

บทที่ 4

การวัดและทดสอบสายอากาศแบบเฮลิคซ์

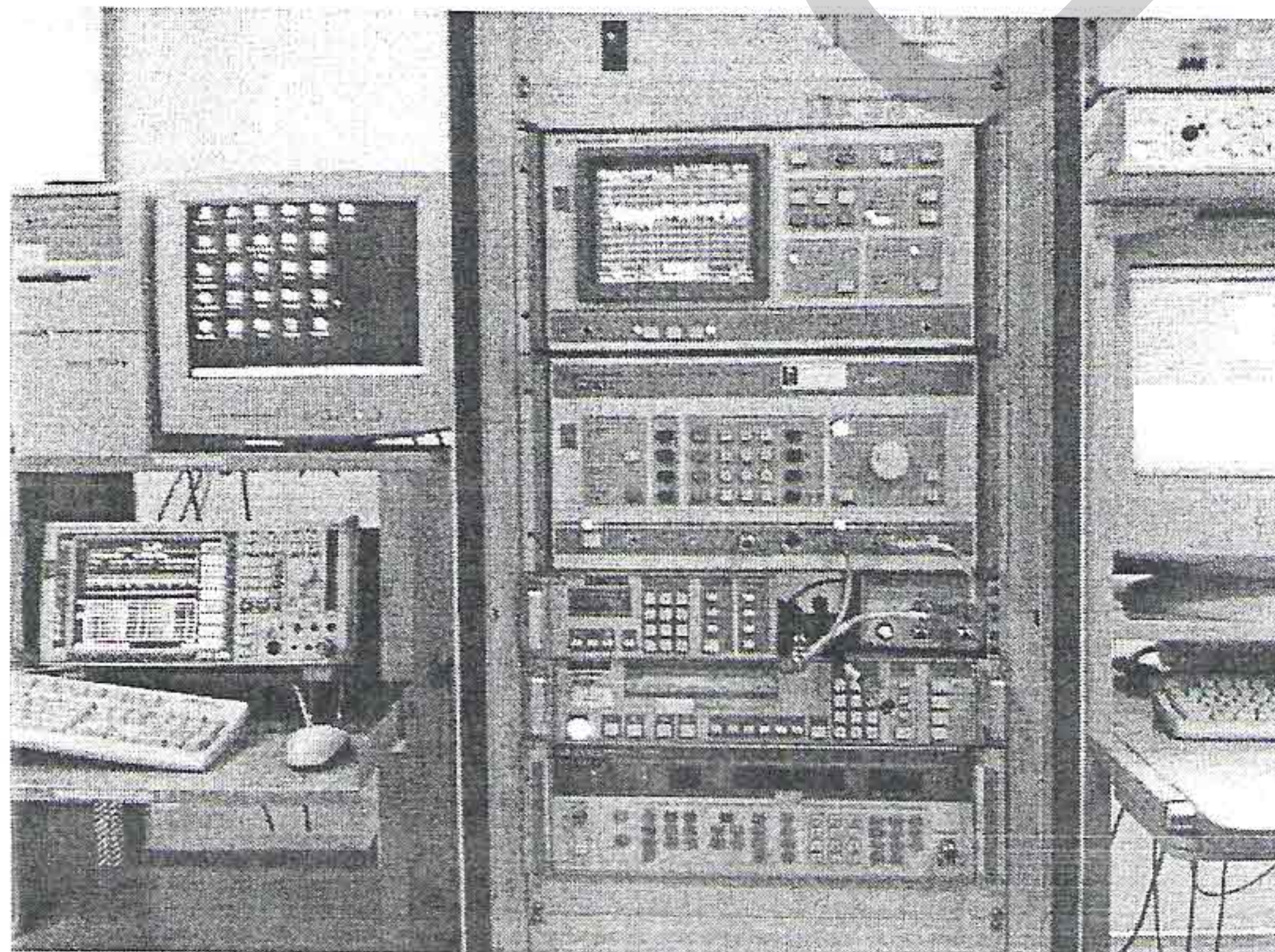
ในบทนี้จะกล่าวถึงการวัดและทดสอบคุณลักษณะต่าง ๆ ของสายอากาศแบบเฮลิคซ์ที่ได้ ออกแบบและสร้างไว้ในบทที่ 3 ในวัดและทดสอบสายอากาศแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ การวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสายอากาศ และการทดสอบสายอากาศในการใช้งานจริงในการเชื่อมต่อ เครื่องข่ายคอมพิวเตอร์ ระหว่างอาคารผ่านบริคจ์ไร้สาย และการทดสอบการวัดค่ากำลังของสัญญาณ ที่ระยะทางต่าง ๆ กัน

4.1 การวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสายอากาศ

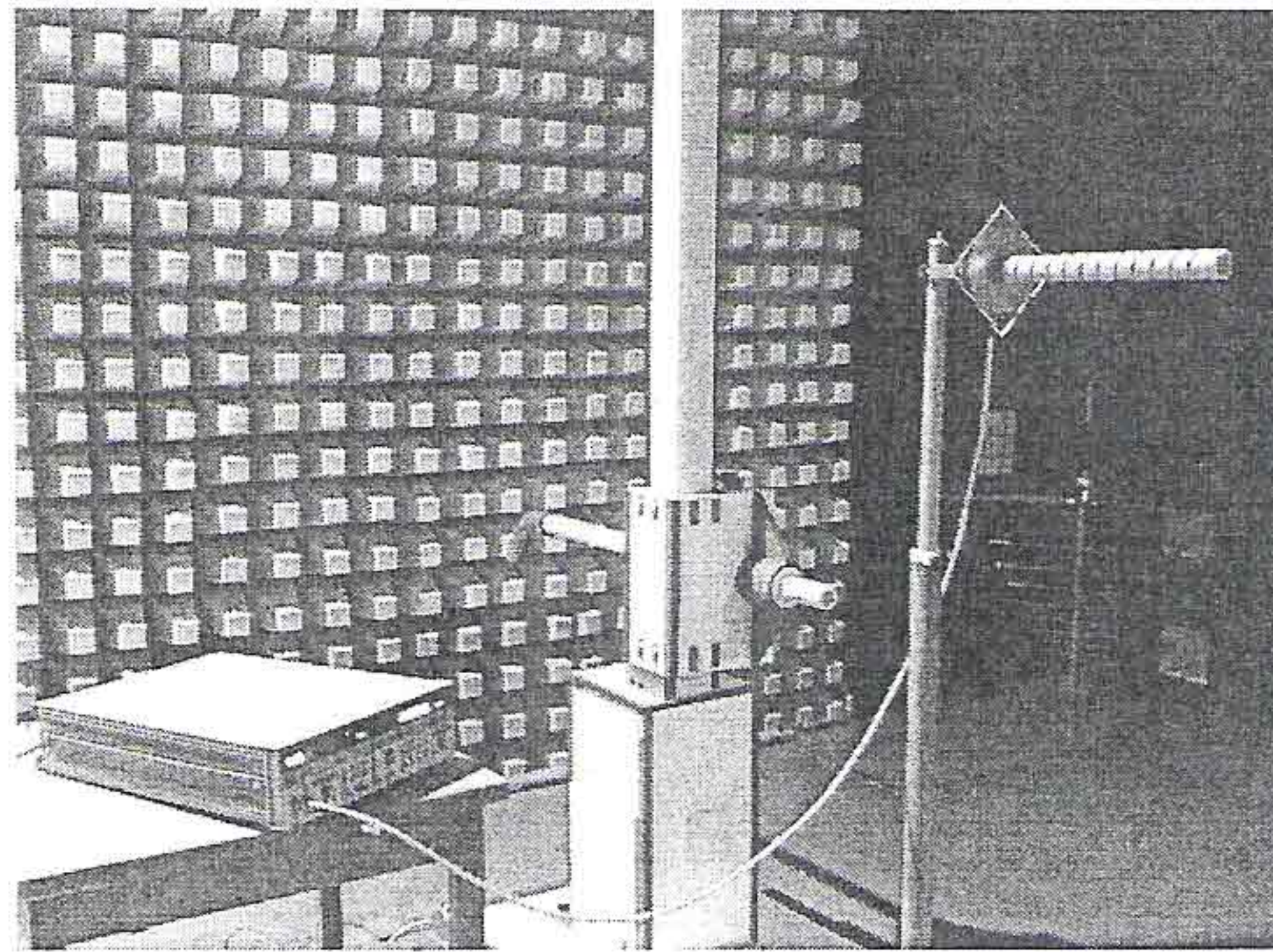
ในการวัดหาคุณสมบัติของสายอากาศนั้น เราได้นำสายอากาศแบบเฮลิคซ์ที่ถูกสร้างขึ้นไป ทดสอบที่ ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Electrical and Electronic Products Testing Center : PTECH) การทดสอบครั้งนี้เราได้ทำการวัดค่า โดยวัดรูปแบบการแผ่พลังงาน (radiation pattern) ความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (return loss :RL) และอัตราขยาย (gain)

4.1.1 การวัดรูปแบบการแผ่พลังงาน (radiation pattern) ของสายอากาศ

ในขั้นแรกเราทำการวัดรูปแบบการแผ่พลังงาน โดยชุดวัดการแพร่กระจายคลื่นของ สายอากาศ ดังรูป 4.1 และสายอากาศแบบเฮลิคซ์ที่ใช้วัดจะอยู่ในห้องที่ไม่มีการสะท้อน คลื่นสัญญาณได้ ดังรูป 4.2



รูปที่ 4.1 เครื่องมือวัดรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศ

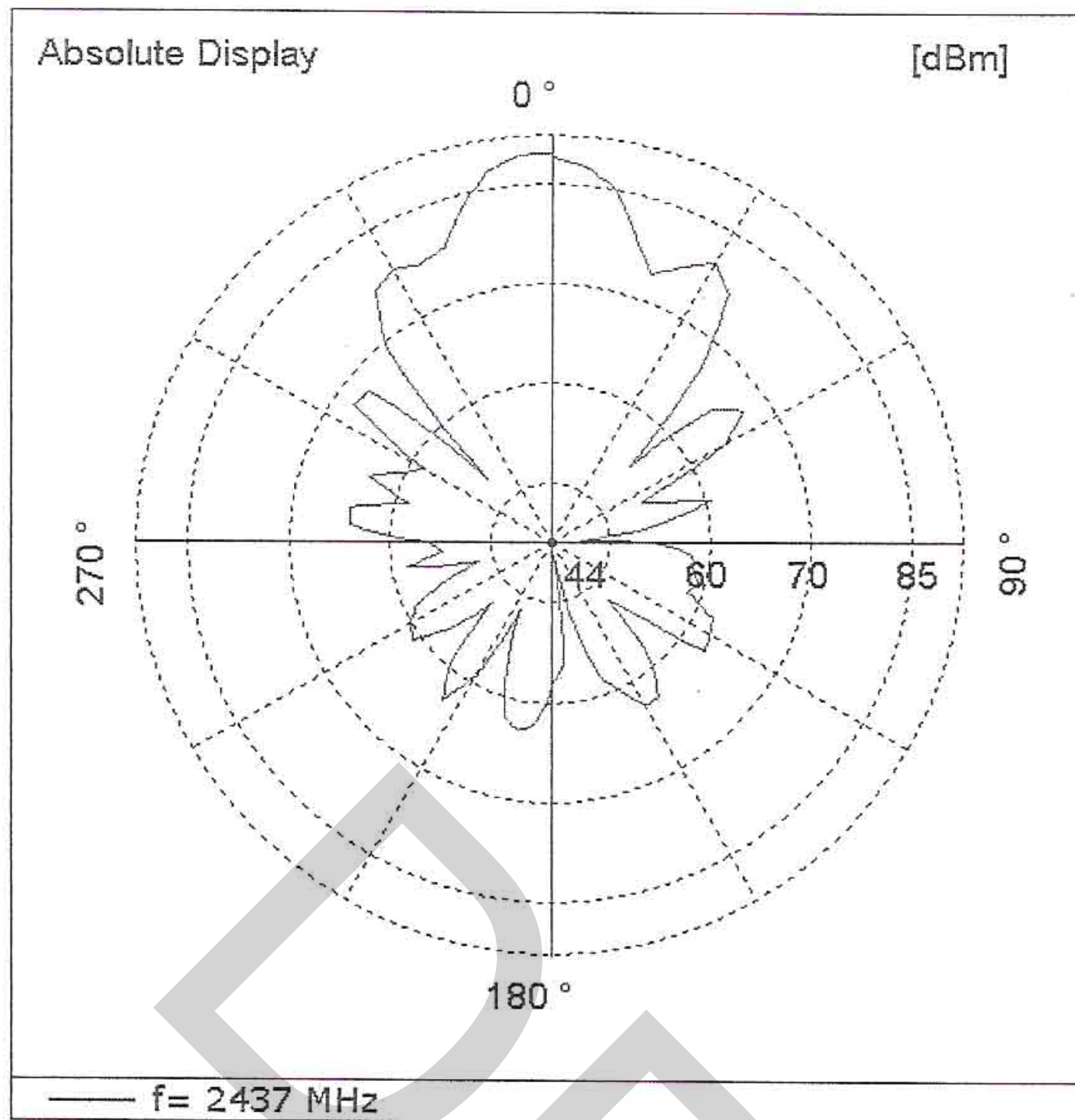


รูปที่ 4.2 การติดตั้งสายอากาศในการทดสอบรูปแบบการแผ่พลังงาน

ในการวัดดังรูป 4.2 สายอากาศด้านรับจะหมุนรอบตัวเองในมุมต่าง ๆ ครั้งละ 5 องศาเพื่อที่วัดค่ากำลังที่รับได้ โดยผลของค่ากำลังสัญญาณที่รับได้อยู่ในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 กำลังของสัญญาณที่รับได้ของการหมุนในมุม 0 ถึง 360 องศา

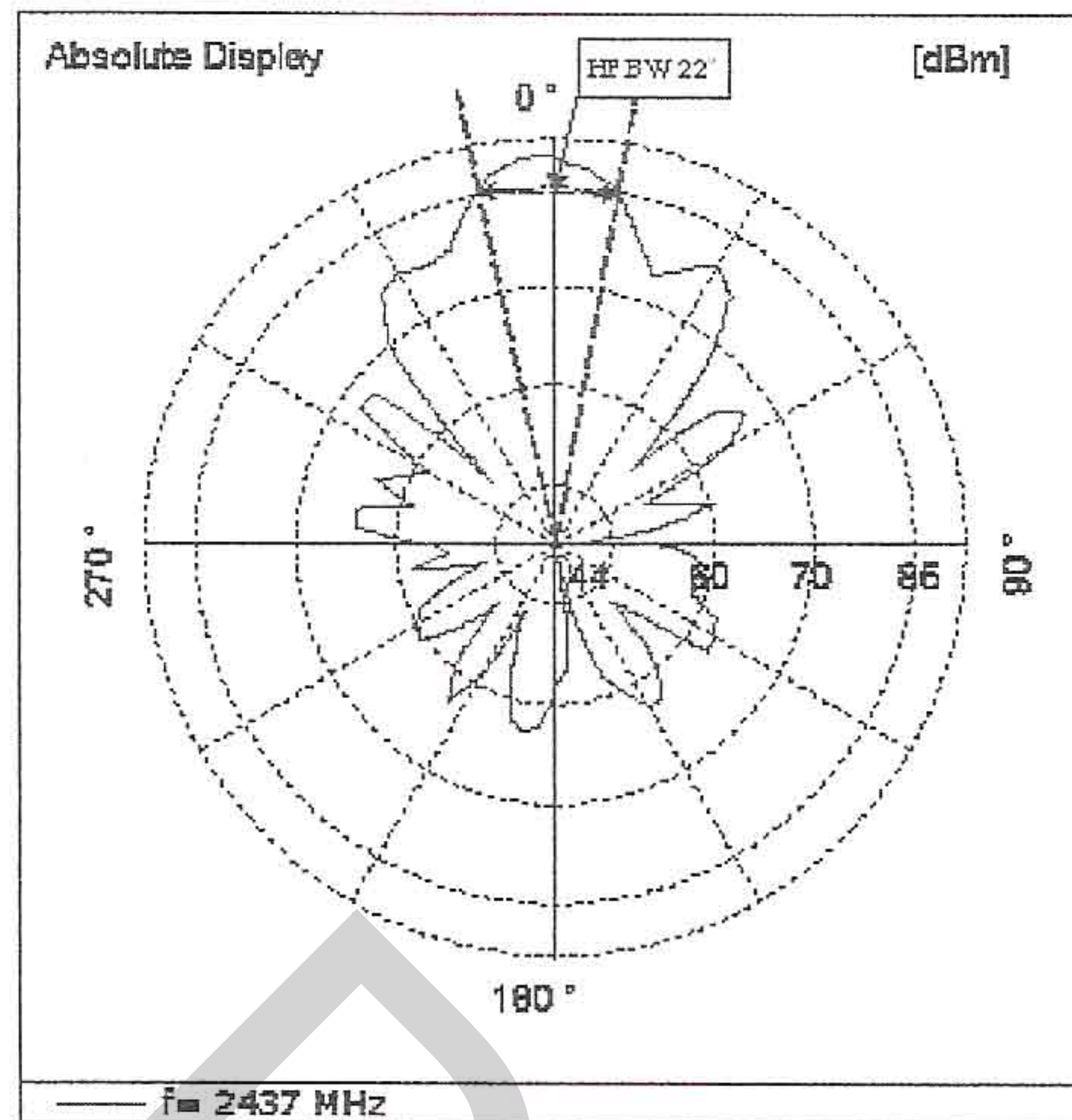
Freq. deg	Level dBm	Freq. deg	Level dBm	Freq. deg	Level dBm	Freq. deg	Level dBm	Freq. deg	Level dBm	Freq. deg	Level dBm
0.00	82.76	65.00	53.78	130.00	54.87	195.00	61.98	260.00	58.54	325.00	74.53
5.00	81.90	70.00	55.74	135.00	52.00	200.00	57.48	265.00	55.01	330.00	75.55
10.00	80.07	75.00	60.34	140.00	59.19	205.00	51.30	270.00	56.41	335.00	74.73
15.00	75.70	80.00	54.97	145.00	62.54	210.00	59.32	275.00	64.00	340.00	75.45
20.00	72.63	85.00	46.95	150.00	62.64	215.00	63.03	280.00	64.21	345.00	78.80
25.00	74.51	90.00	53.96	155.00	60.15	220.00	59.73	285.00	58.57	350.00	81.79
30.00	76.36	95.00	58.00	160.00	58.22	225.00	52.27	290.00	63.22	355.00	83.04
35.00	74.53	100.00	58.30	165.00	52.67	230.00	57.18	295.00	60.30	360.00	83.14
40.00	67.07	105.00	58.99	170.00	45.42	235.00	60.76	300.00	58.67		
45.00	54.87	110.00	58.48	175.00	56.24	240.00	60.27	305.00	67.97		
50.00	64.73	115.00	61.63	180.00	58.24	245.00	58.72	310.00	67.54		
55.00	67.19	120.00	62.16	185.00	61.87	250.00	55.09	315.00	53.02		
60.00	63.97	125.00	62.67	190.00	62.99	255.00	51.53	320.00	69.32		



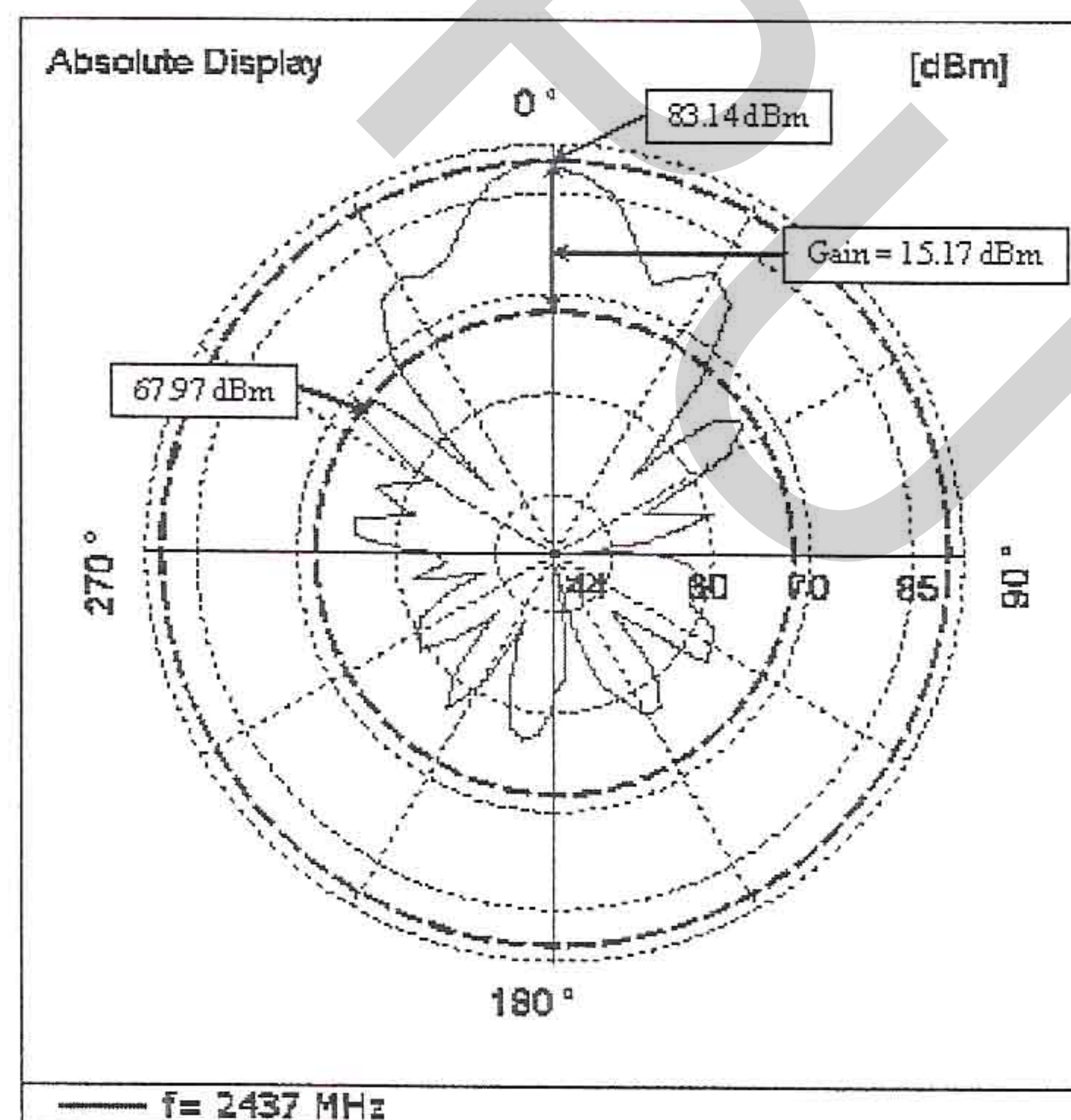
รูปที่ 4.3 รูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศแบบเฮลิคซ์

เมื่อนำค่าที่ได้จากตาราง 4.1 มาหาพล็อตหารูปแบบการแผ่พลังงานจะได้ดังรูป 4.3 จะเห็นได้ว่ารูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศที่เราออกแบบไว้ มีรูปแบบใกล้เคียงกับรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นตามทฤษฎี ที่มีรูปแบบลำคลื่นเป็นรูปปลายคิโนสอ (pencil-beam) จากรูปแบบการแผ่พลังงานที่ได้เราสามารถวัดค่าความกว้างลำครึ่งกำลัง (Half Power Beam Width : HPBW) ได้ดังรูปที่ 4.4 โดยจากผลการวัดค่า HPBW ได้เท่ากับ 22 องศา จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้มีค่าใกล้เคียงตามทฤษฎีที่คำนวณไว้ในสมการ 3.10 ที่มีค่าเท่ากับ 27 องศา ทั้งนี้ค่ามุมที่วัดได้นั้นจะทำให้สายอากาศเข้าอยู่ในโมดการแพร่กระจายคลื่นแบบมีทิศทาง (Directional) อย่างไรก็ตามถ้าค่าของ HPBW น้อย ก็จะทำให้การปรับทิศทางของ สายอากาศระหว่างด้านรับและด้านส่ง ให้ตรงกันยากขึ้นตามไปด้วย

จากรูปแบบการแผ่พลังงาน เราสามารถหาความแตกต่างของอัตราขยายระหว่างเมนโลบ (main lobe) และไมเนอร์โลบแรก (first minor lobe) ได้เท่ากับ 15.17 dBm ดังรูป 4.5 และอัตราส่วนระหว่างหน้าต่อหลัง (front-to-back ratio) เท่ากับ 20.15 dBm ซึ่งเป็นค่าที่เพียงพอต่อการนำสายอากาศไปใช้งานในการเชื่อมโยงแบบจุดถึงจุดได้



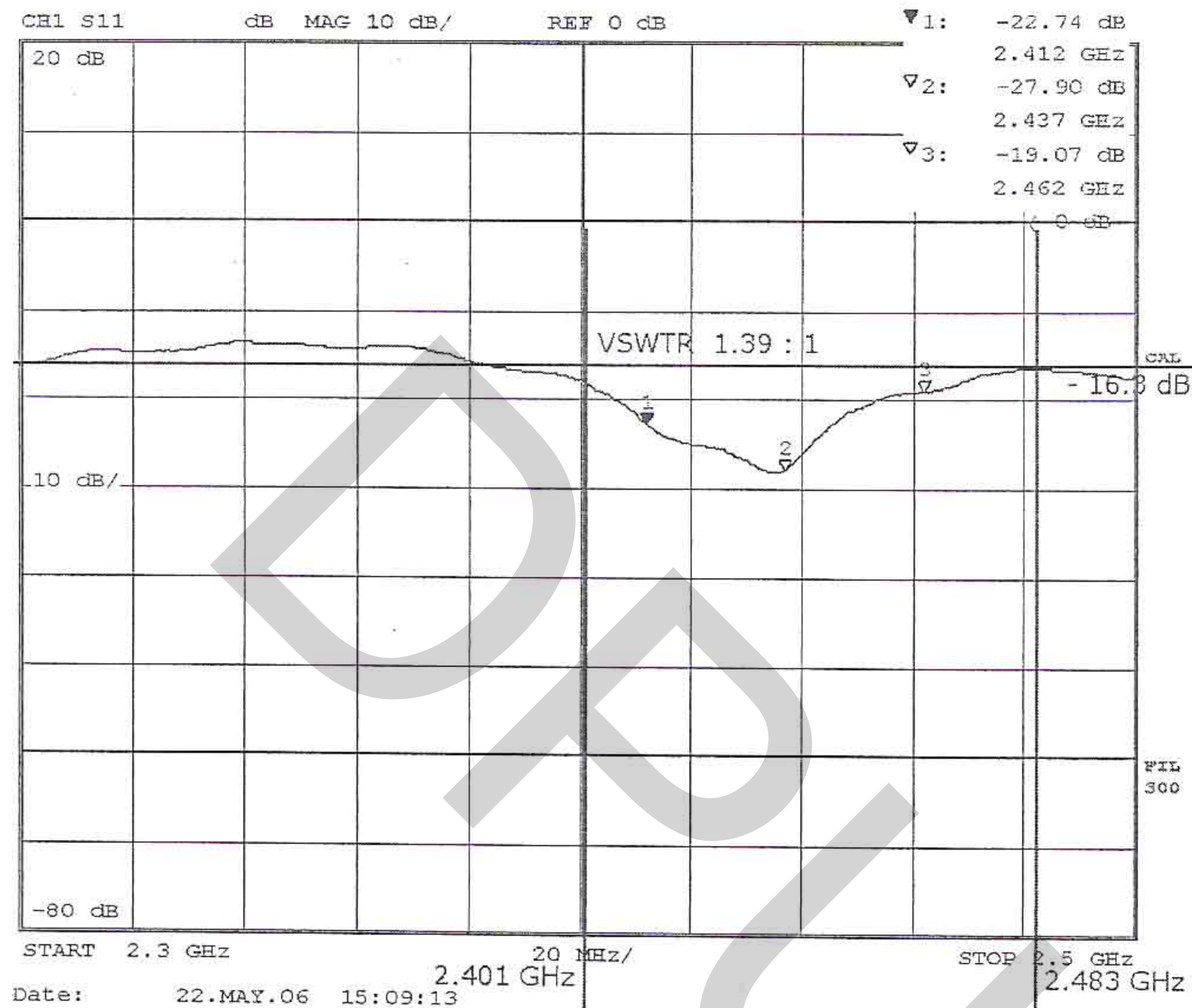
รูปที่ 4.4 การวัดความกว้างลำครึ่งกำลัง (half – power beam width)



รูปที่ 4.5 การวัดความแตกต่างอัตราขยายระหว่างเมนโลบ และไมเนอร์โลบแรก

4.1.2 การวัดความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (Return Loss : RL)

ในขั้นตอนนี้เราทำการวัดค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (Return Loss : RL) ของสายอากาศ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ห้วงจรข่าย (Network Analyzer) ในโหมดของการวัด S11 และผลที่วัดได้อยู่ในรูปที่ 4.6

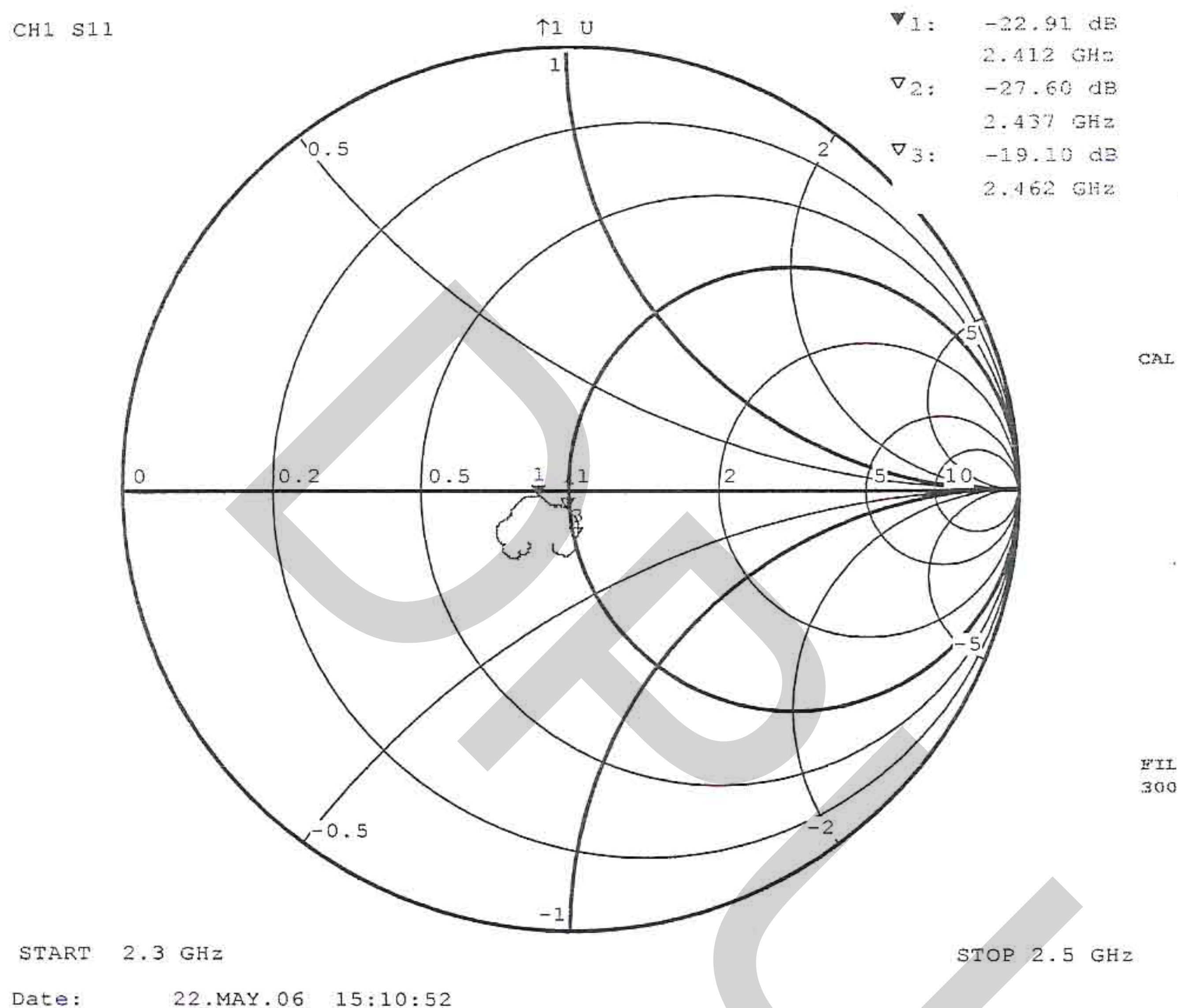


รูปที่ 4.6 ความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ ของสายอากาศแบบเฮลิคซ์

จากการวัดความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับในรูปที่ 4.6 เครื่องหมายสามเหลี่ยมที่กำกับไว้เป็นค่าความถี่กลางของช่องสัญญาณที่ 1, 6 และ 11 ตามลำดับในระบบ WLAN มาตรฐาน IEEE 802.11 b/g และ ค่า RL ที่ดีที่สุดคือ -27.9 dB อยู่ที่ความถี่ 2.437 GHz ซึ่งเป็นความถี่ที่ใช้ในการออกแบบสายอากาศ และตลอดแถบความถี่ 2.4 – 2.483 GHz ซึ่งเป็นแถบความถี่ที่ใช้งานในระบบ WLAN จะมีค่า RL ไม่เกิน -16.3 dB หรือ VSWR 1.39 : 1 ซึ่งเป็นค่าที่ผ่านเกณฑ์ของสายอากาศที่ใช้งานในระบบ WLAN ในปัจจุบันคือ 1.5 : 1

4.1.3 ผลการวัดแผนภูมิสมิท (smith chart)

แผนภูมิสมิทที่วัดได้จากเครื่องวิเคราะห์ห้วงจรข่าย (Network Analyzer) ในโหมดของการวัด S11 นั้นแสดงได้ดังรูป 4.7 ทั้งนี้ค่าที่วัดได้แสดงถึงการเข้ากันได้ระหว่างวงจรข่ายของสายอากาศแบบเฮลิคซ์ที่สร้างขึ้นกับ คอนเนกเตอร์และสายสัญญาณ 50 ohm



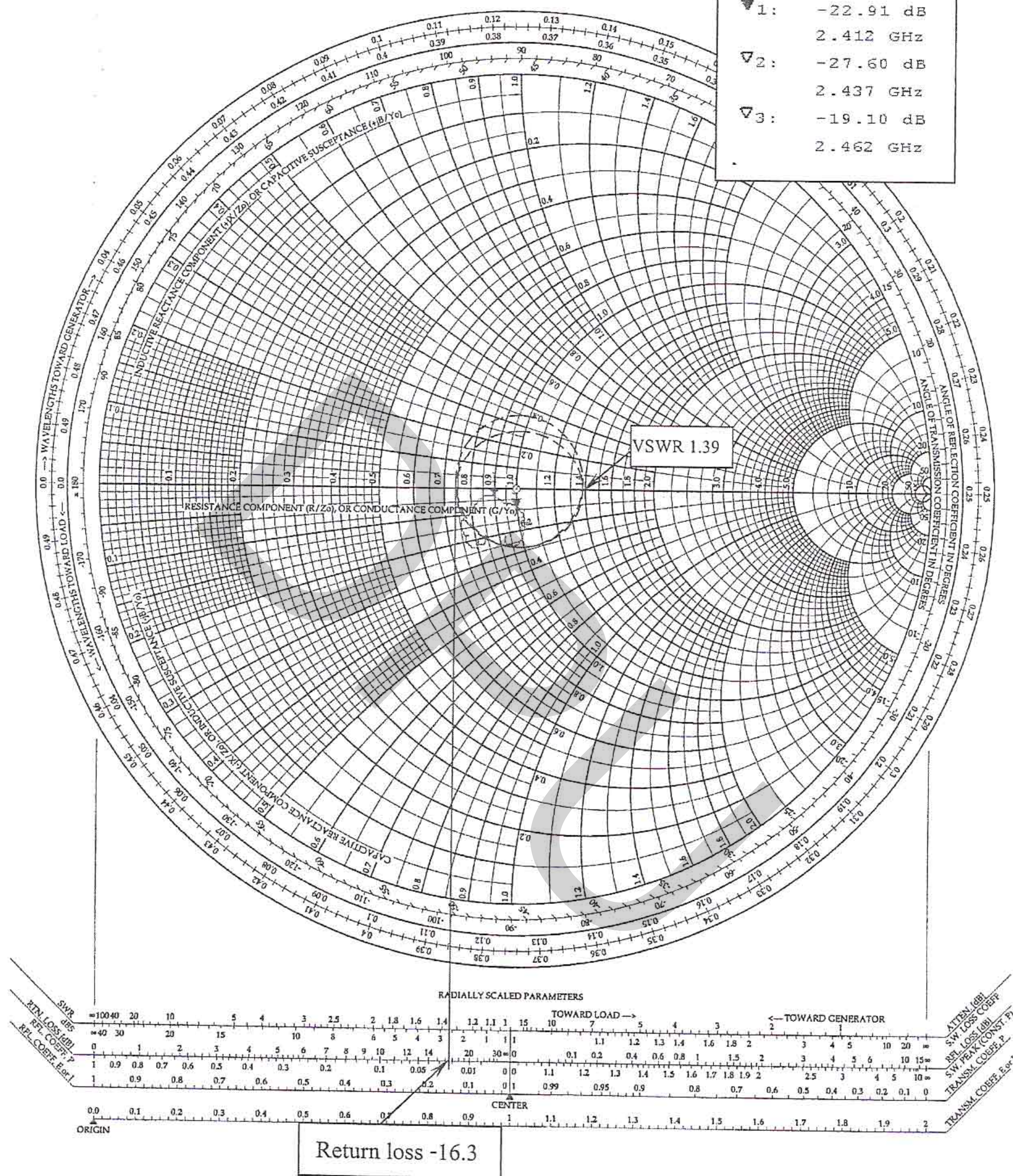
รูปที่ 4.7 แผนภูมิสมิท (Smith Chart)

จากรูปสังเกตได้ว่า ค่าที่วัดได้อยู่ ใกล้กับ เลข '1' ในเส้นแนวนอน ซึ่งเป็นจุดที่ดีที่สุดในการเข้าคู่กันได้ของวงจรข่าย ทั้งนี้เครื่องหมายสามเหลี่ยมที่กำกับไว้เป็นค่าความถี่กลางของช่องสัญญาณที่ 1, 6 และ 11 ตามลำดับในระบบ WLAN มาตรฐาน IEEE 802.11 b/g เราสามารถหาค่า RL และ VSWR ที่แย่ที่สุดที่อยู่ในช่วงความถี่ 2.4-2.5 GHz ได้โดยการในแผนภูมิสมิท ดังรูปที่ 4.8 จะเห็นได้ว่า ค่า VSWR ที่แย่ที่สุดคือ 1.39 : 1 หรือมีค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ เท่ากับ -16.3 dB สำหรับการใช้งานสายอากาศในแถบความถี่ 2.3 – 2.5 GHz

```

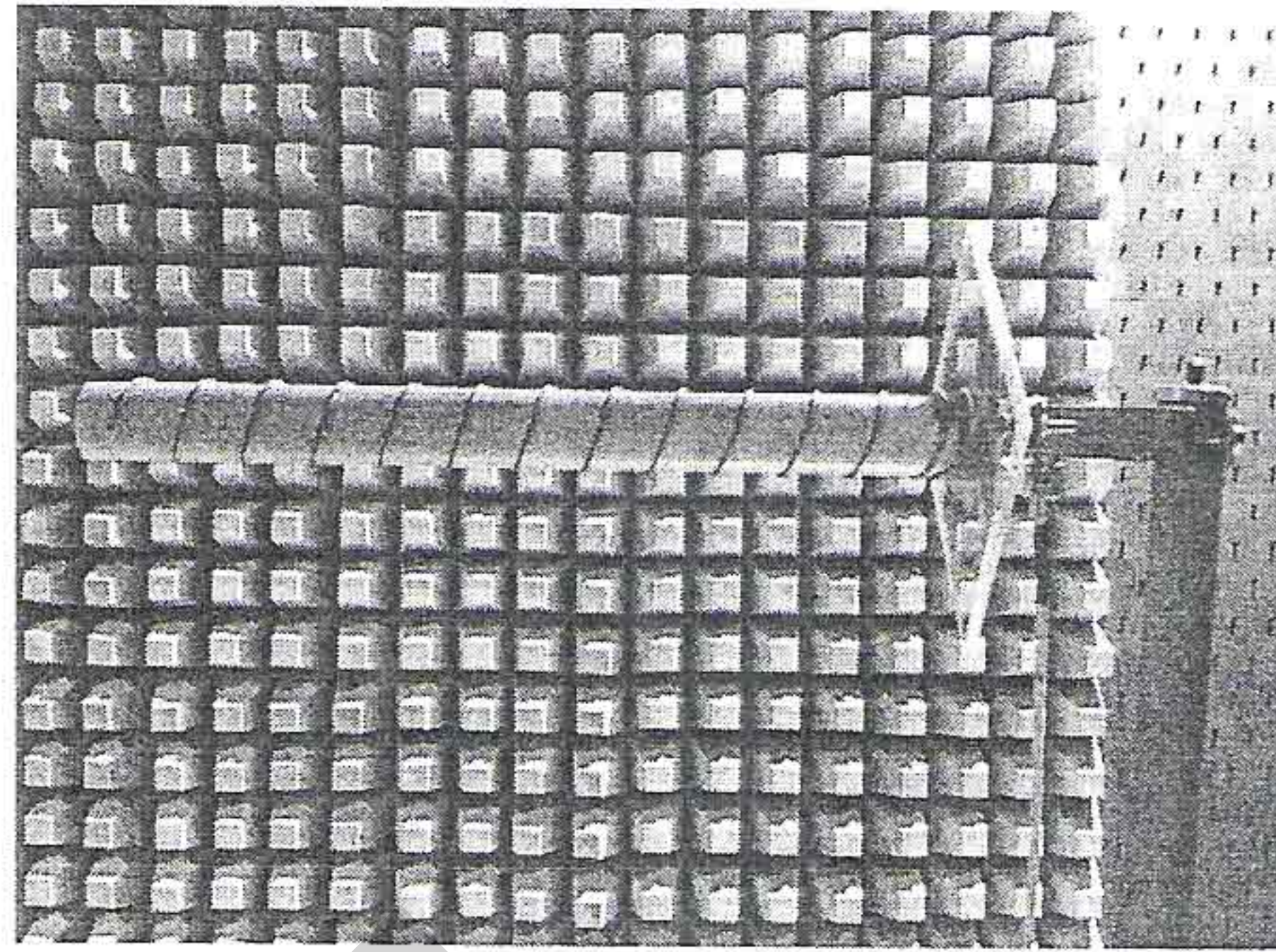
▽1:      -22.91 dB
          2.412 GHz
▽2:      -27.60 dB
          2.437 GHz
▽3:      -19.10 dB
          2.462 GHz

```



รูปที่ 4.8 การวัดค่า VSWR และ RL จากแผนภูมิสมิท

4.1.4 การวัดอัตราขยายของสายอากาศ



รูปที่ 4.9 การทดสอบหาอัตราขยายของสายอากาศในห้องที่ไม่มีการสะท้อนคลื่น

การวัดอัตราขยายกำลัง (Power gain : G_t) ของสายอากาศแบบเฮลิคซ์นั้น จะใช้การวัดค่ากำลังที่รับได้จากสายอากาศแบบเฮลิคซ์ที่สร้างขึ้น โดยใช้สายอากาศที่รู้ค่าอัตราขยายแน่นอนเป็นตัวส่งสัญญาณ เปรียบเทียบกับการที่ใช้สายอากาศแบบเฮลิคซ์ที่ใช้ทดสอบอัตราขยายเป็นตัวส่ง ในการทดสอบนี้จะติดตั้งสายอากาศไว้ในห้องที่บุด้วยวัสดุกันสะท้อนคลื่นดังรูป 4.9 โดยผลที่วัดได้เป็นดังนี้

$$\begin{aligned} G_t &= P_t - P_r + G_r \\ G_t &= -22.48 - (-28.89) + 9.3 \\ G_t &= 15.71 \text{ dBi} \end{aligned} \quad (4.1)$$

โดย P_t คือกำลังที่รับได้จากสายอากาศที่ใช้ทดสอบอัตราขยาย (dBm)

P_r คือค่ากำลังที่รับได้จากสายอากาศที่รู้ค่าอัตราขยาย (dBm)

G_r อัตราขยายของสายอากาศที่รู้ค่าอัตราขยาย (dBi)

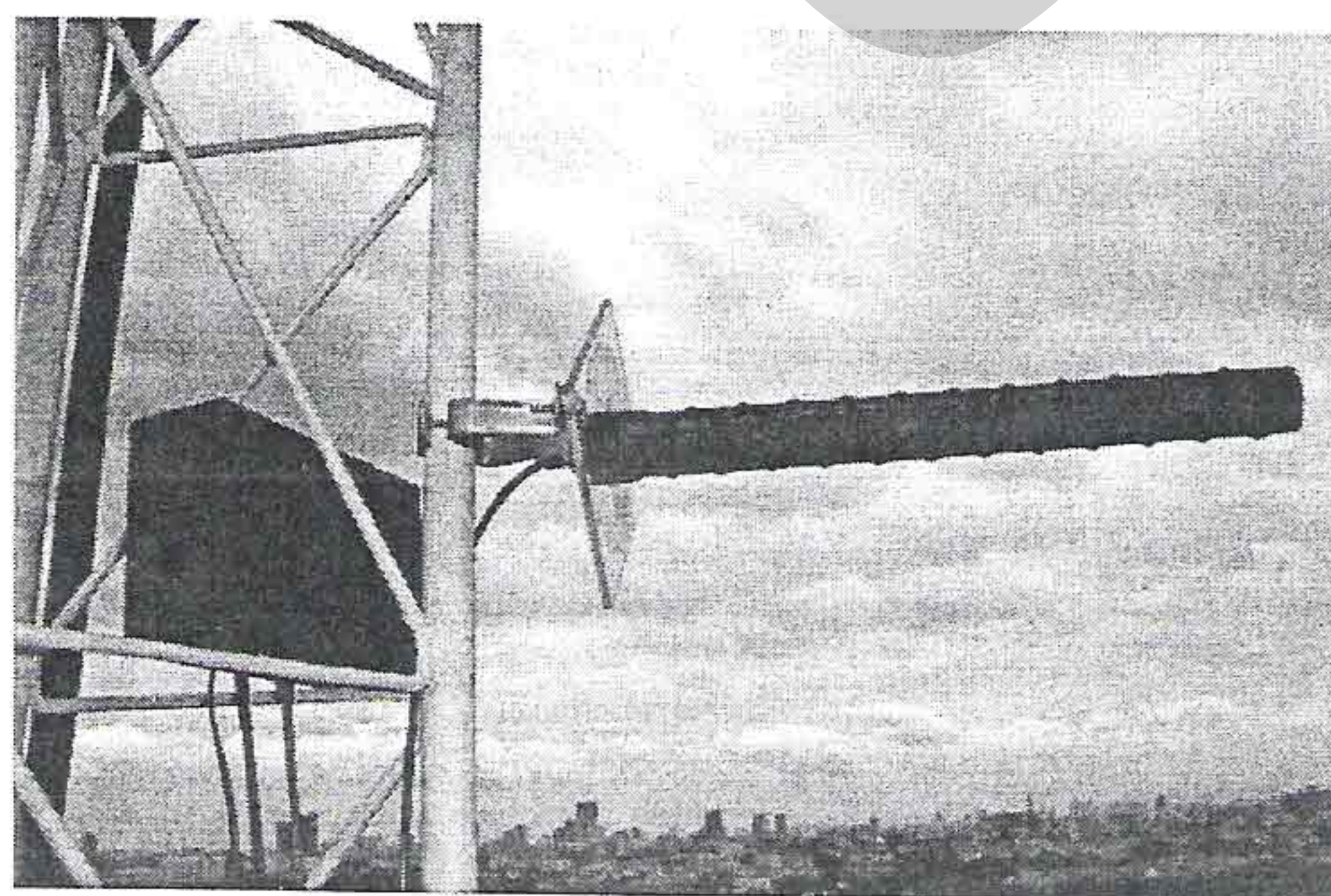
โดยอัตราขยายกำลัง ของสายอากาศแบบเฮลิคซ์ที่วัดได้เท่ากับ 15.71 dBi ทั้งนี้อัตราขยายตามที่ได้ออกแบบไว้ในสมการ 3.6 เท่ากับ 17.5 dBi กับที่วัดได้ไม่แตกต่างกันมากนัก และอัตราขยายของสายอากาศแบบเฮลิคซ์ที่สร้างขึ้นเพียงพอต่อนำไปใช้งานเป็นสายอากาศที่ใช้งานแบบจุด ถึงจุด สำหรับระบบ Wireless LAN ได้ ทั้งนี้สายอากาศที่ใช้งานในลักษณะนี้ส่วนใหญ่จะมีอัตราขยายอยู่ระหว่าง 9 – 23 dBi อย่างไรก็ตามการเพิ่มอัตราขยายของสายอากาศแบบเฮลิคซ์ทำได้โดยการเพิ่มจำนวนของขดลวดให้มีมากขึ้นทั้งนี้สายอากาศจะมีความยาวเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

4.2 การทดสอบสายอากาศภาคสนาม

การทดสอบสายอากาศแบบเฮลิคซ์ในการใช้งานจริงนั้นจะทดสอบกับการเชื่อมโยงเครือข่ายคอมพิวเตอร์ผ่านบริดจ์ไร้สาย มาตรฐาน IEEE 802.11 b/g ยี่ห้อ D-Link รุ่น DWL - 2100AP โดยทำการติดตั้งสายอากาศบนอาคาร 2 อาคาร ภายในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ โดยมีระยะการทดสอบเท่ากับ 274.2 เมตร ดังภาพมุมสูงในรูป 4.10 และจะติดตั้งสายอากาศกับบริดจ์ไร้สายไว้ที่เสาส่งสัญญาณ ดังรูป 4.11 จากนั้นต่อสายแลนจากบริดจ์ไร้สายไปยังคอมพิวเตอร์ ในการทดสอบจะวัดค่าวิสัยสามารถ (throughput) โดยใช้โปรแกรม TTCPW และค่ากำลังของสัญญาณที่ได้รับได้โดยใช้โปรแกรม Network Stumbler จากนั้นจะเปรียบเทียบค่ากำลังที่ได้รับได้จากการวัด (Rx Power) กับผลการคำนวณในทางทฤษฎี พร้อมทั้งคำนวณระยะทางสูงสุดที่จะใช้งานได้



รูปที่ 4.10 ภาพมุมสูงของการทดสอบการเชื่อมโยงเครือข่ายระหว่างอาคาร



รูปที่ 4.11 การติดตั้งสายอากาศและบริดจ์ไร้สายในการทดสอบ

4.2.1 การวัดค่าวิสัยสามารถ (throughput)

การวัดค่าวิสัยสามารถจะใช้โปรแกรม TTCPW [6] ในการวัดค่าอัตราข้อมูลที่ส่งผ่านบริดจ์ไร้สาย ระหว่างอาคารในรูป 4.10 กำหนดค่าความยาวของบัฟเฟอร์ (buf len) เท่ากับ 8192 ไบต์ จำนวนบัฟเฟอร์ (nbuf) เท่ากับ 2048 และค่า align = 16384 โดยกำหนดให้คอมพิวเตอร์บนอาคารทางด้านขวา ในรูป 4.10 เป็นเครื่องส่ง และคอมพิวเตอร์ที่อยู่บนอาคารด้านซ้ายเป็นเครื่องรับ ผลที่วัดได้จากโปรแกรม TTCPW ของทั้งเครื่องรับและเครื่องส่งแสดงได้ในรูป 4.12

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\Documents and Settings\wireless.WLAN4740\Desktop>ttcpw -t -s 192.168.0.2
ttcp-t: buflen=8192, nbuf=2048, align=16384/0, port=5001 tcp -> 192.168.0.
ttcp-t: socket
ttcp-t: connect
ttcp-t: 16777216 bytes in 7.89 seconds = 2076.29 KB/sec +++,
ttcp-t: 2048 I/O calls, msec/call = 3.95, calls/sec = 259.54
ttcp-t:
C:\Documents and Settings\wireless.WLAN4740\Desktop>_

```

(ก)

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\Documents and Settings\telecommunication\Desktop>ttcpw -r -s 192.168.0.1
ttcp-r: buflen=8192, nbuf=2048, align=16384/0, port=5001 tcp
ttcp-r: socket
ttcp-r: accept from 192.168.0.1
ttcp-r: 16777216 bytes in 7.89 seconds = 2076.29 KB/sec +++,
ttcp-r: 2051 I/O calls, msec/call = 3.94, calls/sec = 259.92
ttcp-r:
C:\Documents and Settings\telecommunication\Desktop>_

```

(ข)

รูปที่ 4.12 ผลการวัดค่าวิสัยสามารถจากโปรแกรม TTCPW

(ก) หน้าจอผลการวัดที่เครื่องส่ง

(ข) หน้าจอผลการวัดที่เครื่องรับ

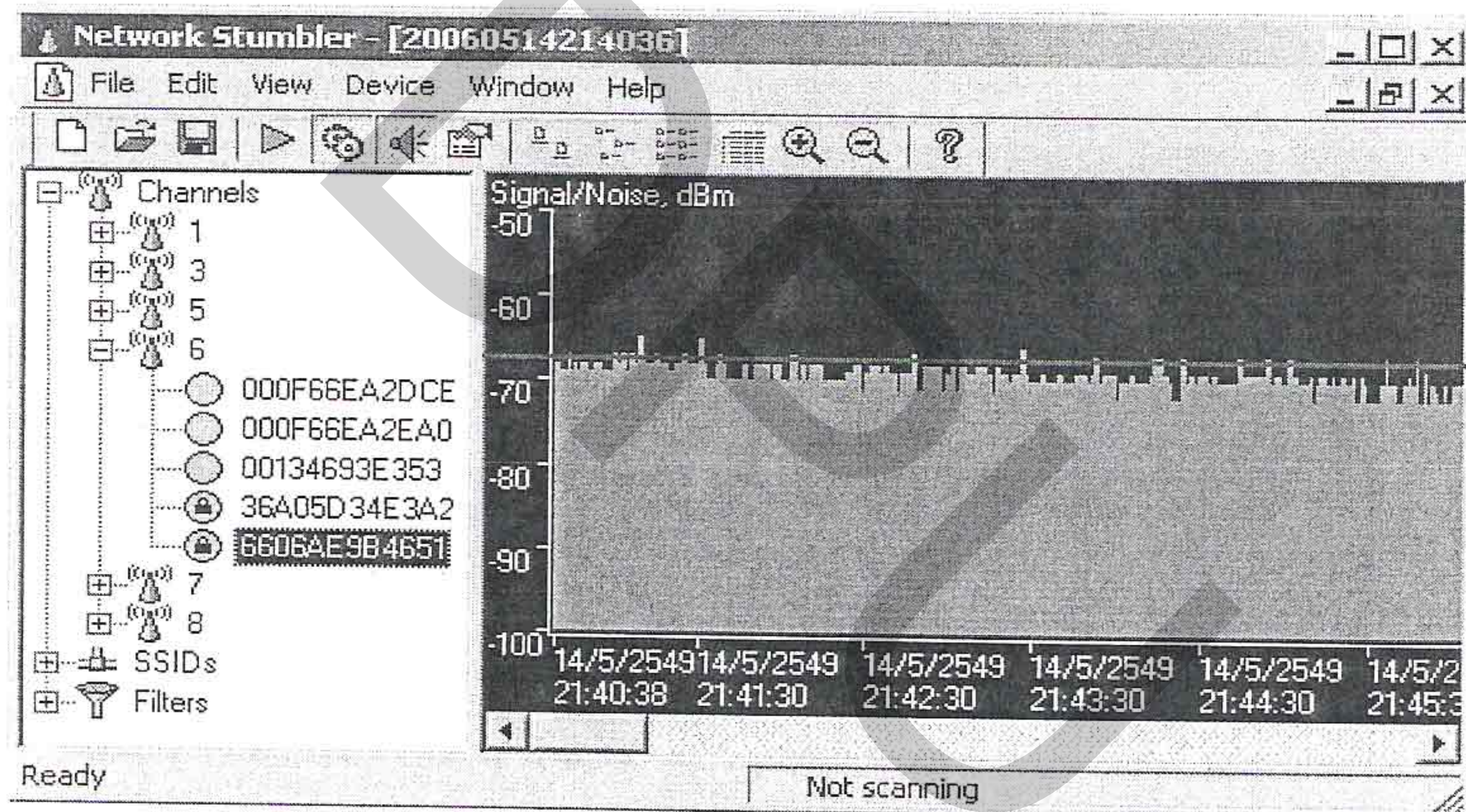
จากผลที่วัดได้ สามารถส่งข้อมูลได้ 16777216 บิตในเวลา 7.89 วินาทีดังนั้นจะได้

$$\begin{aligned} \text{Throughput} &= \frac{16777216 \times 8 \text{ bit}}{7.89 \text{ sec}} \\ &= 17.011 \text{ Mb/s} \end{aligned} \quad (4.2)$$

โดยอุปกรณ์ Wi-Fi มาตรฐาน 802.11 g จะมีค่าวิสัยสามารถสูงสุดที่ทำได้ประมาณ 24.7 Mbps

4.2.2 กำลังสัญญาณที่วัดได้

กำลังของสัญญาณที่รับได้จากสายอากาศเครื่องรับจะใช้โปรแกรม Network Stumbler ในการวัดและบันทึกค่ากำลังของสัญญาณ ในที่นี้เราได้ตั้งค่าให้บริดจ์ไร้สายส่งสัญญาณในช่องความถี่ที่ 6 โดยผลการบันทึกค่ากำลังของสัญญาณแสดงได้ในรูปที่ 4.13



รูป 4.13 ค่ากำลังของสัญญาณที่รับได้จากโปรแกรม Network Stumbler

ค่ากำลังของสัญญาณที่รับได้ในรูปที่ 4.13 นั้นจะมีค่าที่แกว่งเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 65-71 dBm ทั้งนี้เนื่องจากการปรับสายอากาศให้เล็งไปให้ตรงกับสายอากาศอีกตัวหนึ่ง และสถานะแวดล้อมที่มีอาคารอยู่ชานกับแนวของลำคลื่น ดังรูป 4.10 จะเห็นได้ว่าถ้ามีการติดตั้งให้สายอากาศเล็งตรงกันดีแล้ว ค่ากำลังของสัญญาณที่วัดได้จะมีค่าไม่น้อยกว่า -65 dB ซึ่งเป็นค่ากำลังสูงสุดที่วัดได้

จากค่ากำลังของสัญญาณที่รับได้จากการทดสอบ ต่อไปเราจะคำนวณหาค่ากำลังที่รับได้ที่เครื่องรับในทางทฤษฎีเปรียบเทียบกับ โดยในการคำนวณหาค่ากำลังของสัญญาณที่ภากรับ (Rx Power) จะใช้ระยะทางที่ใช้ทดสอบจริงเท่ากับ 274.2 เมตร และการคำนวณมีดังนี้ [7]

$$\begin{aligned}
 \text{Link Margin (dB)} &= 40 + 10 \times n \times \log(r) + L_{\text{allowed loss}} \\
 &= 40 + 10 \times 2.7 \times \log(274.2) + 0 \\
 &= 105.82 \text{ dB}
 \end{aligned}
 \tag{4.3}$$

โดย r คือระยะทางที่ใช้งาน n คือค่าการกระจายสัญญาณ และ allowed loss คือค่าการสูญเสีย ทั้งนี้ให้ $n = 2.7$ และ allowed loss = 0 เนื่องจากกำหนดให้เป็นการใช้งานในที่โล่งและไม่มีต้นไม้ เมื่อได้ Link Margin จากสมการ 4.3 สามารถคำนวณหาค่ากำลังของสัญญาณที่เครื่องรับ (Rx Power) ได้ ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{Rx Power} &= \text{Tx Power} + \text{Pigtail loss} + \text{Main Cable loss} + \text{Tx Antenna gain} \\
 &\quad + \text{Rx Antenna gain} + \text{Main Cable loss} + \text{Pigtail loss} - \text{Link Margin} \\
 \text{Rx Power} &= 15 \text{ dBm} + 0 + (-2.4 \text{ dB}) + 15.17 + 15.17 + (-2.4) + 0 - 105.82 \\
 &= -65.28 \text{ dBm}
 \end{aligned}
 \tag{4.4}$$

จากผลการคำนวณในทางทฤษฎี ค่ากำลังของสัญญาณที่รับได้ในสมการ 4.4 นั้นมีค่าใกล้เคียงกับผลการวัดคือ -65 dBm ซึ่งเป็นค่ากำลังสูงสุดที่วัดได้

4.2.3 การคำนวณหาระยะทางสูงสุดที่จะใช้งานได้

ระยะทางสูงสุดที่สามารถเชื่อมต่อเครือข่ายคอมพิวเตอร์ระหว่างอาคาร ผ่านบริดจ์ไร้สาย ยี่ห้อ D-Link รุ่น DWL - 2100AP โดยใช้สายอากาศแบบเฮลิคซ์ที่สร้างขึ้นนั้น จะใช้การคำนวณในทางทฤษฎี โดยขั้นตอนแรกจะหาค่า Link Margin โดยการแทนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของอุปกรณ์ในระบบลงในตาราง 4.2

ตาราง 4.2 การคำนวณค่ากำลังของสัญญาณที่เชื่อมต่อระหว่างภาครับและส่ง (Link Margin)

กำลังส่ง (Tx Power)	15 dBm
อัตราลดทอนสายนำสัญญาณย่อย (Pigtail loss)	0
อัตราลดทอนสายนำสัญญาณหลัก (Main Cable loss)	-2.4 dB
อัตราขยายสายอากาศภาคส่ง (Tx Antenna gain)	15.17 dBi
ค่าอัตราส่งประสิทธิภาพ (EIRP) Sup total	25.79 dBm
อัตราขยายสายอากาศภาครับ (Rx Antenna gain)	15.17 dBi
อัตราลดทอนสายนำสัญญาณหลัก (Main Cable loss)	-2.4 dB
อัตราลดทอนสายนำสัญญาณย่อย (Pigtail loss)	0
ความแรงของสัญญาณต่ำสุดที่ภาครับจะทำงานได้ (Rx sensitivity)	-89 dBm
Link Margin	130.62 dB

โดยการคำนวณหา Link Margin เขียนได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{Link Margin} &= \text{Tx Power} + \text{Pigtail loss} + \text{Main Cable loss} + \text{Tx Antenna gain} \\
 &\quad + \text{Rx Antenna gain} + \text{Main Cable loss} + \text{Pigtail loss} - \text{Rx sensitivity} \\
 \text{Link Margin} &= 15 \text{ dBm} + 0 + (-2.4) + 15.71 + 15.71 + (-2.4) + 0 - (-89 \text{ dBm}) \\
 &= 130.62 \text{ dBm}
 \end{aligned} \tag{4.5}$$

โดย Rx sensitivity คือ sensitivity ของบริคจ์ไร้สายที่ใช้ทดสอบ เราจะกำหนดให้สภาวะแวดล้อมในการเชื่อมต่อสัญญาณเป็นพื้นที่โล่งและไม่มีสิ่งกีดขวาง ดังนั้นในการคำนวณ $n = 2.7$ และ $L_{\text{allowed loss}} = 0$ และคำนวณหาระยะทางสูงสุดที่ใช้งานได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{Link Margin (dB)} &= 40 + 10 \times n \times \log(r) + L_{\text{allowed loss}} \\
 130.62 \text{ dBm} &= 40 + 10 \times 2.7 \times \log(r) + 0
 \end{aligned} \tag{4.6}$$

ดังนั้นจะได้

$$r = 2,271.4 \text{ เมตร}$$

ทั้งนี้ที่ระยะทางสูงสุดในการเชื่อมต่อคือ 2.27 กิโลเมตร และสัญญาณที่รับได้จะมีค่าเท่ากับ ความไว (sensitivity) ของบริคจ์ไร้สายที่ใช้คือ -89 dB ซึ่งจะทำให้ได้อัตราบิตเท่ากับ 2 Mbps

4.3 ผลการจำลองค่ากำลังที่รับได้ในระยะทางต่าง ๆ

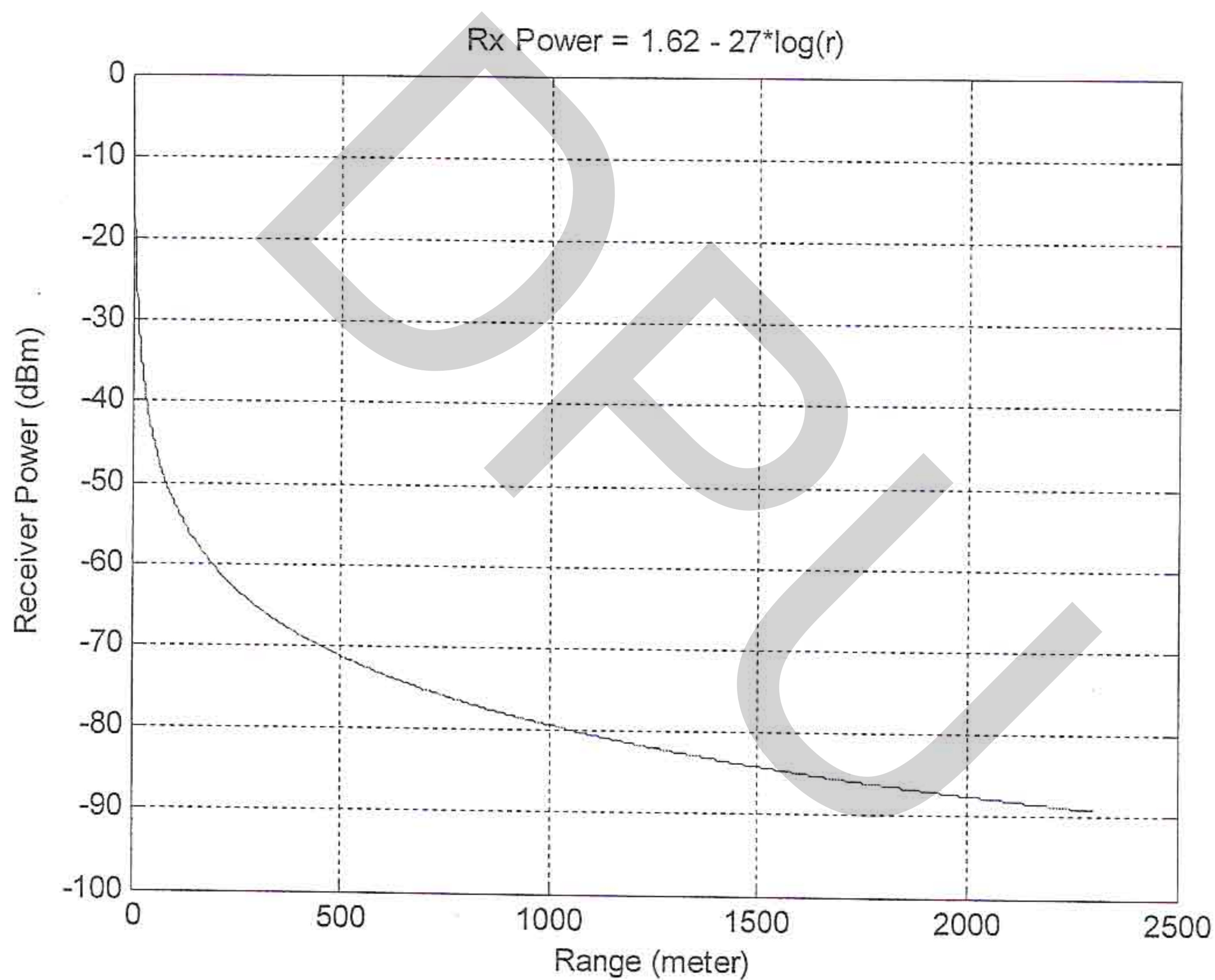
เพื่อที่จะประมาณค่ากำลังของสัญญาณที่รับได้จากสายอากาศแบบเฮลิคซ์ที่สร้างขึ้นและใช้ในระบบการสื่อสาร Wireless LAN มาตรฐาน IEEE 802.11 b/g ในที่นี้เราจะกำหนดให้เครื่องส่งมีกำลังส่ง (Tx Power) 15 dBm ซึ่งเท่ากับบริคจ์ไร้สายที่ทดสอบ และกำหนดให้ สภาพแวดล้อมเป็นพื้นที่โล่งไม่มีต้นไม้หรือสิ่งกีดขวางบดบัง เราจะได้ค่าพารามิเตอร์ในสมการ 4.6 โดย $n = 2.7$ และ $\text{allowed loss} = 0$ และกำหนดให้การลดทอนของสายสัญญาณระหว่าง บริคจ์ไร้สาย กับสายอากาศเท่ากับ -2.4 dB ในขณะที่อัตราขยายกำลังของสายอากาศแบบเฮลิคซ์เท่ากับ 15.71 dBi แทนค่าสมการ 4.6 ลงในสมการ 4.4 เราจะได้

$$\begin{aligned}
 \text{Rx Power} &= \text{Tx Power} + \text{Pigtail loss} + \text{Main Cable loss} + \text{Tx Antenna gain} \\
 &\quad + \text{Rx Antenna gain} + \text{Main Cable loss} + \text{Pigtail loss} \\
 &\quad - 40 - 10 \times n \times \log(r) + L_{\text{allow loss}}
 \end{aligned} \tag{4.7}$$

เมื่อเราแทนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ลงในสมการ 4.7 จะได้

$$\begin{aligned}
 \text{Rx Power} &= 15 \text{ dBm} + 0 + (-2.4) + 15.71 \text{ dBi} \\
 &\quad + 15.71 \text{ dBi} + (-2.4) + 0 \\
 &\quad - 40 - 10 \times 2.7 \times \log(r) + 0 \\
 \text{Rx Power} &= 1.62 - 27 \times \log(r)
 \end{aligned} \tag{4.8}$$

เมื่อพล็อตกราฟจากสมการ 4.8 โดยให้ กำลังของสัญญาณที่รับได้ (Rx Power) เป็นแกนตั้ง และ ระยะทาง (r) เป็นแกนนอน จะได้ผลดังรูป 4.14



รูปที่ 4.14 กำลังของสัญญาณที่รับได้จากระยะทางต่าง ๆ จากการคำนวณ

จากผลการจำลองค่าที่วัดได้กราฟจะอยู่ในรูปแบบ ฟังก์ชันลอการิทึม จะเห็นได้ว่าที่ตั้งแต่ ระยะทางในระยะทางช่วง 1-250 เมตร กำลังของสัญญาณจะตกลงอย่างรวดเร็วเมื่อระยะทางมากขึ้น และระยะที่มากกว่า 250 เมตร อัตราการลดลงของกำลังสัญญาณเริ่มน้อยลง ทั้งนี้ผลกราฟดังกล่าว สามารถนำไปใช้ในการออกแบบการเชื่อมโยงเครือข่ายคอมพิวเตอร์ผ่านระบบ Wireless LAN โดยใช้สายอากาศแบบเฮลิคซ์ที่สร้างขึ้นได้

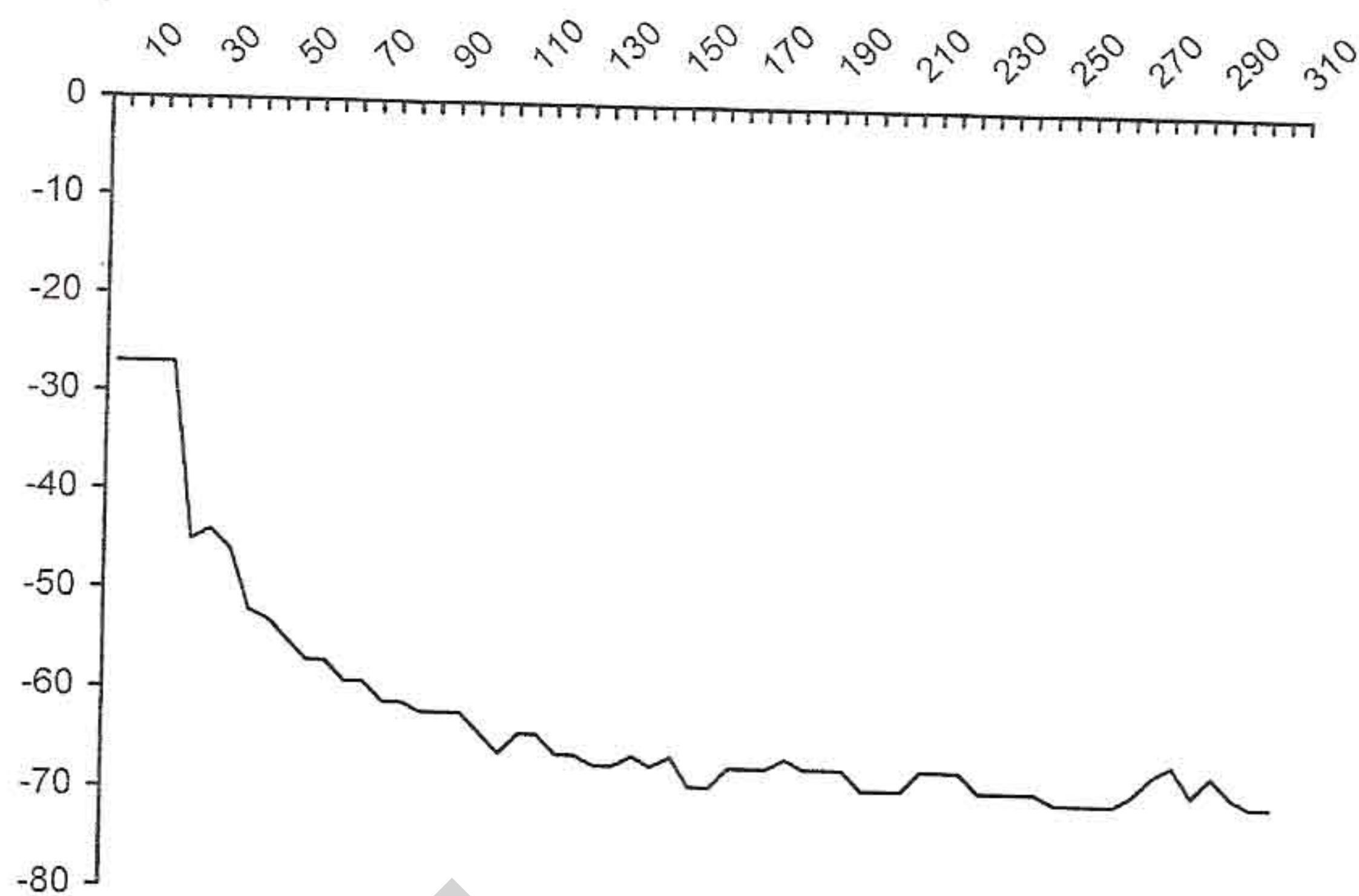
4.4 การทดลองวัดค่ากำลังของสัญญาณที่รับได้ที่ระยะทางต่าง ๆ

เพื่อที่ต้องการวัดค่ากำลังของสัญญาณที่รับได้ จากสายอากาศแบบเฮลิคซ์ที่ภาครับในระยะทางต่าง ๆ กัน เราได้ทำการติดตั้งระบบ Wireless LAN มาตรฐาน IEEE 802.11 b/g และให้การเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ในโหมด ad-hoc และเนื่องจากการวัดค่ากำลังในระยะทางต่าง ๆ นั้นไม่สามารถทำได้ที่บนอาคาร ดังนั้นเราจึงติดตั้งระบบไว้บนถนนบริเวณภายในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ โดยให้สายอากาศอยู่สูงจากพื้นประมาณ 1.6 เมตร จากนั้นจะให้เครื่องส่งอยู่กับที่ และเครื่องรับก็จะเคลื่อนที่ลอยหลังออกไปในแนวเส้นตรง ดังรูป 4.15 โดยจะมีการบันทึกค่ากำลังของสัญญาณที่รับได้ในทุก ๆ ระยะ 5 เมตร โดยระยะในการทดสอบทั้งหมดคือ 310 เมตร ซึ่งเป็นระยะความยาวของถนนสูงสุดที่จะทดสอบได้



รูปที่ 4.15 ภาพมุมสูงของแนวการเคลื่อนที่ในการทดสอบวัดค่ากำลังของสัญญาณ

ทั้งนี้สภาวะแวดล้อมในการทดสอบจะเห็นได้จากรูป 4.14 โดยบริเวณรอบ ๆ ถนน จะมีต้นไม้ หรือ อาคารอยู่ตลอดแนวการทดสอบ และการที่สายอากาศอยู่สูงจากพื้นดินเพียง 1.6 เมตร จะทำให้มีการสะท้อนของสัญญาณจากพื้นดินและบริเวณรอบข้างได้ ดังนั้น ผลการวัดค่ากำลังของสัญญาณจะถูกลดทอนลงอย่างมาก โดยผลการทดสอบ แสดงในรูป 4.16



รูปที่ 4.16 ค่ากำลังของสัญญาณที่รับได้ในระยะทางต่าง ๆ จากการวัด โดยแกนตั้งเป็นกำลังของสัญญาณที่รับได้ (dBm) และแกนนอนเป็นระยะทาง (เมตร) ระหว่างสายอากาศ

จากรูป 4.16 ค่ากำลังของสัญญาณที่รับได้ จะมีค่าไม่คงที่มากนักเนื่องจากสภาวะแวดล้อม และเมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังของสัญญาณที่รับได้กับผลการคำนวณทางทฤษฎีของกราฟในรูป 4.14 ค่ากำลังที่รับได้จากการวัดจะน้อยกว่าในทางทฤษฎีประมาณ 6 dBm เนื่องจากสภาวะแวดล้อมที่ใช้ในการวัดจริงนั้นไม่เหมือนกับที่ใช้ในคำนวณ คือในการทดสอบจริงนั้นมีต้นไม้และสิ่งปลูกสร้างอยู่รอบ ๆ รวมถึงความสูงของสายอากาศจากพื้นดินเพียง 1.6 เมตร อย่างไรก็ตาม จะสังเกตได้ว่าแนวโน้มของกราฟที่ได้จากการวัดนี้จะคล้ายกับในทางทฤษฎี