รูปที่ 3.15 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.55\lambda$ และมุม $\alpha = 90^\circ$	38
รูปที่ 3.16 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.55\lambda$ และมุม $\alpha = 180^\circ$	39
รูปที่ 3.17 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.65\lambda$ และมุม $\alpha = 30^\circ$	39
รูปที่ 3.18 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.65\lambda$ และมุม $\alpha = 45^\circ$	40
รูปที่ 3.19 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.65\lambda$ และมุม $\alpha = 60^\circ$	40
รูปที่ 3.20 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.65\lambda$ และมุม $\alpha = 90^\circ$	41
รูปที่ 3.21 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.65\lambda$ และมุม $\alpha = 180^\circ$	41
รูปที่ 3.22 แบบจำลองสายอากาศโมโนโพล ที่งานที่ความถี่ 5.86 GHz	42
รูปที่ 3.23 แบบจำลองสายอากาศโมโนโพล ที่งานที่ความถี่ 5.86 GHz สำหรับช่องสัญญาณ CH172	43
รูปที่ 3.24 แบบรูปการแผ่พลังงาน ที่มีลักษณะเป็น Omnidirectional	43
รูปที่ 3.25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง ที่ระยะ $s = 0.35\lambda$	44
รูปที่ 3.26 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง ที่ระยะ $s = 0.45\lambda$	45
รูปที่ 3.27 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง ที่ระยะ $s = 0.55\lambda$	46
รูปที่ 3.28 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง ที่ระยะ $s = 0.65\lambda$	47
รูปที่ 3.9 แบบจำลองสายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง ที่มีค่าความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง 62.8° ที่ระยะ $s = 0.45\lambda$	48
รูปที่ 3.30 แบบรูปการแผ่พลังงาน ของแบบจำลองสายอากาศ แบบเจาะจงทิศทาง	49
รูปที่ 3.31 แบบรูปการแผ่พลังงาน ของแบบจำลองสายอากาศ แบบเจาะจงทิศทางที่มีค่าความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง 62.8°	49
รูปที่ 3.32 การวางตัวของสายอากาศแบบโมโนโพลเพื่อศึกษาวัฏแบบรูป การแผ่กระจายกำลังงาน ในระนาบ H – Plane	50
รูปที่ 3.33 แบบรูปการแผ่พลังงาน ในระนาบ H – Plane	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.34 การวางตัวของสายอากาศแบบโมโนโพลเพื่อศึกษาวัดแบบรูป การแผ่กระจายกำลังงาน ในระนาบ E – Plane 51	
รูปที่ 3.35 แบบรูปการแผ่พลังงาน ในระนาบ E – Plane	51
รูปที่ 3.36 การวางตัวของสายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง ขณะที่ทิศทางของ แบบรูปการแผ่พลังงานสูงสุด	52
รูปที่ 3.37 การวางตัวของสายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง ขณะที่ทิศทางของ แบบรูปการแผ่พลังงานเข้าใกล้ต่ำที่สุด	52
รูปที่ 3.38 สายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง ที่มีความสูงของแผ่นกั้น $H = 40\text{ cm}$	53
รูปที่ 3.39 แบบรูปการแผ่พลังงาน ในระนาบ H – Plane ของสายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง	53
รูปที่ 3.40 สายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง ที่มีความสูงของแผ่นกั้น $H = 45\text{ cm}$	54
รูปที่ 3.41 แบบรูปการแผ่พลังงาน ในระนาบ H – Plane ของสายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง	54
รูปที่ 4.1 การตั้งค่าเมื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ (1)	56
รูปที่ 4.2 การตั้งค่าเมื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ (2)	57
รูปที่ 4.3 การ telnet เพื่อเข้าไปป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องสัญญาณ OBU(1)	58
รูปที่ 4.4 การ telnet เพื่อเข้าไปป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องสัญญาณ OBU(2)	58
รูปที่ 4.5 การ telnet เพื่อเข้าไปป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องสัญญาณ OBU(3)	59
รูปที่ 4.6 การ telnet เพื่อเข้าไปป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องสัญญาณ OBU(4)	59
รูปที่ 4.7 การ telnet เพื่อเข้าไปป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องสัญญาณ OBU(5)	60
รูปที่ 4.8 การติดตั้งกล่องส่งสัญญาณ (OBU1) บนหลังการถยนต์	60
รูปที่ 4.9 การติดตั้งกล่องรับสัญญาณ (OBU2) ข้างถนน (จำลองว่าอยู่ขอบถนนที่ความสูง 1.5 m)	61
รูปที่ 4.10 คอมพิวเตอร์ที่ใช้ป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องส่งสัญญาณ (OBU1)	61
รูปที่ 4.11 คอมพิวเตอร์ที่ใช้ป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องรับสัญญาณ (OBU2)	62
รูปที่ 4.12 จำลองการสร้างสัญญาณรบกวนที่เข้ามารบกวนการส่ง-รับสัญญาณ ของกล่องสัญญาณ OBU ที่มีระยะห่างกับกล่องรับสัญญาณ (OBU2) เท่ากับ 1 เมตร ในกรณี Omnidirectional – Omnidirectional	62

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.13 จำลองการสร้างสัญญาณรบกวนที่เข้ามารบกวนการส่ง-รับสัญญาณ ของกล่องสัญญาณ OBU ที่มีระยะห่างกับกล่องรับสัญญาณ (OBU2) เท่ากับ 2 เมตร ในกรณี Omnidirectional – Omnidirectional	63
รูปที่ 4.14 การส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ OBU ในขณะที่ไม่มีการสร้าง สัญญาณรบกวน ในกรณี Omnidirectional – Omnidirectional	63
รูปที่ 4.15 จำลองการสร้างสัญญาณรบกวนที่เข้ามารบกวนการส่ง-รับสัญญาณ ของกล่องสัญญาณ OBU ที่มีระยะห่างกับกล่องรับสัญญาณ (OBU2) เท่ากับ 1 เมตร ในกรณี Omnidirectional – Directional	64
รูปที่ 4.16 จำลองการสร้างสัญญาณรบกวนที่เข้ามารบกวนการส่ง-รับสัญญาณ ของกล่องสัญญาณ OBU ที่มีระยะห่างกับกล่องรับสัญญาณ (OBU2) เท่ากับ 2 เมตร ในกรณี Omnidirectional – Directional	64
รูปที่ 4.17 การส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ OBU ในขณะที่ไม่มีการสร้าง สัญญาณรบกวน ในกรณี Omnidirectional – Directional	65
รูปที่ 4.18 จำลองการสร้างสัญญาณรบกวนที่เข้ามารบกวนการส่ง-รับสัญญาณ ของกล่องสัญญาณ OBU ที่มีระยะห่างกับกล่องรับสัญญาณ (OBU2) เท่ากับ 1 เมตร ในกรณี Directional – Directional	65
รูปที่ 4.19 จำลองการสร้างสัญญาณรบกวนที่เข้ามารบกวนการส่ง-รับสัญญาณ ของกล่องสัญญาณ OBU ที่มีระยะห่างกับกล่องรับสัญญาณ (OBU2) เท่ากับ 2 เมตร ในกรณี Directional – Directional	66
รูปที่ 4.20 การส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ OBU ในขณะที่ไม่มีการสร้าง สัญญาณรบกวน ในกรณี Directional – Directional	66
รูปที่ 4.21 กราฟเปรียบเทียบ Received Power ในกรณี Omnidirectional – Omnidirectional	70
รูปที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบ Link Quality ในกรณี Omnidirectional – Omnidirectional	70
รูปที่ 4.23 กราฟเปรียบเทียบ Signal to Noise Ratio ในกรณี Omnidirectional – Omnidirectional	71
รูปที่ 4.24 กราฟเปรียบเทียบ Received Power ในกรณี Omnidirectional – Directional	72
รูปที่ 4.25 กราฟเปรียบเทียบ Link Quality ในกรณี Omnidirectional – Directional	72

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบ Signal to Noise Ratio ในกรณี Omnidirectional – Directional	73
รูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบ Received Power ในกรณี Directional – Directional	74
รูปที่ 4.28 กราฟเปรียบเทียบ Link Quality ในกรณี Directional – Directional	74
รูปที่ 4.29 กราฟเปรียบเทียบ Signal to Noise Ratio ในกรณี Directional – Directional	75
รูปที่ 4.30 กราฟเปรียบเทียบ Received Power เมื่อมีสัญญาณรบกวนที่ระยะ 1 เมตร	76
รูปที่ 4.31 กราฟเปรียบเทียบ Link Quality เมื่อมีสัญญาณรบกวนที่ระยะ 1 เมตร	76
รูปที่ 4.32 กราฟเปรียบเทียบ Signal to Noise Ratio เมื่อมีสัญญาณรบกวนที่ระยะ 1 เมตร	77
รูปที่ 4.33 กราฟเปรียบเทียบ Received Power เมื่อมีสัญญาณรบกวนที่ระยะ 2 เมตร	78
รูปที่ 4.34 กราฟเปรียบเทียบ Link Quality เมื่อมีสัญญาณรบกวนที่ระยะ 2 เมตร	78
รูปที่ 4.35 กราฟเปรียบเทียบ Signal to Noise Ratio เมื่อมีสัญญาณรบกวนที่ระยะ 2 เมตร	79
รูปที่ 4.36 กราฟเปรียบเทียบ Received Power เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวน	80
รูปที่ 4.37 กราฟเปรียบเทียบ Link Quality เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวน	80
รูปที่ 4.38 กราฟเปรียบเทียบ Signal to Noise Ratio เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวน	81



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 พารามิเตอร์ต่างๆของมาตรฐาน IEEE802.11a	7
ตารางที่ 2.2 พารามิเตอร์ต่างๆของมาตรฐาน IEEE802.11n	8
ตารางที่ 2.3 พารามิเตอร์ต่างๆของมาตรฐาน IEEE802.11p	9
ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงข้อกำหนดของช่องสัญญาณให้บริการและความถี่	10
ตารางที่ 2.5 หน้าที่ของช่องสัญญาณ	10
ตารางที่ 2.6 แสดงชุดพารามิเตอร์สำหรับมาตรฐาน IEEE802.11p	12
ตารางที่ 2.7 แสดงชุดพารามิเตอร์สำหรับมาตรฐาน CEN-DSRC	12
ตารางที่ 2.8 แสดงชุดพารามิเตอร์สำหรับมาตรฐาน ARIB STD-T75	13
ตารางที่ 3.1 ขนาดและพิสัยของแผ่นกั้นที่ระยะ $S = 0.35\lambda$	28
ตารางที่ 3.2 ขนาดและพิสัยของแผ่นกั้นที่ระยะ $S = 0.45\lambda$	29
ตารางที่ 3.3 ขนาดและพิสัยของแผ่นกั้นที่ระยะ $S = 0.55\lambda$	30
ตารางที่ 3.4 ขนาดและพิสัยของแผ่นกั้นที่ระยะ $S = 0.65\lambda$	31
ตารางที่ 3.5 ตารางเปรียบเทียบเมื่อมุม (α) เปลี่ยนไปที่ระยะ $s = 0.35\lambda$	44
ตารางที่ 3.6 ตารางเปรียบเทียบเมื่อมุม (α) เปลี่ยนไปที่ระยะ $s = 0.45\lambda$	45
ตารางที่ 3.6 ตารางเปรียบเทียบเมื่อมุม (α) เปลี่ยนไปที่ระยะ $s = 0.55\lambda$	46
ตารางที่ 3.7 ตารางเปรียบเทียบเมื่อมุม (α) เปลี่ยนไปที่ระยะ $s = 0.65\lambda$	47
ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Omni-Omni (Ant2.) If AP ON (1m)	67
ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Omni-Omni (Ant2.) If AP ON (2m)	67
ตารางที่ 4.3 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Omni-Omni (Ant2.) If AP OFF	67
ตารางที่ 4.4 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Omni-Direct (Ant2.) If AP ON (1m)	68
ตารางที่ 4.5 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Omni-Direct (Ant2.) If AP ON (2m)	68
ตารางที่ 4.6 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Omni-Direct (Ant2.) If AP OFF	68
ตารางที่ 4.7 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Direct-Direct (Ant2.) If AP ON (1m)	69
ตารางที่ 4.8 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Direct-Direct (Ant2.) If AP ON (2m)	69
ตารางที่ 4.9 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Direct-Direct (Ant2.) If AP OFF	69

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบัน จำนวนอุปกรณ์กระจายสัญญาณสำหรับ ระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.11a,n,ac มีจำนวนมากขึ้น ซึ่งถูกติดตั้งอยู่บริเวณรอบๆข้างถนน ทั้งนี้อุปกรณ์กระจายสัญญาณดังกล่าวใช้แถบความถี่ในย่าน 5 GHz ซึ่งมีความใกล้เคียงกับย่านความถี่ที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างยานพาหนะของระบบขนส่งอัจฉริยะ ซึ่งมีผลกระทบของสัญญาณแทรกสอดจากช่องสัญญาณข้างเคียงที่มีต่อการสื่อสารระหว่างยานพาหนะ พบว่าเมื่อมีการใช้งานอุปกรณ์กระจายสัญญาณตามมาตรฐาน IEEE 802.11a บริเวณข้างถนน อัตราความผิดพลาดในการรับข้อมูลของการสื่อสารระหว่างยานพาหนะเพิ่มสูงขึ้น แต่เมื่อไม่มีการใช้งานอุปกรณ์กระจายสัญญาณดังกล่าว อัตราความผิดพลาดของข้อมูลในการสื่อสารระหว่างยานพาหนะลดต่ำลง ซึ่งเกิดจากผลกระทบของสัญญาณแทรกสอดจากช่องสัญญาณข้างเคียง โดยปัจจุบันมีการใช้สายอากาศที่มีแบบรูปการแผ่กระจายพลังงานแบบรอบตัวระนาบเดียว(Omni-Directional Antenna) ดังรูปที่ 1.1 แสดงแบบรูปการแผ่กระจายพลังงานแบบรอบตัวในระนาบเดียว ที่มีข้อเสียคือ ทำให้เกิดผลกระทบของสัญญาณแทรกสอดจากช่องสัญญาณข้างเคียง และสูญเสียพลังงานไปในทิศทางที่ไม่ต้องการ



รูปที่ 1.1 การสื่อสารในระบบขนส่งอัจฉริยะ

โดยเปลี่ยนสายอากาศจากสายอากาศที่มีแบบรูปการแผ่กระจายพลังงานแบบรอบตัวระนาบ เดี่ยวเป็นสายอากาศที่มีแบบรูปการแผ่กระจายพลังงานแบบมีทิศทาง(Directional Antenna) แทน ซึ่งมีข้อดีคือ มีแบบรูปการแผ่กระจายพลังงานแบบมีทิศทาง ที่เจาะจงลำคลื่นเพื่อรับข้อมูลการ สื่อสารระหว่างยานพาหนะ ที่ส่งข้อมูลทั้งทางด้านหน้าและด้านหลังได้ โดยจะไม่รับเอาสัญญาณ จากอุปกรณ์กระจายสัญญาณสำหรับ ระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย ที่อยู่ตามข้างถนน คาดหวังว่า จะช่วยลดผลกระทบของสัญญาณแทรกสอดจากช่องสัญญาณข้างเคียงที่มีต่อการสื่อสารระหว่าง ยานพาหนะ และมีสมรรถนะจะเพิ่มขึ้น และค่า Received Signal Strength Indication (RSSI) จะ สูงขึ้น ทำให้มีคุณภาพในการส่งสัญญาณดีขึ้น

ด้วยเหตุนี้ จึงได้นำปัญหา และวิธีการแก้ไข มาจัดทำโครงการเรื่อง การลดผลกระทบของ สัญญาณแทรกสอดจากช่องสัญญาณข้างเคียง ในการสื่อสารระหว่างยานพาหนะสำหรับระบบ ขนส่งอัจฉริยะ

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1. เพื่อศึกษาและออกแบบสายอากาศแบบโ มโนโพล ให้มีแบบรูปการแผ่กระจาย พลังงานรอบตัวในระนาบเดี่ยว ให้มีแบบรูปการแผ่กระจายพลังงานแบบมีสภาพเจาะจง ทิศทาง
- 1.2.2. เพื่อศึกษาการออกแบบสายอากาศด้วยโปรแกรม CST
- 1.2.3. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมควบคุม แบบรูปการแผ่กระจายพลังงาน ของสายอากาศ
- 1.2.4. เพื่อศึกษาผลกระทบของสัญญาณแทรกสอดจากช่องสัญญาณข้างเคียง ในการสื่อสาร ระหว่างยานพาหนะสำหรับระบบขนส่งอัจฉริยะ
- 1.2.5. เพื่อศึกษาและหาแนวทางแก้ไข ในการลด ผลกระทบของสัญญาณแทรกสอดจาก ช่องสัญญาณข้างเคียง ในการสื่อสารระหว่างยานพาหนะสำหรับระบบขนส่งอัจฉริยะ

1.3 ขอบเขตงาน

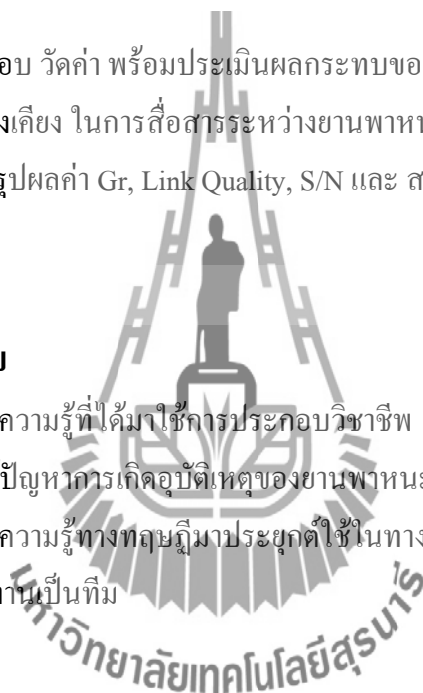
- 1.3.1 ออกแบบสายอากาศแบบเจาะจงทิศทางโดยตัวสะท้อนแบบมุม
- 1.3.2 สร้างสายอากาศต้นแบบ
- 1.3.3 วัดและทดสอบการลดผลกระทบของสัญญาณแทรกสอดจากช่องสัญญาณข้างเคียง

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.4.1. ศึกษาการรบกวนกันของมาตรฐาน IEEE 802.11a,n,ac ของการสื่อสารไร้สายท้องถิ่น และ มาตรฐาน IEEE 802.11p ของการสื่อสารระหว่างยานพาหนะในระบบขนส่งอัจฉริยะ
- 1.4.2. ออกแบบลวดลายของสายอากาศโดยใช้โปรแกรม CST
- 1.4.3. สร้างสายอากาศให้ได้ HPBW ตามที่ออกแบบมาได้ในข้อ 2.
- 1.4.4. ทำการ Config อุปกรณ์ และติดตั้งในการทำการทดลอง ให้เหมาะสมกับปัญหาที่เกิดขึ้นจริง
- 1.4.5. ทำการทดสอบ วัดค่า พร้อมประเมินผลกระทบของสัญญาณแทรกสอดจากช่องสัญญาณข้างเคียง ในการสื่อสารระหว่างยานพาหนะสำหรับระบบขนส่งอัจฉริยะ
- 1.4.6. วิเคราะห์ สรุปผลค่า Gr, Link Quality, S/N และ สมรรถนะของระบบ เพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1. สามารถนำความรู้ที่ได้มาใช้ในการประกอบวิชาชีพ
- 1.5.2. สามารถแก้ปัญหาการเกิดอุบัติเหตุของยานพาหนะให้ลดน้อยลงได้
- 1.5.3. สามารถนำความรู้ทางทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ
- 1.5.4. สามารถทำงานเป็นทีม



บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

โครงการนี้นำเสนอการออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม (Corner Reflector) เพื่อให้ได้ความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังที่เหมาะสมที่สุด [1] และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารของระบบขนส่งอัจฉริยะที่ดีขึ้น โดยชุดอุปกรณ์นี้จะถูกติดตั้งบนยานพาหนะ สามารถติดตั้งได้ทั้งบริเวณหลังคา ฝากระโปรงหน้า และบริเวณฝากระโปรงท้ายของยานพาหนะ ซึ่งการสื่อสารระหว่างยานพาหนะนี้จะใช้งานที่ย่านความถี่ 5 GHz ตามมาตรฐาน IEEE 802.11p โดยแบบรูปการแผ่พลังงานที่ใช้รูปแบบตัวสะท้อนแบบมุมนี้จะมีรูปร่างเป็นกรวย หรือทำให้มีสภาพเจาะจงทิศทางไปในทิศทางที่ต้องการ ซึ่งขั้นตอนในการออกแบบตัวสะท้อนแบบมุมมีดังนี้

- การสังเคราะห์พื้นผิวสะท้อนของวัสดุ และทฤษฎีการสะท้อนของสายอากาศ
- ทำการออกแบบตัวสะท้อนแบบมุม (Corner Reflector)
- ทำการออกแบบ แบบจำลองตัวสะท้อนแบบมุม ด้วยโปรแกรม CST
- สร้างชิ้นงาน
- วัด Pattern และ Gain ทดสอบตัวสะท้อนเปรียบเทียบกับจำลองด้วยโปรแกรม CST

2.2 ระบบขนส่งอัจฉริยะ [1]

ระบบขนส่งอัจฉริยะ คือ ระบบขนส่งเดิม ที่นำเอาความสามารถและจุดเด่นเทคโนโลยีทางการสื่อสารที่ทันสมัย เข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบขนส่งแบบเดิม งานวิจัย [2]อธิบายถึงวัตถุประสงค์หลักของการเกิดขึ้นของระบบขนส่งอัจฉริยะ เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาด้านการจราจร ลดปัญหาการเกิดอุบัติเหตุ เพิ่มความปลอดภัยในการใช้ถนน ตลอดจนแก้ปัญหาการจราจรติดขัดโดยปราศจากการก่อสร้างถนนใหม่หรือโครงสร้างพื้นฐานใหม่ขึ้นมา ระบบขนส่งอัจฉริยะมีผลดีในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การแก้ไขปัญหาในด้านการขนส่งลดอุบัติเหตุ แก้ไขปัญหาการติด รับส่งข้อมูลและรายงานข้อมูลสภาพการจราจรให้แก่ผู้ใช้รถใช้ถนนได้ทราบ ตลอดจนการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์หาวิธีแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบขนส่งแบบเดิม

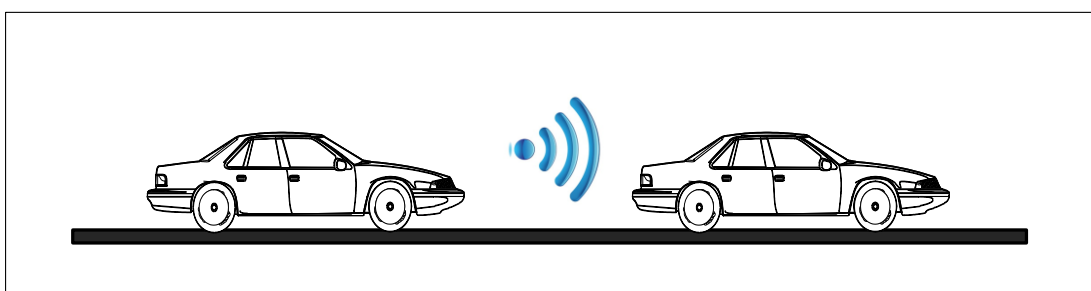
2.3 เทคโนโลยีการสื่อสารระยะใกล้ [1]

เทคโนโลยีการสื่อสารระยะใกล้ [3] คือ เทคโนโลยีการสื่อสารในระยะสั้นจนถึงระยะกลาง ซึ่งเป็นระบบสื่อสารไร้สายสำหรับการใช้งานเฉพาะด้าน โดยมีจุดเด่นในด้านคุณสมบัติของระบบที่รองรับการติดต่อสื่อสารระหว่างภาคส่งและภาครับด้วยอัตราเร็วสูง มีความน่าเชื่อถือในการรับส่งข้อมูลสูง เป็นต้น มีงานวิจัยที่ [4], [5] ได้กล่าวถึงการนำเทคโนโลยีการสื่อสารระยะใกล้มาประยุกต์ใช้กับระบบขนส่งอัจฉริยะ สิ่งสำคัญคือ ระบบสื่อสารจะต้องมีสมรรถนะ และมีเสถียรภาพของระบบสูง เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุของยานพาหนะ หากระบบสื่อสารไม่มีเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือ ข้อมูลสำคัญที่แลกเปลี่ยนกันระหว่างยานพาหนะกับยานพาหนะ หรือ ยานพาหนะกับอุปกรณ์ข้างทางมีความผิดพลาดเกิดขึ้น อาทิเช่น ข้อมูลแจ้งเตือนการชนกันของยานพาหนะ ข้อมูลแจ้งจุดเกิดอุบัติเหตุ มีการแลกเปลี่ยนกันผิดพลาด โอกาสที่ยานพาหนะที่กำลังเคลื่อนที่บนถนนจะเกิดอุบัติเหตุขึ้นเพิ่มสูงมาก ดังนั้น จะเห็นได้ว่า การเพิ่มสมรรถนะของระบบสื่อสารในระบบขนส่งอัจฉริยะนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญมาก ส่วนประกอบที่สำคัญของเทคโนโลยีการสื่อสารระยะใกล้สำหรับระบบขนส่งอัจฉริยะนั้นประกอบไปด้วย อุปกรณ์ติดยานพาหนะ On Board Unit (OBU) เป็นอุปกรณ์ที่มีไว้สำหรับการรับส่งข้อมูลโดยสามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งภาครับและภาคส่ง และอุปกรณ์ข้างทาง Road Side Unit (RSU) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งตามข้างทางเพื่อใช้เป็นภาคส่งหรือรับข้อมูล

เมื่อพิจารณาถึงรูปแบบในการนำเทคโนโลยีการสื่อสารระยะใกล้ไปใช้กับระบบขนส่งอัจฉริยะนั้น สามารถแยกได้เป็น 2 รูปแบบ [6], [7]

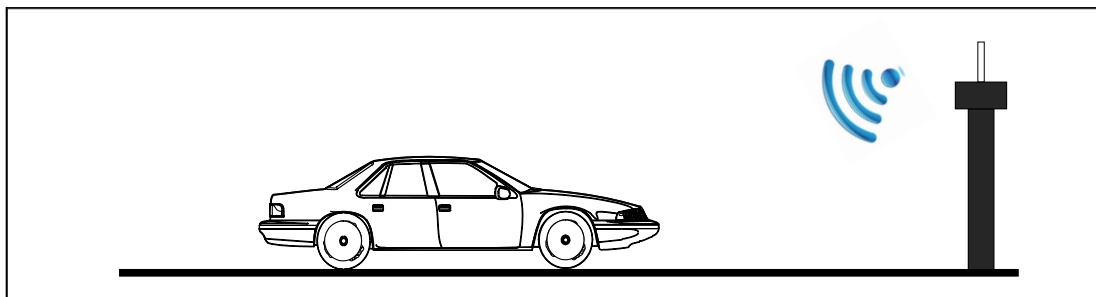
1. การรับส่งข้อมูลระหว่างยานพาหนะกับยานพาหนะ Vehicle to Vehicle (V2V)

ซึ่งเป็นการรับส่งข้อมูลระหว่างยานพาหนะกับยานพาหนะ โดยมีภาคส่งติดอยู่กับยานพาหนะ และภาครับติดอยู่กับยานพาหนะอีกอันเช่นกันดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การรับส่งข้อมูลระหว่างยานพาหนะกับยานพาหนะ Vehicle to Vehicle (V2V)

2.2 การรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ข้างทางกับยานพาหนะ Vehicle to Infrastructure (V2I) เป็นการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ข้างทางกับยานพาหนะ โครงสร้างของระบบประกอบไปด้วย RSU ติดอยู่ข้างทาง ส่วน OBU ติดตั้งอยู่บนยานพาหนะ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การรับส่งข้อมูลระหว่างยานพาหนะกับอุปกรณ์ข้างทาง Vehicle to Infrastructure (V2I)

ปัจจุบันด้วยจำนวนยานพาหนะที่เพิ่มมากขึ้นบนถนน โอกาสในการเกิดอุบัติเหตุจึงเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ด้วยเหตุนี้ทางผู้ผลิตยานพาหนะ จึงได้ตระหนักถึงความสำคัญของระบบขนส่งอัจฉริยะในรูปแบบการสื่อสารระหว่างยานพาหนะ อาทิเช่น ระบบแจ้งเตือนการชนกันของยานพาหนะ (collision avoidance system) ที่เป็นการแจ้งเตือนกันระหว่างยานพาหนะที่มีระยะห่างระหว่างกันน้อยเกินไป ยานพาหนะแต่ละคันก็จะส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังผู้ขับขี่ หรือยานพาหนะ จะทำการกดเบรกโดยอัตโนมัติ ดังนั้นจึงช่วยลดโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ ด้วยความสำคัญของการสื่อสารระหว่างยานพาหนะที่ส่งผลต่อโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุบนถนน ดังนั้น โครงการนี้จึงสนใจที่จะศึกษาการ ลดผลกระทบของสัญญาณแทรกสอดจากช่องสัญญาณข้างเคียงในการสื่อสารระหว่างยานพาหนะสำหรับระบบขนส่งอัจฉริยะ และแนวทางแก้ไขปัญหามาเพื่อเพิ่มสมรรถนะของการสื่อสารระหว่างยานพาหนะในระบบขนส่งอัจฉริยะผ่านทาง การสร้างสายอากาศที่มีสภาพเจาะจงทิศทางไปในทิศทางที่ต้องการ

2.4 มาตรฐานของเทคโนโลยีการสื่อสารระยะใกล้และสำหรับระบบขนส่งอัจฉริยะ

2.4.1 มาตรฐาน IEEE 802.11a [8]

เป็นมาตรฐานตัวเก่าที่เปิดตัวมาพร้อมกับมาตรฐาน 802.11b ตั้งแต่ปี 1999 แต่ไม่ค่อยมีผู้นิยมใช้เนื่องจากใช้ความถี่ย่าน 5 GHz เป็นย่านที่ไม่ได้เปิดให้ใช้อย่างเสรีที่ในทุกๆประเทศ ส่วนในประเทศไทยย่านความถี่นี้เพิ่งจะเปิดให้ใช้ประมาณปี 2007 ข้อดีของมาตรฐานนี้ก็คือ มีความเร็วในการทำงานถึง 54 Mbps แต่มีข้อเสียคือ ใช้งานได้ไกลสุดประมาณ 50 เมตรเท่านั้น นอกจากนี้ยังไม่สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์ในมาตรฐาน 802.11b และ 802.11g ได้เนื่องจากใช้ความถี่ต่างกัน มาตรฐาน IEEE 802.11a ประกอบไปด้วย รูปแบบการมอดูเลตสัญญาณ ความถี่ใช้งาน ค่ามาตรฐานของอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 พารามิเตอร์ต่างๆของมาตรฐาน IEEE802.11a

คุณสมบัติ	IEEE 802.11a
ประกาศรับรองมาตรฐาน	กรกฎาคม 1999
ความเร็วสื่อสารข้อมูลสูงสุด	54 Mbps
กลไกการส่งสัญญาณ	OFDM
ความเร็วสื่อสาร	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
ช่วงความถี่ที่ใช้งาน	5.15 – 5.35 GHz 5.425 – 5.675 GHz 5.725 – 5.875 GHz
การโมดูเลตสัญญาณ	BPSK : 6, 9 Mbps QPSK : 12, 18 Mbps 16 QAM : 24, 36 Mbps 64 QAM : 48, 54 Mbps
กลไกควบคุมการเข้าถึงตัวกลางสื่อสารข้อมูล (Media Access Control)	CSMA/CA

2.4.2 มาตรฐาน IEEE 802.11n [8]

เป็นมาตรฐานไวร์เลสแลนที่มีความเร็วสูงสุดถึง 600 Mbps โดยส่งผ่าน 4 Stream ซึ่งจะประกอบไปด้วยเสาอากาศ 4 ชุดทั้งภาครับและภาคส่งแต่ละ Stream จะมีความเร็วที่ 150 Mbps สามารถใช้งานได้ทั้งย่านความถี่ 2.4 GHz และ 5 GHz หากใช้งานช่องสัญญาณขนาด 40 MHz จะส่งข้อมูลได้สูงกว่าใช้ช่องสัญญาณขนาดมาตรฐานคือ 20 MHz มาตรฐาน IEEE 802.11n นี้จะเป็นมาตรฐานที่อยู่ในโน้ตบุ๊กใหม่ตั้งแต่ปี 2009 ขึ้นไป โดยจะสามารถรับส่งข้อมูล 2-3 Stream ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนภาครับส่งและเสา หากเป็นรุ่นที่มี 2 เสาจะมีความเร็วสูงสุดที่ 300 Mbps แต่ถ้าเป็นรุ่น 3 เสาจะมีความเร็วสูงสุดที่ 450 Mbps มาตรฐาน IEEE 802.11n ประกอบไปด้วย รูปแบบการมอดูเลต สัญญาณ ความถี่ใช้งาน ค่ามาตรฐานของอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 พารามิเตอร์ต่างๆของมาตรฐาน IEEE802.11n

คุณสมบัติ	IEEE 802.11n
ประกาศรับรองมาตรฐาน	ตุลาคม 2009
ความเร็วสื่อสารข้อมูลสูงสุด	600 Mbps ยังไม่วางจำหน่าย (อุปกรณ์ทั่วไปจะมีความเร็ว 300 Mbps)
กลไกการส่งสัญญาณ	MIMO - OFDM
ความเร็วสื่อสาร	MIMO – OFDM : 15, 30, 45, 60, 90, 120, 135, 150, 180, 240, 270, 300 Mbps
ช่วงความถี่ที่ใช้งาน	2.4 – 2.4835 GHz 5.15 – 5.35 GHz 5.425 – 5.675 GHz 5.725 – 5.875 GHz
การ โมดูเลตสัญญาณ	BPSK : 15 Mbps/SS QPSK : 30, 40, 60 Mbps/SS 16 QAM : 60, 90 Mbps/SS 64 QAM : 120, 135, 150, Mbps/SS สูงสุด 4 Spatial Stream (ดังนั้น ความเร็วสูงสุด = 150x4 = 600 Mbps)
กลไกควบคุมการเข้าถึงตัวกลางสื่อสารข้อมูล (Media Access Control)	CSMA/CA

2.4.3 มาตรฐาน IEEE 802.11p ชั้นกายภาพ [1]

มาตรฐานชั้นกายภาพที่น่าสนใจ ถูกแบ่งออกเป็น 3 แถบประเทศ ซึ่งใน โครงการนี้สนใจ ศึกษามาตรฐาน IEEE802.11p ซึ่งเป็นมาตรฐานที่รองรับการสื่อสารระหว่างยานพาหนะที่กำลัง เคลื่อนที่ อีกทั้งยังเป็นมาตรฐานที่ให้อัตราเร็วข้อมูล เร็วที่สุดในบรรดา 3 กลุ่มประเทศ ด้วยปัจจุบัน นี้ความต้องการในการส่งข้อมูลที่มีขนาดใหญ่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งต้องอาศัยมาตรฐานของระบบสื่อสาร ที่กำหนดคุณลักษณะต่างๆของการสื่อสารระหว่างยานพาหนะ ให้สามารถรับ ส่งข้อมูลได้รวดเร็ว ซึ่งมาตรฐานดังกล่าว สามารถตอบสนองความต้องการได้ ดังนั้น โครงการนี้จึงได้สนใจที่จะศึกษา การสื่อสารระหว่างยานพาหนะ ภายใต้มาตรฐานชั้นกายภาพ IEEE802.11p ประกอบด้วย รูปแบบ การมอดูเลตสัญญาณ ความถี่ใช้งาน ค่ามาตรฐานของอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 พารามิเตอร์ต่างๆของมาตรฐาน IEEE802.11p

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้
Frequency band	5.9 GHz
Modulation type	BPSK QPSK
Data transmission rate	3-27 Mbps
Number of data subcarrier	52
Number of FFT length	64
Number of cyclic prefix	32
OFDM symbol duration	8 μ s

การรับส่งข้อมูลของการสื่อสารระหว่างยานพาหนะอาศัยเทคโนโลยีการสื่อสารระยะใกล้ โดยใช้จุดเด่นของเทคโนโลยี OFDM ที่ทนต่อผลของการจางหายของสัญญาณเนื่องจากสัญญาณ หลายวิถี การสื่อสารสำหรับระบบขนส่งอัจฉริยะได้กำหนดช่องสัญญาณไว้สำหรับการใช้งานในแอมพลิจูดต่างๆที่เกี่ยวข้อง ดังตารางที่ 2.4 โดยที่เลขประจำช่องสัญญาณสื่อถึงความถี่กลางของ ช่องสัญญาณนั้นๆ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$f_c = 5000 + (5 \times n_{ch}) \quad (2.1)$$

เมื่อ $n_{ch} = 0, 1, \dots, 200$.

เช่น ช่องสัญญาณที่ 172 มีความถี่กลาง คือ $f_c = 5000 + (5 \times 172) = 5860$ (MHz)

หน้าที่ของช่องสัญญาณสำหรับระบบขนส่งอัจฉริยะที่ใช้มาตรฐาน IEEE802.11pประกอบด้วยช่องสัญญาณให้บริการจำนวน 6 ช่องสัญญาณ หรือ SCH และมีช่องสัญญาณควบคุม CCH อีก 1 ช่องสัญญาณ แต่ละช่องสัญญาณมีความกว้างแถบ 10 MHz โดยมีค่าต่างๆเป็นไปตามตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงข้อกำหนดของช่องสัญญาณให้บริการและความถี่

พื้นที่	แถบความถี่ (GHz)	ช่องสัญญาณบริการ	ความถี่กลาง (MHz)
อเมริกา และแคนาดา	ITS-RS (5.850-5.925)	172	5860
		174	5870
		175	5875
		176	5880
		178	5890
		180	5900
		181	5905
		182	5910
		184	5920

ตารางที่ 2.5 หน้าที่ของช่องสัญญาณ

ตัวเลขประจำช่องสัญญาณ	172	174	176	178	180	182	184
ชนิดของช่องสัญญาณ	Service Channels	Service Channels	Service Channels	Control Channels	Service Channels	Service Channels	Service Channels
กำลังส่ง (dBm)	33	33	33	44.8	23	23	40
ความถี่ (GHz)	5.860	5.870	5.880	5.890	5.900	5.910	5.920

การจัดสรรหน้าที่ของช่องสัญญาณมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ช่องสัญญาณที่ 172: Public Safety V2V

ช่องสัญญาณที่ 174: Public Safety Private

ช่องสัญญาณที่ 176: Public Safety Private

ช่องสัญญาณที่ 178: Control Channel

ช่องสัญญาณที่ 180: Public Safety /Private

ช่องสัญญาณที่ 182: Public Safety /Private

ช่องสัญญาณที่ 184: Public Safety/Intersections

โครงการนี้เป็นการศึกษาการสื่อสารระหว่างยานพาหนะ ดังนั้น ช่องสัญญาณที่พิจารณาคือ ช่องสัญญาณที่ 172 ความถี่ 5.86 GHz ซึ่งเป็นช่องสัญญาณที่กำหนดให้ใช้งานสำหรับการสื่อสารระหว่างยานพาหนะ ในรูปแบบแอปพลิเคชันเกี่ยวกับความปลอดภัยบนถนน

2.5 มาตรฐานของระบบขนส่งอัจฉริยะ

มาตรฐานของระบบขนส่งอัจฉริยะนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 มาตรฐาน ซึ่งเป็นการแยกประเภทตามกลุ่มประเทศที่ใช้งาน

1. มาตรฐานที่ใช้ในทวีปอเมริกาเหนือ

มาตรฐานที่ใช้ทวีปอเมริกาเหนือคือมาตรฐาน American Society for Testing and Material (ASTM)

เป็นมาตรฐานที่ทำงานบนความถี่ 5.9 GHz ภายใต้มาตรฐาน IEEE802.11p ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ถูกออกแบบมาสำหรับรองรับการติดต่อสื่อสารระหว่างยานพาหนะที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง มาตรฐานนี้มีการพัฒนาต่อออกมาจากมาตรฐาน IEEE802.11a หรือ ASTM E2213-03 โดยมีการใช้ข้อดีของการมอดูเลชันแบบ OFDM ที่มีความทนทานต่อปัญหาการจางหายของสัญญาณเนื่องจากสัญญาณหลายวิถี โดยการเพิ่มช่วงเวลาของอักขระเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของมาตรฐาน IEEE802.11a ทำให้ภาคส่งและภาครับสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ในสภาพของสัญญาณที่ภาคส่งหรือภาครับมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงได้ดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.6 แสดงคุณลักษณะที่สำคัญของ

มาตรฐาน IEEE802.11p-WAVE

เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายสำหรับระบบขนส่งอัจฉริยะได้รับความนิยมในการใช้งานอย่างแพร่หลาย ซึ่งในระหว่างการส่งและรับสัญญาณนั้นมีปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นอุปสรรคต่อการติดต่อสื่อสารระหว่างภาครับ ภาคส่ง อาทิเช่น สิ่งกีดขวางระหว่างภาครับและภาคส่ง การจางหายของสัญญาณเนื่องจากสัญญาณหลายวิถี สภาพแวดล้อมรอบ ๆ บริเวณที่ตั้งของภาคส่งและภาครับ เป็นต้น ด้วยข้อดีของเทคโนโลยีระบบมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความถี่ตั้งฉาก OFDM ซึ่งเป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งในการนำมาใช้แก้ปัญหาดังกล่าวได้โดยอาศัยจุดเด่นที่ทนต่อสัญญาณรบกวน และสามารถส่งข้อมูลในอัตราเร็วสูง ปัญหาการแทรกสอดระหว่างสัญลักษณ์สามารถแก้ไขได้โดยการเติมไซคลิกเข้าไปที่เฟรมข้อมูลก่อนทำการส่ง จึงทำให้มาตรฐานนี้รองรับการติดต่อสื่อสารระหว่างภาคส่งและภาครับที่มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงได้

ตารางที่ 2.6 แสดงชุดพารามิเตอร์สำหรับมาตรฐาน IEEE802.11p

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้
Frequency band	5.86-5.925 GHz
Modulation type	BPSK QPSK
Data transmission rate	3-27 Mbps
Number of data subcarrier	52
Number of FFT length	64
Number of cyclic prefix	32
OFDM symbol duration	8 μ s

2. มาตรฐานที่ใช้ในแถบยุโรป

มาตรฐาน CEN-DSRC เป็นมาตรฐานที่ถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อใช้งานในระบบขนส่งอัจฉริยะสำหรับกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป เป็นมาตรฐานที่กำหนดคุณลักษณะของระบบขนส่งอัจฉริยะที่ผู้ใช้งานสามารถนำมาตรฐานดังกล่าวไปใช้อ้างอิงในการออกแบบระบบขนส่งอัจฉริยะ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 แสดงชุดพารามิเตอร์สำหรับมาตรฐาน CEN-DSRC

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้
Frequency band	5.8 GHz
Communication system	Passive
Maximum data transmission rate	500 kbps (downlink) 250 kbps (uplink)
Communication range	15 m
Maximum power	RSE:33 dBm OBE:-15 dBm

3. มาตรฐานญี่ปุ่น ARIB STD-T75

มาตรฐานของประเทศญี่ปุ่นถูกกำหนดขึ้นมาโดยองค์กร Association of Radio Industrial and Business (ARIB) ซึ่งเป็นองค์กรที่มีหน้าที่ในการกำหนดมาตรฐานต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมโทรคมนาคมของประเทศญี่ปุ่น โดยทาง ARIB ได้กำหนดมาตรฐาน ARIB STD-T75 ขึ้นมาเพื่อเป็นตัวกำหนดคุณลักษณะพื้นฐานของระบบขนส่งอัจฉริยะให้มีมาตรฐานที่เด่นชัดและหลังจากนั้นยังได้พัฒนา มาตรฐาน ARIB STD-T75 ขึ้นมาอีกครั้งเพื่อนำไปใช้เป็นมาตรฐานในการออกแบบระบบขนส่งอัจฉริยะในประเทศญี่ปุ่น ดังตารางที่ 2.8 มาตรฐานดังกล่าวจะมีคุณลักษณะที่แตกต่างกับมาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรปและทวีปอเมริกาเหนือ โดยที่จะไม่มีการนำเอาเทคโนโลยี OFDM มาใช้งาน เนื่องจากในประเทศญี่ปุ่นมีการใช้งานระบบขนส่งอัจฉริยะที่เด่นชัด คือ ระบบเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติซึ่งเป็นระบบที่ไม่ต้องการอัตราเร็วของข้อมูลมากนักและในการติดต่อสื่อสารระหว่างภาคส่งที่ถูกติดตั้งอยู่ที่รถยนต์กับภาครับที่ถูกติดตั้งอยู่ที่อุปกรณ์ข้างถนนมีความเร็วซึ่งเป็นอุปสรรคของการติดต่อสื่อสารเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ด้วยเหตุนี้จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องนำเทคโนโลยี OFDM มาใช้งานร่วมกับระบบขนส่งอัจฉริยะ คุณลักษณะที่สำคัญของมาตรฐานดังกล่าวได้แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.8 แสดงชุดพารามิเตอร์สำหรับมาตรฐาน ARIB STD-T75

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้
Frequency band	5.8 GHz
Modulation type	ASK, QPSK
Data rate	1 Mbps for ASK 4 Mbps for QPSK
Communication	TDMA/FDD
Power supplied to RSU antenna	10 m to 30 m = 300mW
Power supplied to OBU antenna	Less than 10 mW

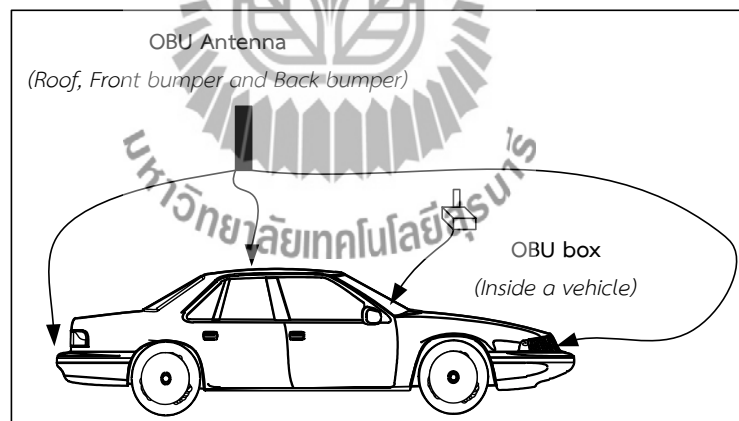
มาตรฐานต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นนั้น เป็นมาตรฐานที่องค์กรต่าง ๆ กำหนดขึ้นขึ้นมาเพื่อเป็นตัวอ้างอิงให้แก่ผู้พัฒนาและออกแบบระบบสื่อสารให้กับระบบขนส่งอัจฉริยะ โดยในการเลือกมาตรฐานมาใช้งานนั้น จะต้องคำนึงถึงลักษณะการใช้งาน ตัวอย่างระบบขนส่งอัจฉริยะที่พบได้ทั่วไป ได้แก่ ระบบเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติ ระบบรายงานสภาพการจราจร ระบบตรวจจับความเร็วของยานพาหนะ ระบบนำทาง ระบบช่วยจอดยานพาหนะ ระบบนับจำนวนยานพาหนะ ป้ายจราจรอัจฉริยะที่ใช้ในการรายงานสภาพการจราจร เป็นต้น อนึ่งในการเลือกใช้มาตรฐานสำหรับระบบ

ขนส่งอัจฉริยะการคำนึงถึงปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการติดต่อสื่อสารระหว่างยานพาหนะกับ อุปกรณ์ข้างทางด้วย เช่น ในการรายงานสภาพการจราจรให้กับยานพาหนะที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ควรเลือกใช้มาตรฐานของประเทศในกลุ่มของอเมริกาเหนือคือ IEEE802.11p (WAVE-DSRC) เป็นต้น

2.6 ชุดอุปกรณ์บนยานพาหนะ [1]

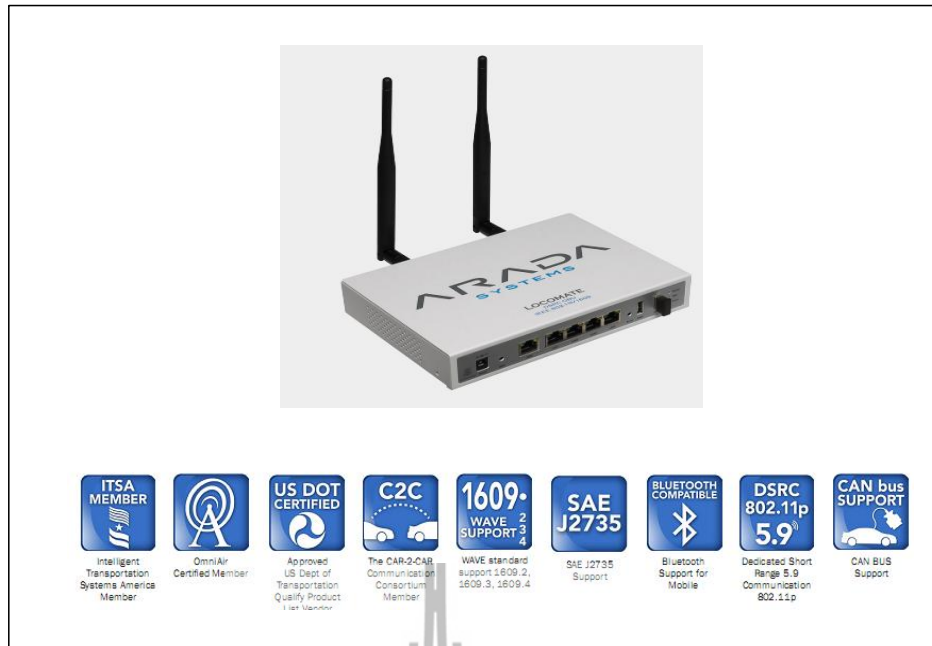
ชุดอุปกรณ์ของระบบขนส่งอัจฉริยะแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ ชุดอุปกรณ์ริมทาง (Road Side Unit: RSU) และ ชุดอุปกรณ์บนยานพาหนะ (On Board Unit) ในโครงการนี้สนใจศึกษาอุปกรณ์บนยานพาหนะ เพื่อใช้ในการศึกษาสมรรถนะของระบบการสื่อสารระหว่างยานพาหนะเมื่อสายอากาศที่ใช้งานมีความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังและจำนวนลำคลื่นตรงตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยชุดอุปกรณ์บนยานพาหนะนั้นมีการติดตั้งไว้ในตัวยานพาหนะ และเชื่อมต่อกับสายอากาศ ไม่ว่าจะเป็นที่ ตำแหน่งบนหลังคา กันชนหน้า กันชนหลัง หรือแผงควบคุมหน้ายานพาหนะ โดยทั่วไปนิยมจัดวางสายอากาศไว้บนหลังคาของยานพาหนะ

ชุดอุปกรณ์บนยานพาหนะ สามารถเชื่อมต่อกับสัญญาณจีพีเอส เพื่อบอกตำแหน่งที่อยู่ ความสูงจากพื้นโลก และทิศทางเคลื่อนที่ของยานพาหนะได้ รูปที่ 2.3 แสดงรูปแบบของอุปกรณ์บนยานพาหนะ



รูปที่ 2.3 ชุดอุปกรณ์บนยานพาหนะ

การปรับตั้งค่าต่างๆของชุดอุปกรณ์ขึ้นอยู่กับมาตรฐานที่ผู้ใช้งานเลือกใช้ โดยสามารถกำหนดอัตราเร็วในการส่งข้อมูล รูปแบบการมอดูเลต สายอากาศที่ใช้ กำลังงานส่ง และพารามิเตอร์ต่างๆเกี่ยวข้องซึ่งสามารถปรับตั้งค่าได้ตามมาตรฐาน IEEE802.11p สำหรับชิ้นกายภาพชุดอุปกรณ์ที่เลือกใช้เป็นของบริษัท Arada Systems ที่สามารถให้บริการการสื่อสารระหว่างยานพาหนะตามมาตรฐาน IEEE802.11p ได้ รูปที่ 2.4 ได้แสดงชุดอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งบนยานพาหนะ



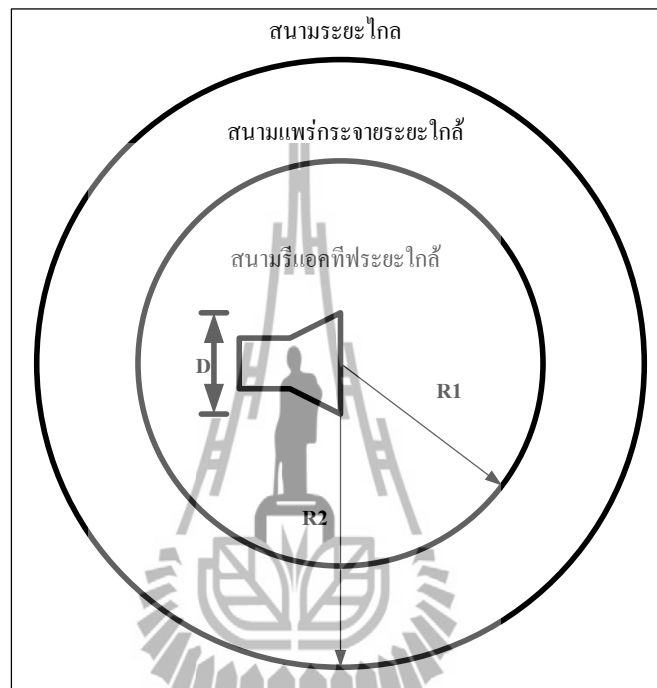
รูปที่ 2.4 ชุดอุปกรณ์ LocoMate™ OBU

ชุดอุปกรณ์บนยานพาหนะสามารถติดตั้งได้ทั้งบริเวณหลังคา ฝากระโปรงหน้า และบริเวณ ฝากระโปรงท้ายของยานพาหนะ โดยสามารถรับส่งข้อมูลตามมาตรฐาน IEEE802.11p ที่ความถี่ 5.85-5.925 GHz ชุดอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถเชื่อมต่อเพื่อรับสัญญาณจีพีเอสระบุตำแหน่งและความสูง ณ บริเวณที่ทำการทดสอบได้ ชุดอุปกรณ์มาพร้อมกับชุดโปรแกรมที่ผู้ใช้งานสามารถพัฒนาให้เข้ากับแอปพลิเคชันที่ใช้งานได้ในระบบปฏิบัติการลินุกซ์ โดยผู้ใช้งานสามารถวัดสมรรถนะของระบบสื่อสารได้ อาทิเช่น ปริมาณงาน (throughput) อัตราความผิดพลาดของแพ็กเก็ตข้อมูล (PER) ค่าความแรงของสัญญาณ (RSSI มีหน่วย dBm) และยังสามารถนำค่าความแรงของสัญญาณมาคำนวณอัตราขยายเฉลี่ยของสายอากาศ และยังสามารถเปลี่ยนอัตราเฉลี่ยของสายอากาศเป็นค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนได้อีกด้วย เมื่อพิจารณาระดับพลังงานของสัญญาณรบกวนให้เป็นไปตามค่ามาตรฐานของมาตรฐานชั้นกายภาพ IEEE802.11p (WAVE-DSRC)

2.7 ทฤษฎีของสายอากาศเบื้องต้น

2.7.1 บริเวณการแผ่กระจายกำลังงานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

การจำแนกบริเวณการแผ่กระจายกำลังงานสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสิ่งสำคัญต่อการศึกษารูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ โดยที่แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศโดยทั่วไปนิยมวัดสมรรถนะที่สนามระยะไกล รูปที่ 2.5 แสดงบริเวณการแผ่กระจายกำลังงานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า



รูปที่ 2.5 บริเวณการแผ่กระจายกำลังงานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

พื้นที่ว่างหรืออากาศอิสระที่อยู่ล้อมรอบสายอากาศขณะที่มีการแผ่กระจายกำลังงานของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าถูกแบ่งออกเป็น 3 บริเวณ โดยพิจารณาจากระยะทางที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. บริเวณสนามรีแอคทีฟระยะใกล้ (Reactive Near-field Region)

บริเวณนี้จะเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้และอยู่รอบสายอากาศมากที่สุด โดยรัศมีของบริเวณสนามรีแอคทีฟระยะใกล้จะกำหนดให้มีค่าประมาณ

$$R_1 \approx 0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \quad (2.2)$$

โดยที่ R_1 คือ ระยะจากสายอากาศถึงบริเวณสนามระยะใกล้
 D คือ ขนาดที่ใหญ่ที่สุดของสายอากาศ
 λ คือ ความยาวคลื่น

2. บริเวณสนามแผ่กระจายระยะใกล้ (Radiating Near-field Region)

บริเวณนี้จะเป็นบริเวณตรงกลางระหว่างสนามรีแอดทิฟระยะใกล้กับสนามระยะไกล หรือเรียกว่าบริเวณเฟรสเนล (Fresnel Region) บางครั้งอาจเรียกว่าบริเวณเฟรสเนล (Fresnel region) โดยรัศมีของบริเวณสนามนี้จะกำหนดให้มีค่าประมาณ

$$0.62\sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \leq R \leq \frac{2D^2}{\lambda} \quad (2.3)$$

โดยที่ R คือ ระยะจากสนามแผ่กระจายระยะใกล้
 D คือ ขนาดที่ใหญ่ที่สุดของสายอากาศ
 λ คือ ความยาวคลื่น

3. บริเวณสนามระยะไกล (Far-field Region)

บริเวณนี้เป็นบริเวณที่อยู่พื้นที่วงกลมนอกสุดลัดออกไปจากบริเวณเฟรสเนล หรือบางครั้งจะถูกเรียกว่าบริเวณฟรานโฮเฟอร์ (Fraunhofer region) องค์ประกอบของสนามที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตัดขวางกับทิศทางการเดินทาง (Transverse Electromagnetic Wave: TEM Wave) ทำให้สามารถนำมาพล็อตเพื่อหาแบบรูปการแผ่พลังงานที่เกิดขึ้นจริงของสายอากาศใดๆที่ต้องการได้ โดยสนามระยะไกลจะถูกกำหนดโดย

$$R_2 \geq \frac{2D^2}{\lambda} \quad (2.4)$$

โดยที่ R_2 คือ ระยะจากสนามแผ่กระจายระยะใกล้
 D คือ ขนาดที่ใหญ่ที่สุดของสายอากาศ
 λ คือ ความยาวคลื่น

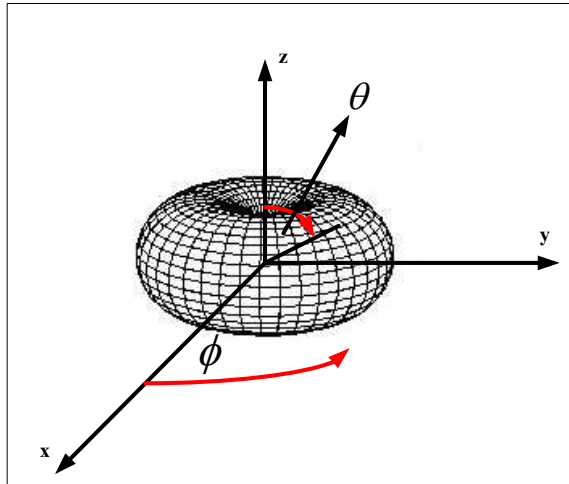
เมื่อพิจารณาการวัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ พบว่า การวัดแบบสนามระยะไกล มีข้อจำกัด เนื่องจากจะต้องนำสายอากาศไปติดตั้ง ณ บริเวณทดสอบที่โล่งแจ้ง ไม่มีสิ่งกีดขวาง เพื่อลดผลกระทบจากสัญญาณรบกวน อีกทั้งยังใช้พื้นที่สิ้นเปลือง อุปกรณ์ที่ใช้มีขนาดใหญ่ แต่เมื่อพิจารณาการวัดแบบรูปการแผ่พลังงานในสนามระยะใกล้ พบว่า สามารถแก้ไขข้อจำกัดของการวัด

แบบสนามระยะไกลได้ อีกทั้งยังสามารถควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบต่อแบบรูปการแผ่พลังงานได้ เนื่องจากทำการทดสอบในห้องป้องกันสัญญาณรบกวน พื้นที่การทดสอบมีขนาดเล็ก จะเห็นได้ว่าการวัดแบบสนามระยะไกลมีความน่าสนใจ แต่อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากการวัดทั้งขนาดและเฟสของสัญญาณจะต้องถูกนำไปแปลงเป็นสนามระยะไกลอีกครั้ง

2.7.2 แบบรูปการแผ่พลังงาน (Radiation Pattern) [9]

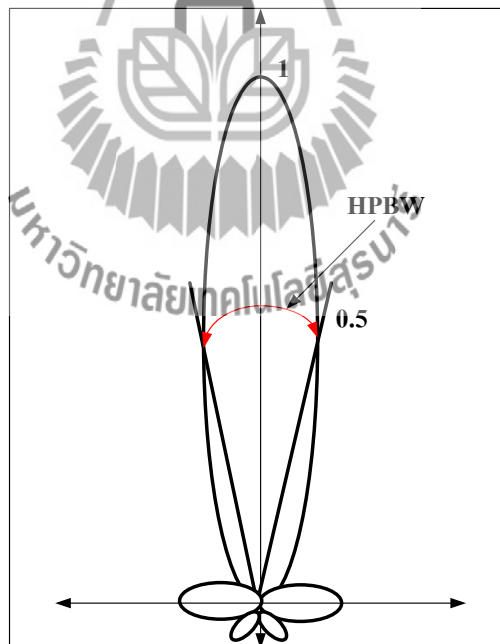
แบบรูปการแผ่พลังงาน หรือแบบรูปการกระจายคลื่นของสายอากาศ เป็นการบอกคุณสมบัติในการแผ่กำลังงานของสายอากาศในรูปของกราฟหรือรูปของฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของพิกัดตำแหน่ง (space coordinates) ในการพิจารณาแบบรูปการแผ่พลังงาน จะต้องกระทำในสนามระยะไกลและแสดงในรูปของฟังก์ชันของพิกัดทิศทาง (directional coordinate) แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศสามารถวัดและพล็อตได้จากความเข้มของสนาม (Field Intensity) ในรูปของ $|\vec{E}(\theta, \varphi)|$ หรือ $|\vec{H}(\theta, \varphi)|$ โดยกำหนดให้รัศมีของการวัดสนามคงที่ เรียกแบบรูปนี้ว่า แบบรูปแอมพลิจูดสนาม (Amplitude Field Pattern) หรือถ้าทำการวัดและพล็อตจากกำลังงานรูปของ $|\vec{E}(\theta, \varphi)|^2$ หรือ $\eta|\vec{H}(\theta, \varphi)|^2$ ที่รับเข้ามาหรือส่งออกไปโดยสายอากาศ ก็จะเรียกแบบรูปนี้ว่า แบบรูปการแผ่กำลังงาน (Power Pattern) ในการแสดงแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศสามารถแสดงได้ทั้งแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ซึ่งใน โครงการนี้สนใจศึกษาแบบรูปการแผ่พลังงานในแบบ 2 มิติ คำศัพท์และความหมายที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการนี้ได้แก่

1. สายอากาศแบบมีทิศทาง (Directional Antenna) คือ สายอากาศที่มีคุณสมบัติในการแผ่กำลังงานหรือรับกำลังงานเข้ามามีประสิทธิภาพในทิศทางใดทิศทางหนึ่งมากกว่าทิศทางอื่นๆ
2. สายอากาศแบบมีทิศทางรอบตัวในระนาบเดียว (Omnidirectional Antenna) คือ สายอากาศที่มีคุณสมบัติในการแผ่กำลังงานแบบรอบตัวในระนาบใดระนาบหนึ่ง ส่วนระนาบอื่นที่ตั้งฉากกันจะมีการแผ่กระจายคลื่นในลักษณะแบบมีทิศทาง ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศแบบมีทิศทางรอบตัวในระนาบเดียว

3. ความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง (Half-power Beamwidth) คือ ในระนาบหนึ่งๆของแบบรูปที่ประกอบไปด้วยทิศทางที่มีค่าคลื่นสูงสุดและมีมุมที่อยู่ระหว่างสองทิศทางซึ่งความเข้มของการแผ่กำลังงานมีค่าลดลงครึ่งหนึ่งจากจุดสูงสุด ซึ่งค่านี้มักใช้อธิบายถึงความกว้างของลำคลื่นที่มีค่าความเข้มลดลง 3 dB (3dB Beamwidth) ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง

2.7.3 ค่าสภาพเจาะจงทิศทาง (Directivity)

ค่าสภาพเจาะจงทิศทางของสายอากาศในทิศทางที่กำหนดให้คือ อัตราส่วนความเข้มของการแผ่คลื่นในทิศทางนั้น เทียบกับค่าความเข้มของการแผ่คลื่นที่เฉลี่ยออกไปทุกทิศทาง โดยค่าความเข้มของการแผ่คลื่นเฉลี่ยดังกล่าวจะมีค่าเท่ากับกำลังงานรวมที่แผ่กระจายออกจากสายอากาศหารด้วย 4π สำหรับกรณีที่ไม่ได้กำหนดทิศทางมาให้นั้น การกำหนดค่าสภาพเจาะจงทิศทางจะพิจารณาในทิศทางที่มีการแผ่คลื่นสูงสุด ค่าสภาพเจาะจงทิศทางสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนของค่าความเข้มการแผ่คลื่นแบบไอโซทรอปิกที่ถูกป้อนอินพุตด้วยกำลังงานที่เท่ากัน สามารถแสดงได้ดังสมการ

$$D(\theta, \varphi) = \frac{U(\theta, \varphi)}{U_{av}} = \frac{4\pi U(\theta, \varphi)}{P_{rad}} \quad (2.5)$$

เมื่อ $D(\theta, \varphi)$ คือ สภาพเจาะจงทิศทางของสายอากาศในทิศทางที่กำหนด

$U(\theta, \varphi)$ คือ ความเข้มของการแผ่คลื่นในทิศทางที่กำหนด

U_{av} คือ ความเข้มของการแผ่คลื่นที่เฉลี่ยออกไปทุกทิศทาง

P_{rad} คือ กำลังงานที่แผ่กระจาย

โดยที่ค่าสภาพเจาะจงทิศทางนั้นเป็นปริมาณที่ไม่มีหน่วย ค่าสูงสุดจะมากกว่าหรือเท่ากับหนึ่งเท่านั้น

2.7.4 อัตราขยายของสายอากาศ (Antenna Gain)

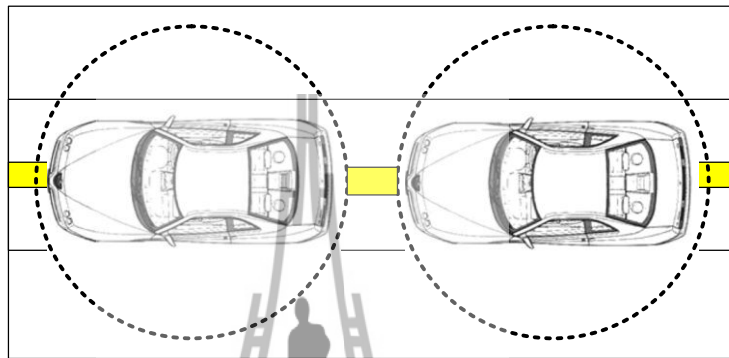
ค่าอัตราขยายของสายอากาศ คือ อัตราส่วนของค่าความเข้มการแผ่กระจายกำลังงาน U ในทิศทางที่กำหนดให้กับค่าความเข้มการแผ่กระจายกำลังงานที่สายอากาศได้รับ ถ้ากำลังงานที่ป้อนให้กับสายอากาศถูกแผ่กระจายออกไปในลักษณะของไอโซทรอปิก สามารถนำมาเขียนเป็นสมการได้ คือ

$$G(\theta, \varphi) = 4\pi \frac{U(\theta, \varphi)}{P_{in}} \quad (2.6)$$

อัตราขยายไม่มีหน่วย ในทางปฏิบัตินั้นการที่สายอากาศจะมีอัตราขยายมากเพียงพอตามที่ต้องการหรือไม่ มีปัจจัยหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง ทั้งการสูญเสียภายในตัวสายอากาศ การสูญเสียที่เกิดในสายนำสัญญาณ เป็นต้น

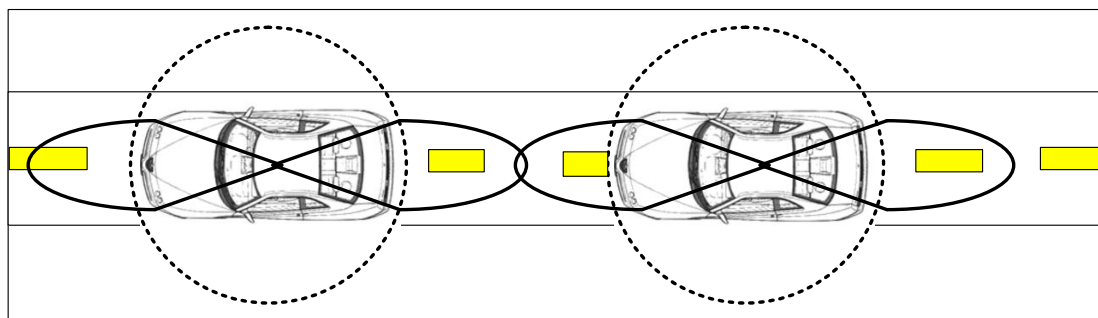
2.8 ทิศทางลำคลื่นหน้าและลำคลื่นหลัง สำคัญที่สุด [10]

สายอากาศสำหรับการสื่อสารระหว่างยานพาหนะแบบเดิม ถูกติดตั้ง ณ ตำแหน่งต่างๆ ของยานพาหนะ ได้แก่ บนหลังคาของยานพาหนะ กันชนหน้า กันชนหลัง เป็นต้น สายอากาศชนิดไดโพลเป็นสายอากาศที่นิยมนำมาใช้งานกับการสื่อสารระหว่างยานพาหนะ โดยที่แบบรูปการแผ่พลังงานมีลักษณะเป็นแบบรอบตัวในระนาบเดียว เมื่อพิจารณาระนาบ Azimuth ดังรูปที่ 2.8 เส้นประแสดงแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศแบบเดิม ลักษณะการแผ่กระจายพลังงานจะออกไปทุกทิศทาง



รูปที่ 2.8 สายอากาศสำหรับแบบเดิมสำหรับการสื่อสารระหว่างยานพาหนะ

จะเห็นได้ว่าแบบรูปการแผ่พลังงานแบบเดิมมีลักษณะการส่งสัญญาณออกไปทุกทิศทาง ทำให้มีการสูญเสียพลังงานไปในทิศทางที่ไม่ต้องการ รวมไปถึงโอกาสในการได้รับผลกระทบจากสัญญาณแทรกสอดจากช่องสัญญาณข้างเคียงมีเพิ่มมากขึ้น และเมื่อยานพาหนะอยู่นอกพื้นที่ครอบคลุมการสื่อสาร จะมีโอกาสที่ไม่สามารถเชื่อมต่อและรับส่งข้อมูลระหว่างกันและกันได้ โดยเฉพาะในกรณีที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามกันในช่องจราจรเดียวกัน ซึ่งต้องการระยะครอบคลุมการสื่อสารที่เพียงพอกับระยะห่างระหว่างยานพาหนะ ดังนั้นด้วยข้อจำกัดของแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศแบบเดิมจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานในกรณีที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามกันในช่องจราจรเดียวกัน ได้มีการนำเสนอให้มีการใช้สายอากาศที่มีแบบรูปการแผ่พลังงานแบบเจาะจงทิศทางแทนสายอากาศแบบเดิม โดยให้มีพลังงานแผ่ออกไปด้านหน้าและด้านหลังของยานพาหนะ ดังรูปที่ 2.9 เส้นทึบแสดงแบบรูปการแผ่พลังงานแบบเจาะจงทิศทาง



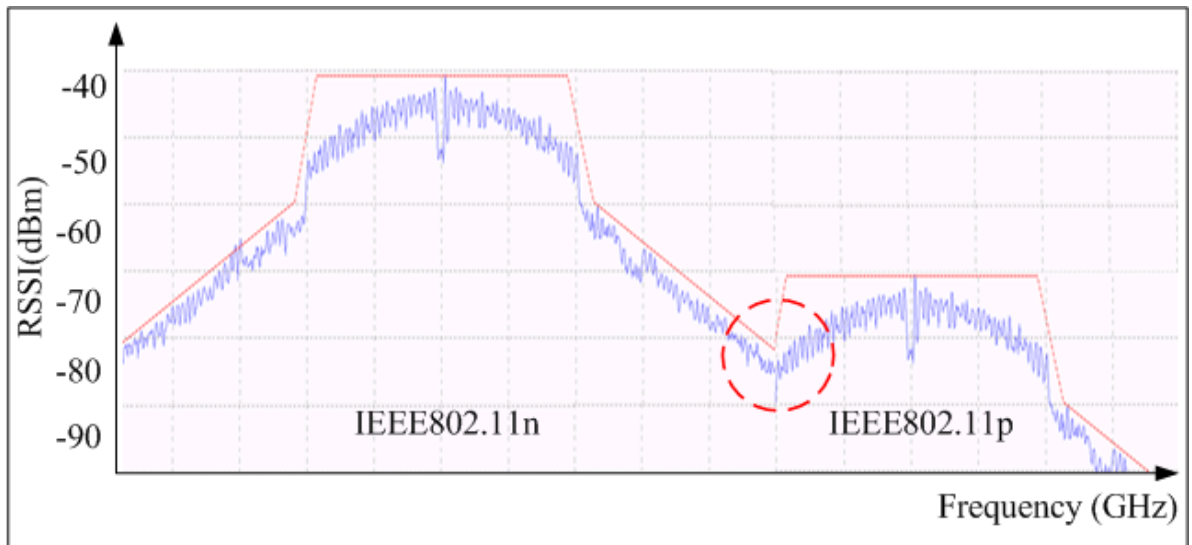
รูปที่ 2.9 เปรียบเทียบสายอากาศ ระหว่างสายอากาศแบบเดิม และสายอากาศแบบใหม่

จากรูปที่ 2.9 เป็นการเปรียบเทียบสายอากาศ ที่มีแบบรูปการแผ่พลังงานแบบเจาะจงทิศทาง สำหรับการสื่อสารระหว่างยานพาหนะ (เส้นทึบ) และสายอากาศ สำหรับการสื่อสารระหว่างยานพาหนะแบบเดิม (เส้นประ) จะเห็นว่าเมื่อยานพาหนะอยู่ในในช่องจราจรเดียวกัน สายอากาศแบบเจาะจงทิศทางนั้นจะเพิ่มระยะครอบคลุมของการสื่อสารระหว่างยานพาหนะทั้งสองที่เพียงพอ และเหมาะสมต่อการสื่อสารในช่องจราจรเดียวกัน ดังนั้นจึงต้องเจาะจงทิศทางของกำลังงานด้านหน้าและทิศทางกำลังงานด้านหลัง เพื่อที่จะติดต่อสื่อสารในช่องจราจรเดียวกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมไปถึงยังช่วยลดผลกระทบจากการแทรกสอดของช่องสัญญาณข้างเคียง ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการเล่นนี้ และจะได้เสนอทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในโครงการในหัวข้อต่อไป

2.9 สัญญาณแทรกสอดจากช่องสัญญาณข้างเคียง [11]

การสื่อสารระหว่างยานพาหนะกับยานพาหนะหรือ V2V ตามมาตรฐาน IEEE 802.11p ที่ทำงานบนย่านความถี่ 5 GHz ในระบบขนส่งอัจฉริยะนั้น ได้กำหนดการใช้ช่องบริการคือช่องที่ 172 ที่ใช้ความถี่กลางอยู่ที่ 5.86 GHz ซึ่งช่องสัญญาณ 172 นี้ได้กำหนดรูปแบบการใช้งานเกี่ยวกับด้านความปลอดภัยบนถนน โดยมีการรับส่งแพ็กเก็ตแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน ระหว่างยานพาหนะที่อยู่ในระยะการสื่อสารรอบๆตัว เพื่อช่วยแจ้งเตือนและให้รับรู้ถึงความเร็ว และระยะห่างของยานพาหนะรอบๆตัว ทำให้ลดการเกิดอุบัติเหตุได้

ในทางเดียวกันการสื่อสารระบบท้องถิ่นไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.11a และ IEEE 802.11n ที่ช่อง 165 ก็ทำงานบนย่านความถี่ 5 GHz เช่นเดียวกัน อาจเกิดปัญหาในการใช้งานการสื่อสารระหว่างยานพาหนะกับยานพาหนะ ตามมาตรฐาน IEEE 802.11p ได้ ดังรูปที่ 2.10 แสดงการเกิดการกวนกันของสองมาตรฐานนี้ เช่นการรบกวนกันของช่องสัญญาณข้างเคียง (Co-Channel Interference) ซึ่งอาจจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียของแพ็กเก็ตในการแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน ระหว่างยานพาหนะกับยานพาหนะได้

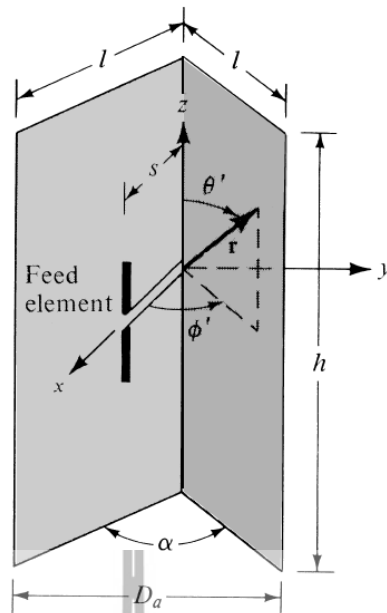


รูปที่ 2.10 แสดงการเกิดการรบกวนกันของ มาตรฐาน IEEE 802.11n และ มาตรฐาน IEEE 802.11p

เพราะคลื่นความถี่ IEEE 802.11a และ IEEE 802.11p ค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก เป็นไปได้ว่าเมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์ใดๆตามมาตรฐาน IEEE 802.11a ใกล้กับถนนมากๆ เช่นตามร้านอาหารริมทาง ร้านกาแฟ เป็นต้น ซึ่งพลังงานที่แผ่กระจายออกมาจากอุปกรณ์ดังกล่าวมีพลังงานแผ่มาถึงถนนอย่างแน่นอน และเนื่องจากการสื่อสารระหว่างยานพาหนะกับยานพาหนะหรือ V2V แบบเดิมได้ใช้สายอากาศที่มีแบบรูปการแผ่พลังงานรอบตัวระนาบเดี่ยว (Omni-directional Antenna) ที่รับส่งข้อมูลรอบตัวได้ แต่ข้อเสียคือทำให้เกิดสัญญาณแทรกสอดกับสัญญาณที่ถูกส่งมาจากระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายดังกล่าว จะทำให้การรับส่งแพ็กเก็ตข้อมูลของการจราจรตามมาตรฐาน IEEE 802.11p เกิดการผิดพลาด เช่นส่งไปแล้วแพ็กเก็ตสูญหาย ข้อมูลที่ได้ทางภาครับก็จะได้รับแพ็กเก็ตที่ไม่ครบ อาจจะทำให้ทั้งภาครับ และภาคส่งเกิดการประมวลผลข้อมูลที่ผิดพลาดต่อการสื่อสารระหว่างยานพาหนะ และอาจจะนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุได้

2.10 ตัวสะท้อนแบบมุม [12]

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการรบกวนกันของช่องสัญญาณข้างเคียง (Co-Channel Interference) นั้นเป็นส่วนสำคัญอย่างมากที่ทำให้การสื่อสารระหว่างยานพาหนะนั้นเกิดความผิดพลาด ดังนั้นจึงต้องทำการลดผลกระทบนี้ โดยการใช้สายอากาศที่มีแบบรูปการแผ่พลังงานแบบเจาะจงทิศทางที่ใช้ Corner Reflector เป็นตัวสะท้อน ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 สายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง โดยใช้ตัวสะท้อนแบบมุม

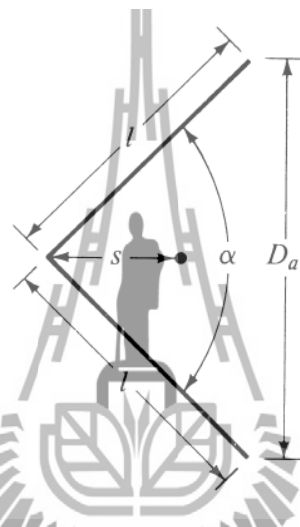
Corner Reflector เป็นการทำให้พลังงานเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ตามรูปร่างเลขาคณิต ในระนาบของตัวมันเอง และเป็นการบังคับ ไม่ให้พลังงานแผ่ไปด้านข้าง และด้านหลัง โดยการใช้ตัวสะท้อน(reflectors) 2 ตัว ที่ให้ระนาบแต่ละตัวทำมุมซึ่งกันและกันเนื่องจากมันมีโครงสร้างที่เรียบง่าย และมีคุณสมบัติการใช้งาน ที่เป็นลักษณะเฉพาะอีกมากมาย ตัวอย่างเช่น Radar ที่ใช้งานตัวสะท้อน เพื่อหาวัตถุเป้าหมาย หรือการใช้งานทางด้านสื่อสาร โทรคมนาคม เป็นต้น เราจะได้รับสัญญาณที่แม่นยำ ในทิศทางของศากรับ เมื่อทำตัวสะท้อนทั้งสองทำมุมซึ่งกันและกัน 90° เช่น สายอากาศที่อยู่บนเรือทหาร และการออกแบบมุมสะท้อนเล็กๆ ติดกับยานพาหนะ เพื่อลดการตรวจจับ จากเรดาร์ของข้าศึก

การใช้งานในทางปฏิบัติ โดยส่วนมากจะตัดจานสะท้อนเป็นมุม 90° อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งก็ใช้งานที่มุมอื่นๆ เพื่อรักษาประสิทธิภาพให้กับระบบ ในกรณีที่ระยะห่างระหว่างจุดยอดของมุมกับจุดป้อนสัญญาณของตัวสะท้อนเพิ่มขึ้น จะทำให้มุมสำหรับตัวสะท้อนลดลง และในทางกลับกัน สำหรับตัวสะท้อนที่มีความยาวด้านข้างมากๆ จะทำให้อัตราขยายเพิ่มขึ้น ขณะที่มุมระหว่างระนาบลดลง ถึงจะอย่างไร สำหรับจาน (Plate) ที่มีขนาดจำกัดขอบเขต อาจจะไม่เป็นเช่นนั้น ใน โครงงานนี้จะสันนิษฐานว่าจานเหล่านี้ ไม่มีขอบเขต ($l = \infty$) อย่างไรก็ตาม ส่วนมากในวิธีปฏิบัติ ความกว้าง ยาวและหนาจะต้องจำกัดขอบเขต โดยจะมีขนาดของช่องรับส่งสัญญาณ (D_a) ความกว้าง (l) และความสูง (h) ที่จะต้องแสดง ด้านหน้าของตัวสะท้อน มักจะนิยมทำ ช่องตาข่ายมากกว่าทำแบบแผ่นโลหะ โดยจะทำช่องเล็กๆ (g) น้อยกว่าความยาวคลื่น (ปกติใช้ $g \leq \lambda/10$) ความกว้างของเส้นขนานสำหรับไดโพล ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้ตัวสะท้อนแบบมุมที่เป็นแผ่น

โลหะ เพราะตัวสะท้อนแบบมุมที่เป็นแบบตาข่ายใช้งานที่ความถี่ต่ำ จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการออกแบบและติดตั้งในการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการสื่อสารระหว่างยานพาหนะนี้

ในทางปฏิบัติขนาดของช่องรับส่งสัญญาณ (D_a) จะใช้ระหว่าง 1 ความยาวคลื่นถึง 2 ความยาวคลื่น

($\lambda < D_a < 2\lambda$) ความยาวของตัวสะท้อนที่ทำมุม 90° จะประมาณ 2 เท่าของระยะห่างระหว่างจุดป้อนสัญญาณกับจุดยอดของมุม ($l \approx 2s$) สำหรับมุมของตัวสะท้อนที่น้อยลง ($\alpha < 90^\circ$) จะใช้ขนาดงานที่ยาวขึ้น ระยะห่างระหว่างจุดป้อนกับจุดยอดของมุม (s) จะอยู่ในช่วงระหว่าง $\lambda/3$ กับ $2\lambda/3$ ($\lambda/3 < s < 2\lambda/3$) เป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุด ดังรูปที่ 2.12 แสดงพารามิเตอร์ต่างๆของตัวสะท้อนแบบมุม



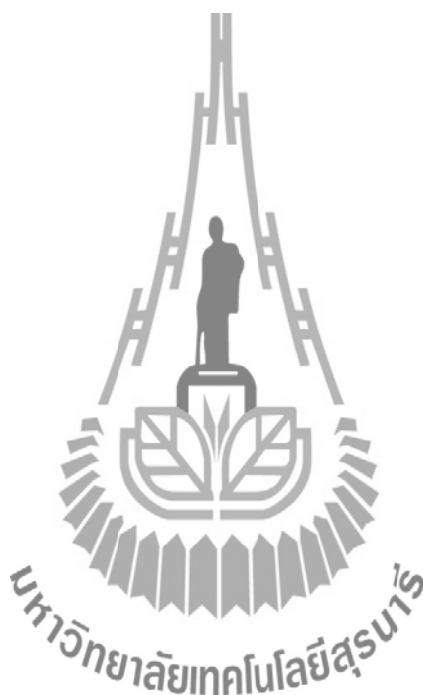
รูปที่ 2.12 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการออกแบบของตัวสะท้อนแบบมุม

สำหรับตัวสะท้อนแต่ละตัว ถ้ามีระยะห่างที่เล็กมากเกินไป จะทำให้ค่าความต้านทานการแผ่พลังงาน (R_r) น้อยลง กลายเป็นความต้านทานการสูญเสีย (R_l) ของระบบไป และสิ่งนี้จะก่อให้เกิดการไร้ประสิทธิภาพของสายอากาศ สำหรับระยะห่างที่ยาวมากๆ จะทำให้ระบบเกิด Lobe ที่ไม่ต้องการเพิ่มขึ้นอีกมากมาย และจะสูญเสียคุณลักษณะในการเจาะจงทิศทาง มีการสังเกตการทดลองโดยการเพิ่มขนาดด้านข้างของงาน พบว่ามีผลกระทบต่อความกว้างลำคลื่นและสภาพเจาะจงทิศทางไม่มากนัก แต่เมื่อเพิ่มค่าแบนวิดและความต้านทานการแผ่พลังงาน (R_r) พูหลักของสะท้อนที่มีขนาดมีขอบเขตจะกว้างกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดไม่มีขอบเขต ความสูง (h) สำหรับแผ่นตัวสะท้อนโดยปกติแล้วจะสูงประมาณ 1.2 ถึง 1.5 เท่าของความยาวของสายอากาศ บางทีก็ใหญ่กว่าผลรวมของความกว้าง (l) กับจุดป้อนสัญญาณ (s) ในการแผ่พลังงาน ลำดับพลังงานจะลดลงจากปลายสุดไปยังบริเวณด้านหลัง

ในการวิเคราะห์สำหรับบริเวณที่แผ่พลังงานจากแหล่งจ่ายของตัวสะท้อน โดยพิจารณาที่มุมของตัวสะท้อน (α) คือ $\alpha = \pi/n$ เมื่อ n เป็นจำนวนเต็ม ($\alpha = \pi, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{4}, \text{etc.}$)

2.11 สรุป

เทคโนโลยีระบบขนส่งอัจฉริยะ แบ่งรูปแบบการสื่อสารออกเป็น 2 รูปแบบ คือ V2V และ V2I โดยอาศัยเทคโนโลยีการสื่อสารระยะไกล ที่ใช้การมอดูเลตแบบ OFDM ที่มีข้อดีคือทนทานต่อผลการจางหายของสัญญาณเนื่องจากสัญญาณหลายวิถี ซึ่งทำงานบนมาตรฐาน IEEE802.11p ทำงานบนย่านความถี่ 5 GHz ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญคือสายอากาศ ที่มีแบบรูปการแผ่พลังงานแบบเจาะจงทิศทาง การออกแบบโดยการใช้ Corner Reflector เพื่อให้มีสภาพเจาะจงทิศทางไปในทิศทางหน้าและทิศทางหลัง จะทำให้ช่วยในเรื่องเพิ่มความปลอดภัยของข้อมูลที่ดีขึ้น กับการเพิ่มสมรรถนะของระบบ ที่เกิดจากการแทรกสอดจากช่องสัญญาณข้างเคียง



บทที่ 3

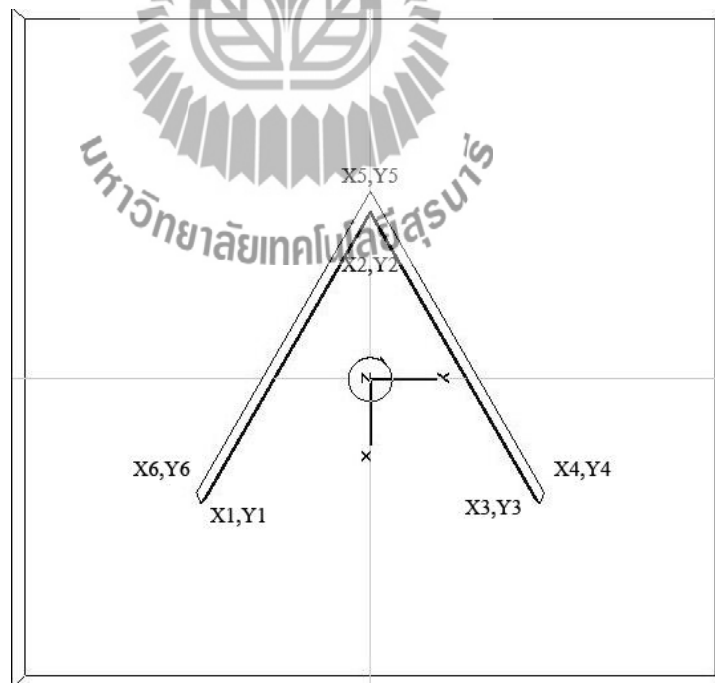
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

3.1 บททำ

เนื้อหาในบทนี้ได้นำเสนอการออกแบบตัวสะท้อนแบบมุม (Corner Reflector) ว่าควรจะออกแบบที่ระยะเท่าไร ทำมุมเท่าไรจึงได้ค่าที่เหมาะสมที่สุด การออกแบบแบบจำลองแบบรูปการแผ่พลังงานโดยใช้โปรแกรม CST เพื่อศึกษาแนวโน้มการแผ่กระจายกำลังงานของแบบจำลอง การสร้างสายอากาศต้นแบบ โดยนำผลที่ได้จากโปรแกรม CST มาใช้เป็นแบบจำลองที่จะนำไปสร้างสายอากาศจริง และเป็นบทสรุปของเนื้อหาในส่วนนี้

3.2 การออกแบบตัวสะท้อนแบบมุม (Corner Reflector)

การออกแบบตัวสะท้อนแบบมุม (Corner Reflector) นั้นจะสามารถกำหนดลักษณะของความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง ให้มีลักษณะที่แคบหรือกว้าง แม้แต่ยังสามารถเพิ่ม ,ลด อัตราขยายของสายอากาศได้ ซึ่งในการออกแบบนั้นจะมีระยะห่างระหว่างแผ่นกั้นกับสายอากาศอยู่ในช่วง $0.35\lambda \leq s \leq 0.65\lambda$ และกำหนดมุม $\alpha = 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 180^\circ$



รูปที่ 3.1 รูปแสดงตำแหน่งพิกัดของแผ่นกั้นเมื่อสายอากาศวางที่ตำแหน่ง $X=i, Y=i$
*เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots$

ตารางที่ 3.1 ขนาดและพิกัดของแผ่นกั้นที่ระยะ $S = 0.35\lambda$

ระยะห่างระหว่างแผ่นกั้นกับสายอากาศที่ระยะ $S = 0.35\lambda$					
พิกัด	มุม α (°)				
	30°	45°	60°	90°	180°
X_1	16.723	15.2165	12.6945	7.435	-17.948
Y_1	-9.29	-13.737	-17.692	-25.383	-35.897
X_2	-17.948	-17.948	-17.948	-17.948	-17.948
Y_2	0	0	0	0	0
X_3	16.723	15.2165	12.6945	7.435	-17.948
Y_3	9.29	13.737	17.692	25.383	35.897
X_4	15.946	14.068	11.945	5.315	-20.948
Y_4	12.187	16.508	20.29	27.50	-35.897
X_5	-20.845	-20.719	-20.546	-20.069	-20.948
Y_5	0	0	0	0	0
X_6	15.946	14.068	11.945	5.315	-20.948
Y_6	-12.187	-16.508	-20.29	-27.50	-35.897
Z_1	$-\lambda/2$	$-\lambda/2$	$-\lambda/2$	$-\lambda/2$	$-\lambda/2$
Z_2	$9\lambda/2$	$9\lambda/2$	$9\lambda/2$	$9\lambda/2$	$9\lambda/2$

*เมื่อ Z_1 ความสูงของแผ่นกั้นที่จุดต่ำสุด

Z_2 ความสูงของแผ่นกั้นที่จุดสูงสุด

ตารางที่ 3.2 ขนาดและพิกัดของแผ่นกั้นที่ระยะ $S = 0.45\lambda$

ระยะห่างระหว่างแผ่นกั้นกับสายอากาศที่ระยะ $S = 0.45\lambda$					
พิกัด	มุม α (°)				
	30°	45°	60°	90°	180°
X_1	21.5	19.564	16.893	9.59	-23.077
Y_1	-11.945	-17.662	-23.077	-32.635	-46.154
X_2	-23.077	-23.077	-23.077	-23.077	-23.077
Y_2	0	0	0	0	0
X_3	21.5	19.564	16.893	9.559	-23.077
Y_3	11.945	17.622	23.077	32.635	46.154
X_4	20.723	18.42	15.393	7.437	-26.077
Y_4	14.843	20.43	23.675	34.756	46.154
X_5	-25.974	-25.848	-25.675	-25.198	-26.077
Y_5	0	0	0	0	0
X_6	20.723	18.42	15.393	7.437	-26.077
Y_6	-14.843	-20.43	-23.675	-34.756	-46.154
Z_1	$-\lambda/2$	$-\lambda/2$	$-\lambda/2$	$-\lambda/2$	$-\lambda/2$
Z_2	$9\lambda/2$	$9\lambda/2$	$9\lambda/2$	$9\lambda/2$	$9\lambda/2$

*เมื่อ Z_1 ความสูงของแผ่นกั้นที่จุดต่ำสุด

Z_2 ความสูงของแผ่นกั้นที่จุดสูงสุด

ตารางที่ 3.3 ขนาดและพิกัดของแผ่นกั้นที่ระยะ $S = 0.55\lambda$

ระยะห่างระหว่างแผ่นกั้นกับสายอากาศที่ระยะ $S = 0.55\lambda$					
พิกัด	มุม α (°)				
	30°	45°	60°	90°	180°
X_1	26.282	23.911	20.647	11.682	-28.205
Y_1	-14.6	-21.587	-28.205	-39.89	-56.4102
X_2	-28.205	-28.205	-28.205	-28.205	-28.205
Y_2	0	0	0	0	0
X_3	26.282	23.911	20.647	11.682	-28.205
Y_3	14.6	21.587	28.205	39.89	56.4102
X_4	25.51	22.763	19.147	9.56	-30.205
Y_4	17.497	24.356	30.803	42.01	56.4102
X_5	-31.102	-20.97	-30.80	-30.326	-30.205
Y_5	0	0	0	0	0
X_6	25.51	22.763	19.147	9.56	-30.205
Y_6	-17.497	-24.356	-30.806	-42.01	-56.4102
Z_1	$-\lambda/2$	$-\lambda/2$	$-\lambda/2$	$-\lambda/2$	$-\lambda/2$
Z_2	$9\lambda/2$	$9\lambda/2$	$9\lambda/2$	$9\lambda/2$	$9\lambda/2$

*เมื่อ Z_1 ความสูงของแผ่นกั้นที่จุดต่ำสุด

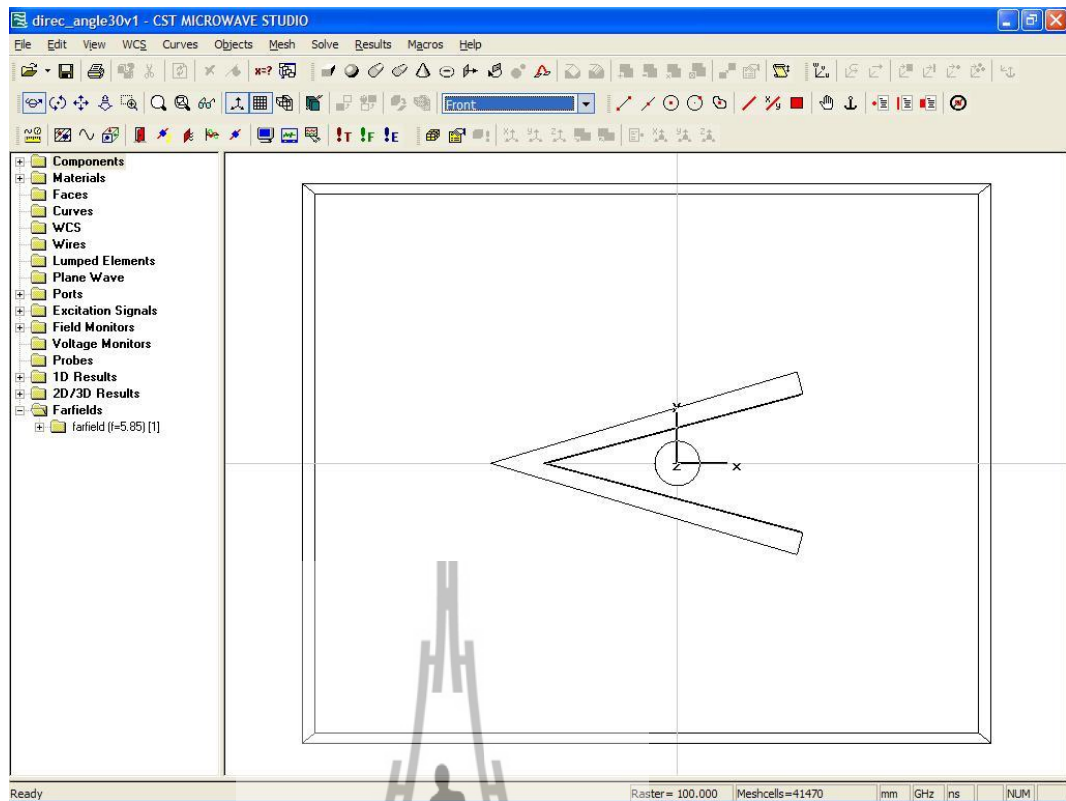
Z_2 ความสูงของแผ่นกั้นที่จุดสูงสุด

ตารางที่ 3.4 ขนาดและพิกัดของแผ่นกั้นที่ระยะ $S = 0.65\lambda$

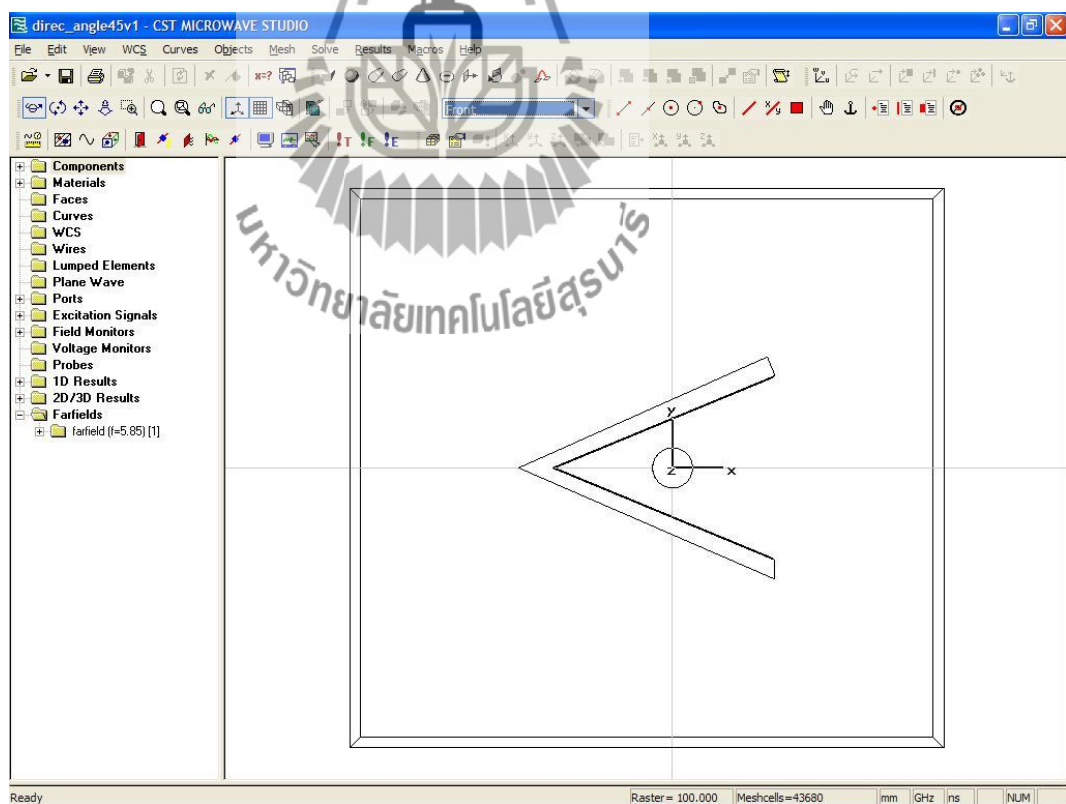
ระยะห่างระหว่างแผ่นกั้นกับสายอากาศที่ระยะ $S = 0.65\lambda$					
พิกัด	มุม α (°)				
	30°	45°	60°	90°	180°
X_1	31.05	28.25	24.39	13.81	-33.33
Y_1	-17.25	-25.5	-33.33	-47.135	-66.66
X_2	-33.33	-33.33	-33.33	-33.33	-33.33
Y_2	0	0	0	0	0
X_3	31.05	28.25	24.39	13.81	33.33
Y_3	17.25	25.5	33.33	47.135	66.66
X_4	30.273	27.1	22.89	11.68	-36.33
Y_4	20.147	28.27	35.93	49.25	66.66
X_5	-36.23	-36.1	-35.92	-35.45	-36.33
Y_5	0	0	0	0	0
X_6	30.273	27.1	22.89	11.68	-36.33
Y_6	-20.147	-28.27	-35.93	-49.25	-66.66
Z_1	$-\lambda/2$	$-\lambda/2$	$-\lambda/2$	$-\lambda/2$	$-\lambda/2$
Z_2	$9\lambda/2$	$9\lambda/2$	$9\lambda/2$	$9\lambda/2$	$9\lambda/2$

*เมื่อ Z_1 ความสูงของแผ่นกั้นที่จุดต่ำสุด

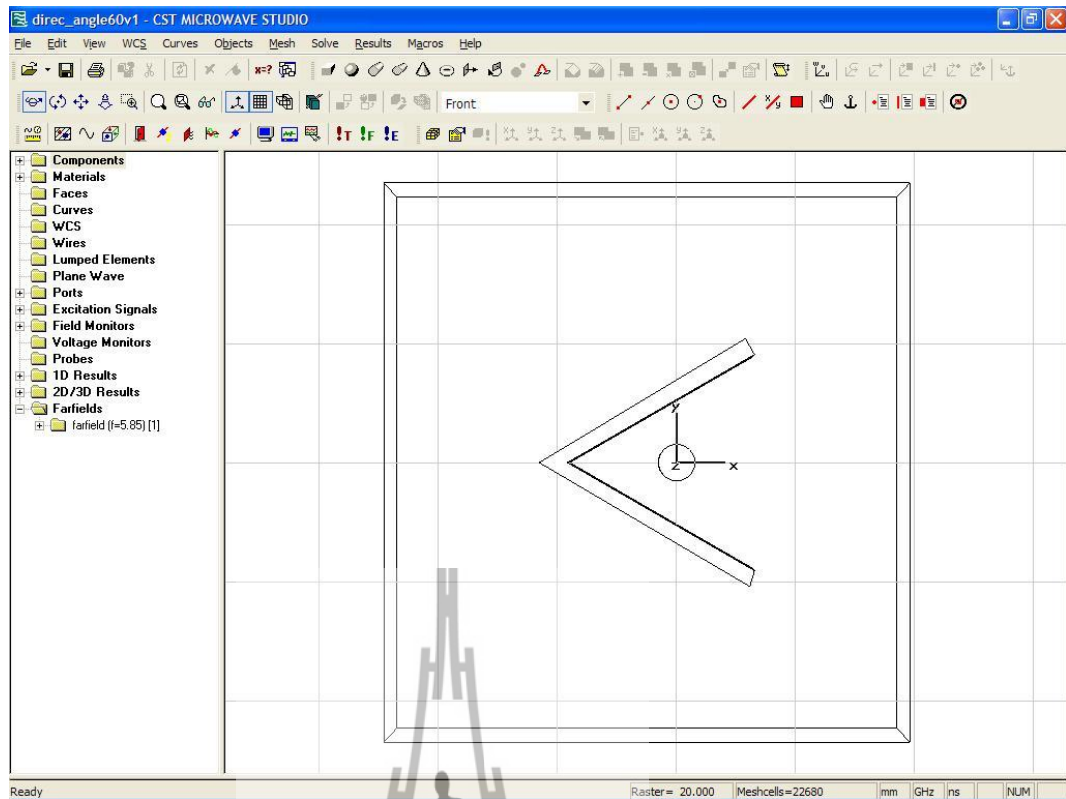
Z_2 ความสูงของแผ่นกั้นที่จุดสูงสุด



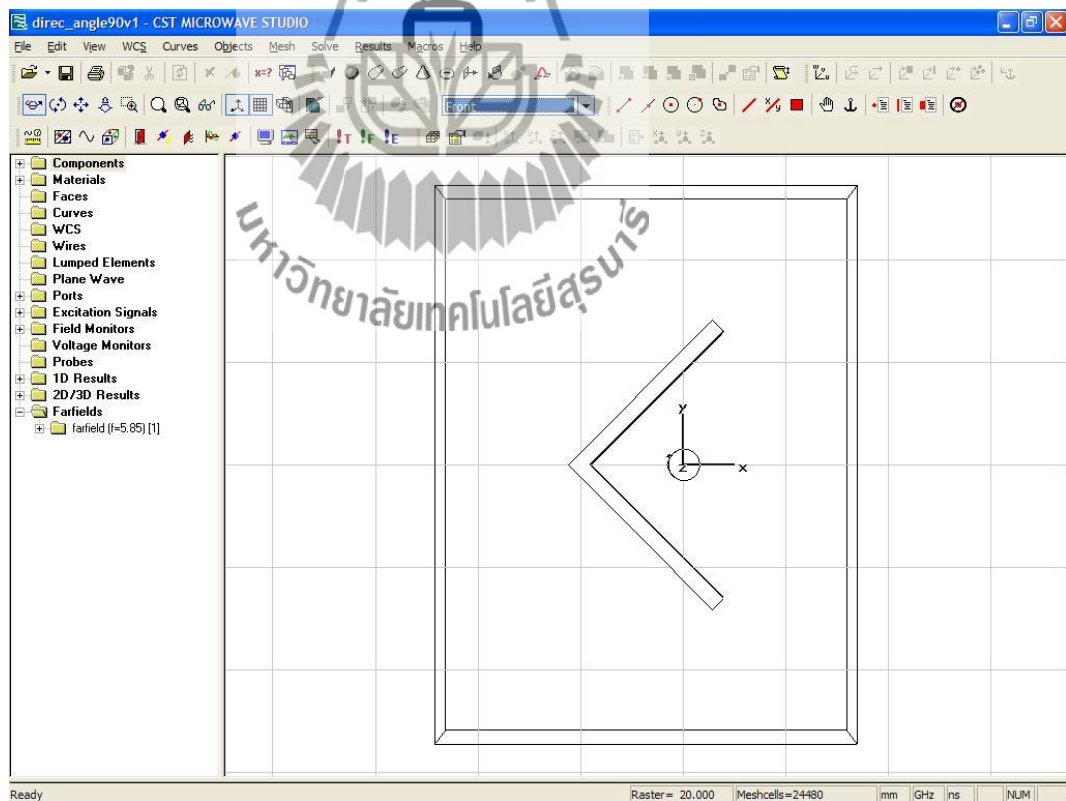
รูปที่ 3.2 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.35\lambda$ และมุม $\alpha = 30^\circ$



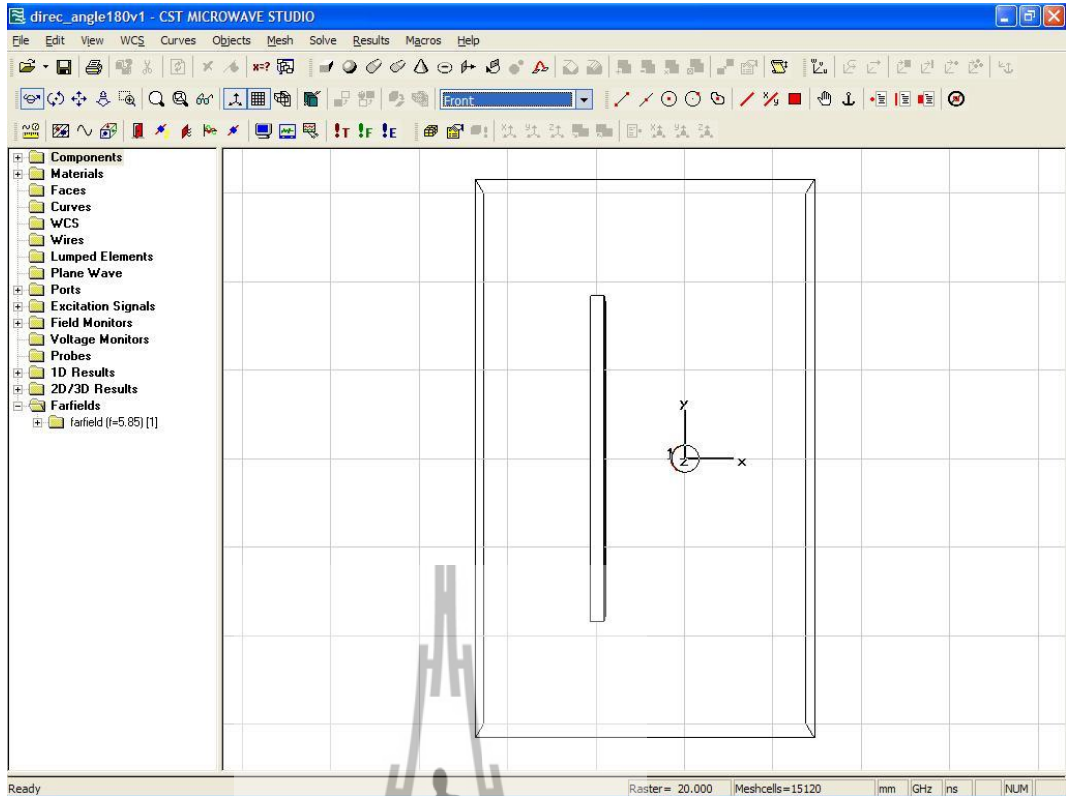
รูปที่ 3.3 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.35\lambda$ และมุม $\alpha = 45^\circ$



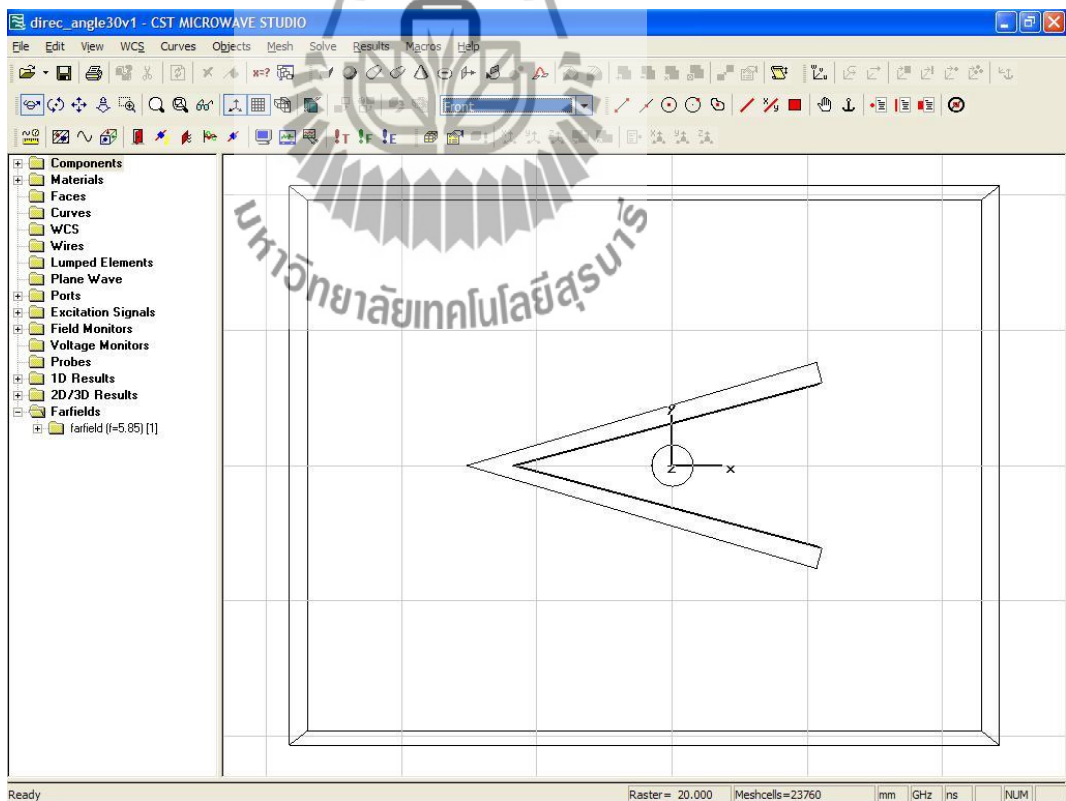
รูปที่ 3.4 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.35\lambda$ และมุม $\alpha = 60^\circ$



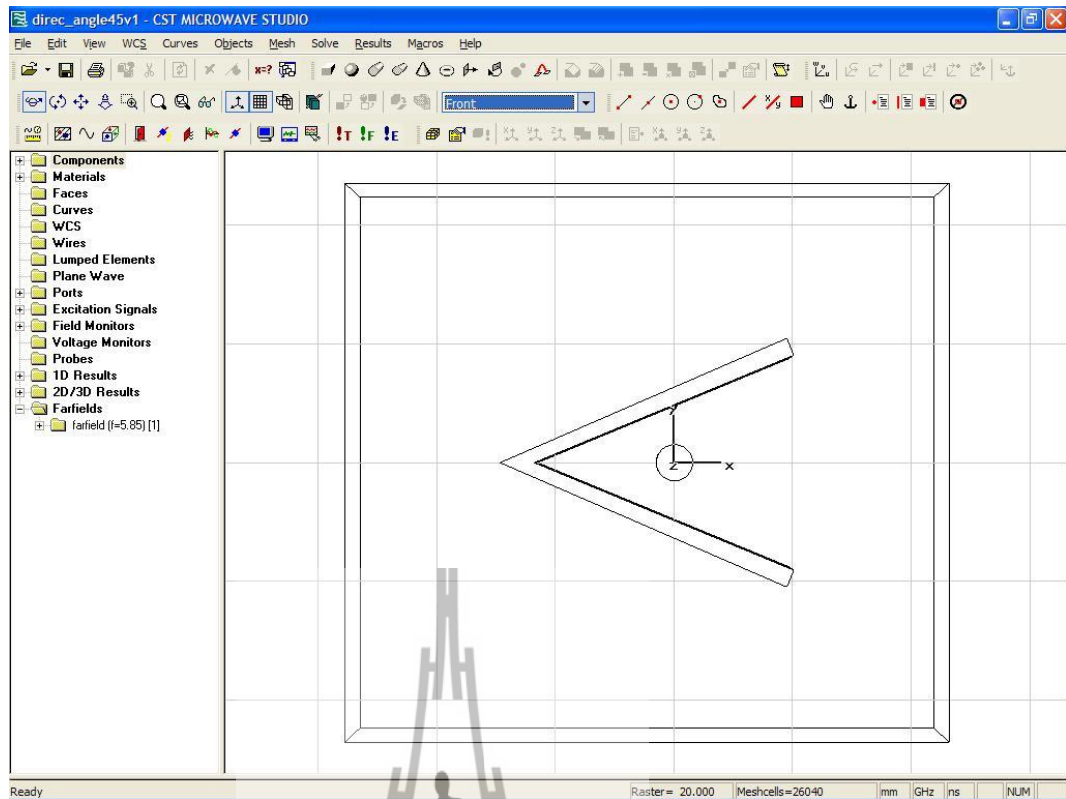
รูปที่ 3.5 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.35\lambda$ และมุม $\alpha = 90^\circ$



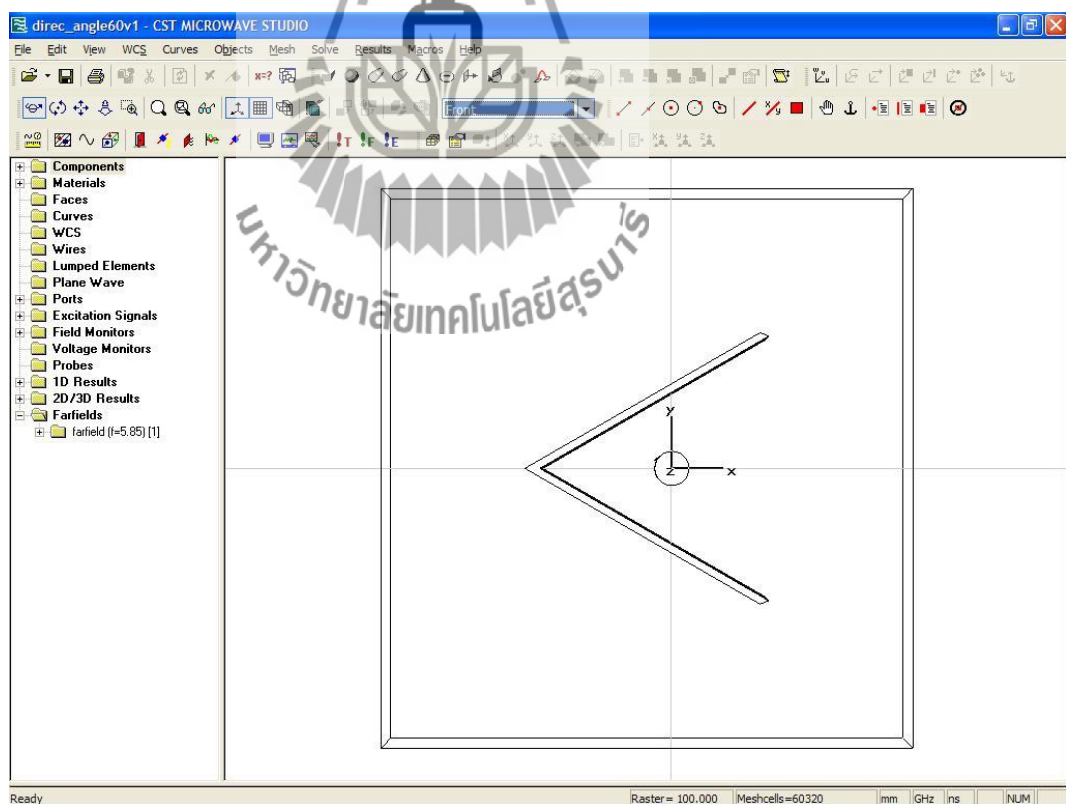
รูปที่ 3.6 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.35\lambda$ และมุม $\alpha = 180^\circ$



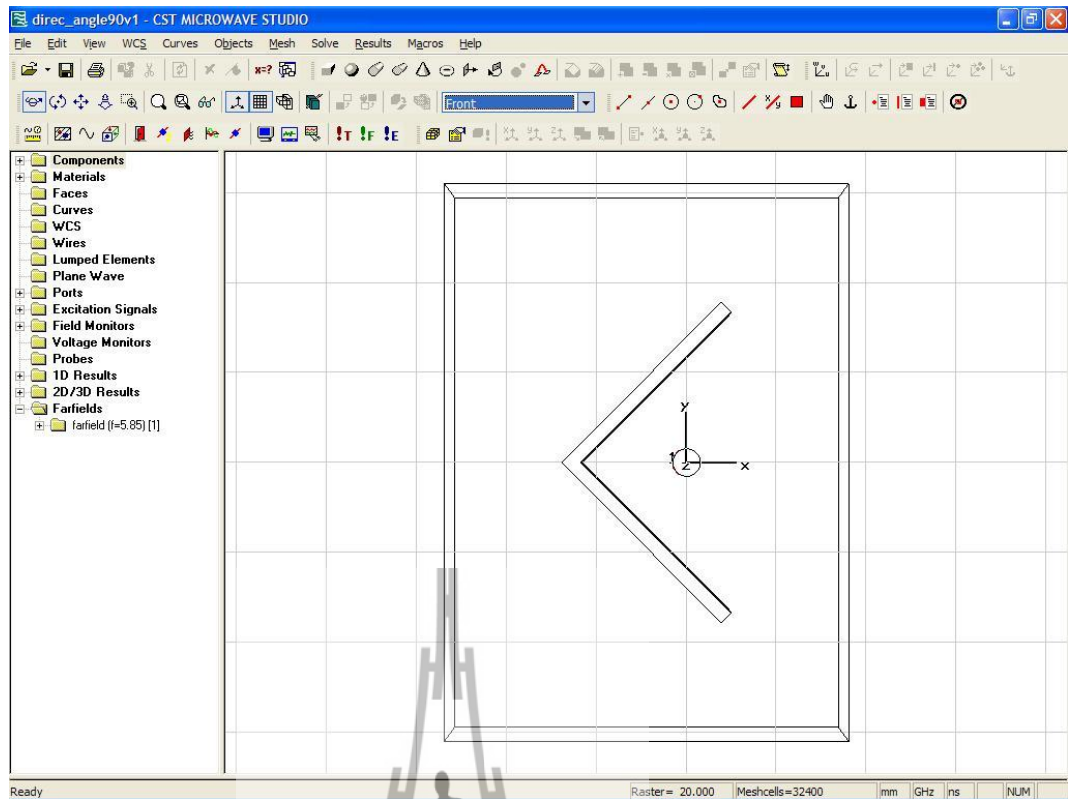
รูปที่ 3.7 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.45\lambda$ และมุม $\alpha = 30^\circ$



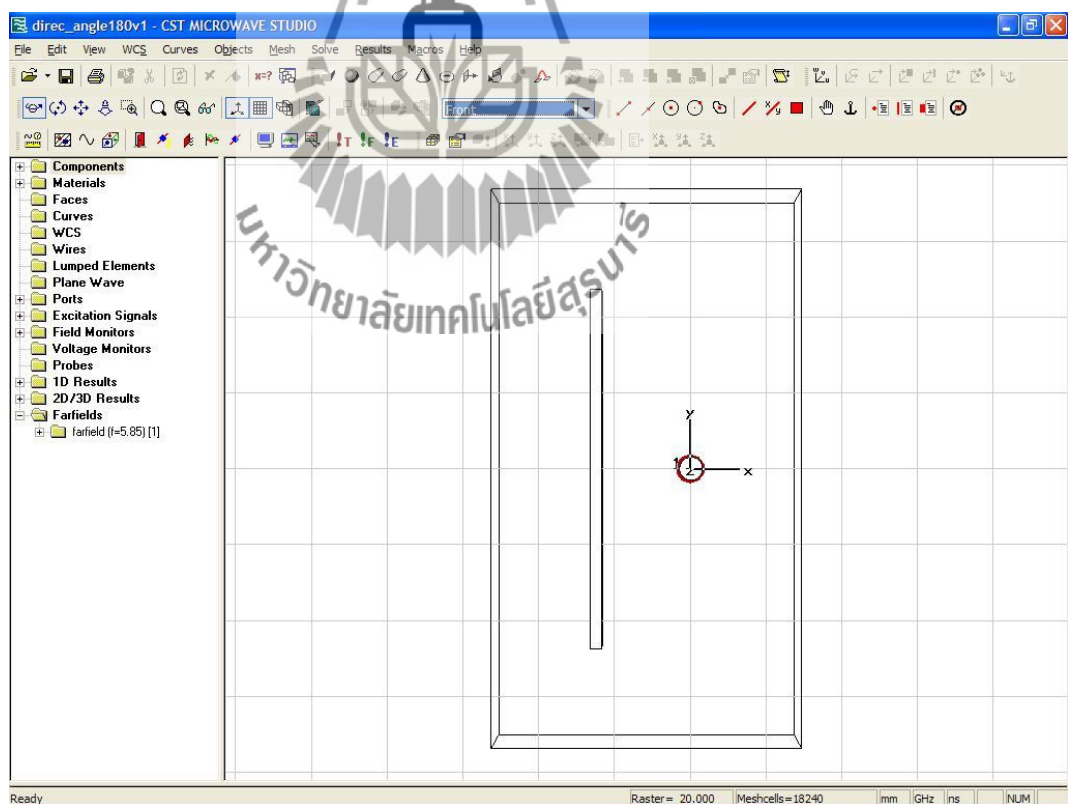
รูปที่ 3.8 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.45\lambda$ และมุม $\alpha = 45^\circ$



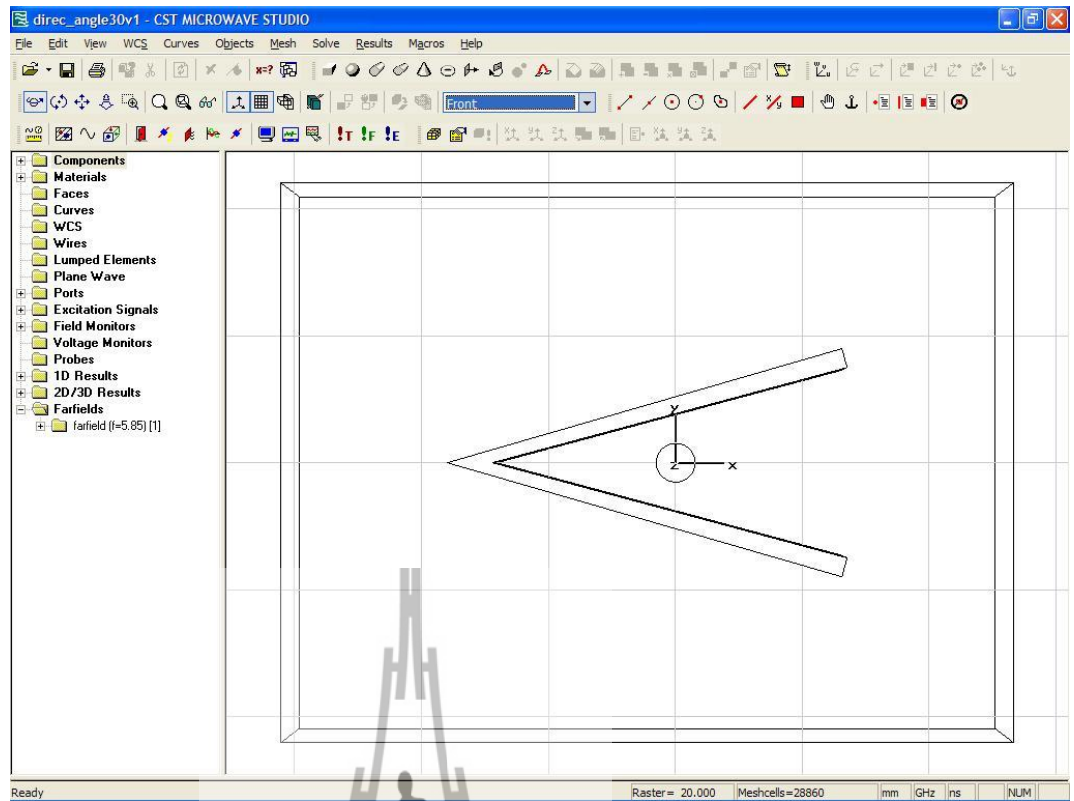
รูปที่ 3.9 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.45\lambda$ และมุม $\alpha = 60^\circ$



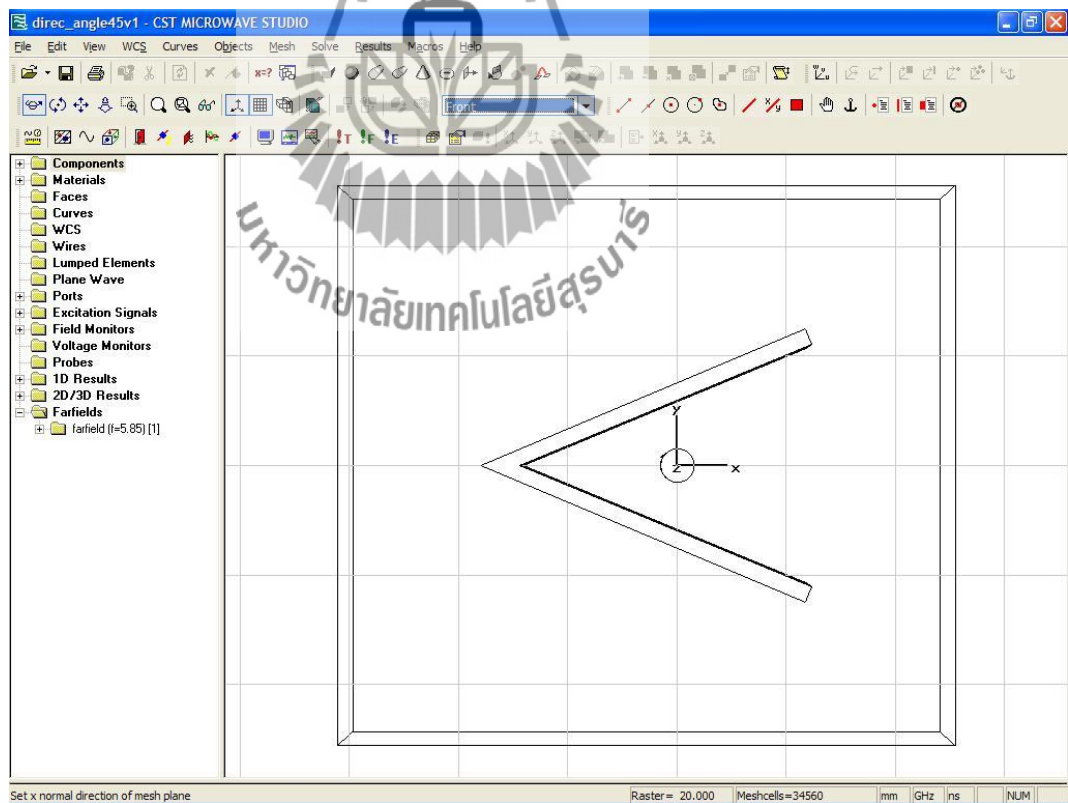
รูปที่ 3.10 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.45\lambda$ และมุม $\alpha = 90^\circ$



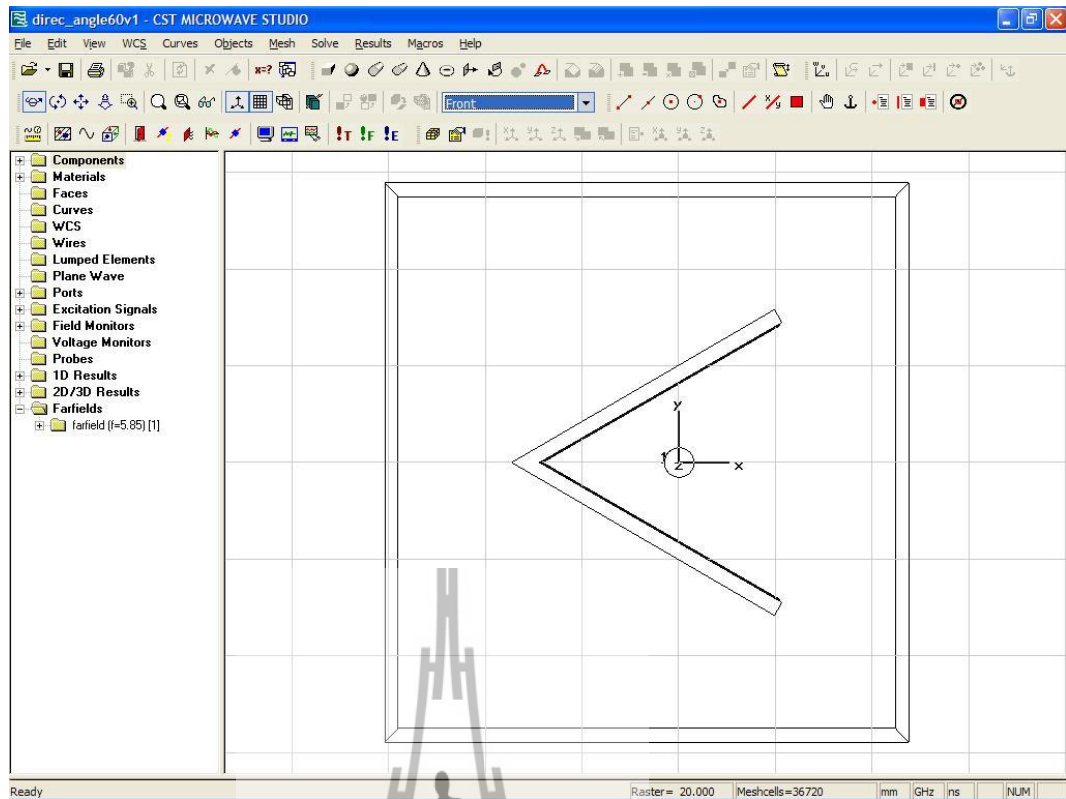
รูปที่ 3.11 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.45\lambda$ และมุม $\alpha = 180^\circ$



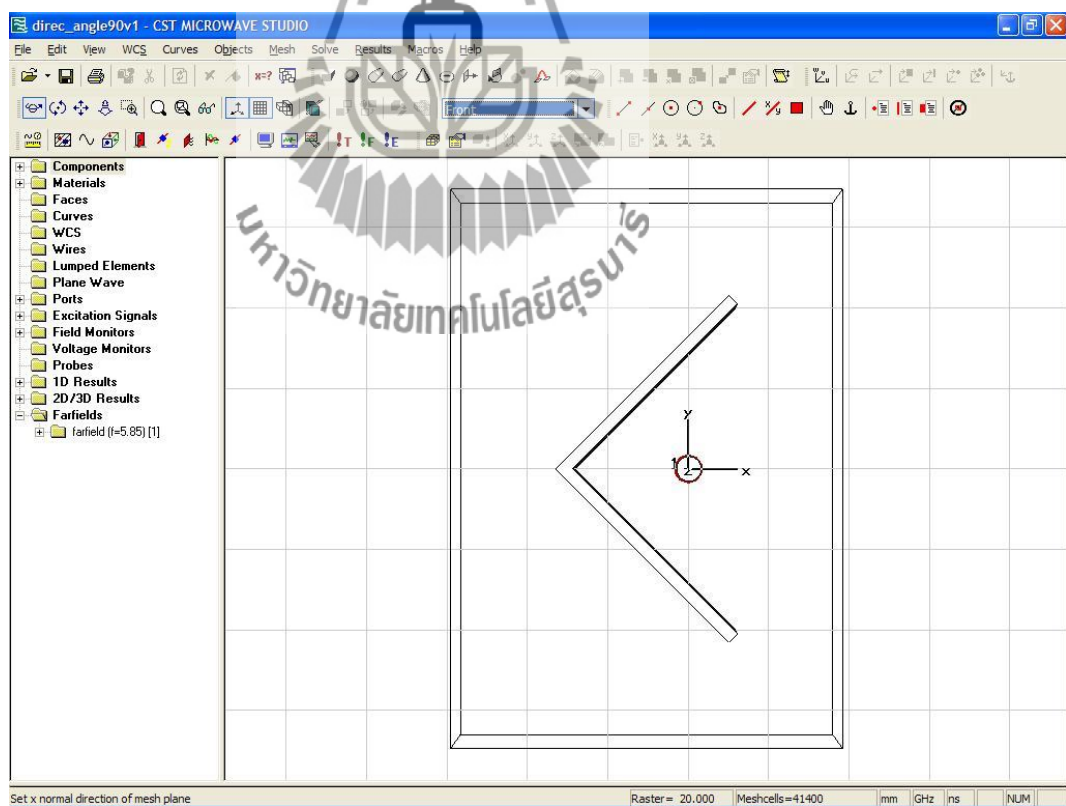
รูปที่ 3.12 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.55\lambda$ และมุม $\alpha = 30^\circ$



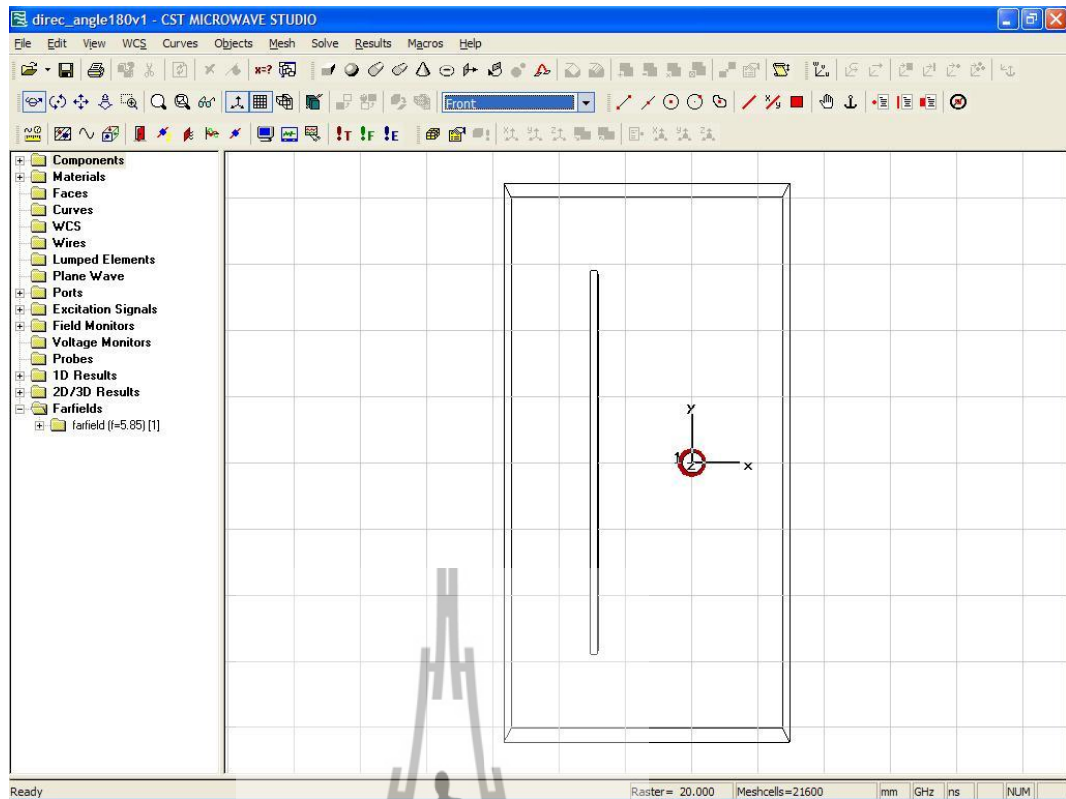
รูปที่ 3.13 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.55\lambda$ และมุม $\alpha = 45^\circ$



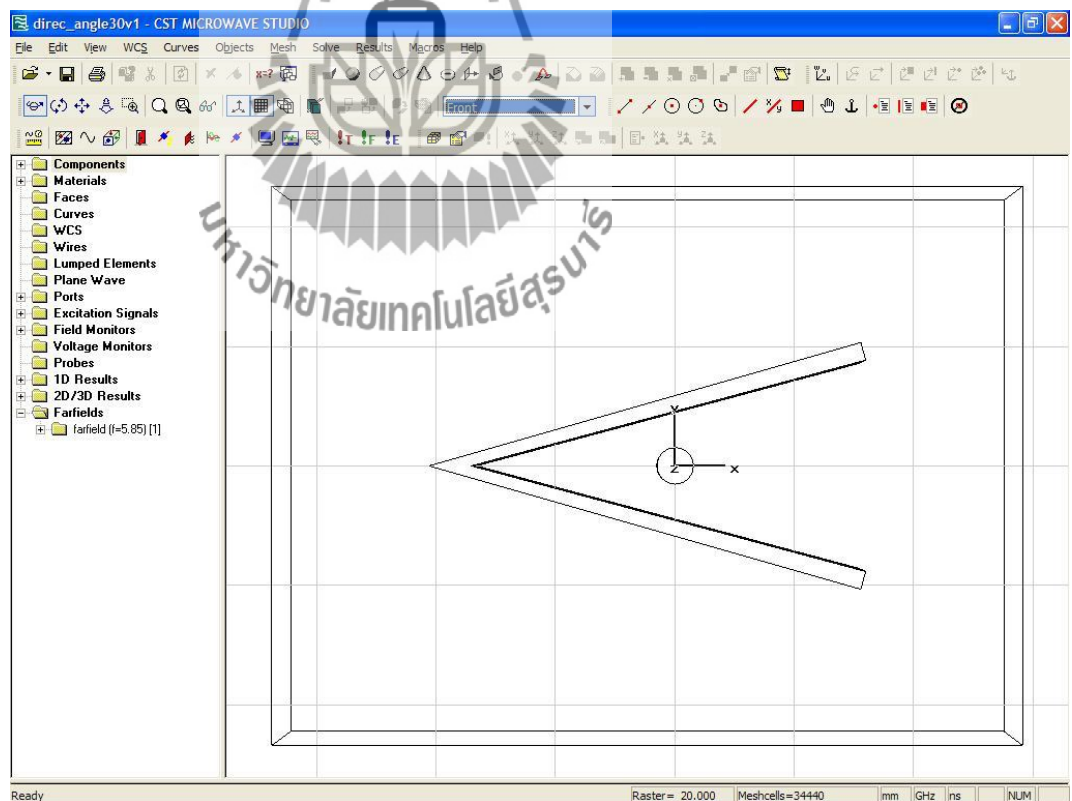
รูปที่ 3.14 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.55\lambda$ และมุม $\alpha = 60^\circ$



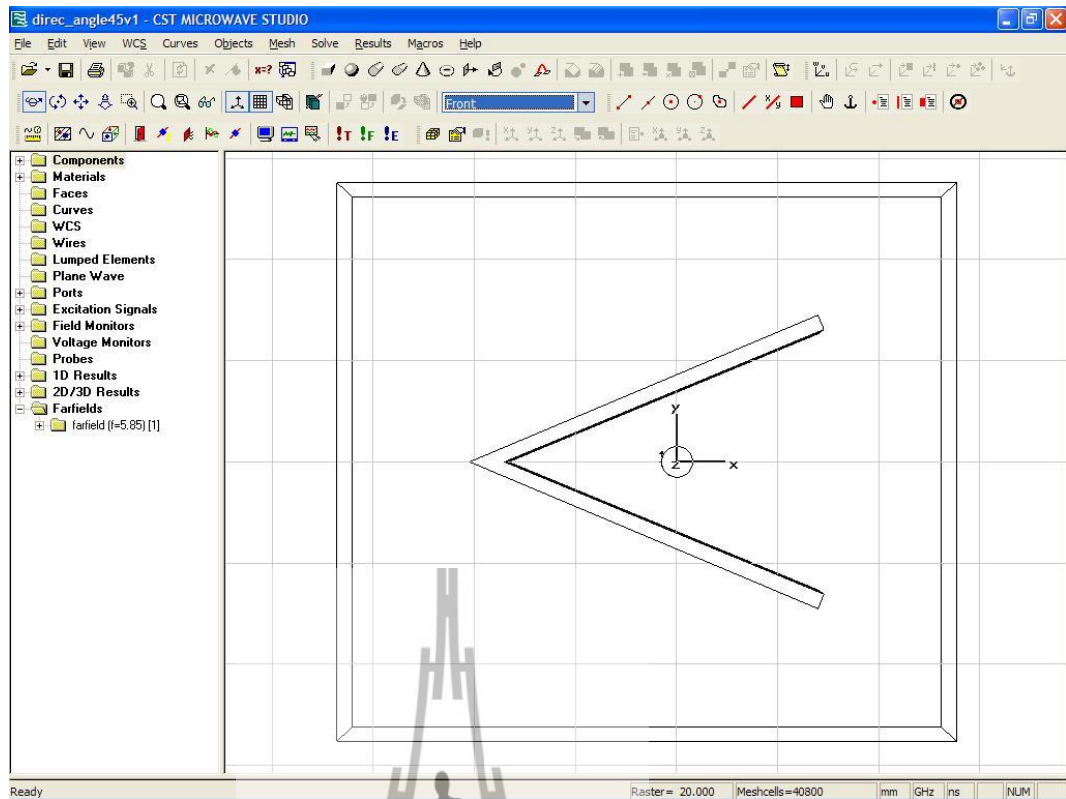
รูปที่ 3.15 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.55\lambda$ และมุม $\alpha = 90^\circ$



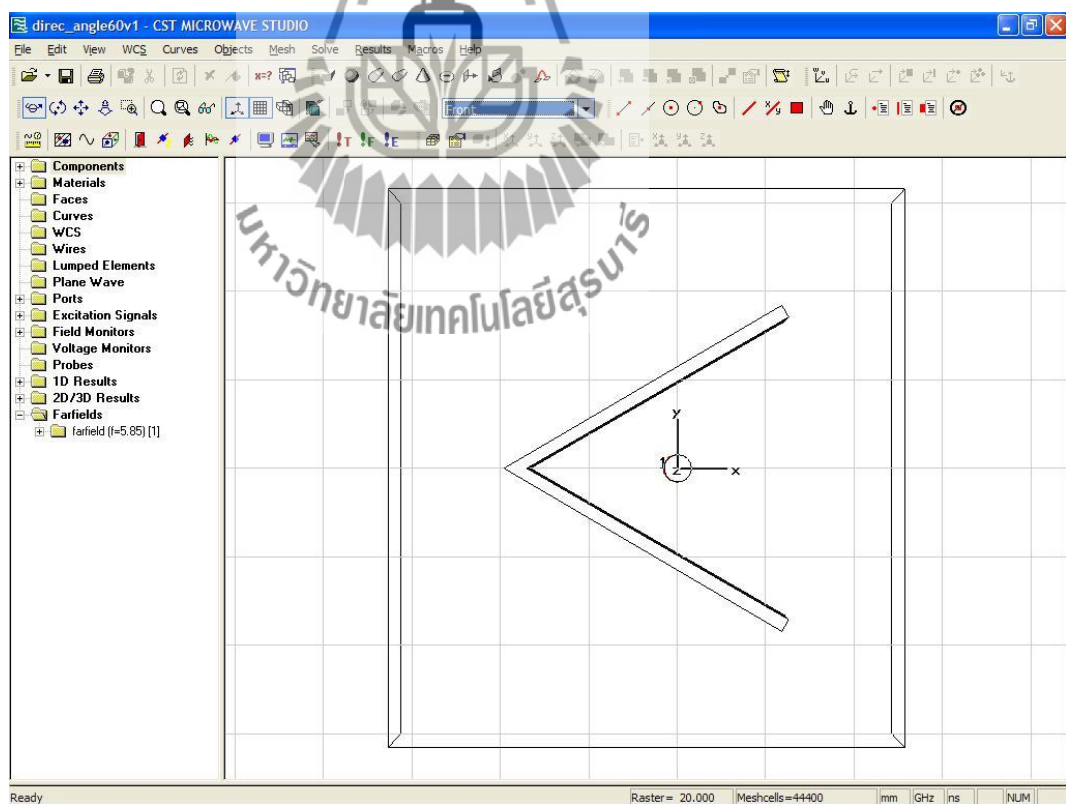
รูปที่ 3.16 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.55\lambda$ และมุม $\alpha = 180^\circ$



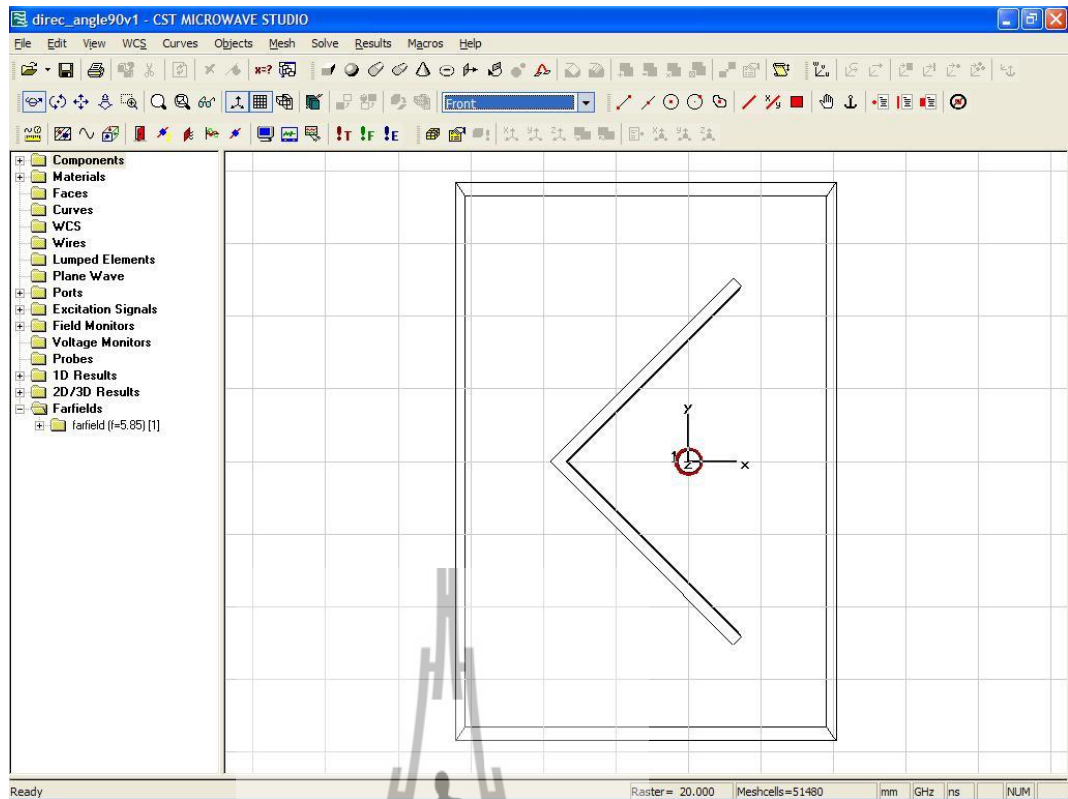
รูปที่ 3.17 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.65\lambda$ และมุม $\alpha = 30^\circ$



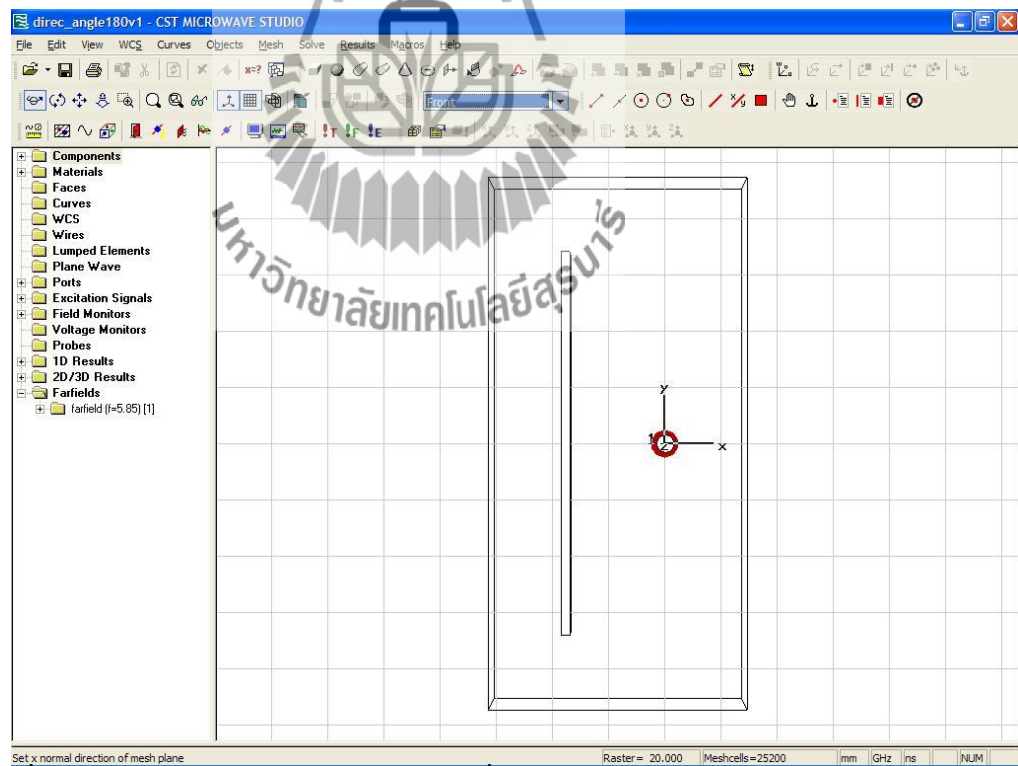
รูปที่ 3.18 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.65\lambda$ และมุม $\alpha = 45^\circ$



รูปที่ 3.19 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.65\lambda$ และมุม $\alpha = 60^\circ$



รูปที่ 3.20 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.65\lambda$ และมุม $\alpha = 90^\circ$

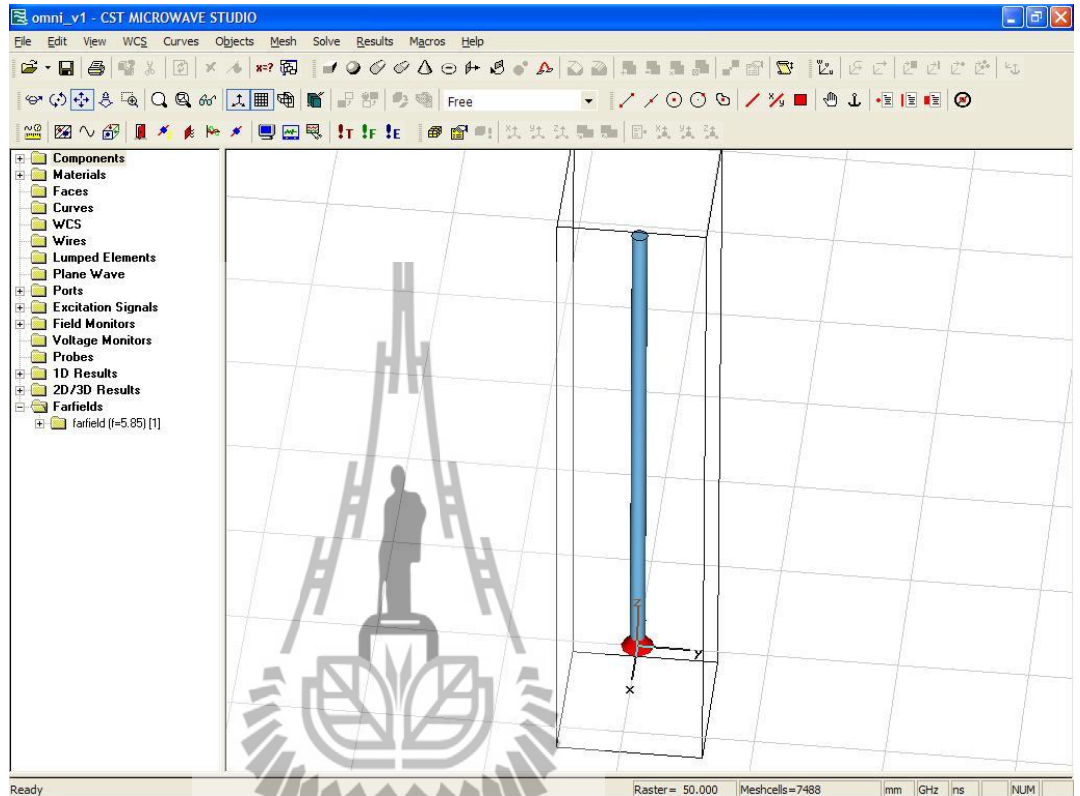


รูปที่ 3.21 การออกแบบ ตัวสะท้อนแบบมุม ที่ ระยะ $s = 0.65\lambda$ และมุม $\alpha = 180^\circ$

3.3 แบบรูปการแผ่พลังงานโดยใช้โปรแกรม CST

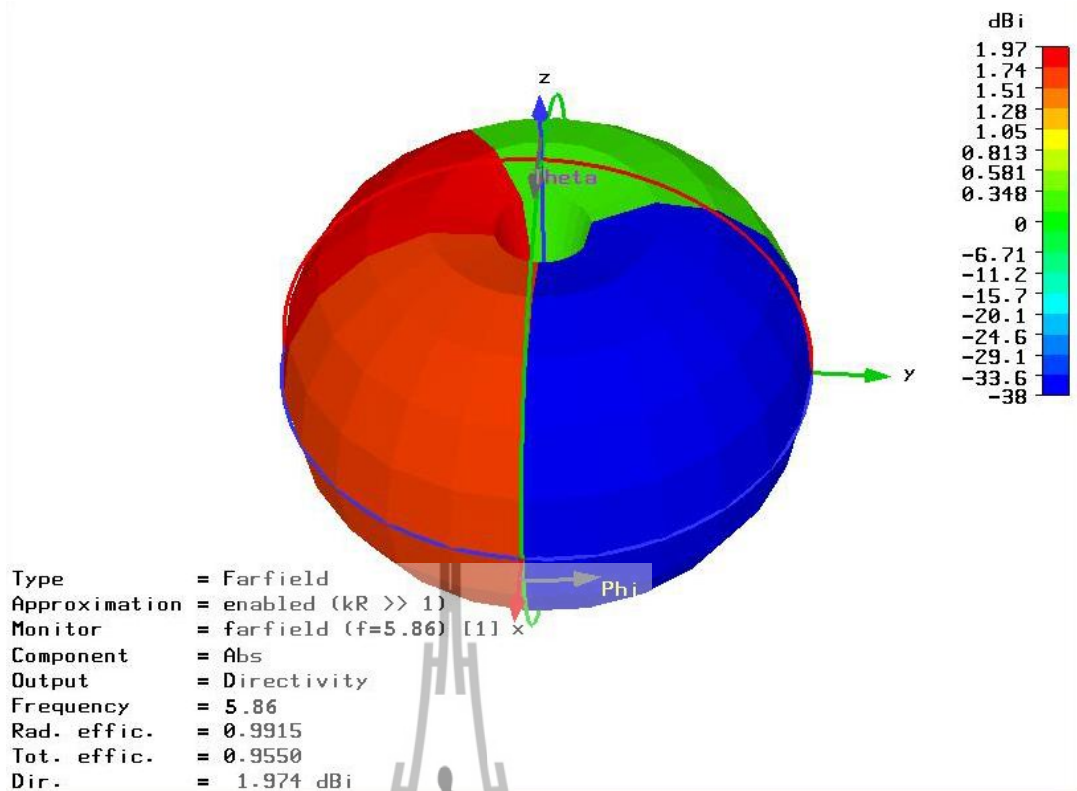
3.3.1 การออกแบบสายอากาศเบื้องต้น

ในเบื้องต้นต้องสร้างสายอากาศแบบจำลองเพื่อใช้เป็นข้อมูลที่ทำสายอากาศโมโนโพลทำงานที่ความถี่ 5.86 GHz

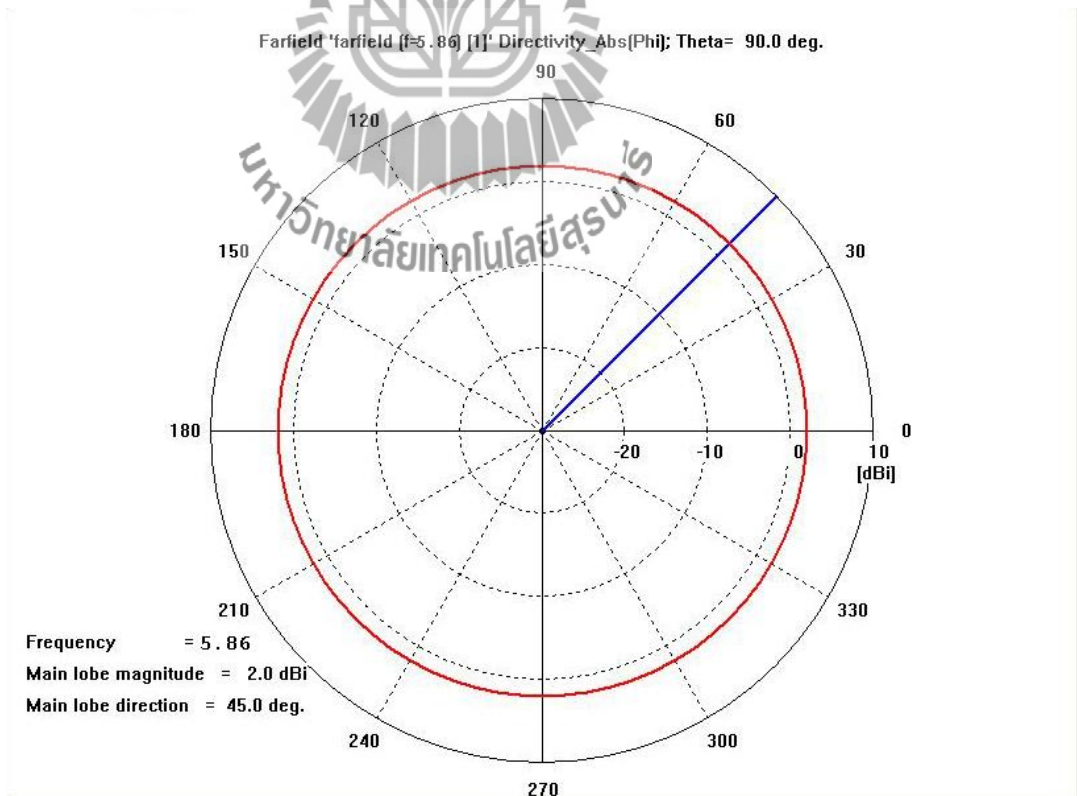


รูปที่ 3.22 แบบจำลองสายอากาศโมโนโพลทำงานที่ความถี่ 5.86 GHz

จากรูปที่ 3.22 คือแบบจำลองสายอากาศโมโนโพล ที่สามารถทำงานได้ที่ความถี่ 5.86 GHz สำหรับช่องสัญญาณ CH172 เพื่อใช้ในการสื่อสารในระบบขนส่งอัจฉริยะ ซึ่งความสูงของสายอากาศเท่ากับ 4λ



รูปที่ 3.23 แบบจำลองสายอากาศโมโนโพล ทำงานที่ความถี่ 5.86 GHz สำหรับช่องสัญญาณCH172 โดยที่แสดงแบบรูปการแผ่พลังงาน และมีอัตราขยายเท่ากับ 1.974 dBi



รูปที่ 3.24 แบบรูปการแผ่พลังงาน ที่มีลักษณะเป็น Omnidirectional

3.3.2 ผลการจำลองในลักษณะต่างๆ

ผลจากการจำลองแบบรูปการแผ่พลังงาน ณ ระยะที่กับมุม แตกต่างกันไปซึ่งได้นำมาเปรียบเทียบเป็นกราฟดังต่อไปนี้

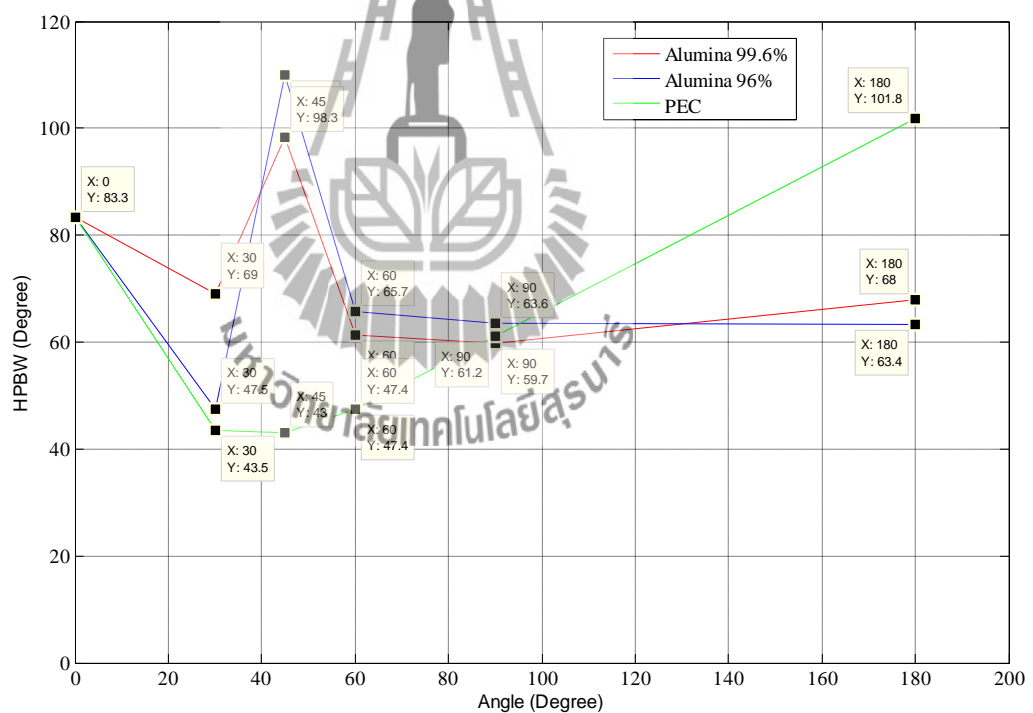
ตารางที่ 3.5 ตารางเปรียบเทียบเมื่อมุม (α) เปลี่ยนไปที่ระยะ $s = 0.35\lambda$

ชนิดของวัสดุ	α (๒)					
	0	30	45	60	90	180
Alumina 99.6%	83.3	69	98.3	61.4	59.7	68
Alumina 96%	83.3	47.5	110	65.7	63.6	63.4
PEC	83.3	43.5	43	47.4	61.2	101.8

Alumina 99.6% $\varepsilon = 9.9$

Alumina 96% $\varepsilon = 9.4$

PEC = Perfect Electrical Conductor (ตัวนำสมบูรณ์)



รูปที่ 3.25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง ที่ระยะ $s = 0.35\lambda$

จากรูปที่ 3.25 จะเห็นได้ว่าที่มุม $\alpha = 45^\circ$ แผ่นกั้นแบบอะลูมิเนียมจะมีค่าความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังสูงกว่าแผ่นกั้นแบบตัวนำสมบูรณ์ แต่ที่ มุม $\alpha = 180^\circ$ แผ่นกั้นแบบอะลูมิเนียมจะมีค่าความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง ต่ำกว่าแผ่นกั้นแบบตัวนำสมบูรณ์ และที่ มุม $\alpha = 60, 90^\circ$ แผ่นกั้นแบบอะลูมิเนียมจะมีค่าความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังใกล้เคียงกับแผ่นกั้นแบบตัวนำสมบูรณ์

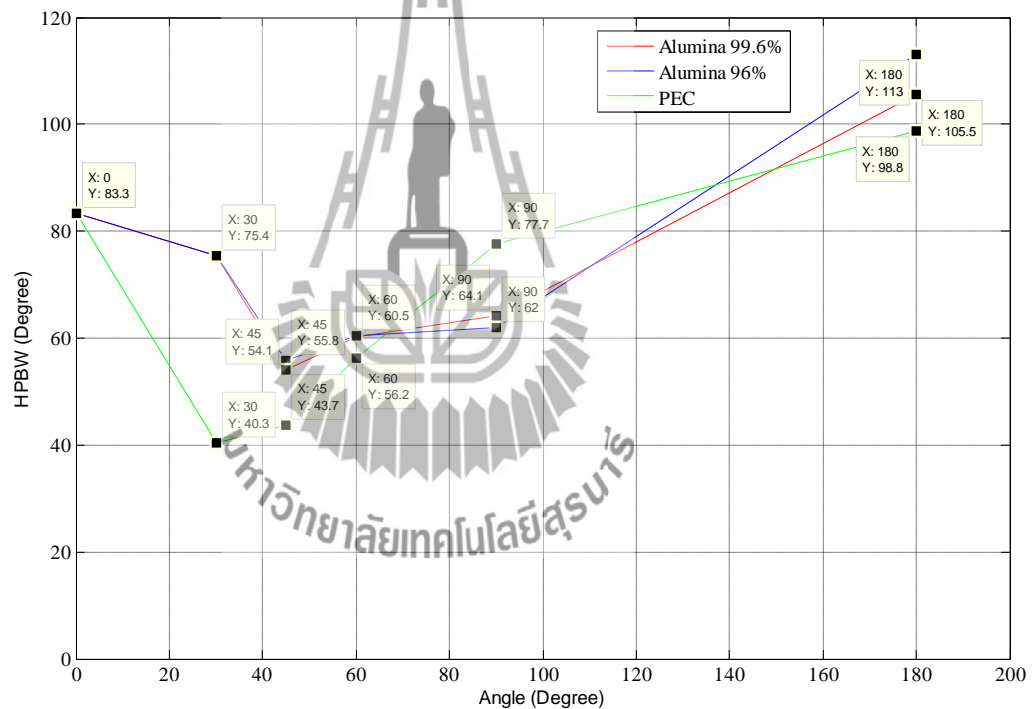
ตารางที่ 3.6 ตารางเปรียบเทียบเมื่อมุม (α) เปลี่ยนไปที่ระยะ $s = 0.45\lambda$

ชนิดของวัสดุ	α (องศา)					
	0	30	45	60	90	180
Alumina 99.6%	83.3	75.4	54.1	60.3	64.1	105.5
Alumina 96%	83.3	75.4	55.8	60.5	62	113
PEC	83.3	40.3	43.7	56.2	77.7	98.8

Alumina 99.6% $\varepsilon = 9.9$

Alumina 96% $\varepsilon = 9.4$

PEC = Perfect Electrical Conductor (ตัวนำสมบูรณ์)



รูปที่ 3.26 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง ที่ระยะ $s = 0.45\lambda$

จากรูปที่ 3.26 จะเห็นได้ว่าที่มุม $\alpha = 30^\circ$ แผ่นกั้นแบบอะลูมิเนียมจะมีค่าความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังสูงกว่าแผ่นกั้นแบบตัวนำสมบูรณ์ แต่ที่ มุม $\alpha = 60, 180^\circ$ แผ่นกั้นแบบอะลูมิเนียมจะมีค่าความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังใกล้เคียงกับแผ่นกั้นแบบตัวนำสมบูรณ์

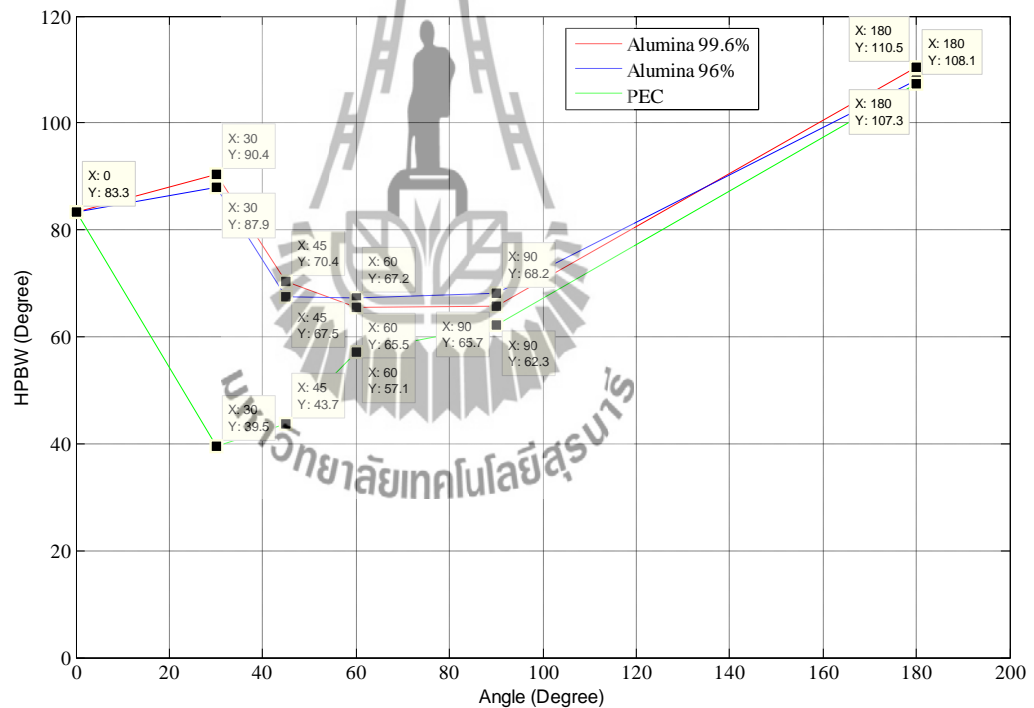
ตารางที่ 3.6 ตารางเปรียบเทียบเมื่อมุม(α) เปลี่ยนไปที่ระยะ $s = 0.55\lambda$

ชนิดของวัสดุ	α (องศา)					
	0	30	45	60	90	180
Alumina 99.6%	83.3	90.4	70.4	65.5	65.7	110.5
Alumina 96%	83.3	87.9	67.5	67.2	68.2	108.1
PEC	83.3	39.5	43.7	57.1	62.3	107.3

Alumina 99.6% $\varepsilon = 9.9$

Alumina 96% $\varepsilon = 9.4$

PEC = Perfect Electrical Conductor (ตัวนำสมบูรณ์)



รูปที่ 3.27 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง ที่ระยะ $s = 0.55\lambda$

จากรูปที่ 3.27 จะเห็นได้ว่าที่มุม $\alpha = 30, 45^\circ$ แผ่นกั้นแบบอะลูมิเนียมจะมีค่า ความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง สูงกว่าแผ่นกั้นแบบตัวนำสมบูรณ์ แต่ที่ มุม $\alpha = 60, 90, 180^\circ$ แผ่นกั้นแบบอะลูมิเนียมจะมีค่าความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง ใกล้เคียงกับแผ่นกั้นแบบตัวนำสมบูรณ์

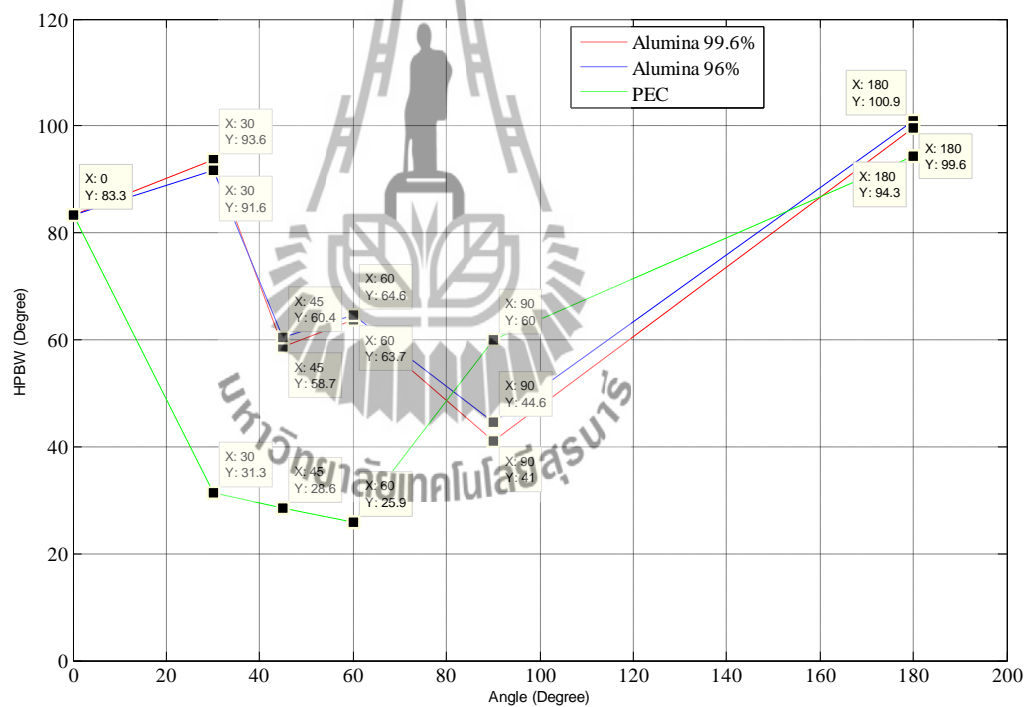
ตารางที่ 3.7 ตารางเปรียบเทียบเมื่อมุม(α) เปลี่ยนไปที่ระยะ $s = 0.65\lambda$

ชนิดของวัสดุ	α (องศา)					
	0	30	45	60	90	180
Alumina 99.6%	83.3	93.6	58.7	63.7	41	99.6
Alumina 96%	83.3	91.6	60.4	64.6	44.6	100.9
PEC	83.3	31.3	28.6	25.9	60	94.3

Alumina 99.6% $\varepsilon = 9.9$

Alumina 96% $\varepsilon = 9.4$

PEC = Perfect Electrical Conductor (ตัวนำสมบูรณ์)

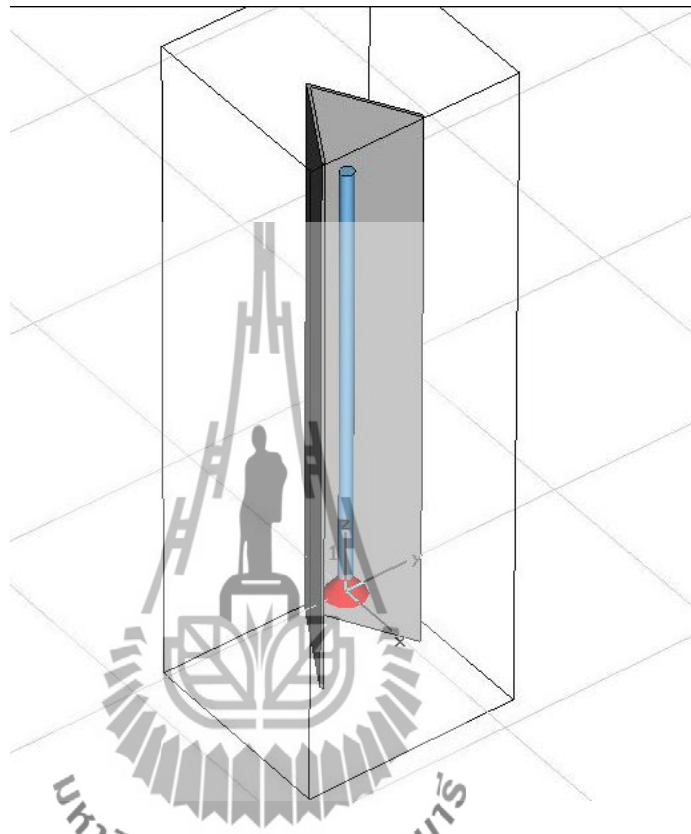


รูปที่ 3.28 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง ที่ระยะ $s = 0.65\lambda$

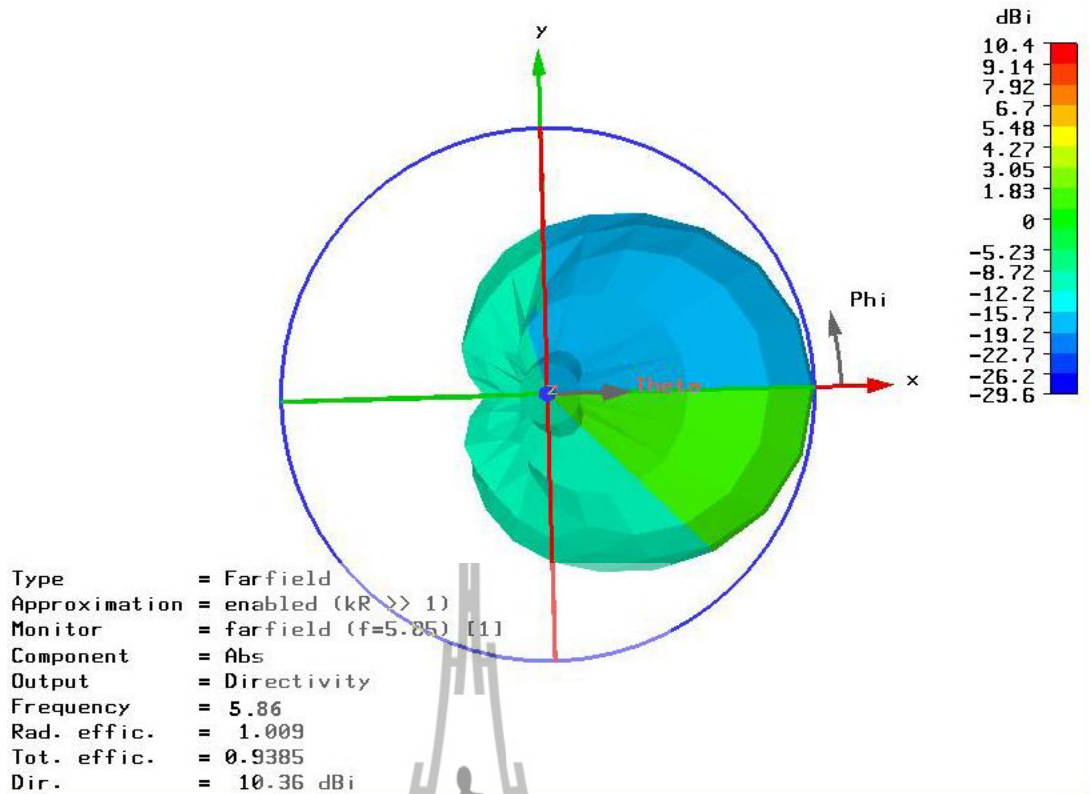
จากรูปที่ 3.28 จะเห็นได้ว่าที่มุม $\alpha = 30, 45, 60^\circ$ แผ่นกั้นแบบอะลูมิเนียมจะมีค่า ความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง สูงกว่าแผ่นกั้นแบบตัวนำสมบูรณ์ แต่ที่ มุม $\alpha = 90^\circ$ แผ่นกั้นแบบอะลูมิเนียมจะมีค่า ความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง ต่ำกว่าแผ่นกั้นแบบตัวนำสมบูรณ์ และที่ มุม $\alpha = 180^\circ$ แผ่นกั้นแบบอะลูมิเนียมจะมีค่า ความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง ใกล้เคียงกับแผ่นกั้นแบบตัวนำสมบูรณ์

3.3.3 แบบจำลองสายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง (Directional)

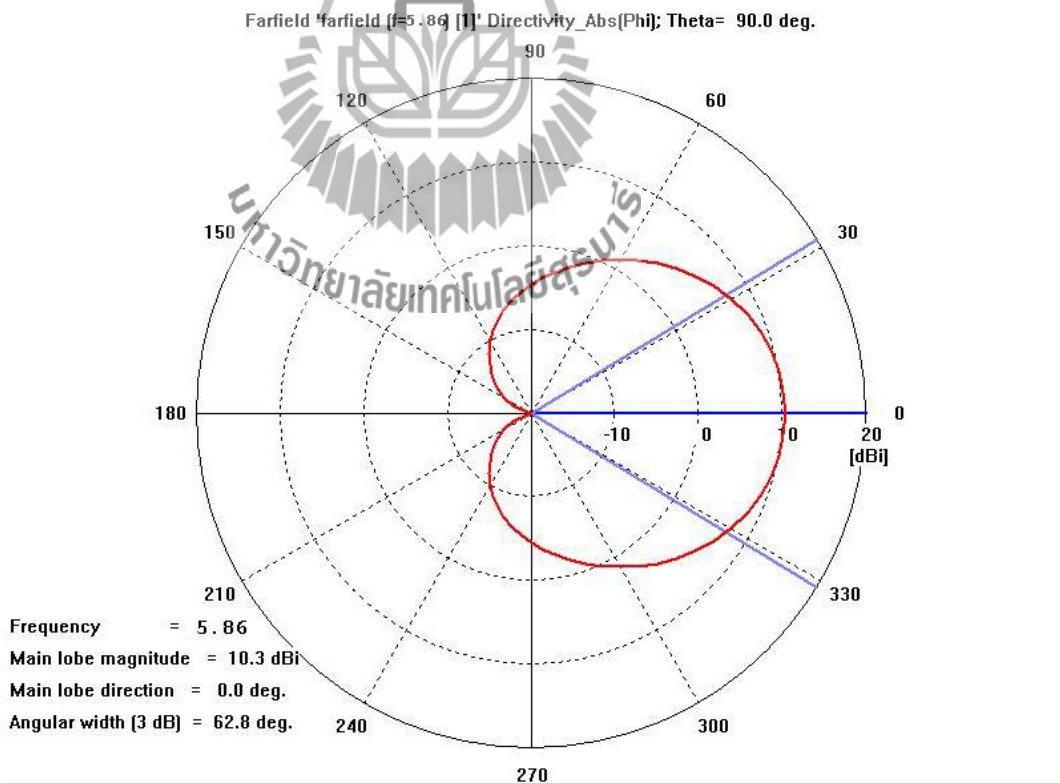
จากงานวิจัยที่ [1] ค่าความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมแบบในเมืองคือ 60.5° โดยดูจากกราฟตั้งข้อที่ 3.3.2 แล้วค่าที่เหมาะสมในการออกแบบ แบบจำลองคือที่ ระยะ $s = 0.45\lambda$ และมุม $\alpha = 60^\circ$ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ ค่าความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังที่ต้องการ



รูปที่ 3.9 แบบจำลองสายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง ที่มีค่าความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง 62.8° ที่ระยะ $s = 0.45\lambda$



รูปที่ 3.30 แบบรูปการแผ่พลังงาน ของแบบจำลองสายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง ที่มีอัตราขยายเท่ากับ 10.36 dBi

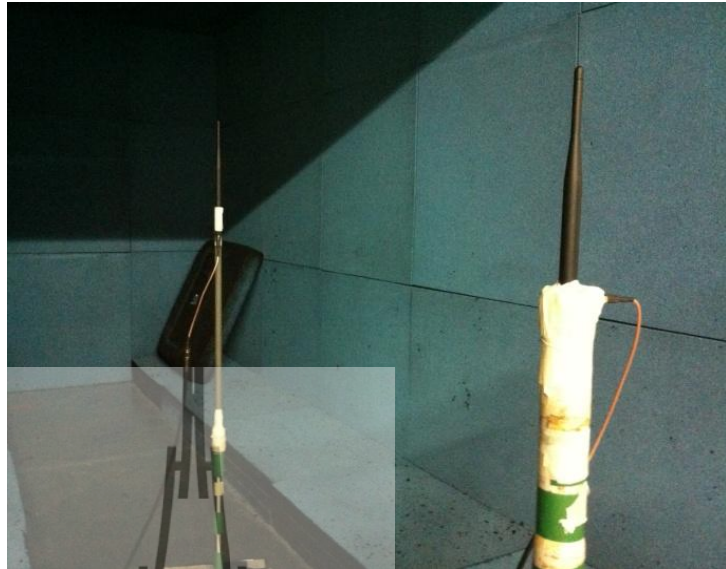


รูปที่ 3.31 แบบรูปการแผ่พลังงาน ของแบบจำลองสายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง ที่มีค่าความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง 62.8°

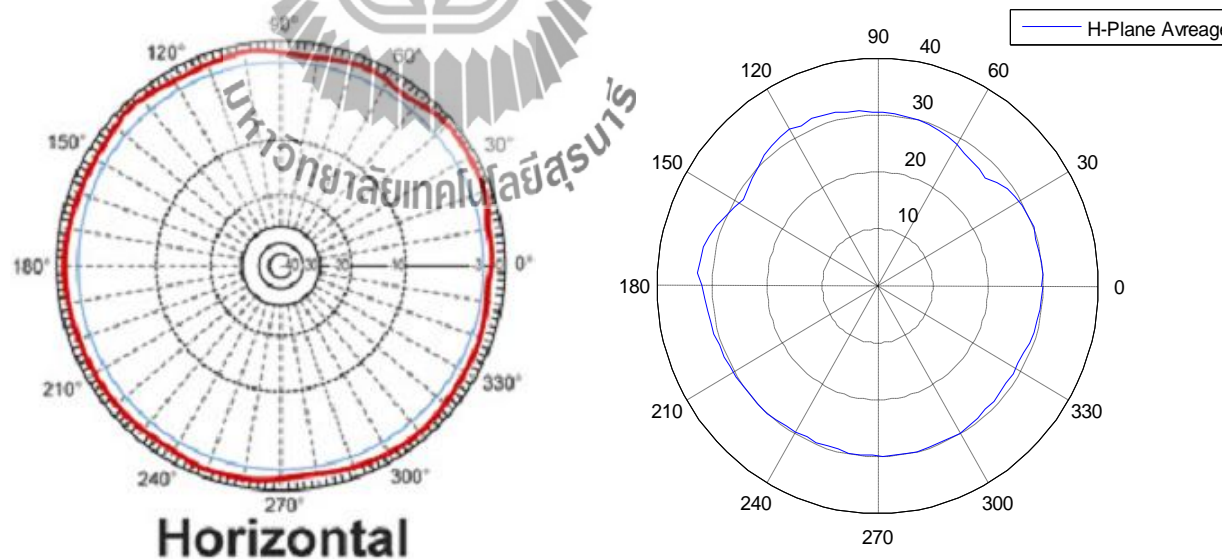
3.4 การสร้างสายอากาศต้นแบบ

3.4.1 สายอากาศแบบโมโนโพล

ทำการวัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศโมโนโพลทำงานที่ความถี่ 5.86GHz



รูปที่ 3.32 การวางตัวของสายอากาศแบบโมโนโพลเพื่อศึกษาวัดแบบรูปการแผ่พลังงาน
ในระนาบ H-Plane



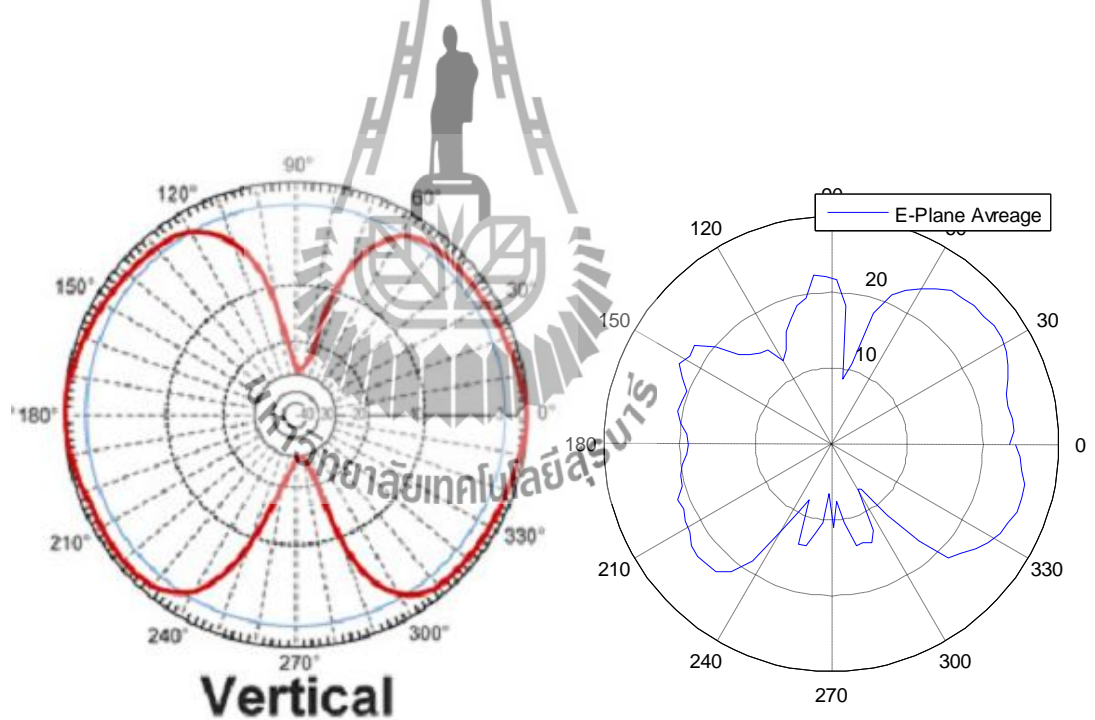
ก.

ข.

รูปที่ 3.33 ก.แบบรูปการแผ่พลังงาน ในระนาบ H-Plane ของสายอากาศแบบจำลอง
ข.แบบรูปการแผ่พลังงาน ในระนาบ H-Plane ของสายอากาศที่วัดจริง

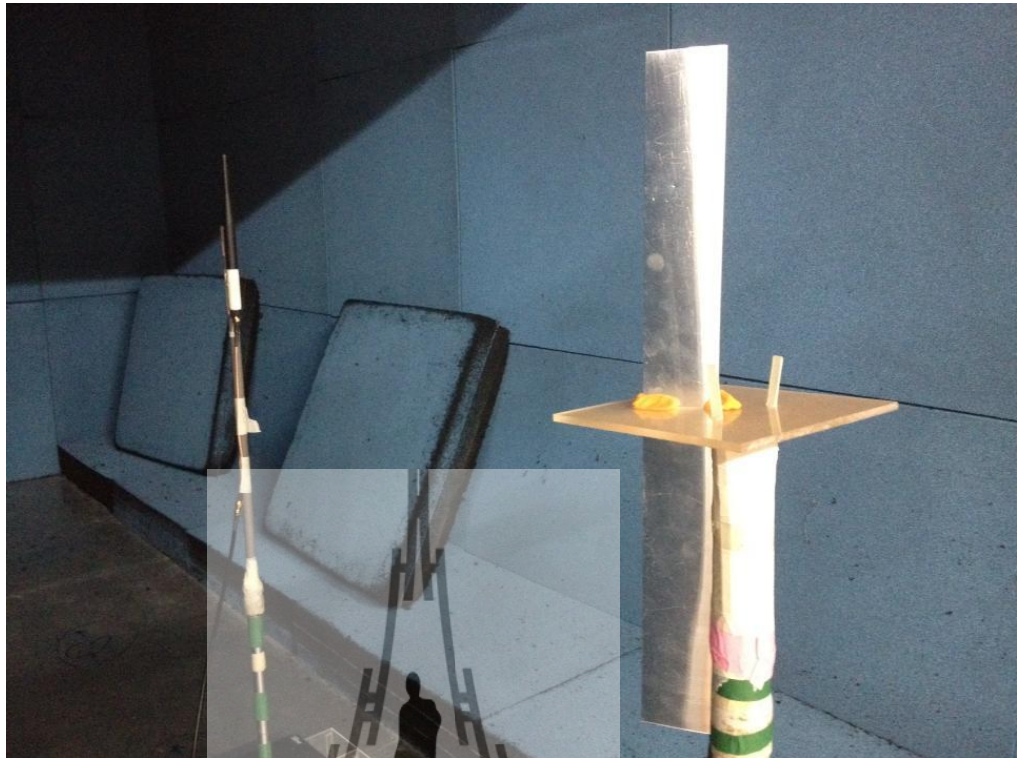


รูปที่ 3.34 การวางตัวของสายอากาศแบบโมโนโพลเพื่อศึกษาวัดแบบรูปการแผ่พลังงาน
ในระนาบ E - Plane



รูปที่ 3.35 ก.แบบรูปการแผ่พลังงาน ในระนาบ E - Plane ของสายอากาศแบบจำลอง
ข.แบบรูปการแผ่พลังงาน ในระนาบ E - Plane ของสายอากาศที่วัดจริง

3.4.2 สายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง

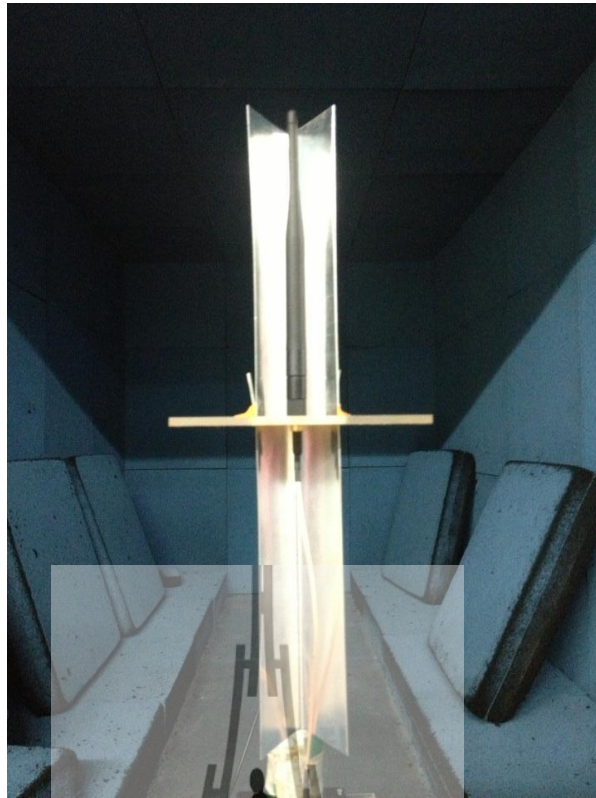


รูปที่ 3.36 การวางตัวของสายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง ขณะที่มีทิศทางของแบบรูปการแผ่พลังงาน

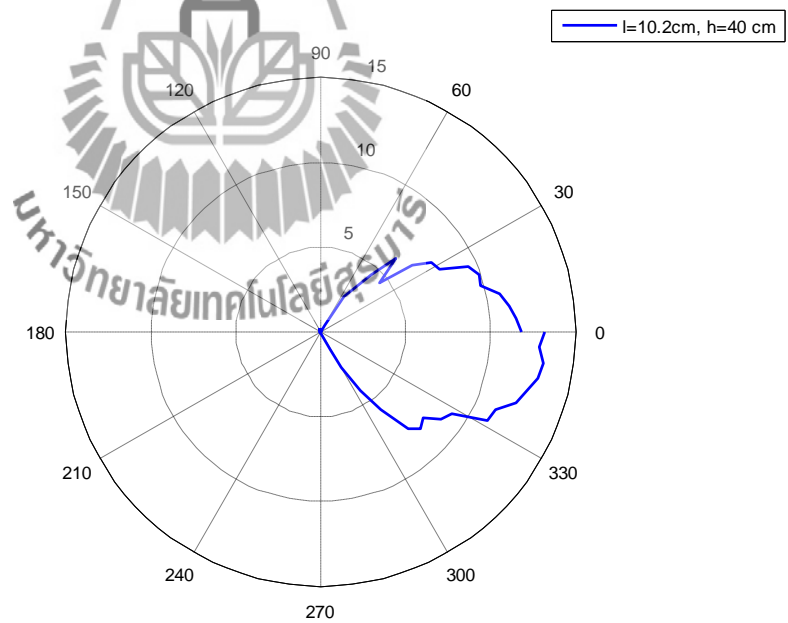
สูงสุด



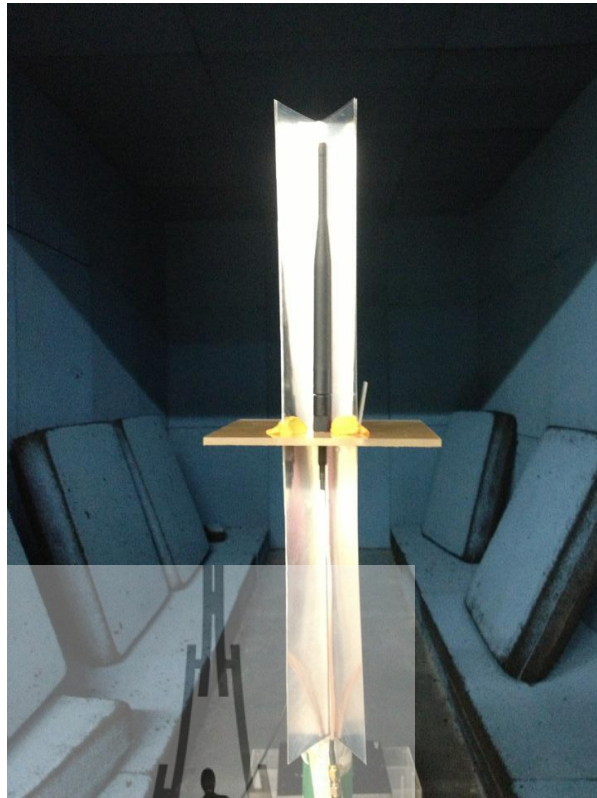
รูปที่ 3.37 การวางตัวของสายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง ขณะที่มีทิศทางของแบบรูปการแผ่พลังงาน
เข้าใกล้ต่ำที่สุด



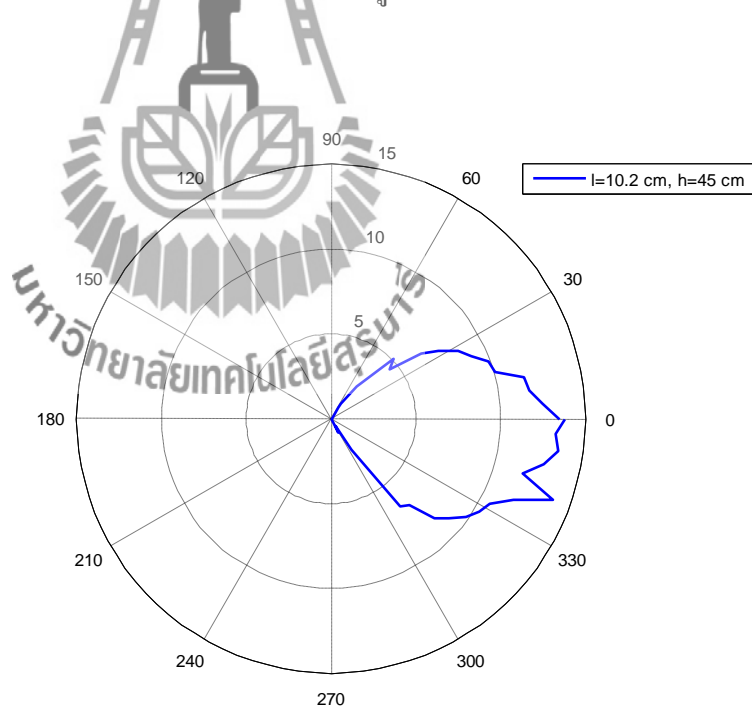
รูปที่ 3.38 สายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง ที่มีความสูงของแผ่นกั้น $H = 40 \text{ cm}$



รูปที่ 3.39 แบบรูปการแผ่พลังงาน ในระนาบ H - Plane ของสายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง ที่มีค่าความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังเท่ากับ 60° ณ ความสูงของแผ่นกั้น $H = 40 \text{ cm}$



รูปที่ 3.40 สายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง ที่มีความสูงของแผ่นกั้น $H = 45 \text{ cm}$



รูปที่ 3.41 แบบรูปการแผ่พลังงาน ในระนาบ H-Plane ของสายอากาศแบบเจาะจงทิศทาง ที่มีค่าความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังเท่ากับ 66° ณ ความสูงของแผ่นกั้น $H = 45 \text{ cm}$

3.5 สรุป

การออกแบบแบบจำลองของสายอากาศ ตลอดจนค่าที่วัดได้ ขึ้นอยู่สถานการณ์ของสภาพแวดล้อม ซึ่งต้องอาศัยองค์ความรู้หลายๆด้าน เพื่อให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพที่ดีในการสร้างแบบจำลองของสายอากาศ การออกแบบสายอากาศแบบเจาะจงทิศทางที่มีค่าความกว้างของครึ่งลำคลื่นที่เหมาะสมนั้น ส่งผลดีต่อคุณภาพสัญญาณที่สื่อสารกัน ได้ดีขึ้นเนื่องจากการบีบลำคลื่นให้แคบลงแล้วยังสามารถเพิ่มอัตราขยายที่สูงขึ้นตามไปด้วย



บทที่ 4

ผลการทดลอง

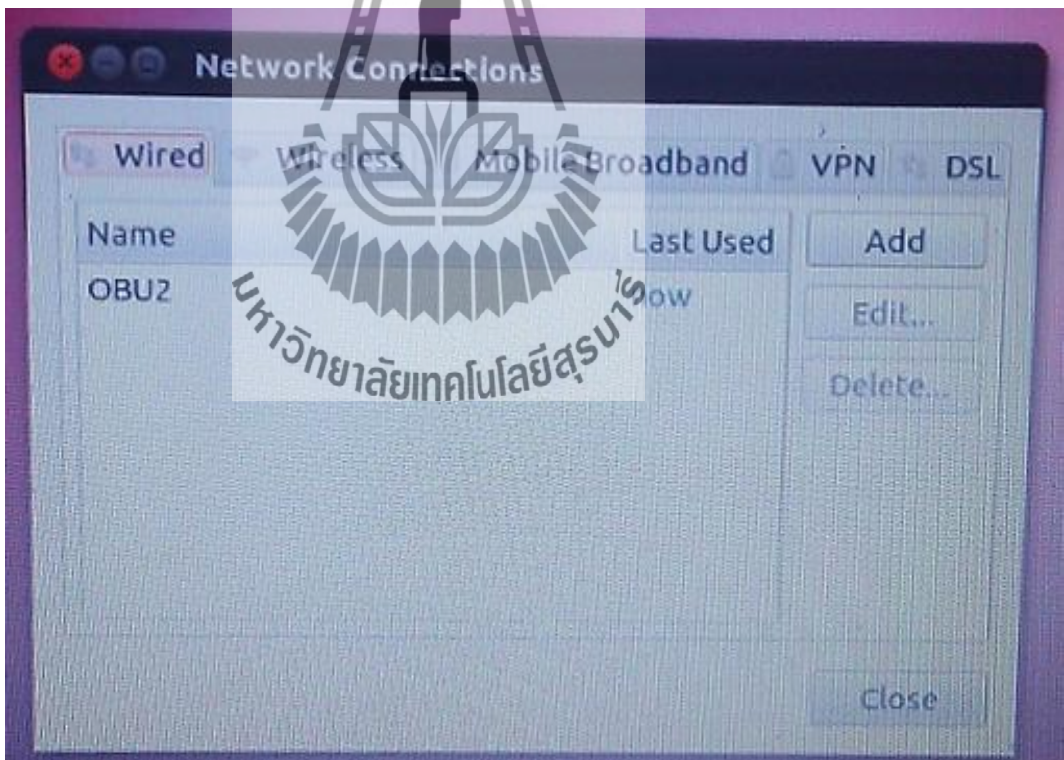
4.1 บทนำ

เนื้อหาในส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับการตั้งค่าของกล่องรับ-ส่งสัญญาณ OBU ว่าควรตั้งค่าอย่างไร จึงสามารถวัดได้ และสามารถวัดค่าอะไรได้บ้าง เช่น วัดแบบ BSM –Basic safety Message เป็นการส่งข้อมูลแบบเข้ารหัสที่ใช้สื่อสารกันภายในระหว่างรถยนต์กับรถยนต์ ซึ่งเป็นกรณีในการศึกษาของโครงการนี้

4.2 ขั้นตอนการตั้งค่า กล่องรับ-ส่งสัญญาณ OBU

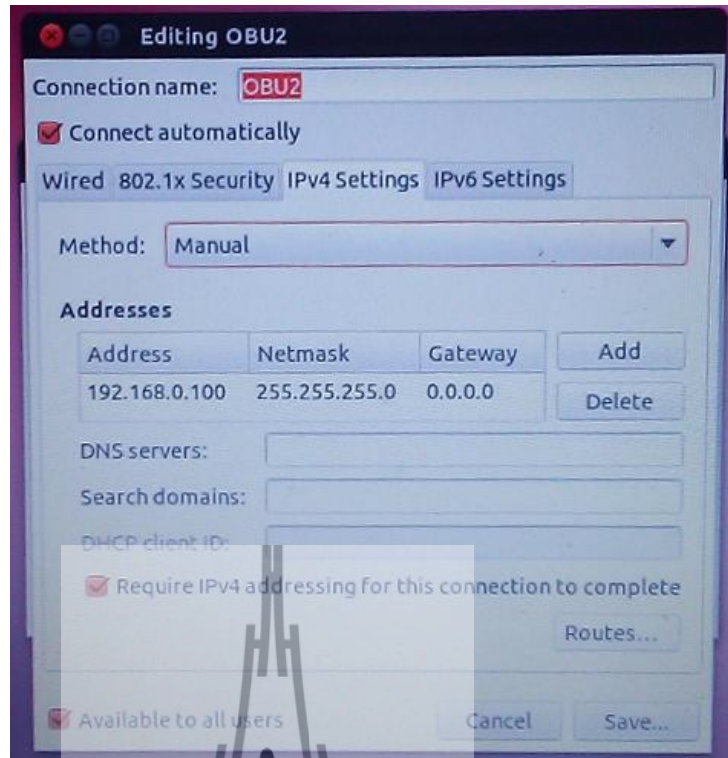
4.2.1 การตั้งค่าพื้นฐานของกล่องสัญญาณ OBU

ในขั้นตอนนี้จะกล่าวถึงการตั้งค่าอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังตัวรับ โดยกำหนดได้ดังต่อไปนี้ (ระบบปฏิบัติการที่ใช้เป็น Linux ubuntu 10.04 ในการทดสอบ)



รูปที่ 4.1 การตั้งค่าเมื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์(1)

รูปที่ 4.1 เป็นการตั้งค่าก่อนเชื่อมต่อกับกล่องสัญญาณ OBU โดยไปที่ Edit >>> Add >>> Wired >>> IPV4 Setting >>>> ตั้งชื่อว่า OBU1(ภาคส่ง),OBU2(ภาครับ)



รูปที่ 4.2 การตั้งค่าเมื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์(2)

รูปที่ 4.2 การตั้งค่า IP ของ กล้องสัญญาณ OBU ซึ่งทั้งภาครับและภาคส่งจะตั้งค่าเหมือนกัน โดยเลือกที่ Method : Manual , Address : 192.168.0.100/24 , Gateway : 0.0.0.0 >>> save

4.2.2 การเขียนคำสั่ง

ในขั้นตอนนี้จะกล่าวถึงการเขียนชุดคำสั่งให้กับกล้องสัญญาณภาคส่ง (OBU1) เพื่อที่จะให้สามารถสื่อสารกับกล้องสัญญาณภาครับ (OBU2) ซึ่งทำได้หลายวิธีดังเช่น

- BSM –Basic safety Message สำหรับ CH 172
- PVD- Probe Vehicle Data
- RSA- Road Side Alert
- ICA – Intersection Collision Alert
- SPAT- Signal Phase And Timing
- MAP- Map Data
- TIM-Traveler Information Message

โดยในการทดสอบนี้เราจะได้การส่งแบบ BSM –Basic safety Message


```

gow@gow-TC79: ~
gow@gow-TC79:~$ ping 192.168.0.40
PING 192.168.0.40 (192.168.0.40) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.0.40: icmp_req=1 ttl=64 time=0.147 ms
64 bytes from 192.168.0.40: icmp_req=2 ttl=64 time=0.196 ms
64 bytes from 192.168.0.40: icmp_req=3 ttl=64 time=0.321 ms
64 bytes from 192.168.0.40: icmp_req=4 ttl=64 time=0.137 ms
64 bytes from 192.168.0.40: icmp_req=5 ttl=64 time=0.309 ms
^C
--- 192.168.0.40 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 3998ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.137/0.222/0.321/0.078 ms
gow@gow-TC79:~$

```

รูปที่ 4.3 การ telnet เพื่อเข้าไปป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องสัญญาณ OBU(1)
 จากรูปที่ 4.3 จะต้องทำการทดสอบสัญญาณว่าคอมพิวเตอร์กับกล่องสัญญาณ OBU ได้เชื่อมต่อ
 ต่อกันแล้วโดยใช้คำสั่ง Ping 192.168.0.40

```

gow@gow-TC79: ~
gow@gow-TC79:~$ telnet 192.168.0.40
Trying 192.168.0.40...
Connected to 192.168.0.40.
Escape character is '^]'.
Arada01E2B4 login: root
Password:
[root@Arada01E2B4 /root]#

```

รูปที่ 4.4 การ telnet เพื่อเข้าไปป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องสัญญาณ OBU(2)
 จากรูปที่ 4.4 เมื่อตรวจสอบแล้วว่าการเชื่อมต่อจึงใช้คำสั่ง telnet 192.168.0.40 ซึ่งจะมีให้ใส่
 Login : root ,Password : password

```

gow@gow-TC79: ~
gow@gow-TC79:~$ telnet 192.168.0.40
Trying 192.168.0.40...
Connected to 192.168.0.40.
Escape character is '^]'.
Arada01E2B4 login: root
Password:
[root@Arada01E2B4 /root]# getwbsstxrncdec -w User -s 172 -t BSM -o notx -u 2 -
x 1
Connecting to remote IP 127.0.0.1
Inside User process1
Invoking WAVE driver
Registering User 32 app pld = 665
ERR::Register User Failed
Removing user if already present 1
USER Registered 0 with PSID =32
In User end
RX thread
Received WSMP Packet Channel = 172, Packet No =#0# Content_type# Plain
<RSSI> 63 <RSSI>
<BasicSafetyMessage>
  <msgID><basicSafetyMessage/></msgID>
  <blob1>
    22 EE A8 C2 D7 94 70 08 DD 85 31 3C CF E8 DB 09

```

รูปที่ 4.5 การ telnet เพื่อเข้าไปป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องสัญญาณ OBU(3)

จากรูปที่ 4.5 เป็นการป้อนชุดคำสั่งของภาคส่งซึ่งจะเป็นการส่งแบบต่อเนื่องโดยไม่มีกรหยุดแล้วกดส่งใหม่เพราะว่าที่ภาครับจะจำค่าเอาไว้ โดยมีชุดคำสั่งดังนี้ getwbsstxrncdec -s 172 -t BSM -o norx -a 0

```

gow@gow-TC79: ~
</blob1>
<status>
</status>
</BasicSafetyMessage>
Received WSMP Packet Channel = 172, Packet No =#18# Content_type# Plain
<RSSI> 60 <RSSI>
<BasicSafetyMessage>
  <msgID><basicSafetyMessage/></msgID>
  <blob1>
    34 EE A8 C2 D7 9B 78 08 DD 85 36 3C CF E8 D3 09
    0D FF FF FF FF E0 00 70 80 7F 00 00 07 D1 81 7F
    FF 08 00 00 00 00
  </blob1>
  <status>
  </status>
</BasicSafetyMessage>
***** STATISTICS *****
Packet received = 19
Rx Latency per packet(usec) 96926
Packets Sent = 0
NO Packets Transmitted
Packets Dropped = 0
***** ***** *****
[root@Arada01E2B4 /root]#

```

รูปที่ 4.6 การ telnet เพื่อเข้าไปป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องสัญญาณ OBU(4)

จากรูปที่ 4.6 เป็นการป้อนชุดคำสั่งของภาครับซึ่งจะเป็นการรับแบบต่อเนื่องเพราะว่าที่ภาครับจะจำค่าเอาไว้ โดยมีชุดคำสั่งดังนี้ getwbsstxrncdec -w User -s 172 -o notx -u 2 -x 1


```

gow@gow-TC79: ~
wifio      no wireless extensions.
wifiovap0  IEEE 802.11a ESSID:"" Nickname:""
           Mode:Managed Frequency:5.89 GHz Access Point: Invalid
           Bit Rate=0 kb/s Tx-Power:0 dbm Sensitivity=0/3
           Retry:off RTS thr:off Fragment thr:off
           Encryption key:off
           Power Management:off
           Link Quality=30/94 Signal level=-65 dBm Noise level=-95 dBm
           Rx invalid nwid:0 Rx invalid crypt:0 Rx invalid frag:0
           Tx excessive retries:0 Invalid misc:0 Missed beacon:0

brtrunk    no wireless extensions.
vcan0      no wireless extensions.
vcan1      no wireless extensions.
vcan2      no wireless extensions.
vcan3      no wireless extensions.

[root@Arada01E2B4 /root]#

```

รูปที่ 4.7 การ telnet เพื่อเข้าไปป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องสัญญาณ OBU(5)

จากรูปที่ 4.7 เนื่องจากต้องการดูค่า Signal level, Noise level จะต้องใช้คำสั่ง iwconfig ซึ่งต้องกดดูเรื่อยๆ เพราะการทดสอบนั้นมีสิ่งรบกวนจากภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้มารบกวนตลอด

4.3 การวัดจริง



รูปที่ 4.8 การติดตั้งกล่องส่งสัญญาณ (OBU1) บนหลังการรถยนต์



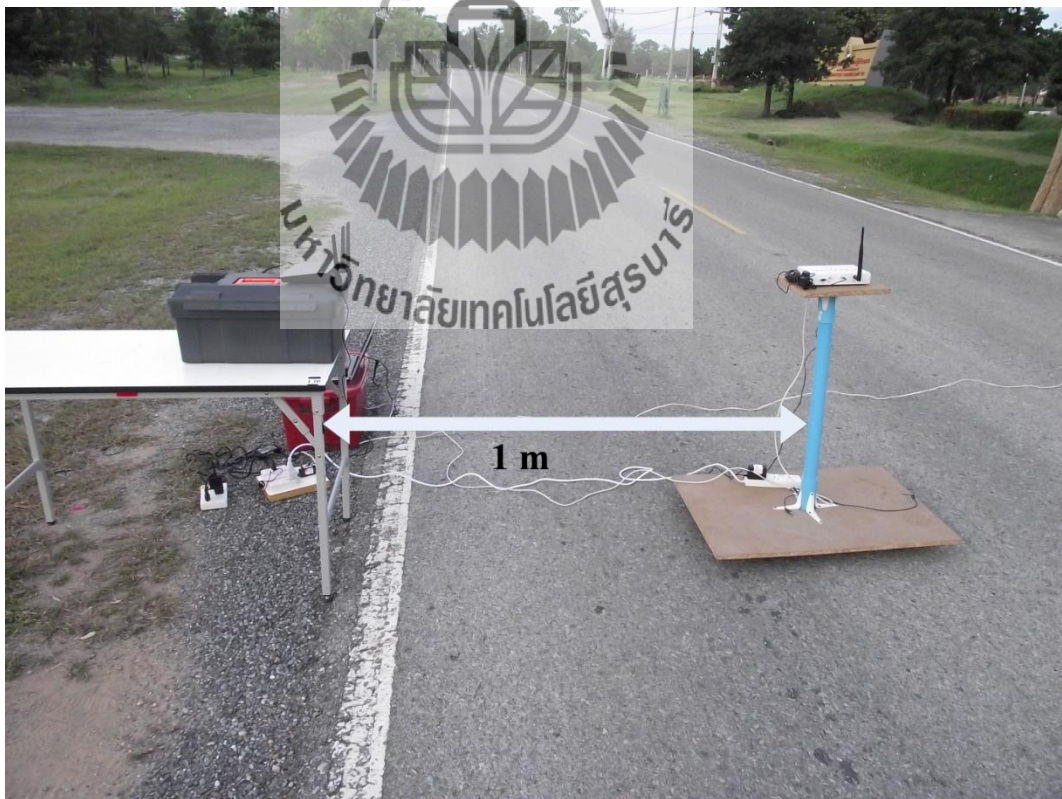
รูปที่ 4.9 การติดตั้งกล่องรับสัญญาณ (OBU2) ข้างถนน (จำลองว่าอยู่ขอบถนนที่ความสูง 1.5 m)



รูปที่ 4.10 คอมพิวเตอร์ที่ใช้ป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องส่งสัญญาณ (OBU1)



รูปที่ 4.11 คอมพิวเตอร์ที่ใช้ป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องรับสัญญาณ (OBU2)



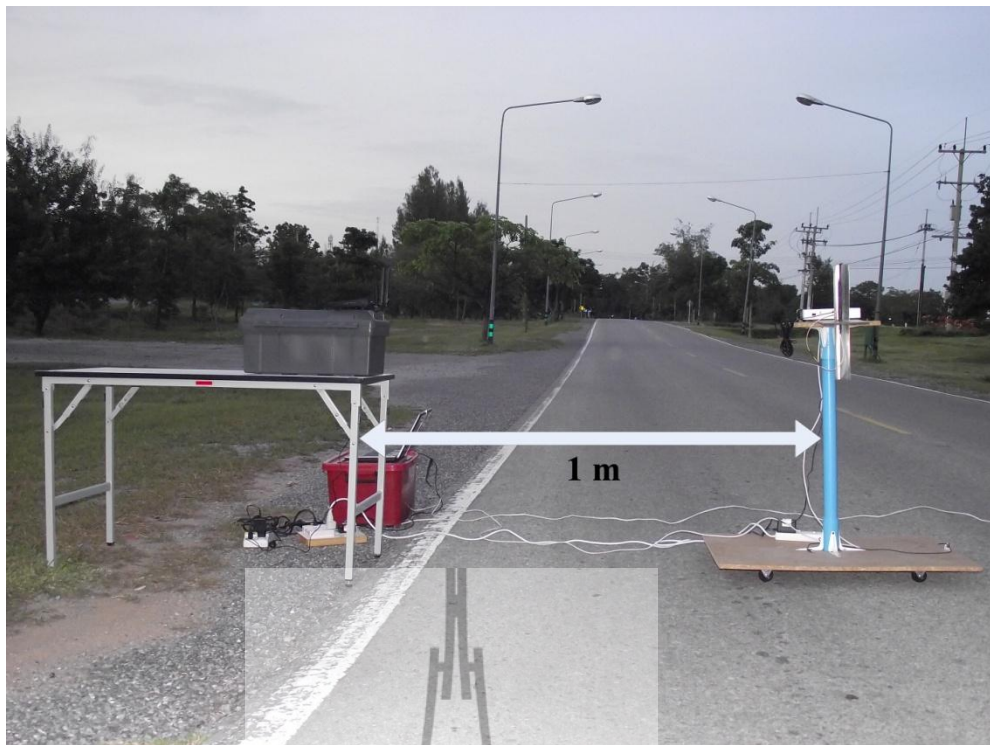
รูปที่ 4.12 จำลองการสร้างสัญญาณรบกวนที่เข้ามารบกวนการส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ OBU ที่มีระยะห่างกับกล่องรับสัญญาณ (OBU2) เท่ากับ 1 เมตร
ในกรณี Omnidirectional - Omnidirectional



รูปที่ 4.13 จำลองการสร้างสัญญาณรบกวนที่เข้ามารบกวนการส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ OBU ที่มีระยะห่างกับกล่องรับสัญญาณ (OBU2) เท่ากับ 2 เมตร
ในกรณี Omnidirectional - Omnidirectional



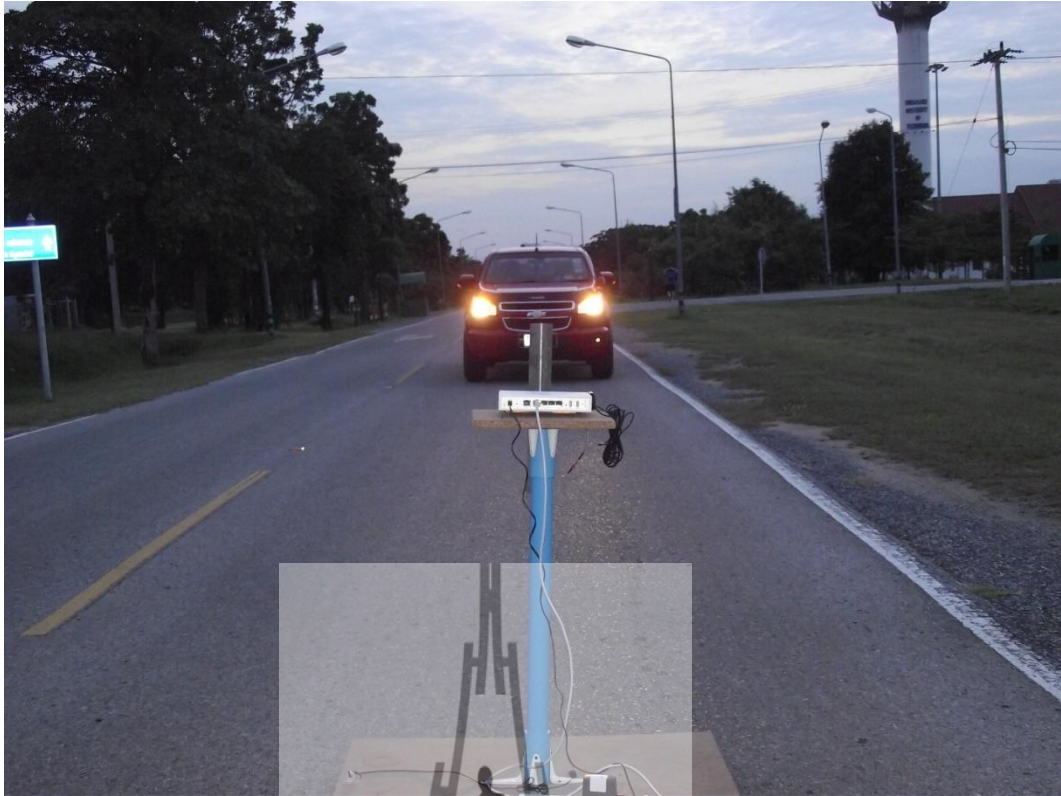
รูปที่ 4.14 การส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ OBU ในขณะที่ไม่มีการสร้างสัญญาณรบกวน
ในกรณี Omnidirectional - Omnidirectional



รูปที่ 4.15 จำลองการสร้างสัญญาณรบกวนที่เข้ามารบกวนการส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ OBU ที่มีระยะห่างกับกล่องรับสัญญาณ (OBU2) เท่ากับ 1 เมตร ในกรณี Omnidirectional – Directional



รูปที่ 4.16 จำลองการสร้างสัญญาณรบกวนที่เข้ามารบกวนการส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ OBU ที่มีระยะห่างกับกล่องรับสัญญาณ (OBU2) เท่ากับ 2 เมตร ในกรณี Omnidirectional – Directional



รูปที่ 4.17 การส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ OBU ในขณะที่ไม่มีการสร้างสัญญาณรบกวน
ในกรณี Omnidirectional – Directional



รูปที่ 4.18 จำลองการสร้างสัญญาณรบกวนที่เข้ามารบกวนการส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ
OBU ที่มีระยะห่างกับกล่องรับสัญญาณ (OBU2) เท่ากับ 1 เมตร ในกรณี Directional – Directional



รูปที่ 4.19 จำลองการสร้างสัญญาณรบกวนที่เข้ามารบกวนการส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ OBU ที่มีระยะห่างกับกล่องรับสัญญาณ (OBU2) เท่ากับ 2 เมตร ในกรณี Directional - Directional



รูปที่ 4.20 การส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ OBU ในขณะที่ไม่มีการสร้างสัญญาณรบกวน ในกรณี Directional - Directional

4.4 ผลการวัด

จากขั้นตอนที่ 4.3 จะได้ผลของการวัดออกมาได้ตามตารางและกราฟดังนี้

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Omni-Omni (Ant2.) If AP ON (1m)

Omni-Omni (Ant2.) If AP ON (1m)		
Distance(m)	Pr	Link Quality
100	-68	27
200	-69	26
300	-71	24
400	-76	19
500	-78	17

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Omni-Omni (Ant2.) If AP ON (2m)

Omni-Omni (Ant2.) If AP ON (2m)		
Distance	Pr	Link Quality
100	-66	29
200	-68	27
300	-70	25
400	-74	21
500	-76	19

ตารางที่ 4.3 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Omni-Omni (Ant2.) If AP OFF

Omni-Omni (Ant2.) If AP OFF		
Distance	Pr	Link Quality
100	-64	31
200	-66	29
300	-69	24
400	-72	23
500	-73	22

ตารางที่ 4.4 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Omni-Direct (Ant2.) If AP ON (1m)

Omni-Direct (Ant2.) If AP ON (1m)		
Distance	Pr	Link Quality
100	-66	29
200	-68	27
300	-71	24
400	-74	21
500	-76	19

ตารางที่ 4.5 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Omni-Direct (Ant2.) If AP ON (2m)

Omni-Direct (Ant2.) If AP ON (2m)		
Distance	Pr	Link Quality
100	-64	31
200	-67	28
300	-69	27
400	-72	23
500	-74	21

ตารางที่ 4.6 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Omni-Direct (Ant2.) If AP OFF

Omni-Direct (Ant2.) If AP OFF		
Distance	Pr	Link Quality
100	-62	33
200	-66	29
300	-67	28
400	-69	26
500	-70	25

ตารางที่ 4.7 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Direct-Direct (Ant2.) If AP ON (1m)

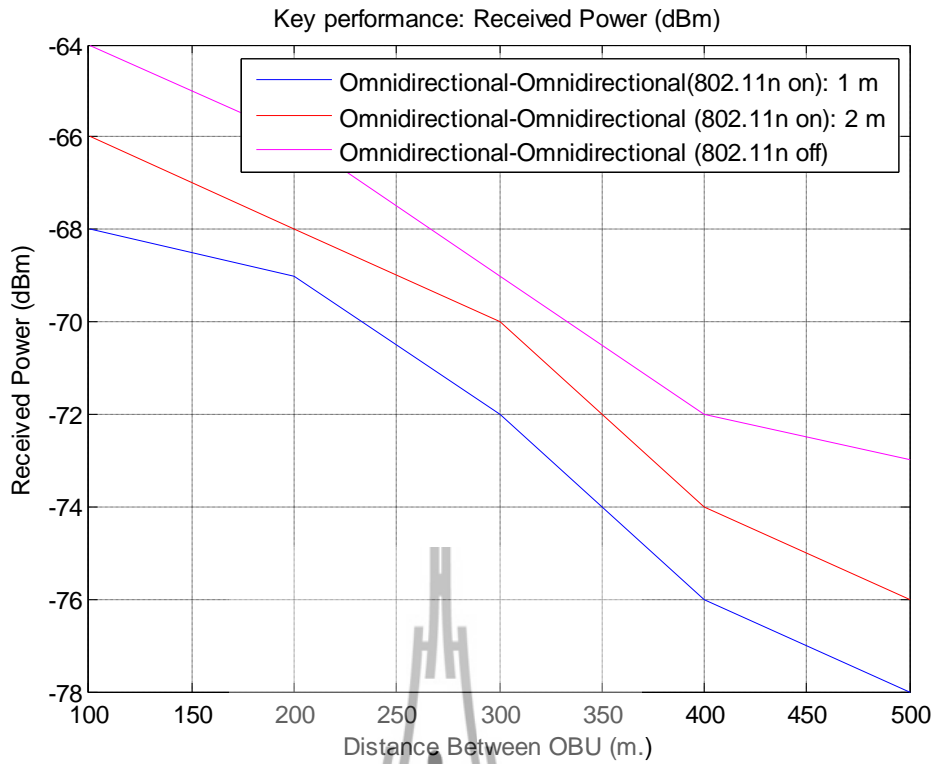
Direct-Direct (Ant2.) If AP ON (1m)		
Distance	Pr	Link Quality
100	-64	31
200	-67	28
300	-69	26
400	-71	24
500	-72	23

ตารางที่ 4.8 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Direct-Direct (Ant2.) If AP ON (2m)

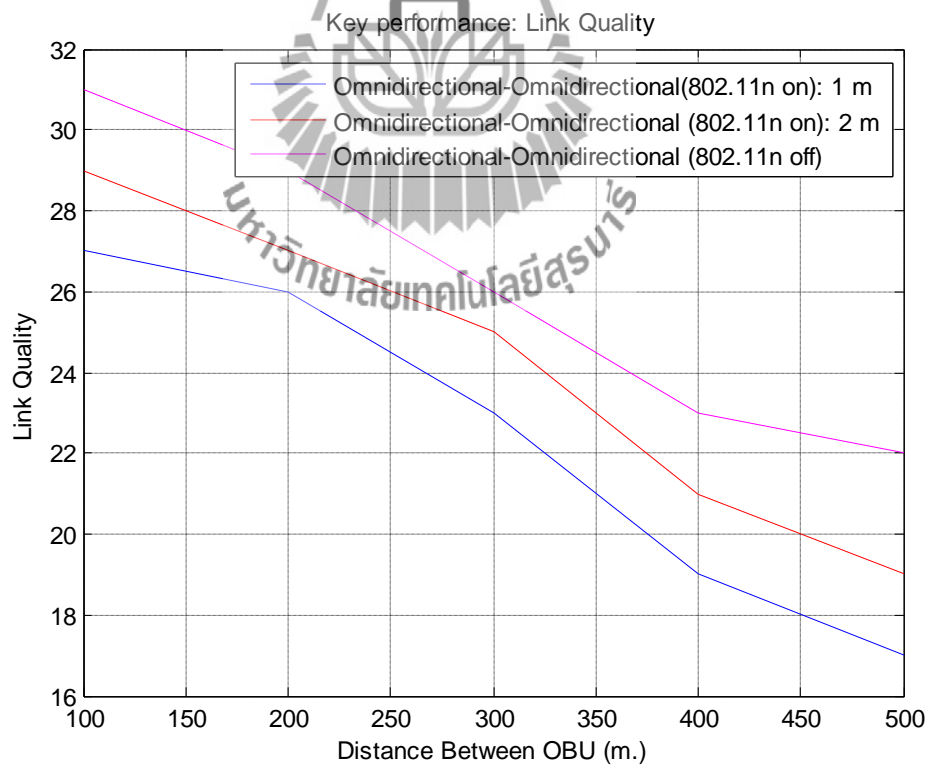
Direct-Direct (Ant2.) If AP ON (2m)		
Distance	Pr	Link Quality
100	-62	33
200	-65	30
300	-67	28
400	-69	26
500	-71	24

ตารางที่ 4.9 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Direct-Direct (Ant2.) If AP OFF

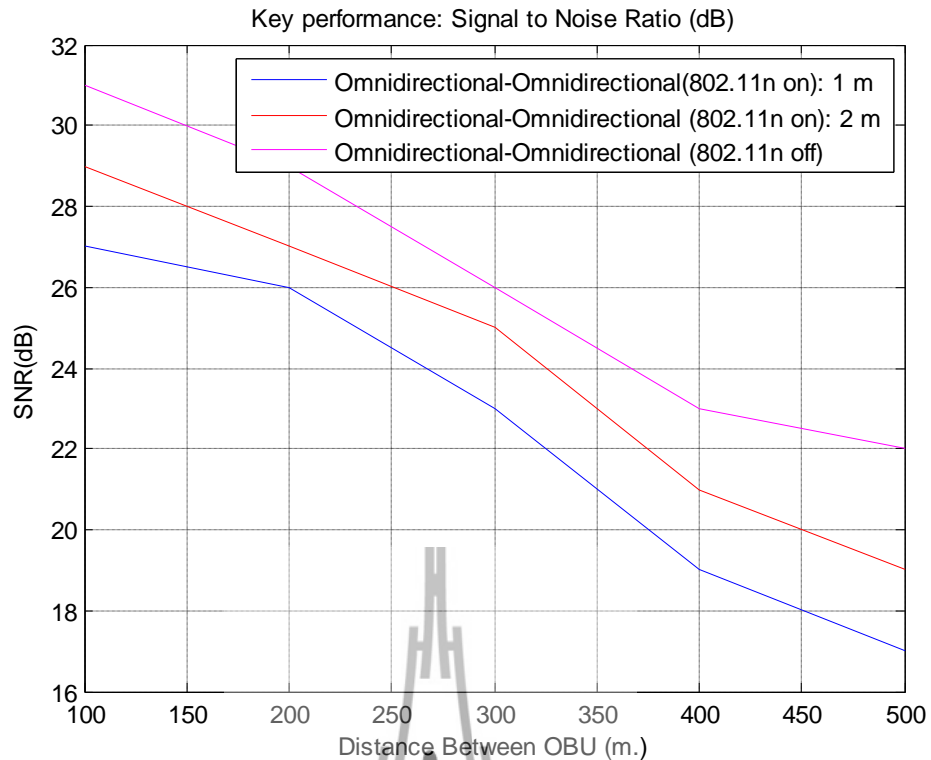
Direct-Direct (Ant2.) If AP OFF		
Distance	Pr	Link Quality
100	-59	36
200	-63	31
300	-65	30
400	-67	28
500	-69	26



รูปที่ 4.21 กราฟเปรียบเทียบ Received Power ในกรณี Omnidirectional – Omnidirectional



รูปที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบ Link Quality ในกรณี Omnidirectional – Omnidirectional

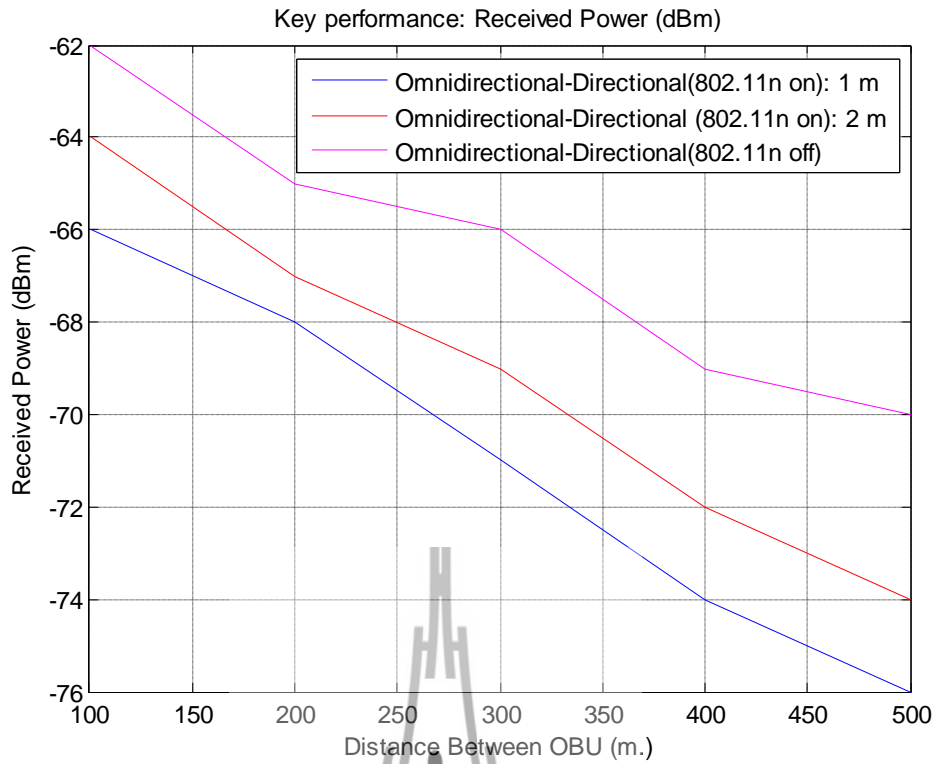


รูปที่ 4.23 กราฟเปรียบเทียบ Signal to Noise Ratio ในกรณี Omnidirectional – Omnidirectional

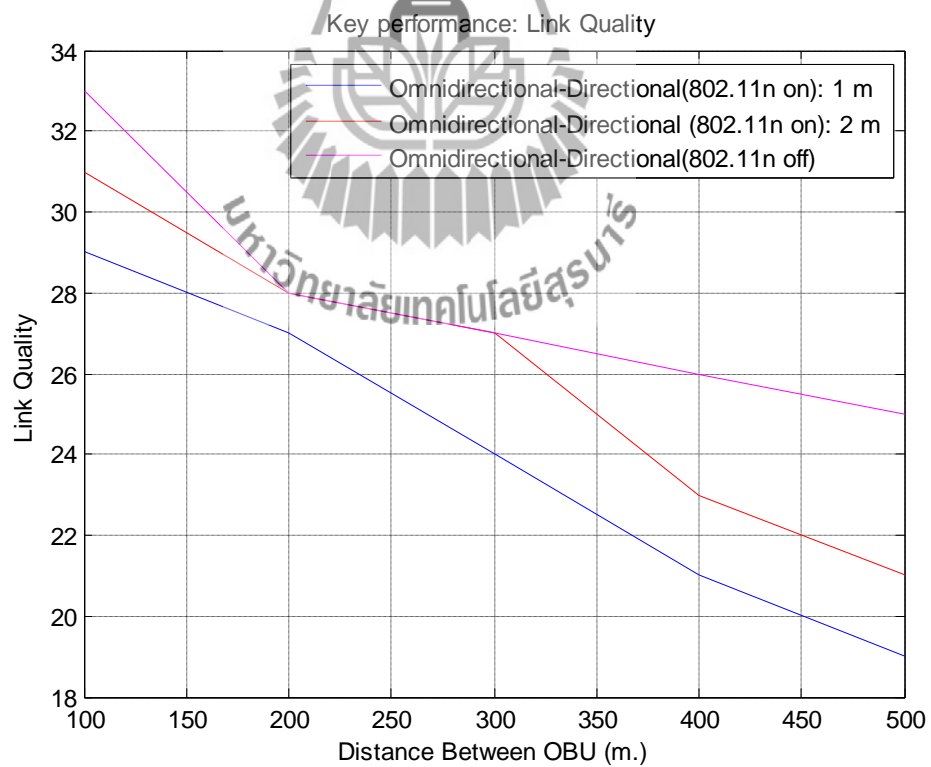
จากรูปที่ 4.21 กราฟเปรียบเทียบระหว่างกำลังงานที่รับได้และระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีกำลังงานที่รับได้มากกว่า บริเวณที่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตร และ 2 เมตร

จากรูปที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบระหว่างคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณมากกว่า บริเวณที่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 m และ 2 m

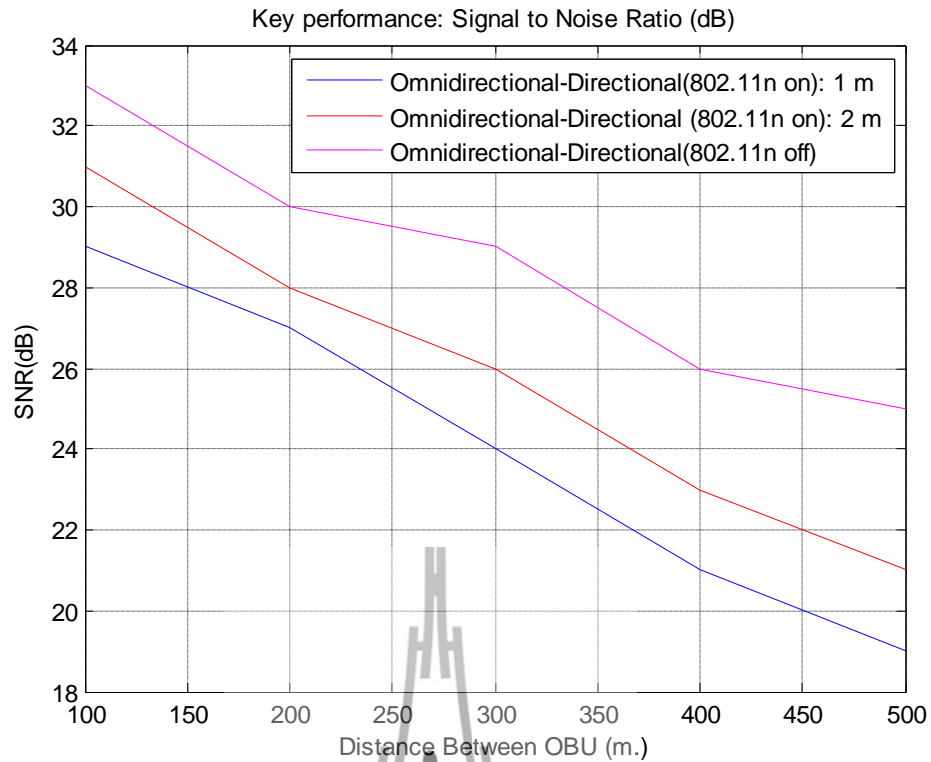
จากรูปที่ 4.23 กราฟเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนมากกว่า บริเวณที่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 m และ 2 m



รูปที่ 4.24 กราฟเปรียบเทียบ Received Power ในกรณี Omnidirectional – Directional



รูปที่ 4.25 กราฟเปรียบเทียบ Link Quality ในกรณี Omnidirectional – Directional

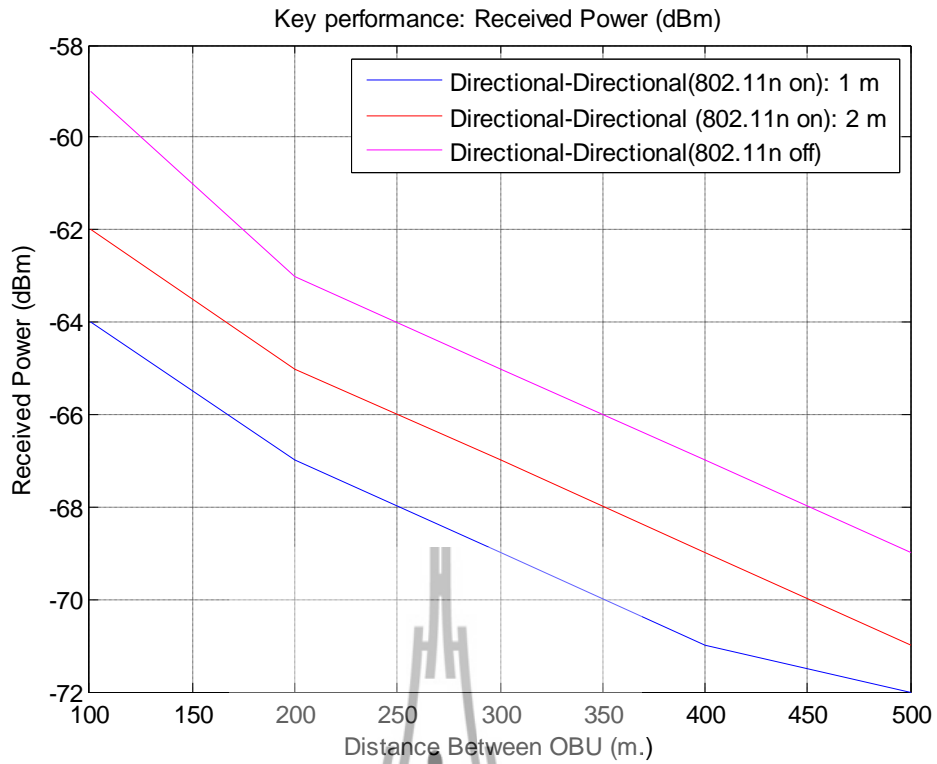


รูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบ Signal to Noise Ratio ในกรณี Omnidirectional – Directional

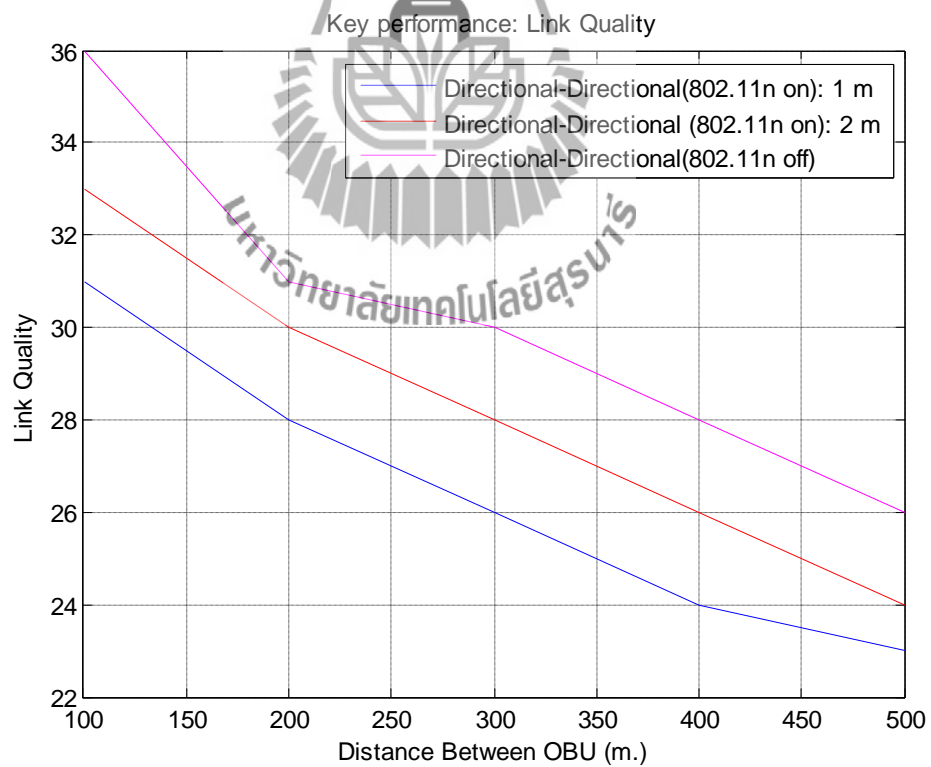
จากรูปที่ 4.24 กราฟเปรียบเทียบระหว่างกำลังงานที่รับได้และระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีกำลังงานที่รับได้มากกว่า บริเวณที่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตร และ 2 เมตร

จากรูปที่ 4.25 กราฟเปรียบเทียบระหว่างคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณมากกว่า บริเวณที่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตร และ 2 เมตร

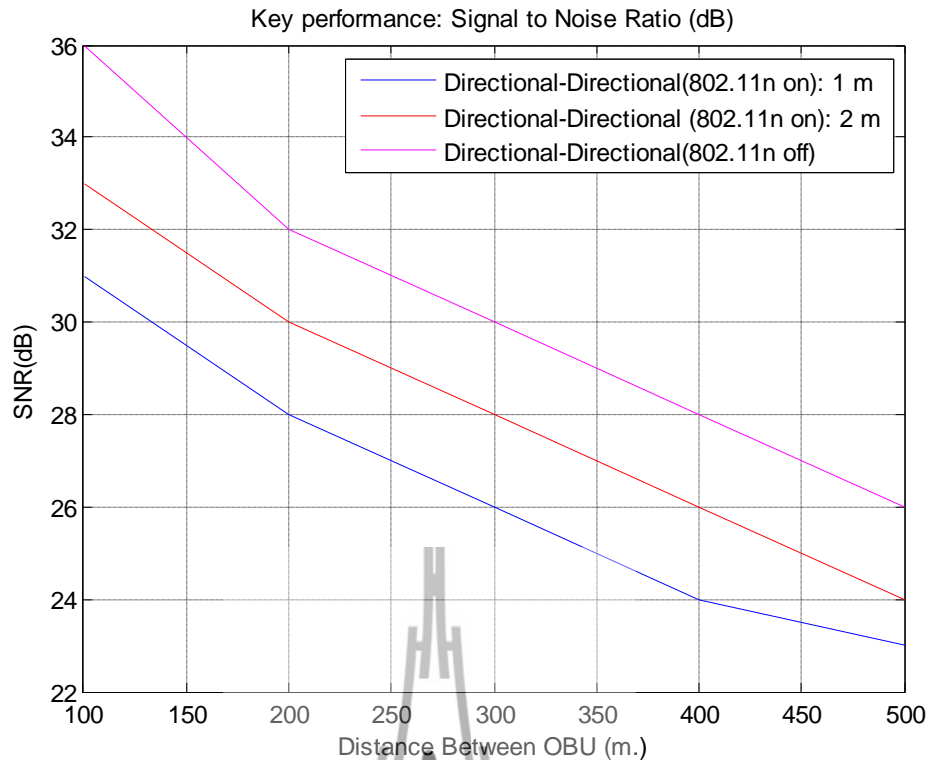
จากรูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนมากกว่า บริเวณที่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตร และ 2 เมตร



รูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบ Received Power ในกรณี Directional – Directional



รูปที่ 4.28 กราฟเปรียบเทียบ Link Quality ในกรณี Directional – Directional

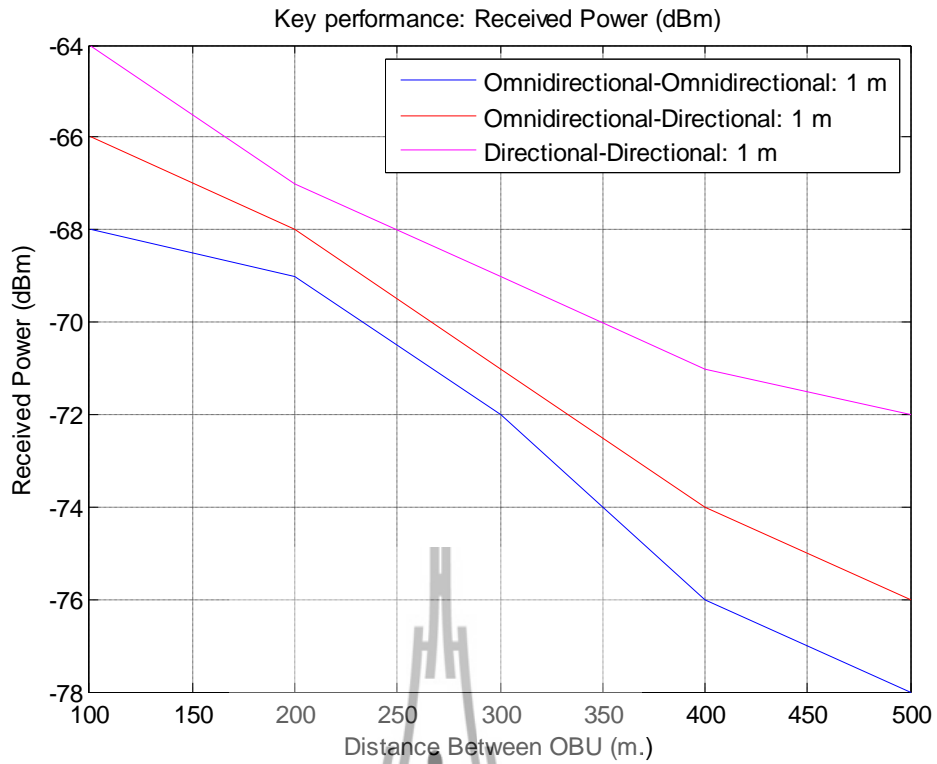


รูปที่ 4.29 กราฟเปรียบเทียบ Signal to Noise Ratio ในกรณี Directional – Directional

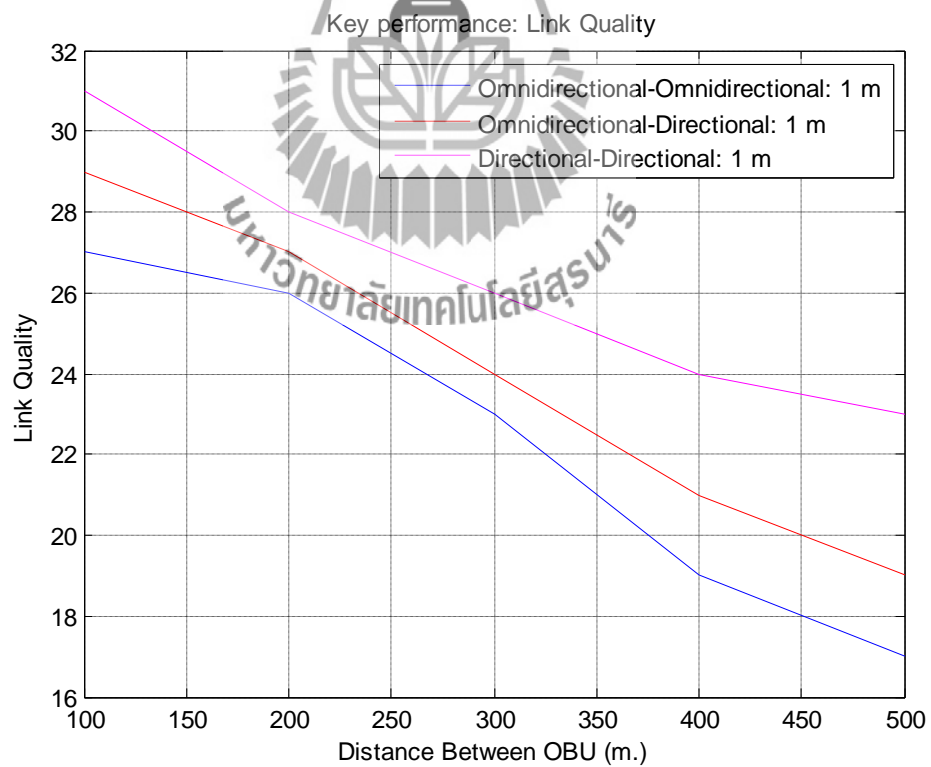
จากรูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบระหว่างกำลังงานที่รับได้และระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีกำลังงานที่รับได้มากกว่า บริเวณที่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตร และ 2 เมตร

จากรูปที่ 4.28 กราฟเปรียบเทียบระหว่างคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณมากกว่า บริเวณที่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตร และ 2 เมตร

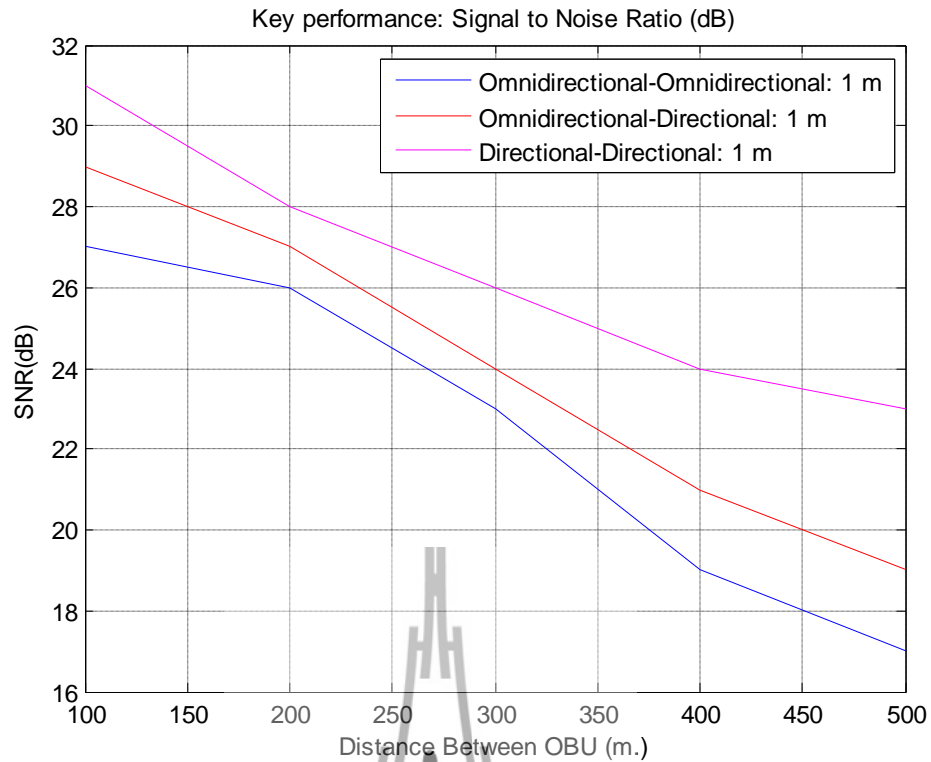
จากรูปที่ 4.29 กราฟเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนมากกว่า บริเวณที่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตร และ 2 เมตร



รูปที่ 4.30 กราฟเปรียบเทียบ Received Power เมื่อมีสัญญาณรบกวนที่ระยะ 1 เมตร



รูปที่ 4.31 กราฟเปรียบเทียบ Link Quality เมื่อมีสัญญาณรบกวนที่ระยะ 1 เมตร

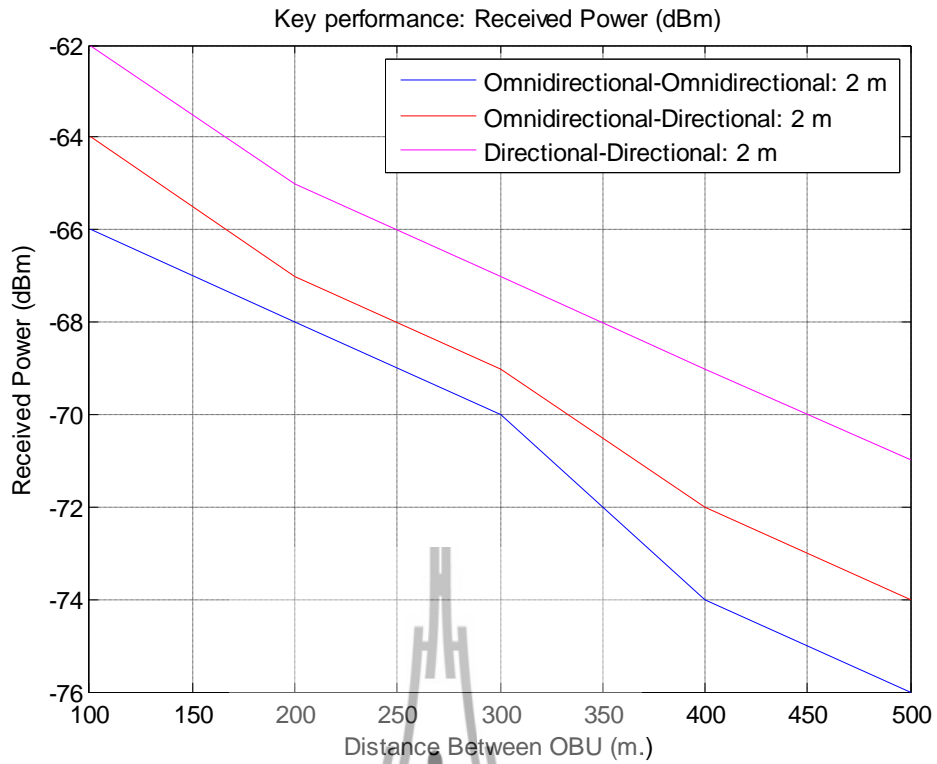


รูปที่ 4.32 กราฟเปรียบเทียบ Signal to Noise Ratio เมื่อมีสัญญาณรบกวนที่ระยะ 1 เมตร

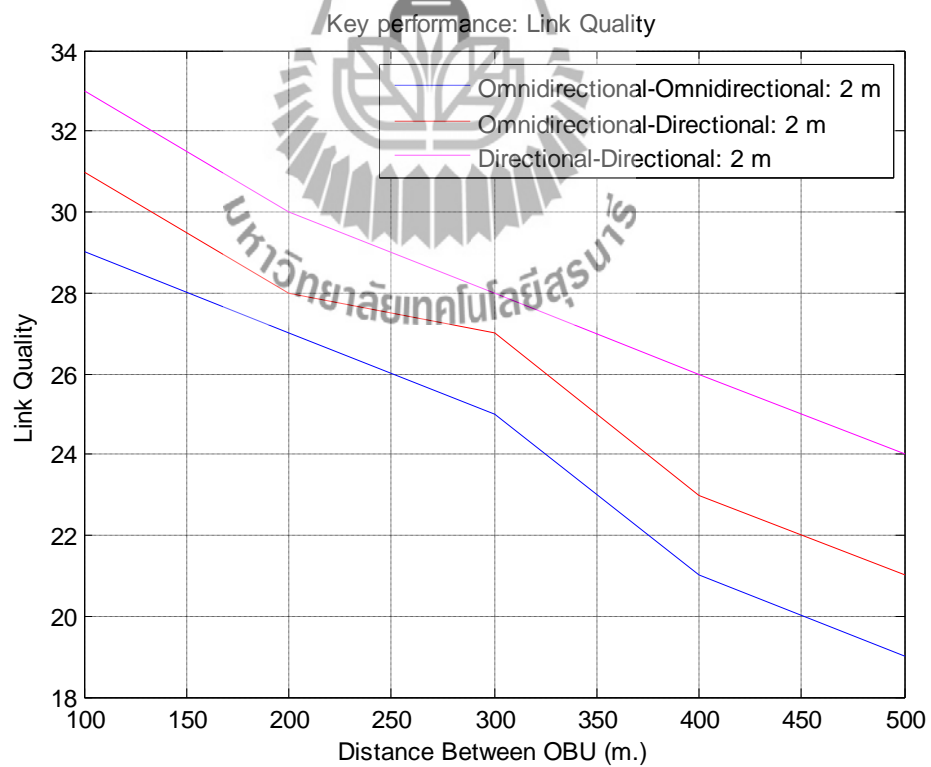
จากรูปที่ 4.30 กราฟเปรียบเทียบระหว่างกำลังงานที่รับได้และระยะห่างระหว่างรถ เมื่อมีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตรจะมีกำลังงานที่รับได้มากกว่า สายอากาศแบบเดิม

จากรูปที่ 4.31 กราฟเปรียบเทียบระหว่างคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อมีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตรจะมีคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณมากกว่า สายอากาศแบบเดิม

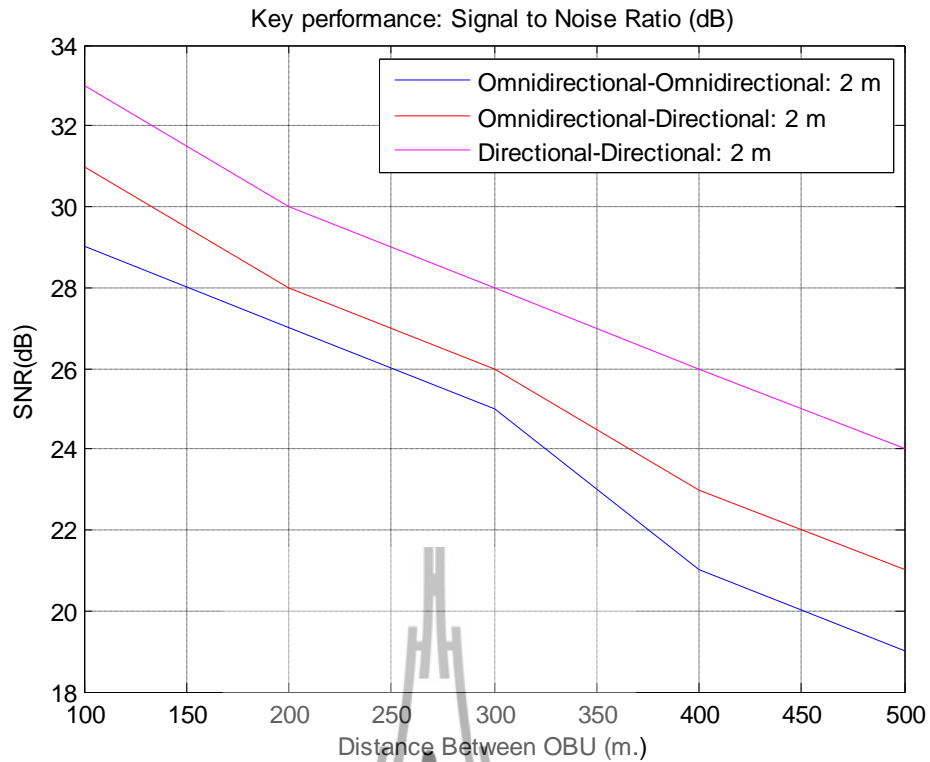
จากรูปที่ 4.32 กราฟเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อมีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตร จะมีสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนมากกว่า มากกว่า สายอากาศแบบเดิม



รูปที่ 4.33 กราฟเปรียบเทียบ Received Power เมื่อมีสัญญาณรบกวนที่ระยะ 2 เมตร



รูปที่ 4.34 กราฟเปรียบเทียบ Link Quality เมื่อมีสัญญาณรบกวนที่ระยะ 2 เมตร

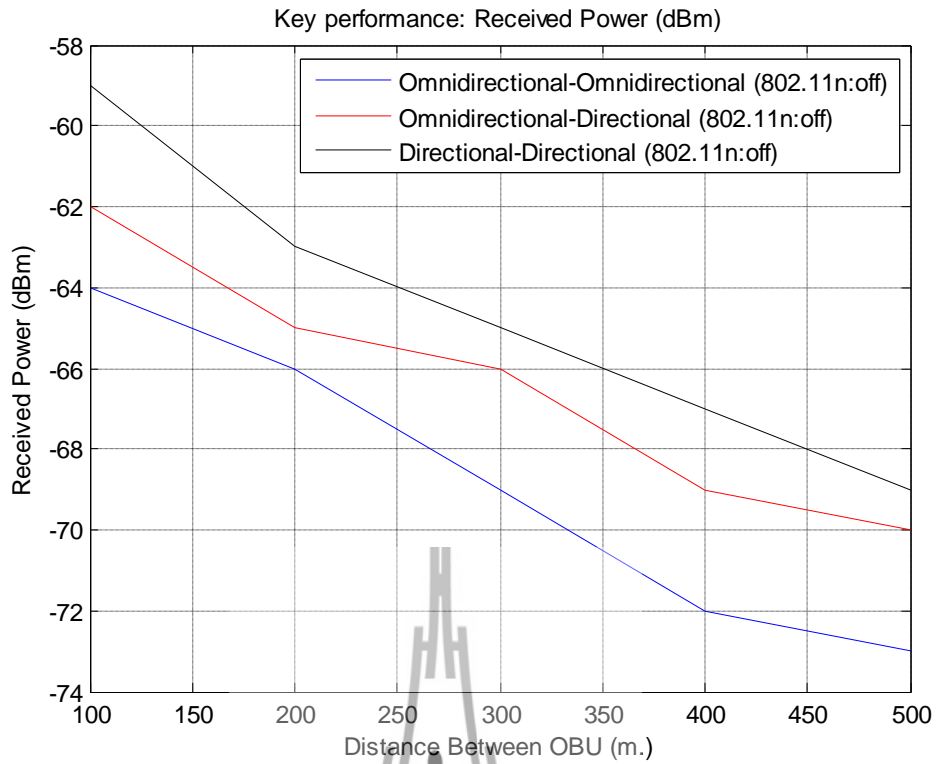


รูปที่ 4.35 กราฟเปรียบเทียบ Signal to Noise Ratio เมื่อมีสัญญาณรบกวนที่ระยะ 2 เมตร

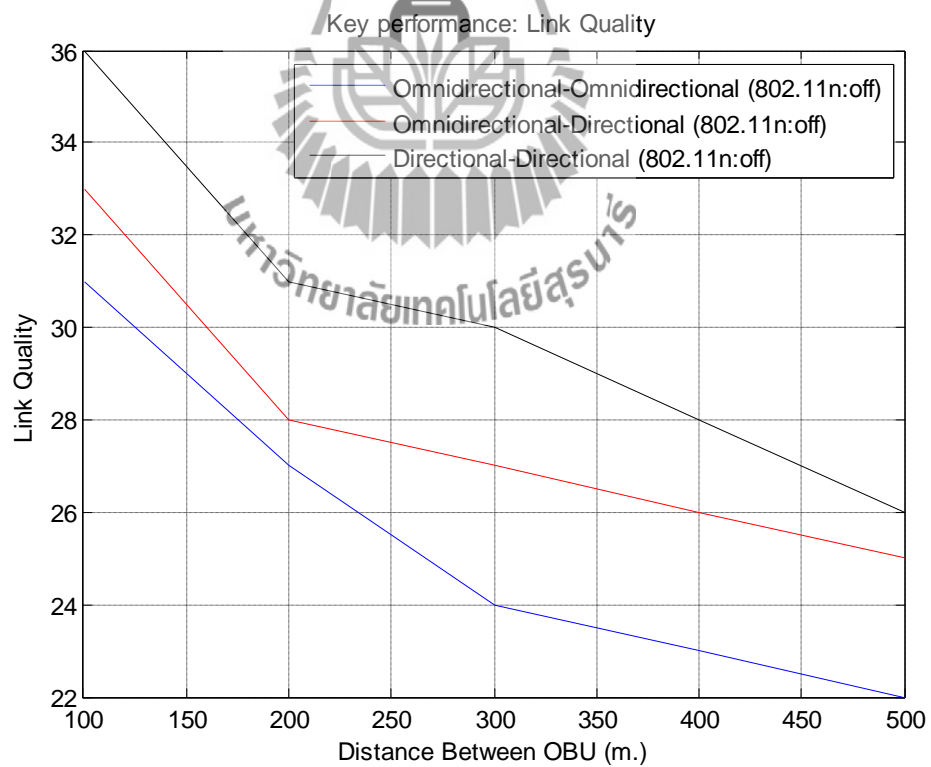
จากรูปที่ 4.33 กราฟเปรียบเทียบระหว่างกำลังงานที่รับได้และระยะห่างระหว่างรถ เมื่อมีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 2 เมตรจะมีกำลังงานที่รับได้มากกว่า สายอากาศแบบเดิม

จากรูปที่ 4.34 กราฟเปรียบเทียบระหว่างคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อมีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 2 เมตรจะมีคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณมากกว่า สายอากาศแบบเดิม

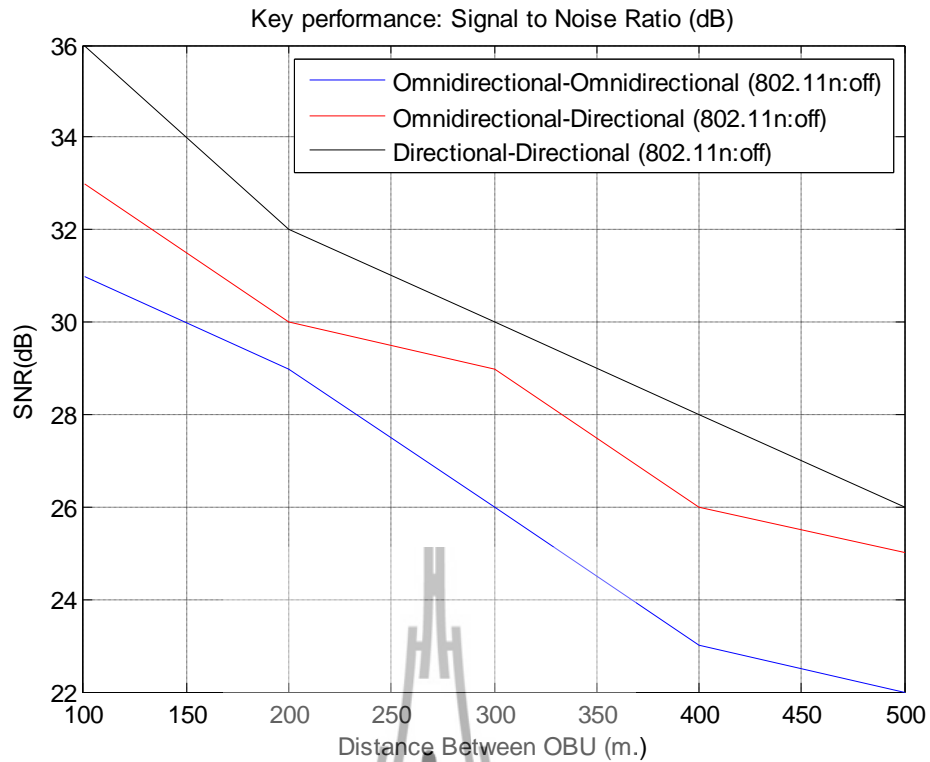
จากรูปที่ 4.35 กราฟเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อมีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 2 เมตร จะมีสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนมากกว่า มากกว่า สายอากาศแบบเดิม



รูปที่ 4.36 กราฟเปรียบเทียบ Received Power เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวน



รูปที่ 4.37 กราฟเปรียบเทียบ Link Quality เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวน



รูปที่ 4.38 กราฟเปรียบเทียบ Signal to Noise Ratio เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวน

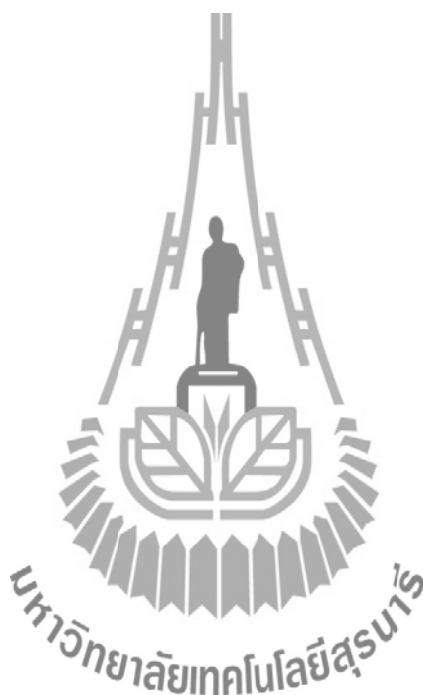
จากรูปที่ 4.36 กราฟเปรียบเทียบระหว่างกำลังงานที่รับได้และระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีกำลังงานที่รับได้มากกว่า สายอากาศแบบเดิม

จากรูปที่ 4.37 กราฟเปรียบเทียบระหว่างคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณมากกว่า สายอากาศแบบเดิม

จากรูปที่ 4.38 กราฟเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนมากกว่า มากกว่า สายอากาศแบบเดิม

4.5 สรุป

จากผลการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าเมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ทั้งกำลังงานที่รับได้,คุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณ,สัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวน ในกรณีที่ใช้สายอากาศที่มี แบบรูปการแผ่พลังงานแบบเจาะจงทิศทาง จะ ได้ผลที่ดีกว่า สายอากาศแบบเดิม จึงทำให้สรุปได้ว่าสามารถลดสัญญาณแทรกสอดจากช่องสัญญาณข้างเคียงได้ เป็นผลให้คุณภาพของสัญญาณที่รับได้ดีขึ้น โอกาสเกิดความผิดพลาดในการส่งข้อมูลลดลง และเพิ่มความปลอดภัยในการใช้ถนนมากขึ้น



บทที่ 4

ผลการทดลอง

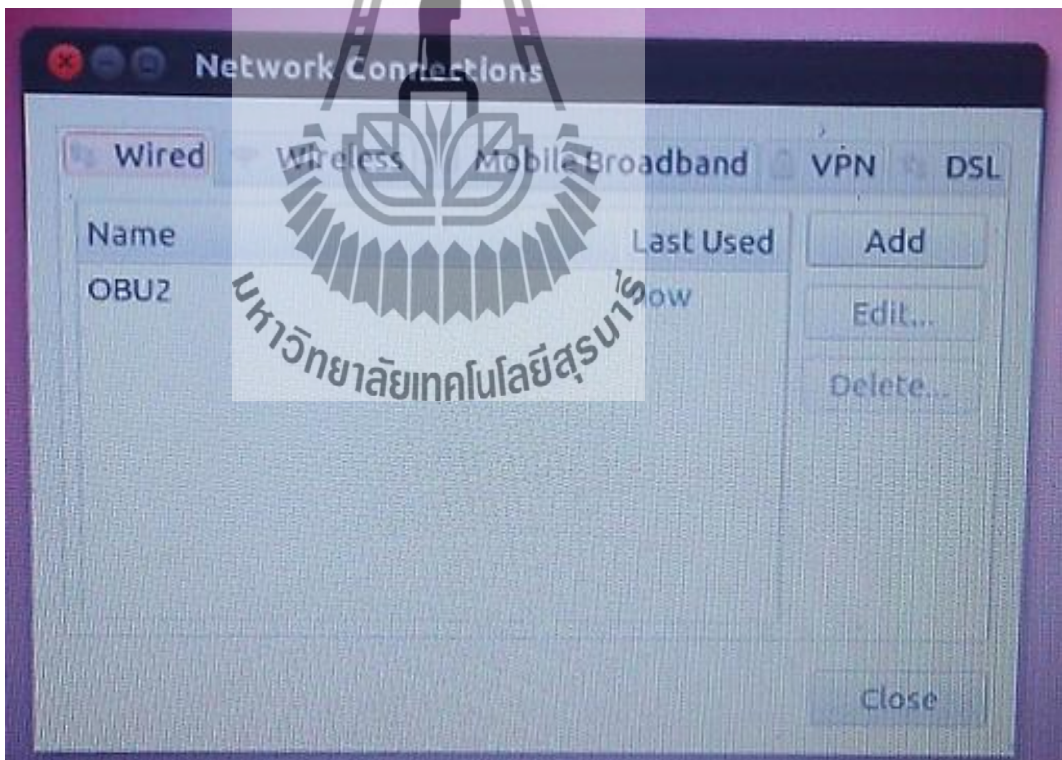
4.1 บทนำ

เนื้อหาในส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับการตั้งค่าของกล่องรับ-ส่งสัญญาณ OBU ว่าควรตั้งค่าอย่างไร จึงสามารถวัดได้ และสามารถวัดค่าอะไรได้บ้าง เช่น วัดแบบ BSM –Basic safety Message เป็นการส่งข้อมูลแบบเข้ารหัสที่ใช้สื่อสารกันภายในระหว่างรถยนต์กับรถยนต์ ซึ่งเป็นกรณีในการศึกษาของโครงการนี้

4.2 ขั้นตอนการตั้งค่า กล่องรับ-ส่งสัญญาณ OBU

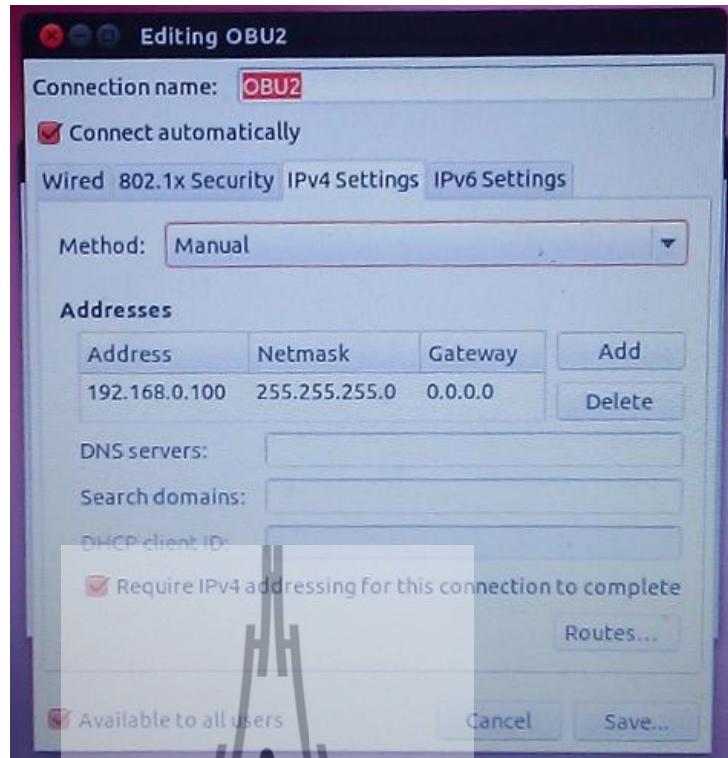
4.2.1 การตั้งค่าพื้นฐานของกล่องสัญญาณ OBU

ในขั้นตอนนี้จะกล่าวถึงการตั้งค่าอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังตัวรับ โดยกำหนดได้ดังต่อไปนี้ (ระบบปฏิบัติการที่ใช้เป็น Linux ubuntu 10.04 ในการทดสอบ)



รูปที่ 4.1 การตั้งค่าเมื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์(1)

รูปที่ 4.1 เป็นการตั้งค่าก่อนเชื่อมต่อกับกล่องสัญญาณ OBU โดยไปที่ Edit >>> Add >>> Wired >>> IPV4 Setting >>>> ตั้งชื่อว่า OBU1(ภาคส่ง),OBU2(ภาครับ)



รูปที่ 4.2 การตั้งค่าเมื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์(2)

รูปที่ 4.2 การตั้งค่า IP ของ กล้องสัญญาณ OBU ซึ่งทั้งภาครับและภาคส่งจะตั้งค่าเหมือนกัน โดยเลือกที่ Method : Manual , Address : 192.168.0.100/24 , Gateway : 0.0.0.0 >>> save

4.2.2 การเขียนคำสั่ง

ในขั้นตอนนี้จะกล่าวถึงการเขียนชุดคำสั่งให้กับกล้องสัญญาณภาคส่ง (OBU1) เพื่อที่จะให้สามารถสื่อสารกับกล้องสัญญาณภาครับ (OBU2) ซึ่งทำได้หลายวิธีดังเช่น

- BSM –Basic safety Message สำหรับ CH 172
- PVD- Probe Vehicle Data
- RSA- Road Side Alert
- ICA – Intersection Collision Alert
- SPAT- Signal Phase And Timing
- MAP- Map Data
- TIM-Traveler Information Message

โดยในการทดสอบนี้เราจะได้การส่งแบบ BSM –Basic safety Message


```

gow@gow-TC79: ~
gow@gow-TC79:~$ ping 192.168.0.40
PING 192.168.0.40 (192.168.0.40) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.0.40: icmp_req=1 ttl=64 time=0.147 ms
64 bytes from 192.168.0.40: icmp_req=2 ttl=64 time=0.196 ms
64 bytes from 192.168.0.40: icmp_req=3 ttl=64 time=0.321 ms
64 bytes from 192.168.0.40: icmp_req=4 ttl=64 time=0.137 ms
64 bytes from 192.168.0.40: icmp_req=5 ttl=64 time=0.309 ms
^C
--- 192.168.0.40 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 3998ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.137/0.222/0.321/0.078 ms
gow@gow-TC79:~$

```

รูปที่ 4.3 การ telnet เพื่อเข้าไปป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องสัญญาณ OBU(1)
 จากรูปที่ 4.3 จะต้องทำการทดสอบสัญญาณว่าคอมพิวเตอร์กับกล่องสัญญาณ OBU ได้เชื่อมต่อ
 ต่อกันแล้วโดยใช้คำสั่ง Ping 192.168.0.40

```

gow@gow-TC79: ~
gow@gow-TC79:~$ telnet 192.168.0.40
Trying 192.168.0.40...
Connected to 192.168.0.40.
Escape character is '^]'.
Arada01E2B4 login: root
Password:
[root@Arada01E2B4 /root]#

```

รูปที่ 4.4 การ telnet เพื่อเข้าไปป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องสัญญาณ OBU(2)
 จากรูปที่ 4.4 เมื่อตรวจสอบแล้วว่าการเชื่อมต่อจึงใช้คำสั่ง telnet 192.168.0.40 ซึ่งจะมีให้ใส่
 Login : root ,Password : password

```

gow@gow-TC79: ~
gow@gow-TC79:~$ telnet 192.168.0.40
Trying 192.168.0.40...
Connected to 192.168.0.40.
Escape character is '^]'.
Arada01E2B4 login: root
Password:
[root@Arada01E2B4 /root]# getwbsstxrncdec -w User -s 172 -t BSM -o notx -u 2 -
x 1
Connecting to remote IP 127.0.0.1
Inside User process1
Invoking WAVE driver
Registering User 32 app pld = 665
ERR::Register User Failed
Removing user if already present 1
USER Registered 0 with PSID =32
In User end
RX thread
Received WSMP Packet Channel = 172, Packet No =#0# Content_type# Plain
<RSSI> 63 <RSSI>
<BasicSafetyMessage>
  <msgID><basicSafetyMessage/></msgID>
  <blob1>
    22 EE A8 C2 D7 94 70 08 DD 85 31 3C CF E8 DB 09

```

รูปที่ 4.5 การ telnet เพื่อเข้าไปป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องสัญญาณ OBU(3)

จากรูปที่ 4.5 เป็นการป้อนชุดคำสั่งของภาคส่งซึ่งจะเป็นการส่งแบบต่อเนื่องโดยไม่มีกรหยุดแล้วกดส่งใหม่เพราะว่าที่ภาครับจะจำค่าเอาไว้ โดยมีชุดคำสั่งดังนี้ getwbsstxrncdec -s 172 -t BSM -o norx -a 0

```

gow@gow-TC79: ~
</blob1>
<status>
</status>
</BasicSafetyMessage>
Received WSMP Packet Channel = 172, Packet No =#18# Content_type# Plain
<RSSI> 60 <RSSI>
<BasicSafetyMessage>
  <msgID><basicSafetyMessage/></msgID>
  <blob1>
    34 EE A8 C2 D7 9B 78 08 DD 85 36 3C CF E8 D3 09
    0D FF FF FF FF E0 00 70 80 7F 00 00 07 D1 81 7F
    FF 08 00 00 00 00
  </blob1>
  <status>
  </status>
</BasicSafetyMessage>
***** STATISTICS *****
Packet received = 19
Rx Latency per packet(usec) 96926
Packets Sent = 0
NO Packets Transmitted
Packets Dropped = 0
***** ***** *****
[root@Arada01E2B4 /root]#

```

รูปที่ 4.6 การ telnet เพื่อเข้าไปป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องสัญญาณ OBU(4)

จากรูปที่ 4.6 เป็นการป้อนชุดคำสั่งของภาครับซึ่งจะเป็นการรับแบบต่อเนื่องเพราะว่าที่ภาครับจะจำค่าเอาไว้ โดยมีชุดคำสั่งดังนี้ getwbsstxrncdec -w User -s 172 -o notx -u 2 -x 1


```

gow@gow-TC79: ~
wifio      no wireless extensions.
wifiovap0  IEEE 802.11a ESSID:"" Nickname:""
           Mode:Managed Frequency:5.89 GHz Access Point: Invalid
           Bit Rate=0 kb/s Tx-Power:0 dbm Sensitivity=0/3
           Retry:off RTS thr:off Fragment thr:off
           Encryption key:off
           Power Management:off
           Link Quality=30/94 Signal level=-65 dBm Noise level=-95 dBm
           Rx invalid nwid:0 Rx invalid crypt:0 Rx invalid frag:0
           Tx excessive retries:0 Invalid misc:0 Missed beacon:0

brtrunk    no wireless extensions.
vcan0      no wireless extensions.
vcan1      no wireless extensions.
vcan2      no wireless extensions.
vcan3      no wireless extensions.

[root@Arada01E2B4 /root]#

```

รูปที่ 4.7 การ telnet เพื่อเข้าไปป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องสัญญาณ OBU(5)

จากรูปที่ 4.7 เนื่องจากต้องการดูค่า Signal level, Noise level จะต้องใช้คำสั่ง iwconfig ซึ่งต้องกดดูเรื่อยๆ เพราะการทดสอบนั้นมีสิ่งรบกวนจากภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้มารบกวนตลอด

4.3 การวัดจริง



รูปที่ 4.8 การติดตั้งกล่องส่งสัญญาณ (OBU1) บนหลังการรถยนต์



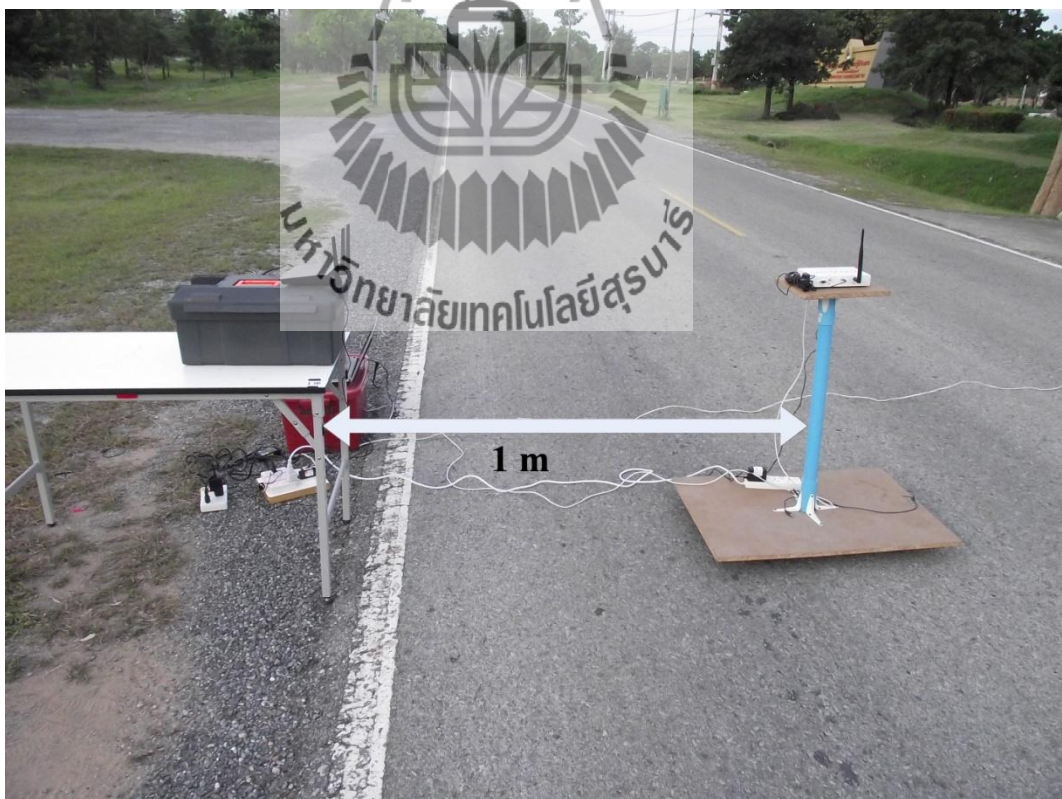
รูปที่ 4.9 การติดตั้งกล่องรับสัญญาณ (OBJ2) ข้างถนน (จำลองว่าอยู่ขอบถนนที่ความสูง 1.5 m)



รูปที่ 4.10 คอมพิวเตอร์ที่ใช้ป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องส่งสัญญาณ (OBJ1)



รูปที่ 4.11 คอมพิวเตอร์ที่ใช้ป้อนชุดคำสั่งให้กับกล่องรับสัญญาณ (OBU2)



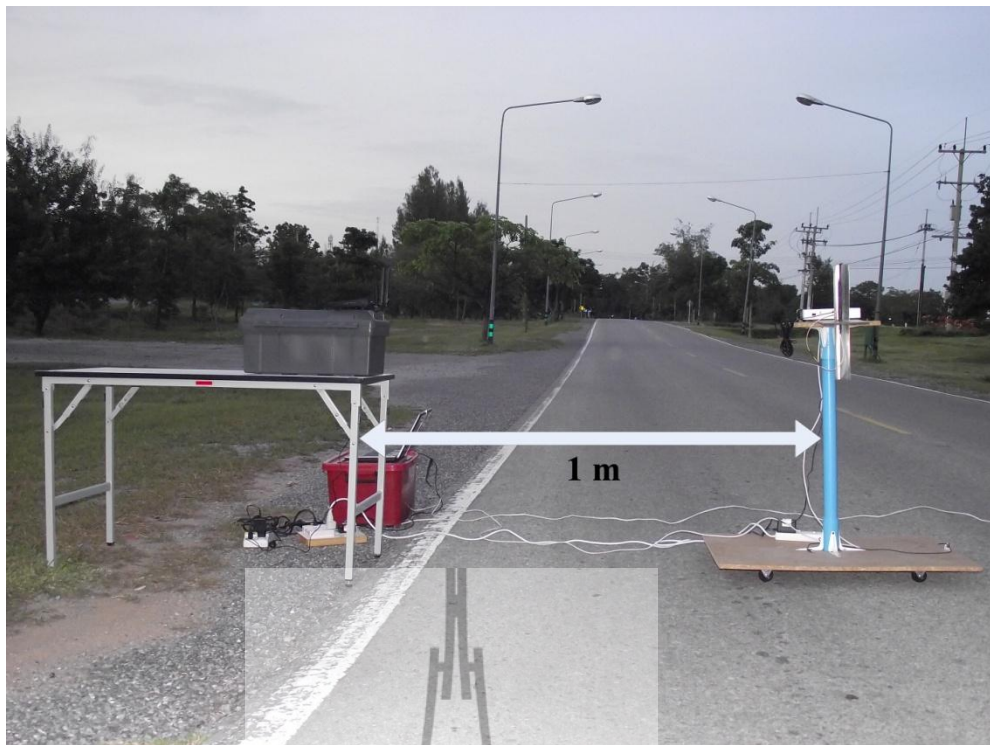
รูปที่ 4.12 จำลองการสร้างสัญญาณรบกวนที่เข้ามารบกวนการส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ OBU ที่มีระยะห่างกับกล่องรับสัญญาณ (OBU2) เท่ากับ 1 เมตร
ในกรณี Omnidirectional - Omnidirectional



รูปที่ 4.13 จำลองการสร้างสัญญาณรบกวนที่เข้ามารบกวนการส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ OBU ที่มีระยะห่างกับกล่องรับสัญญาณ (OBU2) เท่ากับ 2 เมตร
ในกรณี Omnidirectional - Omnidirectional



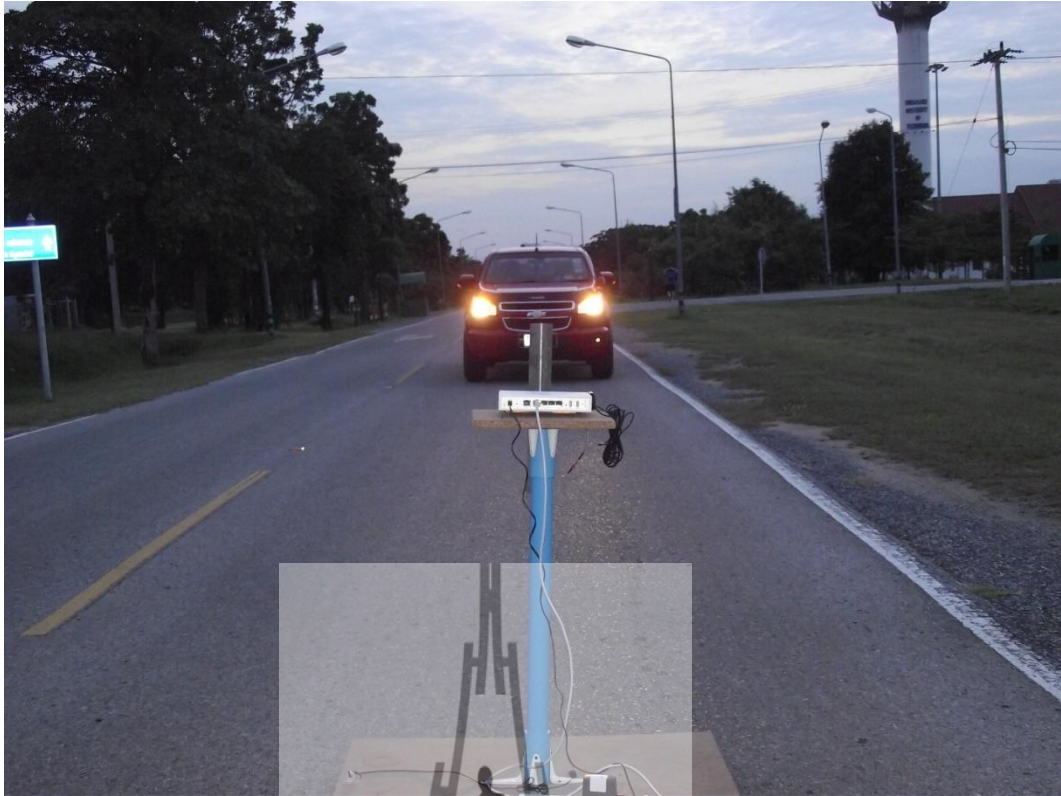
รูปที่ 4.14 การส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ OBU ในขณะที่ไม่มีการสร้างสัญญาณรบกวน
ในกรณี Omnidirectional - Omnidirectional



รูปที่ 4.15 จำลองการสร้างสัญญาณรบกวนที่เข้ามารบกวนการส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ OBU ที่มีระยะห่างกับกล่องรับสัญญาณ (OBU2) เท่ากับ 1 เมตร
ในกรณี Omnidirectional – Directional



รูปที่ 4.16 จำลองการสร้างสัญญาณรบกวนที่เข้ามารบกวนการส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ OBU ที่มีระยะห่างกับกล่องรับสัญญาณ (OBU2) เท่ากับ 2 เมตร ในกรณี Omnidirectional – Directional



รูปที่ 4.17 การส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ OBU ในขณะที่ไม่มีการสร้างสัญญาณรบกวน
ในกรณี Omnidirectional – Directional



รูปที่ 4.18 จำลองการสร้างสัญญาณรบกวนที่เข้ามารบกวนการส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ
OBU ที่มีระยะห่างกับกล่องรับสัญญาณ (OBU2) เท่ากับ 1 เมตร ในกรณี Directional – Directional



รูปที่ 4.19 จำลองการสร้างสัญญาณรบกวนที่เข้ามารบกวนการส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ OBU ที่มีระยะห่างกับกล่องรับสัญญาณ (OBU2) เท่ากับ 2 เมตร ในกรณี Directional - Directional



รูปที่ 4.20 การส่ง-รับสัญญาณของกล่องสัญญาณ OBU ในขณะที่ไม่มีการสร้างสัญญาณรบกวน ในกรณี Directional - Directional

4.4 ผลการวัด

จากขั้นตอนที่ 4.3 จะได้ผลของการวัดออกมาได้ตามตารางและกราฟดังนี้

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Omni-Omni (Ant2.) If AP ON (1m)

Omni-Omni (Ant2.) If AP ON (1m)		
Distance(m)	Pr	Link Quality
100	-68	27
200	-69	26
300	-71	24
400	-76	19
500	-78	17

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Omni-Omni (Ant2.) If AP ON (2m)

Omni-Omni (Ant2.) If AP ON (2m)		
Distance	Pr	Link Quality
100	-66	29
200	-68	27
300	-70	25
400	-74	21
500	-76	19

ตารางที่ 4.3 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Omni-Omni (Ant2.) If AP OFF

Omni-Omni (Ant2.) If AP OFF		
Distance	Pr	Link Quality
100	-64	31
200	-66	29
300	-69	24
400	-72	23
500	-73	22

ตารางที่ 4.4 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Omni-Direct (Ant2.) If AP ON (1m)

Omni-Direct (Ant2.) If AP ON (1m)		
Distance	Pr	Link Quality
100	-66	29
200	-68	27
300	-71	24
400	-74	21
500	-76	19

ตารางที่ 4.5 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Omni-Direct (Ant2.) If AP ON (2m)

Omni-Direct (Ant2.) If AP ON (2m)		
Distance	Pr	Link Quality
100	-64	31
200	-67	28
300	-69	27
400	-72	23
500	-74	21

ตารางที่ 4.6 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Omni-Direct (Ant2.) If AP OFF

Omni-Direct (Ant2.) If AP OFF		
Distance	Pr	Link Quality
100	-62	33
200	-66	29
300	-67	28
400	-69	26
500	-70	25

ตารางที่ 4.7 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Direct-Direct (Ant2.) If AP ON (1m)

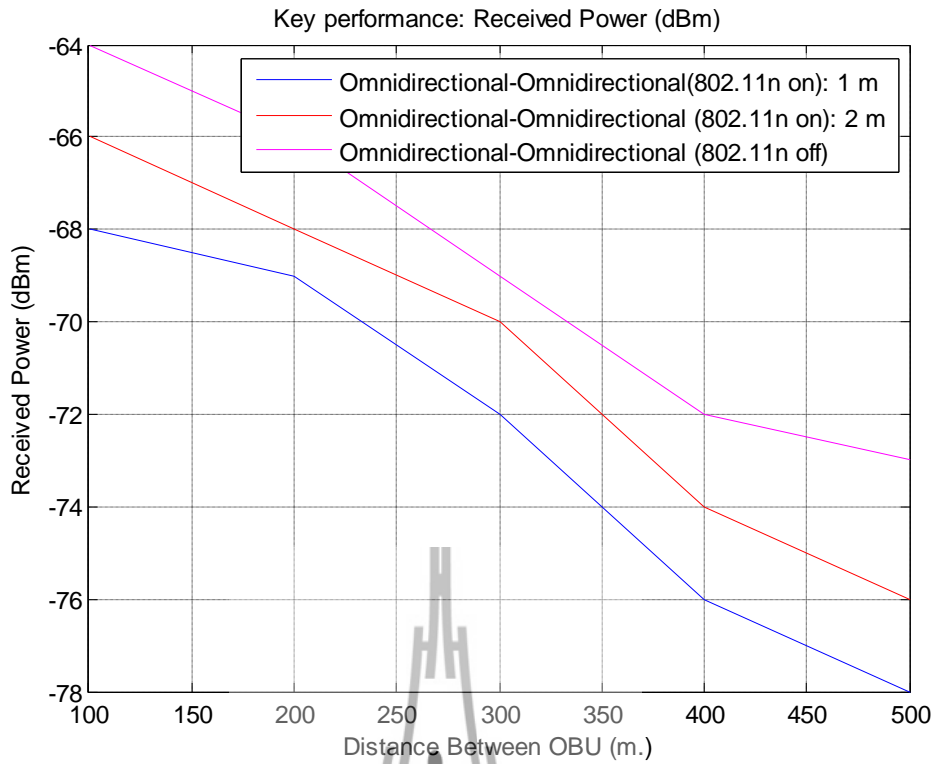
Direct-Direct (Ant2.) If AP ON (1m)		
Distance	Pr	Link Quality
100	-64	31
200	-67	28
300	-69	26
400	-71	24
500	-72	23

ตารางที่ 4.8 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Direct-Direct (Ant2.) If AP ON (2m)

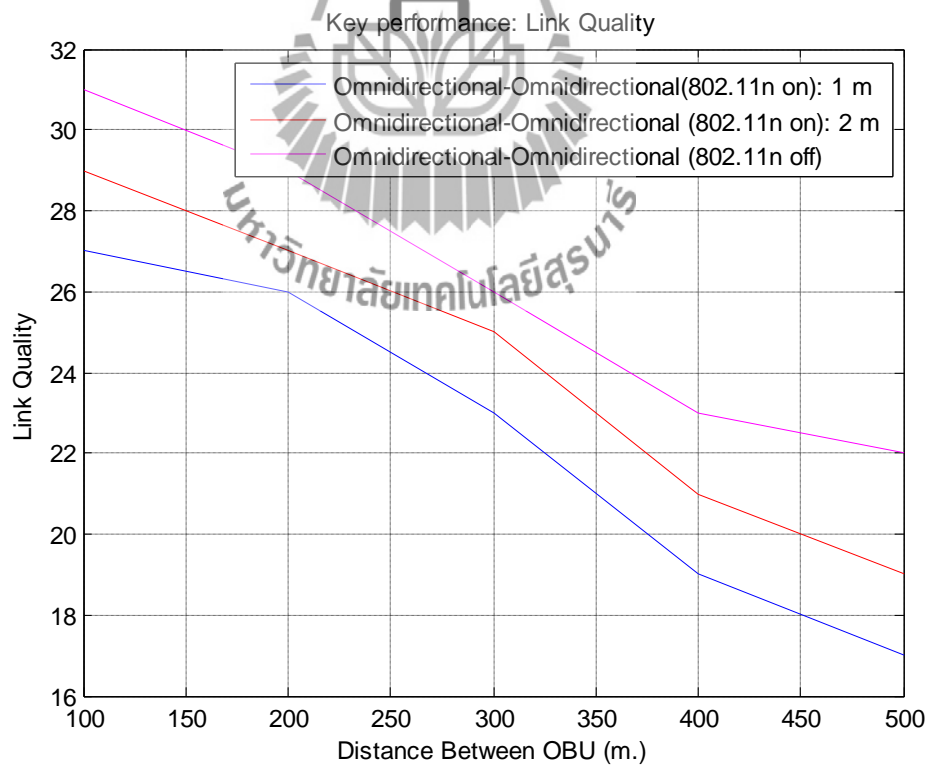
Direct-Direct (Ant2.) If AP ON (2m)		
Distance	Pr	Link Quality
100	-62	33
200	-65	30
300	-67	28
400	-69	26
500	-71	24

ตารางที่ 4.9 ตารางบันทึกผลการทดลองแบบ Direct-Direct (Ant2.) If AP OFF

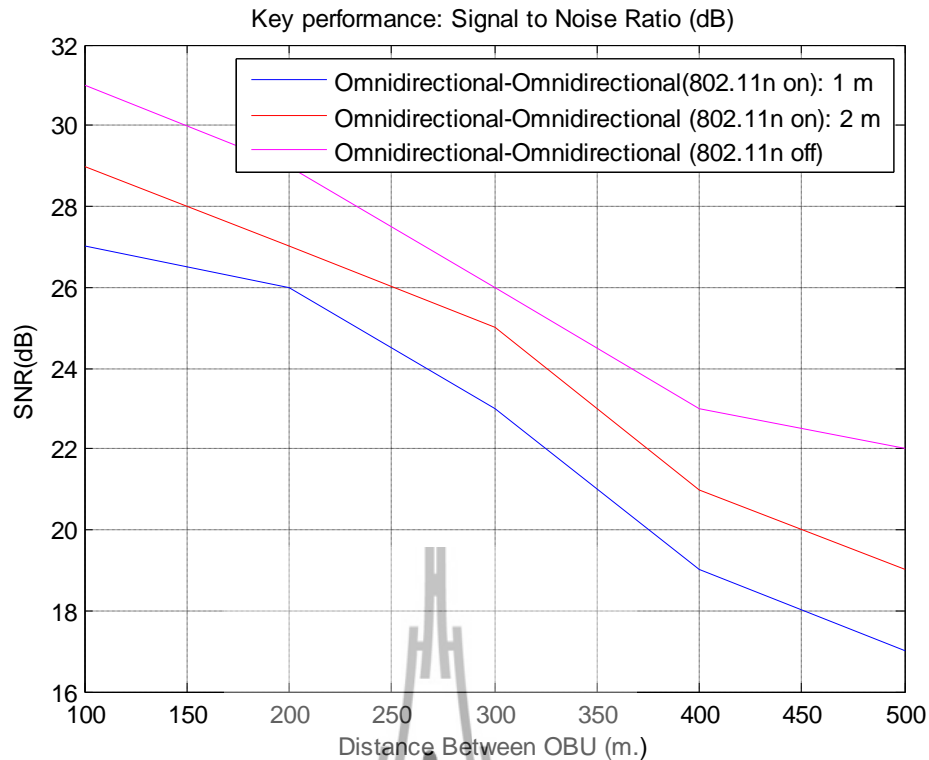
Direct-Direct (Ant2.) If AP OFF		
Distance	Pr	Link Quality
100	-59	36
200	-63	31
300	-65	30
400	-67	28
500	-69	26



รูปที่ 4.21 กราฟเปรียบเทียบ Received Power ในกรณี Omnidirectional – Omnidirectional



รูปที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบ Link Quality ในกรณี Omnidirectional – Omnidirectional

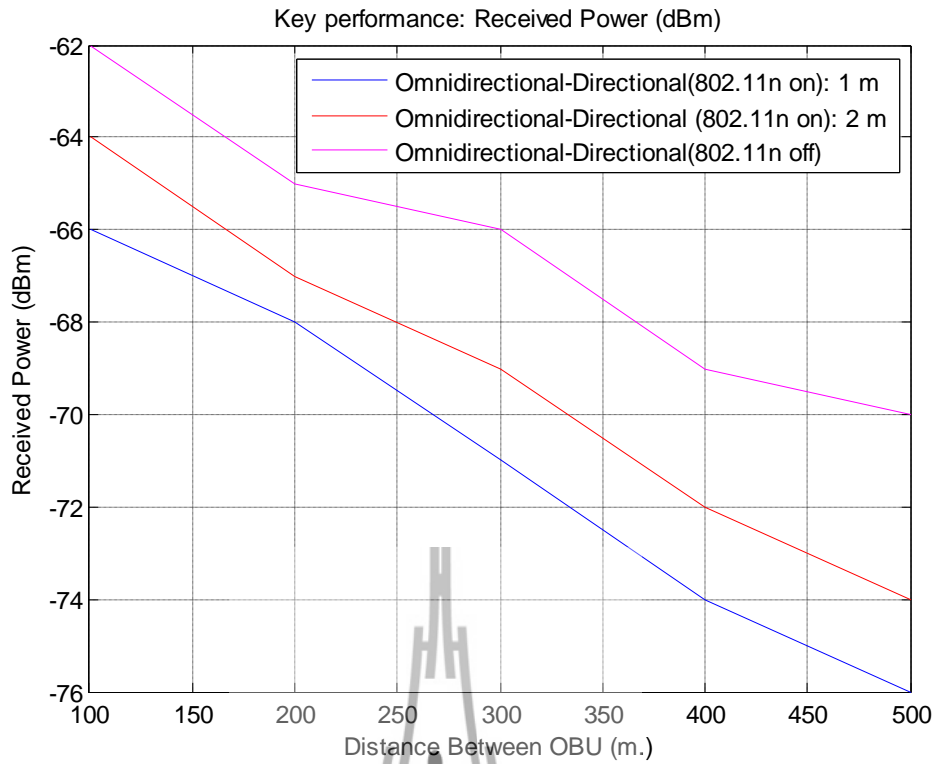


รูปที่ 4.23 กราฟเปรียบเทียบ Signal to Noise Ratio ในกรณี Omnidirectional – Omnidirectional

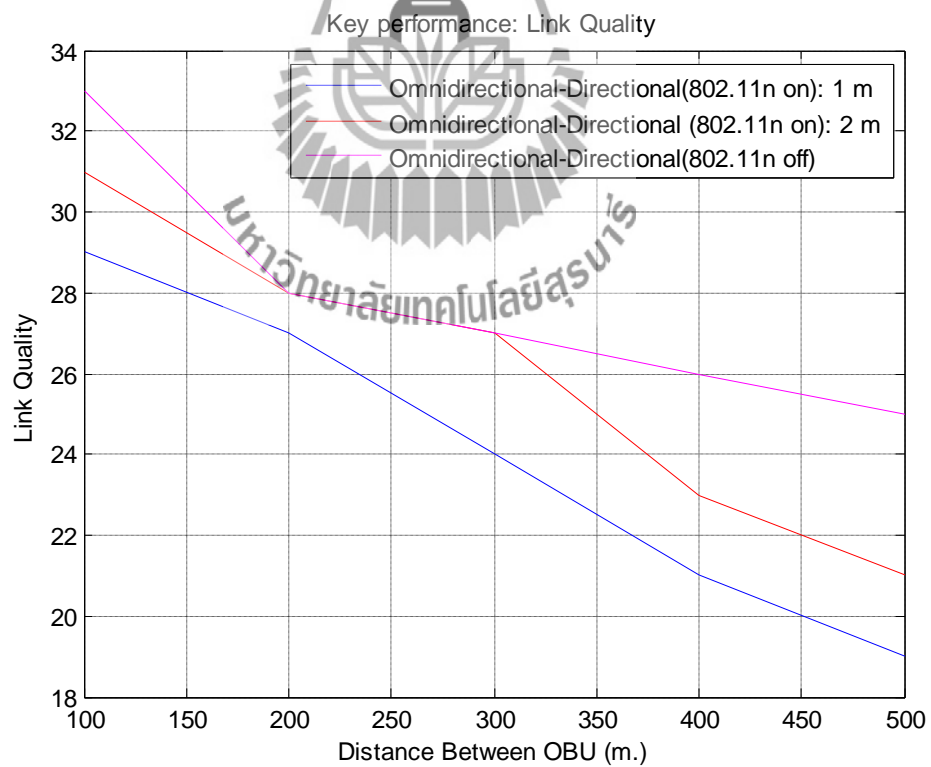
จากรูปที่ 4.21 กราฟเปรียบเทียบระหว่างกำลังงานที่รับได้และระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีกำลังงานที่รับได้มากกว่า บริเวณที่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตร และ 2 เมตร

จากรูปที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบระหว่างคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณมากกว่า บริเวณที่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 m และ 2 m

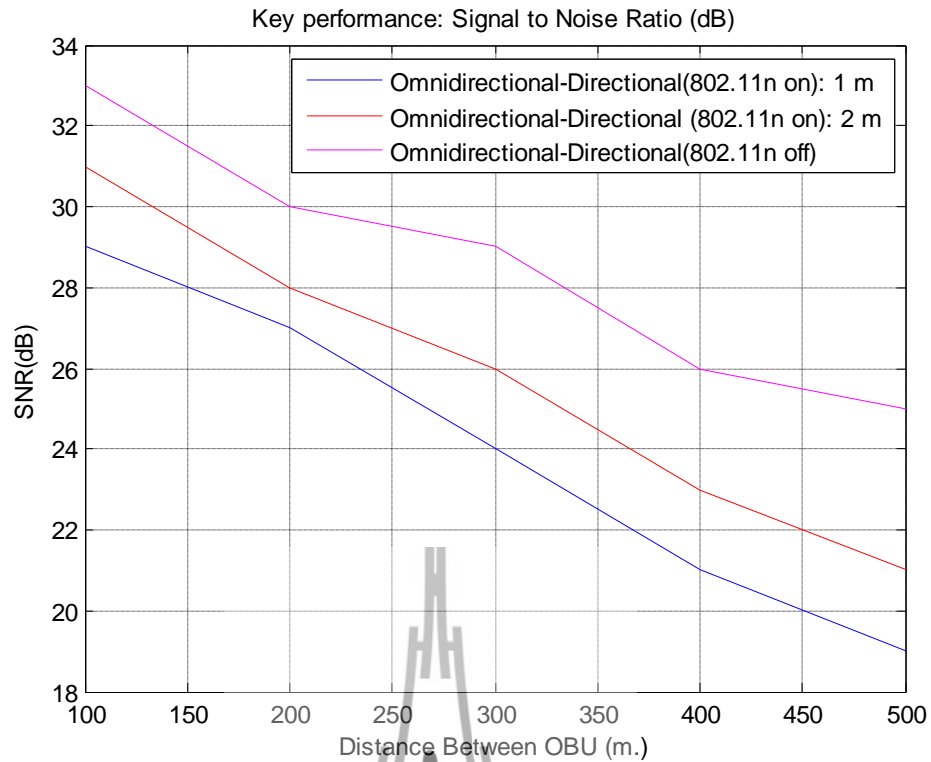
จากรูปที่ 4.23 กราฟเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนมากกว่า บริเวณที่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 m และ 2 m



รูปที่ 4.24 กราฟเปรียบเทียบ Received Power ในกรณี Omnidirectional – Directional



รูปที่ 4.25 กราฟเปรียบเทียบ Link Quality ในกรณี Omnidirectional – Directional

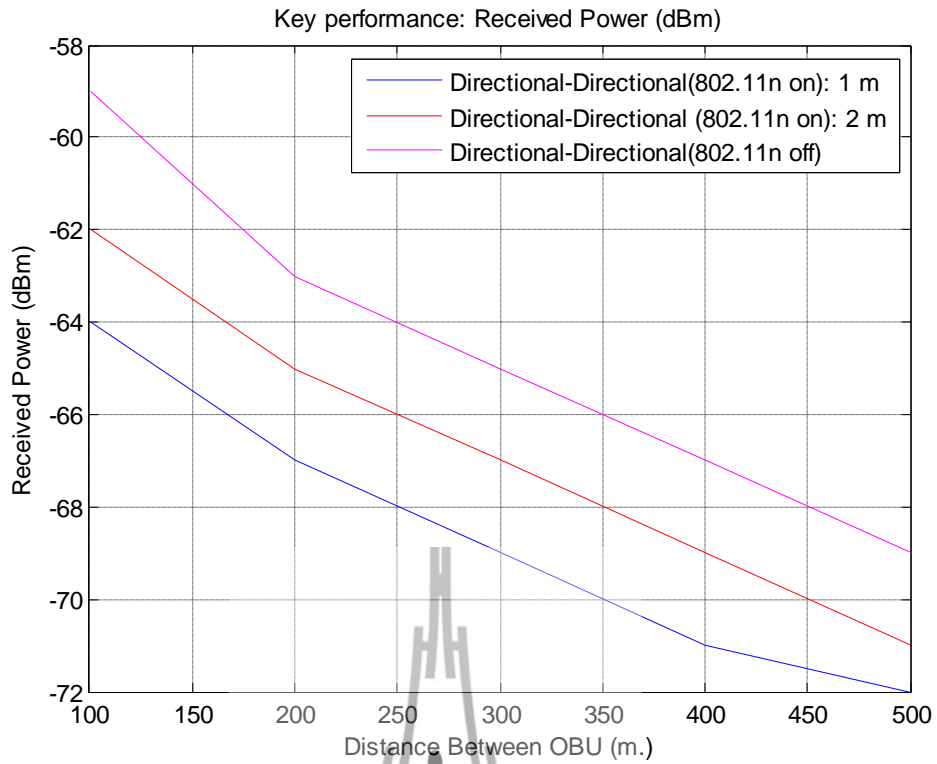


รูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบ Signal to Noise Ratio ในกรณี Omnidirectional – Directional

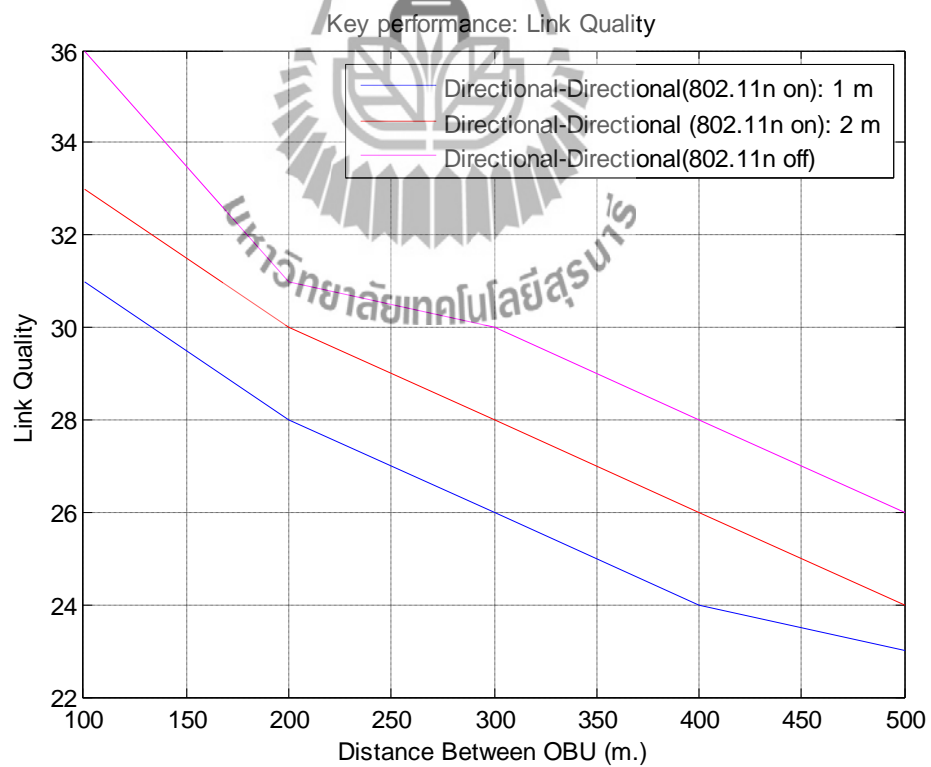
จากรูปที่ 4.24 กราฟเปรียบเทียบระหว่างกำลังงานที่รับได้และระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีกำลังงานที่รับได้มากกว่า บริเวณที่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตร และ 2 เมตร

จากรูปที่ 4.25 กราฟเปรียบเทียบระหว่างคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณมากกว่า บริเวณที่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตร และ 2 เมตร

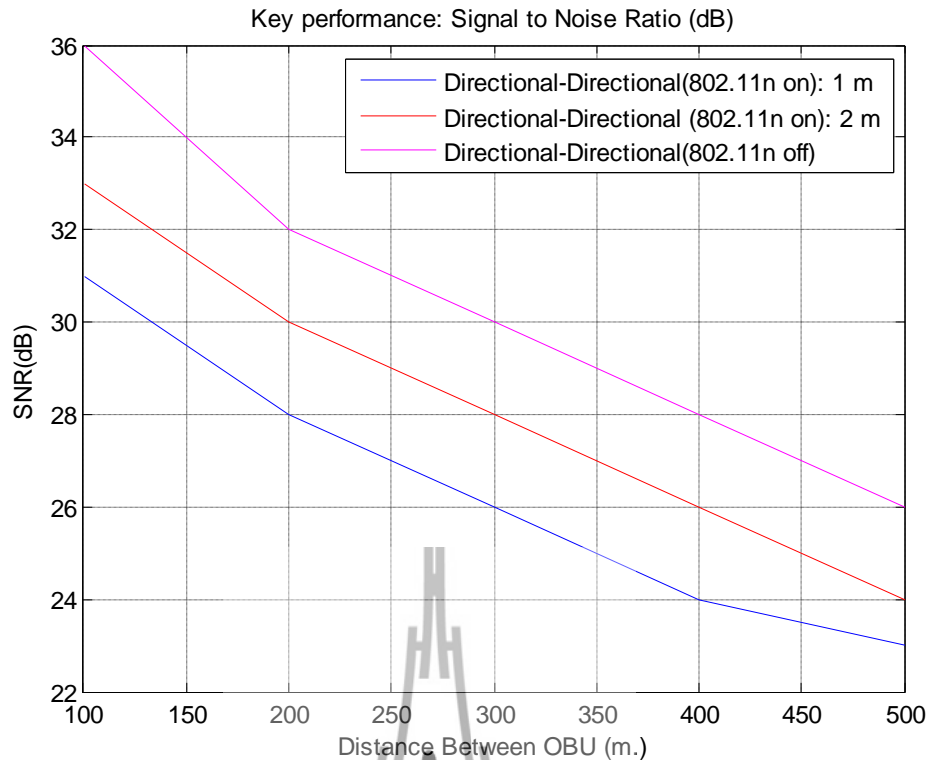
จากรูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนมากกว่า บริเวณที่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตร และ 2 เมตร



รูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบ Received Power ในกรณี Directional – Directional



รูปที่ 4.28 กราฟเปรียบเทียบ Link Quality ในกรณี Directional – Directional

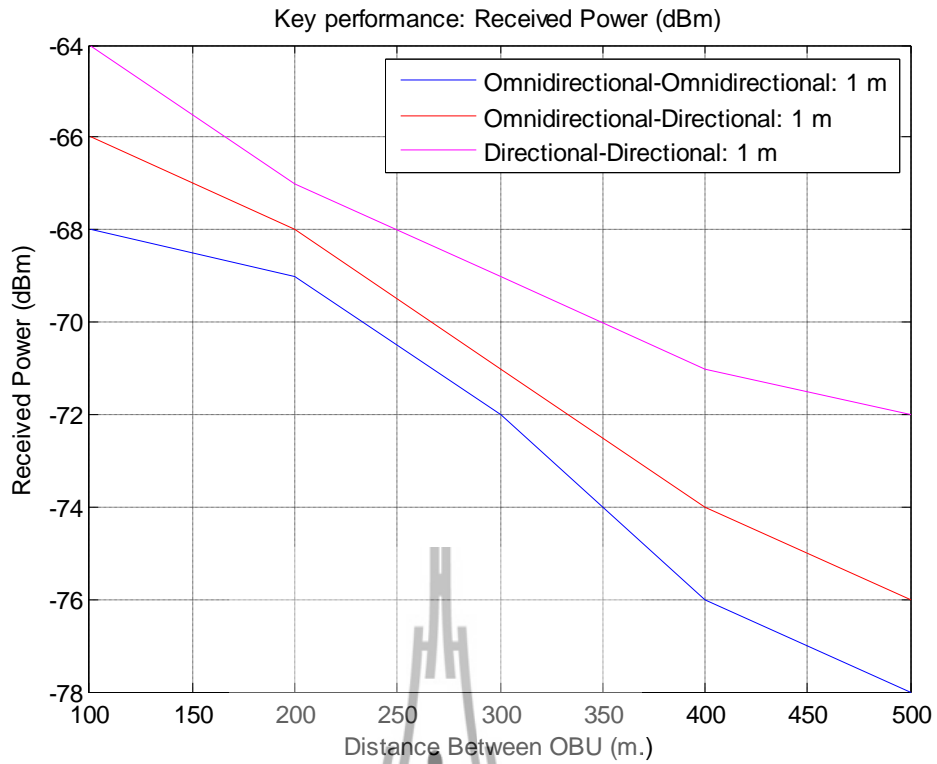


รูปที่ 4.29 กราฟเปรียบเทียบ Signal to Noise Ratio ในกรณี Directional – Directional

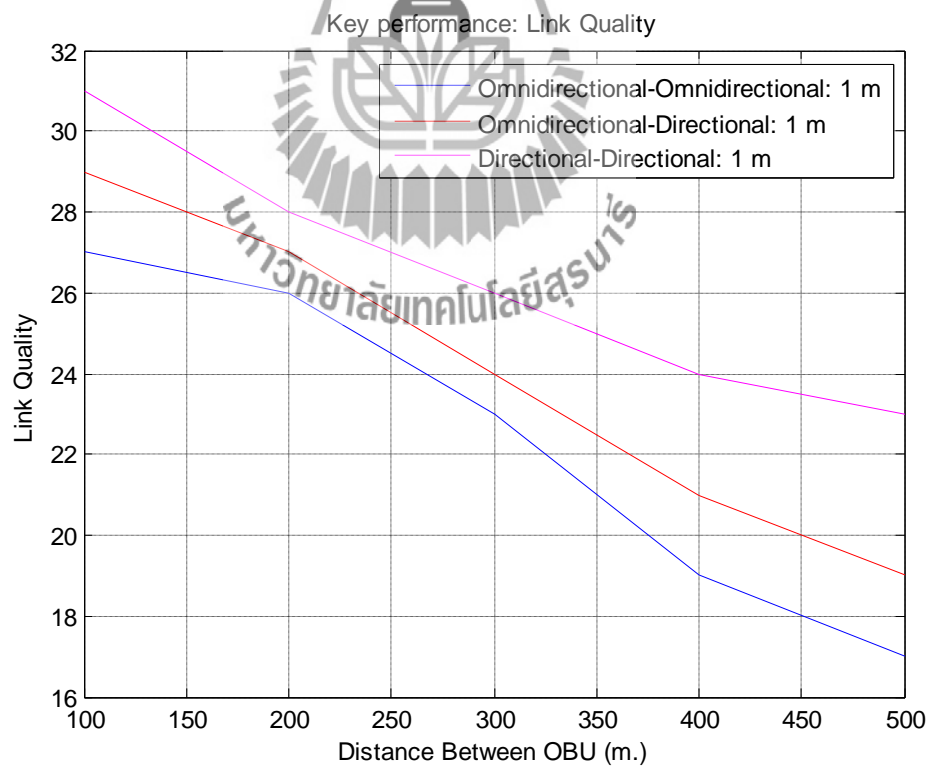
จากรูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบระหว่างกำลังงานที่รับได้และระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีกำลังงานที่รับได้มากกว่า บริเวณที่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตร และ 2 เมตร

จากรูปที่ 4.28 กราฟเปรียบเทียบระหว่างคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณมากกว่า บริเวณที่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตร และ 2 เมตร

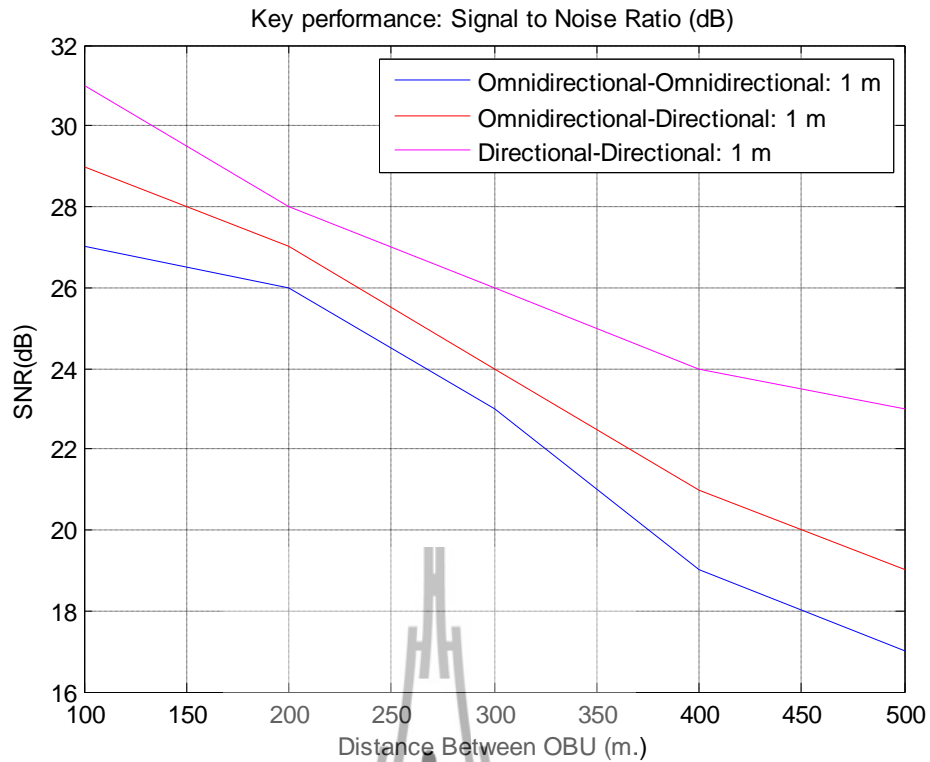
จากรูปที่ 4.29 กราฟเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนมากกว่า บริเวณที่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตร และ 2 เมตร



รูปที่ 4.30 กราฟเปรียบเทียบ Received Power เมื่อมีสัญญาณรบกวนที่ระยะ 1 เมตร



รูปที่ 4.31 กราฟเปรียบเทียบ Link Quality เมื่อมีสัญญาณรบกวนที่ระยะ 1 เมตร

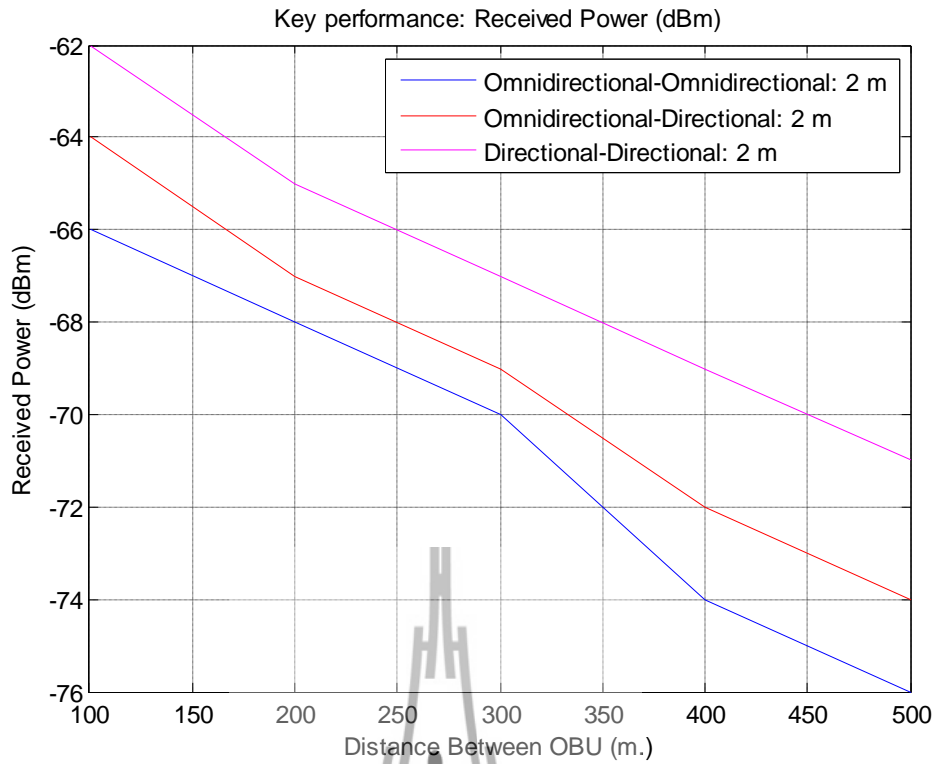


รูปที่ 4.32 กราฟเปรียบเทียบ Signal to Noise Ratio เมื่อมีสัญญาณรบกวนที่ระยะ 1 เมตร

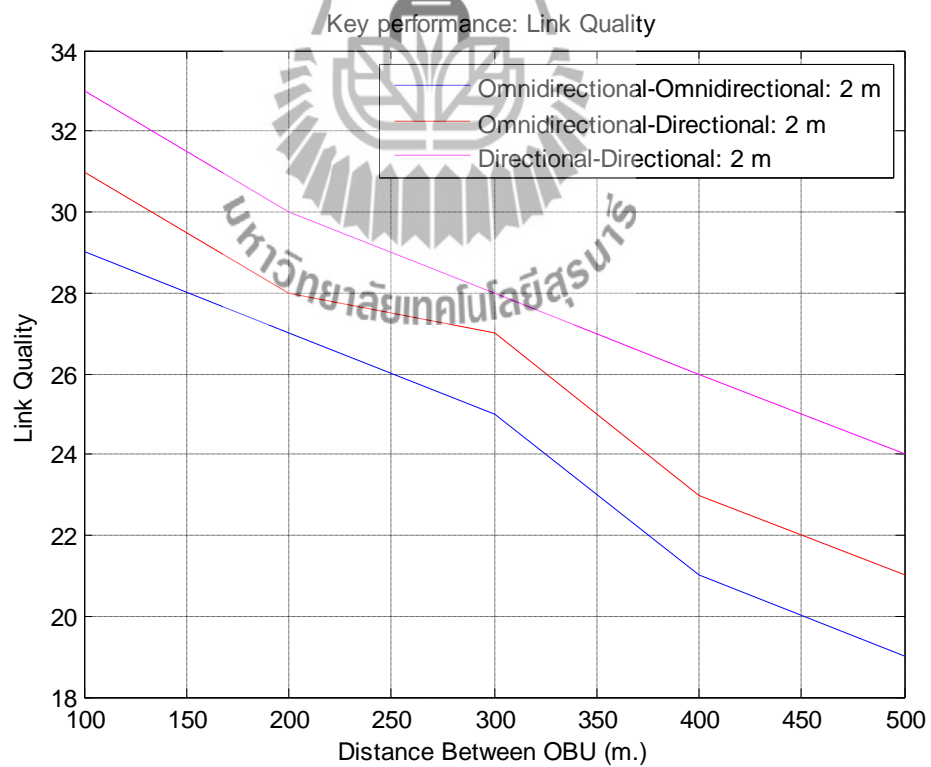
จากรูปที่ 4.30 กราฟเปรียบเทียบระหว่างกำลังงานที่รับได้และระยะห่างระหว่างรถ เมื่อมีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตรจะมีกำลังงานที่รับได้มากกว่า สายอากาศแบบเดิม

จากรูปที่ 4.31 กราฟเปรียบเทียบระหว่างคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อมีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตรจะมีคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณมากกว่า สายอากาศแบบเดิม

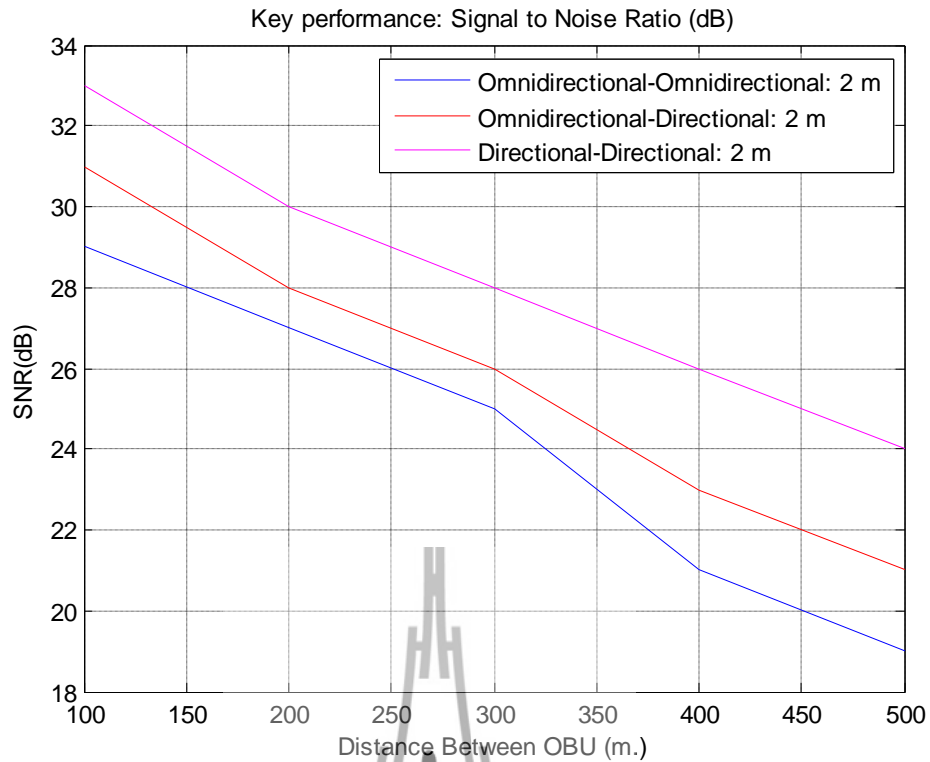
จากรูปที่ 4.32 กราฟเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อมีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 1 เมตร จะมีสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนมากกว่า มากกว่า สายอากาศแบบเดิม



รูปที่ 4.33 กราฟเปรียบเทียบ Received Power เมื่อมีสัญญาณรบกวนที่ระยะ 2 เมตร



รูปที่ 4.34 กราฟเปรียบเทียบ Link Quality เมื่อมีสัญญาณรบกวนที่ระยะ 2 เมตร

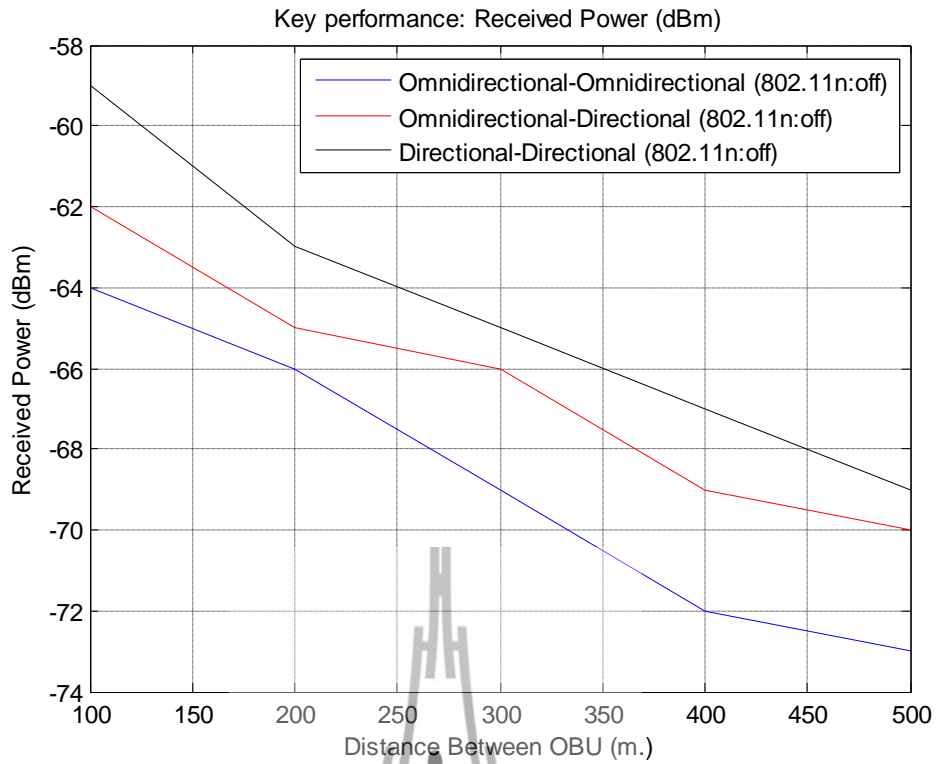


รูปที่ 4.35 กราฟเปรียบเทียบ Signal to Noise Ratio เมื่อมีสัญญาณรบกวนที่ระยะ 2 เมตร

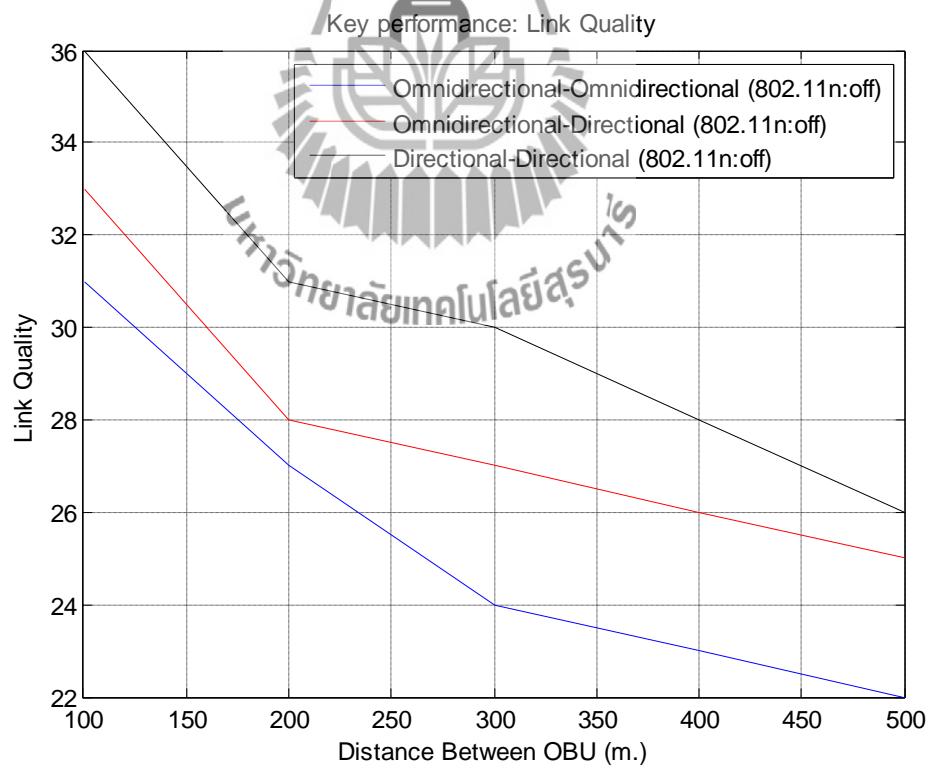
จากรูปที่ 4.33 กราฟเปรียบเทียบระหว่างกำลังงานที่รับได้และระยะห่างระหว่างรถ เมื่อมีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 2 เมตรจะมีกำลังงานที่รับได้มากกว่า สายอากาศแบบเดิม

จากรูปที่ 4.34 กราฟเปรียบเทียบระหว่างคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อมีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 2 เมตรจะมีคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณมากกว่า สายอากาศแบบเดิม

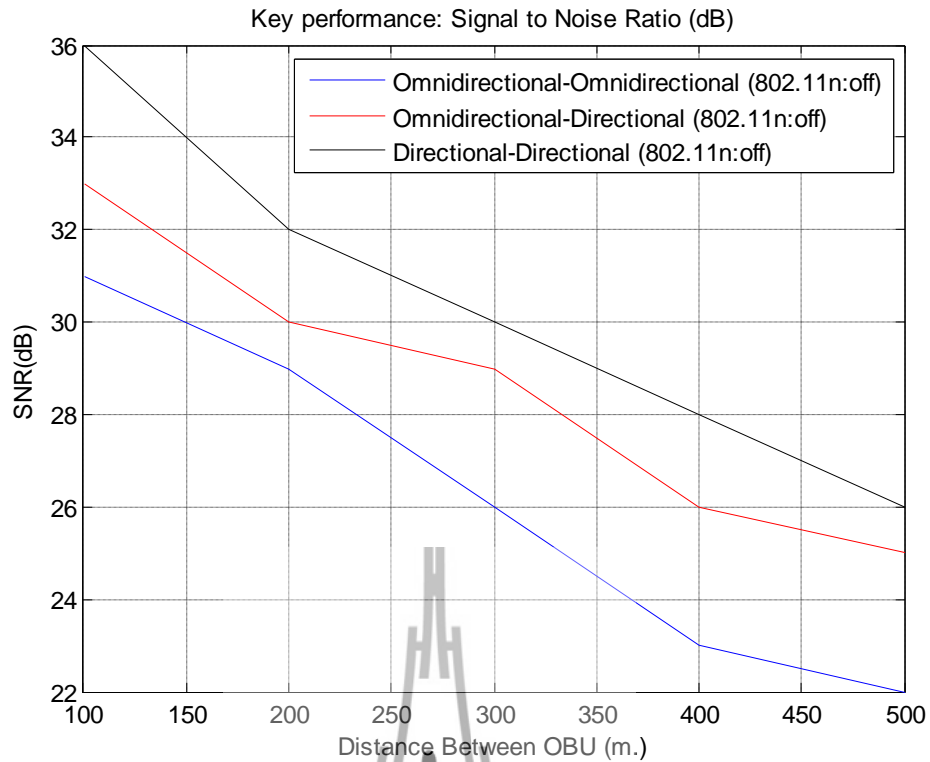
จากรูปที่ 4.35 กราฟเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อมีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ระยะ 2 เมตร จะมีสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนมากกว่า มากกว่า สายอากาศแบบเดิม



รูปที่ 4.36 กราฟเปรียบเทียบ Received Power เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวน



รูปที่ 4.37 กราฟเปรียบเทียบ Link Quality เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวน



รูปที่ 4.38 กราฟเปรียบเทียบ Signal to Noise Ratio เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวน

จากรูปที่ 4.36 กราฟเปรียบเทียบระหว่างกำลังงานที่รับได้และระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีกำลังงานที่รับได้มากกว่า สายอากาศแบบเดิม

จากรูปที่ 4.37 กราฟเปรียบเทียบระหว่างคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีคุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณมากกว่า สายอากาศแบบเดิม

จากรูปที่ 4.38 กราฟเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนและระยะห่างระหว่างรถ เมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n จะมีสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวนมากกว่า มากกว่า สายอากาศแบบเดิม

4.5 สรุป

จากผลการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าเมื่อไม่มีสัญญาณรบกวนจากมาตรฐาน IEEE 802.11n ทั้งกำลังงานที่รับได้,คุณภาพการเชื่อมต่อสัญญาณ,สัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวน ในกรณีที่ใช้สายอากาศที่มี แบบรูปการแผ่พลังงานแบบเจาะจงทิศทาง จะได้ผลที่ดีกว่า สายอากาศแบบเดิม จึงทำให้สรุปได้ว่าสามารถลดสัญญาณแทรกสอดจากช่องสัญญาณข้างเคียงได้ เป็นผลให้คุณภาพของสัญญาณที่รับได้ดีขึ้น โอกาสเกิดความผิดพลาดในการส่งข้อมูลลดลง และเพิ่มความปลอดภัยในการใช้ถนนมากขึ้น



บทที่ 5

5.1 สรุป

โครงการนี้ได้ดำเนินการศึกษาถึงผลกระทบจากการแทรกสอดของช่องสัญญาณข้างเคียง ที่ช่องสัญญาณ 165 ของมาตรฐาน IEEE 802.11n ไปรบกวนช่องสัญญาณ 172 ของมาตรฐาน IEEE 802.11p และได้ทำการศึกษาถึงแนวทางการแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้น จากการสืบค้นหาข้อมูลที่ทำให้ทราบว่าสายอากาศชนิดใดเหมาะสมกับโครงการของเรา นั่นก็คือสายอากาศที่มีแบบรูปการแผ่พลังงานแบบเจาะจงทิศทาง และได้นำเอาทฤษฎีการสะท้อนของสายอากาศมาทำการออกแบบสายอากาศที่มีแบบรูปการแผ่พลังงานแบบเจาะจงทิศทาง โดยเลือกใช้ตัวสะท้อนแบบมุม (Corner Reflector) มาเป็นตัวสะท้อนในการกำหนดทิศทางและความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังที่เหมาะสม [1] ที่มีค่าความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังเท่ากับ 60.5° ค่านี้ได้จากการพิจารณาสภาพจราจรในเขตตัวเมืองเท่านั้น

ในการออกแบบตัวสะท้อนแบบมุมและการวิเคราะห์หาค่าคุณลักษณะของแบบรูปการแผ่พลังงานแบบเจาะจงทิศทางที่เหมาะสม เริ่มจากการศึกษาและวัดพารามิเตอร์หาค่าคุณลักษณะของสายอากาศที่มีแบบรูปการแผ่กระจายกำลังรอบตัวในระนาบเดียวกัน เพื่อใช้เป็นตัวอ้างอิงในการออกแบบตัวสะท้อนแบบมุม โดยที่ค่าพารามิเตอร์ ความกว้างของตัวสะท้อน (l), ความสูงของตัวสะท้อน (h), ระยะห่างระหว่างจุดติดตั้งสายอากาศกับจุดยอดของตัวสะท้อน (s) มีผลต่อการรวบรวมพลังงานไปในทิศทางที่ต้องการ ให้ได้เกือบทั้งหมด และพารามิเตอร์ มุมของตัวสะท้อน (α) มีผลต่อค่าความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง (HPBW) จากนั้นทำการออกแบบโดยกำหนดพารามิเตอร์ของตัวสะท้อนแบบมุม $l = 10.2 \text{ cm}$ $\alpha = 60^\circ$, $h = 45 \text{ cm}$, $s = 0.45\lambda$ ซึ่งพารามิเตอร์เหล่านี้เป็นค่าที่ดีที่สุดที่ได้จากการสุ่มค่าแล้วนำค่าความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังที่เหมาะสมโดยเราจำลองผลด้วยโปรแกรม CST เมื่อได้ความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังที่เหมาะสมตามที่เราต้องการในการสร้างตัวสะท้อนแบบมุมแล้วจากนั้น ก็ทำการสร้างตัวสะท้อนแบบมุม และทำการวัดพารามิเตอร์วิเคราะห์หาค่าคุณลักษณะของสายอากาศจนทำให้ได้คุณลักษณะของตัวสะท้อนตามที่ต้องการ ซึ่งรายละเอียดทั้งหมดได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ทั้งแบบรูปการแผ่กระจายกำลังงานที่มีสภาพแบบเจาะจงทิศทาง ค่า HPBW รวมไปถึงค่าอัตราขยายของสายอากาศที่เพิ่มขึ้น เมื่อสร้างแบบรูปการแผ่พลังงานแบบเจาะจงทิศทางที่ใช้ตัวสะท้อนแบบมุมแล้วนั้น โดยจะมีคุณสมบัติของตัวสะท้อนอื่นๆ เช่น สร้างได้ง่าย ราคาถูก น้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย และเคลื่อนย้ายสะดวก จากนั้นทำการวัดสัญญาณจริง (Outdoor) ในการสื่อสารระหว่างยานพาหนะ

สำหรับการศึกษาการในการใช้งานการสื่อสารระหว่างยานพาหนะนั้น ได้ทำการทดลอง โดย รับ-ส่งข้อมูลที่ช่องสัญญาณ 172 สำหรับการทดสอบส่งข้อมูล Basic Safety Message ผ่านสายอากาศทดสอบพร้อมติดตั้งตัวสะท้อน โดยที่ยานพาหนะมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

ภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ด้วยการจำลองแบบ รวมถึงการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในทางสถิติ ในการทดสอบจะแบ่งแบบจำลองออกเป็น 3 แบบเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน ค่าที่เราสนใจในการวัดค่าครั้งนี้ประกอบไปด้วย ค่ากำลังงานที่ภาครับ (Pr), Link Quality และค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SNR) เนื่องจากในทางปฏิบัติเราไม่สามารถวัดค่ากำลังของสัญญาณที่ต้องการและสัญญาณแทรกสอดได้ แต่ผลรวมของทั้งสองสัญญาณนี้ทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการส่งข้อมูลอย่างแน่นอน ดังนั้นค่าความผิดพลาดของข้อมูลน้อยๆ ก็เสมือนว่ามีกรแทรกสอดน้อยๆ ซึ่งในทางปฏิบัติถ้าวัดความแรงของสัญญาณได้สูงๆก็แปลว่ามีสัญญาณแทรกสอดต่ำ[14] ซึ่งรายละเอียดทั้งหมดได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 จากกราฟผลการทดลองที่ได้ทั้งหมดในการทำโครงการนี้ สามารถสรุปได้ว่าการใช้แบบรูปการแผ่พลังงานแบบเจาะจงทิศทางสามารถรับพลังงานที่ภาครับ ได้ดีกว่าการใช้แบบรูปการแผ่พลังงานแบบรอบตัวในระนาบเดียวแบบเดิมและสามารถลดผลกระทบของสัญญาณแทรกสอดจากช่องสัญญาณข้างเคียงได้ แก้ไขปัญหาด้านการจราจร ลดปัญหาการเกิดอุบัติเหตุ เพิ่มความปลอดภัยในการใช้ถนน แก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดโดยปราศจากการก่อสร้างถนนใหม่

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

ในการทำโครงการนี้มีอุปสรรคและปัญหามากมาย เช่น ในการวัด Pattern ของสายอากาศ โดยใช้เครื่อง Network Analyzer ที่มีการเชื่อมต่อของสาย RG 136 ซึ่งไม่สามารถรู้ค่าและคำนวณการสูญเสียภายในสายได้ และในการวัดสัญญาณที่ Outdoor ปัญหาที่เจอคือการใช้โปรแกรมที่ใช้ในการวัด รับ - ส่ง ข้อมูลจำค่าเก่า และสามารถควบคุมรถที่วิ่งผ่านไปมาได้ยากเนื่องจากหาสถานที่ ที่ไม่มีการสัญจรของรถเลยได้ยากแม้กระทั่งตอนตีๆ ยังคงมีการใช้รถใช้ถนนอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจึงไม่สามารถลดผลที่อาจจะเกิดจากสัญญาณหลายวิถีได้เช่นกัน มีอีกปัญหาที่ถือได้ว่าเป็นสุดยอดของปัญหาในการทำโครงการในครั้งนี้ นั่นก็คือฝนตก ซึ่งระยะเวลาที่จัดทำโครงการนี้อยู่ในช่วงของฤดูฝนพอดี ฝนตกนั้นเป็นอุปสรรคอย่างมากในการออกไปวัดสัญญาณ Outdoor

แนวทางแก้ไขปัญหาโปรแกรมที่ใช้ในการวัด รับ - ส่ง ข้อมูล จำค่าเก่าก็คือส่งเป็นแบบ Real Time และการแก้ไขเรื่องรถที่วิ่งผ่านไปมานั้นก็ควรเลือกช่วงเวลาที่มียานวนรถที่วิ่งผ่านไปมาให้น้อยที่สุดจึงทำการวัดสัญญาณ ปัญหาฝนตกนั้นการแก้ปัญหาก็ควรเลือกทำโครงการในช่วงของฤดูอื่นๆ แต่คณะผู้จัดทำมีความจำเป็นในการที่จะต้องจัดทำโครงการนี้ในช่วงนี้ ผู้จัดทำเองก็แก้ปัญหาด้วยการดูสภาพอากาศแต่ละวัน และเลือกทำการวัดสัญญาณในวันที่ฟ้าเปิด

ประวัติผู้เขียน

นายเสกสรรค์ เจริญลาภ เกิดเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2534 ภูมิลำเนาอยู่ที่ บ้านเลขที่ 474 ตำบลปะหลาด อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนพยัคฆภูมิวิทยาคาร เมื่อปี พ.ศ. 2552 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นายจีระวัช ธีระจิ่ง เกิดเมื่อวันที่ 13 มกราคม พ.ศ.2535 ภูมิลำเนาอยู่ที่ บ้านเลขที่ 257 ตำบลบ้านกาศ อำเภอแม่สะเรียง จังหวัด แม่ฮ่องสอน สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนแม่สะเรียง “บริพัตร”ศึกษา เมื่อปี พ.ศ. 2552 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



บรรณานุกรม

- [1] นายเศรษฐวิทย์ ภูฉายา, ความกว้างลำคลื่นที่เหมาะสมของระบบสลับลำคลื่น เพื่อการสื่อสารระหว่างยานพาหนะในระบบขนส่งอัจฉริยะ **“Optimum Beamwidth of Switched – Beam System for Vehicle to Vehicle Communication in ITS ”**, SUT
- [2] Hyunseo Oh; Chungil Yae; Donghyon Ahn; Hanberg Cho, **"5.8 GHz DSRC packet communication system for ITS services,"** Vehicular Technology Conference, 1999. VTC 1999 - Fall. IEEE VTS 50th , vol.4, no., pp.2223,2227 vol.4,
- [3] Bera, R.; Bera, J.; Sil, S.; Dogra, S.; Sinha, N.B.; Mondal, D., **"Dedicated short range communications (DSRC) for intelligent transport system,"** Wireless and Optical Communications Networks, 2006 IFIP International Conference on , vol., no., pp.5 pp.,5, 0-0 0
- [4] Gozalvez, J.; Sepulcre, M.; Bauza, R., **"IEEE 802.11p vehicle to infrastructure communication in urban environments",** Communication Magazine, IEEE , vol.50, no.5, pp.176,183,May 2012
- [5] Fan Bai; Krishnan, H., **"Reliability Analysis of DSRC Wireless Communication for Vehicle Safety Applications"** Intelligent Transportation Systems Conference, 2006. ITSC '06.IEEE, vol., no .,pp.355,362, 17-20 Sept.2006
- [6] Mecklenbrauker, C.F.; Molisch, A.F.; Karedal, J.; Tufvesson, F.; Paier, A.; Bernado, L.; Zemen, T.; Klemp, O.; Czink, N., **"Vehicular Channel Characterization and Its Implications for Wireless System Design and Performance,"** Proceedings of the IEEE , vol.99, no.7, pp.1189,1212, July 2011
- [7] Jiang, D., Taliwal, Meier, V., Holfelder, W., and Herrtwich, R. (2006) **Design of 5.9 ghz dsrc-based vehicular safety communication.**Wireless Communications, IEEE Volume 13
- [8] อรรถณพ ขันติกุลม, **ออกแบบและติดตั้งระบบ Wireless LAN 2th Edition.** นนทบุรี : ไอดีซี, 2553

- [9] รศ.ดร.รังสรรค์ วงศ์สวรรค์ (2008), **วิศวกรรมสายอากาศ Antenna Engineering** , SUT
- [10] Fei Liu; Zhijun Zhang; Wenhua Chen; Zhenghe Feng; Iskander, M.F., "**An Endfire Beam-Switchable Antenna Array Used in Vehicular Environment**," *Antennas and Wireless Propagation Letters, IEEE* , vol.9, no., pp.195,198, 2010
- [11] Kun-chan Lan, Chien-Ming Chou, and Da-Jhong Jin "**The Effect of 802.11a on DSRC for ETC Communication**", 2012 IEEE Wireless Communications and Networking Conference: Mobile and Wireless Networks
- [12] Constantine A. Balanis, "**ANTENNA THEORY ANALYSIS AND DESIGN**", Copyright 2005 by John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.
- [13] <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/intelligent-transport>
- [14] ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.พีระพงษ์ อุซารัสกุล, ระบบสื่อสารเคลื่อนที่ Mobile Communication Systems, SUT

