



โครงการศึกษาวิจัยเพื่อเสนอแนะนโยบาย
สาธารณะด้านการบริหารคลื่นความถี่สำหรับกรณีการใช้
คลื่นความถี่ร่วมกันระหว่างกิจการโทรคมนาคมเคลื่อนที่สากล
เทคโนโลยี 5G และ กิจการอื่นในย่านความถี่ 3500 เมกะเฮิรตซ์
และ 28 กิกะเฮิรตซ์

ส่วนที่ 2

โครงการศึกษาวิจัยเพื่อเสนอแนะนโยบายสาธารณะด้านการบริหารคลื่นความถี่สำหรับกรณีการใช้คลื่นความถี่ร่วมกันระหว่างกิจการโทรคมนาคมเคลื่อนที่สากล เทคโนโลยี 5G และ กิจการอื่นในย่านความถี่ 3500 เมกะเฮิร์ตซ์ และ 28 กิกะเฮิร์ตซ์

คณะวิจัย

- | | | |
|----|-------------------------------|----------------|
| 1. | รศ. ดร.วิทวัส สิมุทธกุล | หัวหน้าโครงการ |
| 2. | ดร. พิสิฐ วนิชชานันท์ | นักวิจัย |
| 3. | ดร. สิทธิชัย เตนต์ศรี | นักวิจัย |
| 4. | ผศ. ดร.วิทยากร อัครวิเศษ | นักวิจัย |
| 5. | ผศ. ดร. ภาณุวัฒน์ จันทร์ภักดี | นักวิจัย |
| 6. | นายธีรพงษ์ ประทุมศิริ | นักวิจัย |
| 7. | ดร. ศรีญา ปะสะกะวี | นักวิจัย |
| 8. | รศ.ดร.ชานนท์ วรรณสาร | นักวิจัย |

ได้รับทุนอุดหนุนจาก

กองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียงกิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมเพื่อประโยชน์สาธารณะ
(สำนักงาน กสทช.)

สารบัญ

1	การจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz	6
1.1	แบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นและซอฟต์แวร์ที่ใช้จำลอง.....	6
1.2	การจำลองคลื่นความถี่ 28 GHz กรณีใช้คลื่นความถี่ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G.....	9
1.2.1	การจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G.....	9
1.2.2	การใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G.....	25
1.3	การจำลองคลื่นความถี่ 28 GHz กรณีใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G	30
1.3.1	การจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G.....	30
1.3.2	การใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G.....	37
1.4	การจำลองคลื่นความถี่ 28 GHz ใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G.....	38
1.4.1	ภาพเหตุการณ์การแทรกสอด.....	39
1.4.2	การวิเคราะห์การแทรกสอด	41
1.4.3	การกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการจำลอง	42
1.4.4	ผลการจำลอง.....	44
1.4.5	กรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G	46
1.5	การจำลองคลื่นความถี่ 28 GHz กรณีใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G	49
1.5.1	ภาพเหตุการณ์การแทรกสอด.....	49
1.5.2	การวิเคราะห์การแทรกสอด	50
1.5.3	การกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการจำลอง.....	51
1.5.4	ผลการจำลอง.....	52
1.5.5	กรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G	52
1.6	การจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz กรณีใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียม HDFSS และระบบ 5G	53
1.6.1	ขั้นตอนการจำลอง	53
1.6.2	ผลการจำลอง.....	59
1.6.3	กรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียม HDFSS และระบบ 5G.....	59

1.7	การใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ระหว่าง L-ESIM และระบบ 5G.....	61
2	ภาคผนวก ง: ผลการจำลองกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันและข้างเคียงกันระหว่างระบบ 5G และสถานีดาวเทียม GSO, A-ESIM, M-ESIM และ HDFSS.....	63
2.1	ผลการจำลองกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G.....	63
2.1.1	ผลการจำลองเมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศา.....	63
2.1.2	ผลการจำลองเมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศา.....	74
2.1.3	ผลการจำลองเมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศา.....	87
2.2	ผลการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ ของกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G.....	99
2.2.1	ผลการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ กรณีที่จานดาวเทียมมีมุมเงยเป็น 10 องศา.....	99
2.2.2	ผลการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ กรณีที่จานดาวเทียมมีมุมเงยเป็น 30 องศา.....	110
2.2.3	ผลการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ กรณีที่จานดาวเทียมมีมุมเงยเป็น 62.5 องศา.....	120
2.3	ผลการจำลองกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G.....	130
2.3.1	ผลการจำลองกรณีกำหนดมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz.....	131
2.3.2	ผลการจำลองกรณีกำหนดมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz.....	137
2.3.3	ผลการจำลองกรณีกำหนดมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz.....	143
2.3.4	ผลการจำลองกรณีกำหนดมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz.....	149
2.3.5	ผลการจำลองกรณีกำหนดมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz.....	155
2.3.6	ผลการจำลองกรณีกำหนดมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz.....	161
2.3.7	ผลการจำลองกรณีกำหนดมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz.....	167
2.3.8	ผลการจำลองกรณีกำหนดมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz.....	173

2.4 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ ของกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G.....	178
2.4.1 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ กรณีที่มุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz.....	179
2.4.2 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ กรณีที่มุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz.....	185
2.4.3 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ กรณีที่มุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz.....	192
2.4.4 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ กรณีที่มุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz	198
2.5 ผลการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ความถี่ข้างเคียงกันระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G	204
2.5.1 ผลการจำลองกรณีมุมเงยของสายอากาศ A-ESIM มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz.....	204
2.5.2 ผลการจำลองกรณีมุมเงยของสายอากาศ A-ESIM มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz	207
2.5.3 ผลการจำลองกรณีมุมเงยของสายอากาศ A-ESIM มีค่าเป็น 30 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz.....	209
2.5.4 ผลการจำลองกรณีมุมเงยของสายอากาศ A-ESIM มีค่าเป็น 30 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz	211
2.6 ผลการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ความถี่ข้างเคียงกันระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G	214
2.6.1 ผลการจำลองกรณีมุมเงยสายอากาศ M-ESIM มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz.....	214
2.6.2 ผลการจำลองกรณีมุมเงยสายอากาศ M-ESIM มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz	222
2.6.3 ผลการจำลองกรณีมุมเงยสายอากาศ M-ESIM มีค่าเป็น 30 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz.....	229
2.6.4 ผลการจำลองกรณีมุมเงยสายอากาศ M-ESIM มีค่าเป็น 30 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz	237
2.7 ผลการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียม HDFSS และระบบ 5G	245

2.7.1 ผลการจำลองเมื่อทำการกำหนดให้จันดาวเทียมทุกงานหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยไปยังสายอากาศสถานีฐาน 5G.....	245
2.7.2 ผลการจำลองเมื่อทำการกำหนดให้จันดาวเทียมทุกงานหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยเป็น 10 องศา.....	247
2.7.3 ผลการจำลองเมื่อทำการกำหนดให้จันดาวเทียมทุกงานหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยเป็น 62.5 องศา.....	250

1 การจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ระหว่างระบบ 5G กับกิจการอื่น ๆ ซึ่งได้แก่ กิจการประจำที่ผ่านดาวเทียม (Fixed-Satellite Service: FSS) กิจการ A-ESIM (Aeronautical-Earth Station in Motion) กิจการ M-ESIM (Maritime-Earth Station in Motion) และกิจการ HDFSS (High-Density Fixed-Satellite Service) เพื่อกำหนดเงื่อนไขที่ทำให้ระบบ 5G สามารถทำงานได้อย่างราบรื่นและอยู่ร่วมกันได้กับกิจการดังกล่าว

อย่างไรก็ดี เนื่องจากในหัวข้อนี้จะมีการใช้คำศัพท์

- Interference ซึ่งแปลว่า สัญญาณรบกวน (ซึ่งหมายถึงสัญญาณรบกวนที่ 5G ได้รับจากกิจการอื่น)
- Noise ซึ่งแปลว่า สัญญาณรบกวน
- Interference to Noise Ratio (I/N) ซึ่งแปลว่า อัตราส่วนสัญญาณรบกวน (ที่ระบบ 5G ได้รับจากกิจการอื่น) ต่อสัญญาณรบกวน

ซึ่งเมื่อนำคำศัพท์ข้างต้นนี้ไปใช้ในการบรรยายอาจทำให้เกิดความสับสนว่า สัญญาณรบกวนที่กล่าวถึงอยู่นั้น คือ interference หรือคือ noise ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว ในหัวข้อนี้จะใช้คำว่า สัญญาณแทรกสอด และการแทรกสอด แทนคำว่า interference และ interfering ตามลำดับ ส่วนคำว่า noise ยังคงใช้คำว่า สัญญาณรบกวน เช่นเดิม ดังนั้น Interference to Noise Ratio ในที่นี้จึงจะใช้คำว่า อัตราส่วนสัญญาณแทรกสอดต่อสัญญาณรบกวน

1.1 แบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นและซอฟต์แวร์ที่ใช้จำลอง

แบบจำลองการแพร่กระจายคลื่น (propagation model) คือ สูตรทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับอธิบายคุณลักษณะการแพร่กระจายคลื่น ซึ่งอาจแสดงอยู่ในรูปแบบฟังก์ชันของความถี่ ระยะทาง หรือตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยทั่วไปแล้วแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นจะถูกใช้สำหรับการประมาณค่าการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นตามเส้นทางการเชื่อมโยง (link) หรือใช้สำหรับการประมาณพื้นที่ครอบคลุมประสิทธิผลของเครื่องส่ง ซึ่งแบบจำลองที่นำมาใช้ในการประมาณการนั้น ควรมีเงื่อนไขหรือข้อจำกัดทางคุณลักษณะเดียวกันกับการแพร่กระจายคลื่นที่กำลังพิจารณาอยู่ เพื่อให้การประมาณการนั้นมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ

สำหรับการจำลองนี้ ซึ่งเป็นการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ที่เป็นการสื่อสารแบบคลื่นมิลลิเมตร (Millimeter Wave: mmWave) นั้น ทางสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International Telecommunication Union: ITU) ได้มีการกำหนดแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นสำหรับการสื่อสารคลื่นมิลลิเมตรไว้ในเอกสาร Recommendation ITU-R P.1411-10 (08/2019) โดยค่าการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นตามแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นของเอกสารดังกล่าวจะแสดงดังสมการต่อไปนี้

$$PL_{ITU-R}(\text{dB}) = L_0 + 10n \log_{10}\left(\frac{d}{d_0}\right) + L_{gas} + L_{rain} \quad (1)$$

เมื่อ PL_{ITU-R} คือการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นตามแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นของเอกสาร Recommendation ITU-R P.1411-10 (08/2019) มีหน่วยเป็น dB n คือเลขชี้กำลังการสูญเสียพื้นฐานซึ่งถูกกำหนดค่าตามสภาพแวดล้อม โดย Recommendation ITU-R P.1411-10 (08/2019) ได้กำหนดค่า n ที่สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ไว้ในตารางดังรูป 1 d คือระยะห่างตามเส้นทางการแทรกสอดมีหน่วยเป็นเมตร d_0 คือระยะอ้างอิงซึ่งในเอกสาร Recommendation ITU-R P.1411-10 (08/2019) ได้กำหนดให้มีค่าเป็น 1 เมตร L_0 คือการสูญเสียพื้นฐานที่ระยะอ้างอิงซึ่ง $L_0 = 20\log_{10}(f) - 28$ เมื่อ f คือความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์การแทรกสอดมีหน่วยเป็น MHz ส่วนค่า L_{gas} และ L_{rain} คือ การสูญเสียจากการลดทอนเนื่องจากฝน แก๊สในบรรยากาศและการสูญเสียจากการลดทอนเนื่องจากฝน ตามลำดับ

TABLE 7

Directional basic transmission loss coefficients for millimetre-wave propagation

Frequency (GHz)	Type of environment	Half power beam width (degree)		Basic transmission loss exponent
		Tx Ant	Rx Ant	n
28	Urban very high-rise	30	10	2.21
	Urban low-rise	30	10	2.06
60	Urban low rise	15.4	15.4	1.9

รูป 1 ตารางค่าเลขชี้กำลังการสูญเสียพื้นฐานในกรณีต่าง ๆ จากเอกสาร Recommendation ITU-R P.1411-10 (08/2019)

สำหรับแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นที่จะใช้สำหรับการจำลองในหัวข้อนี้ จะใช้แบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นตามเอกสาร Recommendation ITU-R P.1411-10 (08/2019) ที่มีค่าการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นดังสมการที่ 1 แต่เนื่องจากเอกสารดังกล่าวได้กำหนดค่า n ไว้แค่เฉพาะในกรณีที่สภาพแวดล้อมเป็นสภาพแวดล้อมแบบล้อมในเมือง (urban area) ในขณะที่สภาพแวดล้อมในการจำลองของงานวิจัยนี้เป็นสภาพแวดล้อมแบบชนบท (rural area) ที่ควรมีค่าการสูญเสียต่ำกว่าสภาพแวดล้อมในเมือง ดังนั้นค่า n ของสภาพแวดล้อมชนบทควรจะมีค่าต่ำกว่ากรณีสภาพแวดล้อมในเมืองด้วยเช่นกัน และถ้าหากพิจารณาว่าเส้นทางการแพร่กระจายคลื่นไม่มีสิ่งกีดขวางใด ๆ กำบังเลย สภาพแวดล้อมที่กำลังพิจารณานี้ก็จะตรงกับสภาพแวดล้อมในอวกาศว่าง (free-space) ซึ่ง n มีค่าเท่ากับ 2

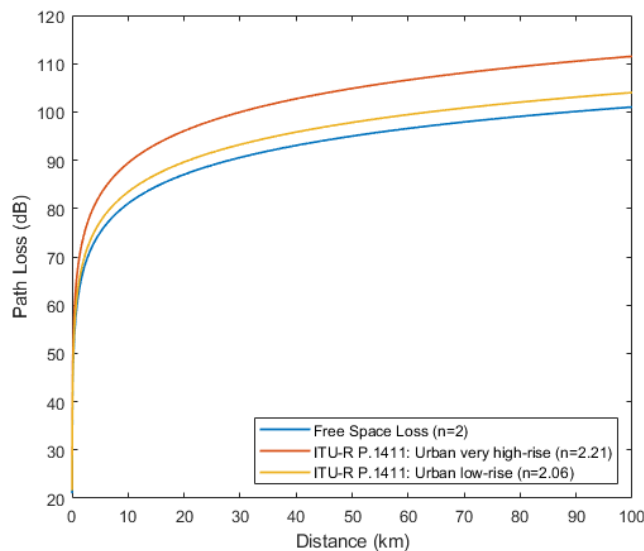
เมื่อพิจารณาเลือกใช้ค่า n เท่ากับ 2 ก็จะทำให้การสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกรณีที่ n มีค่ามากกว่า 2 และเป็นผลให้กำลังของสัญญาณแทรกสอดสูงขึ้น รวมไปถึงระยะห่างป้องกันก็ต้องการขึ้นตามด้วยเช่นกัน ดังนั้นหากใช้ระยะห่างป้องกันซึ่งมีค่ามากขึ้นนี้ ก็จึงสามารถมั่นใจได้ว่า สัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นจริงก็จะมีค่าไม่เกินขีดจำกัดที่ตั้งไว้ หรือกล่าวได้ว่าการเลือก n เท่ากับ 2 เป็นกรณีที่เลวร้ายที่สุด (worst case) ที่ใช้สำหรับการหาระยะห่างป้องกัน

ค่าการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นตามแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง (free-space loss) นั้นสามารถอธิบายได้ดังสมการต่อไปนี้

$$PL_{FSL} \text{ (dB)} = 20\log_{10}(f) - 28 + 20\log_{10}(d) \quad (2)$$

เมื่อ PL_{FSL} คือการสูญเสียการแพร่กระจายตามแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง d คือระยะห่างตามเส้นทางการแทรกสอดมีหน่วยเป็นเมตร และ f คือความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์การแทรกสอดมีหน่วยเป็น MHz

เพื่อที่จะมั่นใจว่าการเลือกใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นนี้จะทำให้การจำลองอยู่ในกรณีเลวร้ายที่สุด การสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นตามแบบจำลองทั้งสองที่ได้กล่าวไปจึงถูกนำมาเปรียบเทียบกัน โดยรูป 2 ได้แสดงการเปรียบเทียบค่าการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นตามแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง PL_{FSL} กับการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นตามแบบจำลอง Recommendation ITU-R P.1411-10 (08/2019) PL_{ITU-R} ที่มีการแทนค่า n เป็น 2.21 และ 2.02 โดยผลการเปรียบเทียบจากรูปดังกล่าวได้แสดงให้เห็นว่า การสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นตามแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง จะให้ค่าการสูญเสียที่ต่ำกว่าการสูญเสียจากแบบจำลอง Recommendation ITU-R P.1411-10 (08/2019) ดังนั้นสัญญาณแทรกสอดที่คำนวณโดยใช้ PL_{FSL} จะมีค่าสูงกว่าสัญญาณแทรกสอดที่คำนวณโดยใช้ PL_{ITU-R} ซึ่งทำให้การวิเคราะห์การแทรกสอดด้วยการเลือกใช้ PL_{FSL} เป็นการวิเคราะห์การแทรกสอดในกรณีเลวร้ายที่สุด



รูป 2 กราฟเปรียบเทียบการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นของแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่างกับแบบจำลองของ Recommendation ITU-R P.1411-10 (08/2019)

เพื่อที่จะสร้างความมั่นใจในการจำลองยิ่งขึ้น การจำลองนี้จึงได้ทำการจำลองด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปแล้วทำการเปรียบเทียบผล โดยโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้คือ โปรแกรม Planet ที่ผลิตโดยบริษัท INFOVISTA ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวมีแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่น 2 แบบ คือ แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M (Planet 3D Model) ที่ทำงานเป็นแบบ 3 มิติ ดังนั้นแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นที่ใช้สำหรับการจำลองคลื่น 28 GHz ของงานวิจัยนี้จึงมี 3 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M สำหรับซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการจำลองนั้น ในการจำลองนี้จะใช้ซอฟต์แวร์ MATLAB สำหรับการจำลองด้วยแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นในอวกาศว่าง และซอฟต์แวร์ Planet สำหรับการจำลองด้วยแบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M

1.2 การจำลองคลื่นความถี่ 28 GHz กรณีใช้คลื่นความถี่ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G

ในหัวข้อนี้จะทำการจำลองการแทรกสอดระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G ในกรณีใช้คลื่นความถี่ร่วมกัน เพื่อกำหนดระยะห่างป้องกันที่ทำให้ระบบ 5G สามารถทำงานได้อย่างราบรื่นและอยู่ร่วมกันได้กับระบบสื่อสารของสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ โดยสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ที่สามารถถูกจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ สถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่แบบ GSO และสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่แบบ NGSO

ในหัวข้อที่ 1.2.1 จะนำเสนอเนื้อหาในส่วนแรกที่จะเป็นการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G โดยเนื้อหาที่จะนำเสนอในหัวข้อดังกล่าวนี้ จะประกอบไปด้วยภาพเหตุการณ์การแทรกสอด การวิเคราะห์การแทรกสอด การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการจำลอง ผลการจำลอง การเปรียบเทียบผลการจำลองที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ การใช้งานตารางสรุประยะห่างป้องกัน และกรณีใช้งานโดยทั่วไป

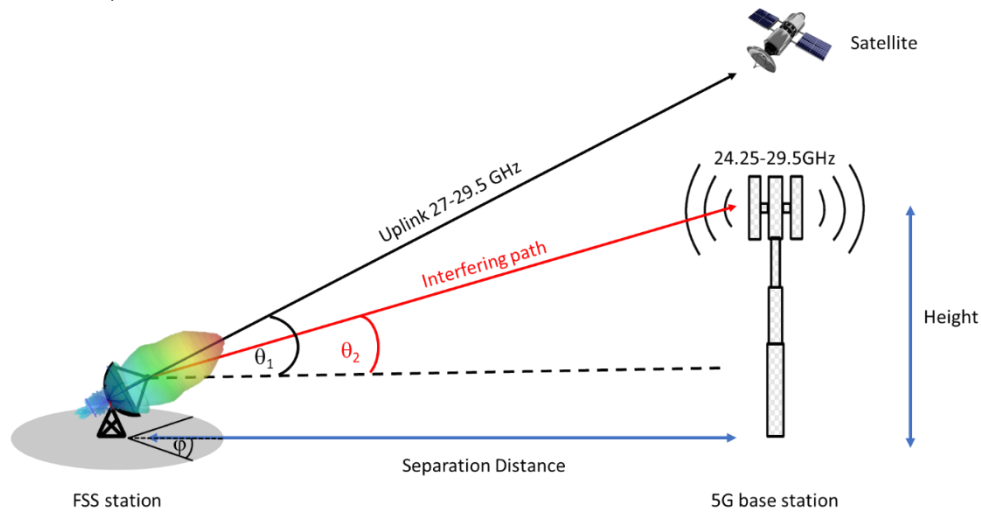
สำหรับกรณีการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G นั้น เนื่องจากผลการจำลองจากกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G สามารถถูกนำไปชดเชยค่าพารามิเตอร์เพื่อหาระยะห่างป้องกันของกรณีอื่นที่ต้องการได้ (ซึ่งกรณีอื่นนี้อาจมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์แตกต่างจากค่าที่ใช้ในการจำลอง) ประกอบกับภาพเหตุการณ์การแทรกสอดและการวิเคราะห์การแทรกสอดของกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G สามารถใช้ภาพเหตุการณ์การแทรกสอดและการวิเคราะห์การแทรกสอดแบบเดียวกันกับกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G ได้ ดังนั้นระยะห่างป้องกันของกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G สามารถหาค่าได้ ด้วยการนำข้อมูลที่มีอยู่เดิม (ผลการจำลองที่มีอยู่ของกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G) มาใช้ประโยชน์ ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้เอื้ออำนวยให้สามารถหาระยะห่างป้องกันได้โดยไม่ต้องทำการจำลอง โดยรายละเอียดค่าพารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียม NGSO และวิธีการหาระยะห่างป้องกันจะถูกกล่าวถึงภายใต้หัวข้อที่ 1.2.2

1.2.1 การจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G

1.2.1.1 ภาพเหตุการณ์การแทรกสอด (Interference scenario)

ภาพเหตุการณ์ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์การแทรกสอดระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G กรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันจะแสดงดังรูป 3 โดยสถานีดาวเทียมจะทำการส่งคลื่นในช่วงความถี่ 27-29.5 GHz ผ่านจานดาวเทียมซึ่งเป็นสายอากาศแบบพาราโบลา (parabolic antenna) ที่มีมุมเงย (elevation angle) เป็น θ_1 เพื่อทำการสื่อสารกับดาวเทียมแบบเชื่อมโยงขาขึ้น (uplink) โดยคลื่นส่วนหนึ่งจะเดินทางไปยังดาวเทียมตามทิศทางแนวตรงที่สายอากาศชี้ไปและในขณะเดียวกันก็จะมีคลื่นบางส่วนที่แพร่กระจายออกไปในทิศทางอื่นตามแบบรูปกระจายคลื่นของสายอากาศ (antenna pattern) โดยคลื่นเหล่านี้จะกลายเป็นสัญญาณแทรกสอดที่ไปรบกวนการสื่อสารไร้สายคลื่นมิลลิเมตร (Millimeter Wave: mmWave) ของระบบ 5G ที่ใช้งานในช่วงความถี่ 24.25-29.5 GHz การแทรกสอดระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G จะเกิดขึ้นในทิศทางของเส้นทางการแทรกสอด (interfering path) โดยระยะห่างตามทิศทาง

ของเส้นทางการแทรกสอดจะถูกนำมาใช้สำหรับการคำนวณค่าการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่น (propagation loss) ในการวิเคราะห์การแทรกสอด ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป



รูป 3 ภาพเหตุการณ์การแทรกสอดของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G

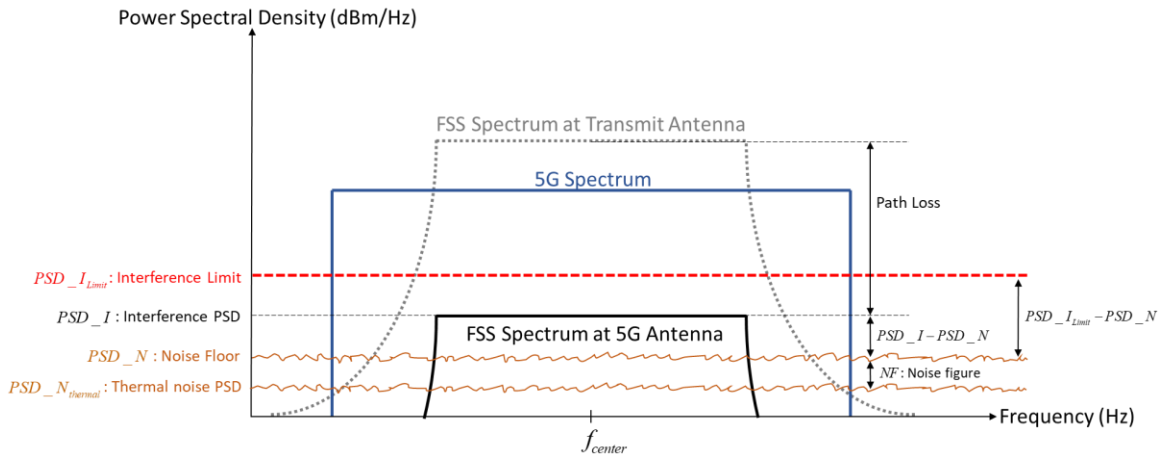
1.2.1.2 การวิเคราะห์การแทรกสอด (Interference analysis)

ในการพิจารณาว่าระบบ 5G และสถานีดาวเทียมจะใช้ความถี่ร่วมกันในย่านใดย่านหนึ่งได้หรือไม่นั้น จะพิจารณาจากว่า ย่านความถี่นั้นได้รับสัญญาณแทรกสอดจากสถานีดาวเทียมเกินกว่าขีดจำกัดการแทรกสอดหรือไม่ ถ้าไม่เกินก็จะถือว่าย่านความถี่ดังกล่าวสามารถใช้งานร่วมกันได้กับสถานีดาวเทียมอย่างราบรื่น โดยไม่ขึ้นอยู่กับว่าย่านความถี่นั้นจะกว้างเท่าใด ในทางกลับกันหากย่านความถี่ใช้งานของระบบ 5G ได้รับสัญญาณแทรกสอดจากสถานีดาวเทียมเกินกว่าขีดจำกัดการแทรกสอดนั้น แม้จะเป็นช่วงแถบความถี่น้อยเพียงใดก็ตาม ก็ถือว่าระบบ 5G ได้รับผลกระทบจากสัญญาณแทรกสอดในการใช้งานร่วมกับสถานีดาวเทียม อย่างไรก็ตาม หากผู้ประกอบการระบบ 5G มีการแบ่งย่านความถี่การใช้งานของอุปกรณ์ออกเป็นย่านความถี่ย่อย แล้วปรากฏว่า ย่านความถี่ย่อยที่แบ่งนั้นได้รับสัญญาณแทรกสอดจากสถานีดาวเทียมไม่เกินกว่าขีดจำกัดการแทรกสอด ก็ถือว่า ย่านความถี่ย่อยดังกล่าวสามารถใช้งานร่วมกันได้กับสถานีดาวเทียมอย่างราบรื่น แม้ว่าย่านความถี่ย่อยอื่นอาจจะได้รับผลกระทบจากการแทรกสอดจากสถานีดาวเทียมที่เกินกว่าขีดจำกัดการแทรกสอด

ในการวิเคราะห์การแทรกสอดเพื่อหาระยะห่างป้องกันที่ทำให้ระบบ 5G สามารถทำงานได้อย่างราบรื่นนั้นสามารถพิจารณาได้จากรูป 4 โดยค่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดจากสถานีดาวเทียมที่สถานีฐาน 5G ได้รับ (แสดงด้วยเส้นสีดำทึบ) จะต้องมิต่ำกว่าขีดจำกัดการแทรกสอด (interference limit) ซึ่งแสดงด้วยเส้นประสีแดง ตลอดย่านความถี่ที่ใช้งานของระบบ 5G โดยหากความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดจากสถานีดาวเทียมยังต่ำไม่พอก็มีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มระยะห่างป้องกันซึ่งจะทำให้การสูญเสียตามระยะทาง (path loss) เพิ่มขึ้น จนกว่าค่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังนี้จะต่ำกว่าขีดจำกัดการแทรกสอด

ในการกำหนดขีดจำกัดการแทรกสอดอาจพิจารณาที่กำหนดโดยอ้างอิงระดับพื้นสัญญาณรบกวน (noise floor) ของอุปกรณ์ภาครับ 5G (ซึ่งหาได้จากค่ากำลังสัญญาณรบกวนจากความร้อน (thermal noise power spectral density) และเลขแสดงสัญญาณรบกวน (noise figure)) เช่น การใช้อัตราส่วนสัญญาณแทรกสอดต่อสัญญาณรบกวน (Interference to Noise Ratio: I/N) ในการเปรียบเทียบขีดจำกัดการแทรกสอดกับระดับพื้นสัญญาณรบกวน

ในการใช้ขีดจำกัดการแทรกสอดเป็นตัวบ่งชี้ว่าสัญญาณแทรกสอดมีค่าเกินกว่าที่ยอมรับได้หรือไม่ ให้ความสะดวกในการทดสอบทั้งในภาคสนามและห้องปฏิบัติการ กล่าวคือ การทดสอบสามารถทำได้โดยใช้ อุปกรณ์วิเคราะห์สเปกตรัม (spectrum analyzer) ตรวจสอบว่า สัญญาณแทรกสอดมีความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังเกินกว่าขีดจำกัดการแทรกสอดตลอดย่านความถี่ที่ใช้งานของระบบ 5G หรือไม่



รูป 4 สเปกตรัมการใช้งานคลื่นความถี่ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G

เมื่อสถานีดาวเทียมส่งสัญญาณซึ่งมีกำลังงาน P_{tx} ไปยังดาวเทียม สัญญาณส่วนหนึ่งจะเดินทางไปถึง ภาครับซึ่งอาจเป็นสถานีฐาน 5G (5G base station) หรืออุปกรณ์ผู้ใช้ 5G (5G user equipment) โดย สัญญาณดังกล่าวจะกลายเป็นสัญญาณแทรกสอดที่ระบบ 5G รับผิดชอบซึ่งมีค่าดังสมการต่อไปนี้

$$I = P_{tx} + G_{tx} + G_{rx} - PL \quad (3)$$

เมื่อ I คือกำลังงานสัญญาณแทรกสอดมีหน่วยเป็น dBm P_{tx} คือกำลังงานส่งมีหน่วยเป็น dBm G_{tx} คือ อัตราขยายสายอากาศของสถานีดาวเทียมมีหน่วยเป็น dBi G_{rx} คืออัตราขยายสายอากาศของสถานีฐาน 5G มีหน่วยเป็น dBi และ PL คือการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นมีหน่วยเป็น dB ซึ่งมีค่าตามแบบจำลองการ แพร่กระจายคลื่นที่ได้เลือกใช้

สำหรับการวิเคราะห์การแทรกสอดด้วยการพิจารณาในรูปแบบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังนั้น หาก ทำการกำหนดให้ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดมีการกระจายตัวแบบสม่ำเสมอตลอด ช่วงความถี่แถบความถี่ที่ต้องการพิจารณา ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดจะมีค่าดัง สมการต่อไปนี้

$$PSD_I = I - 10\log(B) \quad (4)$$

เมื่อ PSD_I คือความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดมีหน่วยเป็น dBm/Hz และ B คือ ความกว้างแถบความถี่ที่ต้องการพิจารณามีหน่วยเป็น Hz

สำหรับการวิเคราะห์การแทรกสอดที่ต้องการนำสัญญาณรบกวน (noise) มาพิจารณาร่วมด้วยนั้น อัตราส่วนสัญญาณแทรกสอดต่อสัญญาณรบกวนจะถูกนำมาใช้สำหรับการวิเคราะห์การแทรกสอด โดยอัตราส่วนสัญญาณแทรกสอดต่อสัญญาณรบกวนจะเป็นไปตามสมการ

$$I / N \text{ (dB)} = I - N = PSD_I - PSD_N \quad (5)$$

เมื่อ I / N คืออัตราส่วนสัญญาณแทรกสอดต่อสัญญาณรบกวนมีหน่วยเป็น dB N คือกำลังงานสัญญาณรบกวนมีหน่วยเป็น dBm และ PSD_N คือระดับพื้นสัญญาณรบกวนหรือความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนมีหน่วยเป็น dBm/Hz ซึ่งหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} PSD_N &= PSD_N_{thermal} + NF \\ &= 10\log\left(\frac{k.T}{10^{-3}}\right) + NF \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} N &= N_{thermal} + NF \\ &= PSD_N_{thermal} + 10\log(B) + NF \end{aligned} \quad (7)$$

เมื่อ $PSD_N_{thermal}$ คือความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนจากความร้อนมีหน่วยเป็น dBm/Hz NF คือตัวเลขแสดงสัญญาณรบกวนมีหน่วยเป็น dB k คือค่าคงที่บ็อลทซ์มัน (Boltzmann constant) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.38×10^{-23} J/K T คืออุณหภูมิสัมบูรณ์ (absolute temperature) มีหน่วยเป็น K และ $N_{thermal}$ คือกำลังงานสัญญาณรบกวนจากความร้อนมีหน่วยเป็น dBm

ในบทความ Spectral Coexistence of IMT-2020 with Fixed Satellite Service in the 27-27.5 GHz Band และ Adjacent Channel Compatibility Evaluation and Interference Mitigation Technique Between Earth Station in Motion and IMT-2020 ได้อ้างอิงถึงเอกสาร ITU-R WP5D Temporary Document 2.6.5, “Characteristics of terrestrial IMT systems for frequency sharing/interference analyses in the frequency range between 24.25 GHz and 86 GHz” ในเรื่องของการกำหนดค่าขีดจำกัดการแทรกสอดในรูปแบบอัตราส่วนสัญญาณแทรกสอดต่อสัญญาณรบกวน $(I / N)_{threshold}$ และตัวเลขแสดงสัญญาณรบกวน NF ซึ่งบทความทั้งสองได้กำหนดให้ $(I / N)_{threshold}$ มีค่าเป็น -6 dB และ NF มีค่าเป็น 10 dB

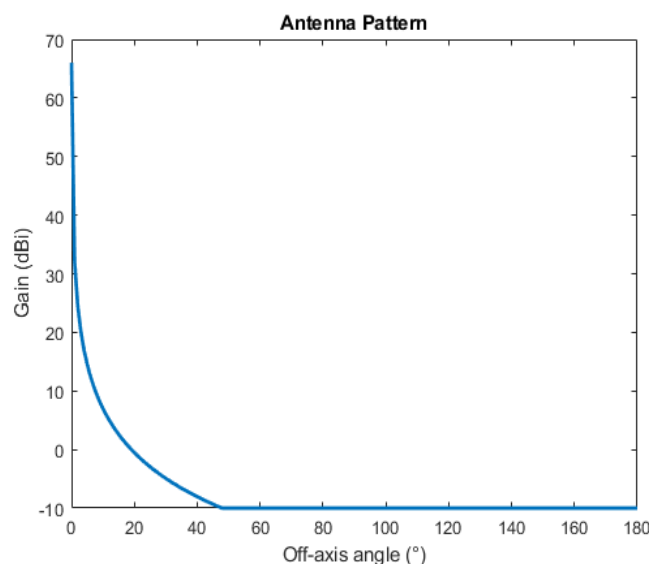
ในการพิจารณาว่าระบบ 5G และสถานีดาวเทียมจะใช้ความถี่ร่วมกันในย่านใดย่านหนึ่งได้หรือไม่นั้น จะพิจารณาจากว่า ย่านความถี่นั้นได้รับสัญญาณแทรกสอดจากสถานีดาวเทียมเกินกว่าขีดจำกัดการแทรกสอดหรือไม่ ถ้าไม่เกินก็จะถือว่าย่านความถี่ดังกล่าวสามารถใช้งานร่วมกันได้กับสถานีดาวเทียมอย่างราบรื่น โดยไม่ขึ้นอยู่กับว่าย่านความถี่นั้นจะกว้างเท่าใด ในทางกลับกันถ้าการแทรกสอดที่ได้รับจากสถานีดาวเทียมเกินกว่าขีดจำกัดการแทรกสอดตกลงบนย่านความถี่ใช้งานของระบบ 5G แม้จะเป็นช่วงแถบความถี่น้อยเพียงใดก็ตาม ก็ถือว่าระบบ 5G ได้รับผลกระทบจากสัญญาณแทรกสอดในการใช้งานร่วมกับสถานีดาวเทียม อย่างไรก็ตาม ถ้าผู้ประกอบการระบบ 5G มีการแบ่งย่านความถี่การใช้งานของอุปกรณ์ แล้วปรากฏว่า ย่านความถี่ที่แบ่งนั้นได้รับสัญญาณแทรกสอดจากสถานีดาวเทียมไม่เกินกว่าขีดจำกัดการแทรกสอด ก็จะถือว่า ย่านความถี่ดังกล่าว

สามารถใช้งานร่วมกันได้กับสถานีดาวเทียมอย่างราบรื่น แม้ว่าย่านความถี่อื่นอาจจะประสบปัญหาได้รับการแทรกสอดจากสถานีดาวเทียมเกินกว่าขีดจำกัดการแทรกสอด

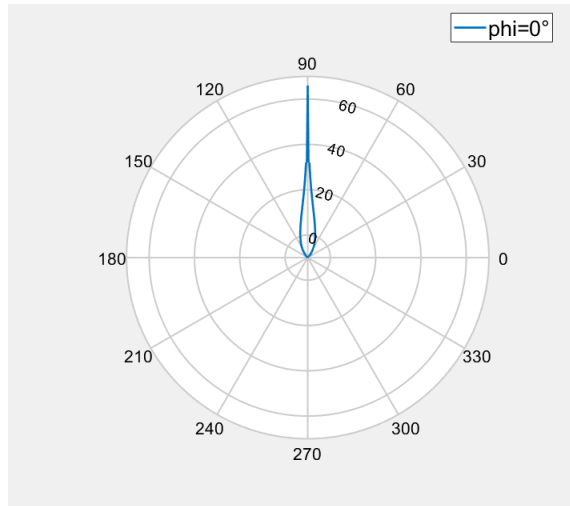
1.2.1.3 การกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการจำลอง

ในการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G นั้น ได้ใช้ข้อมูลตามสมมติฐานที่ได้หารือกับสำนักงาน กสทช. และข้อมูลการอนุญาตให้ผู้ประกอบกิจการดาวเทียมรายหนึ่งประกอบกิจการ โดยความถี่กลางที่ใช้ในการจำลองถูกกำหนดให้มีค่าเป็น 28.25 GHz กำลังงานส่งสูงสุดของสถานีดาวเทียมมีค่าเป็น 20 dBW อัตราขยายสายอากาศของสถานีดาวเทียมมีค่าเป็น 66 dBi ส่วนความกว้างแถบความถี่มีค่าเท่ากับ 100 MHz ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการวัดจริง แต่อย่างไรก็ดีความกว้างแถบความถี่ของสถานีดาวเทียมอาจมีค่าต่ำกว่านั้น ซึ่งการจำลองนี้จะกำหนดให้ความกว้างแถบความถี่มีค่าเป็น 50 MHz เพื่อคำนวณความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังส่งของสถานีดาวเทียมสูงสุด สำหรับแบบรูปกระจายคลื่นของสายอากาศสถานีดาวเทียม ในการจำลองนี้ได้เลือกใช้แบบรูปกระจายคลื่นสายอากาศแบบ APEREC013V01 ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนด Recommendation ITU-R S.465-6 โดยอัตราขยายของสายอากาศและแบบรูปกระจายคลื่นของสายอากาศจะแสดงดังรูป 5 รูป 6 และรูป 7 ตามลำดับ สำหรับค่ามุมเงยสายอากาศของสถานีดาวเทียมหรือมุมเงยของจานดาวเทียมนั้น ได้ถูกกำหนดเป็น 10, 30 และ 62.5 องศา ส่วนความสูงของจานดาวเทียมจะกำหนดให้มีค่าเป็น 5 เมตร ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสถานีดาวเทียมจะถูกสรุปไว้ในตาราง 1

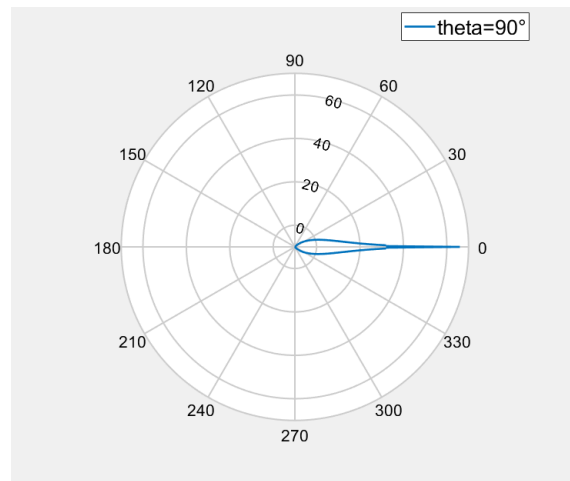
สำหรับพารามิเตอร์ของระบบ 5G นั้น การจำลองนี้ได้ทำการกำหนดให้แบบรูปกระจายคลื่นของสายอากาศระบบ 5G เป็นแบบรูปกระจายคลื่นรอบทิศทาง (Omnidirectional) และมีอัตราขยายสายอากาศเป็น 0 dBi อย่างไรก็ตามในกรณีที่อัตราขยายสายอากาศไม่ใช่ 0 dBi ก็สามารถทำการชดเชยในภายหลังได้ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวถึงในหัวข้อที่ 1.2.1.6 สำหรับความสูงของสายอากาศ ระยะห่างแนวราบจากสถานีดาวเทียม และ มุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าสายอากาศสถานีดาวเทียมนั้น จะถูกกำหนดให้มีค่าดังตาราง 2



รูป 5 อัตราขยายสายอากาศของแบบรูปสายอากาศ APEREC013V01



รูป 6 แบบรูปกระจายคลื่นในระนาบ $\phi = 0^\circ$ ของแบบรูปสายอากาศ APEREC013V01



รูป 7 แบบรูปกระจายคลื่นในระนาบ $\theta = 90^\circ$ ของแบบรูปสายอากาศ APEREC013V01

ตาราง 1 พารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียมสำหรับการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมเคลื่อนที่และระบบ 5G

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์	หน่วย
ความถี่กลาง	28.25	GHz
ความกว้างแถบความถี่เพื่อคำนวณความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังส่งสูงสุด	50	MHz
กำลังงานส่งสูงสุด	20	dBW
ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังส่งสูงสุด	-27	dBm/Hz
อัตราขยายสายอากาศ	66	dBi
แบบรูปกระจายคลื่นของสายอากาศ	APEREC013V01	-
มุมเงยสายอากาศ	10, 30 และ 62.5	องศา

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์	หน่วย
ความสูงของสายอากาศจากพื้นดิน	5	เมตร

ตาราง 2 พารามิเตอร์ของสถานีฐาน 5G สำหรับการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์	หน่วย
อัตราขยายสายอากาศ	0	dBi
แบบรูปกระจายคลื่นของสายอากาศ	รอบทิศทาง	-
ความสูงสายอากาศจากพื้นดิน	10, 20, 30, 40, 50, 100, 150, 200, 250 และ 300	เมตร
ระยะห่างแนวราบจากสถานีดาวเทียม	0 ถึง 100 หมายเหตุที่ 1 : การจำลองด้วยแบบจำลองอวกาศว่าง (free-space) ไม่ได้พิจารณาความโค้งของพื้นผิวโลกซึ่งจำกัดการสื่อสารตามแนวเส้นสายตา (line of sight) ไร่ไม่เกินระยะทางประมาณ 50 กิโลเมตร หมายเหตุที่ 2 : เนื่องจากซอฟต์แวร์สำเร็จรูปที่ใช้สำหรับการจำลองด้วยแบบจำลอง Generic Model และ P3M นั้น มีระยะห่างสูงสุดในการจำลองอยู่ที่ 35 กิโลเมตร ดังนั้นการจำลองด้วยซอฟต์แวร์ดังกล่าวนี้จะจำลองระยะห่างตามแนวราบจากสถานีดาวเทียมตั้งแต่ 0 ถึง 35 กิโลเมตร ตามข้อจำกัดของซอฟต์แวร์	กิโลเมตร
มุมกวาดเบี่ยงเบนจากหน้างานสายอากาศดาวเทียม	0, ± 10 , ± 20 , ... , ± 90	องศา

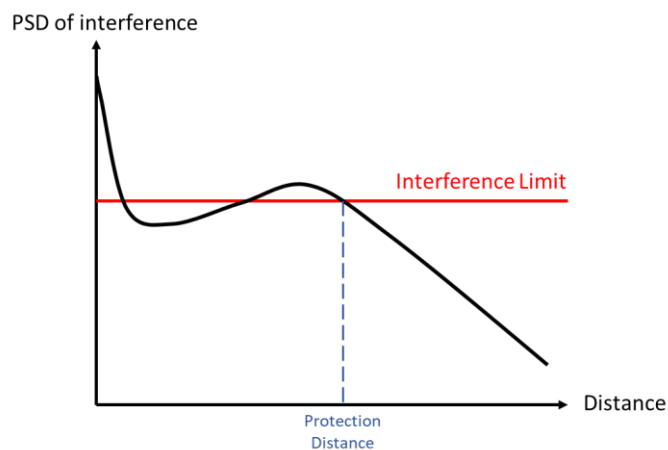
1.2.1.4 ผลการจำลอง

ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองการแทรกสอดจะแสดงอยู่ในรูปแบบกราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง โดยค่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดที่สถานีฐาน 5G รับผิดชอบที่ระยะต่าง ๆ จะถูกนำไปใช้ในการหาระยะห่างป้องกัน โดยกระบวนการหาระยะห่างป้องกันจะใช้วิธีกำหนดค่าขีดจำกัดการแทรกสอดขึ้นแล้วทำการลากเส้นหาจุดตัดในกราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอด โดยระยะห่างป้องกันคือค่าระยะทาง ณ ตำแหน่งจุดตัดที่เกิดขึ้นในกราฟ หากมีจุดตัดมากกว่าหนึ่งจุดในกราฟ จุดตัดที่มีระยะทางสูงสุดจะถูกเลือกเป็นระยะห่างป้องกัน รูป 8 ได้แสดงตัวอย่างการหาระยะห่างป้องกันจากกราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง อย่างไรก็ตามหากไม่ปรากฏจุดตัดขึ้นในกราฟซึ่งอาจเกิดขึ้นจากกรณีที่จุดตัดมีค่าอยู่ไกลกว่าระยะการจำลอง หรือ อาจเกิดจากกรณีที่ค่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดมีค่าน้อยกว่าขีดจำกัดการแทรกสอดที่ตั้งไว้ในการจำลองจะบันทึกค่าดังกล่าวลักษณะต่อไปนี้

- กรณีที่จุดตัดมีค่าอยู่ไกลกว่าระยะการจำลอง:
ในกรณีนี้จะบันทึกค่าเป็น ระยะห่างป้องกันมีค่ามากกว่าระยะทางสูงสุดในการจำลอง เช่น หากระยะทางสูงสุดในการจำลองมีค่าเป็น 100 กิโลเมตร จะทำการบันทึกค่าเป็น “>100000” เมตร เป็นต้น แต่ในความเป็นจริงนั้น ระยะห่างป้องกันควรมีค่าไม่เกินกว่า 50 กิโลเมตรซึ่งเป็นระยะทางสูงสุดสำหรับการสื่อสารภาคพื้นดินที่อาศัยแนวเส้นสายตาโดยที่ยังไม่ถูกพื้นผิวโลกบัง ดังนั้นในกรณีนี้ควรจำกัดระยะห่างป้องกันที่ 50 กิโลเมตร

- กรณีที่ค่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดมีค่าน้อยกว่าขีดจำกัดการแทรกสอดที่กำหนดไว้:

ในกรณีนี้จะเป็นกรณีที่หาจุดตัดไม่ได้แม้จะเพิ่มระยะทางที่ใช้ในการจำลอง ซึ่งในที่นี้จะทำการบันทึกค่าระยะห่างป้องกันเป็น “-” อย่างไรก็ตามในกรณีที่ระยะห่างป้องกันมีค่าน้อยมากหรือหาไม่ได้ดังเช่นกรณีนี้ เพื่อที่จะมั่นใจว่าจะไม่เกิดการแทรกสอดกัน อาจกำหนดระยะห่างป้องกันต่ำสุดขึ้น แม้ว่าการจำลองจะให้ระยะห่างป้องกันต่ำกว่านั้น เช่น ในกรณีใช้ความถี่ร่วมกัน ระยะห่างป้องกันต่ำสุดมีค่าเป็น 100 เมตรและกรณีใช้ความถี่ข้างเคียงกัน ระยะห่างป้องกันต่ำสุดมีค่าเป็น 50 เมตร เป็นต้น



รูป 8 การหาระยะห่างป้องกัน

เนื่องจากผลการจำลองที่จะนำเสนอในหัวข้อนี้จะได้มาจากการจำลองที่กำหนดค่าพารามิเตอร์ตามหัวข้อที่ 1.2.1.3 เพื่อที่จะทำให้ผลการจำลองสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น การจำลองนี้จึงได้ทำการหาค่าระยะห่างป้องกัน ณ ขีดจำกัดการแทรกสอดหลาย ๆ ระดับ แล้วทำจัดทำตารางขึ้นเพื่อสรุปค่าระยะห่างป้องกันที่ได้ ณ ขีดจำกัดการแทรกสอด ความสูงของสายอากาศ 5G และมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจันดาวเทียมค่าต่าง ๆ โดยการหาระยะห่างป้องกันหลายค่าและจัดทำตารางเช่นนี้จะทำให้ข้อมูลที่มีอยู่สามารถทำการชดเชยได้ในภายหลัง กล่าวคือ ข้อมูลเดิมที่ได้จากการจำลองสามารถใช้ประโยชน์ได้อยู่แม้จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ เช่น กำลังงานส่ง อัตราขยายสายอากาศภาคส่ง อัตราขยายสายอากาศภาครับ เป็นต้น ตัวอย่างการใช้ตารางสรุปค่าระยะห่างป้องกันจะกล่าวถึงในหัวข้อที่ 1.2.1.6

ผลการจำลองในหัวข้อนี้จะถูกแบ่งนำเสนอออกเป็น 3 หัวข้อตามมุมเงยสายอากาศของสถานีดาวเทียม ซึ่งมีค่าเป็น 10, 30 และ 62.5 องศา โดยผลการจำลอง ณ มุมเงยสายอากาศของสถานีดาวเทียมค่าดังกล่าวจะถูกนำเสนอในภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.1.1, 2.1.2 และ 2.1.3 ตามลำดับ

1.2.1.5 การเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ

ในหัวข้อนี้จะทำการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองการใช้คลื่นความถี่ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G เมื่อใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M โดยในการเปรียบเทียบนั้น ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองทั้งสาม จะถูกนำมาพล็อตกราฟในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinate) และ

รูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar coordinate) โดยกราฟที่แสดงผลการเปรียบเทียบในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียนนั้น จะกำหนดให้แกนตั้งของกราฟเป็นระยะห่างป้องกัน ส่วนแกนนอนของกราฟจะถูกกำหนดเป็นมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจาดาวเทียม สำหรับกราฟแสดงผลการเปรียบเทียบในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้วนั้น ระยะห่างป้องกันจะถูกแสดงอยู่ในรูปแบบระยะห่างตามแนวรัศมีจากจุดศูนย์กลาง ส่วนมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจาดาวจะถูกแสดงอยู่ในรูปแบบมุมอาซิมุท

ผลการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองทั้ง 3 รูปแบบในกรณีการใช้คลื่นความถี่ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G เมื่อมุมเงยจาดาวเทียมมีค่าเป็น 10, 30 และ 62.5 องศาจะถูกนำเสนอในภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.2.1 หัวข้อที่ 2.2.2 และหัวข้อที่ 2.2.3 ตามลำดับ

1.2.1.5.1 สรุปผลการเปรียบเทียบ

จากการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองด้วยการใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ที่ความสูงของสายอากาศ 5G และมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจาดาวเทียมค่าเดียวกัน พบว่าที่ระยะห่างป้องกันมีค่าต่ำกว่า 1,000 เมตร ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองด้วยแบบจำลองทั้งสามจะให้ผลใกล้เคียงกัน และเมื่อระยะทางเกินกว่า 1,000 เมตรก็จะเห็นความแตกต่างของผลการจำลองที่ได้จากแบบจำลองทั้งสามอย่างชัดเจน โดยแบบจำลอง P3M ให้ระยะห่างป้องกันต่ำกว่าแบบจำลองอื่นเนื่องจากแบบจำลอง P3M นี้เป็นแบบจำลอง 3 มิติ ที่พิจารณาถึงความโค้งของพื้นผิวโลกไว้ด้วย ดังนั้นแบบจำลอง P3M จึงให้ความแม่นยำมากที่สุดเมื่อเทียบกับแบบจำลองที่เหลืออีกสองแบบ

1.2.1.6 การพิจารณาขีดจำกัดการแทรกสอดโดยใช้อัตราส่วนสัญญาณแทรกสอดต่อสัญญาณรบกวน

1.2.1.6.1 สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนสัญญาณแทรกสอดต่อสัญญาณรบกวนและความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอด

อัตราส่วนสัญญาณแทรกสอดต่อสัญญาณรบกวนอาจหาได้จาก ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอด ดังสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} I / N \text{ (dB)} &= PSD_I - PSD_N \\ &= (PSD_I_0 + G_r(\theta, \phi) - L_{add}) - (PSD_N_{thermal} + NF) \end{aligned} \quad (8)$$

เมื่อ I / N คืออัตราส่วนสัญญาณแทรกสอดต่อสัญญาณรบกวนมีหน่วยเป็น dB PSD_I คือความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดมีหน่วยเป็น dBm/Hz PSD_N คือความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนมีหน่วยเป็น dBm/Hz PSD_I_0 คือความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกรณีอัตราขยายสายอากาศภาครับมีค่าเป็น 0 dBi หน่วยเป็น dBm/Hz $PSD_N_{thermal}$ คือความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนจากความร้อนซึ่ง $PSD_N_{thermal} = 10 \log\left(\frac{kT}{10^{-3}}\right)$ มีหน่วยเป็น dbm/Hz โดยที่ k คือค่าคงที่บ็อลทซ์มัน (Boltzmann constant) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.38×10^{-23} J/K T คืออุณหภูมิสัมบูรณ์มีหน่วยเป็น K NF คือเลขแสดงสัญญาณรบกวน $G_r(\theta, \phi)$ คืออัตราขยายสายอากาศภาครับตามทิศทางมุมเงย θ และมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจาดาวเทียมภาครับ ϕ มีหน่วยเป็น dBi ส่วน L_{add} คือการสูญเสียเพิ่มเติม เช่น การสูญเสียจากแก๊สในบรรยากาศ การสูญเสียจากความชื้น หรือการสูญเสียจาก

ความไม่ตรงกันของโพลาไรซ์ (polarization mismatch loss) เป็นต้น เมื่อทำการย้ายข้างสมการที่ 6 จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$PSD_{I_0} = I/N - G_r(\theta, \phi) + L_{add} + PSD_{N_{thermal}} + NF \quad (9)$$

โดยเมื่อแทน I/N ด้วยขีดจำกัดการแทรกสอดที่อยู่ในรูปแบบอัตราส่วนสัญญาณแทรกสอดต่อสัญญาณรบกวน $(I/N)_{threshold}$ และแทนค่า $G_r(\theta, \phi)$, L_{add} , $PSD_{N_{thermal}}$ และ NF ในสมการข้างต้น ก็จะได้ค่า PSD_{I_0} และเนื่องจากค่าในตารางสรุประยะห่างป้องกันที่ได้นำเสนอไป ได้มาจากการจำลองที่กำหนดให้อัตราขยายสายอากาศครีมีค่าเป็น 0 dBi รอบทิศทาง ดังนั้นระยะห่างป้องกันจึงสามารถเลือกได้จากค่าในตารางเหล่านั้นด้วยการใช้ PSD_{I_0} เป็นค่าขีดจำกัดการแทรกสอดในตาราง

1.2.1.6.2 ตัวอย่างการใช้ตาราง

ตัวอย่างนี้จะแสดงวิธีการใช้ตารางสรุปค่าระยะห่างป้องกันที่มีอยู่ในการหาค่าระยะห่างป้องกันที่ต้องการ เมื่อทำการกำหนดค่าขีดจำกัดการแทรกสอดมาในรูปแบบอัตราส่วนสัญญาณแทรกสอดต่อสัญญาณรบกวน $(I/N)_{threshold}$ และค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ซึ่งมีค่าดังต่อไปนี้

- ขีดจำกัดการแทรกสอดในรูปแบบอัตราส่วนสัญญาณแทรกสอดต่อสัญญาณรบกวน: ค่า $(I/N)_{threshold}$ คือ ค่าที่บ่งบอกว่าขีดจำกัดการแทรกสอดที่จะใช้สำหรับการหาระยะห่างป้องกันนั้น มีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าระดับความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเป็นจำนวนกี่ dB โดยค่า $(I/N)_{threshold}$ นี้สามารถพิจารณากำหนดเป็นค่าใดก็ได้ ขึ้นอยู่กับผู้พิจารณาว่าต้องการจะหาระยะห่างป้องกันที่ค่า $(I/N)_{threshold}$ เท่าใด โดยในเอกสาร ITU-R WP5D Temporary Document 265 ได้ใช้ค่า $(I/N)_{threshold} = -6$ dB สำหรับการคำนวณหาระยะห่างป้องกัน อย่างไรก็ตามในตัวอย่างนี้จะเลือกใช้ $(I/N)_{threshold} = 0$ dB ซึ่งเป็นกรณีที่ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ใช้สำหรับหาระยะห่างป้องกัน อยู่ในระดับเดียวกันกับความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน
- ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนจากความร้อน: กำหนดให้ $PSD_{N_{thermal}} = -174$ dBm/Hz ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณจากอุณหภูมิ $T = 300$ K
- เลขแสดงสัญญาณรบกวน: กำหนดให้ $NF = 10$ dB ซึ่งเป็นการกำหนดค่าตามเอกสาร ITU-R WP5D Temporary Document 265
- การสูญเสียเพิ่มเติม: กำหนดให้การสูญเสียเพิ่มเติม คือ การสูญเสียเนื่องจากความไม่ตรงกันของโพลาไรซ์

$L_{add} = L_{polarize}$ โดย $L_{polarize}$ จะมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับรูปแบบโพลาไรซ์ของสายอากาศภาครับและสายอากาศภาคส่ง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ในกรณีที่สายอากาศของระบบ 5G และจานดาวเทียมใช้โพลาไรซ์รูปแบบเดียวกัน เช่น การใช้โพลาไรซ์เชิงเส้น (linear polarization) แนวตั้งหรือแนวนอนอย่างใดอย่างหนึ่งเหมือนกัน ค่า $L_{polarize}$ จะมีค่าเท่ากับ 0 dB ซึ่งในกรณีนี้ระยะห่างป้องกันที่หาได้จะมากกว่าการใช้ค่า $L_{polarize}$ ที่มีค่ามากกว่า 0 dB ขึ้นไป ดังนั้นกรณีที่ $L_{polarize} = 0$ dB นี้จึงพิจารณาเป็นกรณีที่เลวร้ายที่สุดสำหรับการเลือกค่าการสูญเสียเนื่องจากความไม่ตรงกันของโพลาไรซ์
- ในกรณีที่สายอากาศของระบบ 5G ใช้โพลาไรซ์แบบเชิงเส้น ส่วนจานดาวเทียมใช้โพลาไรซ์แบบวงกลม (circular polarization) ค่า $L_{polarize}$ จะมีค่าเท่ากับ 3 dB

โดยรายละเอียดการคำนวณค่า $L_{polarize}$ ในกรณีข้างต้นจะแสดงไว้ในภาคผนวก ข สำหรับค่า $L_{polarize}$ ที่ใช้ในตัวอย่างนี้นั้น จะกำหนดให้ $L_{polarize} = 0$ dB ซึ่งเป็นกรณีที่สายอากาศของระบบ 5G และจานดาวเทียมใช้โพลาไรซ์รูปแบบเดียวกัน

– อัตราขยายสายอากาศรับ:

กำหนดให้ $G_r(\theta, \phi) = 10$ ถึง 23 dBi ซึ่งเป็นค่าอัตราขยายที่มุมเบี่ยงเบน 0 ถึง 10 องศาจากแกนหลักของสายอากาศสถานีฐาน 5G

จากการกำหนดพารามิเตอร์ข้างต้นนี้ หากต้องการหาค่าระยะห่างป้องกันในกรณีที่ $(I/N)_{threshold} = 0$ dB ซึ่งเป็นกรณีที่สัญญาณแทรกสอดมีกำลังงานเท่ากับสัญญาณรบกวนนั้น ให้ทำการแทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการที่ 9 เพื่อทำการหาค่า PSD_{I_0} โดยจะได้ว่า

$$\begin{aligned} PSD_{I_0} &= (I/N)_{threshold} - G_r(\theta, \phi) + L_{add} + PSD_{N_{thermal}} + NF \\ &= 0 - G_r(\theta, \phi) + 0 - 174 + 10 \\ &= -164 - G_r(\theta, \phi) \end{aligned}$$

และเมื่อแทนค่า $G_r(\theta, \phi) = 10$ ถึง 23 dBi ก็จะได้ว่า PSD_{I_0} มีค่าเท่ากับ -174 ถึง -187 dBm/Hz โดยหลังจากที่หาค่า PSD_{I_0} ได้แล้วนั้น ก็ให้นำค่า PSD_{I_0} นี้ไปใช้เป็นค่าขีดจำกัดการแทรกสอดในตารางเพื่อทำการหาค่าระยะห่างป้องกันตามกรณีที่ต้องการหา เช่น หากต้องการหาระยะห่างป้องกัน ณ ค่า $PSD_{I_0} = -180$ dBm/Hz ในกรณีที่จานดาวเทียมสูง 5 เมตร สายอากาศ 5G สูง 30 เมตร และจานดาวเทียมมีมุมเบี่ยงเบนเป็น 62.5 องศา ก็ให้นำค่า $PSD_{I_0} = -180$ dBm/Hz ไปใช้เป็นค่าขีดจำกัดการแทรกสอดในตาราง 29 ตาราง 30 และตาราง 31 (ตารางดังกล่าวได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.1) ซึ่งเป็นตารางสรุปค่าระยะห่างป้องกันที่มุมเบี่ยงเบนจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาของกรณีที่ใช้แบบจำลองการสูญเสีย

การแพร่กระจายคลื่นในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ตามลำดับ โดย ระยะห่างป้องกัน ณ ค่า $PSD_{I_0} = -180$ dBm/Hz ที่หาได้จากตารางสรุประยะห่างป้องกันที่ใช้แบบจำลอง การสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M จะมีค่าดัง แสดงในรูป 9 รูป 10 และรูป 11

ตารางระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมและ ระบบ 5G โดยใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง และมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศา

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันทั้งหมด (เมตร)									
		ณ มุมเงยเฉลี่ยบนคาบและมุมเงยจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	19.3	13.1	12.7	12.1	11.3	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9
	-130	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5
	-140	119.5	119.5	119.5	119.5	119.5	119.5	119.5	119.5	119.5	119.5
	-150	377.9	377.9	377.9	377.9	377.9	377.9	377.9	377.9	377.9	377.9
	-160	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1
	-170	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3
	-180	11952	11952	11952	11952	11952	11952	11952	11952	11952	11952
	-190	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	12.8	12.3	10.9	-	-	-	-	-	-	-
	-120	20.5	20.1	19.1	17.6	15.7	13.8	11.9	10.1	-	-
	-130	41.3	40.8	39.5	37.5	35	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7
	-140	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6
	-150	377.7	377.7	377.7	377.7	377.7	377.7	377.7	377.7	377.7	377.7
	-160	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1
	-170	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3
	-180	11952	11952	11952	11952	11952	11952	11952	11952	11952	11952
	-190	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793
30	-100	15.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	18.5	17.5	13.8	-	-	-	-	-	-	-
	-120	26.9	26.2	24.4	21.7	18.3	14.5	10.5	-	-	-
	-130	49	48.4	46.5	43.8	40.4	36.9	33.4	30.2	28.4	28.4
	-140	116.9	116.9	116.9	116.9	116.9	116.9	116.9	116.9	116.9	116.9
	-150	377.1	377.1	377.1	377.1	377.1	377.1	377.1	377.1	377.1	377.1
	-160	1194.9	1194.9	1194.9	1194.9	1194.9	1194.9	1194.9	1194.9	1194.9	1194.9
	-170	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2
	-180	11952	11952	11952	11952	11952	11952	11952	11952	11952	11952
	-190	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793

ระยะห่างป้องกันที่หาได้ เมื่อแทนค่า $PSD_{I_0} = -180$ dBm/Hz ลงในตาราง ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณี ใช้คลื่น 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานี ดาวเทียมและระบบ 5G โดยใช้ แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง และ มุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศา

รูป 9 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการแทนค่า $PSD_{I_0} = -180$ dBm/Hz ลงในตาราง 29 ณ ความสูงสายอากาศ 5G มีค่า เป็น 30 เมตร

ตารางระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมและ ระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง Generic Model และมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศา

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันทั้งหมด (เมตร)									
		ณ มุมเงยเฉลี่ยบนคาบและมุมเงยจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	-130	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	-140	125	125	125	125	126	126	126	126	126	125
	-150	394	395	395	396	396	396	396	396	396	396
	-160	1246	1247	1249	1250	1251	1252	1252	1252	1251	1250
	-170	3938	3942	3947	3952	3955	3957	3958	3957	3955	3951
	-180	12256	11851	12324	12052	11352	6206	12007	12513	12419	11677
	-190	14813	15865	18707	13195	13325	7140	17906	17136	19005	14418
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	7	6	4	-	-	-	-	-	-	-
	-130	42	42	41	40	40	40	40	40	40	39
	-140	125	125	125	125	126	126	126	126	126	125
	-150	394	395	395	396	396	396	396	396	396	396
	-160	1246	1247	1249	1250	1251	1252	1252	1252	1251	1250
	-170	3938	3942	3947	3952	3955	3957	3958	3957	3955	3951
	-180	12451	12261	12483	12497	12507	11795	12516	12513	12505	12495
	-190	20066	21099	26753	19753	19209	14203	22803	21869	23405	18871
30	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	26	26	15	3	-	-	-	-	-	-
	-130	49	48	47	45	43	39	36	34	34	33
	-140	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124
	-150	394	395	395	396	396	396	396	396	396	396
	-160	1246	1247	1249	1250	1251	1252	1252	1252	1251	1250
	-170	3938	3942	3947	3952	3955	3957	3958	3957	3955	3951
	-180	12451	12467	12483	12497	12507	12514	12516	12513	12505	12495
	-190	23705	25038	27703	23957	26711	18673	26921	26532	27857	24225

ระยะห่างป้องกันที่หาได้ เมื่อแทนค่า $PSD_{I_0} = -180$ dBm/Hz ลงในตาราง ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณี ใช้คลื่น 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานี ดาวเทียมและระบบ 5G โดยใช้ แบบจำลอง Generic Model และมุมเงย จานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศา

รูป 10 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการแทนค่า $PSD_{I_0} = -180$ dBm/Hz ลงในตาราง 30 ณ ความสูงสายอากาศ 5G มีค่า เป็น 30 เมตร

ตารางระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง P3M และมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศา

ความสูงสายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)																		
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)																		
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90									
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	-130	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	-140	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122
	-150	354	354	354	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355
	-160	1026	1026	1026	1025	1024	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1026	1026	1026	1026	1026	1026	1026	1026
	-170	2720	2713	2727	2730	2732	2733	2734	2733	2731	2729	2729	2729	2729	2729	2729	2729	2729	2729	2729
	-180	6339	6115	6354	6361	6366	6299	6369	6368	6364	6326	6326	6326	6326	6326	6326	6326	6326	6326	6326
	-190	12017	8551	12583	11682	12050	9833	12604	12502	11305	8252	8252	8252	8252	8252	8252	8252	8252	8252	8252
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-120	6	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-130	42	42	41	40	40	40	40	40	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	
	-140	122	121	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	
	-150	354	354	354	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	
	-160	1026	1026	1026	1025	1024	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1026	1026	1026	1026	1026	1026	1026	
	-170	2720	2723	2727	2730	2732	2733	2734	2733	2731	2729	2729	2729	2729	2729	2729	2729	2729	2729	
	-180	6339	6346	6354	6361	6366	6369	6369	6368	6364	6326	6326	6326	6326	6326	6326	6326	6326	6326	
	-190	12554	12569	12583	12596	12606	12612	12613	12609	12601	12590	12590	12590	12590	12590	12590	12590	12590	12590	
30	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-120	26	22	12	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-130	49	48	47	45	43	39	36	34	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	
	-140	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	
	-150	354	354	354	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	355	
	-160	1026	1026	1026	1025	1024	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1026	1026	1026	1026	1026	1026	1026	
	-170	2720	2723	2727	2730	2732	2733	2734	2733	2731	2729	2729	2729	2729	2729	2729	2729	2729	2729	
	-180	6339	6346	6354	6361	6366	6369	6369	6368	6364	6326	6326	6326	6326	6326	6326	6326	6326	6326	
	-190	12554	12569	12583	12596	12606	12612	12613	12609	12601	12590	12590	12590	12590	12590	12590	12590	12590	12590	

ระยะห่างป้องกันที่ทำได้ เมื่อแทนค่า $PSD_{I_0} = -180$ dBm/Hz ลงในตาราง ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง P3M และมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศา

รูป 11 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการแทนค่า $PSD_{I_0} = -180$ dBm/Hz ลงในตาราง 31 ณ ความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 30 เมตร

อย่างไรก็ดี เนื่องจากตารางที่ได้นำเสนอไปได้มีการสรุปค่าระยะห่างป้องกันไว้ ณ ค่าขีดจำกัดการแทรกสอด -100, -110, -120, -130, -140, -150, -160, -170, -180 และ -190 dBm/Hz เท่านั้น ดังนั้นหากค่า PSD_{I_0} ที่ใช้สำหรับการหาระยะห่างป้องกันนั้น มีค่าไม่ตรงกันกับค่าขีดจำกัดการแทรกสอดในตาราง ก็มีความจำเป็นที่จะต้องทำการประมาณค่าในช่วง (interpolation) ซึ่งในที่นี้จะทำการประมาณค่าในช่วงด้วยการใช้สมการเส้นตรง ตัวอย่างเช่น หากต้องการหาระยะห่างป้องกัน ณ ค่า $PSD_{I_0} = -174$ dBm/Hz ด้วยการใส่ตาราง 31 สำหรับกรณีที่จานดาวเทียมสูง 5 เมตร สายอากาศ 5G สูง 30 เมตร จานดาวเทียมมีมุมเงยเป็น 62.5 องศา และมุมกวาดเบี่ยงเบนแนวราบหน้าจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศา นั้น ค่าในตาราง 31 สามารถนำมาเขียนเป็นกราฟเส้นตรงสำหรับการประมาณค่าในช่วงได้ ดังแสดงในรูป 12 โดยระยะห่างป้องกัน ณ ค่า $PSD_{I_0} = -174$ dBm/Hz ที่ได้จากการประมาณค่าในช่วงจะมีค่าดังสมการต่อไปนี้

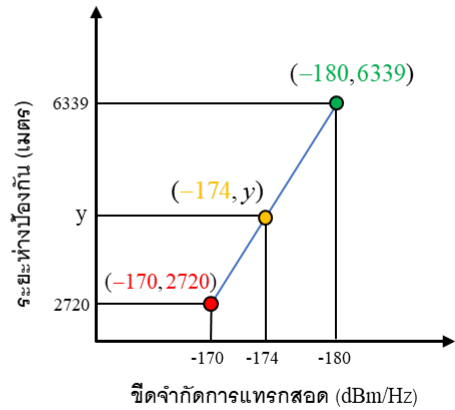
$$y = 2720 + \frac{6339 - 2720}{-180 - (-170)} (-174 - (-170))$$

$$= 4167.6$$

เมื่อ y คือ ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการประมาณค่าในช่วง มีหน่วยเป็นเมตร

ตารางระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง P3M และมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศา

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมเงยเฉลี่ยบนดาวเทียมจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	-130	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	-140	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122
	-150	354	354	354	355	355	355	355	355	355	355
	-160	1026	1026	1026	1025	1024	1021	1022	1023	1024	1025
	-170	2720	2713	2727	2730	2732	2733	2734	2733	2731	2729
	-180	6339	6115	6354	6361	6366	6299	6369	6368	6364	6326
	-190	12017	8551	12583	11682	12050	9833	12604	12502	11305	8252
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	6	5	3	-	-	-	-	-	-	-
	-130	42	42	41	40	40	40	40	40	39	39
	-140	122	121	122	122	122	122	122	122	122	122
	-150	354	354	354	355	355	355	355	355	355	355
	-160	1026	1026	1026	1025	1024	1021	1022	1023	1024	1025
	-170	2720	2723	2727	2730	2732	2733	2734	2733	2731	2729
	-180	6339	6346	6354	6361	6366	6369	6369	6368	6364	6358
	-190	12554	12569	12583	12596	12606	12612	12613	12609	12601	12590
30	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	26	22	12	2	-	-	-	-	-	-
	-130	49	48	47	45	43	39	36	34	33	33
	-140	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
	-150	354	354	354	355	355	355	355	355	355	355
	-160	1026	1026	1026	1025	1024	1021	1022	1023	1024	1025
	-170	2720	2723	2727	2730	2732	2733	2734	2733	2731	2729
	-180	6339	6346	6354	6361	6366	6369	6369	6368	6364	6358
	-190	12554	12569	12583	12596	12606	12612	12613	12609	12601	12590



รูป 12 กราฟเส้นตรงสำหรับการประมาณค่าในช่วง

1.2.1.7 กรณีโดยทั่วไป (typical cases) ของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G

เนื่องด้วยการจำลองนี้ได้ทำการหาค่าระยะห่างป้องกัน ณ ค่าขีดจำกัดการแทรกสอด ความสูงสายอากาศ 5G และมุมเงยจานดาวเทียม ค่าต่าง ๆ ไว้มากมาย (ดังที่นำเสนอไปในหัวข้อที่ 1.2.1.4) เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ค่าระยะห่างป้องกันกับกรณีที่ต้องการได้ นอกจากนั้นแล้วหากผู้ใช้ต้องการหาค่าระยะห่างป้องกันกับกรณีที่มีการกำหนดค่าขีดจำกัดการแทรกสอดมาในรูปแบบ $(I/N)_{threshold}$ หรือกับกรณีที่ต้องการชดเชยค่าพารามิเตอร์บางตัว เช่น อัตราขยายสายอากาศภาครับ หรือค่าการสูญเสียเพิ่มเติม ก็สามารถทำได้ดังวิธีการที่ได้นำเสนอไปในหัวข้อ 1.2.1.6.2

อย่างไรก็ดี เพื่อที่จะนำเสนอแนวทางในการกำหนดมาตรฐานและเพิ่มความสะดวกแก่ผู้ให้นำข้อมูลไปใช้ กรณีโดยทั่วไป (typical cases) ของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G จะถูกกำหนดขึ้น โดยระยะห่างป้องกันที่ได้จากกรณีโดยทั่วไปนี้จะถูกใช้สำหรับเป็นค่าโดยทั่วไป (typical value) ของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G ด้วยเช่นกัน

ในหัวข้อนี้จะนำเสนอวิธีการใช้ตารางสำหรับหาค่าระยะห่างป้องกันกรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G ซึ่งสำหรับกรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G นั้น คณะผู้วิจัยมีความเห็นว่า ให้ใช้กรณีที่จานดาวเทียมมีมุมเงยเป็น 62.5 องศา และสายอากาศ 5G สูง 30 เมตร สำหรับเป็นกรณีโดยทั่วไป โดยขีดจำกัดการแทรกสอดที่เลือกใช้นั้น จะเลือกจากกรณีที่สเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดอยู่ในระดับเดียวกันกับความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน หรือก็คือ $(I/N)_{threshold} = 0$ dB โดยจากหัวข้อที่ 1.2.1.6.2 ได้แสดงการคำนวณขีดจำกัดการแทรกสอด ณ ค่า $(I/N)_{threshold} = 0$ dB ด้วยการแทนค่าลงในสมการที่ 9 ซึ่งจะมีค่าดังสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
PSD_{-I_0} &= (I/N)_{threshold} - G_r(\theta, \varphi) + L_{add} + PSD_{-N_{thermal}} + NF \\
&= 0 - G_r(\theta, \varphi) + 0 - 174 + 10 \\
&= -164 - G_r(\theta, \varphi)
\end{aligned}$$

โดยเมื่อแทนค่าอัตราขยายสายอากาศภาครับ $G_r(\theta, \varphi) = 10$ ถึง 23 dBi แล้วก็จะได้ว่า PSD_{-I_0} (ซึ่งก็คือขีดจำกัดการแทรกสอด) จะมีค่าเท่ากับ -174 ถึง -187 dBm/Hz และเมื่อพิจารณาความสามารถเพิ่มเติมของระบบ 5G (เช่น อัตราขยายมอดูเลชัน (modulation gain) เป็นต้น) ที่อาจทำให้ระบบ 5G ทนทานต่อสัญญาณแทรกสอดมาก ซึ่งในที่นี่ได้ประมาณว่าอาจทนทานได้มากขึ้นถึง 4 dB ก็จะได้ว่า PSD_{-I_0} จะมีค่าเท่ากับ -170 ถึง -183 dBm/Hz ดังนั้นเพื่อให้เกิดความสะดวกในการนำตารางไปใช้งานโดยไม่จำเป็นต้องทำการประมาณค่าในช่วง คณะผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่าจะให้เลือกใช้ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ -170 dBm/Hz สำหรับกรณีโดยทั่วไปแบบนอกอาคาร และสำหรับกรณีทั่วไปแบบในอาคารให้เลือกใช้ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ -160 dBm/Hz เนื่องจากกรณีโดยทั่วไปแบบในอาคารจะมีการสูญเสียเนื่องจากผนังอาคาร ซึ่งทำให้อุปกรณ์ 5G ที่อยู่ในอาคารได้รับสัญญาณแทรกสอดจากสถานีดาวเทียมน้อยกว่ากรณีที่อยู่ภายนอกอาคาร โดยในที่นี่ได้ประมาณการสูญเสียเนื่องจากผนังอาคารเป็น -10 dB

สำหรับวิธีการหาค่าระยะห่างป้องกันนั้น ก็ให้นำค่าขีดจำกัดการแทรกสอด -160 dBm/Hz และ -170 dBm/Hz แทนลงในตาราง 29 ตาราง 30 และตาราง 31 (ตารางดังกล่าวได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.1) ซึ่งเป็นตารางสรุปค่าระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองด้วยการใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ของกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G ที่มีมุมเงยงานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศา ตามลำดับ อย่างไรก็ตามอย่างไรก็ดี คณะผู้วิจัยมีความเห็นว่า ตารางที่ได้จากการจำลองด้วยการใช้แบบจำลอง P3M นั้น มีความเหมาะสมมากที่สุดในการใช้สำหรับหาค่าระยะห่างป้องกันของกรณีโดยทั่วไป เนื่องจากแบบจำลอง P3M ให้ผลการจำลองที่แม่นยำมากกว่า ดังนั้นการหาค่าระยะห่างป้องกันโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G จึงเลือกใช้ค่าจากในตาราง 31 โดยระยะห่างป้องกันสำหรับกรณีโดยทั่วไปในอาคารและนอกอาคารของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G จะมีค่าดังแสดงในรูป 13 และเพื่อความสะดวกจึงได้นำค่าระยะห่างป้องกันสำหรับกรณีโดยทั่วไปในอาคารและนอกอาคารมาเขียนสรุปในตาราง 3 และตาราง 4 ตามลำดับ

ตารางระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียม และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง P3M และมีมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศา

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	-130	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	-140	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122
	-150	354	354	354	355	355	355	355	355	355	355
	-160	1026	1026	1026	1025	1024	1021	1022	1023	1024	1025
	-170	2720	2713	2727	2730	2732	2733	2734	2733	2731	2729
	-180	6339	6115	6354	6361	6366	6299	6369	6368	6364	6326
	-190	12017	8551	12583	11682	12050	9833	12604	12502	11305	8252
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	6	5	3	-	-	-	-	-	-	-
	-130	42	42	41	40	40	40	40	40	39	39
	-140	122	121	122	122	122	122	122	122	122	122
	-150	354	354	354	355	355	355	355	355	355	355
	-160	1026	1026	1026	1025	1024	1021	1022	1023	1024	1025
	-170	2720	2713	2727	2730	2732	2733	2734	2733	2731	2729
	-180	6339	6346	6354	6361	6366	6369	6369	6368	6364	6358
	-190	12554	12569	12583	12596	12606	12612	12613	12609	12601	12590
30	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	26	22	12	2	-	-	-	-	-	-
	-130	49	48	47	45	43	39	36	34	33	33
	-140	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
	-150	354	354	354	355	355	355	355	355	355	355
	-160	1026	1026	1026	1025	1024	1021	1022	1023	1024	1025
	-170	2720	2723	2727	2730	2732	2733	2734	2733	2731	2729
	-180	6339	6346	6354	6361	6366	6369	6369	6368	6364	6358
	-190	12554	12569	12583	12596	12606	12612	12613	12609	12601	12590

ระยะห่างป้องกันกรณีโดยทั่วไปแบบนอกอาคารของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G

ระยะห่างป้องกันกรณีโดยทั่วไปแบบในอาคารของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G

รูป 13 ระยะห่างป้องกันกรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G

ตาราง 3 ค่าระยะห่างป้องกันกรณีโดยทั่วไปในอาคารของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G

ระยะห่างป้องกัน (เมตร)	ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	1026	1026	1026	1025	1024	1021	1022	1023	1024	1025

หมายเหตุ: ระยะห่างป้องกันข้างต้นนี้ คำนวณที่กรณีจานดาวเทียมมีมุมเงยเป็น 62.5 องศา และสายอากาศ 5G สูง 30 เมตร ณ ชีตจำกัดการแทรกสอด -160 dBm/Hz โดยคำนวณจากตาราง 31 ของภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.1.2

ตาราง 4 ค่าระยะห่างป้องกันกรณีโดยทั่วไปนอกอาคารของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G

ระยะห่างป้องกัน (เมตร)	ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	2720	2723	2727	2730	2732	2733	2734	2733	2731	2729

หมายเหตุ: ระยะห่างป้องกันข้างต้นนี้ คำนวณที่กรณีจานดาวเทียมมีมุมเงยเป็น 62.5 องศา และสายอากาศ 5G สูง 30 เมตร ณ ชีตจำกัดการแทรกสอด -170 dBm/Hz โดยคำนวณจากตาราง 31 ของภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.1.2

1.2.2 การใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการนำข้อมูลที่มีอยู่เดิม (ซึ่งก็คือตารางสรุปค่าระยะห่างป้องกันของการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G ที่ได้นำเสนอไปในหัวข้อที่ 1.2.1.4) มาใช้ในการหาค่าระยะห่างป้องกันที่ทำให้ระบบ 5G สามารถทำงานได้อย่างราบรื่นและอยู่ร่วมกันได้กับระบบสื่อสารของสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่แบบ NGSO

จากที่ได้เกริ่นนำไปในตอนต้น เนื่องจากสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO เป็นสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ (Fixed Satellite Service: FSS) เช่นเดียวกับสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO ดังนั้นภาพเหตุการณ์การแทรกสอดและการวิเคราะห์การแทรกสอดของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G จึงสามารถใช้ภาพเหตุการณ์การแทรกสอดและการวิเคราะห์การแทรกสอดจากการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G ในหัวข้อที่ 1.2.1.1 และ 1.2.1.2 ได้ ตามลำดับ โดยข้อแตกต่างระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO กับสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO คือการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียม ซึ่งรายละเอียดในส่วนนี้จะถูกนำเสนอในหัวข้อที่ 1.2.2.1 และเนื่องด้วยตารางสรุปค่าระยะห่างป้องกันของการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G ที่ได้นำเสนอไปในหัวข้อที่ 1.2.1.4 นั้น สามารถนำไปชดเชยค่าพารามิเตอร์เพื่อหาระยะห่างป้องกันของกรณีอื่นที่ต้องการได้ ซึ่งรายละเอียดและวิธีการนำตารางไปชดเชยค่าพารามิเตอร์เพื่อหาระยะห่างป้องกันได้ถูกนำเสนอไปแล้วในหัวข้อที่ 1.2.1.6.2

จากการที่การจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G สามารถใช้ภาพเหตุการณ์การแทรกสอดและการวิเคราะห์การแทรกสอดในหัวข้อที่ 1.2.1.1 และ 1.2.1.2 ได้ ประกอบกับตารางสรุปค่าระยะห่างป้องกันที่ได้นำเสนอในหัวข้อที่ 1.2.1.4 สามารถนำไปชดเชยค่าพารามิเตอร์เพื่อหาระยะห่างป้องกันของกรณีอื่น ๆ ได้ ดังนั้นระยะห่างป้องกันของกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G สามารถหาได้จากการชดเชยค่าพารามิเตอร์จากตารางสรุปค่าระยะห่างป้องกันที่มีอยู่ในหัวข้อที่ 1.2.1.4 ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้เอื้ออำนวยให้สามารถหาระยะห่างป้องกันได้โดยไม่ต้องทำการจำลอง โดยการหาค่าระยะห่างป้องกันกรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G จะถูกนำเสนอในหัวข้อที่ 1.2.2.2 โดยวิธีการที่จะนำเสนอในหัวข้อดังกล่าวนี้สามารถใช้หาค่าระยะห่างป้องกันกับกรณีอื่นที่ไม่ใช่กรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G ได้เช่นกัน

1.2.2.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO กรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันกับระบบ 5G

ค่าพารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO ที่จะใช้สำหรับการหาค่าระยะห่างป้องกันของกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันกับระบบ 5G ในที่นี้จะอ้างอิงจากตารางที่ 4 ของบทความ Interference simulation between 5G and GSO-NGSO networks at 27-30 GHz range ซึ่งค่าพารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียม NGSO ที่บทความดังกล่าวใช้ในการจำลอง จะมีค่าดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 ค่าพารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียม NGSO ที่บทความ Interference simulation between 5G and GSO-NGSO networks at 27-30 GHz range ได้กำหนดไว้

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์	หน่วย
ความถี่กลาง	28	GHz
ความกว้างแถบความถี่	200	MHz
แบบรูปกระจายคลื่นของสายอากาศ	S.465-6	-
อัตราขยายสายอากาศ	59.7-68.2	dBi
เส้นผ่าศูนย์กลางสายอากาศ	5-13	เมตร
มุมเงยต่ำสุดของสายอากาศ	5	องศา
ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังส่งสูงสุด	-56.5 – -73	dBW/Hz

จากตารางข้างต้น หากนำค่าพารามิเตอร์ในตาราง 1 ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียมที่ใช้ในการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G มาเปรียบเทียบกับค่าพารามิเตอร์สถานีดาวเทียม NGSO ของบทความ Interference simulation between 5G and GSO-NGSO networks at 27-30 GHz range ก็พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองนั้น มีค่าอยู่ในช่วงที่ตาราง 5 ได้กำหนดไว้ ดังนั้นตารางสรุประยะห่างป้องกันทั้งหมดที่ได้นำเสนอไปในหัวข้อ 1.2.1.4 จึงสามารถนำมาใช้หาระยะห่างป้องกันกับกรณี NGSO ได้เช่นกัน

อย่างไรก็ดี เนื่องจาก ณ ตอนนี คณะผู้วิจัยยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดข้อกำหนดการอนุญาตให้ประกอบกิจการดาวเทียมแบบ NGSO ในประเทศไทย ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่า ให้ใช้ค่าพารามิเตอร์จากตาราง 6 สำหรับเป็นค่าพารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียม NGSO ในกรณีโดยทั่วไป

ตาราง 6 พารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียม NGSO สำหรับกรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์	หน่วย
ความถี่กลาง	28.25	GHz
ความกว้างแถบความถี่เพื่อคำนวณความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังส่งสูงสุด	50	MHz
ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังส่งสูงสุด	-26.5	dBm/Hz
อัตราขยายสายอากาศ	66	dBi
แบบรูปกระจายคลื่นของสายอากาศ	APEREC013V01	-
มุมเงยสายอากาศ	10	องศา
ความสูงของสายอากาศจากพื้นดิน	5	เมตร

1.2.2.2 กรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการหาค่าระยะห่างป้องกันของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G ด้วยการใช้ข้อมูลมีอยู่ (ซึ่งก็คือตารางสรุปค่าระยะห่างป้องกันของการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G ที่ได้

นำเสนอไปในหัวข้อที่ 1.2.1.4) ซึ่งในหัวข้อนี้จะทำการหาค่าระยะห่างป้องกันของกรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G ทั้งนี้วิธีการที่จะกล่าวถึงนี้สามารถใช้หาค่าระยะห่างป้องกันกับกรณีอื่นที่ไม่ใช่กรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G ได้เช่นกัน

สำหรับกรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G นั้น จะใช้กรณีที่จานดาวเทียมมีมุมเงยเป็น 10 องศา และสายอากาศ 5G สูง 30 เมตร สำหรับเป็นกรณีโดยทั่วไป โดยกรณีโดยทั่วไปแบบในอาคารให้เลือกใช้ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ -160 dBm/Hz ส่วนกรณีโดยทั่วไปแบบนอกอาคารก็ให้เลือกใช้ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ -170 dBm/Hz

สำหรับวิธีการหาค่าระยะห่างป้องกันนั้น ตาราง 25 ของภาคผนวก ง ซึ่งเป็นตารางสรุปค่าระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองด้วยการใช้แบบจำลอง P3M ในกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G ที่มีมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศา จะถูกนำมาใช้สำหรับหาค่าระยะห่างป้องกันของกรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G แต่อย่างไรก็ดี เนื่องจากความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังส่งสูงสุดของสถานีดาวเทียม NGSO มีค่าเป็น -26.5 dBm/Hz ในขณะที่ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังส่งสูงสุดของสถานีดาวเทียม GSO มีค่าเป็น -27 dBm/Hz ดังนั้นหากจะนำตารางที่มีอยู่ไปใช้ในหาค่าระยะห่างป้องกันนั้น จะต้องมีการชดเชยผลต่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังส่งสูงสุดนี้เข้าไปด้วย โดยสมการชดเชยผลต่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังส่งสูงสุดจะแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{Interference_Limit}_{\text{Table}} &= \text{Interference_Limit}_{\text{NGSO}} + \Delta\text{PSD_Max} \\ &= \text{Interference_Limit}_{\text{NGSO}} + (\text{PSD_Max}_{\text{GSO}} - \text{PSD_Max}_{\text{NGSO}}) \end{aligned} \quad (11)$$

เมื่อ $\text{Interference_Limit}_{\text{Table}}$ คือขีดจำกัดการแทรกสอดที่ชดเชยค่าผลต่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังส่งสูงสุดแล้ว $\text{Interference_Limit}_{\text{NGSO}}$ คือขีดจำกัดการแทรกสอดที่จะใช้สำหรับหาค่าระยะห่างป้องกันของกรณีที่สถานีดาวเทียมเป็นแบบ NGSO $\Delta\text{PSD_Max}$ คือผลต่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังส่งสูงสุดระหว่างสถานีดาวเทียมแบบ GSO และ NGSO $\text{PSD_Max}_{\text{GSO}}$ คือความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังส่งสูงสุดของสถานีดาวเทียม GSO และ $\text{PSD_Max}_{\text{NGSO}}$ คือความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังส่งสูงสุดของสถานีดาวเทียม NGSO

จากสมการข้างต้นนี้ เมื่อทำการแทนค่า $\text{Interference_Limit}_{\text{NGSO}}$ $\text{PSD_Max}_{\text{GSO}}$ และ $\text{PSD_Max}_{\text{NGSO}}$ ของกรณีโดยทั่วไปแบบในอาคารก็จะได้ว่า

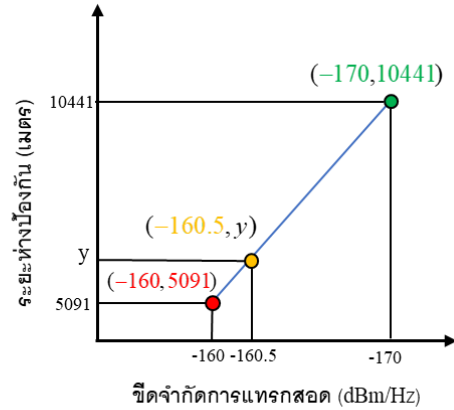
$$\begin{aligned} \text{Interference_Limit}_{\text{Table}} &= \text{Interference_Limit}_{\text{NGSO}} + (\text{PSD_Max}_{\text{GSO}} - \text{PSD_Max}_{\text{NGSO}}) \\ &= -160 + (-27 - (-26.5)) \\ &= -160.5 \text{ dBm/Hz} \end{aligned} \quad (12)$$

ดังนั้นค่า $\text{Interference_Limit}_{\text{Table}} = -160.5 \text{ dBm/Hz}$ นี้ ก็คือค่าที่จะใช้สำหรับแทนลงในตาราง 25 เพื่อหา ระยะห่างป้องกันกรณีโดยทั่วไปแบบในอาคารของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G อย่างไรก็ตามในตารางไม่ได้ทำการหาค่าระยะห่างป้องกันที่ค่า

ขีดจำกัดการแทรกสอด -160.5 dBm/Hz เอาไว้ ดังนั้นการหาระยะห่างป้องกันของกรณีนี้จึงต้องใช้วิธีการประมาณค่าในช่วง โดยรูป 14 จะแสดงการประมาณค่าในช่วงสำหรับหาค่าระยะห่างป้องกันกรณีโดยทั่วไปในอาคาร ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจาดาวเทียม 10 องศา

ตารางระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G โดยใช้แบบจำลองของ P3M และมุมเงยจาดาวเทียมเป็น 10 องศา

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจาดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	22	8	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	42	26	14	6	-	-	-	-	-	-
	-120	88	64	39	24	19	15	15	15	15	15
	-130	250	171	107	70	50	42	42	42	42	42
	-140	742	526	304	204	149	122	122	122	122	122
	-150	2039	1476	884	592	432	355	355	355	355	355
	-160	4991	3763	2387	1652	1232	1026	1026	1026	1025	1024
	-170	10362	7977	5683	4158	3219	2734	2734	2733	2731	2729
	-180	13601	8903	11504	8952	7286	6300	6371	6368	6364	6326
	-190	14651	12400	17062	13405	13449	9833	12605	12503	11305	8252
20	-100	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	93	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	145	90	31	14	3	-	-	-	-	-
	-130	313	203	117	73	50	40	40	40	39	39
	-140	796	561	317	211	152	122	122	122	122	122
	-150	2105	1510	897	599	436	355	355	355	355	355
	-160	5041	3793	2399	1659	1236	1026	1026	1026	1025	1024
	-170	10398	8278	5694	4163	3223	2734	2734	2733	2731	2729
	-180	18346	15200	11522	8971	7289	6371	6371	6369	6364	6358
	-190	19464	17800	20242	16403	14034	12615	12615	12611	12602	12590
30	-100	124	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	145	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	204	82	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	388	234	120	69	43	34	34	34	33	33
	-140	844	593	328	215	153	121	120	120	120	120
	-150	2179	1546	908	605	440	355	355	355	355	355
	-160	5091	3821	2412	1665	1240	1026	1026	1026	1025	1024
	-170	10441	8300	5704	4169	3226	2734	2734	2733	2731	2729
	-180	18592	15511	11530	8976	7292	6371	6371	6369	6364	6358
	-190	23051	21309	20249	16555	14037	12615	12615	12611	12602	12590



ระยะห่างป้องกันที่ได้จะมีค่าเป็น

$$y = 5091 + \frac{10441 - 5091}{-170 - (-160)}(-160.5 - (-160)) = 5358.5 \text{ เมตร}$$

รูป 14 การหาค่าระยะห่างป้องกันด้วยการประมาณค่าในช่วงของกรณีโดยทั่วไปในอาคารของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจาดาวเทียม 10 องศา

จากรูป 14 เมื่อทำการประมาณค่าในช่วงเพื่อหาระยะห่างป้องกัน ณ ค่ามุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจาดาวเทียมค่าอื่น ๆ ก็จะได้ว่า ระยะห่างป้องกันสำหรับกรณีโดยทั่วไปในอาคารของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G นั้น จะมีค่าดังตาราง 7

ตาราง 7 ค่าระยะห่างป้องกันกรณีโดยทั่วไปในอาคารของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G

	ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจาดาวเทียม (องศา)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ระยะห่างป้องกัน (เมตร)	5358.5	4044.95	2576.6	1790.2	1339.3	1111.4	1111.4	1111.35	1110.3	1109.25

หมายเหตุ: ระยะห่างป้องกันข้างต้นนี้ คำนวณที่กรณีจาดาวเทียมมีมุมเงยเป็น 10 องศา และสายอากาศ 5G สูง 30 เมตร ณ ขีดจำกัดการแทรกสอด -160 dBm/Hz โดยคำนวณจากตาราง 25 ของภาคผนวก ก

สำหรับกรณีโดยทั่วไปนอกอาคารของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G นั้น ค่า $Interference_Limit_{Table}$ ที่ใช้สำหรับหาค่าระยะห่างป้องกันจะมีค่าดังสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} Interference_Limit_{Table} &= Interference_Limit_{NGSO} + (PSD_Max_{GSO} - PSD_Max_{NGSO}) \\ &= -170 + (-27 - (-26.5)) \\ &= -170.5 \text{ dBm/Hz} \end{aligned} \quad (13)$$

โดยเมื่อนำค่า $Interference_Limit_{Table} = -170.5 \text{ dBm/Hz}$ ไปในแทนในตาราง 25 แล้วทำการหาค่าระยะห่างป้องกันด้วยการประมาณค่าในช่วง ก็จะได้ว่า ระยะห่างป้องกันสำหรับกรณีโดยทั่วไปในอาคารของ

การใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G จะมีค่าดังตาราง 8

ตาราง 8 ค่าระยะห่างป้องกันกรณีโดยทั่วไปนอกอาคารของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G

	ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ระยะห่างป้องกัน (เมตร)	10848.55	8660.55	5995.3	4409.35	3429.3	2915.85	2915.85	2914.8	2912.65	2910.45

หมายเหตุ: ระยะห่างป้องกันข้างต้นนี้ คำนวณที่กรณีงานดาวเทียมมีมุมเงยเป็น 10 องศา และสายอากาศ 5G สูง 30 เมตร ณ ซีดีจำกัดการแทรกสอด -170 dBm/Hz โดยคำนวณจากตาราง 25 ของภาคผนวก ง

1.3 การจำลองคลื่นความถี่ 28 GHz กรณีใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G

ในหัวข้อนี้จะทำการจำลองการแทรกสอดระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G ในกรณีใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกัน เพื่อกำหนดระยะห่างป้องกันที่ทำให้ระบบ 5G สามารถทำงานได้อย่างราบรื่นและอยู่ร่วมกันได้กับระบบสื่อสารของสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ โดยสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ที่สามารถถูกจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ สถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่แบบ GSO และสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่แบบ NGSO

ในหัวข้อที่ 1.3.1 จะนำเสนอเนื้อหาในส่วนแรกที่เป็นจำลองการคลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G โดยเนื้อหาที่จะนำเสนอภายในหัวข้อดังกล่าวนี้ จะประกอบไปด้วยภาพเหตุการณ์การแทรกสอด การวิเคราะห์การแทรกสอด การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการจำลอง ผลการจำลอง การเปรียบเทียบผลการจำลองที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ และกรณีใช้งานโดยทั่วไป

สำหรับกรณีการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G นั้น เนื่องจากผลการจำลองจากกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G สามารถถูกนำไปชดเชยค่าพารามิเตอร์เพื่อหาระยะห่างป้องกันของกรณีอื่นที่ต้องการได้ (ซึ่งกรณีอื่นนี้อาจมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์แตกต่างจากค่าที่ใช้ในการจำลอง) ประกอบกับภาพเหตุการณ์การแทรกสอดและการวิเคราะห์การแทรกสอดของกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G สามารถใช้ภาพเหตุการณ์การแทรกสอดและการวิเคราะห์การแทรกสอดแบบเดียวกันกับกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G ได้

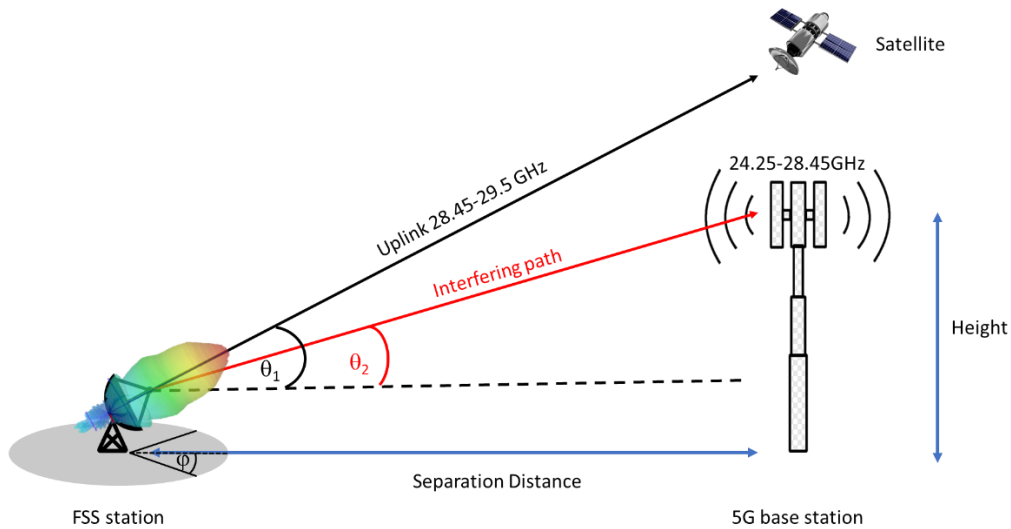
ดังนั้นระยะห่างป้องกันของกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G สามารถหาค่าได้ ด้วยการนำข้อมูลที่มีอยู่เดิม (ผลการจำลองที่มีอยู่ของกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G) มาใช้ประโยชน์ ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้เอื้ออำนวยให้สามารถหาระยะห่างป้องกันได้โดยไม่ต้องทำการจำลอง โดยรายละเอียดค่าพารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียม NGSO และวิธีการหาระยะห่างป้องกันจะถูกกล่าวถึงภายใต้หัวข้อที่ 1.3.2

1.3.1 การจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G

1.3.1.1 ภาพเหตุการณ์การแทรกสอด

ภาพเหตุการณ์ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์การแทรกสอดระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G กรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันจะแสดงดังรูป 15 ซึ่งภาพเหตุการณ์นี้จะคล้ายคลึงกับภาพเหตุการณ์ในรูป 3 เพียงแต่สถานีดาวเทียมและระบบ 5G จะใช้ความถี่แบบข้างเคียงกัน และอาจมีการกำหนดแถบความถี่ป้องกันเพื่อลดการรบกวนกันระหว่างระบบทั้งสอง โดยสถานีดาวเทียมจะใช้งานคลื่นในช่วงความถี่ 28.45–29.5 GHz สำหรับการสื่อสารแบบเชื่อมโยงขาขึ้นกับดาวเทียม ส่วนการสื่อสารไร้สายคลื่นมิลลิเมตรของระบบ 5G จะใช้งานคลื่นในช่วงความถี่ 24.25–28.45 GHz อย่างไรก็ดี หากมีการกำหนดแถบความถี่ป้องกันขึ้นนั้น ในการจำลองนี้จะกำหนดให้ความถี่การใช้งานสูงสุดของระบบ 5G มีค่าลดลงตามความกว้างแถบความถี่ป้องกันที่ได้กำหนดขึ้น กล่าวคือ ระบบ 5G จะใช้งานคลื่นในช่วงความถี่ 28.45 GHz ถึง 28.45GHz-(

ความกว้างแถบความถี่ป้องกัน) ส่วนสถานีดาวเทียมยังคงใช้งานความถี่ในช่วง 28.45 GHz ถึง 29.5 GHz เช่นเดิม

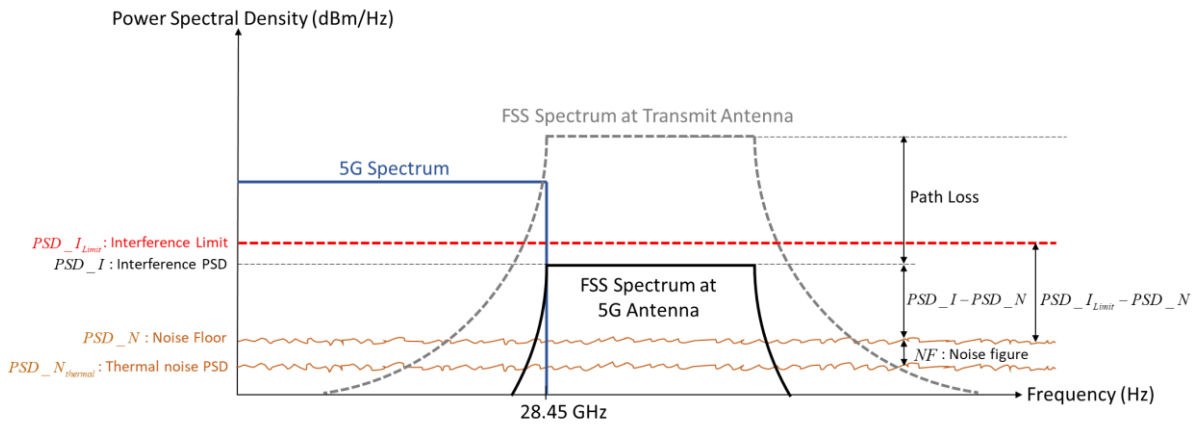


รูป 15 ภาพเหตุการณ์การแทรกสอดของคลื่นใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G

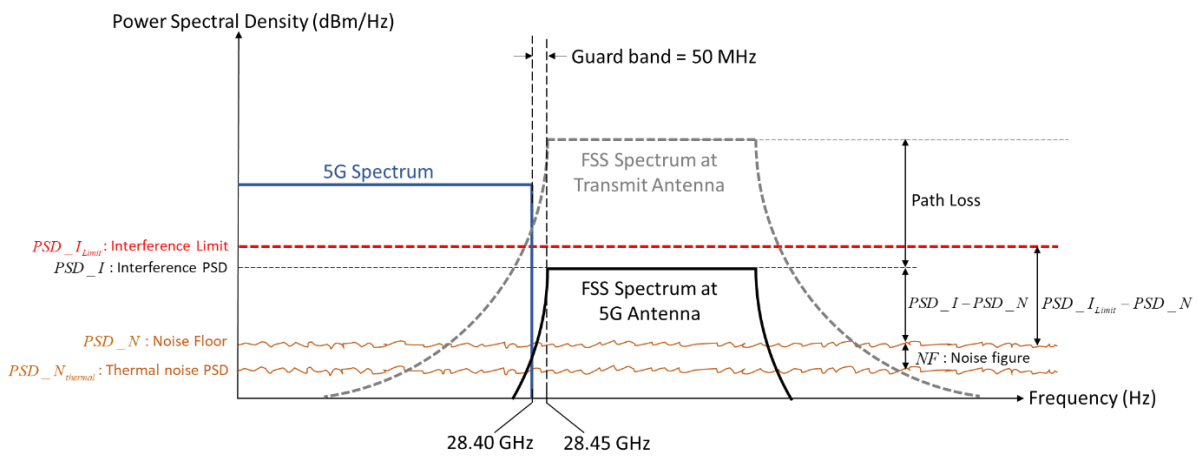
1.3.1.2 การวิเคราะห์การแทรกสอด

ในการวิเคราะห์การแทรกสอดของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G นั้น ความถี่ป้องกันระหว่างระบบทั้งสองจะถูกกำหนดขึ้น ซึ่งในการจำลองนี้ได้กำหนดให้ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0, 50 และ 100 MHz ตามสมมุติฐานที่ได้หารือกับสำนักงาน กสทช. สเปกตรัมการใช้งานคลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G กรณีกำหนดความกว้างแถบความถี่ป้องกันให้มีค่าเป็น 0, 50 และ 100 MHz จะแสดงดังรูป 16 รูป 17 และรูป 18 ตามลำดับ โดยรูปดังกล่าวสามารถใช้ในการพิจารณาหาระยะห่างป้องกันที่ทำให้ระบบ 5G สามารถทำงานได้อย่างราบรื่นได้

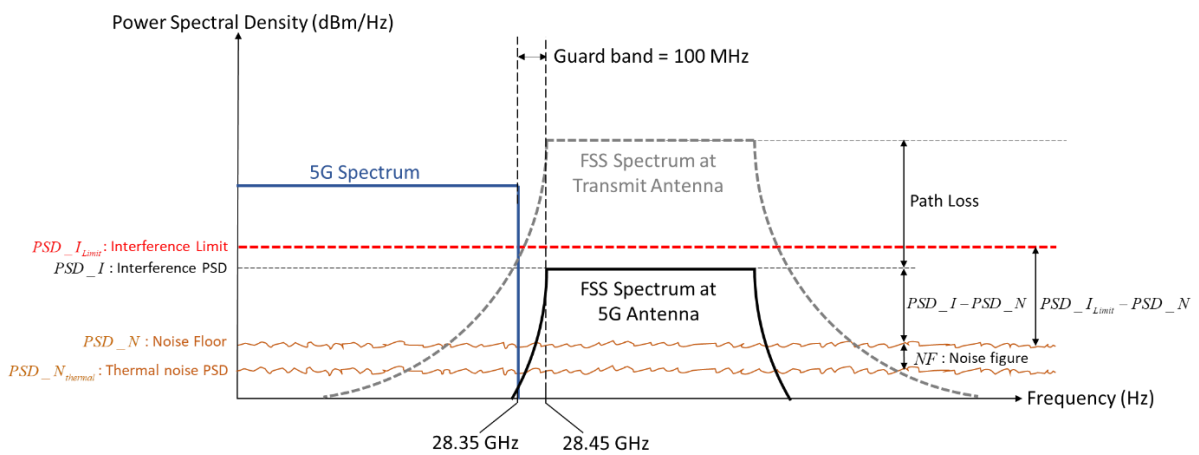
เช่นเดียวกับที่ได้กล่าวไปในหัวข้อที่ 1.2.1.2 ระบบ 5G จะถูกพิจารณาว่าสามารถทำงานได้อย่างราบรื่นก็ต่อเมื่อค่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดจากสถานีดาวเทียมที่สถานีฐาน 5G ได้รับ (แสดงด้วยเส้นสีดำทึบ) จะต้องมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดการแทรกสอด (แสดงด้วยเส้นประสีแดง) ตลอดย่านความถี่ที่ใช้งานของระบบ 5G ถ้าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดจากสถานีดาวเทียมยังต่ำไม่พอก็มีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มระยะห่างป้องกันซึ่งจะทำให้การสูญเสียตามระยะทางเพิ่มขึ้น จนกว่าค่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังนี้จะต่ำกว่าขีดจำกัดการแทรกสอด



รูป 16 สเปกตรัมการใช้งานคลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G เมื่อกำหนดให้ความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz



รูป 17 สเปกตรัมการใช้งานคลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G เมื่อกำหนดให้ความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz



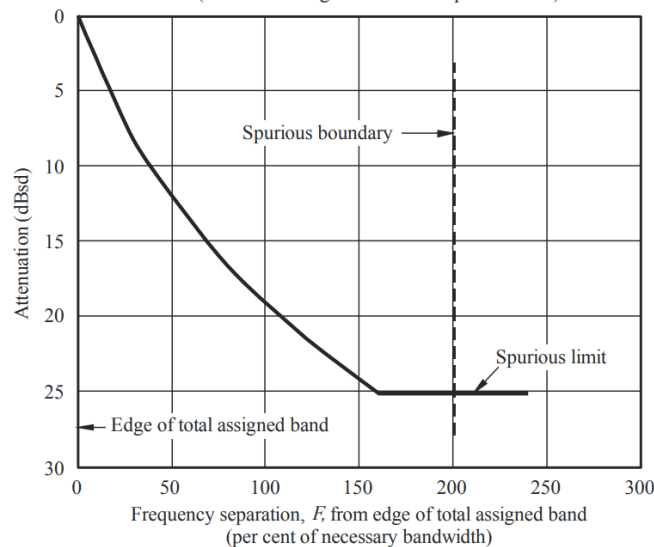
รูป 18 สเปกตรัมการใช้งานคลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G เมื่อกำหนดให้ความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 100 MHz

ในการวิเคราะห์การแทรกสอดนั้น กำลังงานสัญญาณแทรกสอดจะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์การแทรกสอดเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 1.2.1.2 ที่เป็นกรณีใช้งานความถี่ร่วมกัน แต่เนื่องจากในหัวข้อนี้ จะทำการวิเคราะห์การแทรกสอดในกรณีการใช้งานความถี่ใกล้เคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G ค่าการลดทอนกำลังงานของการแพร่คลื่นนอกแถบ (out-of-band emission) จึงต้องถูกนำมาพิจารณาด้วย โดยกำลังงานสัญญาณแทรกสอดที่สถานีฐาน 5G ได้รับจากสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ กรณีใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกัน จะมีค่าดังสมการต่อไปนี้

$$I = P_{Lx} + G_{Lx} + G_{rx} - PL - A_{OoB} \quad (14)$$

เมื่อ P_{Lx} คือกำลังงานส่ง G_{Lx} คืออัตราขยายสายอากาศของสถานีดาวเทียมมีหน่วยเป็น dBi G_{rx} คืออัตราขยายสายอากาศของสถานีฐาน 5G มีหน่วยเป็น dBi PL คือการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่น และ A_{OoB} คือค่าการลดทอนกำลังงานของการแพร่คลื่นนอกแถบความถี่ โดยในเอกสาร Recommendation ITU-R SM.1541-3 (01/2011) (Annex 5) ได้มีการกำหนดกรอบคลื่นนอกแถบความถี่ (out-of-band mask) สำหรับกิจการประจำที่ผ่านดาวเทียม (Fixed-satellite service: FSS) โดยรูป 19 ได้แสดงตัวอย่างกรอบคลื่นนอกแถบความถี่สำหรับกิจการประจำที่ผ่านดาวเทียมที่มีการกำหนดขีดจำกัดแปลกปลอม (spurious limit) ให้มีค่าเป็น 25 dBsd

FIGURE 14
Example 1: OoB mask assuming the spurious limit is equivalent to 25 dBsd
(attenuation no greater than the spurious limit)



รูป 19 กรอบคลื่นนอกแถบความถี่ของกิจการประจำที่ผ่านดาวเทียมที่มีการกำหนดขีดจำกัดแปลกปลอมให้มีค่าเป็น 25 dBsd รูป 19 ได้แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการลดทอนกำลังงานการแพร่คลื่นนอกแถบความถี่ A_{OoB} กับค่าระยะห่างทางความถี่ F โดยจากรูปดังกล่าวจะเห็นว่า ในช่วงที่ F มีค่าไม่มากนัก A_{OoB} จะมีค่าการลดทอนมากขึ้นตามค่า F ที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ F มีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงค่า ๆ หนึ่ง จะพบว่า A_{OoB} จะมีค่าคงที่ โดยเงื่อนไขที่ทำให้ A_{OoB} มีค่าคงที่นั้น จะเกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ 2 ค่า คือ ขีดจำกัดแปลกปลอม (spurious limit) และ

เส้นแบ่งเขตแปลกปลอม (spurious boundary) โดยขีดจำกัดแปลกปลอมคือค่าการลดทอนสูงสุดที่ A_{OoB} สามารถมีค่าได้ (ซึ่งเอกสาร Recommendation ITU-R SM.1541-3 (01/2011) (Annex 5) ได้กำหนดให้มีค่าเป็น 25 dBsd) และเส้นแบ่งเขตแปลกปลอมคือตำแหน่งความถี่ที่แบ่งโดเมนคลื่นนอกแถบ (out-of-band domain) กับโดเมนแปลกปลอม (spurious domain) ออกจากกัน โดยในโดเมนแปลกปลอมค่า A_{OoB} จะมีค่าการลดทอนสูงสุดซึ่งมีค่าเท่ากับขีดจำกัดแปลกปลอม ดังนั้น A_{OoB} จะมีค่าคงที่เมื่อ A_{OoB} มีค่าการลดทอนถึงขีดจำกัดแปลกปลอม หรือเมื่อ F มีค่ามากกว่าค่าความถี่ที่เป็นเส้นแบ่งเขตแปลกปลอม สำหรับในช่วงที่ A_{OoB} ยังมีค่าไม่คงที่นั้น ค่าการลดทอนกำลังงานการแพร่คลื่นนอกแถบความถี่สามารถอธิบายได้ดังสมการต่อไปนี้

$$A_{OoB} = 40 \log \left(\frac{F}{50} + 1 \right) \quad (\text{dBsd}) \quad (15)$$

เมื่อ F คือระยะห่างทางความถี่จากชายขอบแถบความถี่ที่กำหนด ซึ่งค่า F นี้จะอยู่ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ของความกว้างแถบความถี่จำเป็น (necessary bandwidth)

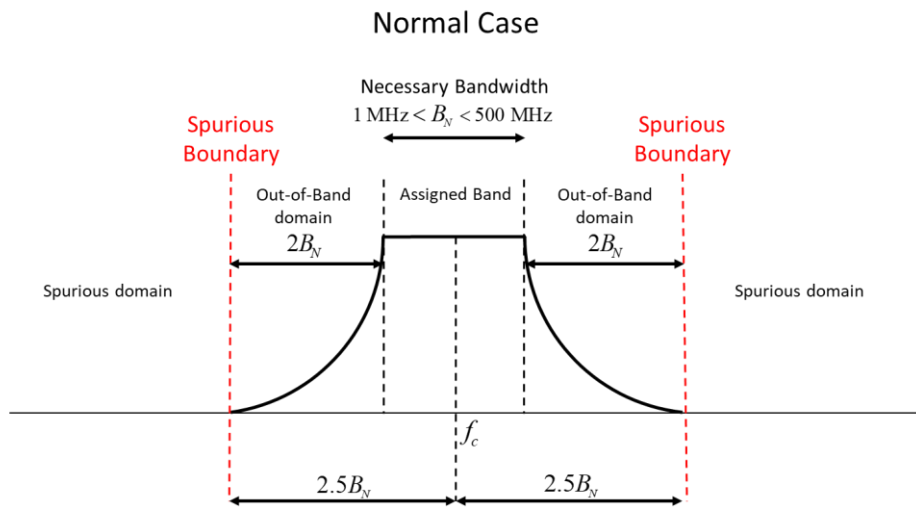
นอกจากนั้นเอกสาร Recommendation ITU-R SM.1541-3 (01/2011) (Annex 5) ยังได้อ้างอิงถึงเอกสาร Recommendation ITU-R SM.1539 สำหรับการกำหนดเส้นแบ่งเขตแปลกปลอมซึ่งใช้ในการแบ่งโดเมนคลื่นนอกแถบกับโดเมนแปลกปลอมออกจากกัน โดยตารางในรูป 20 ได้ทำการสรุปตำแหน่งของเส้นแบ่งเขตแปลกปลอมสำหรับกรณีต่าง ๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าตำแหน่งที่ใช้ในการแบ่งเขตแปลกปลอมจะขึ้นอยู่กับความถี่กลาง f_c และความกว้างแถบความถี่จำเป็น B_N

Guideline values for frequency separation between the centre frequency and the boundary of the spurious domain

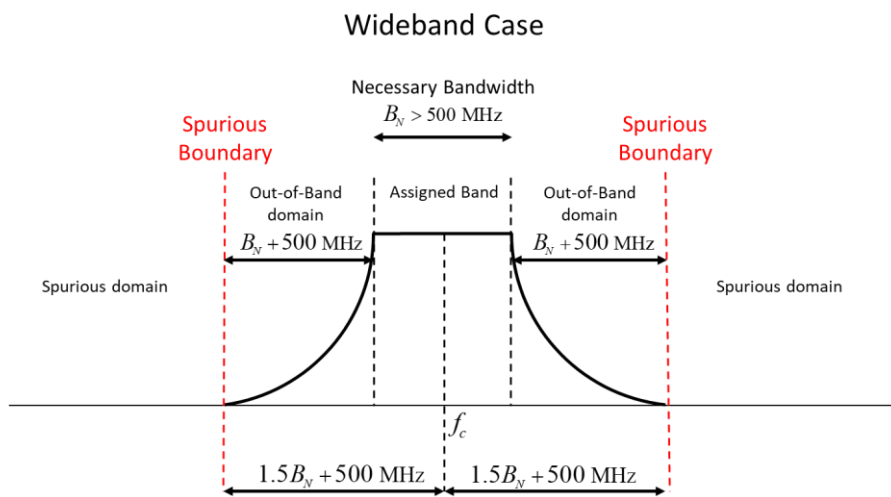
Frequency range	Narrow-band case		Normal separation (B_N)	Wideband case	
	For $B_N <$	Separation		For $B_N >$	Separation
9 kHz $< f_c <$ 150 kHz	250 Hz	625 Hz	2.5	10 kHz	1.5 $B_N + 10$ kHz
150 kHz $< f_c <$ 30 MHz	4 kHz	10 kHz	2.5	100 kHz	1.5 $B_N + 100$ kHz
30 MHz $< f_c <$ 1 GHz	25 kHz	62.5 kHz	2.5	10 MHz	1.5 $B_N + 10$ MHz
1 GHz $< f_c <$ 3 GHz	100 kHz	250 kHz	2.5	50 MHz	1.5 $B_N + 50$ MHz
3 GHz $< f_c <$ 10 GHz	100 kHz	250 kHz	2.5	100 MHz	1.5 $B_N + 100$ MHz
10 GHz $< f_c <$ 15 GHz	300 kHz	750 kHz	2.5	250 MHz	1.5 $B_N + 250$ MHz
15 GHz $< f_c <$ 26 GHz	500 kHz	1.25 MHz	2.5	500 MHz	1.5 $B_N + 500$ MHz
$f_c >$ 26 GHz	1 MHz	2.5 MHz	2.5	500 MHz	1.5 $B_N + 500$ MHz

รูป 20 ตารางสรุปตำแหน่งของการแบ่งเขตแปลกปลอมในกรณีต่าง ๆ ตาม Recommendation ITU-R SM.1539

โดยจากตารางในรูป 20 หากความถี่กลางมีค่ามากกว่า 26 GHz ขึ้นไปและความกว้างแถบความถี่จำเป็น B_N มีค่าอยู่ระหว่าง 1 MHz ถึง 500 MHz ซึ่งตรงกับกรณีปกติ (normal case) ตำแหน่งความถี่ที่ใช้ในการแบ่งเขตแปลกปลอมจะอยู่ห่างจากความถี่กลางเป็นระยะความถี่ 2.5 B_N ดังแสดงในรูป 21 สำหรับกรณีที่ความกว้างแถบความถี่จำเป็น B_N มีค่ามากกว่า 500 MHz ขึ้นไปซึ่งเป็นกรณีแถบความถี่กว้าง (wideband case) นั้น ตำแหน่งความถี่ที่ใช้ในการแบ่งเขตแปลกปลอมจะอยู่ห่างจากความถี่กลางเป็นระยะความถี่ 1.5 $B_N + 500$ MHz ดังแสดงในรูป 22



รูป 21 ตำแหน่งของการแบ่งเขตแปกปลอมในกรณีปกติ (normal case) ที่ f_c มีค่ามากกว่า 26 GHz และ B_N มีค่าอยู่ระหว่าง 1 MHz ถึง 500 MHz



รูป 22 ตำแหน่งของการแบ่งเขตแปกปลอมในกรณีแถบความถี่กว้าง (wideband case) ที่ f_c มีค่ามากกว่า 26 GHz และ B_N มากกว่า 500 MHz

สำหรับค่าการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์การแทรกสอดในกรณีนี้ยังคงใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M เช่นเดิม

1.3.1.3 การกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการจำลอง

ในการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G นั้น จะกำหนดให้ค่าความถี่เริ่มต้นของสถานีดาวเทียม ความกว้างแถบความถี่ของดาวเทียม และความถี่ป้องกัน มีค่าตามสมมติฐานที่ได้หารือกับสำนักงาน กสทช. โดยความถี่เริ่มต้นของสถานีดาวเทียมจะถูกกำหนดให้มีค่าเป็น 28.45 GHz ความกว้างแถบความถี่ของดาวเทียมจะกำหนดให้มีค่าเป็น 50 และ 100 MHz ส่วนความถี่ป้องกันจะกำหนดให้มีค่าเป็น 0 และ 100 MHz สำหรับค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ของสถานีดาวเทียม

และพารามิเตอร์ของระบบ 5G นั้น จะกำหนดให้มีค่าเดิมเช่นเดียวการจำลองแบบใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันดังหัวข้อที่ 1.2.1.3 โดยตาราง 9 และ

ตาราง 10 จะสรุปค่าพารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียมและระบบ 5G ที่ใช้สำหรับการจำลองคลื่นความถี่ข้างเคียงกันไว้ ตามลำดับ

ตาราง 9 พารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียมสำหรับการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์	หน่วย
ความถี่เริ่มต้น	28.45	GHz
ความกว้างแถบความถี่	50 และ 100	MHz
ความกว้างแถบความถี่เพื่อคำนวณความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังส่งสูงสุด	50	MHz
กำลังงานส่ง	20	dBW
ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังส่งสูงสุด	-27	dBm/Hz
อัตราขยายสายอากาศ	66	dBi
แบบรูปสายอากาศ	APEREC013V01	-
มุมเงยจานดาวเทียม	10 และ 62.5	องศา
ความสูงของสายอากาศจากพื้นดิน	5	เมตร

ตาราง 10 พารามิเตอร์ของสถานีฐาน 5G สำหรับการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์	หน่วย
อัตราขยายสายอากาศ	0	dBi
แบบรูปกระจายคลื่นของสายอากาศ	รอบทิศทาง	-
ความสูงสายอากาศจากพื้นดิน	10, 20, 30, 40, 50, 100, 150, 200, 250 และ 300	เมตร
ระยะห่างแนวราบจากสถานีดาวเทียม	0 ถึง 50 หมายเหตุ: เนื่องจากซอฟต์แวร์สำเร็จรูปที่ใช้สำหรับการจำลองด้วยแบบจำลอง Generic Model และ P3M นั้น มีระยะห่างสูงสุดในการจำลองอยู่ที่ 35 กิโลเมตร ดังนั้นการจำลองด้วยซอฟต์แวร์ดังกล่าวนี้จะจำลองระยะห่างตามแนวราบจากสถานีดาวเทียมตั้งแต่ 0 ถึง 35 กิโลเมตร ตามข้อกำหนดของซอฟต์แวร์	กิโลเมตร
มุมกวาดเบี่ยงเบนจากหน้าจานดาวเทียม	0, ±10, ±20, ... , ±90	องศา

1.3.1.4 ผลการจำลอง

ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองการแทรกสอดจะแสดงอยู่ในรูปแบบกราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทางต่าง ๆ โดยค่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดที่สถานีฐาน 5G รับได้ที่ระยะต่าง ๆ นี้จะถูกนำไปใช้ในการหาระยะห่างป้องกัน ณ ระดับขีดจำกัดการแทรกสอด

ความสูงของสายอากาศ 5G และมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจันดาวเทียมค่าต่าง ๆ แล้วนำค่าระยะห่างป้องกันที่ได้ไปจัดทำข้อมูลในรูปแบบของตาราง โดยตารางสรุปค่าระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองนี้สามารถถูกขดเซยในภายหลังได้ในลักษณะเดียวกันกับตารางที่ได้จากการจำลองการใช้คลื่นความถี่ร่วมกันในหัวข้อ 1.2.1.4

เนื่องจากการจำลองในหัวข้อนี้ได้ทำการแบ่งกรณีการจำลองทั้งหมดออกเป็น 54 กรณี (ตามการกำหนดค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ มุมเงยจันดาวเทียมที่มีค่าเป็น 10, 30 และ 62.5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันที่มีค่าเป็น 0, 50 และ 100 MHz และความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมที่มีค่าเป็น 50, 100, 200, 400, 800 และ 1,000 MHz) ส่งผลให้กราฟหรือตารางที่ได้จากการจำลองทั้งหมด 54 กรณีนี้ มีจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อความเหมาะสมในการนำเสนอเนื้อหาสาระสำคัญของรายงาน ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองในหัวข้อนี้จะถูกนำเสนอไว้ในภาคผนวกแทน โดยตารางสรุปค่าระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ของการจำลองทั้ง 54 กรณีนี้จะถูกรวบรวมไว้ในภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.3

1.3.1.5 การเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ

ในหัวข้อนี้จะทำการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองการใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G เมื่อใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M โดยในการเปรียบเทียบนั้น ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองทั้งสาม จะถูกนำมาพล็อตกราฟในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน อย่างไรก็ตามเนื่องจากการจำลองนี้ได้แบ่งการจำลองออกเป็น 54 กรณีตามการกำหนดค่าพารามิเตอร์ ส่งผลให้กราฟที่ได้มีจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อความเหมาะสมในการนำเสนอเนื้อหาสาระสำคัญของรายงาน ผลการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ ที่ได้จากการจำลองในหัวข้อนี้จะถูกนำเสนอไว้ในภาคผนวกแทน โดยสามารถดูได้จากภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.4

1.3.1.5.1 สรุปผลการเปรียบเทียบ

จากการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองด้วยการใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ที่ความสูงของสายอากาศ 5G และมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจันดาวเทียมค่าเดียวกัน พบว่าที่ระยะห่างป้องกันมีค่าต่ำกว่า 1,000 เมตรนั้น ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองด้วยแบบจำลองทั้งสามจะให้ผลใกล้เคียงกัน และเมื่อระยะทางเกินกว่า 1,000 เมตรก็จะเห็นความแตกต่างของผลการจำลองที่ได้จากแบบจำลองทั้งสามอย่างชัดเจน โดยแบบจำลอง P3M ให้ระยะห่างป้องกันต่ำกว่าแบบจำลองอื่นเนื่องจากแบบจำลอง P3M นี้เป็นแบบจำลอง 3 มิติ ที่พิจารณาถึงความโค้งของพื้นผิวโลกไว้ด้วย ดังนั้นแบบจำลอง P3M จึงให้ความแม่นยำมากที่สุดเมื่อเทียบกับแบบจำลองที่เหลืออีกสองแบบ

1.3.2 การใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G

ในทำนองเดียวกันกับหัวข้อที่ 1.2.2 ที่เป็นการใช้ข้อมูลที่มีอยู่ในการหาระยะห่างป้องกันของกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G ในหัวข้อนี้ก็จะดำเนินการในลักษณะเดียวกัน โดยจากการที่การจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G สามารถใช้ภาพเหตุการณ์การแทรกสอดและการวิเคราะห์การแทรกสอดในหัวข้อที่ 1.3.1.1 และ 1.3.1.2 ได้ ประกอบกับตารางสรุปค่าระยะห่างป้องกันที่ได้นำเสนอใน

ภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.3 (ซึ่งเป็นตารางสรุปค่าระยะห่างป้องกันของการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G) สามารถนำไปชดเชยค่าพารามิเตอร์เพื่อหาระยะห่างป้องกันของกรณีอื่น ๆ ได้ ดังนั้นระยะห่างป้องกันของกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G สามารถหาได้จากการชดเชยค่าพารามิเตอร์จากตารางสรุปค่าระยะห่างป้องกันที่มีอยู่ในภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.3 ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้ให้อำนวยความสะดวกให้สามารถหาระยะห่างป้องกันได้โดยไม่ต้องทำการจำลอง

1.3.2.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO กรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันกับระบบ 5G

ค่าพารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO ที่จะใช้สำหรับการหาค่าระยะห่างป้องกันของกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันกับระบบ 5G จะนำค่าพารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียม NGSO จากบทความ Interference simulation between 5G and GSO-NGSO networks at 27-30 GHz range ซึ่งมีค่าดังแสดงในตาราง 5 ของหัวข้อที่ 1.2.2.1 มาใช้สำหรับเป็นค่าพารามิเตอร์สถานีดาวเทียม NGSO ของกรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G และเนื่องจากคณะผู้วิจัยมีความเห็นว่า ให้ใช้กรณีที่งานดาวเทียมมีมุมเงยเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่ของสถานีดาวเทียมมีค่าเป็น 400 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และสายอากาศ 5G สูง 30 เมตร สำหรับเป็นกรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ GSO และระบบ 5G ดังนั้นค่าพารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียม NGSO ที่ใช้สำหรับกรณีโดยทั่วไปนี้ จะมีค่าดังแสดงในตาราง 11

ตาราง 11 พารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียม NGSO สำหรับกรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่ NGSO และระบบ 5G

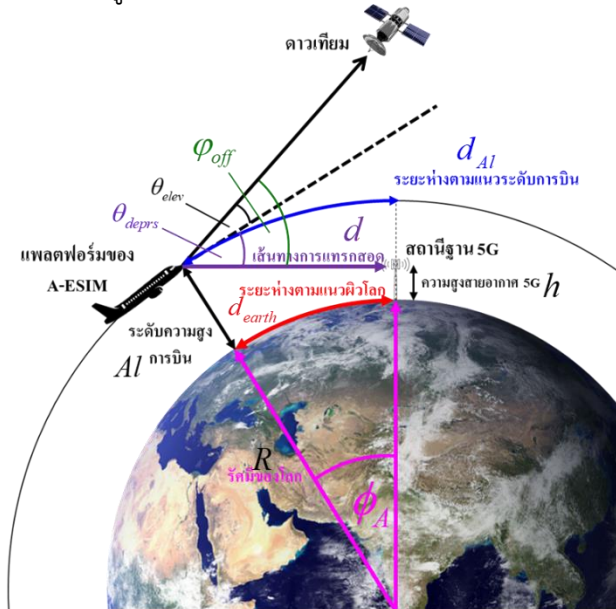
พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์	หน่วย
ความถี่เริ่มต้น	28.40	GHz
ความกว้างแถบความถี่	400	MHz
ความกว้างแถบความถี่เพื่อคำนวณความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังส่งสูงสุด	50	MHz
ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังส่งสูงสุด	-26.5	dBm/Hz
อัตราขยายสายอากาศ	66	dBi
แบบรูปกระจายคลื่นของสายอากาศ	APEREC013V01	-
มุมเงยสายอากาศ	10	องศา
ความสูงของสายอากาศจากพื้นดิน	5	เมตร

1.4 การจำลองคลื่นความถี่ 28 GHz ใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G

ในหัวข้อนี้จะทำการจำลองการแทรกสอดระหว่าง A-ESIM (Aeronautical-Earth Station in Motion) และระบบ 5G ในกรณีใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกัน เพื่อหาระยะห่างป้องกันที่ A-ESIM จะต้องอยู่ห่างจากระบบ 5G เพื่อให้ระบบ 5G สามารถทำงานได้อย่างราบรื่น

1.4.1 ภาพเหตุการณ์การแทรกสอด

ภาพเหตุการณ์ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์การแทรกสอดระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G กรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกัน จะแสดงดังรูป 23 โดยแพลตฟอร์ม A-ESIM ที่เป็นอากาศยานจะทำการส่งคลื่นในช่วงความถี่ 28.45-29.5 GHz ผ่านสายอากาศที่มีมุมยกเป็น θ_{elev} เพื่อทำการสื่อสารกับดาวเทียม โดยคลื่นส่วนหนึ่งจะเดินทางไปยังดาวเทียมตามทิศทางแนวตรงที่สายอากาศชี้ไปและในขณะเดียวกันก็จะมีคลื่นบางส่วนที่แพร่กระจายออกไปในทิศทางอื่น ตามแบบรูปกระจายคลื่นของสายอากาศ โดยคลื่นเหล่านี้จะกลายเป็นสัญญาณแทรกสอดที่ไปรบกวนการสื่อสารไร้สายคลื่นมิลลิเมตรของระบบ 5G ที่ใช้งานในช่วงความถี่ 24.25-28.45 GHz การแทรกสอดระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G จะเกิดขึ้นในทิศทางของเส้นทางการแทรกสอดเมื่อเส้นทางดังกล่าวยังไม่ถูกผิวโลกบดบัง อย่างไรก็ตามเนื่องจากการจำลองนี้ได้พิจารณาความโค้งของผิวโลก จึงมีความเป็นไปได้ที่เส้นทางการแทรกสอดระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G จะถูกผิวโลกบดบัง ซึ่งกรณีดังกล่าวจะพิจารณาว่าไม่มีการแทรกสอดเกิดขึ้นระหว่างระบบทั้งสอง ดังนั้นในการวิเคราะห์การแทรกสอดเพื่อหาระยะห่างป้องกันสำหรับการใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G นั้น จะพิจารณาเฉพาะกรณีที่เส้นทางการแทรกสอดไม่ถูกผิวโลกบดบัง โดยรายละเอียดการวิเคราะห์จะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป



รูป 23 ภาพเหตุการณ์การแทรกสอดของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G

สำหรับการหาค่าระยะห่างตามทิศทางของเส้นทางการแทรกสอด ระยะห่างตามแนวผิวโลก และระยะห่างตามแนวระดับการบินนั้น สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$d = \sqrt{(R + Al)^2 + (R + h)^2 - 2(R + Al)(R + h)\cos(\phi_A)} \quad (16)$$

$$d_{earth} = (R) \cdot \phi_A \quad (17)$$

$$d_{Al} = (R + Al) \cdot \phi_A \quad (18)$$

เมื่อ d คือระยะห่างตามทิศทางของเส้นทางการแทรกสอด d_{earth} คือระยะห่างตามแนวผิวโลก และ d_{Al} คือระยะห่างตามแนวระดับการบิน ส่วน R คือรัศมีของโลกซึ่งมีค่าเท่ากับ 6,378 กิโลเมตร Al คือระดับความสูงการบิน h คือความสูงของสายอากาศ 5G และ ϕ_A คือมุมระหว่างส่วนโค้งมีหน่วยเป็น rad

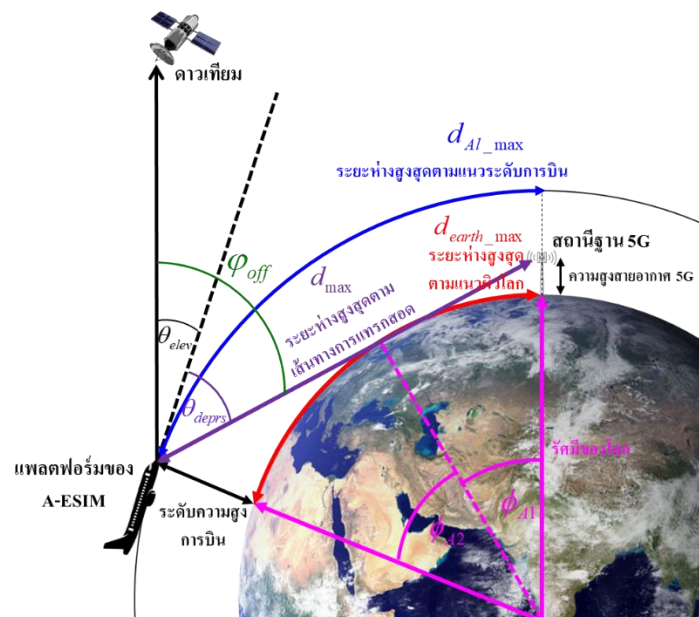
สำหรับการหาค่าระยะห่างตามทิศทางของเส้นทางการแทรกสอดสูงสุด ระยะห่างตามแนวผิวโลกสูงสุด และระยะห่างตามแนวระดับการบินสูงสุด ที่ใช้สำหรับการจำลองนั้น สามารถหาได้ด้วยการกำหนดให้แพลตฟอร์ม A-ESIM อยู่ ณ ตำแหน่งไกลสุดจากสถานีฐาน 5G ซึ่งตำแหน่งไกลสุดนี้ต้องเป็นตำแหน่งที่ไม่ทำให้เส้นทางการแทรกสอดถูกผิวโลกบังด้วย ในรูป 24 ได้แสดงภาพเหตุการณ์การแทรกสอดที่แพลตฟอร์ม A-ESIM อยู่ ณ ตำแหน่งไกลสุดจากสถานีฐาน 5G โดยที่เส้นทางการแทรกสอดไม่ถูกผิวโลกบัง โดยระยะห่างต่าง ๆ ในรูปดังกล่าวสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$d_{max} = \sqrt{(R+h)^2 - R^2} + \sqrt{(R+Al)^2 - R^2} \quad (19)$$

$$d_{earth_max} = (R) \cdot \left(\tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{(R+h)^2 - R^2}}{R} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{(R+Al)^2 - R^2}}{R} \right) \right) \quad (20)$$

$$d_{Al_max} = (R+Al) \cdot \left(\tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{(R+h)^2 - R^2}}{R} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{(R+Al)^2 - R^2}}{R} \right) \right) \quad (21)$$

เมื่อ d_{max} คือระยะห่างสูงสุดตามทิศทางของเส้นทางการแทรกสอด d_{earth_max} คือระยะห่างสูงสุดตามแนวผิวโลก และ d_{Al_max} คือระยะห่างสูงสุดตามแนวระดับการบิน



รูป 24 ภาพเหตุการณ์การแทรกสอดเมื่อแพลตฟอร์ม A-ESIM อยู่ที่ตำแหน่งไกลสุดจากสถานีฐาน 5G โดยที่ไม่ถูกผิวโลกบัง

1.4.2 การวิเคราะห์การแทรกสอด

ในการวิเคราะห์การแทรกสอดกรณีใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G ค่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดจะถูกนำมาพิจารณา โดยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดที่สถานีฐาน 5G รับได้จาก A-ESIM จะมีค่าดังสมการต่อไปนี้

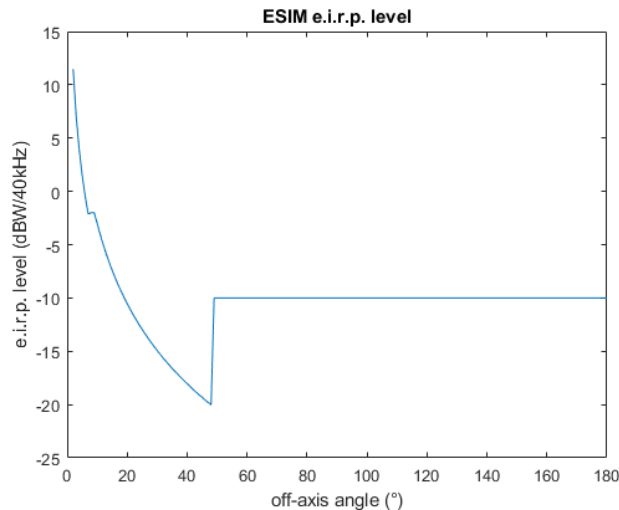
$$PSD_{I_{A-ESIM}} = EIRP_{D_{A-ESIM}} + G_{rx} - PL - A_{AoB} \quad (22)$$

เมื่อ $PSD_{I_{A-ESIM}}$ คือความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดที่สถานีฐาน 5G รับได้จาก A-ESIM $EIRP_{D_{A-ESIM}}$ คือความหนาแน่นกำลังงานแผ่กระจายไอโซโทรปิกประสิทธิภาพ (Effective Isotropic Radiated Power: E.I.R.P.) ของ A-ESIM มีหน่วยเป็น dBm/Hz G_{rx} คืออัตราขยายสายอากาศของสถานีฐาน 5G มีหน่วยเป็น dBi PL คือการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่น และ A_{AoB} คือค่าการลดทอนกำลังงานของการแพร่คลื่นนอกแถบความถี่

ในการจำลองการแทรกสอดนี้ได้กำหนดให้ $EIRP_{D_{A-ESIM}}$ มีค่าเท่ากับกรอบความหนาแน่น E.I.R.P. (E.I.R.P. density mask) ตามเอกสาร ITU-R RECOMMENDATION S.524-9 ซึ่งมีค่าดังสมการต่อไปนี้

$$EIRP_{D_{ESIM}} = EIRP_{D_{ITU-R}} = \begin{cases} (19 - 25 \log(\phi)) & , 2^\circ \leq \phi_{off} \leq 7^\circ \\ -2 & , 7^\circ \leq \phi_{off} \leq 9.2^\circ \\ (22 - 25 \log(\phi)) & , 9.2^\circ \leq \phi_{off} \leq 48^\circ \\ -10 & , 48^\circ \leq \phi_{off} \leq 180^\circ \end{cases} \quad (23)$$

เมื่อ $EIRP_{D_{ITU-R}}$ คือ กรอบความหนาแน่น E.I.R.P. ที่เอกสาร ITU-R RECOMMENDATION S.524-9 ได้กำหนดขึ้น มีหน่วยเป็น dBW/40 kHz และ ϕ_{off} คือมุมนอกแกนสายอากาศ (off-axis angle) มีหน่วยเป็นองศา เมื่อนำกรอบความหนาแน่น E.I.R.P. ที่มีค่าดังสมการข้างต้นมาพล็อตหาค่าความหนาแน่น E.I.R.P. ณ มุมนอกแกนสายอากาศ ϕ_{off} ค่าต่าง ๆ ก็จะได้กราฟที่มีลักษณะดังรูป 25



รูป 25 กรอบความหนาแน่น E.I.R.P. ตามข้อกำหนดในเอกสาร ITU-R RECOMMENDATION S.524-9

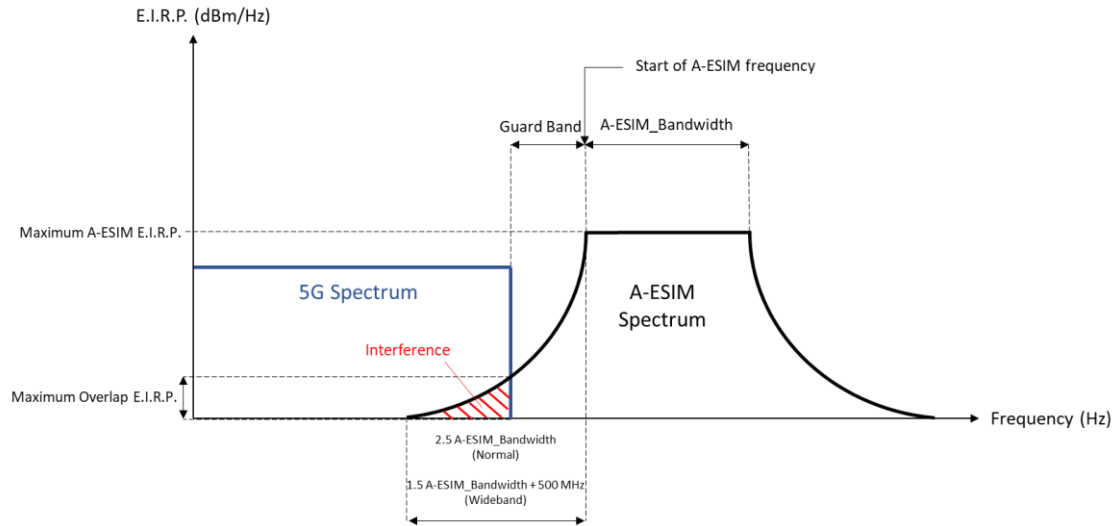
สำหรับการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่น PL ที่ใช้ในการจำลองนั้น เนื่องจากซอฟต์แวร์ Planet ไม่เอื้ออำนวยต่อการจำลองเครื่องส่งที่อยู่สูงจากพื้นโลกในระดับเพดานการบิน (ระดับเพดานการบินของเครื่องบินพาณิชย์ คือ 9,448.8 – 11,582.4 เมตร) การจำลองด้วยการใช้แบบจำลองการแพร่กระจายคลื่น Generic Model และ P3M ซึ่งเป็นแบบจำลองของซอฟต์แวร์ Planet จึงไม่สามารถกระทำได้ ดังนั้นการจำลองในหัวข้อนี้จึงเลือกใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง PL_{FSL} เพียงแบบจำลองเดียวสำหรับการจำลองการแทรกสอด โดยรายละเอียดเกี่ยวกับแบบจำลองดังกล่าวได้ถูกอธิบายไว้ในหัวข้อที่ 1.1

สำหรับค่าการลดทอนกำลังงานของการแพร่คลื่นนอกแถบความถี่ A_{OoB} นั้น การจำลองนี้ได้กำหนดค่า A_{OoB} ตามเอกสาร Recommendation ITU-R SM.1541-3 (01/2011) (Annex 5) เช่นเดียวกับการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G ซึ่งรายละเอียดได้ถูกอธิบายไว้ในหัวข้อที่ 1.3.1.2

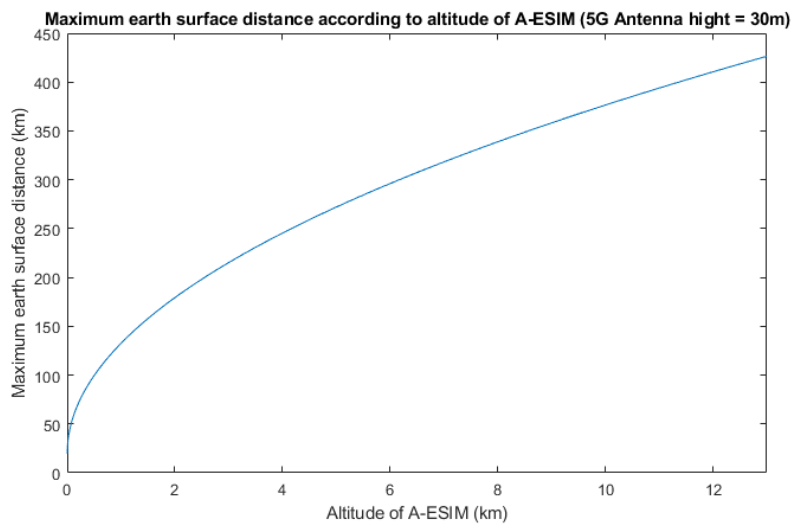
1.4.3 การกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการจำลอง

ในการจำลองการแทรกสอดระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G กรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกัน สเปกตรัมการใช้งานความถี่ระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G จะแสดงดังรูป 26 โดยความถี่เริ่มต้นของ A-ESIM ได้ถูกกำหนดเป็น 28.45 GHz ความกว้างแถบความถี่ของ A-ESIM จะกำหนดให้มีค่าเป็น 200 MHz ส่วนความถี่ของแถบความถี่ป้องกันจะกำหนดให้มีค่าเป็น 0 และ 50 MHz ในการจำลองนี้ได้ทำการกำหนดมุมเงยสายอากาศของ A-ESIM ให้มีค่าเป็น 5 และ 30 องศา และทำการแบ่งกรณีในการจำลองออกเป็น 8 กรณี ตามการกำหนดค่าความถี่ป้องกันและมุมเงยสายอากาศของ A-ESIM โดยการจำลองในแต่ละกรณีจะทำการคำนวณหาค่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดตลอดระยะห่างตามแนวผิวโลกตั้งแต่ระยะ 0 เมตรซึ่งเป็นตำแหน่งที่แพลตฟอร์ม A-ESIM อยู่เหนือสถานีฐาน 5G จนไปถึงระยะ d_{earth_max} ซึ่งเป็นระยะห่างสูงสุดตามแนวผิวโลก โดยค่า d_{earth_max} นี้จะขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ 2 ค่า ได้แก่ ระดับความสูงการบิน และความสูงของสายอากาศสถานีฐาน 5G ซึ่งในการจำลองนี้ได้ทำการกำหนดระดับความสูงการบิน Alt ให้มีค่าตั้งแต่ 100 ถึง 13,000 เมตร สำหรับพารามิเตอร์ของสถานีฐาน 5G นั้น ในการจำลองนี้ได้ทำการกำหนดให้สถานีฐาน 5G มีแบบรูปกระจายคลื่นของสายอากาศเป็นแบบรอบทิศทาง

อัตราขยายของสายอากาศเป็น 0 dBi และความสูงของสายอากาศเป็น 30 เมตร โดยรูป 27 จะแสดงค่า d_{earth_max} ที่คำนวณได้จากระดับความสูงการบินต่าง ๆ เมื่อกำหนดให้ความสูงสายอากาศสถานีฐาน 5G มีค่าเป็น 30 เมตร ในตาราง 12 และตาราง 13 จะสรุปค่าพารามิเตอร์ของ A-ESIM และระบบ 5G ตามลำดับ



รูป 26 สเปกตรัมการใช้งานคลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G



รูป 27 ระยะห่างสูงสุดตามแนวผิวโลกที่ระดับความสูงการบินต่าง ๆ เมื่อกำหนดให้สายอากาศสถานีฐาน 5G มีความสูง 30 เมตร

ตาราง 12 พารามิเตอร์ของ A-ESIM สำหรับการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G

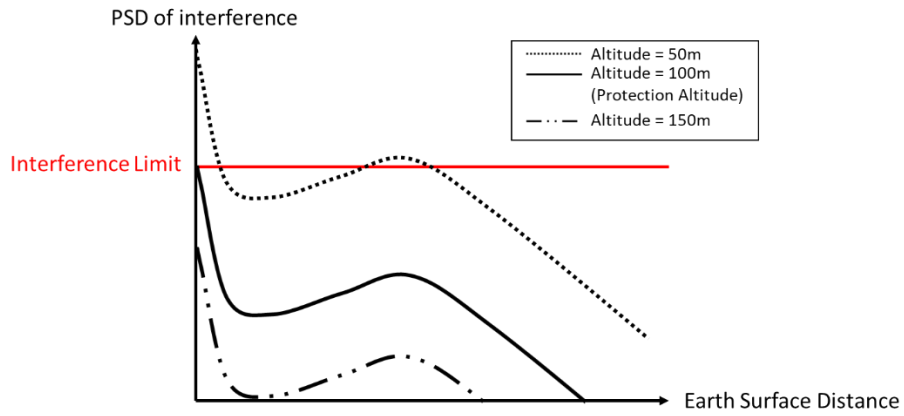
พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์	หน่วย
ความถี่เริ่มต้น	28.45	GHz
ความกว้างแถบความถี่	200	MHz
ความหนาแน่นกำลังงานแผ่กระจายไอโซโทรปิกประสิทธิภาพ (E.I.R.P. density)	$EIRP = EIRP_{TU-R} = \begin{cases} (19 - 25 \log(\phi)) & , 2^\circ \leq \phi_{off} \leq 7^\circ \\ -2 & , 7^\circ \leq \phi_{off} \leq 9.2^\circ \\ (22 - 25 \log(\phi)) & , 9.2^\circ \leq \phi_{off} \leq 48^\circ \\ -10 & , 48^\circ \leq \phi_{off} \leq 180^\circ \end{cases}$	dBW/40kHz
มุมเงยสายอากาศ	5 และ 30	องศา
ความสูงระดับการบิน	100 ถึง 13,000	เมตร

ตาราง 13 พารามิเตอร์ของสถานีฐาน 5G สำหรับการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์	หน่วย
อัตราขยายสายอากาศ	0	dBi
แบบรูปกระจายคลื่นสายอากาศ	รอบทิศทาง	-
ความสูงสายอากาศจากพื้นดิน	30	เมตร

1.4.4 ผลการจำลอง

ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองการแทรกสอดจะแสดงอยู่ในรูปแบบกราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะห่างตามแนวผิวโลก ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นี้จะถูกนำไปใช้ในการหาค่าระยะห่างป้องกันตามแนวผิวโลกและระดับความสูงการบินป้องกัน โดยกระบวนการหาระยะห่างป้องกันตามแนวผิวโลกจะใช้วิธีกำหนดขีดจำกัดการแทรกสอดขึ้นและหาค่าจุดตัดในกราฟเช่นเดียวกับกระบวนการหาระยะห่างป้องกันของการจำลองแทรกสอดระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G ซึ่งอธิบายไว้ในหัวข้อที่ 1.2.1.4 สำหรับกระบวนการหาค่าระดับความสูงการบินป้องกันนั้น จะใช้วิธีกำหนดขีดจำกัดการแทรกสอดขึ้นและหาค่าระดับความสูงการบินต่ำสุดที่ทำให้กราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังตลอดระยะห่างตามแนวผิวโลกมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดการแทรกสอดค่า นั้น โดยรูป 28 ได้แสดงตัวอย่างระดับความสูงการบินป้องกันซึ่งจะเห็นว่าค่าระดับความสูงการบินป้องกัน 100 เมตร เป็นค่าระดับความสูงการบินต่ำสุดที่ทำให้กราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังตลอดระยะห่างตามแนวผิวโลกมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดการแทรกสอด ระยะห่างป้องกันตามแนวผิวโลกและระดับความสูงการบินป้องกันที่หาได้ ณ ขีดจำกัดการแทรกสอดค่าต่าง ๆ จะถูกนำเสนอในรูปแบบของตาราง



รูป 28 ตัวอย่างการหาระดับความสูงการบินป้องกัน

ผลการจำลองในหัวข้อนี้ได้แบ่งออกเป็น 8 กรณี ตามการกำหนดค่าความกว้างแถบความถี่ป้องกันและมุมเงยสายอากาศของ A-ESIM โดยผลการจำลองจะถูกนำเสนอไว้ในภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.5

1.4.5 กรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G

สำหรับกรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G จะเลือกใช้กรณีมุมเงยของสายอากาศ A-ESIM มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz โดยกรณีโดยทั่วไปแบบในอาคารให้เลือกใช้ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ -160 dBm/Hz ส่วนกรณีโดยทั่วไปแบบนอกอาคารก็ให้เลือกใช้ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ -170 dBm/Hz และเนื่องจากในการจำลองนี้ได้นำเสนอตารางสรุปค่าระยะห่างป้องกันตามแนวผิวโลกและตารางสรุปค่าระดับความสูงการบินป้องกันไว้ในภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.5 ดังนั้นค่าโดยทั่วไป (typical value) ของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G จะประกอบไปด้วย ค่าระยะห่างป้องกันตามแนวผิวโลกของกรณีโดยทั่วไปและค่าระดับความสูงการบินป้องกันของกรณีโดยทั่วไป โดยค่าระยะห่างป้องกันตามแนวผิวโลกของกรณีโดยทั่วไปนั้น คือ ค่าระยะห่างป้องกันตามแนวผิวโลกของตาราง 56 ณ ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ -160 dBm/Hz สำหรับกรณีทั่วไปแบบในอาคาร และ -170 dBm/Hz สำหรับกรณีทั่วไปแบบนอกอาคาร ส่วนค่าระดับความสูงการบินป้องกันของกรณีโดยทั่วไปนั้น คือ ค่าระดับความสูงการบินป้องกันของตาราง 57 ณ ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ -160 dBm/Hz สำหรับกรณีทั่วไปแบบในอาคาร และ -170 dBm/Hz สำหรับกรณีทั่วไปแบบนอกอาคาร

ตาราง 14 ค่าระยะห่างป้องกันตามแนวผิวโลกของกรณีโดยทั่วไปในอาคารและนอกอาคารของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G

ระดับความสูงการบิน (เมตร)	ระยะห่างป้องกันการรบกวนตามแนวผิวโลก (เมตร)	
	กรณีโดยทั่วไปในอาคาร	กรณีโดยทั่วไปนอกอาคาร
100	5982.59	20773.24
200	4694.23	19370.08
300	4687.85	17941.40
400	4037.29	16480.83
500	510.24	14975.61
600	612.29	14828.92
700	720.72	14822.54
800	829.14	14822.54
900	937.57	14816.16
1000	1046.00	14809.79
1100	1148.05	14433.48
1200	1256.47	12590.23
1300	1364.90	10555.64
1400	1275.61	8100.10
1500	1154.42	1581.75
1600	1014.11	1690.18
1700	841.90	1792.23
1800	599.53	1900.65
1900	0	2009.08
2000	0	2117.51
2100	0	2225.93
2200	0	2327.98
2300	0	2436.41
2400	0	2544.83
2500	0	2653.26
2600	0	2761.69
2700	0	2870.11
2800	0	2972.16
2900	0	3080.59
3000	0	3189.02
3500	0	3724.77
4000	0	4260.52
4500	0	3865.09
5000	0	3195.39
5500	0	2232.31
6000	0	0
6500	0	0
7000	0	0
7500	0	0
8000	0	0
8500	0	0
9000	0	0
9500	0	0
10000	0	0
10500	0	0
11000	0	0
11500	0	0
12000	0	0
12500	0	0
13000	0	0

หมายเหตุ: ระยะห่างป้องกันตามแนวผิวโลกข้างต้นนี้ พิจารณาที่กรณีมุมเงยของสายอากาศ A-ESIM มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz ณ ซีดีจำกัดการแทรกสอด -160 dBm/Hz และ -170 dBm/Hz สำหรับกรณีโดยทั่วไปในอาคารและนอกอาคาร ตามลำดับ โดยพิจารณาจากค่าในตาราง 56 ของภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.5.1

ตาราง 15 ค่าระดับความสูงการบินป้องกันของกรณีโดยทั่วไปการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G

	กรณีโดยทั่วไปในอาคาร	กรณีโดยทั่วไปนอกอาคาร
ระดับความสูงการบิ นป้องกัน (เมตร)	1898.1	5937.2

หมายเหตุ: ระดับความสูงการบิ
นป้องกันข้างต้นนี้ พิจารณาที่กรณีมุมเงยของสายอากาศ A-ESIM มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz ณ ชีตจำกัดการแทรกสอด -160 dBm/Hz และ -170 dBm/Hz สำหรับกรณีโดยทั่วไปในอาคารและนอกอาคาร ตามลำดับ โดยพิจารณาจากค่าในตาราง 57 ของภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.5.1

1.5 การจำลองคลื่นความถี่ 28 GHz กรณีใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G

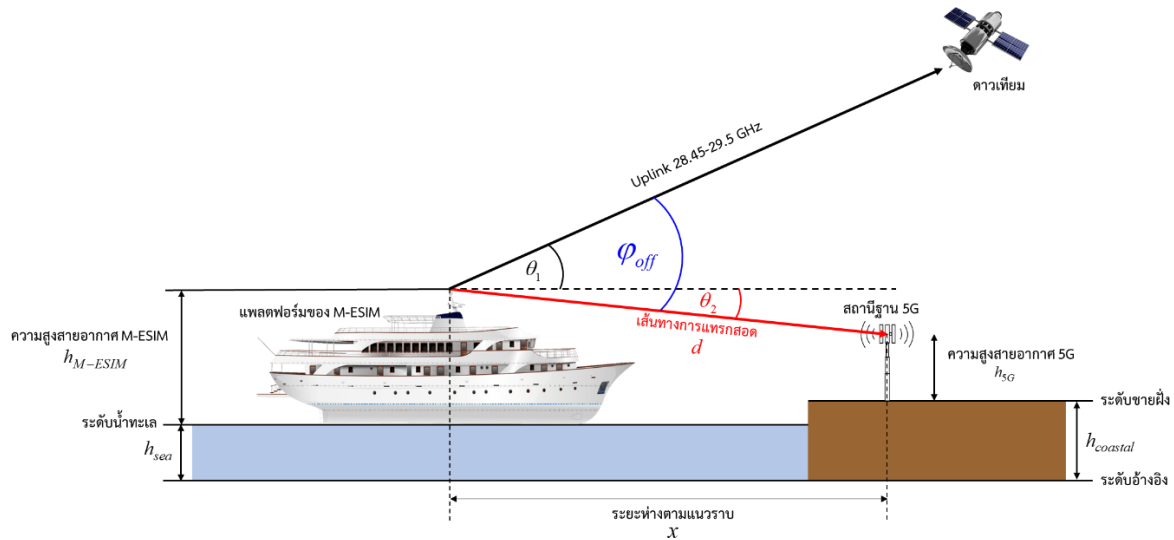
ในหัวข้อนี้จะทำการจำลองการแทรกสอดระหว่าง M-ESIM (Maritime-Earth Station in Motion) และระบบ 5G ในกรณีใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกัน เพื่อหาระยะห่างป้องกันที่ M-ESIM จะต้องอยู่ห่างจากระบบ 5G เพื่อให้ระบบ 5G สามารถทำงานได้อย่างราบรื่น

1.5.1 ภาพเหตุการณ์การแทรกสอด

ภาพเหตุการณ์ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์การแทรกสอดระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G กรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกัน จะแสดงดังรูป 29 โดยแพลตฟอร์ม M-ESIM ที่เป็นพาหนะทางน้ำจะทำการส่งคลื่นในช่วงความถี่ 28.45-29.5 GHz ผ่านสายอากาศที่มีมุมเงยเป็น θ เพื่อทำการสื่อสารกับดาวเทียมโดยคลื่นส่วนหนึ่งจะเดินทางไปยังดาวเทียมตามทิศทางแนวตรงที่สายอากาศชี้ไปและในขณะเดียวกันก็จะมีคลื่นบางส่วนที่แพร่กระจายออกไปในทิศทางอื่น ตามแบบรูปกระจายคลื่นของสายอากาศ โดยคลื่นเหล่านี้จะกลายเป็นสัญญาณแทรกสอดที่ไปรบกวนการสื่อสารไร้สายคลื่นมิลลิเมตรของระบบ 5G ที่ใช้งานในช่วงความถี่ 24.25-28.45 GHz การแทรกสอดระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G จะเกิดขึ้นในทิศทางของเส้นทางการแทรกสอด โดยระยะห่างตามทิศทางของเส้นทางการแทรกสอดจะถูกนำมาใช้สำหรับการคำนวณค่าการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นเพื่อใช้ในการหาปริมาณสัญญาณแทรกสอดที่ระบบ 5G ได้รับจาก M-ESIM โดยการคำนวณค่าการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นและการหาปริมาณสัญญาณแทรกสอดจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป สำหรับระยะห่างตามทิศทางของเส้นทางการแทรกสอดในการจำลองนี้ สามารถคำนวณได้ด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$d = \sqrt{x^2 + (h_{coastal} + h_{5G} - h_{sea} - h_{M-ESIM})^2} \quad (24)$$

เมื่อ d คือระยะห่างตามทิศทางของเส้นทางการแทรกสอด x คือระยะห่างตามแนวราบระหว่างแพลตฟอร์มของ M-ESIM และสถานีฐาน 5G $h_{coastal}$ คือความสูงของชายฝั่งจากระดับอ้างอิง h_{5G} คือความสูงของสายอากาศ 5G h_{sea} คือความสูงของระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิง และ h_{M-ESIM} คือความสูงของสายอากาศ M-ESIM จากระดับน้ำทะเล



รูป 29 ภาพเหตุการณ์การแทรกสอดของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G

1.5.2 การวิเคราะห์การแทรกสอด

ในการวิเคราะห์การแทรกสอดกรณีใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G ค่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดจะถูกนำมาพิจารณา โดยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดที่สถานีฐาน 5G รับได้จาก M-ESIM จะมีค่าดังสมการต่อไปนี้

$$PSD_{I_{M-ESIM}} = EIRP + G_{rx} - PL - A_{AoB} \quad (\text{dBm/Hz}) \quad (25)$$

เมื่อ $PSD_{I_{M-ESIM}}$ คือความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดที่สถานีฐาน 5G รับได้จาก M-ESIM $EIRP$ คือกำลังงานแผ่กระจายไอโซโทรปิกประสิทธิผลมีหน่วยเป็น dBm G_{rx} คืออัตราขยายสายอากาศของสถานีฐาน 5G มีหน่วยเป็น dBi PL คือการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่น และ A_{AoB} คือค่าการลดทอนกำลังงานของการแพร่คลื่นนอกแถบความถี่

เช่นเดียวกับการจำลองการแทรกสอดระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G ในการจำลองนี้ได้กำหนดให้ $EIRP$ มีค่าเท่ากับกรอบ E.I.R.P mask ตามเอกสาร ITU-R RECOMMENDATION S.524-9 โดยรายละเอียดเพิ่มเติมสามารถดูได้จากหัวข้อที่ 1.4.2 ส่วนการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นนั้น ในการจำลองนี้จะใช้การสูญเสียจากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง PL_{FSL} เพียงแบบจำลองเดียวเท่านั้น เนื่องจากซอฟต์แวร์ Planet ไม่เอื้ออำนวยต่อการจำลองเครื่องส่งของ M-ESIM ที่อยู่บนผิวน้ำทะเลซึ่งอยู่ต่ำกว่าระดับแผ่นดิน โดยรายละเอียดเกี่ยวกับแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นดังกล่าวได้ถูกอธิบายไว้ในหัวข้อที่ 1.1

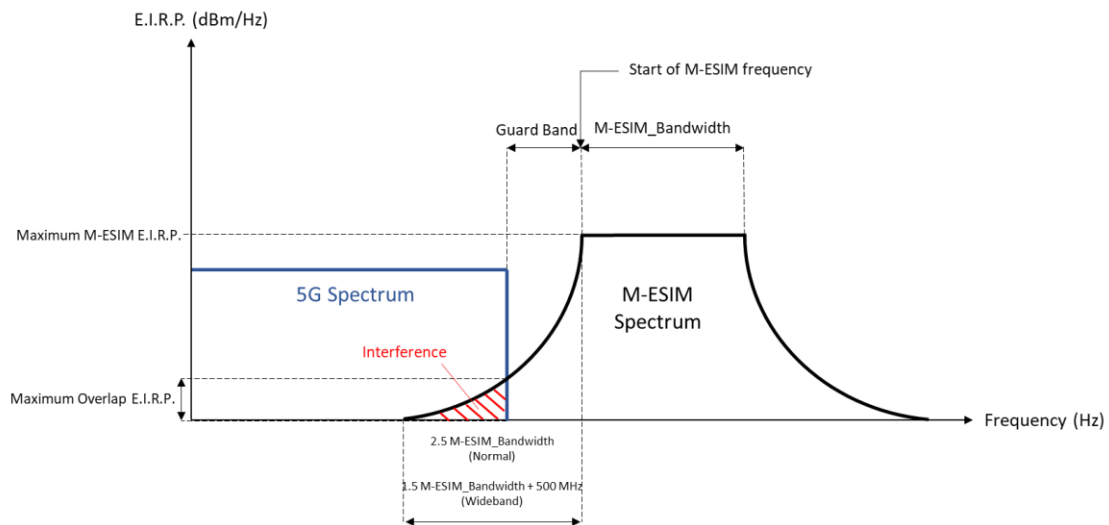
สำหรับค่าการลดทอนกำลังงานของการแพร่คลื่นนอกแถบความถี่ A_{AoB} นั้น การจำลองนี้ได้กำหนดค่า A_{AoB} ตามเอกสาร Recommendation ITU-R SM.1541-3 (01/2011) (Annex 5) เช่นเดียวกับการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยรายละเอียดของค่าการลดทอนดังกล่าวได้ถูกอธิบายไว้ในหัวข้อที่ 1.3.1.2

1.5.3 การกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการจำลอง

ในการจำลองการแทรกสอดระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G กรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกัน สเปกตรัมการใช้งานความถี่ระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G จะแสดงดังรูป 30 โดยความถี่เริ่มต้นของ M-ESIM ได้ถูกกำหนดเป็น 28.45 GHz ความกว้างแถบความถี่ของ M-ESIM จะกำหนดให้มีค่าเป็น 200 MHz ส่วนความถี่ป้องกันจะกำหนดให้มีค่าเป็น 0 และ 50 MHz สำหรับกำลังงานแผ่กระจายไอโซโทรปิกประสิทธิผล หรือ E.I.R.P. นั้น ในการจำลองนี้ได้กำหนดให้มีค่าเท่ากับกรอบ E.I.R.P. ของข้อกำหนด ITU-R RECOMMENDATION S.524-9 โดยรายละเอียดของสมการสามารถดูได้จากหัวข้อที่ 1.4.2 ส่วนค่ามุมเงยและความสูงของสายอากาศ M-ESIM นั้น ในการจำลองนี้ได้กำหนดให้สายอากาศ M-ESIM มีมุมเงยเป็น 5, 10, 20, และ 30 องศา ส่วนความสูงของสายอากาศ M-ESIM จะกำหนดให้มีค่าเป็น 70 เมตร ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของ M-ESIM จะถูกสรุปไว้ในตาราง 16

สำหรับพารามิเตอร์ของระบบ 5G นั้น การจำลองนี้ได้ทำการกำหนดให้แบบรูปกระจายคลื่นของสายอากาศระบบ 5G เป็นแบบรูปกระจายคลื่นรอบทิศทาง และมีอัตราขยายสายอากาศเป็น 0 dBi ส่วนความสูงสายอากาศจากพื้นดินหรือจากระดับชายฝั่งจะกำหนดให้มีค่าเป็น 10, 20, 30, 40, 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 เมตร ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของ M-ESIM จะถูกสรุปไว้ในตาราง 17

สำหรับความสูงของระดับชายฝั่งและความสูงของระดับน้ำทะเลนั้น ในการจำลองนี้ได้กำหนดให้ชายฝั่งหรือพื้นดินมีความสูงจากระดับอ้างอิงเป็น 100 เมตร ส่วนความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงจะกำหนดให้มีค่าเป็น 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 และ 90 เมตร



รูป 30 สเปกตรัมการใช้งานคลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G

ตาราง 16 พารามิเตอร์ของ M-ESIM สำหรับการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์	หน่วย
ความถี่เริ่มต้น	28.45	GHz
ความกว้างแถบความถี่	200	MHz
กำลังงานแผ่กระจายไอโซโทรปิก ประสิทธิภาพ (E.I.R.P.)	$EIRP = EIRP_{TU-R} = \begin{cases} (19 - 25\log(\phi)) & , 2^\circ \leq \phi_{off} \leq 7^\circ \\ -2 & , 7^\circ \leq \phi_{off} \leq 9.2^\circ \\ (22 - 25\log(\phi)) & , 9.2^\circ \leq \phi_{off} \leq 48^\circ \\ -10 & , 48^\circ \leq \phi_{off} \leq 180^\circ \end{cases}$	dBW/40kHz
มุมเงยสายอากาศ	5, 10, 20 และ 30	องศา
ความสูงสายอากาศจาก ระดับน้ำทะเล	70	เมตร

ตาราง 17 พารามิเตอร์ของสถานีฐาน สำหรับการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์	หน่วย
อัตราขยายสายอากาศ	0	dBi
แบบรูปกระจายคลื่นของสายอากาศ	รอบทิศทาง	-
ความสูงสายอากาศจากพื้นดิน	10, 20, 30, 40, 50, 100, 150, 200, 250 และ 300	เมตร
ระยะห่างแนวราบจากสถานีดาวเทียม	0 ถึง 50	กิโลเมตร

1.5.4 ผลการจำลอง

การจำลองนี้ได้ทำการแบ่งกรณีในการจำลองออกเป็น 8 กรณีตามค่ามุมเงยสายอากาศของ M-ESIM และค่าความกว้างแถบความถี่ป้องกัน โดยในการจำลองแต่ละกรณีจะทำการคำนวณหาค่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอด ณ ค่าความสูงของสถานีฐาน 5G และความสูงของระดับน้ำทะเลค่าต่าง ๆ โดยความสูงของสถานีฐาน 5G จะกำหนดให้มีค่าเป็น 10, 20, 30, 40, 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 เมตร ส่วนความสูงของระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงจะถูกกำหนดให้มีค่าเป็น 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 และ 90 เมตร ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่แล้ว ค่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดที่คำนวณได้จะถูกนำไปใช้ในการหาระยะห่างป้องกัน ณ ระดับขีดจำกัดแทรกสอด ความสูงของสายอากาศ 5G และความสูงของระดับน้ำทะเลค่าต่าง ๆ แล้วนำค่าระยะห่างป้องกันที่ได้ไปจัดทำข้อมูลในรูปแบบของตาราง ทั้งนี้เนื่องจากผลการจำลองที่ถูกแสดงอยู่ในรูปแบบกราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทางนั้น มีจำนวนมาก เพื่อความสะดวกในการนำเสนอ ในที่นี้จึงได้ทำการย้ายผลการจำลองไปนำเสนอในภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.5

1.5.5 กรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G

สำหรับกรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G จะเลือกใช้กรณีมุมเงยของสายอากาศ M-ESIM มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น

50 MHz โดยกรณีโดยทั่วไปแบบในอาคารให้เลือกใช้ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ -160 dBm/Hz ส่วนกรณีโดยทั่วไปแบบนอกอาคารก็ให้เลือกใช้ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ -170 dBm/Hz โดยค่าระยะห่างป้องกันของกรณีโดยทั่วไปนั้น คือ ค่าระยะห่างป้องกันของตาราง 65 ณ ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ -160 dBm/Hz และ -170 dBm/Hz สำหรับกรณีทั่วไปแบบในอาคารและนอกอาคาร ตามลำดับ

ตาราง 18 และตาราง 19 จะสรุปค่าระยะห่างป้องกันของกรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G สำหรับกรณีในอาคารและนอกอาคาร ตามลำดับ

ตาราง 18 ค่าระยะห่างป้องกันของกรณีโดยทั่วไปในอาคารของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G

ระยะห่างป้องกัน (เมตร)	ความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิง (เมตร)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ระยะห่างป้องกัน (เมตร)	7892	7751	7611	7469	7327	7185	7042	6899	6754	6609

หมายเหตุ: ระยะห่างป้องกันข้างต้นนี้ พิจารณาที่กรณีมุมเงยสายอากาศ M-ESIM มีค่าเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 50 MHz และสายอากาศ 5G สูง 30 เมตร ณ ขีดจำกัดการแทรกสอด -160 dBm/Hz โดยพิจารณาจากค่าในตาราง 65 ของภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.6

ตาราง 19 ค่าระยะห่างป้องกันของกรณีโดยทั่วไปนอกอาคารของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G

ระยะห่างป้องกัน (เมตร)	ความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิง (เมตร)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ระยะห่างป้องกัน (เมตร)	23124	22982	22839	22697	22554	22411	22268	22124	21981	21837

หมายเหตุ: ระยะห่างป้องกันข้างต้นนี้ พิจารณาที่กรณีมุมเงยสายอากาศ M-ESIM มีค่าเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 50 MHz และสายอากาศ 5G สูง 30 เมตร ณ ขีดจำกัดการแทรกสอด -170 dBm/Hz โดยพิจารณาจากค่าในตาราง 65 ของภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.6

1.6 การจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz กรณีใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่าง สถานีดาวเทียม HDFSS และระบบ 5G

ในหัวข้อนี้จะทำการจำลองการแทรกสอดระหว่างสถานีดาวเทียมของกิจการประจำที่ผ่านดาวเทียมความหนาแน่นสูง (High Density Fixed-Satellite Service: HDFSS) และระบบ 5G ในกรณีใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกัน เพื่อวิเคราะห์หาผลกระทบจากการแทรกสอดและกำหนดระยะห่างป้องกันที่ทำให้ระบบ 5G สามารถทำงานได้อย่างราบรื่นและอยู่ร่วมกันได้กับระบบสื่อสารของ HDFSS

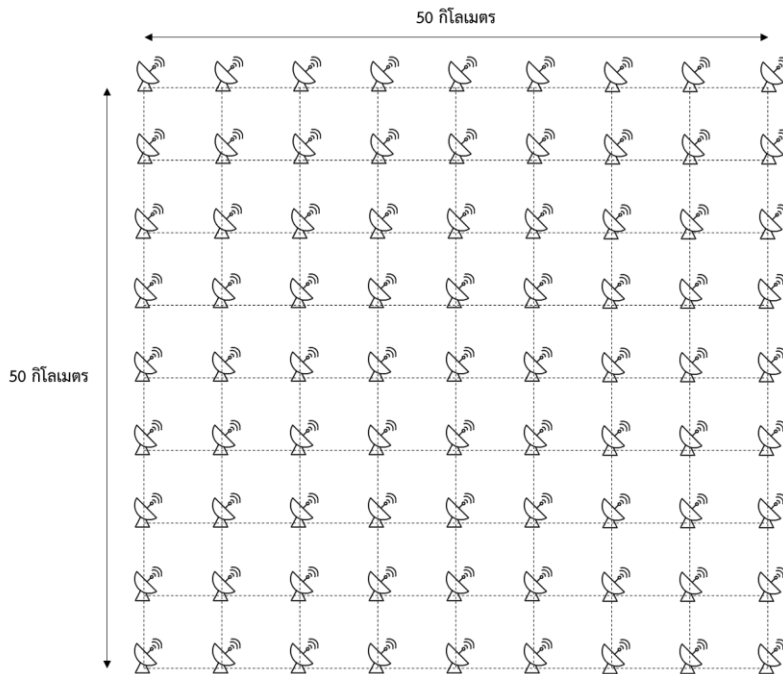
1.6.1 ขั้นตอนการจำลอง

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงขั้นตอนการจำลองการแทรกสอดระหว่างสถานีดาวเทียม HDFSS และระบบ 5G โดยการจำลองจะดำเนินตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.6.1.1 กำหนดพื้นที่ทดสอบ

เนื่องจากบริการ HDFSS จะมีการตั้งสถานีดาวเทียมที่กระจายตัวอย่างหนาแน่นในพื้นที่ต่าง ๆ ระบบ 5G จึงอาจได้รับสัญญาณแทรกสอดที่มาจากหลายแหล่งกำเนิดพร้อมกัน ดังนั้นเพื่อที่จะวิเคราะห์สัญญาณ

แทรกสอดที่ระบบ 5G ได้รับมาจากหลายทิศทางพร้อมกัน การจำลองนี้จึงได้กำหนดพื้นที่ทดสอบ และกริด (grid) ขึ้น เพื่อใช้สำหรับเป็นตำแหน่งวางจานดาวเทียม โดยขนาดพื้นที่ทดสอบที่ใช้ในการจำลองจะกำหนดให้มีขนาดเป็น 50x50 ตารางกิโลเมตร รูป 31 ได้แสดงพื้นที่ทดสอบที่มีการวางจานดาวเทียม ณ จุดตัดของเส้นกริด



รูป 31 การวางจานดาวเทียมในพื้นที่ทดสอบ

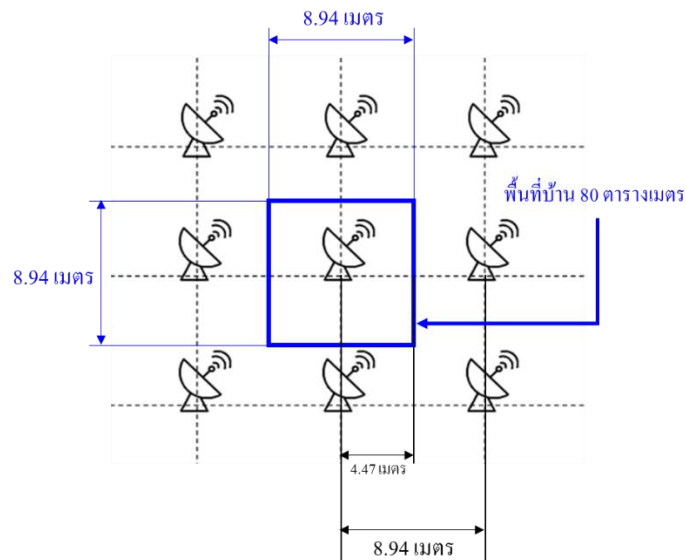
1.6.1.2 กำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลอง

1.6.1.2.1 กำหนดค่าพารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียม HDFSS

พารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียม HDFSS จะประกอบไปด้วย กำลังงานส่ง อัตราขยายสายอากาศ แบบรูปสายอากาศ ความถี่กลาง ความกว้างแถบความถี่ มุมเงยสายอากาศ ความสูงสายอากาศ และความหนาแน่นของจำนวนจานดาวเทียมต่อพื้นที่ เนื่องจากในเอกสาร RECOMMENDATION ITU-R S.1594 ได้ทำการกำหนดระดับแพร่กระจายคลื่นสูงสุด (maximum emission level) ในรูปแบบค่า E.I.R.P. ดังนั้นในการจำลองนี้จึงใช้ค่า E.I.R.P. แทนพารามิเตอร์กำลังงานส่ง อัตราขยายสายอากาศ และแบบรูปสายอากาศ สำหรับค่ามุมเงยของจานดาวเทียมนั้น ในการจำลองนี้ได้แบ่งการกำหนดค่ามุมเงยของจานดาวเทียมออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่กำหนดมุมเงยของจานดาวเทียมทุกตัวให้ชี้เข้าหาสายอากาศสถานีฐาน 5G โดยตรง กับ กรณีที่กำหนดมุมเงยของจานดาวเทียมทุกตัวให้มีค่าเหมือนกันทั้งหมด สำหรับในกรณีแรกนั้น ค่ามุมเงยของจานดาวเทียมจะมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่จากดาวเทียมนั้นอยู่ ส่วนในกรณีหลังนั้น ค่ามุมเงยของจานดาวเทียมทุกตัวจะถูกกำหนดให้มีค่าคงที่เหมือนกันทั้งหมดซึ่งในการจำลองนี้ได้ทำการกำหนดให้มุมเงยมีค่าเป็น 10, 20, 30 และ 62.5 องศา

สำหรับค่าความหนาแน่นของจำนวนจานดาวเทียมต่อพื้นที่นั้น ในที่นี้ได้ทำการสมมติว่า บ้านแต่ละติดจานดาวเทียมหนึ่งจานกลางบ้าน และกำหนดให้บ้านแต่ละหลังมีพื้นที่ภายในรั้วบ้าน 72 ตารางเมตรและมีพื้นที่ถนนรอบบ้านทั้งสี่ด้านเป็น 8 ตารางเมตร ดังนั้นพื้นที่รวมทั้งหมดของบ้านแต่ละหลังคือ 80 ตารางเมตร ซึ่งก็จะได้ว่าในพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตรนั้น จะมีจานดาวเทียมกระจายตัวอยู่อย่างเท่า ๆ กันเป็นจำนวน $(1,000 \times 1,000) / 80 = 12,500$ จาน หรือก็คือ ความหนาแน่นจานดาวเทียมต่อพื้นที่มีค่าเป็น 12,500 จานต่อ

ตารางกิโลเมตร นอกจากนั้นเพื่อความสะดวกในการจำลอง จะกำหนดให้บ้านแต่ละหลังมีพื้นที่เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งก็ทำให้ความกว้างแต่ละด้านของบ้านนั้นมีค่าเป็น 8.94 เมตร โดยในรูป 32 จะแสดงพื้นที่ของบ้าน (กรอบสี่เหลี่ยมน้ำเงิน) และระยะห่างระหว่างจานดาวเทียมของบ้านแต่ละหลัง



รูป 32 พื้นที่ของบ้านและระยะห่างระหว่างจานดาวเทียมของบ้านแต่ละหลัง

อย่างไรก็ดี เพื่อที่จะครอบคลุมกรณีที่บ้านบางหลังไม่ได้ติดจานดาวเทียม พร้อมกับให้การจำลองยังคงดำเนินการได้โดยง่าย ในการจำลองนี้จะใช้วิธีลดค่าความหนาแน่นจานดาวเทียมต่อพื้นที่ลง จาก 12,500 จานต่อตารางกิโลเมตรเป็นค่าอื่นที่น้อยกว่านั้น สำหรับแทนกรณีที่บ้านบางหลังไม่ได้ติดจานดาวเทียม และเพื่อความสะดวกในการจำลอง ในการจำลองนี้จะทำการลดค่าความหนาแน่นจานดาวเทียมต่อพื้นที่ลงครึ่งละ 4 เท่า ซึ่งค่าความหนาแน่นจานดาวเทียมต่อพื้นที่ก็จะมีค่าเป็น 3,125, 781, 195, 49 และ 13 จานต่อตารางกิโลเมตร โดยถึงแม้ว่าจำนวนจานต่อพื้นที่จะลดลง แต่รูปแบบการกระจายตัวของจานก็ยังคงกำหนดให้เป็น การกระจายตัวแบบสม่ำเสมอเช่นเดิม

โดยสรุป ค่าความหนาแน่นจานดาวเทียมต่อพื้นที่ที่ใช้ในการจำลองจะมีทั้งหมด 6 ค่า คือ 13, 49, 195, 781, 3,125 และ 12,500 จานต่อตารางกิโลเมตร โดยค่าความหนาแน่นจานดาวเทียมต่อพื้นที่ 12,500 จานต่อตารางกิโลเมตรจะแทนกรณีที่ทุกบ้านติดจานดาวเทียมหนึ่งจาน ส่วนค่าความหนาแน่นจานดาวเทียมต่อพื้นที่ค่าอื่น จะใช้สำหรับแทนกรณีที่บ้านบางหลังไม่ได้ติดจานดาวเทียม

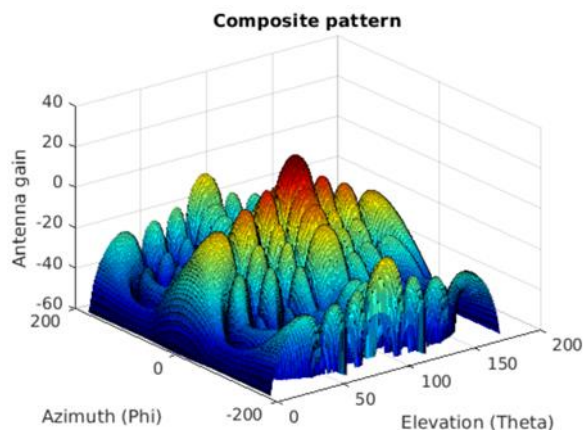
สำหรับค่าความถี่กลางและความกว้างแถบความถี่นั้น จะกำหนดให้มีค่าเป็น 28.45 GHz และ 50 MHz ตามลำดับ ส่วนค่าความสูงจานดาวเทียมจะกำหนดให้มีค่าเป็น 7 เมตร โดยพารามิเตอร์ของจานดาวเทียม HDFSS จะถูกสรุปไว้ในตาราง 20

ตาราง 20 พารามิเตอร์ของงานดาวเทียม HDFSS สำหรับการจำลองการใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานี HDFSS และระบบ 5G

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์	หน่วย
ความถี่กลาง	28.45	GHz
ความกว้างแถบความถี่	50	MHz
E.I.R.P.	RECOMMENDATION ITU-R S.1594	
มุมเงยของงานดาวเทียม (กรณีที่ทุกงานมีมุมเงยค่าเหมือนกันทั้งหมด)	10 และ 62.5	องศา
ความสูงของงานดาวเทียม	7	เมตร
ความหนาแน่นจำนวนงานดาวเทียมต่อพื้นที่	13, 49, 195, 781, 3,125 และ 12,500	งานต่อตาราง กิโลเมตร

1.6.1.2.2 กำหนดค่าพารามิเตอร์ของสถานีฐาน 5G

ในการจำลองนี้ได้เลือกใช้แบบรูปกระจายคลื่นของสายอากาศ 5G สองแบบคือ แบบรูปกระจายคลื่นแบบรอบทิศทางที่มีอัตราขยายสายอากาศเป็น 0 dBi และแบบรูปกระจายคลื่นของสายอากาศระบบ 5G ตามข้อกำหนด RECOMMENDATION ITU-R M.2101 โดยรูป 33 ได้แสดงแบบรูปกระจายคลื่นของสายอากาศ 5G ตามข้อกำหนด RECOMMENDATION ITU-R M.2101 ที่มีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศตามเอกสาร ITU-R WP5D Contribution 742 “AN OPEN-SOURCE IMPLEMENTATION OF RECOMMENDATION ITU-R M.2101” สำหรับค่าความสูงสายอากาศ 5G นั้น ในการจำลองนี้จะกำหนดให้มีความเป็น 30 เมตร



รูป 33 แบบรูปสายอากาศ 5G ตามข้อกำหนด RECOMMENDATION ITU-R M.2101

1.6.1.2.3 แบบจำลองการแพร่กระจายคลื่น

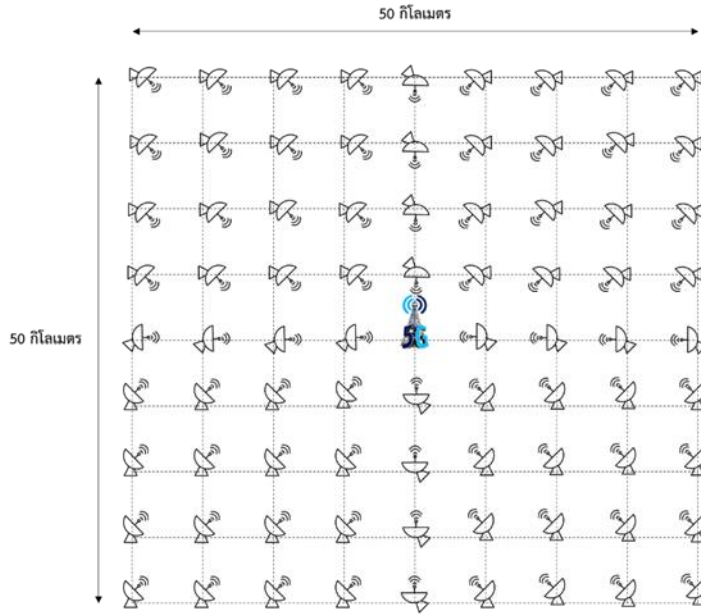
สำหรับแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นที่ใช้สำหรับการจำลองนั้น เนื่องจากซอฟต์แวร์ Planet ไม่เอื้ออำนวยต่อการจำลองระบบ HDFSS ที่อุปกรณ์เครื่องส่งหรืองานดาวเทียมจำนวนมากจะถูกติดตั้งไว้ในพื้นที่ทดสอบอย่างหนาแน่น ดังนั้นการจำลองด้วยการใช้แบบจำลอง Generic Model และ P3M ซึ่งเป็นแบบจำลองของซอฟต์แวร์ Planet จึงไม่สามารถกระทำได้ การจำลองในหัวข้อนี้จึงได้เลือกใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง PL_{FSL} เพียงแบบจำลองเดียวสำหรับการจำลองการแทรกสอด

จากที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 1.1 นั้น ITU ได้มีการกำหนดแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นสำหรับการสื่อสารคลื่นมิลลิเมตรไว้ในเอกสาร Recommendation ITU-R P.1411-10 (08/2019) โดยค่าการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นตามแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นของเอกสารดังกล่าวจะมีค่าดังสมการที่ 1 ในหัวข้อที่ 1.1 ซึ่งค่า n ที่เป็นเลขชี้กำลังการสูญเสียพื้นฐานนั้น จะถูกกำหนดค่าตามสภาพแวดล้อมต่าง ๆ โดยใน Recommendation ITU-R P.1411-10 (08/2019) ได้กำหนดค่า n ที่สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ไว้ในตารางดังรูป 1 อย่างไรก็ตามเอกสารดังกล่าวได้มีกำหนดค่า n ไว้แค่เฉพาะในกรณีที่สภาพแวดล้อมเป็นสภาพแวดล้อมแบบชานเมือง (urban area) ในขณะที่สภาพแวดล้อมในการจำลองของงานวิจัยนี้เป็นสภาพแวดล้อมแบบชนบท (rural area) ที่ควรมีค่าการสูญเสียต่ำกว่าสภาพแวดล้อมในเมือง ดังนั้นค่า n ของสภาพแวดล้อมชนบทควรมีค่าต่ำกว่ากรณีสภาพแวดล้อมในเมืองด้วยเช่นกัน และถ้าหากพิจารณาว่าเส้นทางการแพร่กระจายคลื่นไม่มีสิ่งกีดขวางใด ๆ กำบังเลย สภาพแวดล้อมที่กำลังพิจารณานี้ก็จะตรงกับสภาพแวดล้อมในอวกาศว่าง (free-space) ซึ่ง n มีค่าเท่ากับ 2 โดยการพิจารณาเลือกใช้ค่า n เท่ากับ 2 นี้จะทำให้การสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกรณีที่ n มีค่ามากกว่า 2 และเป็นผลให้กำลังของสัญญาณแทรกสอดสูงขึ้น รวมไปถึงระยะห่างป้องกันก็ต้องมากขึ้นตามด้วยเช่นกัน ดังนั้นหากใช้ระยะห่างป้องกันซึ่งมีค่ามากขึ้นนี้ ก็จึงสามารถมั่นใจได้ว่า สัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นจริงก็จะมีค่าไม่เกินขีดจำกัดที่ตั้งไว้ หรือกล่าวได้ว่าการเลือก n เท่ากับ 2 เป็นกรณีที่เลวร้ายที่สุด (worst case) ที่ใช้สำหรับการหาระยะห่างป้องกัน

รูป 2 ในหัวข้อที่ 1.1 ได้แสดงการเปรียบเทียบค่าการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นตามแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง PL_{FSL} กับการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นตามแบบจำลอง Recommendation ITU-R P.1411-10 (08/2019) PL_{ITU-R} ที่มีค่า n เป็น 2.21 และ 2.02 โดยผลการเปรียบเทียบจากรูปดังกล่าวได้แสดงให้เห็นว่า การสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นตามแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง จะให้ค่าการสูญเสียที่ต่ำกว่าการสูญเสียจากแบบจำลอง Recommendation ITU-R P.1411-10 (08/2019) ดังนั้นสัญญาณแทรกสอดที่คำนวณโดยใช้ PL_{FSL} จะมีค่าสูงกว่าสัญญาณแทรกสอดที่คำนวณโดยใช้ PL_{ITU-R} ซึ่งทำให้การวิเคราะห์การแทรกสอดด้วยการเลือกใช้ PL_{FSL} เป็นการวิเคราะห์การแทรกสอดในกรณีเลวร้ายที่สุด ดังนั้นการจำลองนี้จึงได้เลือกใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง PL_{FSL} ในการทำการจำลอง

1.6.1.3 วางสถานีฐาน 5G และหันหน้าจานดาวเทียม

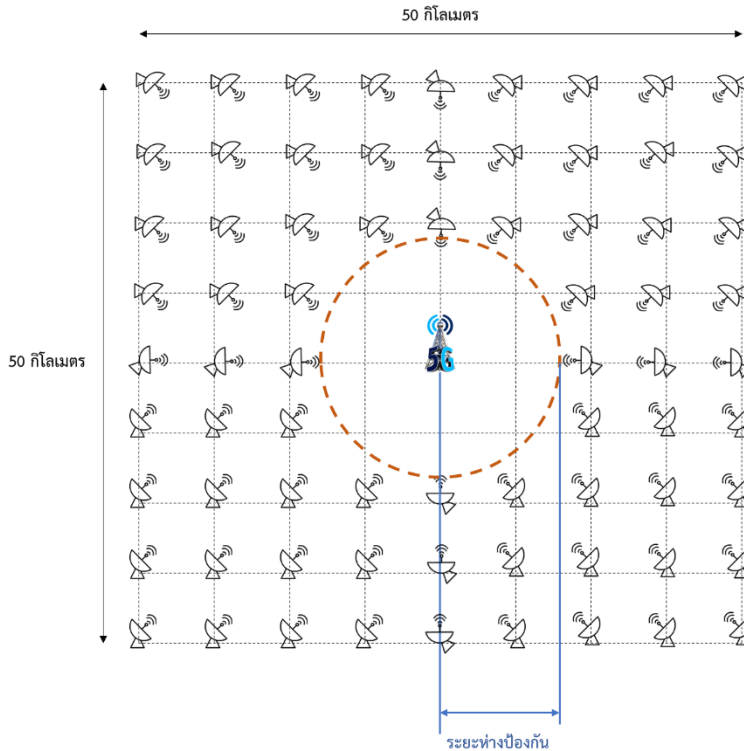
วางสถานีฐาน 5G ณ จุดกึ่งกลางของพื้นที่ทดสอบและทำการหันหน้าจานดาวเทียมทั้งหมดเข้าหาสถานีฐาน 5G ดังแสดงในรูป 34



รูป 34 ตำแหน่งของสถานีฐาน 5G และการปรับจูนดาวเทียมทุกจานให้หันหน้าเข้าหาสถานีฐาน 5G

1.6.1.4 หาค่าสัญญาณแทรกสอดและระยะห่างป้องกัน ณ ขีดจำกัดการแทรกสอดค่าต่าง ๆ

ทำการกำหนดระยะห่างป้องกันเริ่มต้น แล้วทำการสร้างวงกลมโดยมีตำแหน่งสถานีฐาน 5G เป็นจุดศูนย์กลาง และมีรัศมีเท่ากับค่าระยะห่างป้องกันที่กำหนดขึ้น จากนั้นให้นำจานดาวเทียมที่อยู่ในวงรัศมีระยะห่างป้องกันนั้นออกดังแสดงในรูป 35 แล้วจึงทำการคำนวณหาค่าสัญญาณแทรกสอด โดยหาค่าสัญญาณแทรกสอดที่คำนวณได้มีค่าสูงกว่าขีดจำกัดการแทรกสอดที่ต้องการ จะมีความหมายว่า ระยะห่างป้องกันค่านั้นไม่ใช่ระยะห่างป้องกัน ณ ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ต้องการ ดังนั้นจะต้องทำการเพิ่มระยะห่างป้องกันจนกระทั่งค่าสัญญาณแทรกสอดที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับหรือต่ำกว่าขีดจำกัดการแทรกสอดที่ต้องการ ซึ่งระยะห่างป้องกันค่านั้นคือค่าระยะห่างป้องกัน ณ ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ต้องการ



รูป 35 วงกลมที่มีรัศมีเท่ากับระยะห่างป้องกัน ซึ่งใช้สำหรับนำจานดาวเทียมออกเพื่อคำนวณหาระยะห่างป้องกัน ณ ค่าขีดจำกัดการแทรกสอดที่ต้องการ

1.6.2 ผลการจำลอง

ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองในหัวข้อนี้จะแสดงอยู่ในรูปแบบกราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะห่างป้องกันที่ถูกกำหนดให้มีค่าเพิ่มขึ้น โดยกราฟดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในการหาระยะห่างป้องกัน ณ ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ต้องการ และเช่นเดียวกับการจำลองของหัวข้อก่อนหน้า ในการจำลองนี้ก็ได้ทำการหาระยะห่างป้องกัน ณ ค่าขีดจำกัดการแทรกสอดไว้หลายระดับเช่นกัน โดยระยะห่างป้องกัน ณ ขีดจำกัดการแทรกสอดค่าต่าง ๆ จะถูกสรุปไว้ในรูปแบบตาราง

การจำลองในหัวข้อนี้จะแบ่งออกเป็น 5 กรณีตามการกำหนดมุมเงยจานดาวเทียม โดยผลการจำลองจะถูกนำเสนอในภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.7

1.6.3 กรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียม HDFSS และระบบ 5G

สำหรับกรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียม HDFSS และระบบ 5G จะเลือกใช้กรณีจานดาวเทียมทุกจานหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยเป็น 10 องศา เมื่อสายอากาศ 5G เป็นแบบรอบทิศทางและมีอัตราขยายสายอากาศเป็น 0 dBi โดยกรณีโดยทั่วไปแบบในอาคารให้เลือกใช้ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ -160 dBm/Hz ส่วนกรณีโดยทั่วไปแบบนอกอาคารก็ให้เลือกใช้ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ -170 dBm/Hz โดยค่าระยะห่างป้องกันของกรณีโดยทั่วไปนั้น คือ ค่าระยะห่างป้องกันของตาราง 71 ของภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.7.2 ณ ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ -160 dBm/Hz และ -170 dBm/Hz สำหรับกรณีทั่วไปแบบในอาคารและนอกอาคาร ตามลำดับ

ตาราง 21 และตาราง 22 จะสรุปค่าระยะห่างป้องกันของกรณีโดยทั่วไปของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันสถานีดาวเทียม HDFSS และระบบ 5G สำหรับกรณีในอาคารและนอกอาคาร ตามลำดับ

ตาราง 21 ค่าระยะห่างป้องกันของกรณีโดยทั่วไปในอาคารของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียม HDFSS และระบบ 5G

	ความหนาแน่นงานดาวเทียมต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร					
	13	49	195	781	3125	12500
ระยะห่างป้องกัน (เมตร)	572	6780	>10000	>10000	>10000	>10000

หมายเหตุ: ระยะห่างป้องกันข้างต้นนี้ พิจารณาที่กรณีงานดาวเทียมทุกงานหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยเป็น 10 องศา เมื่อสายอากาศ 5G เป็นแบบรอบทิศทางและมีอัตราขยายสายอากาศเป็น 0 dBi ณ โดยพิจารณาจากระยะห่างป้องกัน ณ ขีดจำกัดการแทรกสอด -160 dBm/Hz จากตาราง 71 ของภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.7.2

ตาราง 22 ค่าระยะห่างป้องกันของกรณีโดยทั่วไปนอกอาคารของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียม HDFSS และระบบ 5G

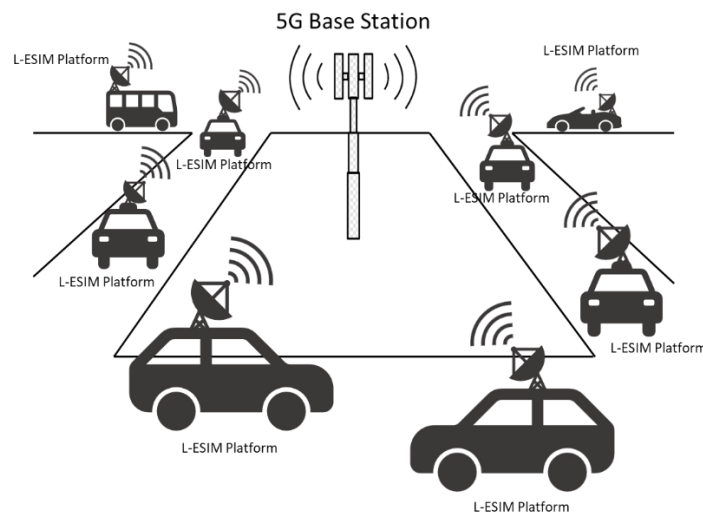
	ความหนาแน่นงานดาวเทียมต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร					
	13	49	195	781	3125	12500
ระยะห่างป้องกัน (เมตร)	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000

หมายเหตุ: ระยะห่างป้องกันข้างต้นนี้ พิจารณาที่กรณีงานดาวเทียมทุกงานหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยเป็น 10 องศา เมื่อสายอากาศ 5G เป็นแบบรอบทิศทางและมีอัตราขยายสายอากาศเป็น 0 dBi ณ โดยพิจารณาจากระยะห่างป้องกัน ณ ขีดจำกัดการแทรกสอด -170 dBm/Hz จากตาราง 71 ของภาคผนวก ง หัวข้อที่ 2.7.2

1.7 การใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ระหว่าง L-ESIM และระบบ 5G

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงกรณีใช้งานคลื่นความถี่ 28 GHz ระหว่าง L-ESIM (Land-Earth Station in Motion) และระบบ 5G โดยอนุมานจากผลการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz กรณีใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียม HDFSS และระบบ 5G ที่ได้นำเสนอไปในหัวข้อที่ 6.6

ภาพเหตุการณ์กรณีใช้งาน (use case scenario) ของกิจการ L-ESIM จะแสดงดังรูป 36 โดยแพลตฟอร์ม L-ESIM ที่เป็นยานพาหนะภาคพื้นดินจะทำการส่งคลื่นในช่วงความถี่ 28.45-29.5 GHz ผ่านสายอากาศ L-ESIM เพื่อทำการสื่อสารแบบเชื่อมโยงขาขึ้นกับดาวเทียม โดยจากภาพเหตุการณ์กรณีใช้งานของกิจการ L-ESIM นี้ จะเห็นได้ว่าแพลตฟอร์มของ L-ESIM นั้น มีจำนวนมหาศาลและสามารถเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งไปมาได้ ดังนั้นภาพเหตุการณ์การแทรกสอดของการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ระหว่าง L-ESIM และระบบ 5G จึงสามารถมองได้ว่า สถานีฐาน 5G จะได้รับสัญญาณแทรกสอดจากแพลตฟอร์ม L-ESIM ที่กระจายตัวอยู่อย่างหนาแน่นในพื้นที่ต่าง ๆ ซึ่งคล้ายกับกรณีการจำลองการใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียม HDFSS และระบบ 5G ที่สถานีฐาน 5G จะได้รับสัญญาณแทรกสอดจากสถานีดาวเทียม HDFSS ที่กระจายตัวอย่างหนาแน่นในพื้นที่ต่าง ๆ ดังนั้นผลการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz กรณีใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียม HDFSS และระบบ 5G ที่ได้นำเสนอไปในหัวข้อที่ 6.6 จึงสามารถนำมาใช้ในการอนุมานการใช้งานคลื่นความถี่ 28 GHz ระหว่างกิจการ L-ESIM (Land-Earth Station in Motion) และระบบ 5G ได้



รูป 36 ภาพเหตุการณ์กรณีใช้งานของกิจการ L-ESIM

จากผลการจำลองการใช้คลื่นความถี่ 28 GHz กรณีใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียม HDFSS และระบบ 5G ซึ่งมีข้อสรุปว่า การใช้งานร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียม HDFSS และระบบ 5G จะต้องมีการจำกัดความหนาแน่นจำนวนจันดาวเทียมต่อพื้นที่เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการแทรกสอดเกินกว่าระดับที่กำหนด โดยเมื่ออนุมานข้อสรุปดังกล่าวกับกรณีใช้งานของกิจการ L-ESIM ก็จะสามารถสรุปได้ว่า ในการใช้งานร่วมกันระหว่างกิจการ L-ESIM และระบบ 5G นั้น จะต้องมีการจำกัดจำนวนแพลตฟอร์ม L-ESIM ต่อพื้นที่เช่นกัน และนอกจากนี้ เนื่องจาก L-ESIM เป็นกิจการดาวเทียมที่ใช้กับยานพาหนะภาคพื้นดินที่มีการเคลื่อนที่และเปลี่ยนตำแหน่งอยู่บ่อยครั้ง การควบคุมระยะห่างป้องกันระหว่างแพลตฟอร์ม L-ESIM กับกิจการ 5G จึงทำได้ยากในทางปฏิบัติ และหากไม่มีเทคนิคอื่นใดที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการแทรกสอดไปยังกิจการการสื่อสารเคลื่อนที่ 5G ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้งาน L-ESIM ก็ควรจะต้องถูกจำกัดการใช้งานอย่างเข้มงวด โดยการ

ใช้งาน L-ESIM จะต้องให้ใช้ได้กับแค่เฉพาะการวิจัยหรือหน่วยงานภายใต้การดูแลจากหน่วยงาน กสทช. เท่านั้น และจะต้องมีข้อบังคับและมาตรการที่เข้มงวดในการกำกับการใช้งาน เช่น การจำกัดจำนวนแพลตฟอร์ม L-ESIM ต่อพื้นที่ การลงทะเบียนใช้งาน การติดตามการใช้งาน (tracking) เป็นต้น นอกจากนี้จะต้องมีการศึกษาและการทดสอบการใช้งานจริงของ L-ESIM ก่อน เพื่อที่จะออกนโยบายการกำกับดูแลเกี่ยวกับการใช้งานร่วมกันระหว่างกิจการ L-ESIM และกิจการที่มีอยู่ได้อย่างเหมาะสม

2 ภาคผนวก ง: ผลการจำลองกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันและข้างเคียงกันระหว่างระบบ 5G และสถานีดาวเทียม GSO, A-ESIM, M-ESIM และ HDFSS

2.1 ผลการจำลองกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G

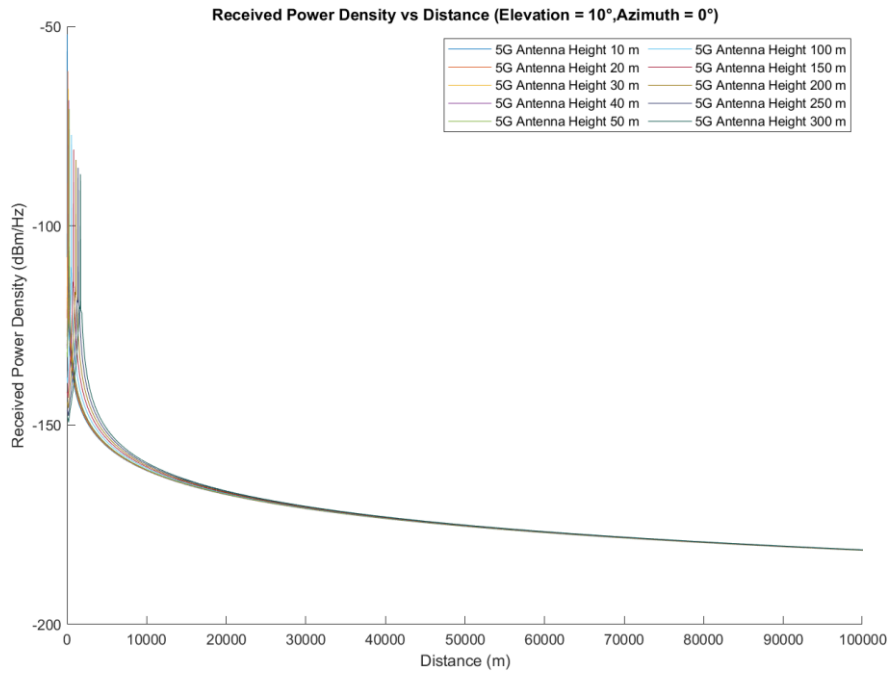
ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองการแทรกสอดจะแสดงอยู่ในรูปแบบกราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง โดยผลการจำลองในหัวข้อนี้จะแบ่งนำเสนอเป็น 3 หัวข้อตามมุมมองสายอากาศของสถานีดาวเทียมดังหัวข้อต่อไปนี้

2.1.1 ผลการจำลองเมื่อมุมมองจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศา

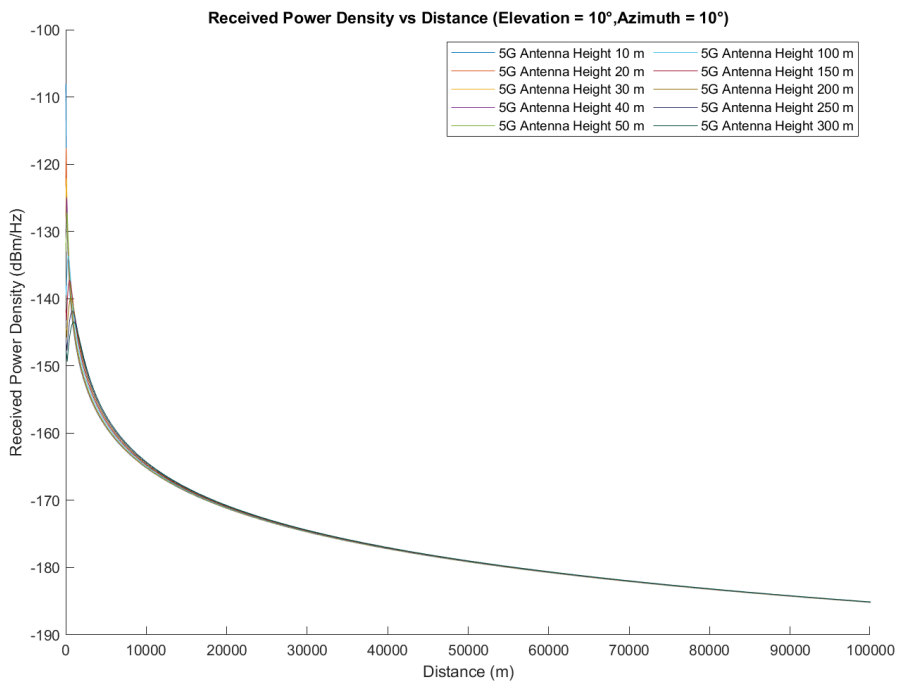
ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงผลการจำลองที่ได้จากการกำหนดมุมมองจานดาวเทียมให้มีค่าเป็น 10 องศา และทำการปรับค่ามุมกวาดเบี่ยงเบนจากหน้าจานดาวเทียม ความสูงสายอากาศ 5G และระยะห่างแนวราบจากสถานีดาวเทียม ให้มีค่าต่าง ๆ ดังตาราง 1 และตาราง 2

ในกรณีการจำลองโดยใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่างนั้น ผลการจำลองจะแสดงด้วยกราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทางดังรูป 37 ถึงรูป 46 ในภาคผนวก ข หัวข้อที่ 2.1 ส่วนระยะห่างป้องกันที่หาได้จากกราฟเหล่านี้ ณ ความสูงของสายอากาศ 5G และมุมกวาดเบี่ยงเบนแนวราบหน้าจานดาวเทียมค่าต่าง ๆ จะถูกสรุปไว้ในตาราง 23

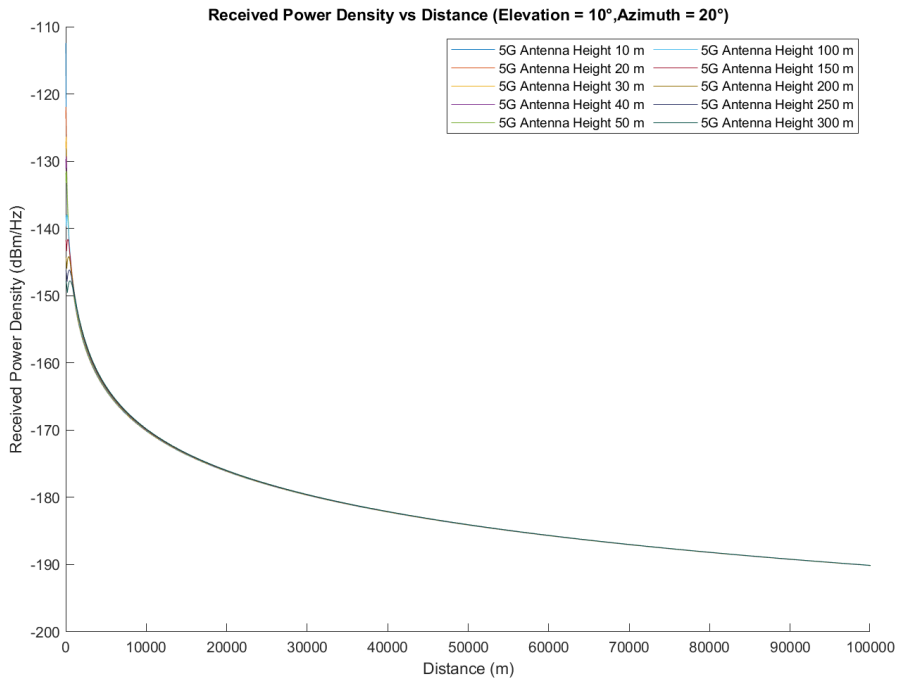
สำหรับผลการจำลองโดยใช้แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M นั้น เนื่องจากกราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง ที่ได้จากการจำลองมีลักษณะใกล้เคียงกันกับกราฟที่ได้จากการจำลองด้วยการใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง เพื่อความสะดวกในการนำเสนอในหัวข้อนี้จะนำเสนอเฉพาะระยะห่างป้องกันที่หาได้จากกราฟเหล่านั้น โดยระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองด้วยการใช้แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M จะถูกสรุปไว้ในตาราง 24 และตาราง 25 ตามลำดับ



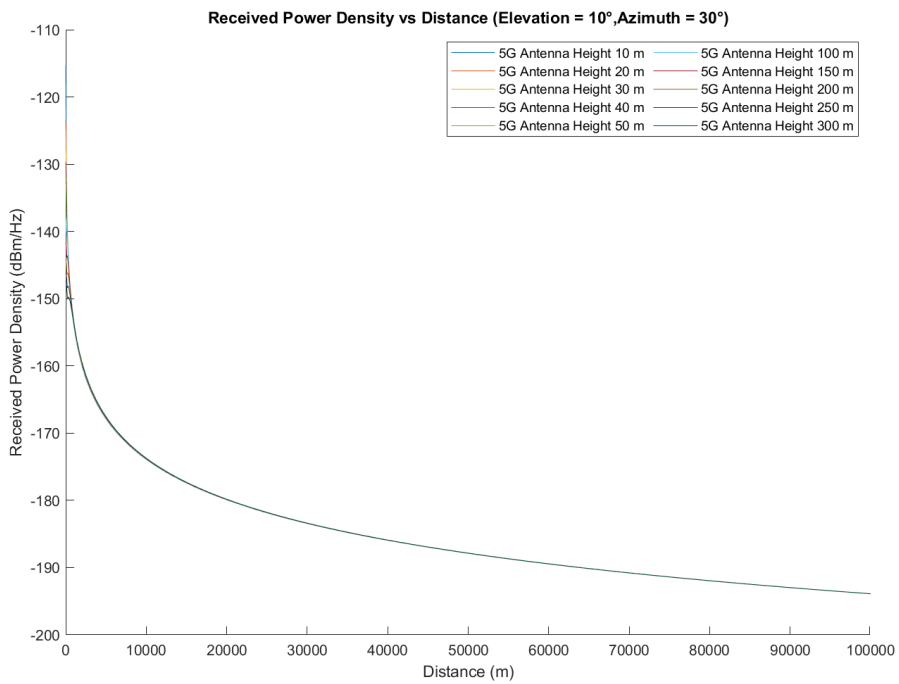
รูป 37 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจันดาวเทียมเป็น 10 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจันดาวเทียมเป็น 0 องศา



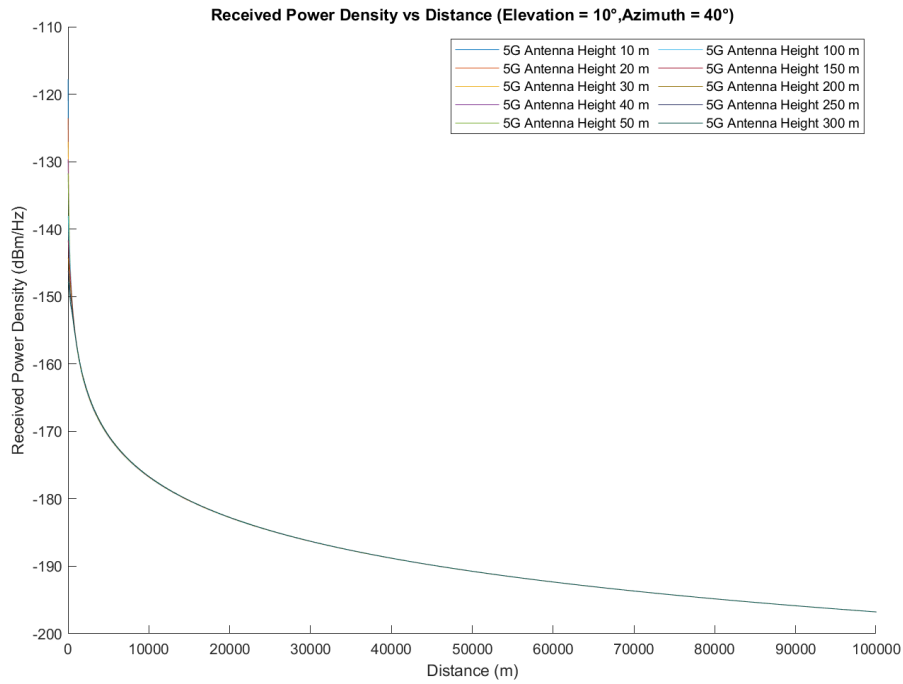
รูป 38 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจันดาวเทียมเป็น 10 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจันดาวเทียมเป็น 10 องศา



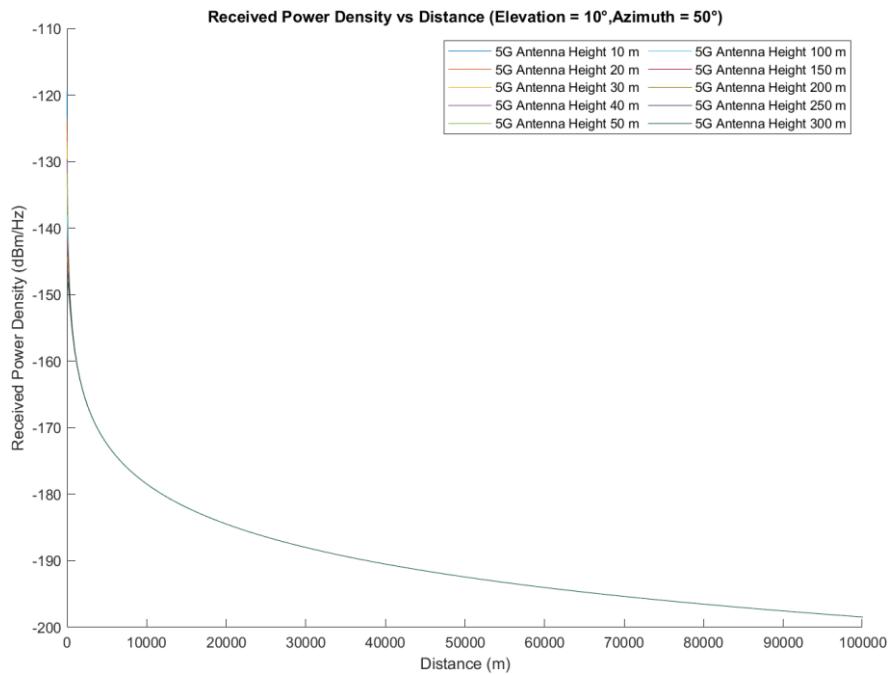
รูป 39 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจานดาวเทียมเป็น 20 องศา



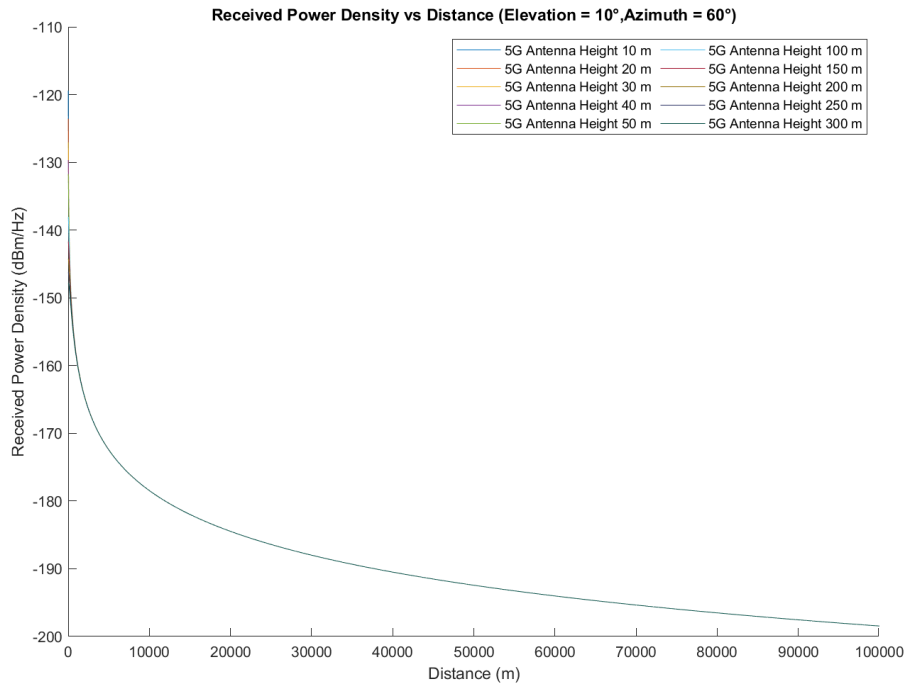
รูป 40 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจานดาวเทียมเป็น 30 องศา



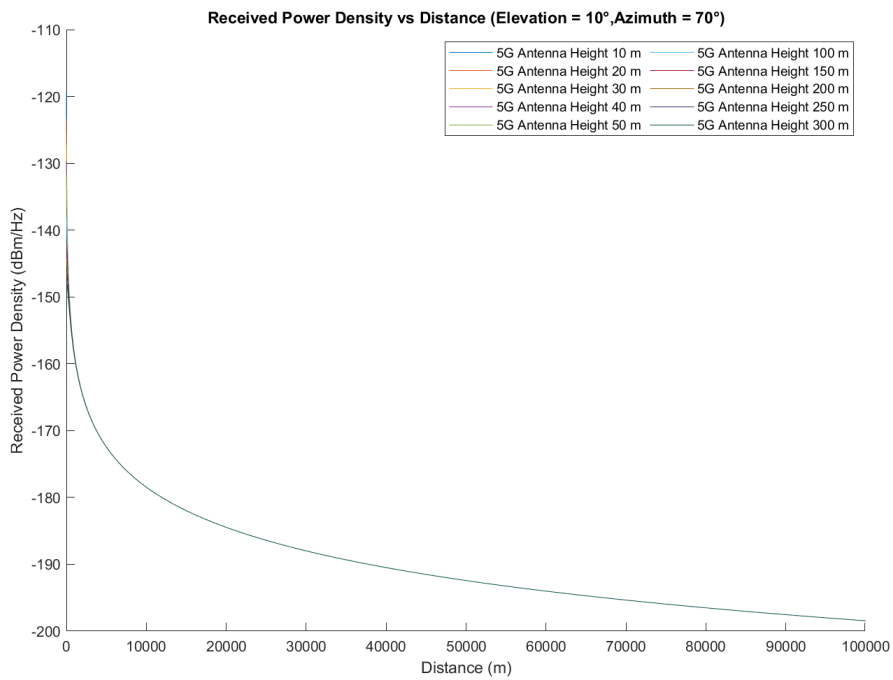
รูป 41 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้างานดาวเทียมเป็น 40 องศา



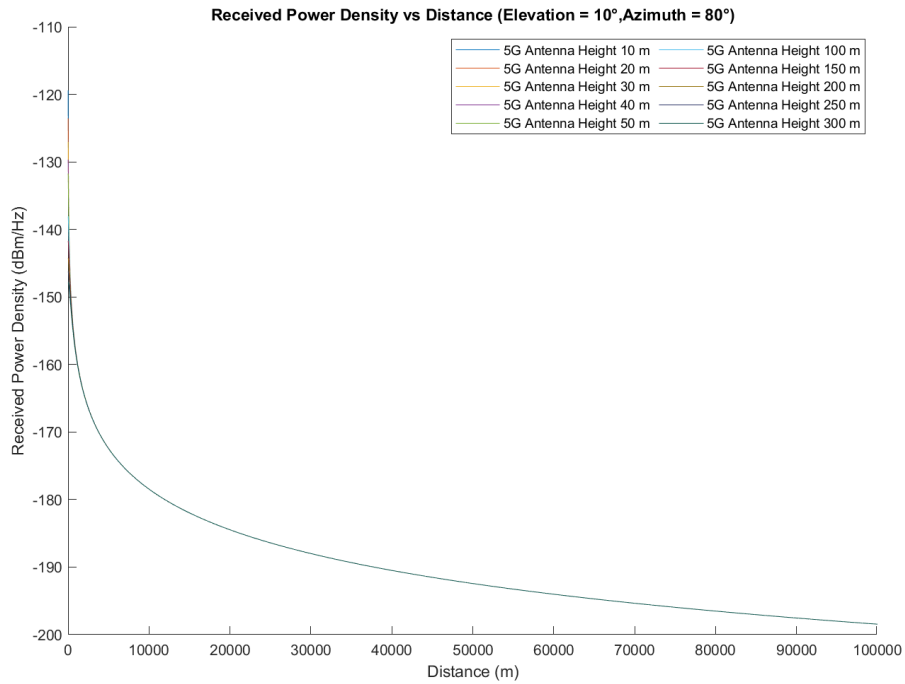
รูป 42 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้างานดาวเทียมเป็น 50 องศา



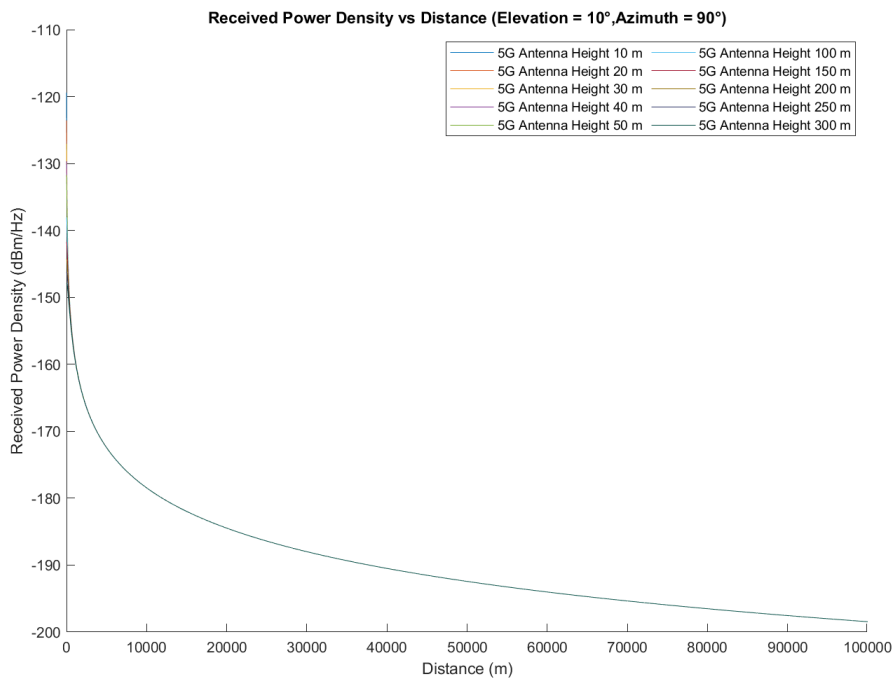
รูป 43 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจันดาวเทียมเป็น 10 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจันดาวเทียมเป็น 60 องศา



รูป 44 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจันดาวเทียมเป็น 10 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจันดาวเทียมเป็น 70 องศา



รูป 45 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจันดาวเทียมเป็น 10 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจันดาวเทียมเป็น 80 องศา



รูป 46 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจันดาวเทียมเป็น 10 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจันดาวเทียมเป็น 90 องศา

ตาราง 23 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G โดยใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง และมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวดเบียงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	60	26.8	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	119.2	70.4	35.6	21.3	14.3	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9
	-130	302.9	191.3	104.8	66.8	47.4	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5
	-140	881.8	568.2	318.1	205.4	147	119.5	119.5	119.5	119.5	119.5
	-150	2711.3	1758.4	990.9	641.9	460.5	377.9	377.9	377.9	377.9	377.9
	-160	8497	5522	3117.6	2021.9	1451.4	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1
	-170	26791	17423	9843	6386	4584.6	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3
20	-180	84644	55055	31110	20186	14493	11952	11952	11952	11952	11952
	-190	>100000	>100000	98361	63824	45825	37793	37793	37793	37793	37793
	-100	99.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	121.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	184.4	85	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	371.5	220.6	112.2	67.6	45.6	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7
	-140	952.2	602	330.5	210.8	149.7	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6
	-150	2782.5	1793.9	1004.8	648.8	464.5	377.7	377.7	377.7	377.7	377.7
30	-160	8569	5558	3132.1	2029.3	1455.8	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1
	-170	26863	17459	9858	6394	4589.1	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3
	-180	84715	55091	31125	20193	14498	11952	11952	11952	11952	11952
	-190	>100000	>100000	98376	63831	45830	37793	37793	37793	37793	37793
	-100	148.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	181.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	247.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	438	243.7	111.3	58.7	31.1	28.4	28.4	28.4	28.4	28.4
40	-140	1021.6	633.7	340.6	214.2	150.4	116.9	116.9	116.9	116.9	116.9
	-150	2853.4	1828.5	1018	655	467.9	377.1	377.1	377.1	377.1	377.1
	-160	8640	5594	3146.3	2036.4	1460	1194.9	1194.9	1194.9	1194.9	1194.9
	-170	26935	17495	9872	6401	4593.6	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2
	-180	84787	55127	31139	20201	14502	11952	11952	11952	11952	11952
	-190	>100000	>100000	98390	63839	45834	37793	37793	37793	37793	37793
	-100	201.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	240.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-120	308.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	503.3	260.2	94.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3
	-140	1090.2	663.3	348.4	215.3	149	114.3	114.3	114.3	114.3	114.3
	-150	2923.8	1862.5	1030.5	660.6	470.6	376.4	376.4	376.4	376.4	376.4
	-160	8711	5629	3160.3	2043.3	1464	1194.6	1194.6	1194.6	1194.6	1194.6
	-170	27006	17531	9887	6408	4598.1	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2
	-180	84858	55164	31154	20208	14507	11952	11952	11952	11952	11952
	-190	>100000	>100000	98405	63846	45839	37793	37793	37793	37793	37793
50	-100	259	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	298.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	369.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	567.5	268.4	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1158.1	690.9	353.8	214.2	145.3	110.8	110.8	110.8	110.8	110.8
	-150	2994	1895.7	1042.3	665.5	472.8	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3
	-160	8782	5664	3174.1	2050	1467.8	1194.3	1194.3	1194.3	1194.3	1194.3
	-170	27078	17567	9901	6416	4602.4	3779.1	3779.1	3779.1	3779.1	3779.1
-180	84930	55200	31169	20216	14511	11952	11952	11952	11952	11952	
-190	>100000	>100000	98420	63854	45844	37793	37793	37793	37793	37793	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	545.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	547.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	667.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	880.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1489.5	799.7	335.4	129.8	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6	72.6
	-150	3340.2	2051.8	1090.2	679.9	474.1	365.8	365.8	365.8	365.8	365.8
	-160	9136	5837	3239.4	2080.4	1484	1191.4	1191.4	1191.4	1191.4	1191.4
	-170	27434	17745	9972	6451	4623.3	3778.1	3778.1	3778.1	3778.1	3778.1
	-180	85288	55380	31241	20253	14534	11951	11951	11951	11951	11951
-190	>100000	>100000	98493	63891	45866	37793	37793	37793	37793	37793	
150	-100	832.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	834.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	960.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1184.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1811.8	849.2	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	3680.3	2192	1119.9	676.6	458.1	349.1	349.1	349.1	349.1	349.1
	-160	9487	6004	3298.9	2105.5	1495.4	1186.3	1186.3	1186.3	1186.3	1186.3
	-170	27790	17921	10041	6485	4642.6	3776.5	3776.5	3776.5	3776.5	3776.5
	-180	85645	55559	31314	20289	14556	11951	11951	11951	11951	11951
-190	>100000	>100000	98567	63929	45889	37793	37793	37793	37793	37793	
200	-100	1118.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1121.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1252.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1485.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2128.3	730.5	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	4015.6	2316.9	1129.7	651.9	418.4	323.8	323.8	323.8	323.8	323.8
	-160	9836	6165	3352.7	2125.3	1501.9	1179.1	1179.1	1179.1	1179.1	1179.1
	-170	28145	18095	10109	6517	4660.4	3774.3	3774.3	3774.3	3774.3	3774.3
	-180	86002	55738	31385	20325	14577	11950	11950	11950	11950	11950
-190	>100000	>100000	98640	63966	45912	37793	37793	37793	37793	37793	
250	-100	1403.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1408.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1484.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1783.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2440.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	4346.8	2426.3	1115.6	595	327.9	287.8	287.8	287.8	287.8	287.8
	-160	10182	6322	3400.8	2139.9	1503.4	1169.8	1169.8	1169.8	1169.8	1169.8
	-170	28498	18268	10174	6547	4676.7	3771.4	3771.4	3771.4	3771.4	3771.4
	-180	86359	55916	31456	20361	14598	11949	11949	11949	11949	11949
-190	>100000	>100000	98712	64003	45934	37792	37792	37792	37792	37792	
300	-100	1689.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1694.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1699.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	2079	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2749.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	4674.7	2519.6	1068.3	452	236.3	236.3	236.3	236.3	236.3	236.3
	-160	10526	6473	3443.2	2149.2	1499.9	1158.2	1158.2	1158.2	1158.2	1158.2
	-170	28851	18439	10237	6576	4691.4	3767.8	3767.8	3767.8	3767.8	3767.8
	-180	86715	56094	31527	20396	14618	11948	11948	11948	11948	11948
-190	>100000	>100000	98785	64040	45956	37792	37792	37792	37792	37792	

ตาราง 24 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง Generic Model และมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	23	8	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	42	27	14	6	-	-	-	-	-	-
	-120	89	65	39	24	18	15	15	15	15	15
	-130	270	179	110	71	50	42	42	42	42	42
	-140	847	601	334	217	155	126	126	126	126	125
	-150	2783	1808	1061	686	487	397	397	396	396	396
	-160	8767	5793	3343	2157	1540	1252	1253	1252	1251	1250
	-170	14807	12686	10579	6818	4868	3959	3959	3958	3955	3951
	-180	15416	16620	16524	13167	11358	6206	12007	12516	12420	11677
-190	16901	19716	18748	14738	13753	7140	17906	17136	19005	14418	
20	-100	73	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	93	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	148	92	31	14	3	-	-	-	-	-
	-130	348	215	120	74	51	40	40	40	40	39
	-140	933	634	349	224	159	126	126	126	126	125
	-150	2856	1922	1077	693	492	397	397	396	396	396
	-160	8817	5997	3359	2165	1545	1252	1253	1252	1251	1250
	-170	19173	18103	10594	6826	4872	3959	3959	3958	3955	3951
	-180	21378	23516	26751	19127	15392	11795	12520	12516	12507	12495
-190	23069	24970	26768	19776	19227	14203	22803	21869	23405	18871	
30	-100	124	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	146	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	210	87	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	424	249	123	70	44	34	34	34	34	33
	-140	1010	668	363	229	161	124	124	124	124	124
	-150	2915	1953	1092	700	496	397	397	396	396	396
	-160	8889	6038	3374	2172	1549	1252	1253	1252	1251	1250
	-170	23479	18535	10609	6834	4877	3959	3959	3958	3955	3951
	-180	26055	27402	27111	21555	15397	12519	12520	12516	12507	12495
-190	26906	27717	27758	24748	27051	18673	26921	26532	27857	24225	
40	-100	175	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	201	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	274	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	492	273	117	20	20	20	19	19	19	18
	-140	1096	701	373	231	161	122	122	122	122	121
	-150	2994	1991	1105	706	499	397	397	396	396	396
	-160	8974	6075	3389	2180	1554	1252	1253	1252	1251	1250
	-170	26921	18898	10624	6842	4882	3959	3959	3958	3955	3951
	-180	28281	29553	31207	21563	15401	12519	12520	12516	12507	12495
-190	30232	31519	31276	28926	27622	22258	29868	29646	31664	29017	
50	-100	238	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	265	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	341	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	552	293	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1149	735	380	231	159	119	119	119	119	118
	-150	3061	2031	1118	712	503	395	396	396	394	394
	-160	9046	6111	3404	2187	1558	1252	1253	1252	1251	1250
	-170	27701	18938	10639	6850	4886	3959	3959	3958	3955	3951
	-180	30623	32167	32302	21570	15406	12519	12520	12516	12507	12495
-190	32757	34472	34115	31523	31614	25356	33443	34054	34215	30120	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	558	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	635	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	835	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1493	866	379	184	85	85	85	84	84	82
	-150	3419	2209	1173	728	506	386	386	386	385	385
	-160	9407	6295	3475	2220	1577	1253	1253	1252	1251	1250
	-170	28058	19112	10714	6887	4909	3959	3959	3958	3955	3951
	-180	>35000	>35000	33485	21607	15429	12520	12520	12516	12507	12495
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
150	-100	796	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	829	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	918	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1158	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1819	946	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	3765	2366	1208	727	494	371	371	371	370	369
	-160	9775	6471	3540	2248	1593	1244	1245	1244	1243	1242
	-170	28416	19294	10791	6923	4930	3959	3959	3958	3955	3951
	-180	>35000	>35000	33561	21647	15452	12520	12520	12516	12507	12495
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
200	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1137	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1228	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1468	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2143	949	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	4075	2507	1226	708	462	347	347	347	347	346
	-160	10109	6650	3605	2275	1596	1237	1238	1237	1236	1235
	-170	28763	19494	10858	6957	4950	3959	3959	3958	3955	3951
	-180	>35000	>35000	33638	21686	15475	12520	12520	12516	12507	12495
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
250	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1435	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1771	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2463	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	4396	2641	1222	661	393	314	314	314	314	312
	-160	10448	6833	3661	2285	1599	1228	1230	1228	1228	1226
	-170	29100	19680	10927	6989	4970	3959	3959	3958	3955	3951
	-180	>35000	>35000	33722	21722	15498	12520	12520	12516	12507	12495
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1712	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1796	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	2043	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2751	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	4758	2743	1191	563	266	267	268	267	266	266
	-160	10785	6991	3712	2297	1598	1217	1218	1217	1217	1215
	-170	29446	19852	10997	7021	4988	3959	3959	3958	3955	3951
	-180	>35000	>35000	33796	21758	15520	12520	12520	12516	12507	12495
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	

ตาราง 25 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง P3M และมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	22	8	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	42	26	14	6	-	-	-	-	-	-
	-120	88	64	39	24	19	15	15	15	15	15
	-130	250	171	107	70	50	42	42	42	42	42
	-140	742	526	304	204	149	122	122	122	122	122
	-150	2039	1476	884	592	432	355	355	355	355	355
	-160	4991	3763	2387	1652	1232	1026	1026	1026	1025	1024
	-170	10362	7977	5683	4158	3219	2734	2734	2733	2731	2729
20	-180	13601	8903	11504	8952	7286	6300	6371	6368	6364	6326
	-190	14651	12400	17062	13405	13449	9833	12605	12503	11305	8252
	-100	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	93	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	145	90	31	14	3	-	-	-	-	-
	-130	313	203	117	73	50	40	40	40	39	39
	-140	796	561	317	211	152	122	122	122	122	122
	-150	2105	1510	897	599	436	355	355	355	355	355
30	-160	5041	3793	2399	1659	1236	1026	1026	1026	1025	1024
	-170	10398	8278	5694	4163	3223	2734	2734	2733	2731	2729
	-180	18346	15200	11522	8971	7289	6371	6371	6369	6364	6358
	-190	19464	17800	20242	16403	14034	12615	12615	12611	12602	12590
	-100	124	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	145	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	204	82	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	388	234	120	69	43	34	34	34	33	33
40	-140	844	593	328	215	153	121	120	120	120	120
	-150	2179	1546	908	605	440	355	355	355	355	355
	-160	5091	3821	2412	1665	1240	1026	1026	1026	1025	1024
	-170	10441	8300	5704	4169	3226	2734	2734	2733	2731	2729
	-180	18592	15511	11530	8976	7292	6371	6371	6369	6364	6358
	-190	23051	21309	20249	16555	14037	12615	12615	12611	12602	12590
	-100	175	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	199	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-120	267	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	458	257	112	20	20	20	19	19	19	18
	-140	919	621	338	217	153	118	118	118	118	118
	-150	2230	1583	919	611	443	355	355	355	355	355
	-160	5140	3848	2424	1671	1244	1026	1026	1026	1025	1024
	-170	10481	8324	5715	4175	3230	2734	2734	2733	2731	2729
	-180	18622	15529	11539	8980	7295	6371	6371	6369	6364	6358
	-190	27144	23991	20256	16559	14039	12615	12615	12611	12602	12590

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	539	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	556	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	617	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	797	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1308	759	332	163	81	81	81	81	80	79
	-150	2571	1738	979	628	446	345	344	344	344	343
	-160	5440	4006	2493	1705	1265	1026	1026	1026	1025	1024
	-170	10730	8466	5775	4207	3251	2734	2734	2733	2732	2729
	-180	18824	15646	11587	9007	7313	6371	6371	6369	6364	6358
-190	30346	25970	20296	16581	14053	12615	12615	12611	12602	12590	
150	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	826	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	892	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1108	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1600	810	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	2860	1867	1003	622	429	328	328	328	328	327
	-160	5690	4141	2543	1728	1271	1018	1017	1017	1016	1016
	-170	10923	8576	5823	4232	3266	2734	2734	2733	2731	2729
	-180	18995	15739	11627	9029	7327	6371	6371	6369	6364	6358
-190	30487	26050	20330	16600	14065	12615	12615	12611	12602	12590	
200	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1131	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1190	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1398	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1898	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	3150	1982	1006	593	389	305	305	305	305	303
	-160	5939	4264	2586	1738	1274	1010	1010	1010	1009	1008
	-170	11120	8690	5869	4255	3281	2734	2734	2733	2731	2729
	-180	19164	15825	11667	9050	7341	6371	6371	6369	6364	6358
-190	30634	26127	20364	16618	14077	12615	12615	12611	12602	12590	
250	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1419	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1480	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1665	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2194	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	3420	2070	982	526	292	272	273	272	271	270
	-160	6191	4392	2624	1747	1273	1001	1000	1000	999	998
	-170	11329	8800	5915	4277	3294	2734	2735	2733	2731	2729
	-180	19325	15912	11706	9071	7354	6371	6371	6369	6364	6358
-190	30777	26204	20397	16635	14088	12615	12615	12611	12602	12590	
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1685	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1779	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1968	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2474	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	3720	2143	913	226	225	225	227	226	225	227
	-160	6437	4511	2645	1749	1266	989	988	988	987	986
	-170	11542	8908	5958	4298	3306	2722	2722	2721	2719	2716
	-180	19483	15997	11743	9092	7367	6371	6371	6369	6364	6358
-190	30917	26283	20429	16653	14099	12615	12615	12611	12602	12590	

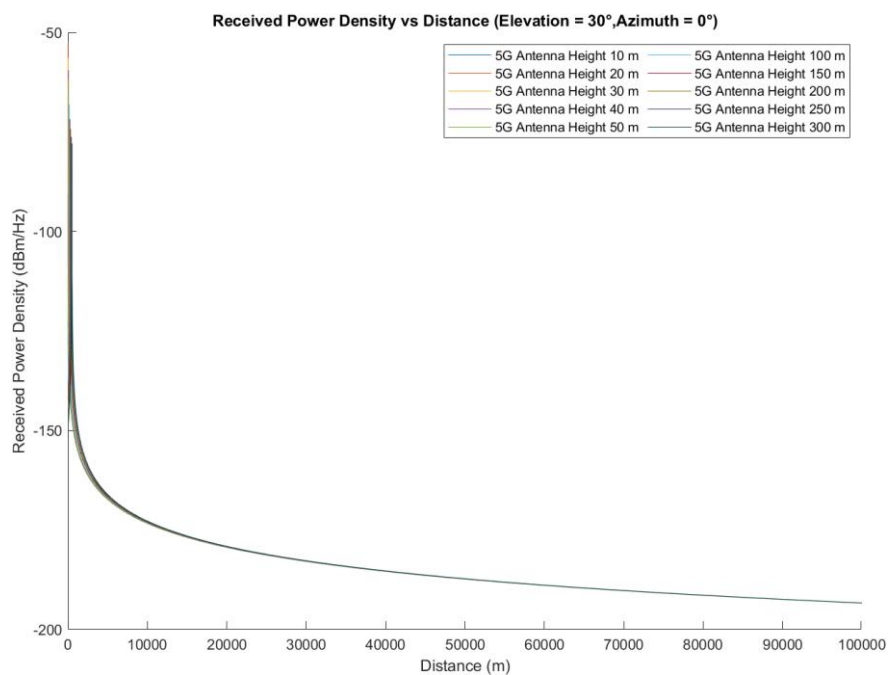
2.1.2 ผลการจำลองเมื่อมุมเงยจันดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศา

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงผลการจำลองที่ได้จากการกำหนดมุมเงยจันดาวเทียมให้มีค่าเป็น 30 องศา และทำการปรับค่ามุมกวาดเบี่ยงเบนจากหน้างานดาวเทียม ความสูงสายอากาศ 5G และระยะห่างแนวราบจากสถานีดาวเทียม ให้มีค่าต่าง ๆ ดังตาราง 1 และตาราง 2

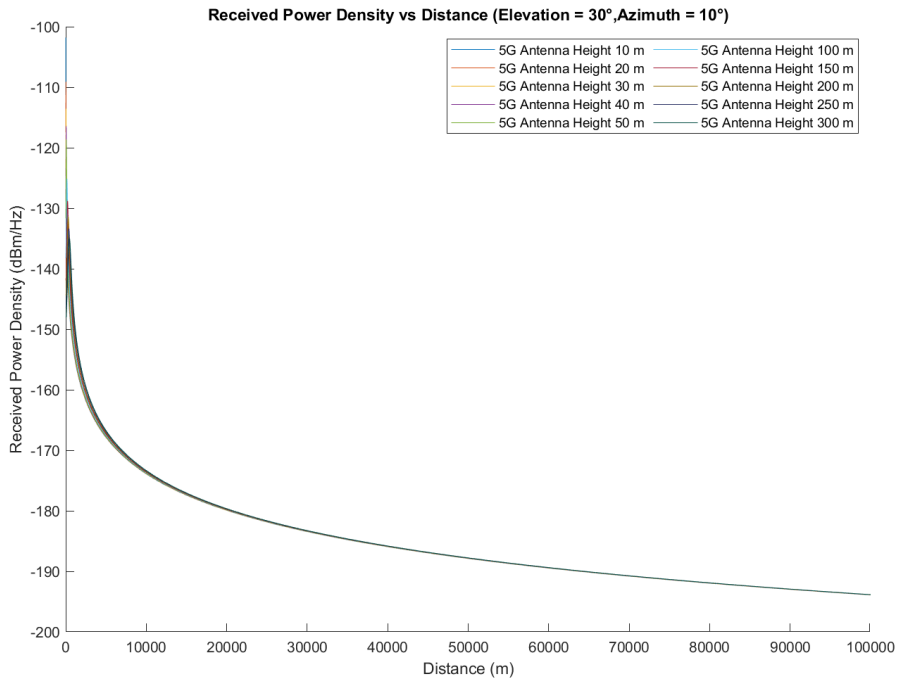
ในกรณีการจำลองโดยใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่างนั้น ผลการจำลองจะแสดงด้วยกราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทางดังรูป 47 ถึงรูป 56 ในภาคผนวก ข หัวข้อ

ที่ 2.1 ส่วนระยะห่างป้องกันที่หาได้จากกราฟเหล่านี้ ๓ ความสูงของสายอากาศ 5G และมุมกวาดเบี่ยงเบนแนวราบหน้าจันดาวเทียมค่าต่าง ๆ จะถูกสรุปไว้ในตาราง 26

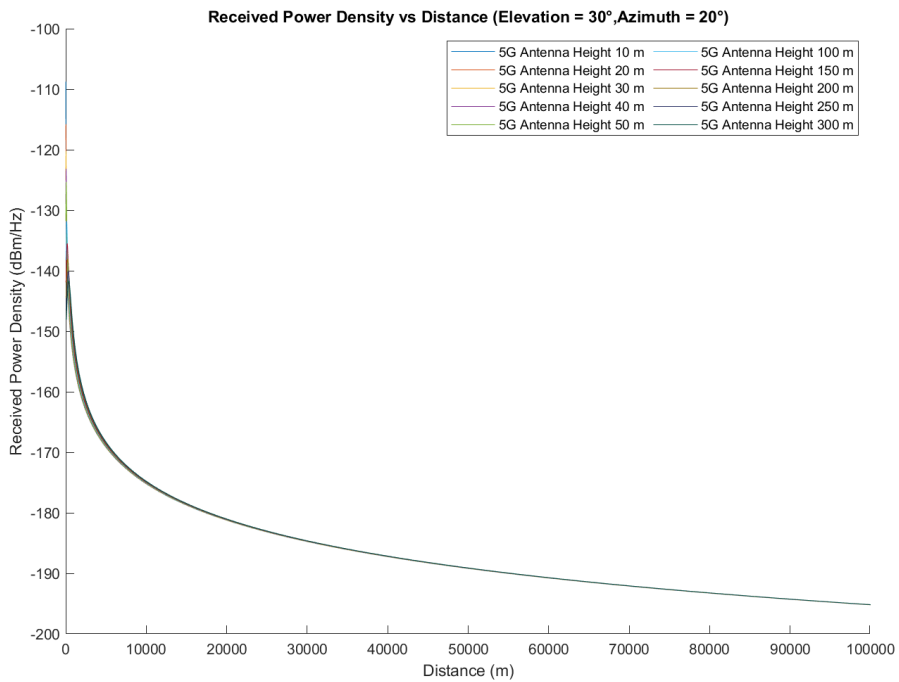
สำหรับผลการจำลองโดยใช้แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M นั้น เนื่องจากกราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง ที่ได้จากการจำลองมีลักษณะใกล้เคียงกับกราฟที่ได้จากการจำลองด้วยการใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง เพื่อความสะดวกในการนำเสนอ ในหัวข้อนี้จะนำเสนอเฉพาะระยะห่างป้องกันที่หาได้จากกราฟเหล่านี้ โดยระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองด้วยการใช้แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M จะถูกสรุปไว้ในตาราง 27 และตาราง 28 ตามลำดับ



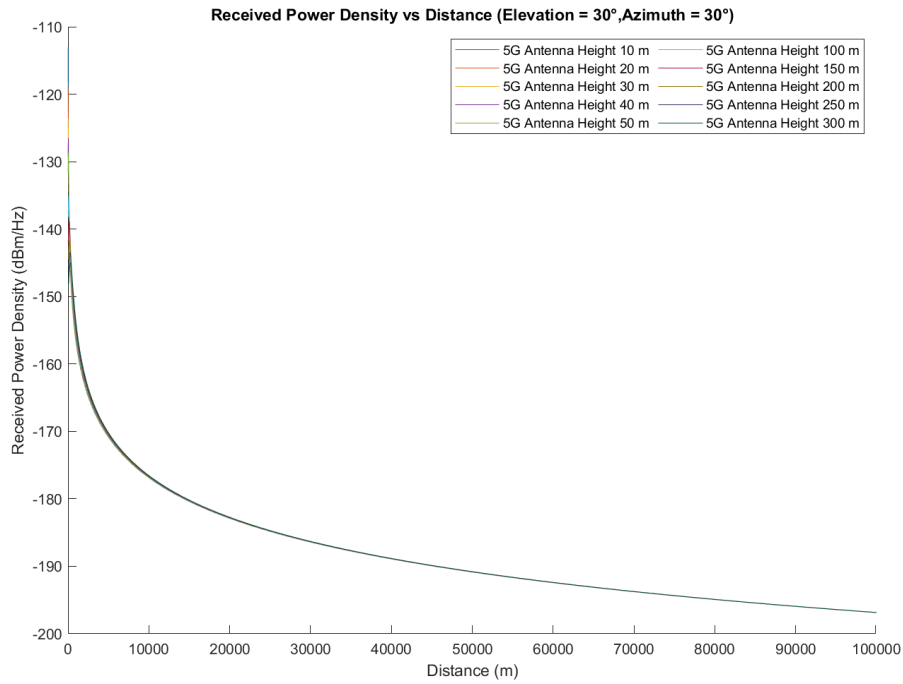
รูป 47 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจันดาวเทียมเป็น 30 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจันดาวเทียมเป็น 0 องศา



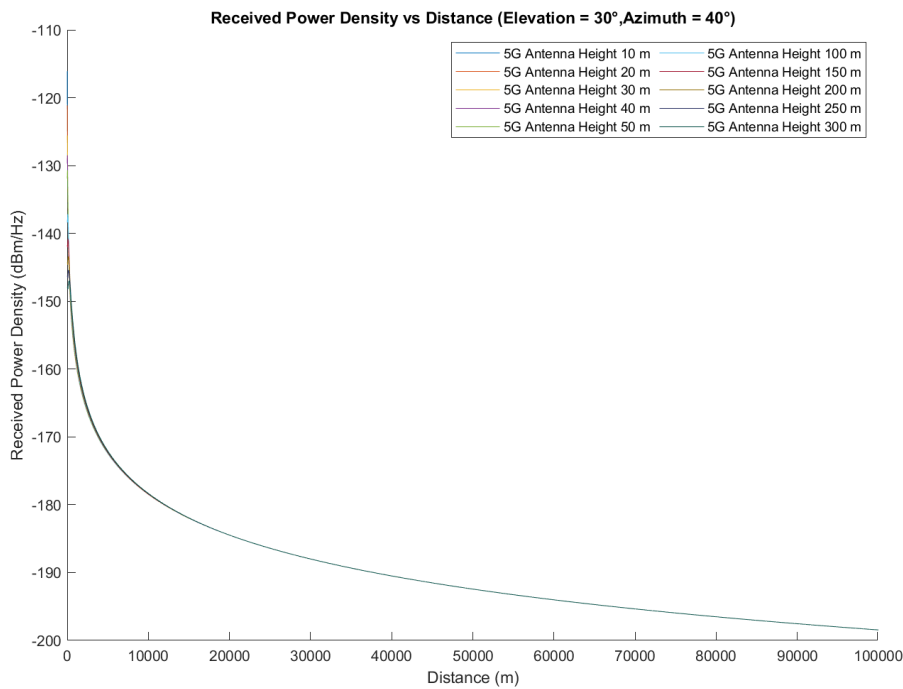
รูป 48 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 30 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจานดาวเทียมเป็น 10 องศา



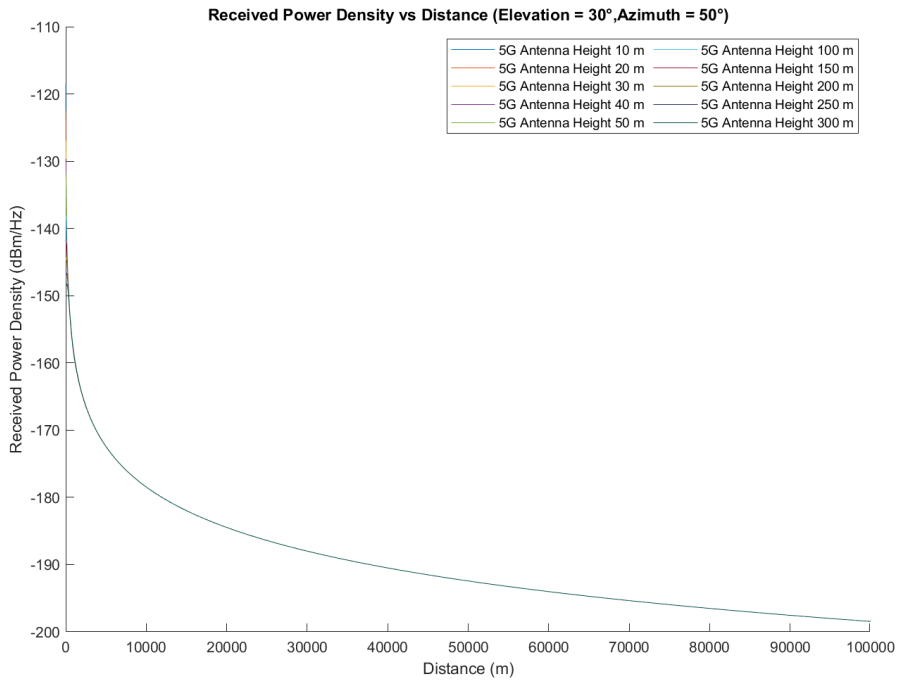
รูป 49 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 30 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจานดาวเทียมเป็น 20 องศา



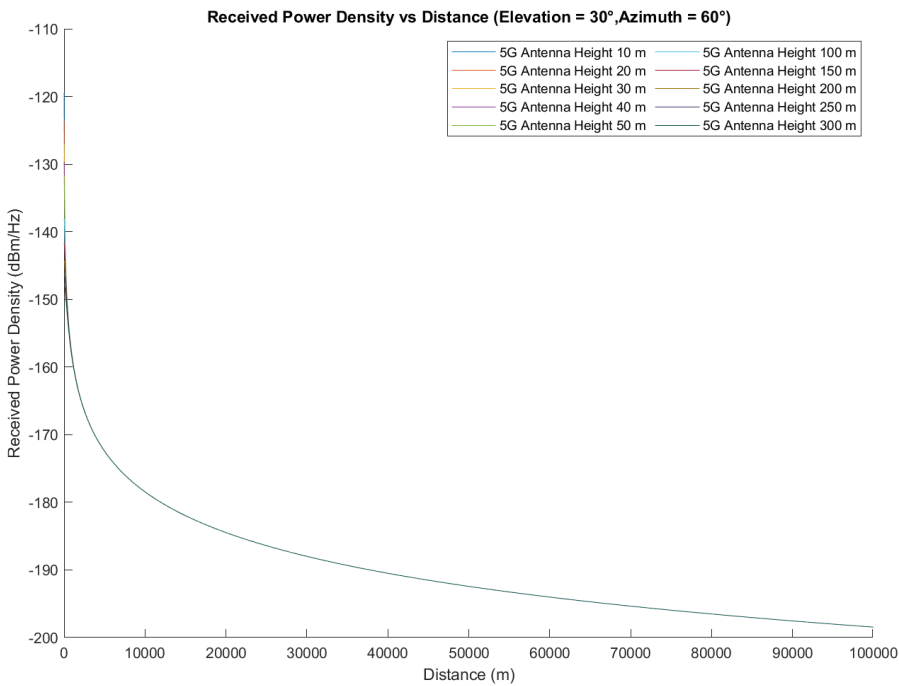
รูป 50 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 30 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจานดาวเทียมเป็น 30 องศา



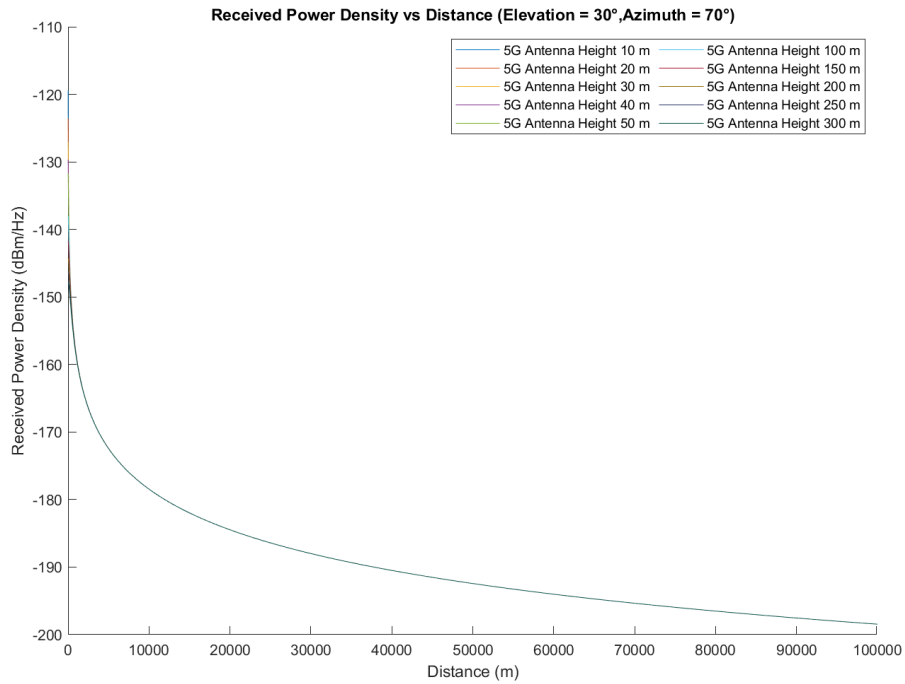
รูป 51 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 30 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจานดาวเทียมเป็น 40 องศา



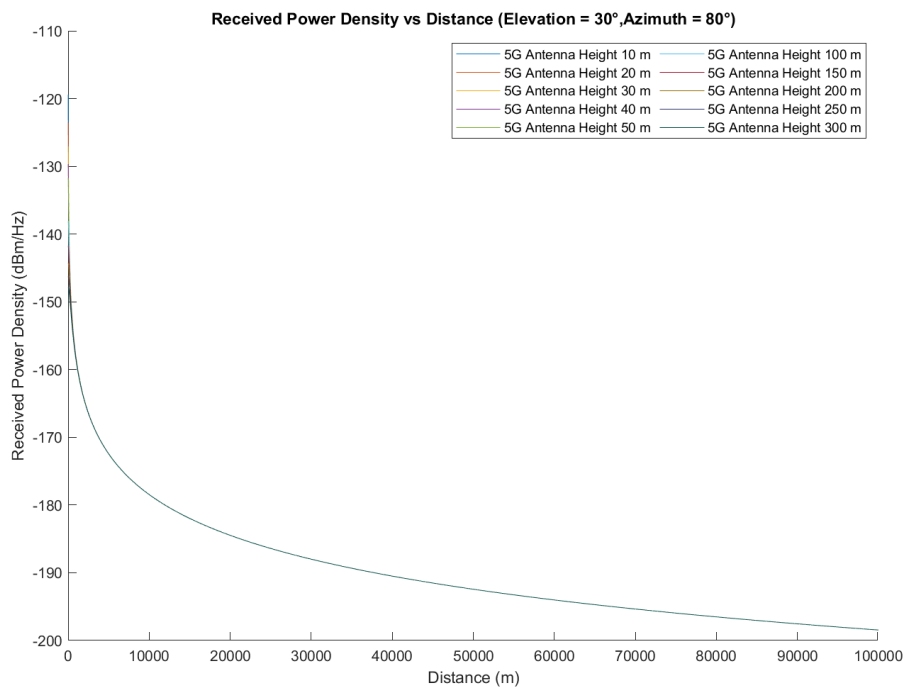
รูป 52 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 30 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจานดาวเทียมเป็น 50 องศา



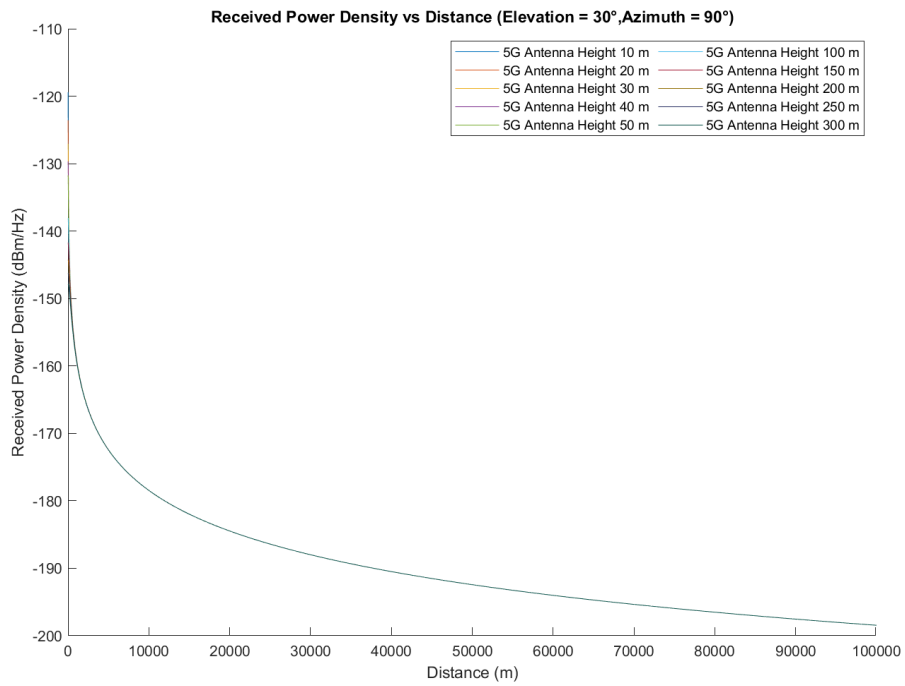
รูป 53 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 30 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจานดาวเทียมเป็น 60 องศา



รูป 54 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 30 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจานดาวเทียมเป็น 70 องศา



รูป 55 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 30 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจานดาวเทียมเป็น 80 องศา



รูป 56 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 30 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจานดาวเทียมเป็น 90 องศา

ตาราง 26 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G โดยใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง และมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 30 องศา

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	11.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-110	17.2	15.4	11.2	0	0	0	0	0	0	0
	-120	32.6	30.2	24.8	19.4	15.1	11.9	10.9	10.9	10.9	10.9
	-130	79.4	74.4	63.1	51.3	41.6	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5
	-140	226.2	212.6	182	149.6	122.5	119.5	119.5	119.5	119.5	119.5
	-150	689.6	649.1	557.1	459.5	377.9	377.9	377.9	377.9	377.9	377.9
	-160	2154.9	2029.1	1743.1	1438.9	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1
	-170	6789	6393	5494	4535.9	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3
20	-100	29.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-110	36.1	27.5	0	0	0	0	0	0	0	0
	-120	52.8	47.2	34.8	21.3	0	0	0	0	0	0
	-130	101.3	93.8	77.4	60.7	47.5	37.6	34.7	34.7	34.7	34.7
	-140	249.2	233.5	198.2	161.3	130.9	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6
	-150	713.2	670.5	574.1	472.1	386.6	377.7	377.7	377.7	377.7	377.7
	-160	2178.7	2050.8	1760.3	1451.8	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1
	-170	6813	6415	5511	4548.9	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3
30	-100	47.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-110	54.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-120	72.1	62.1	0	0	0	0	0	0	0	0
	-130	122.1	111.9	89.5	67.2	49.7	36.7	28.4	28.4	28.4	28.4
	-140	271.6	253.5	213.3	171.9	138.1	116.9	116.9	116.9	116.9	116.9
	-150	736.5	691.7	590.6	484.2	395.5	377.1	377.1	377.1	377.1	377.1
	-160	2202.4	2072.3	1777.4	1464.6	1201.6	1194.9	1194.9	1194.9	1194.9	1194.9
	-170	6837	6437	5528	4561.9	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2
40	-100	65.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-110	72.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-120	90.9	75.1	0	0	0	0	0	0	0	0
	-130	142.4	129	99.8	70.6	46.7	25.4	14.3	14.3	14.3	14.3
	-140	293.5	273	227.7	181.4	144.1	116	114.3	114.3	114.3	114.3
	-150	759.5	712.6	606.8	496	404	376.4	376.4	376.4	376.4	376.4
	-160	2225.9	2093.8	1794.3	1477.2	1211	1194.6	1194.6	1194.6	1194.6	1194.6
	-170	6860	6458	5546	4574.8	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2
50	-100	82.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-110	90.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-120	109.5	85.3	0	0	0	0	0	0	0	0
	-130	162.2	145.3	108.2	69	0	0	0	0	0	0
	-140	315	292	241.3	190	148.9	118.3	110.8	110.8	110.8	110.8
	-150	782.4	733.2	622.7	507.4	412.1	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3
	-160	2249.4	2115.2	1811.2	1489.7	1220.3	1194.3	1194.3	1194.3	1194.3	1194.3
	-170	6884	6480	5563	4587.7	3779.1	3779.1	3779.1	3779.1	3779.1	3779.1

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	165.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-110	178.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-120	200.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-130	258	217.9	0	0	0	0	0	0	0	0
	-140	418.6	381.2	300	219.2	155.1	106.4	72.6	72.6	72.6	72.6
	-150	893.8	832.9	697.7	559.1	446.5	365.8	365.8	365.8	365.8	365.8
	-160	2365.7	2220.6	1893.6	1550.1	1264.4	1191.4	1191.4	1191.4	1191.4	1191.4
	-170	7002	6588	5648	4651.4	3814.8	3778.1	3778.1	3778.1	3778.1	3778.1
	-180	21656	20388	17508	14447	11951	11951	11951	11951	11951	11951
-190	67992	64027	55011	45418	37793	37793	37793	37793	37793	37793	
150	-100	252.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-110	266.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-120	289.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-130	351.1	271.5	0	0	0	0	0	0	0	0
	-140	518.1	463.7	344	216.5	0	0	0	0	0	0
	-150	1001.8	928.3	766.6	603	472	374.5	349.1	349.1	349.1	349.1
	-160	2480.1	2323.9	1973.3	1607.4	1305.1	1186.3	1186.3	1186.3	1186.3	1186.3
	-170	7120	6695	5732	4714	3861.2	3776.5	3776.5	3776.5	3776.5	3776.5
	-180	21775	20497	17594	14511	11951	11951	11951	11951	11951	11951
-190	68111	64135	55097	45483	37793	37793	37793	37793	37793	37793	
200	-100	339.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-110	353.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-120	378.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-130	442.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-140	615.4	541.1	368.8	0	0	0	0	0	0	0
	-150	1107.2	1020.2	830.1	639.7	488.8	377.2	323.8	323.8	323.8	323.8
	-160	2592.9	2425.3	2050.5	1661.8	1342.6	1179.1	1179.1	1179.1	1179.1	1179.1
	-170	7237	6801	5816	4775.6	3906.5	3774.3	3774.3	3774.3	3774.3	3774.3
	-180	21893	20605	17680	14576	11964	11950	11950	11950	11950	11950
-190	68231	64244	55184	45548	37793	37793	37793	37793	37793	37793	
250	-100	426.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-110	427	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-120	467	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-130	533.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-140	711.1	613.7	0	0	0	0	0	0	0	0
	-150	1210.6	1109.4	888.9	669.3	496	367.9	287.8	287.8	287.8	287.8
	-160	2704.4	2525	2125.6	1713.5	1377	1169.8	1169.8	1169.8	1169.8	1169.8
	-170	7353	6906	5898	4836	3950.6	3771.4	3771.4	3771.4	3771.4	3771.4
	-180	22012	20713	17765	14639	12011	11949	11949	11949	11949	11949
-190	68350	64353	55270	45612	37792	37792	37792	37792	37792	37792	
300	-100	513.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-110	514.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-120	555.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-130	623.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-140	805.7	681.7	0	0	0	0	0	0	0	0
	-150	1312.6	1196.2	943.1	691.3	491.6	340.8	236.3	236.3	236.3	236.3
	-160	2814.5	2623.2	2198.5	1762.7	1408.6	1158.2	1158.2	1158.2	1158.2	1158.2
	-170	7469	7011	5980	4895.5	3993.6	3767.8	3767.8	3767.8	3767.8	3767.8
	-180	22130	20820	17850	14703	12059	11948	11948	11948	11948	11948
-190	68469	64461	55356	45677	37792	37792	37792	37792	37792	37792	

ตาราง 27 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง Generic Model และมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 30 องศา

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	9	8	5	2	-	-	-	-	-	-
	-120	29	27	23	20	16	15	15	15	15	15
	-130	73	71	62	50	44	42	42	42	42	42
	-140	221	206	182	153	126	126	126	126	126	125
	-150	704	670	582	479	396	396	397	396	396	396
	-160	2233	1929	1829	1518	1252	1252	1252	1252	1251	1250
	-170	7053	6407	5784	4787	3956	3958	3959	3957	3955	3951
	-180	14803	13858	15300	13150	11352	6206	12007	12514	12420	11677
-190	15361	16756	18723	14302	13325	7140	17906	17136	19005	14418	
20	-100	25	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	34	27	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	48	45	37	23	9	-	-	-	-	-
	-130	94	92	77	63	49	41	40	40	40	39
	-140	245	229	199	166	136	126	126	126	126	125
	-150	728	692	598	493	404	396	397	396	396	396
	-160	2255	2143	1847	1531	1256	1252	1252	1252	1251	1250
	-170	7076	6720	5802	4801	3956	3958	3959	3957	3955	3951
	-180	19159	19963	18279	15128	12510	11795	12518	12514	12506	12495
-190	21357	23524	26759	19761	19209	14203	22803	21869	23405	18871	
30	-100	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	67	61	42	5	-	-	-	-	-	-
	-130	115	110	91	70	53	42	34	34	34	33
	-140	268	251	217	176	143	124	124	124	124	124
	-150	752	713	615	507	414	396	397	396	396	396
	-160	2277	2166	1864	1544	1265	1252	1252	1252	1251	1250
	-170	7100	6742	5819	4814	3965	3958	3959	3957	3955	3951
	-180	22133	20827	18299	15141	12510	12517	12518	12514	12506	12495
-190	25157	27407	27736	24288	26711	18673	26921	26532	27857	24225	
40	-100	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	67	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	84	74	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	134	127	102	75	53	36	20	19	19	18
	-140	290	271	231	187	149	122	122	122	122	121
	-150	774	735	631	520	423	396	397	396	396	396
	-160	2298	2188	1881	1557	1274	1252	1252	1252	1251	1250
	-170	7123	6765	5837	4826	3974	3958	3959	3957	3955	3951
	-180	22297	21182	18319	15153	12510	12517	12518	12514	12506	12495
-190	28049	29573	31259	28752	27311	22258	29868	29646	31664	29017	
50	-100	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	83	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	101	88	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	153	142	112	76	42	-	-	-	-	-
	-140	311	292	246	197	155	124	119	119	119	118
	-150	795	757	649	533	432	394	396	396	394	394
	-160	2326	2209	1899	1570	1284	1252	1252	1252	1251	1250
	-170	7147	6789	5854	4839	3982	3958	3959	3957	3955	3951
	-180	22322	21211	18338	15166	12511	12517	12518	12514	12506	12495
-190	30601	33176	33730	31464	31580	25356	33443	34054	34215	30120	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	168	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	190	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	250	216	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	421	386	309	231	168	120	85	84	84	83
	-150	907	860	727	586	467	386	386	386	386	385
	-160	2450	2312	1988	1631	1334	1252	1252	1252	1251	1250
	-170	7266	6901	5941	4903	4025	3958	3959	3957	3955	3951
	-180	22445	21310	18423	15234	12557	12517	12518	12514	12506	12495
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
150	-100	248	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	257	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	281	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	345	283	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	522	474	359	239	-	-	-	-	-	-
	-150	1018	956	796	633	495	395	371	371	370	369
	-160	2563	2420	2067	1694	1373	1244	1245	1244	1243	1242
	-170	7385	7005	6029	4971	4070	3958	3959	3957	3955	3951
	-180	22566	21436	18512	15303	12600	12517	12518	12514	12506	12495
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
200	-100	337	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	346	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	372	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	441	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	614	556	394	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1125	1048	865	673	515	400	347	348	347	346
	-160	2680	2527	2154	1745	1410	1237	1238	1237	1237	1235
	-170	7505	7107	6118	5036	4118	3958	3959	3957	3955	3951
	-180	22694	21542	18596	15371	12644	12517	12518	12514	12506	12495
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
250	-100	428	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	435	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	463	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	532	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	711	630	399	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1232	1144	923	706	526	395	314	314	314	312
	-160	2792	2633	2222	1800	1446	1228	1230	1228	1228	1226
	-170	7619	7220	6204	5098	4164	3958	3959	3957	3955	3951
	-180	22798	21649	18691	15435	12687	12517	12518	12514	12506	12495
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
300	-100	516	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	524	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	549	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	617	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	802	702	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1335	1232	982	732	527	375	268	267	266	266
	-160	2899	2724	2296	1852	1479	1217	1219	1217	1217	1215
	-170	7732	7328	6288	5162	4213	3958	3959	3958	3955	3951
	-180	22920	21762	18772	15501	12729	12517	12518	12514	12506	12495
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	

ตาราง 28 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง P3M และมุมเงยงานดาวเทียมเป็น 30 องศา

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	9	8	5	2	-	-	-	-	-	-
	-120	28	26	23	20	16	15	15	15	15	15
	-130	72	70	61	50	44	42	42	42	42	42
	-140	206	194	174	147	123	122	122	122	122	122
	-150	606	584	511	423	355	355	355	355	355	355
	-160	1698	1630	1435	1217	1026	1026	1026	1026	1025	1024
	-170	4259	3953	3676	3177	2732	2734	2734	2733	2731	2729
20	-180	9136	8005	8112	7206	6367	6300	6370	6368	6364	6326
	-190	13519	9811	14954	12694	12050	9833	12604	12502	11305	8252
	-100	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	34	27	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	48	45	37	23	9	-	-	-	-	-
	-130	93	90	76	62	49	41	40	40	39	39
	-140	229	215	189	159	131	122	122	122	122	122
	-150	629	603	528	435	362	355	355	355	355	355
30	-160	1720	1645	1450	1229	1032	1026	1026	1026	1025	1024
	-170	4277	4117	3690	3187	2734	2734	2734	2733	2731	2729
	-180	9151	8875	8122	7214	6367	6370	6370	6368	6364	6358
	-190	16789	15246	15282	13908	12608	12614	12614	12610	12602	12590
	-100	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	67	60	42	5	-	-	-	-	-	-
	-130	112	108	90	70	52	41	34	34	33	33
40	-140	251	236	205	169	138	121	120	120	120	120
	-150	652	622	544	447	371	355	355	355	355	355
	-160	1742	1662	1466	1240	1040	1026	1026	1026	1025	1024
	-170	4294	4133	3703	3198	2741	2734	2734	2733	2731	2729
	-180	9166	8890	8133	7223	6369	6370	6370	6368	6364	6358
	-190	16800	16402	15291	13915	12608	12614	12614	12610	12602	12590
	-100	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	67	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-120	84	74	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	131	125	101	74	52	35	19	19	19	18
	-140	271	255	219	179	145	119	118	118	118	118
	-150	674	641	559	459	380	355	355	355	355	355
	-160	1763	1680	1481	1252	1047	1026	1026	1026	1025	1024
	-170	4311	4149	3716	3208	2748	2734	2734	2733	2731	2729
	-180	9181	8903	8144	7231	6375	6370	6370	6368	6364	6358
	-190	16811	16412	15301	13922	12608	12614	12614	12610	12602	12590
50	-100	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	83	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	101	87	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	150	140	110	75	40	-	-	-	-	-
	-140	291	273	233	188	150	121	115	115	115	114
	-150	695	660	574	472	387	353	353	353	353	352
	-160	1784	1697	1496	1263	1056	1026	1026	1026	1025	1024
	-170	4328	4165	3729	3219	2755	2734	2734	2733	2731	2729
-180	9195	8916	8155	7239	6381	6370	6370	6368	6364	6358	
-190	16822	16423	15310	13928	12608	12614	12614	12610	12602	12590	

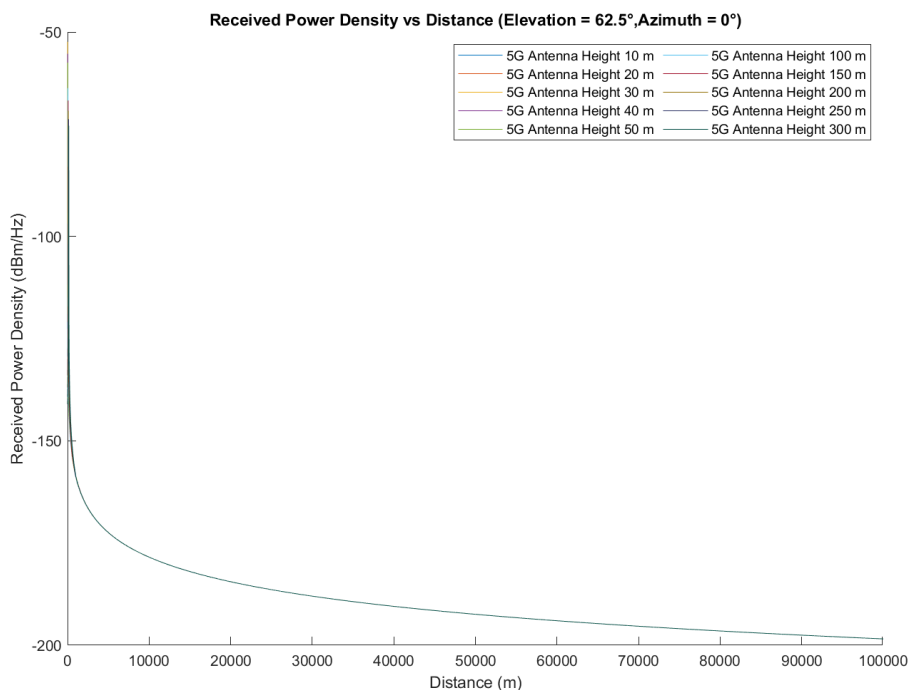
ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	168	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	189	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	245	211	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	394	362	291	219	159	114	81	81	80	79
	-150	794	753	642	523	421	345	344	344	344	343
	-160	1884	1793	1572	1321	1097	1026	1026	1026	1025	1024
	-170	4415	4244	3793	3271	2791	2734	2734	2733	2731	2729
	-180	9265	8980	8211	7281	6410	6370	6370	6368	6364	6358
-190	16879	16476	15355	13963	12631	12614	12614	12610	12602	12590	
150	-100	248	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	256	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	278	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	336	272	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	492	446	334	220	-	-	-	-	-	-
	-150	891	845	709	565	445	356	328	328	328	327
	-160	1981	1884	1638	1369	1131	1018	1017	1017	1016	1016
	-170	4503	4326	3860	3321	2830	2734	2734	2733	2731	2729
	-180	9335	9045	8266	7323	6440	6370	6370	6368	6364	6358
-190	16938	16529	15396	13998	12655	12614	12614	12610	12602	12590	
200	-100	336	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	344	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	369	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	430	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	581	522	359	-	-	-	-	-	-	-
	-150	993	929	767	599	460	358	306	305	305	303
	-160	2077	1974	1700	1418	1164	1010	1010	1010	1009	1008
	-170	4590	4409	3926	3371	2868	2734	2734	2733	2731	2729
	-180	9404	9110	8320	7365	6469	6370	6370	6368	6364	6358
-190	16995	16585	15438	14032	12678	12614	12614	12610	12602	12590	
250	-100	427	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	434	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	458	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	520	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	674	594	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1094	1013	822	625	465	347	273	272	271	271
	-160	2172	2055	1769	1462	1194	1001	1001	1000	999	998
	-170	4679	4491	3990	3421	2905	2734	2734	2733	2731	2729
	-180	9472	9174	8372	7407	6501	6370	6370	6368	6364	6358
-190	17051	16640	15480	14066	12701	12614	12614	12610	12602	12590	
300	-100	514	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	523	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	545	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	604	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	765	659	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1186	1094	873	643	457	318	227	226	225	227
	-160	2262	2140	1833	1503	1221	1005	989	988	987	986
	-170	4766	4570	4056	3467	2939	2721	2722	2721	2719	2716
	-180	9545	9241	8425	7449	6533	6370	6370	6368	6364	6358
-190	17107	16691	15523	14100	12724	12614	12614	12610	12602	12590	

2.1.3 ผลการจำลองเมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศา

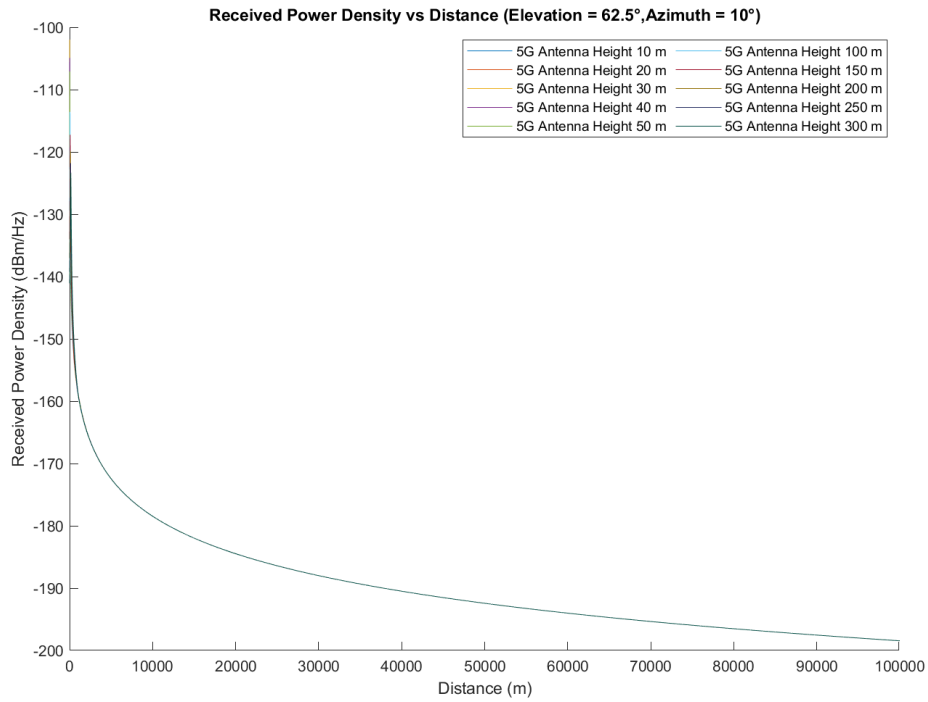
ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงผลการจำลองที่ได้จากการกำหนดมุมเงยจานดาวเทียมให้มีค่าเป็น 62.5 องศา และทำการปรับค่ามุมกวาดเบี่ยงเบนจากหน้าจานดาวเทียม ความสูงสายอากาศ 5G และระยะห่างแนวราบจากสถานีดาวเทียม ให้มีค่าต่าง ๆ ดังตาราง 1 และตาราง 2

ในกรณีการจำลองโดยใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่างนั้น ผลการจำลองจะแสดงด้วยกราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทางดังรูป 47 ถึงรูป 56 ในภาคผนวก ข หัวข้อที่ 2.1 ส่วนระยะห่างป้องกันที่หาได้จากกราฟเหล่านี้ ณ ความสูงของสายอากาศ 5G และมุมกวาดเบี่ยงเบนแนวราบหน้าจานดาวเทียมค่าต่าง ๆ จะถูกสรุปไว้ในตาราง 29

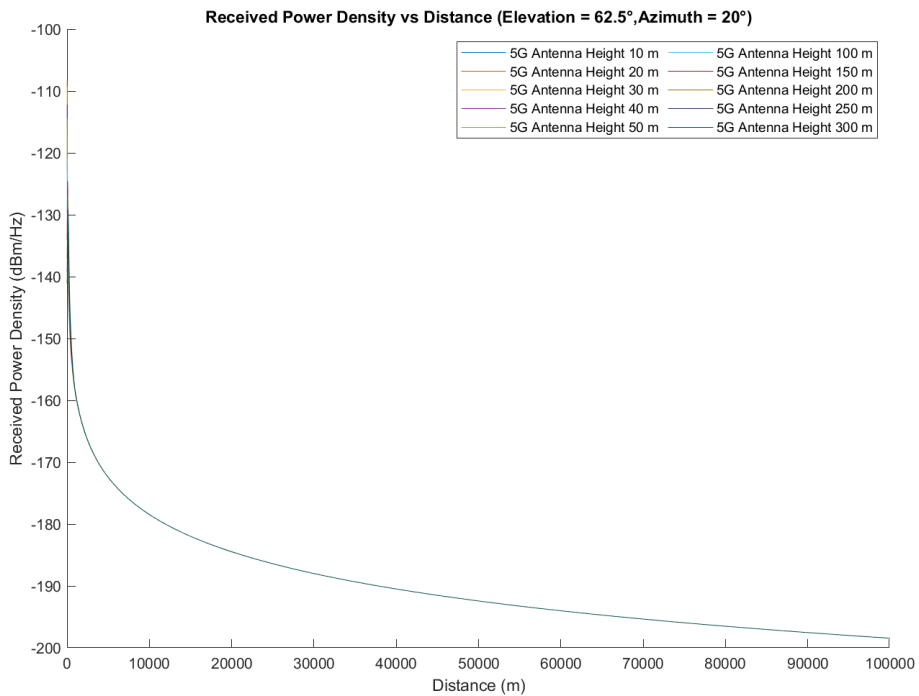
สำหรับผลการจำลองโดยใช้แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M นั้น เนื่องจากกราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง ที่ได้จากการจำลองมีลักษณะใกล้เคียงกันกับกราฟที่ได้จากการจำลองด้วยการใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง เพื่อความสะดวกในการนำเสนอ ในหัวข้อนี้จะนำเสนอเฉพาะระยะห่างป้องกันที่หาได้จากกราฟเหล่านั้น โดยระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองด้วยการใช้แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M จะถูกสรุปไว้ในตาราง 30 และตาราง 31 ตามลำดับ



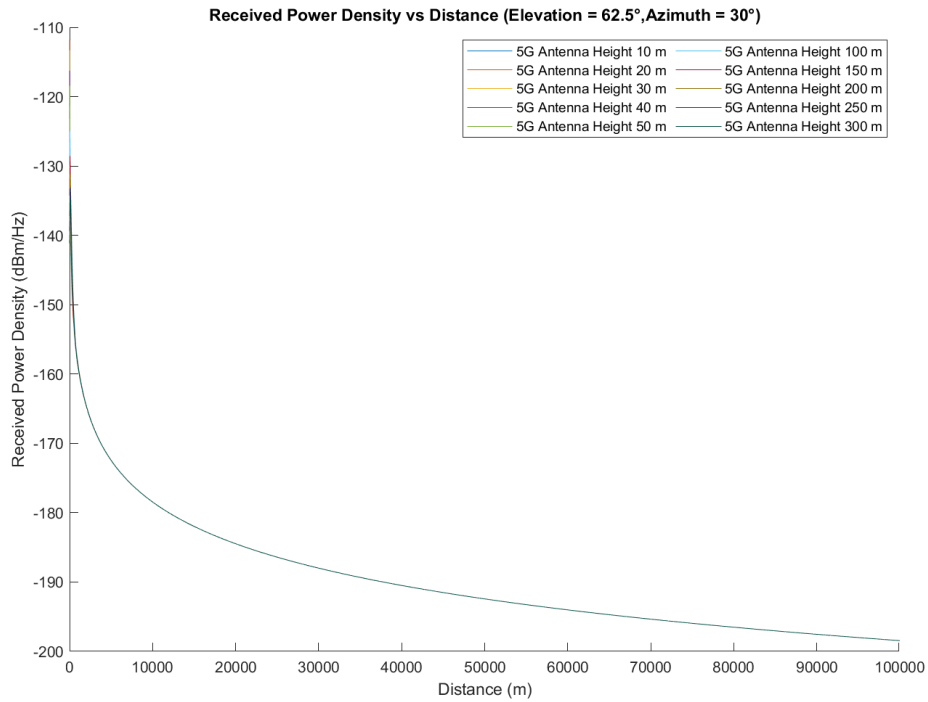
รูป 57 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจานดาวเทียมเป็น 0 องศา



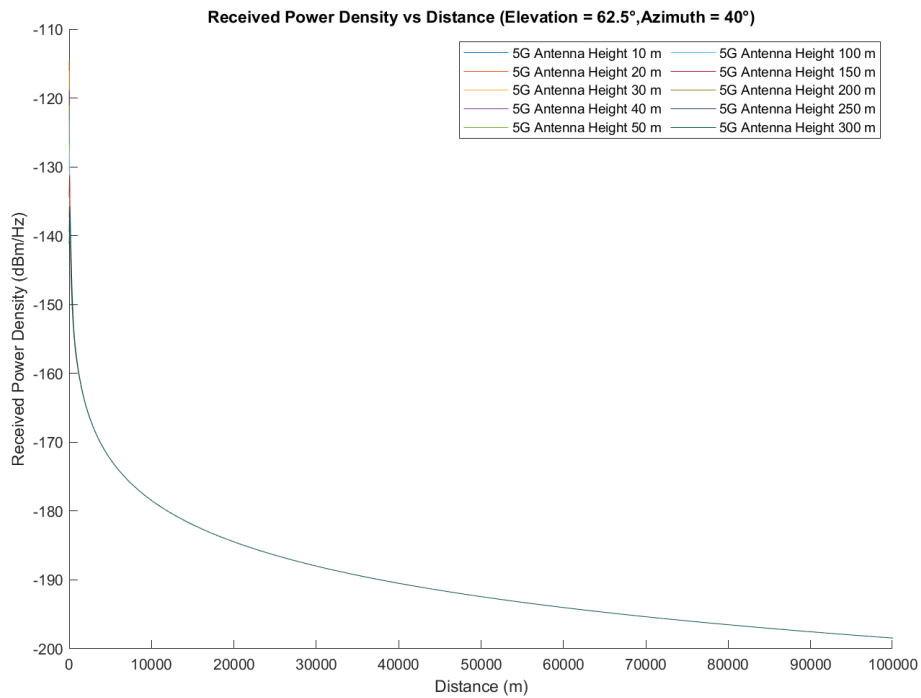
รูป 58 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจันดาวเทียมเป็น 62.5 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจันดาวเทียมเป็น 10 องศา



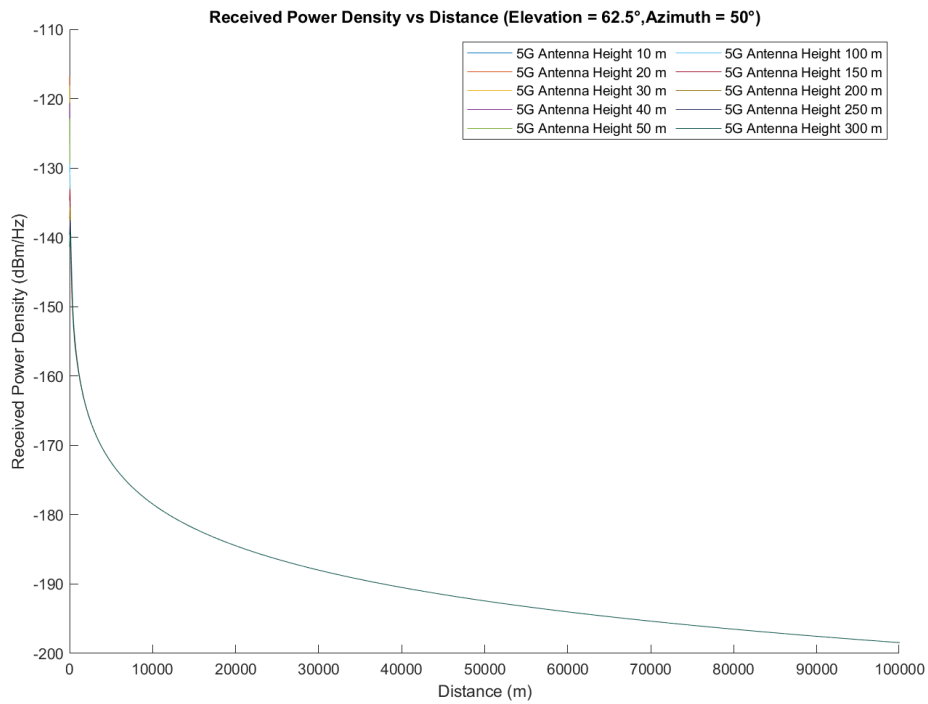
รูป 59 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจันดาวเทียมเป็น 62.5 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจันดาวเทียมเป็น 20 องศา



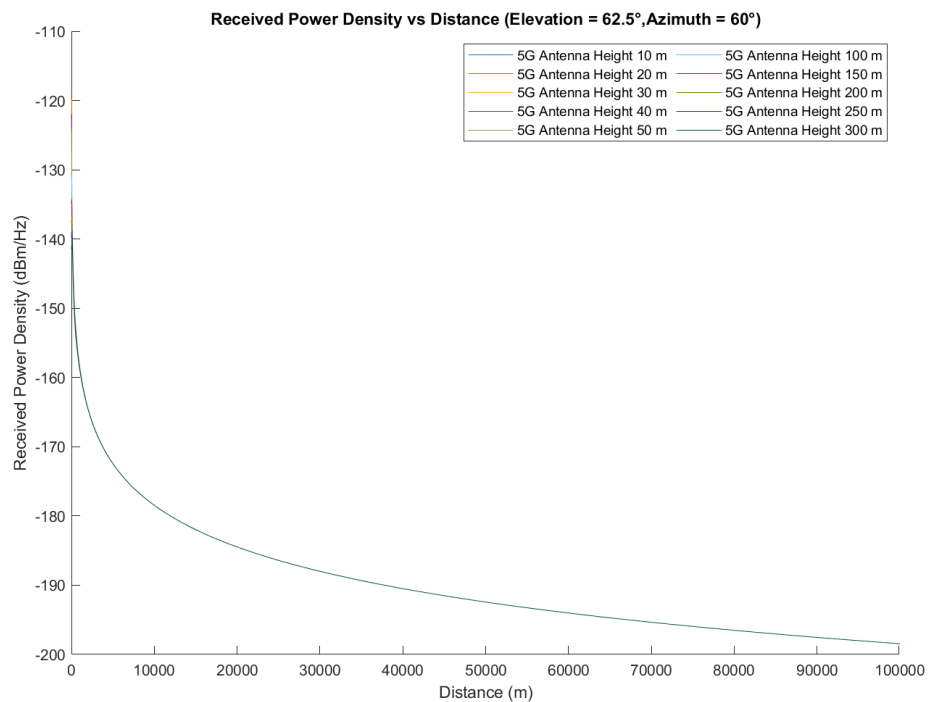
รูป 60 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจันดาวเทียมเป็น 62.5 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจันดาวเทียมเป็น 30 องศา



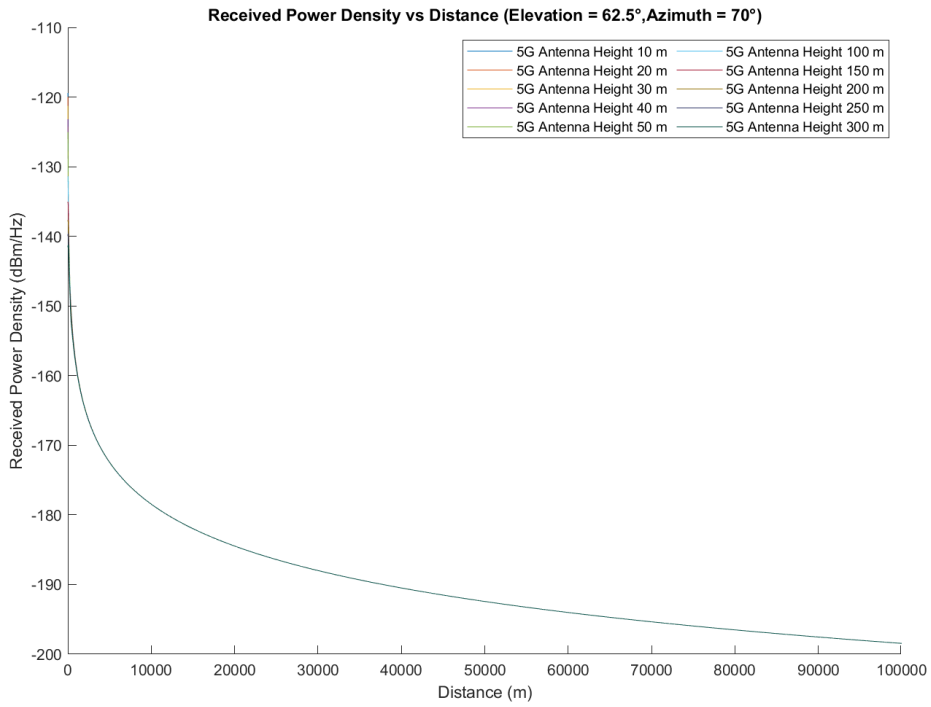
รูป 61 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจันดาวเทียมเป็น 62.5 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจันดาวเทียมเป็น 40 องศา



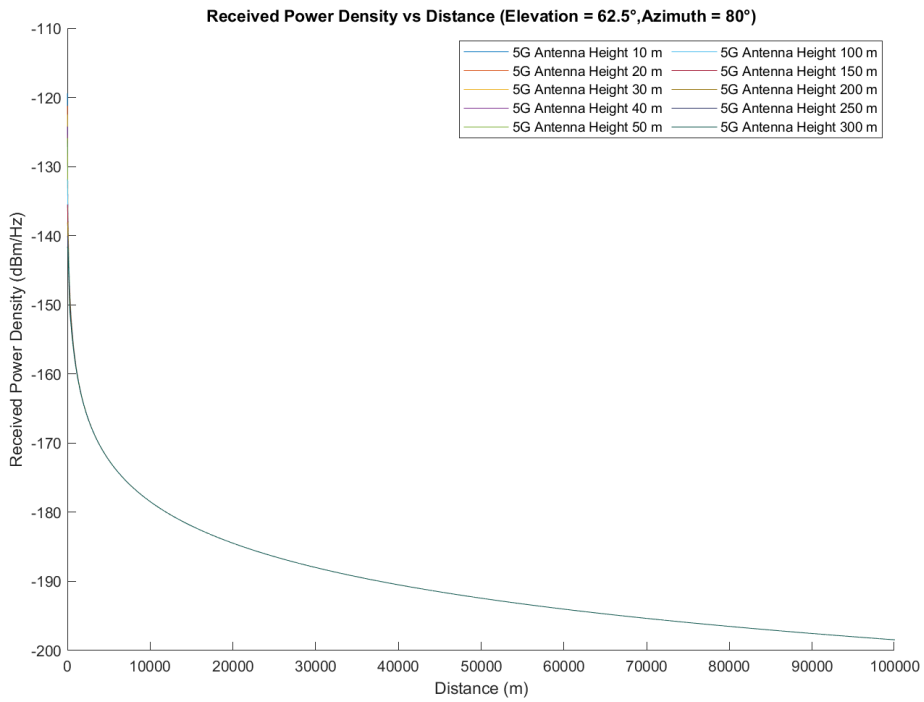
รูป 62 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจานดาวเทียมเป็น 50 องศา



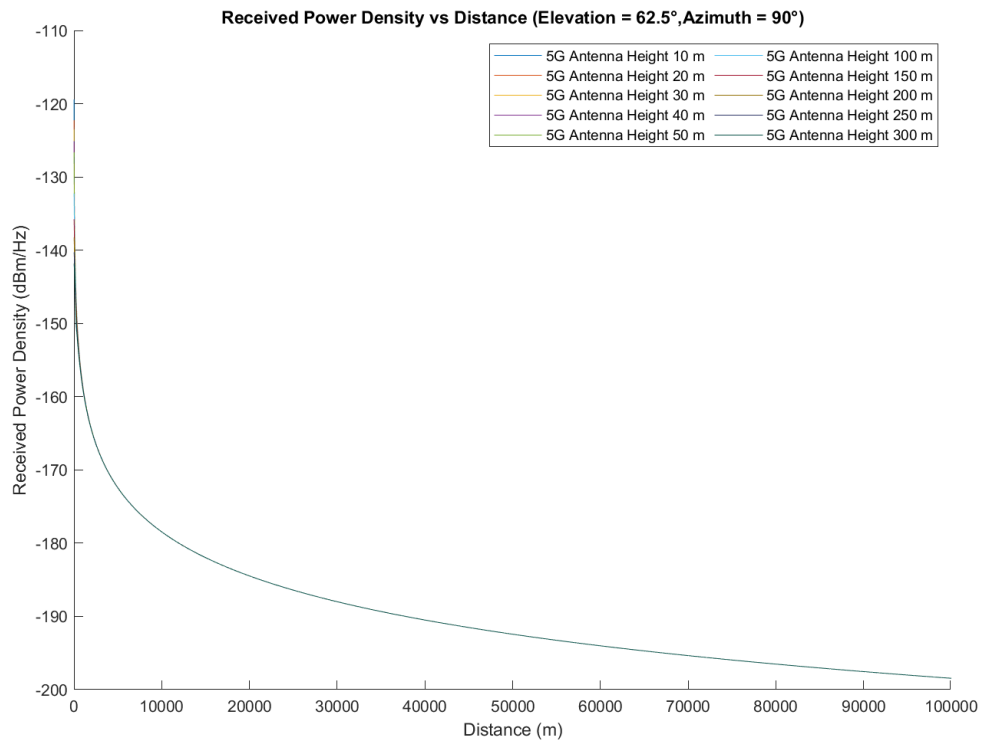
รูป 63 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจานดาวเทียมเป็น 60 องศา



รูป 64 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจานดาวเทียมเป็น 70 องศา



รูป 65 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจานดาวเทียมเป็น 80 องศา



รูป 66 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศาและมุมกวาดเบี่ยงเบนหน้าจานดาวเทียมเป็น 90 องศา

ตาราง 29 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G โดยใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง และมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศา

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	13.3	13.1	12.7	12.1	11.3	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9
	-130	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5
	-140	119.5	119.5	119.5	119.5	119.5	119.5	119.5	119.5	119.5	119.5
	-150	377.9	377.9	377.9	377.9	377.9	377.9	377.9	377.9	377.9	377.9
	-160	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1
	-170	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	12.8	12.3	10.9	-	-	-	-	-	-	-
	-120	20.5	20.1	19.1	17.6	15.7	13.8	11.9	10.1	-	-
	-130	41.3	40.8	39.5	37.5	35	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7
	-140	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6
	-150	377.7	377.7	377.7	377.7	377.7	377.7	377.7	377.7	377.7	377.7
	-160	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1	1195.1
	-170	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3	3779.3
30	-100	15.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	18.5	17.5	13.8	-	-	-	-	-	-	-
	-120	26.9	26.2	24.4	21.7	18.3	14.5	10.5	-	-	-
	-130	49	48.4	46.5	43.8	40.4	36.9	33.4	30.2	28.4	28.4
	-140	116.9	116.9	116.9	116.9	116.9	116.9	116.9	116.9	116.9	116.9
	-150	377.1	377.1	377.1	377.1	377.1	377.1	377.1	377.1	377.1	377.1
	-160	1194.9	1194.9	1194.9	1194.9	1194.9	1194.9	1194.9	1194.9	1194.9	1194.9
	-170	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2
40	-100	20.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	24	22.3	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	32.9	32	29.2	24.8	18.7	-	-	-	-	-
	-130	56.2	55.4	52.9	49.3	45	40.3	35.8	31.6	27.8	24.5
	-140	119.9	118.6	115	114.3	114.3	114.3	114.3	114.3	114.3	114.3
	-150	376.4	376.4	376.4	376.4	376.4	376.4	376.4	376.4	376.4	376.4
	-160	1194.6	1194.6	1194.6	1194.6	1194.6	1194.6	1194.6	1194.6	1194.6	1194.6
	-170	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2	3779.2
50	-100	25.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	29.5	26.8	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	38.8	37.5	33.5	26.6	-	-	-	-	-	-
	-130	63.1	62	58.9	54.3	48.8	43	37.2	31.9	27.2	23.2
	-140	128.3	126.9	122.8	116.7	110.8	110.8	110.8	110.8	110.8	110.8
	-150	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3
	-160	1194.3	1194.3	1194.3	1194.3	1194.3	1194.3	1194.3	1194.3	1194.3	1194.3
	-170	3779.1	3779.1	3779.1	3779.1	3779.1	3779.1	3779.1	3779.1	3779.1	3779.1

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	52.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	56.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	67.2	63	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	94.7	92.2	85	73.9	59.6	41.8	-	-	-	-
	-140	166.6	164.2	157.4	147.3	135.3	122.4	109.8	98	87.4	78.2
	-150	365.8	365.8	365.8	365.8	365.8	365.8	365.8	365.8	365.8	365.8
	-160	1191.4	1191.4	1191.4	1191.4	1191.4	1191.4	1191.4	1191.4	1191.4	1191.4
	-170	3778.1	3778.1	3778.1	3778.1	3778.1	3778.1	3778.1	3778.1	3778.1	3778.1
	-180	11951	11951	11951	11951	11951	11951	11951	11951	11951	11951
-190	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	
150	-100	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	83.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	94.7	85.9	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	124.3	119.9	106.9	84.1	-	-	-	-	-	-
	-140	201.1	197.6	187.7	172.9	155.2	136.3	117.8	100.7	85.5	72.6
	-150	408	403.4	390.3	370.7	349.1	349.1	349.1	349.1	349.1	349.1
	-160	1186.3	1186.3	1186.3	1186.3	1186.3	1186.3	1186.3	1186.3	1186.3	1186.3
	-170	3776.5	3776.5	3776.5	3776.5	3776.5	3776.5	3776.5	3776.5	3776.5	3776.5
	-180	11951	11951	11951	11951	11951	11951	11951	11951	11951	11951
-190	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	
200	-100	102.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	109.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	121.9	102.9	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	153.1	146.4	125.1	-	-	-	-	-	-	-
	-140	233.7	229	215.5	195.2	170.6	144.3	118.1	93.7	72.3	55
	-150	448	442.5	426.9	403.6	375.6	345.7	323.8	323.8	323.8	323.8
	-160	1179.1	1179.1	1179.1	1179.1	1179.1	1179.1	1179.1	1179.1	1179.1	1179.1
	-170	3774.3	3774.3	3774.3	3774.3	3774.3	3774.3	3774.3	3774.3	3774.3	3774.3
	-180	11950	11950	11950	11950	11950	11950	11950	11950	11950	11950
-190	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	37793	
250	-100	128.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	136	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	148.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	181.4	171.9	137.2	-	-	-	-	-	-	-
	-140	265.2	259	241.4	214.7	181.8	145.4	107	66.8	-	-
	-150	486.1	479.7	461.4	434.2	401.5	366.7	332.4	300.3	287.8	287.8
	-160	1169.8	1169.8	1169.8	1169.8	1169.8	1169.8	1169.8	1169.8	1169.8	1169.8
	-170	3771.4	3771.4	3771.4	3771.4	3771.4	3771.4	3771.4	3771.4	3771.4	3771.4
	-180	11949	11949	11949	11949	11949	11949	11949	11949	11949	11949
-190	37792	37792	37792	37792	37792	37792	37792	37792	37792	37792	
300	-100	154.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	162.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	175.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	209.4	196.6	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	295.9	288.2	266	231.8	188.1	134.7	-	-	-	-
	-150	522.7	515.3	494.3	462.8	425.2	385.2	345.8	309.1	276.1	247.3
	-160	1158.2	1158.2	1158.2	1158.2	1158.2	1158.2	1158.2	1158.2	1158.2	1158.2
	-170	3767.8	3767.8	3767.8	3767.8	3767.8	3767.8	3767.8	3767.8	3767.8	3767.8
	-180	11948	11948	11948	11948	11948	11948	11948	11948	11948	11948
-190	37792	37792	37792	37792	37792	37792	37792	37792	37792	37792	

ตาราง 30 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง Generic Model และมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศา

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	-130	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	-140	125	125	125	125	126	126	126	126	126	125
	-150	394	395	395	396	396	396	396	396	396	396
	-160	1246	1247	1249	1250	1251	1252	1252	1252	1251	1250
	-170	3938	3942	3947	3952	3955	3957	3958	3957	3955	3951
	-180	12256	11851	12324	12052	11352	6206	12007	12513	12419	11677
-190	14813	15865	18707	13195	13325	7140	17906	17136	19005	14418	
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	7	6	4	-	-	-	-	-	-	-
	-130	42	42	41	40	40	40	40	40	40	39
	-140	125	125	125	125	126	126	126	126	126	125
	-150	394	395	395	396	396	396	396	396	396	396
	-160	1246	1247	1249	1250	1251	1252	1252	1252	1251	1250
	-170	3938	3942	3947	3952	3955	3957	3958	3957	3955	3951
	-180	12451	12261	12483	12497	12507	11795	12516	12513	12505	12495
-190	20066	21099	26753	19753	19209	14203	22803	21869	23405	18871	
30	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	26	26	15	3	-	-	-	-	-	-
	-130	49	48	47	45	43	39	36	34	34	33
	-140	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124
	-150	394	395	395	396	396	396	396	396	396	396
	-160	1246	1247	1249	1250	1251	1252	1252	1252	1251	1250
	-170	3938	3942	3947	3952	3955	3957	3958	3957	3955	3951
	-180	12451	12467	12483	12497	12507	12514	12516	12513	12505	12495
-190	23705	25038	27703	23957	26711	18673	26921	26532	27857	24225	
40	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	34	33	30	24	-	-	-	-	-	-
	-130	56	55	53	50	47	43	39	34	30	27
	-140	122	122	122	122	122	122	122	122	122	121
	-150	394	395	395	396	396	396	396	396	396	396
	-160	1246	1247	1249	1250	1251	1252	1252	1252	1251	1250
	-170	3938	3942	3947	3952	3955	3957	3958	3957	3955	3951
	-180	12451	12467	12483	12497	12507	12514	12516	12513	12505	12495
-190	28014	29108	31240	28282	27311	22258	29868	29646	31664	29017	
50	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	29	27	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	39	38	35	28	-	-	-	-	-	-
	-130	63	63	60	56	50	45	40	35	30	25
	-140	128	128	125	120	119	119	119	119	119	118
	-150	392	394	393	395	396	394	396	396	394	394
	-160	1246	1247	1249	1250	1251	1252	1252	1252	1251	1250
	-170	3938	3942	3947	3952	3955	3957	3958	3957	3955	3951
	-180	12451	12467	12483	12497	12507	12514	12516	12513	12505	12495
-190	30258	31525	32923	31225	31580	25356	33443	34054	34215	30120	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	66	64	48	-	-	-	-	-	-	-
	-130	94	93	87	76	64	48	26	-	-	-
	-140	167	165	160	150	139	126	114	102	92	83
	-150	384	385	385	386	386	386	386	386	386	386
	-160	1246	1247	1249	1250	1251	1252	1252	1252	1251	1250
	-170	3938	3942	3947	3952	3955	3957	3958	3957	3955	3951
	-180	12451	12467	12483	12497	12507	12514	12516	12513	12505	12495
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
150	-100	77	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	82	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	93	87	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	123	121	110	89	-	-	-	-	-	-
	-140	201	198	190	177	160	142	124	107	91	78
	-150	417	413	401	381	371	371	371	371	370	369
	-160	1238	1239	1241	1242	1244	1244	1245	1243	1243	1242
	-170	3938	3942	3947	3952	3955	3957	3958	3957	3955	3951
	-180	12451	12467	12483	12497	12507	12514	12516	12513	12505	12495
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
200	-100	103	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	108	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	120	109	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	152	147	129	-	-	-	-	-	-	-
	-140	235	230	219	201	177	151	126	102	81	63
	-150	458	453	438	415	388	358	347	348	347	346
	-160	1231	1233	1234	1235	1237	1237	1238	1237	1237	1235
	-170	3938	3942	3947	3952	3955	3957	3958	3957	3955	3951
	-180	12451	12467	12483	12497	12507	12514	12516	12513	12505	12495
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
250	-100	130	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	134	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	147	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	180	172	145	-	-	-	-	-	-	-
	-140	267	261	246	222	190	155	119	83	49	-
	-150	497	491	474	446	415	380	345	315	315	312
	-160	1222	1224	1225	1227	1228	1228	1229	1228	1228	1226
	-170	3938	3942	3947	3952	3955	3957	3958	3957	3955	3951
	-180	12451	12467	12483	12497	12507	12514	12516	12513	12506	12495
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
300	-100	156	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	174	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	208	197	148	-	-	-	-	-	-	-
	-140	298	291	272	240	198	150	82	-	-	-
	-150	534	527	509	476	440	400	360	322	289	266
	-160	1211	1213	1214	1216	1217	1217	1218	1217	1217	1215
	-170	3938	3942	3947	3952	3955	3957	3958	3957	3955	3951
	-180	12451	12467	12483	12497	12507	12514	12516	12513	12506	12495
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	

ตาราง 31 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมและระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง P3M และมุมเงยงานดาวเทียมเป็น 62.5 องศา

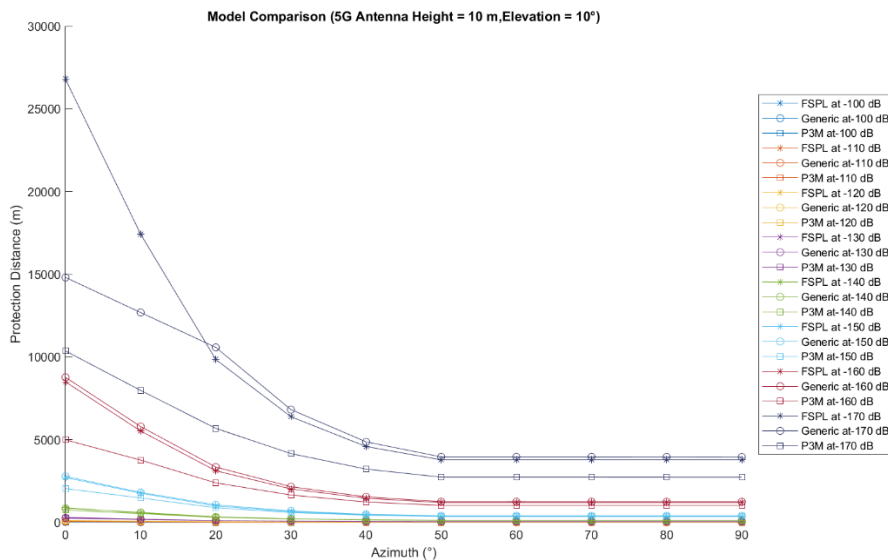
ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	-130	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	-140	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122
	-150	354	354	354	355	355	355	355	355	355	355
	-160	1026	1026	1026	1025	1024	1021	1022	1023	1024	1025
	-170	2720	2713	2727	2730	2732	2733	2734	2733	2731	2729
	-180	6339	6115	6354	6361	6366	6299	6369	6368	6364	6326
-190	12017	8551	12583	11682	12050	9833	12604	12502	11305	8252	
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	6	5	3	-	-	-	-	-	-	-
	-130	42	42	41	40	40	40	40	40	39	39
	-140	122	121	122	122	122	122	122	122	122	122
	-150	354	354	354	355	355	355	355	355	355	355
	-160	1026	1026	1026	1025	1024	1021	1022	1023	1024	1025
	-170	2720	2723	2727	2730	2732	2733	2734	2733	2731	2729
	-180	6339	6346	6354	6361	6366	6369	6369	6368	6364	6358
-190	12554	12569	12583	12596	12606	12612	12613	12609	12601	12590	
30	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	26	22	12	2	-	-	-	-	-	-
	-130	49	48	47	45	43	39	36	34	33	33
	-140	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
	-150	354	354	354	355	355	355	355	355	355	355
	-160	1026	1026	1026	1025	1024	1021	1022	1023	1024	1025
	-170	2720	2723	2727	2730	2732	2733	2734	2733	2731	2729
	-180	6339	6346	6354	6361	6366	6369	6369	6368	6364	6358
-190	12554	12569	12583	12596	12606	12612	12613	12609	12601	12590	
40	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	33	33	30	20	-	-	-	-	-	-
	-130	55	55	52	50	47	43	39	34	30	26
	-140	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118
	-150	354	354	354	355	355	355	355	355	355	355
	-160	1026	1026	1026	1025	1024	1021	1022	1023	1024	1025
	-170	2720	2723	2727	2730	2732	2733	2734	2733	2731	2729
	-180	6339	6346	6354	6361	6366	6369	6369	6368	6364	6358
-190	12554	12569	12583	12596	12606	12612	12613	12609	12601	12590	
50	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	29	27	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	39	38	35	28	-	-	-	-	-	-
	-130	63	62	60	55	50	45	40	35	30	22
	-140	125	125	122	117	115	115	115	115	115	114
	-150	351	352	352	353	353	353	353	353	353	352
	-160	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1026	1026	1025	1024
	-170	2720	2723	2727	2730	2732	2733	2734	2733	2731	2729
	-180	6339	6346	6354	6361	6366	6369	6369	6368	6364	6358
-190	12554	12569	12583	12596	12606	12612	12613	12609	12601	12590	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	66	63	47	-	-	-	-	-	-	-
	-130	93	92	86	75	63	47	26	-	-	-
	-140	162	160	155	147	136	124	112	100	90	81
	-150	344	343	344	344	344	344	344	344	344	344
	-160	1021	1022	1023	1025	1025	1026	1026	1026	1025	1024
	-170	2720	2723	2727	2730	2732	2733	2734	2733	2731	2729
	-180	6339	6346	6354	6361	6366	6369	6369	6368	6364	6358
-190	12554	12569	12583	12596	12606	12612	12613	12609	12601	12590	
150	-100	77	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	82	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	93	87	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	122	120	108	88	-	-	-	-	-	-
	-140	196	192	185	172	155	138	120	104	89	76
	-150	384	380	370	351	332	328	328	329	328	327
	-160	1012	1014	1015	1016	1017	1017	1017	1017	1016	1016
	-170	2720	2723	2727	2730	2732	2733	2734	2733	2731	2729
	-180	6339	6346	6354	6361	6366	6369	6369	6368	6364	6358
-190	12554	12569	12583	12596	12606	12612	12613	12609	12601	12590	
200	-100	103	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	108	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	120	108	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	150	145	127	-	-	-	-	-	-	-
	-140	227	223	212	194	171	146	122	98	78	61
	-150	423	418	405	383	358	331	306	305	305	304
	-160	1005	1006	1008	1009	1009	1010	1010	1010	1009	1008
	-170	2720	2723	2727	2730	2732	2733	2734	2733	2731	2729
	-180	6339	6346	6354	6361	6366	6369	6369	6368	6364	6358
-190	12554	12569	12583	12596	12606	12612	12613	12609	12601	12590	
250	-100	129	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	134	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	146	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	178	170	142	-	-	-	-	-	-	-
	-140	258	252	238	214	183	149	113	78	46	2
	-150	459	454	437	412	383	351	319	290	272	271
	-160	996	997	998	999	1000	1000	1000	1000	999	999
	-170	2720	2723	2727	2730	2732	2733	2734	2733	2731	2729
	-180	6339	6346	6354	6361	6366	6369	6369	6368	6364	6358
-190	12554	12569	12583	12596	12606	12612	12613	12609	12601	12590	
300	-100	156	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	173	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	205	195	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	287	281	262	230	189	141	-	-	-	-
	-150	494	488	469	439	406	368	331	298	268	241
	-160	1015	1009	986	987	988	989	988	988	987	987
	-170	2708	2711	2714	2717	2720	2721	2721	2721	2719	2716
	-180	6339	6346	6354	6361	6366	6369	6369	6368	6364	6358
-190	12554	12569	12583	12596	12606	12612	12613	12609	12601	12590	

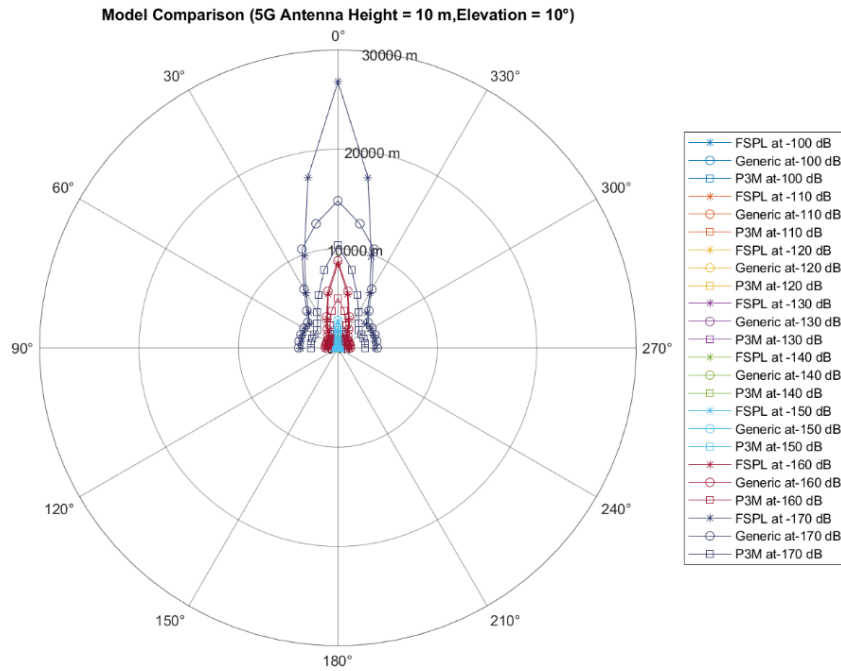
2.2 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ ของกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ร่วมกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G

ผลการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองด้วยการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ จะแสดงอยู่ในรูปแบบกราฟระบบพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinate) และกราฟระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar coordinate) โดยผลการเปรียบเทียบจะแบ่งออกเป็น 3 ชุด ตามมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10, 30 และ 62.5 องศา ซึ่งจะถูกนำเสนอในหัวข้อที่ 2.2.1 หัวข้อที่ 2.2.2 และหัวข้อที่ 2.2.3 ดังต่อไปนี้

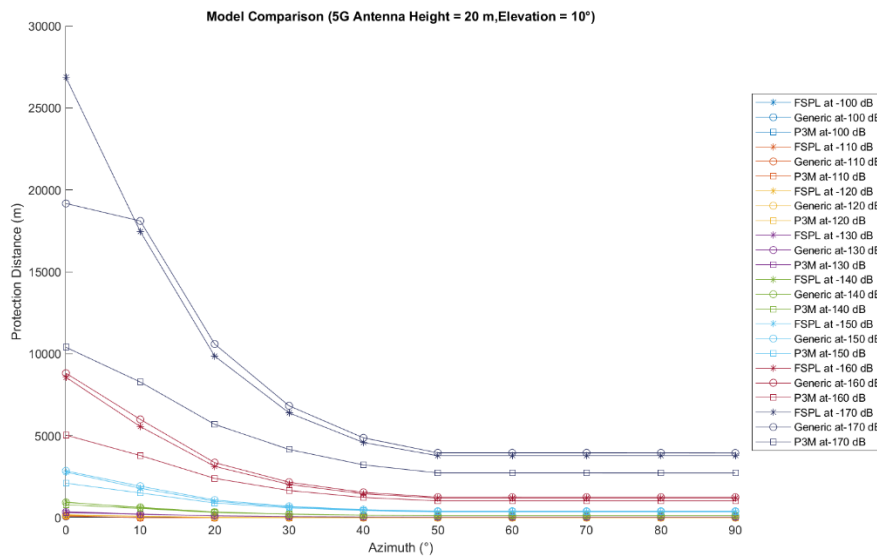
2.2.1 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ กรณีที่จานดาวเทียมมีมุมเงยเป็น 10 องศา



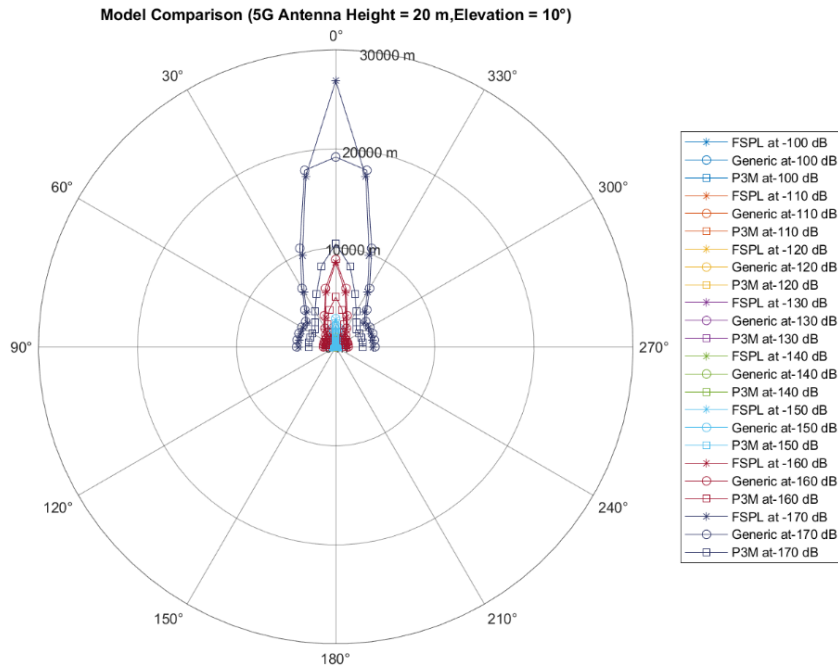
รูป 67 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 10 เมตร



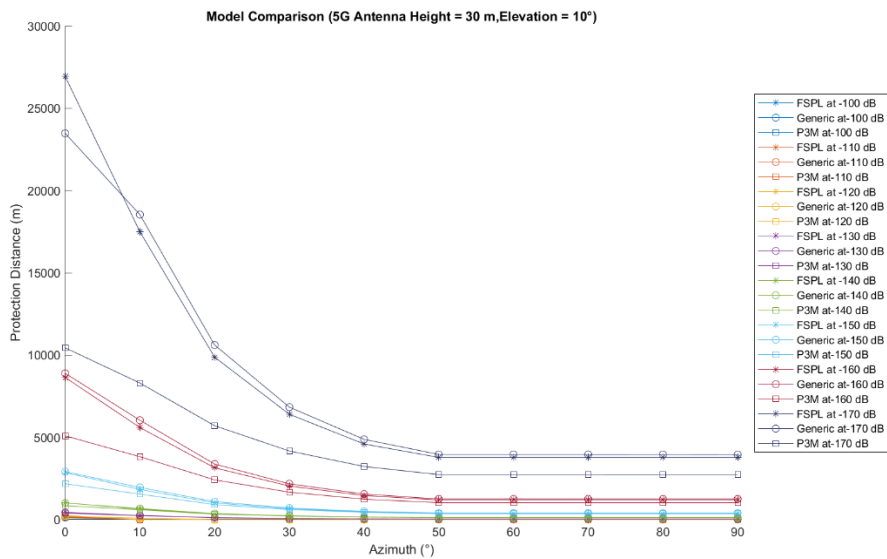
รูป 68 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 10 เมตร



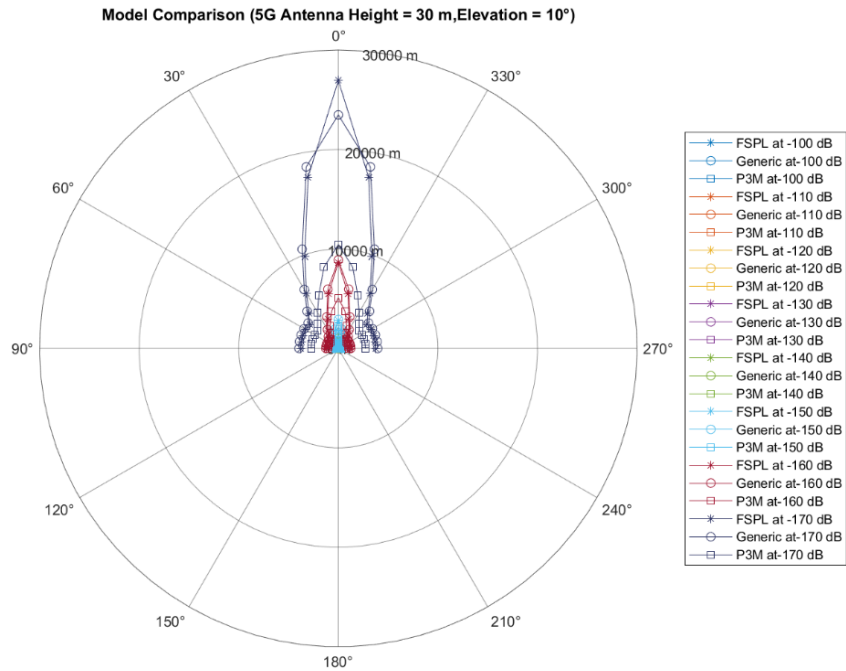
รูป 69 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 20 เมตร



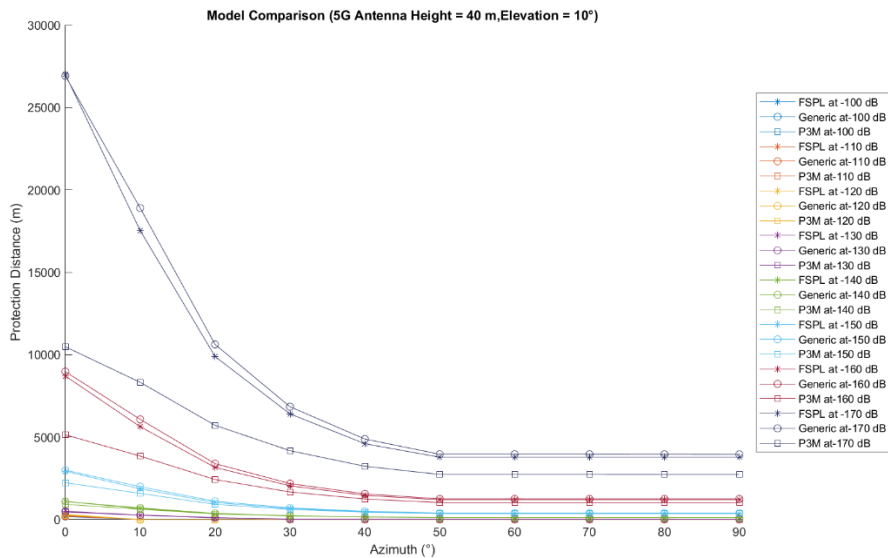
รูป 70 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 20 เมตร



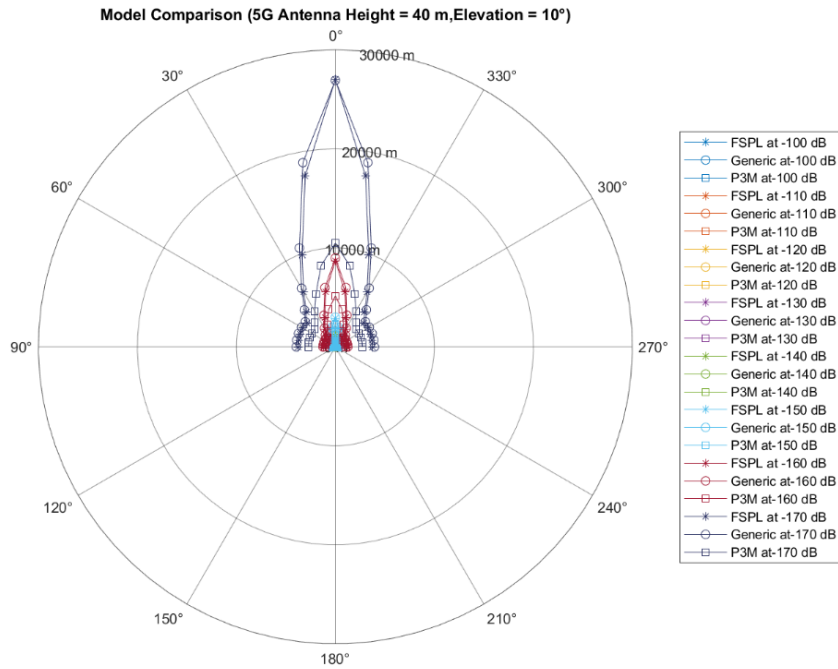
รูป 71 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 30 เมตร



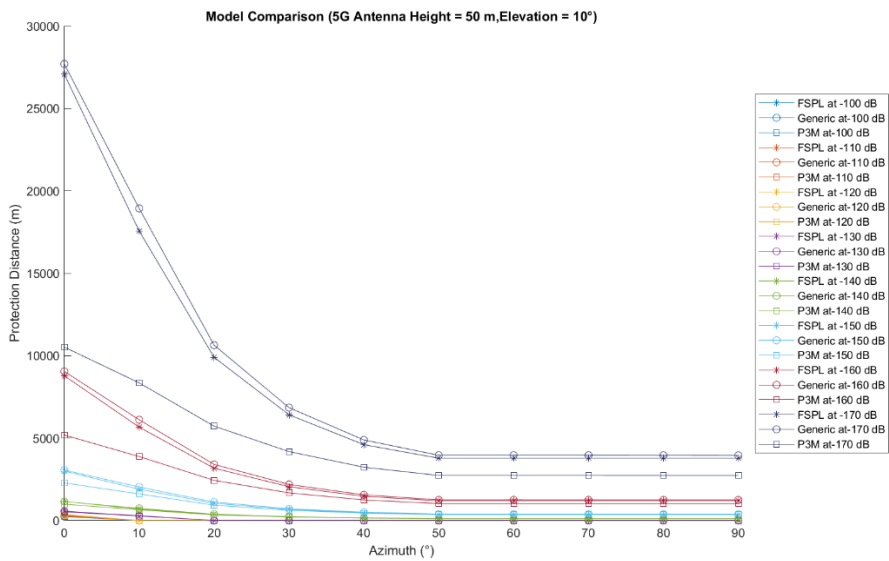
รูป 72 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจันดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 30 เมตร



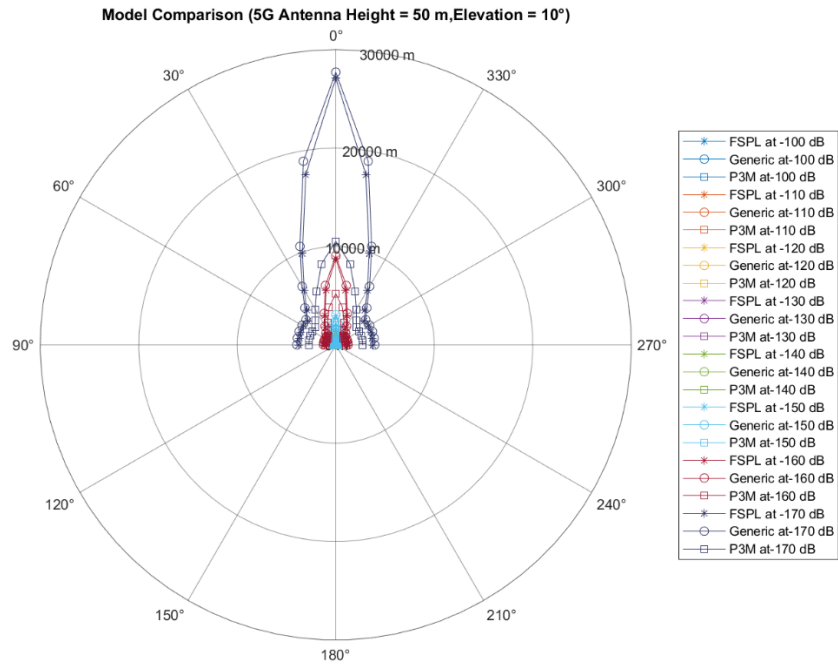
รูป 73 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจันดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 40 เมตร



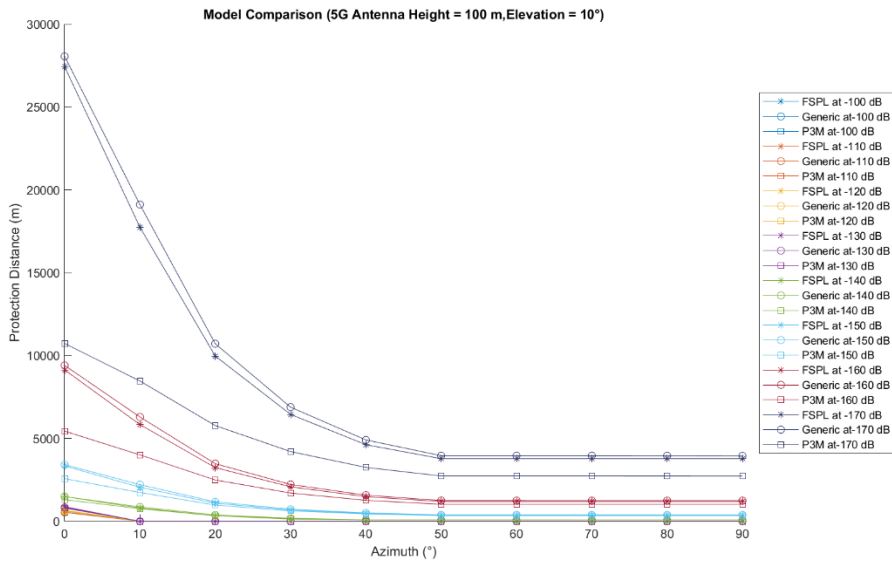
รูป 74 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 40 เมตร



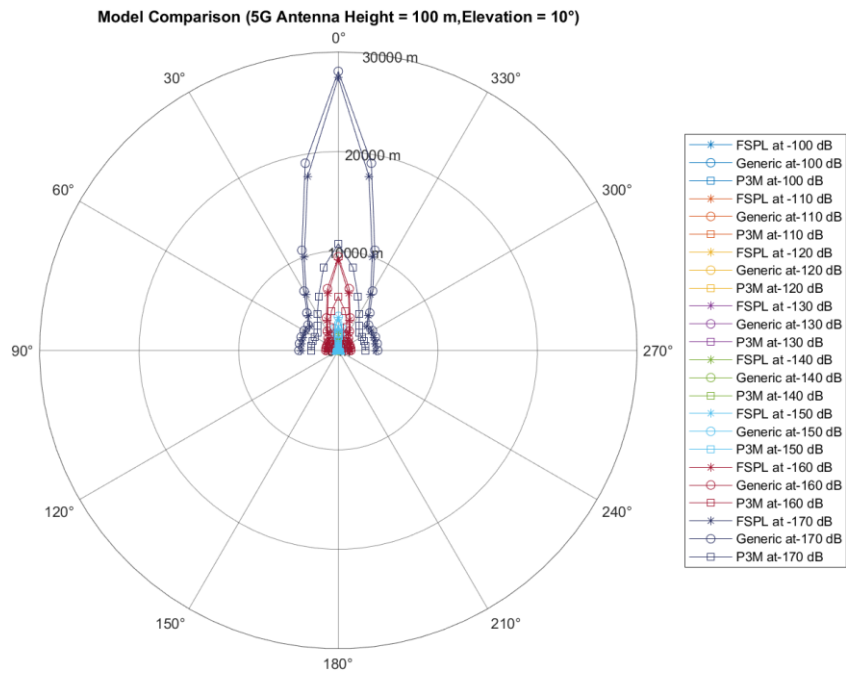
รูป 75 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 50 เมตร



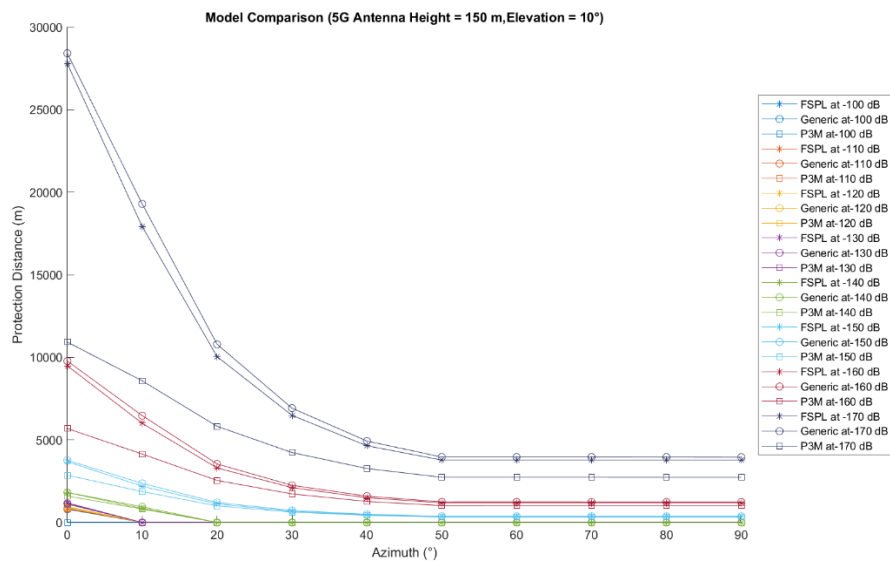
รูป 76 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 50 เมตร



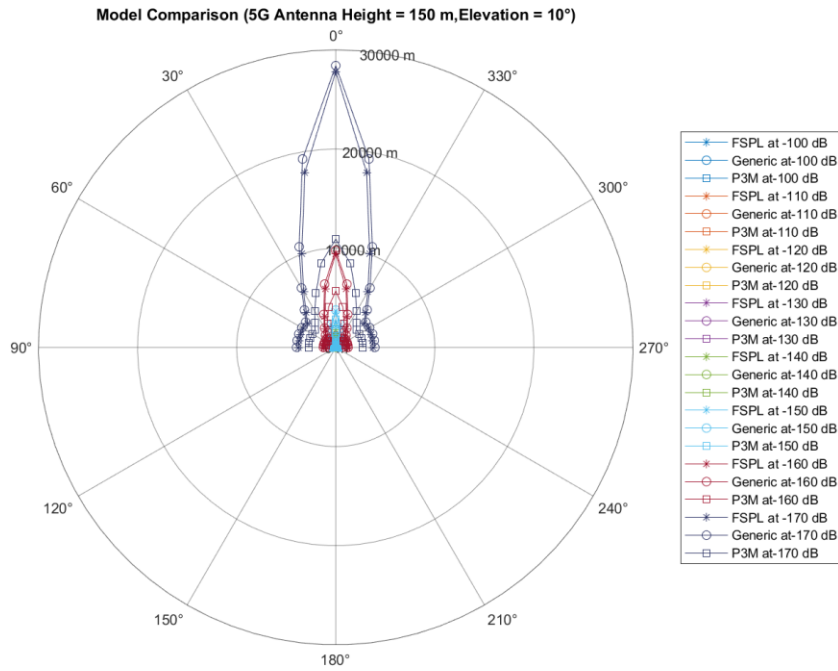
รูป 77 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 100 เมตร



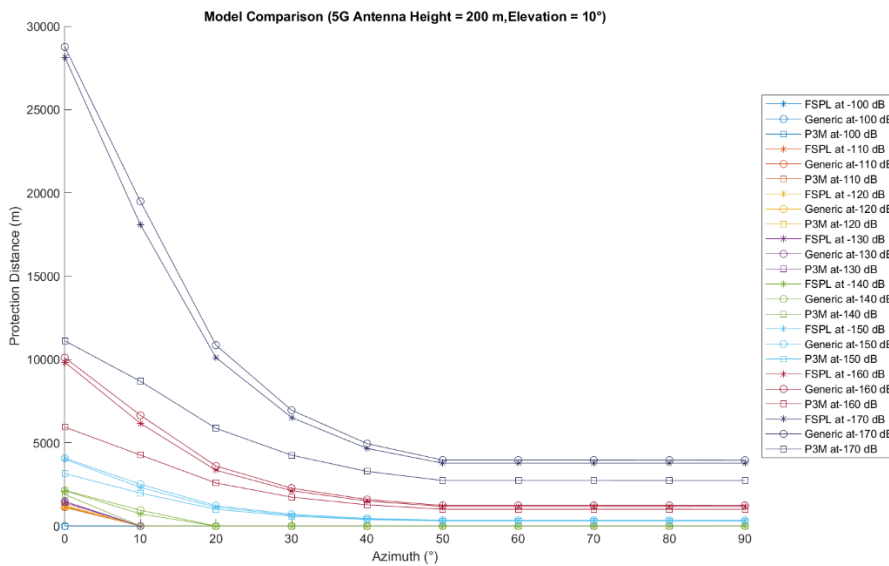
รูป 78 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 100 เมตร



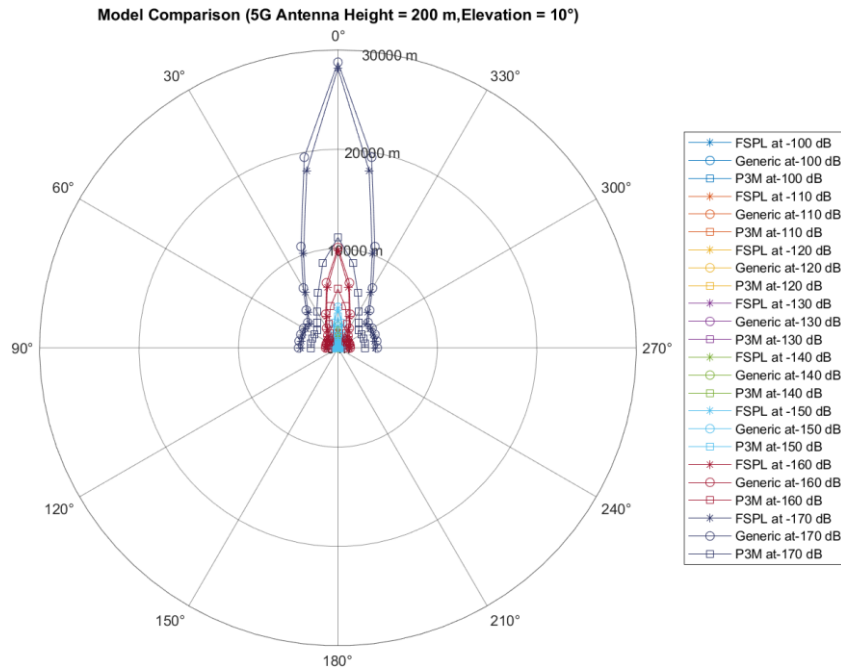
รูป 79 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 150 เมตร



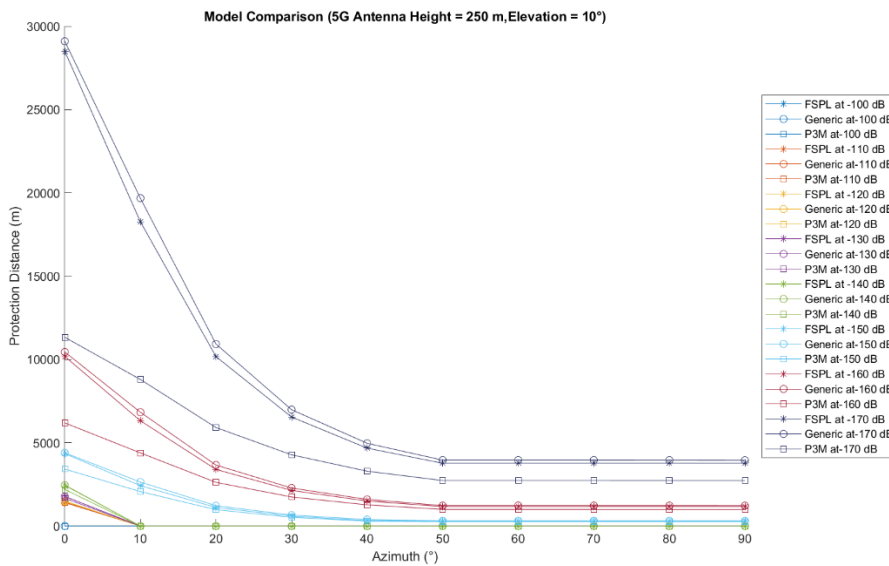
รูป 80 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 150 เมตร



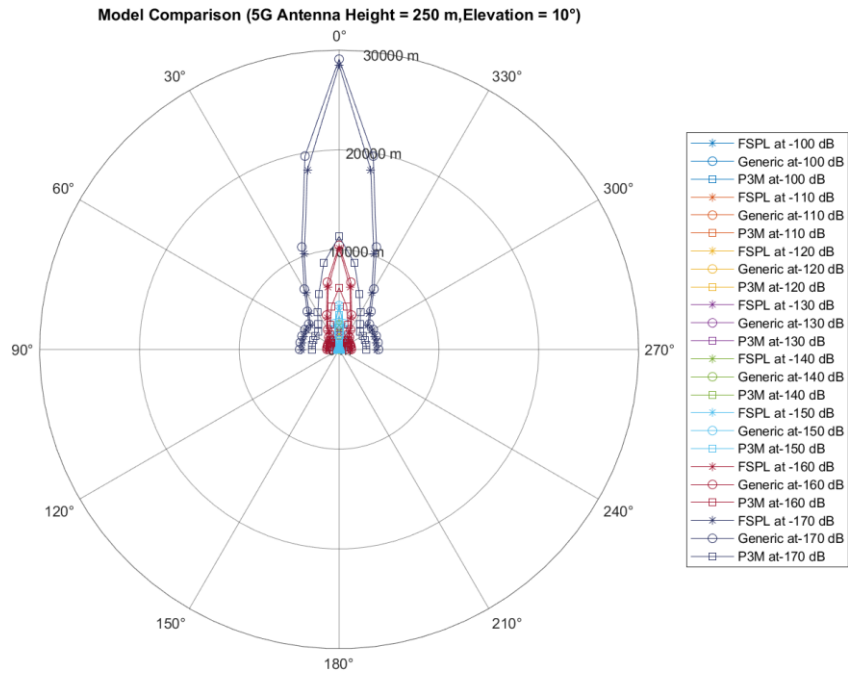
รูป 81 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 200 เมตร



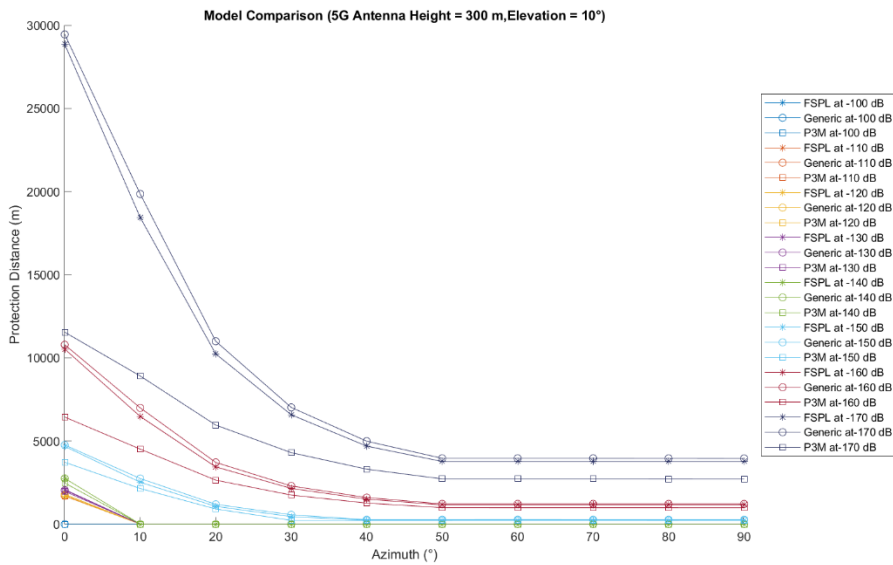
รูป 82 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 200 เมตร



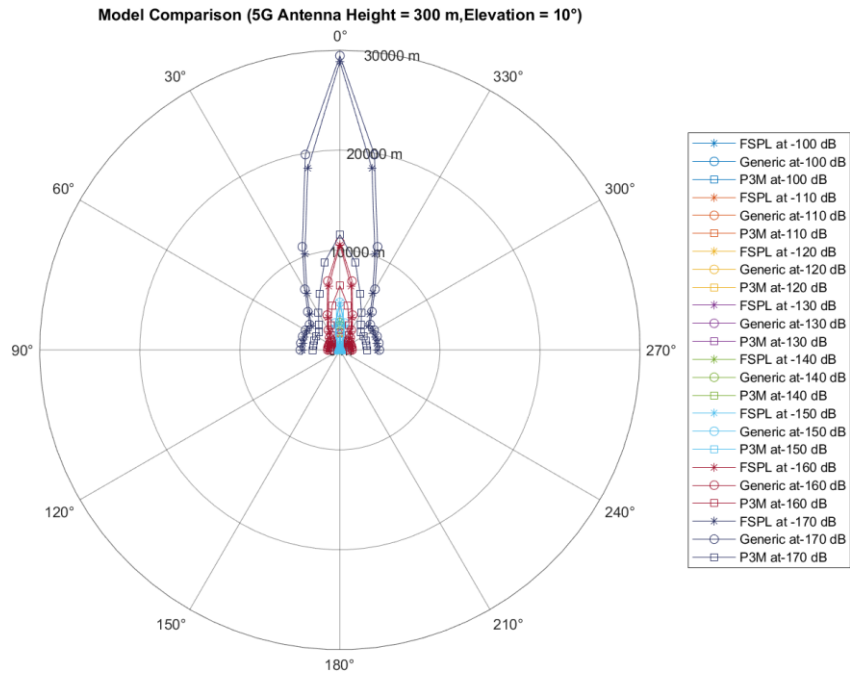
รูป 83 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 250 เมตร



รูป 84 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 250 เมตร

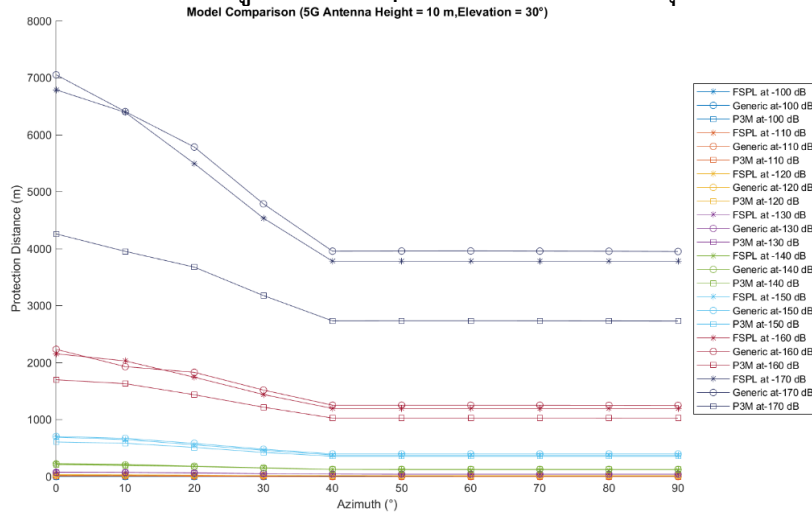


รูป 85 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 300 เมตร

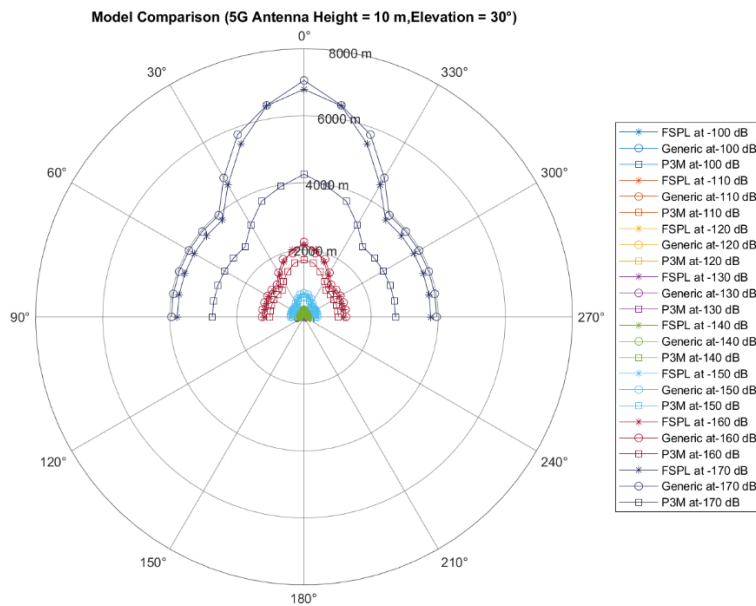


รูป 86 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 300 เมตร

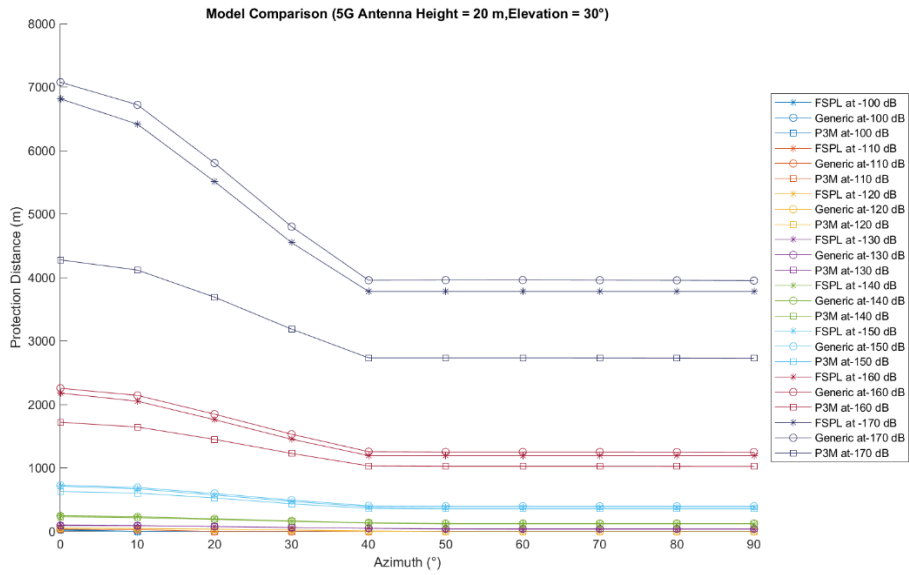
2.2.2 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ กรณีที่งานดาวเทียมมีมุมเงยเป็น 30 องศา



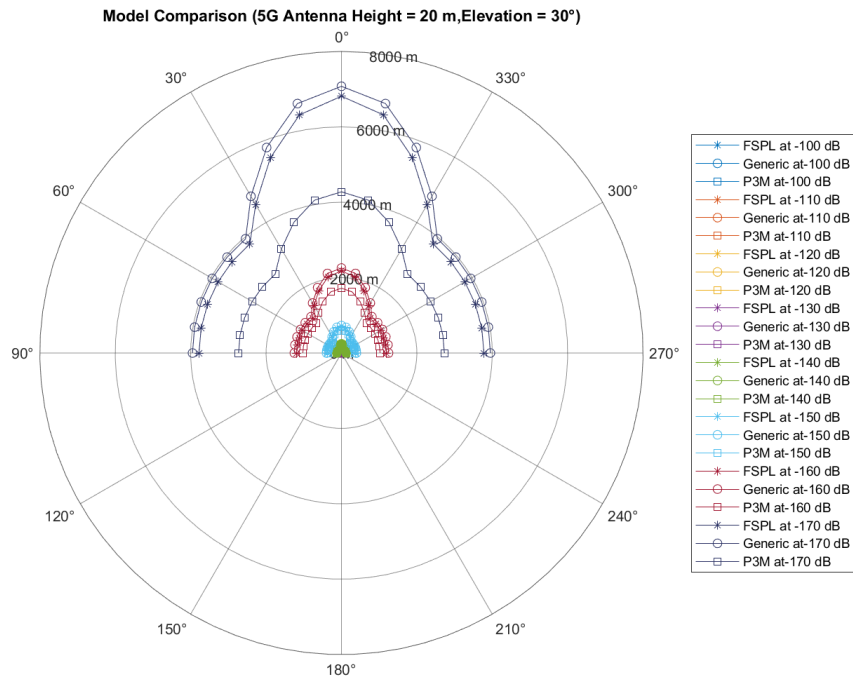
รูป 87 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 10 เมตร



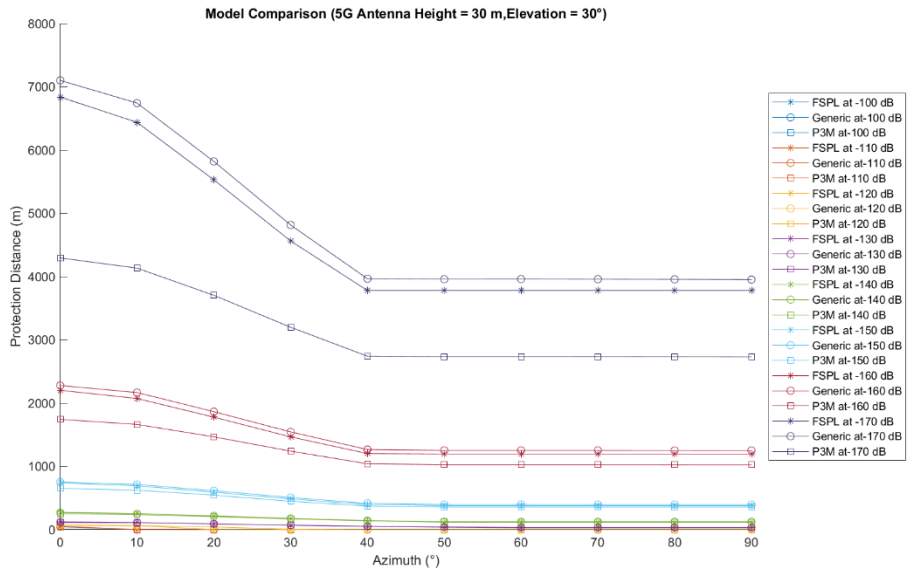
รูป 88 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 10 เมตร



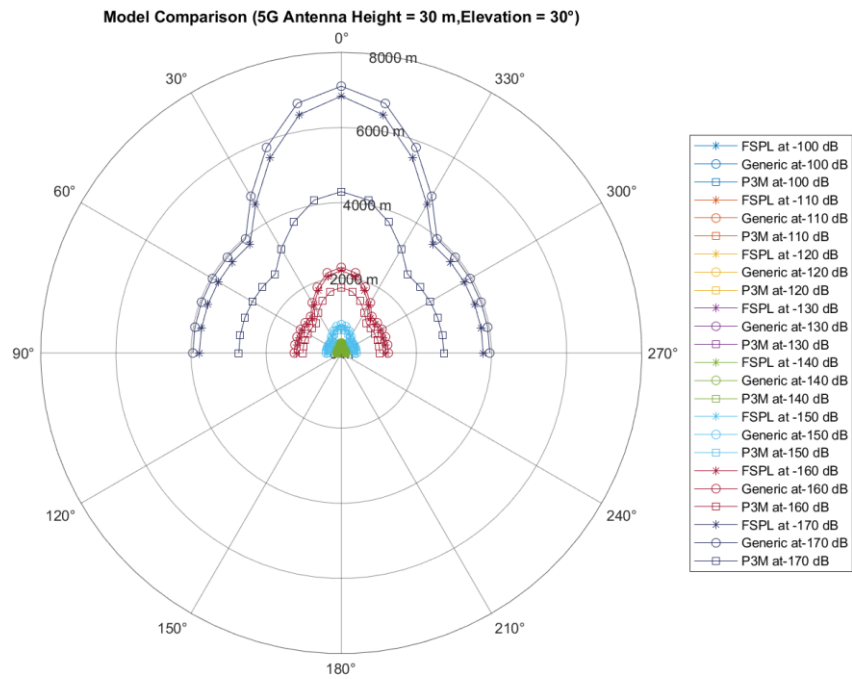
รูป 89 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 20 เมตร



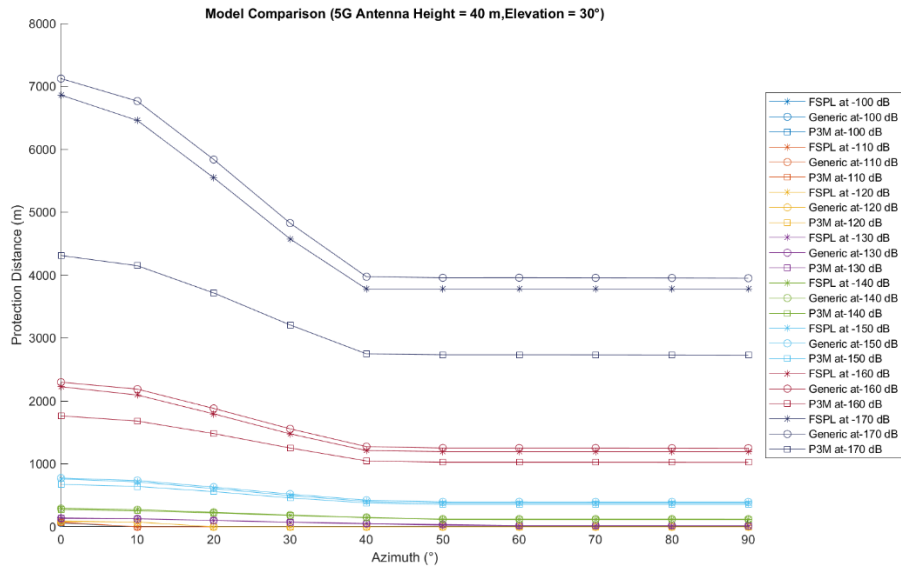
รูป 90 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 20 เมตร



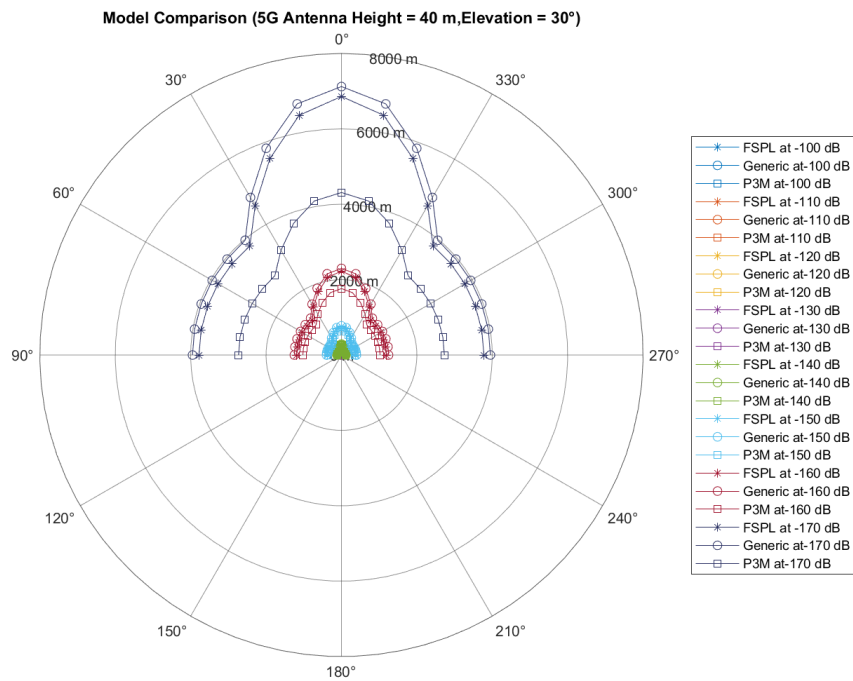
รูป 91 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 30 เมตร



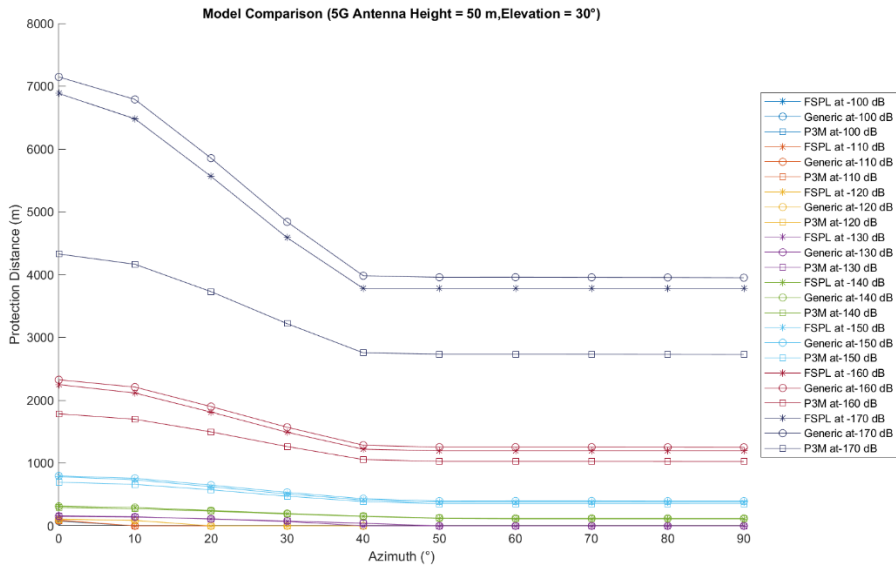
รูป 92 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 30 เมตร



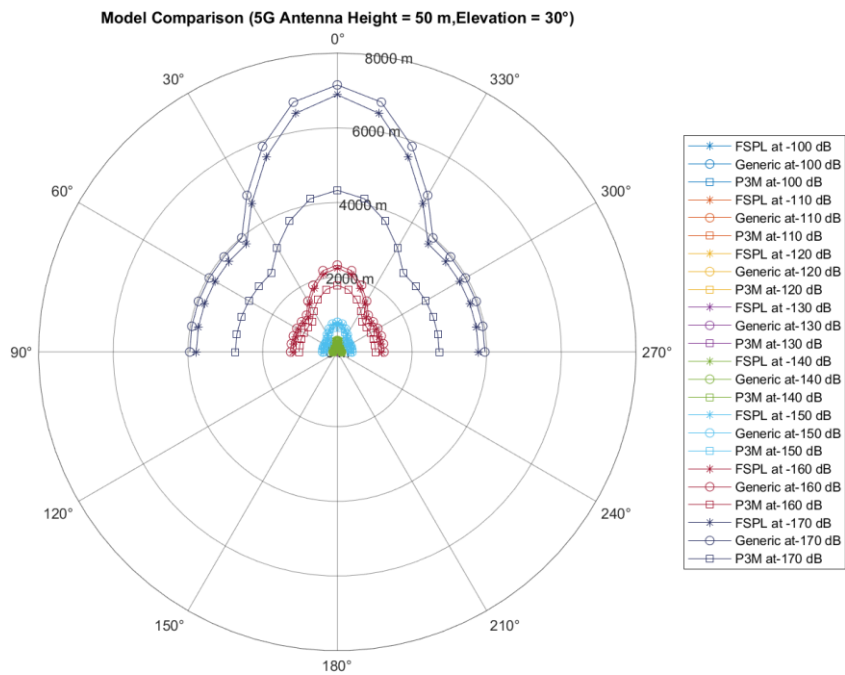
รูป 93 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 40 เมตร



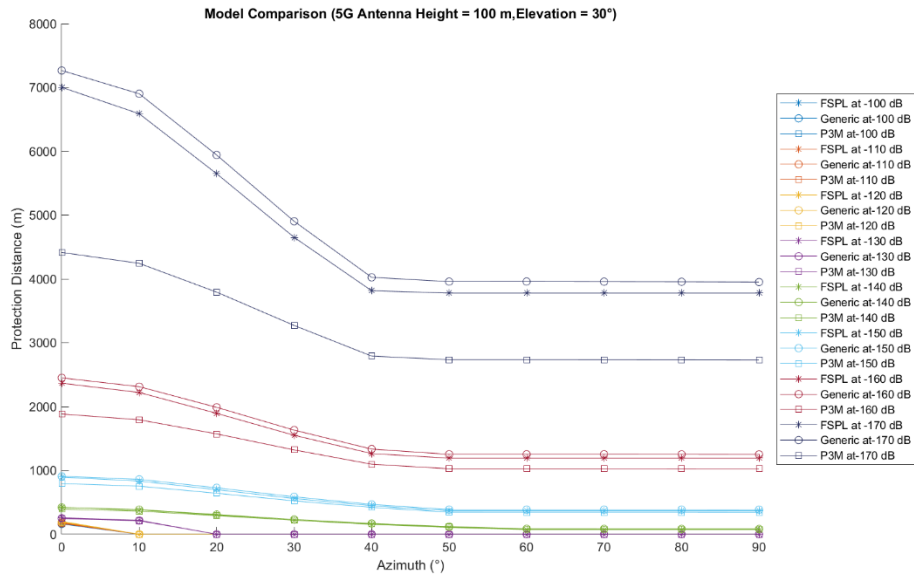
รูป 94 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 40 เมตร



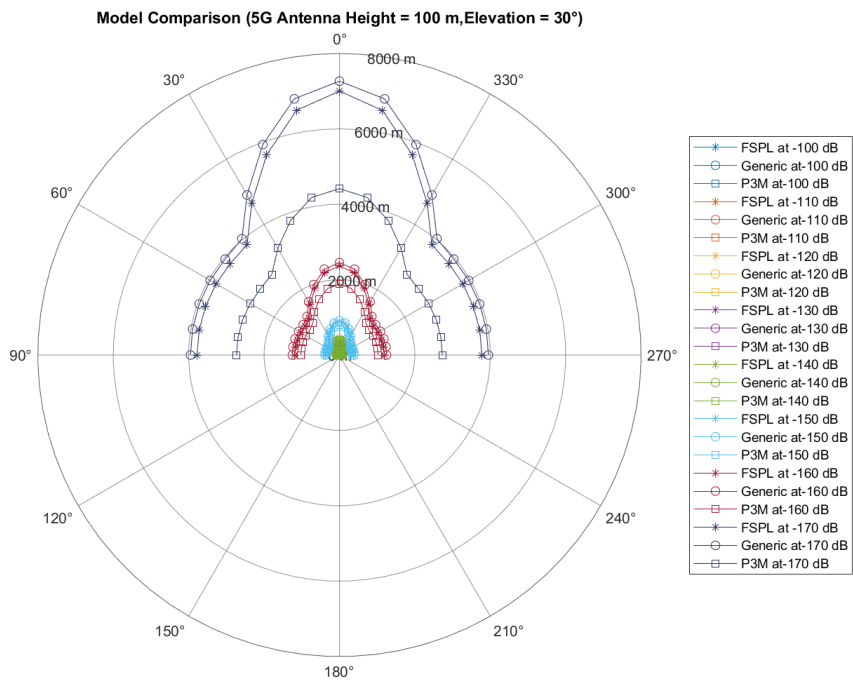
รูป 95 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 50 เมตร



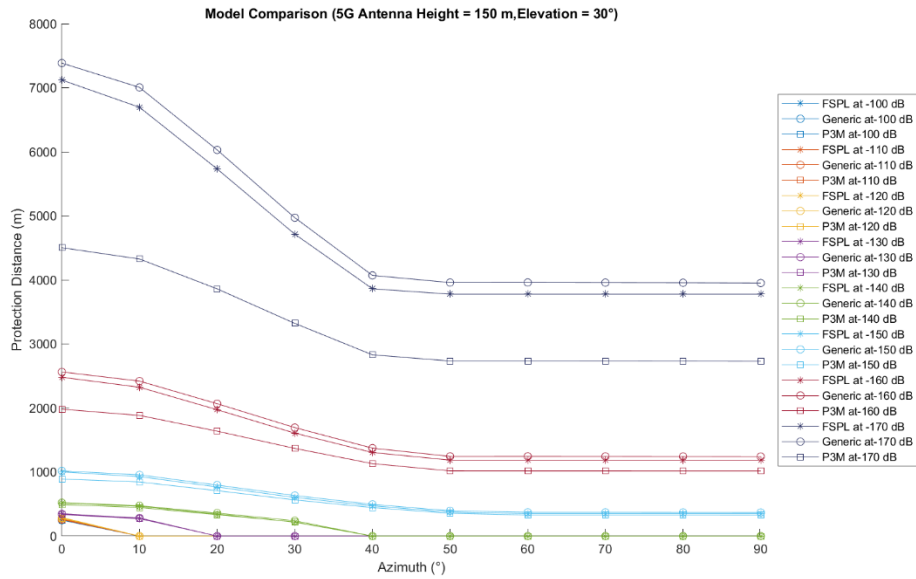
รูป 96 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 50 เมตร



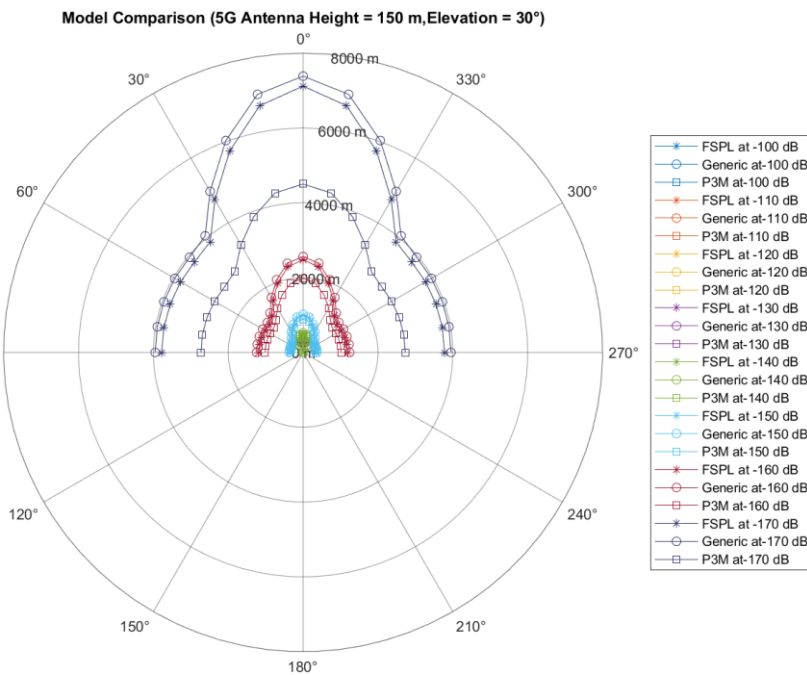
รูป 97 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 100 เมตร



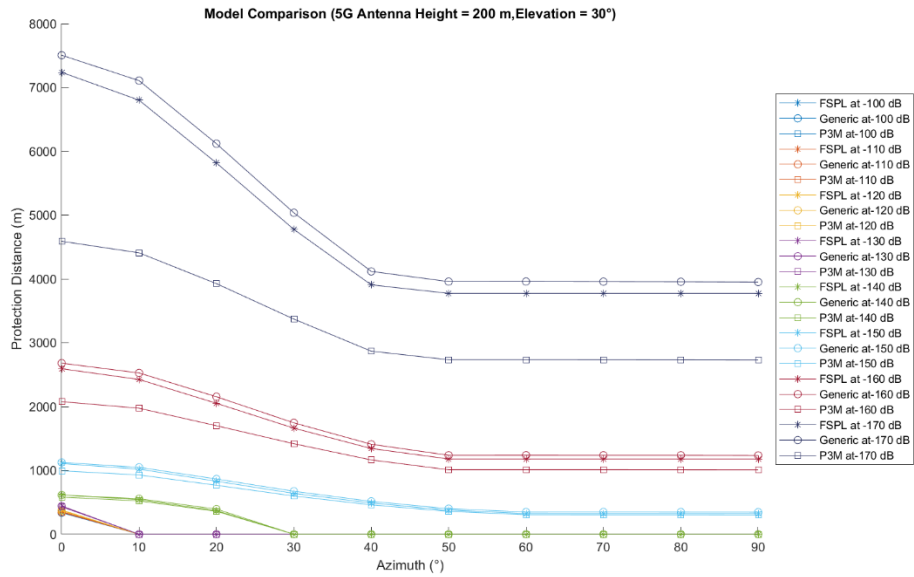
รูป 98 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 100 เมตร



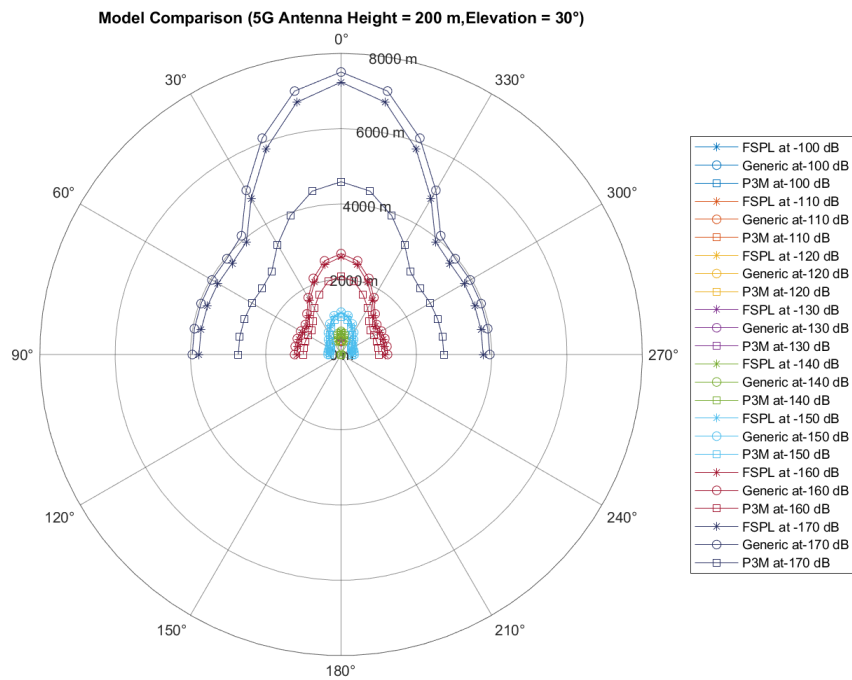
รูป 99 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 150 เมตร



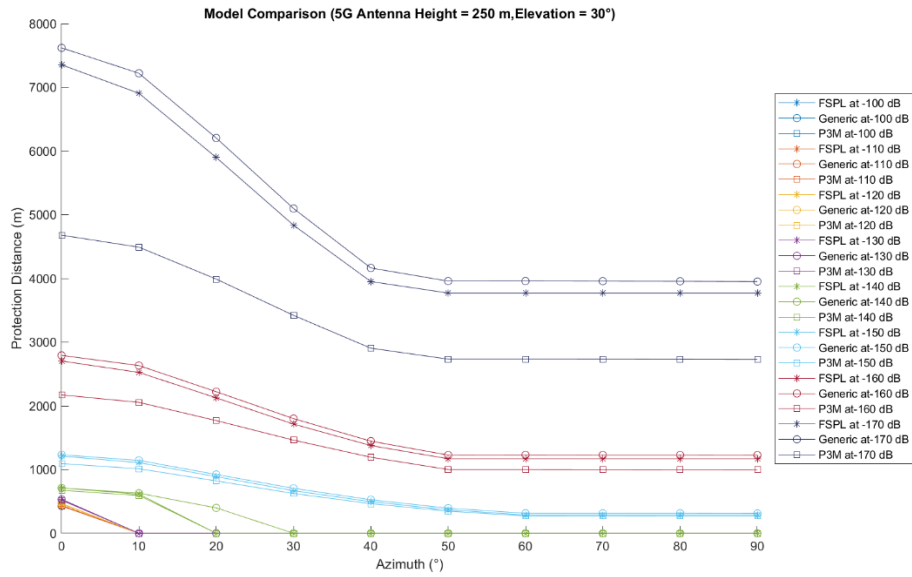
รูป 100 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 150 เมตร



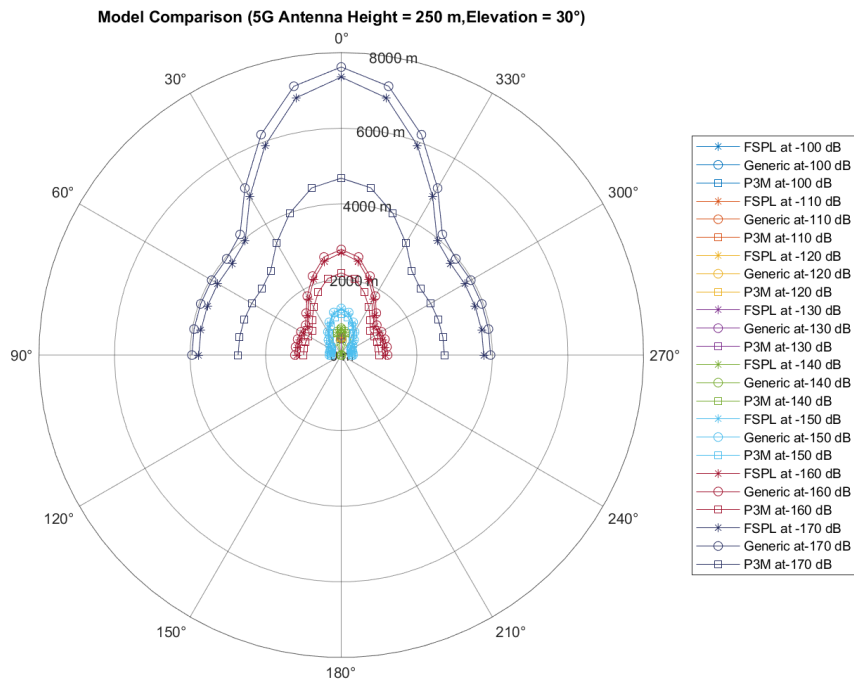
รูป 101 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 200 เมตร



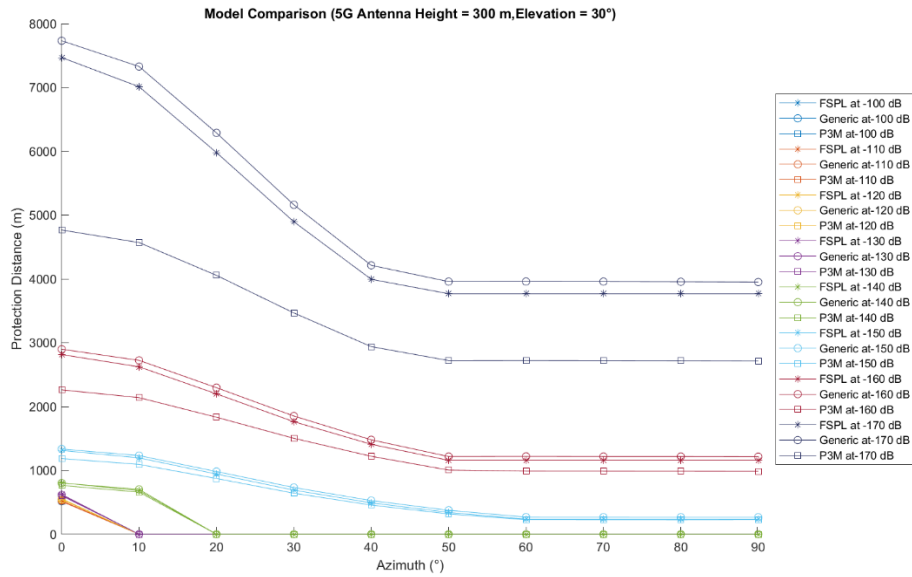
รูป 102 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 200 เมตร



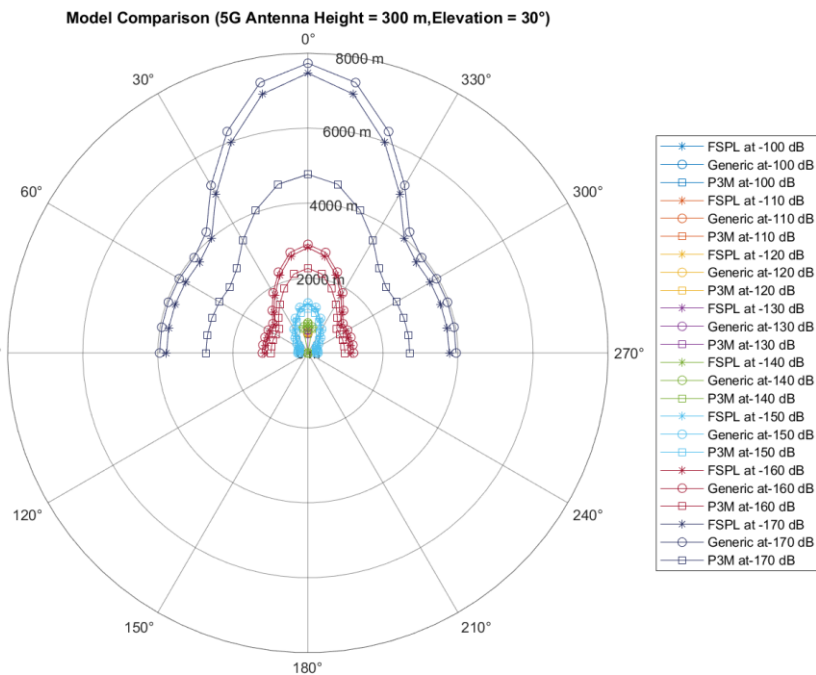
รูป 103 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 250 เมตร



รูป 104 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 250 เมตร

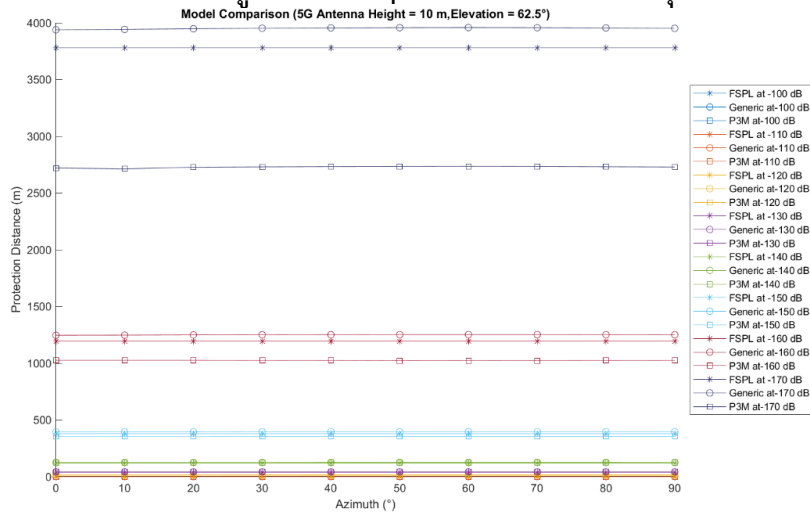


รูป 105 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 300 เมตร

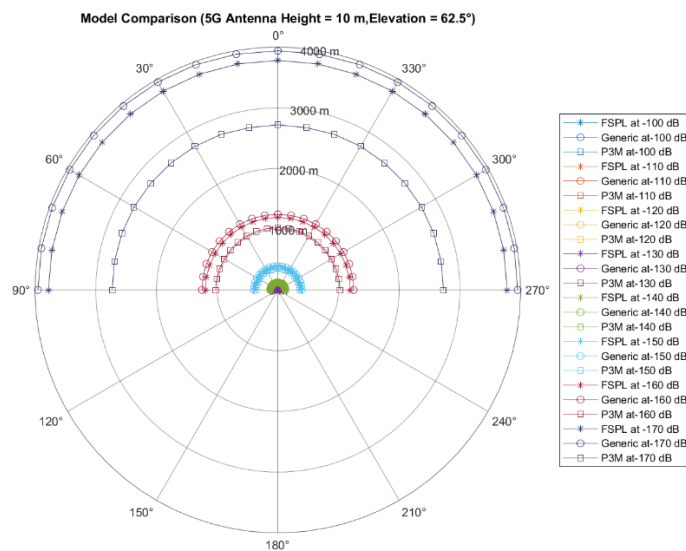


รูป 106 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 30 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 300 เมตร

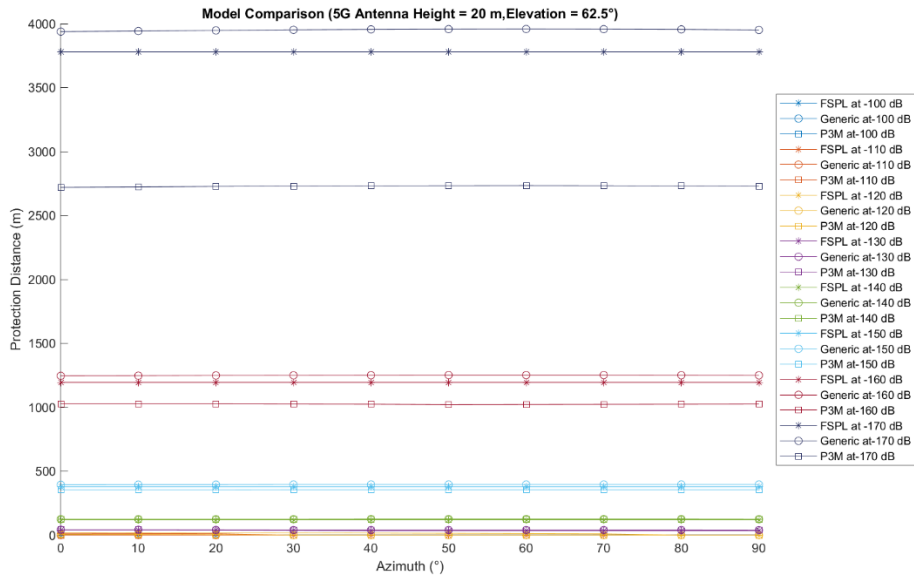
2.2.3 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ กรณีที่งานดาวเทียมมีมุมเงยเป็น 62.5 องศา



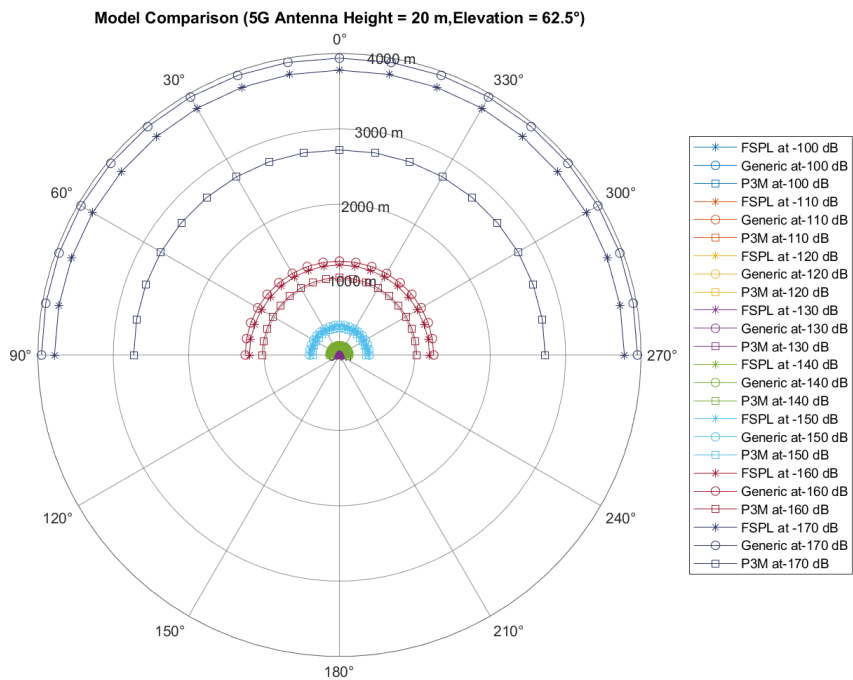
รูป 107 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 10 เมตร



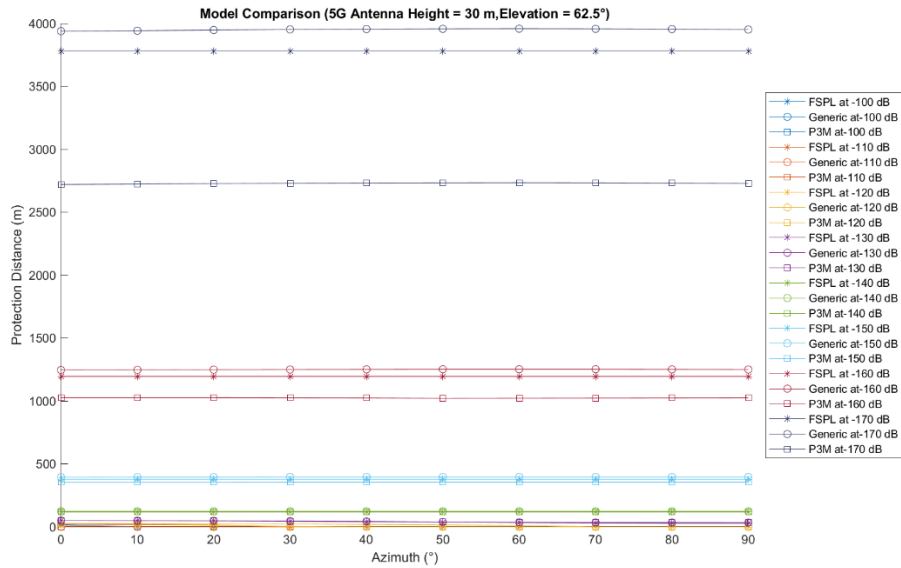
รูป 108 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 10 เมตร



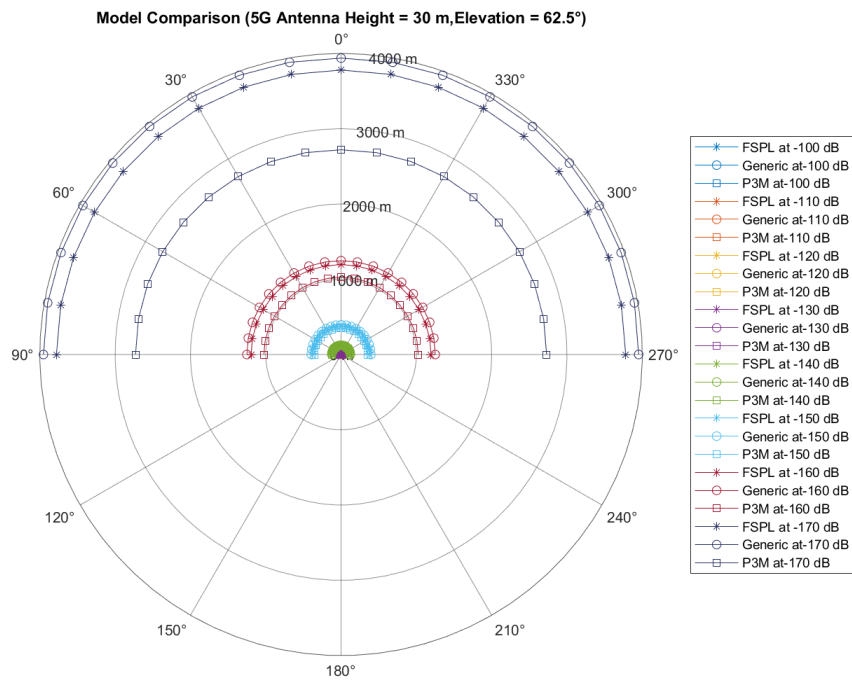
รูป 109 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 20 เมตร



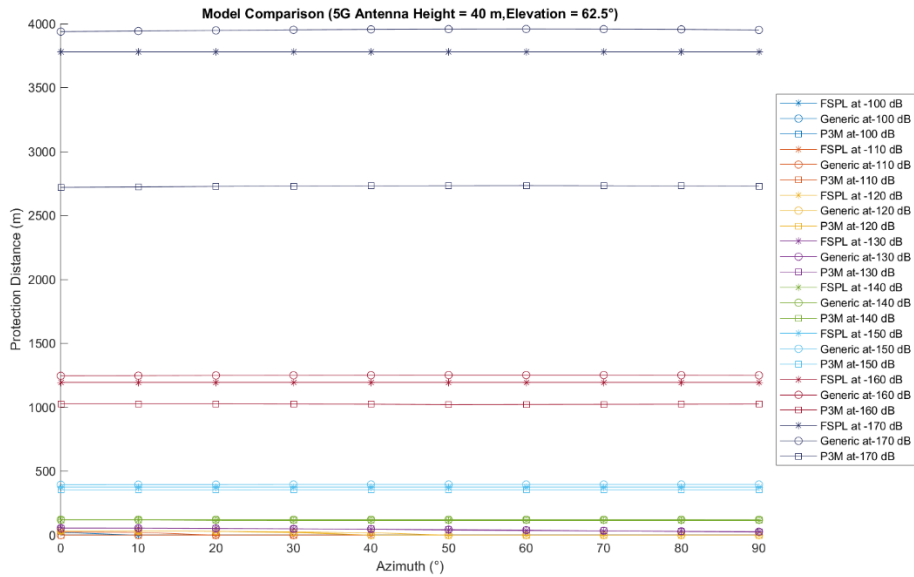
รูป 110 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 20 เมตร



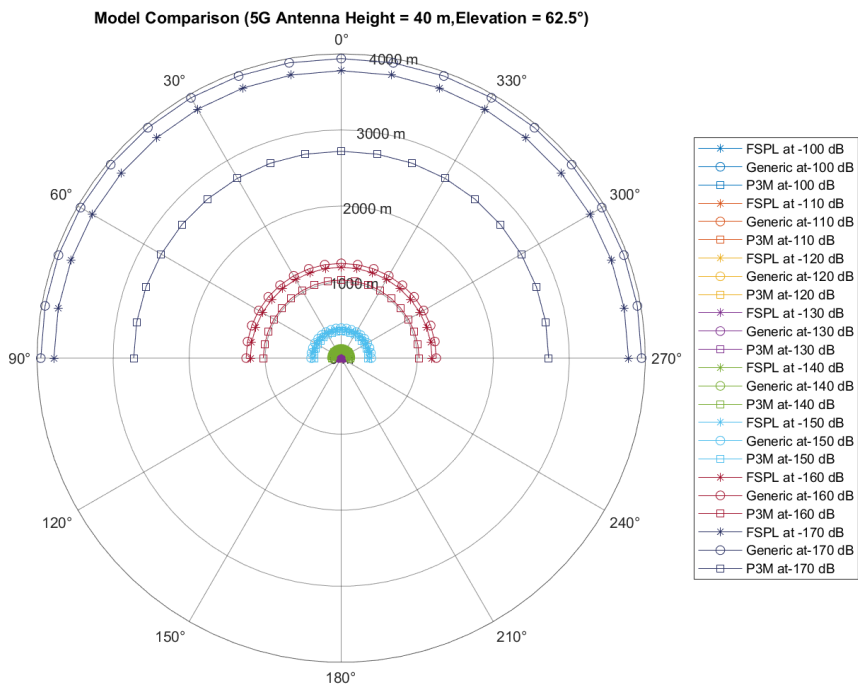
รูป 111 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 30 เมตร



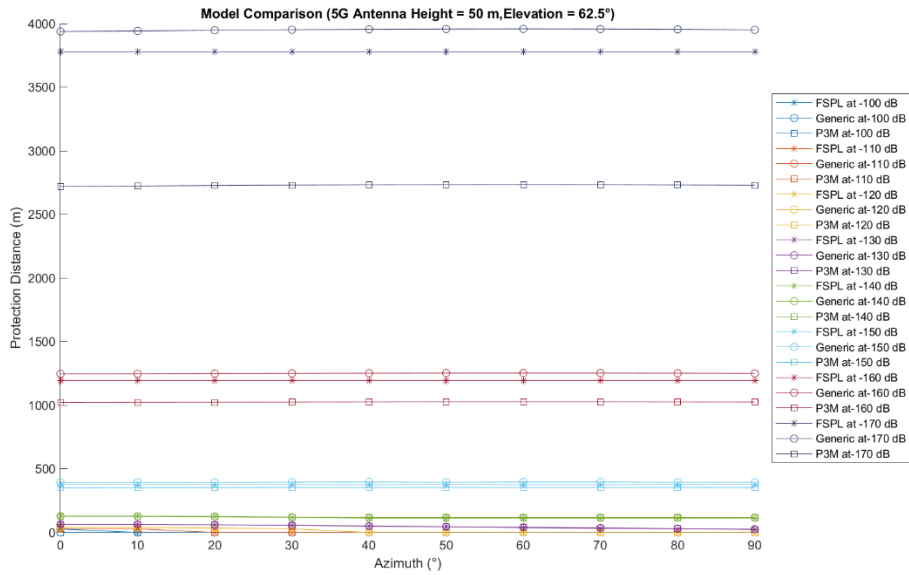
รูป 112 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 30 เมตร



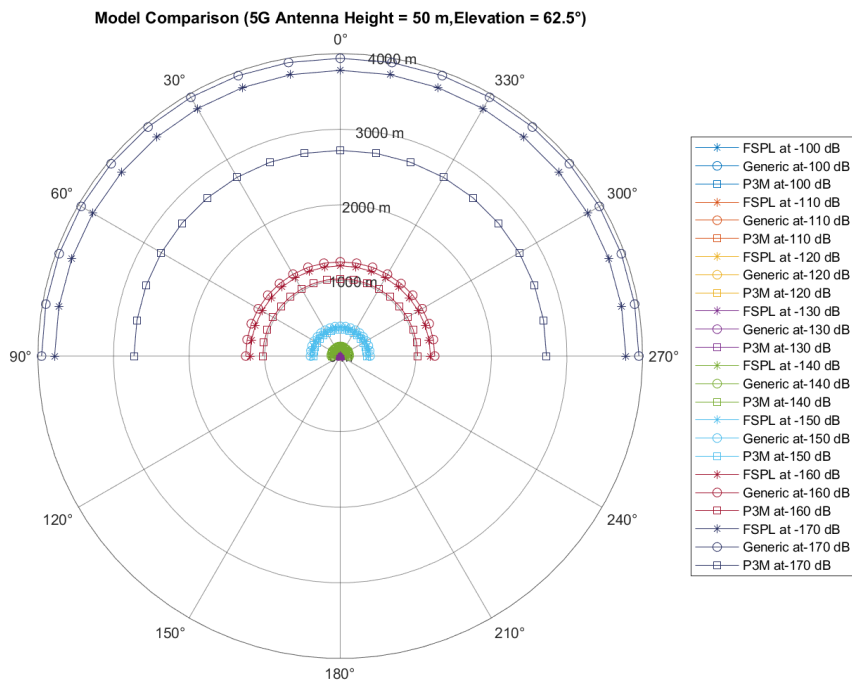
รูป 113 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 40 เมตร



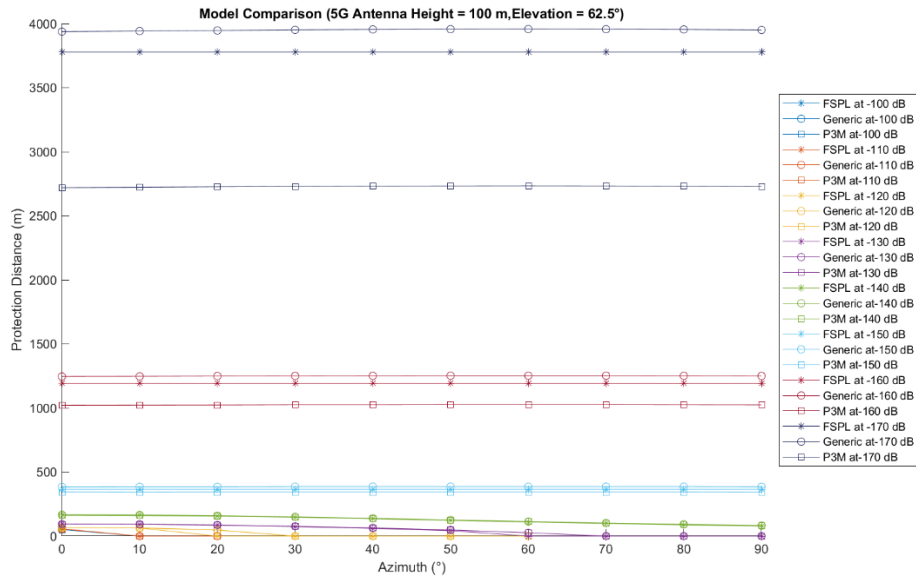
รูป 114 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 40 เมตร



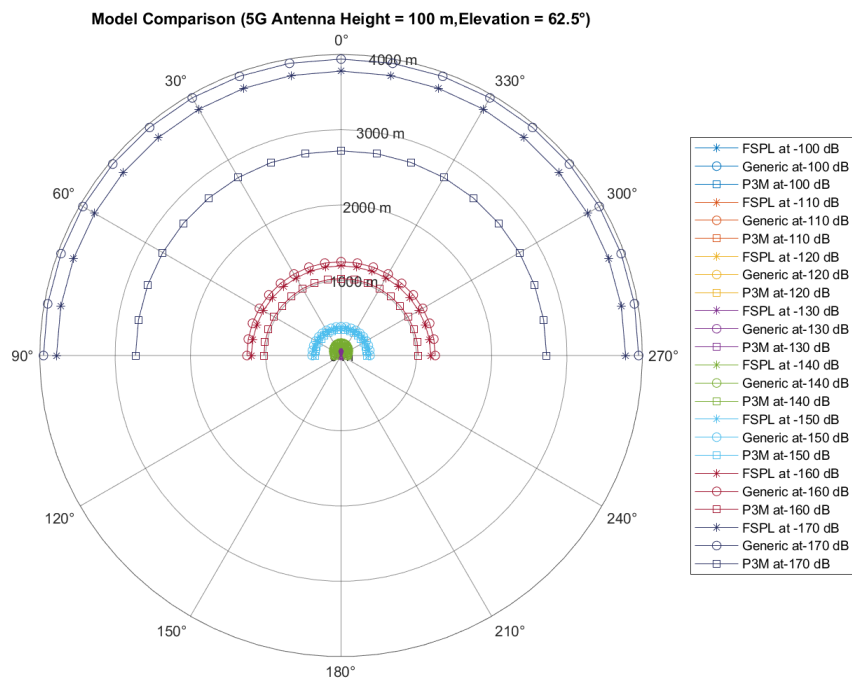
รูป 115 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 50 เมตร



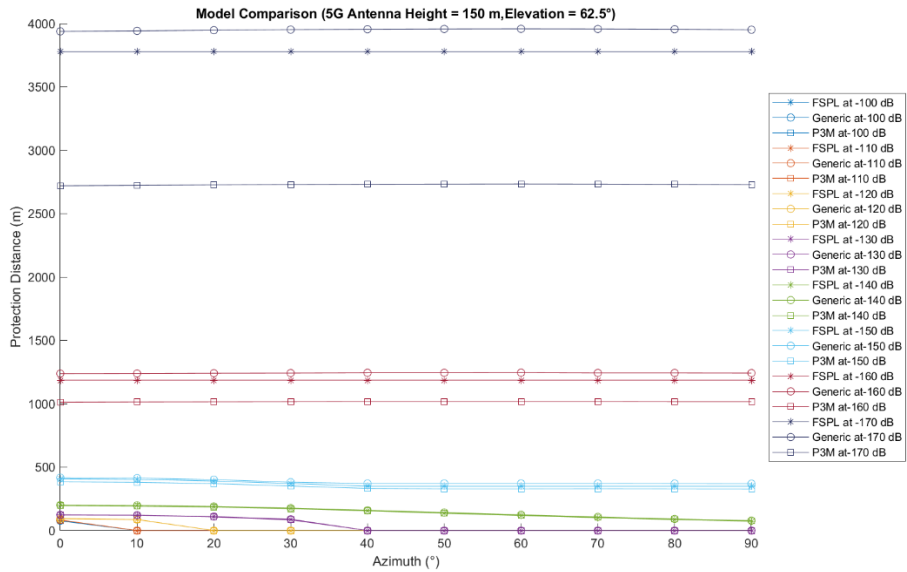
รูป 116 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 50 เมตร



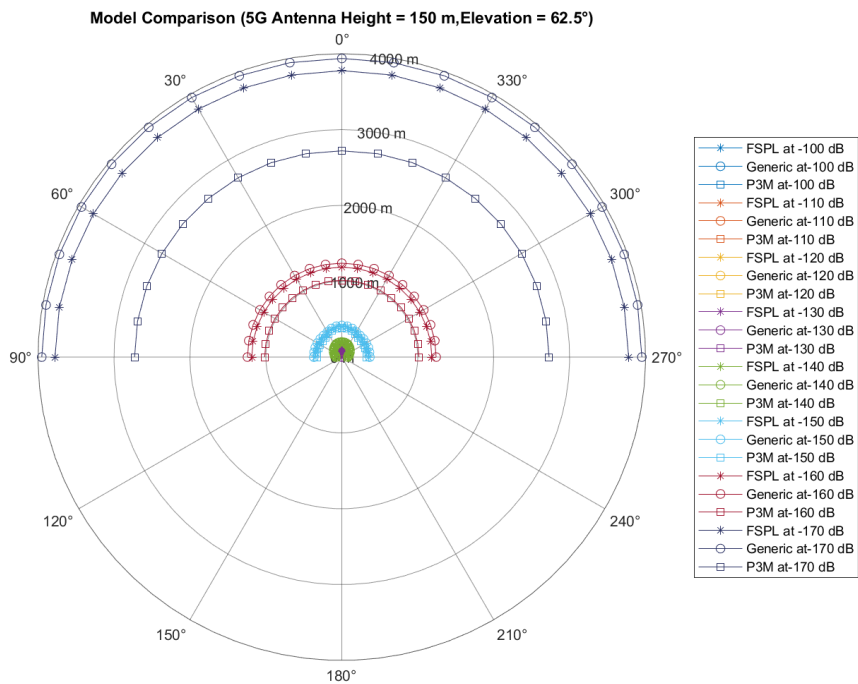
รูป 117 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 100 เมตร



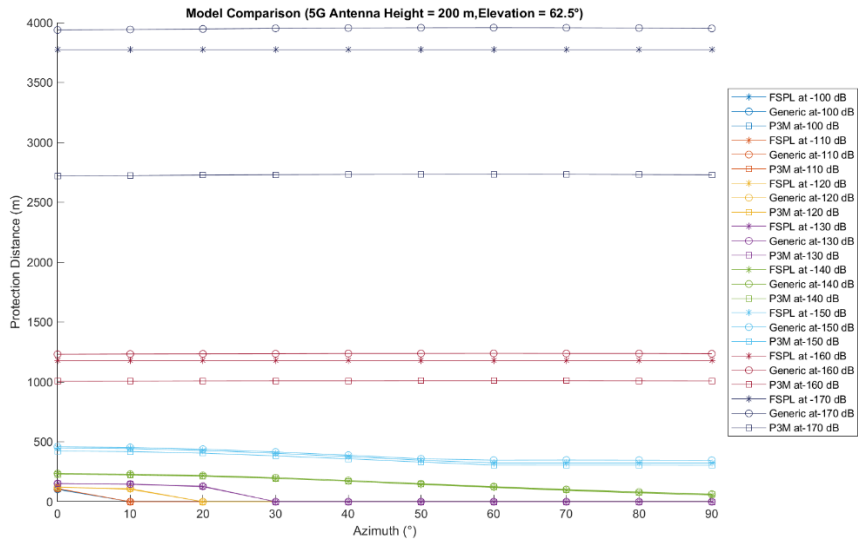
รูป 118 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 100 เมตร



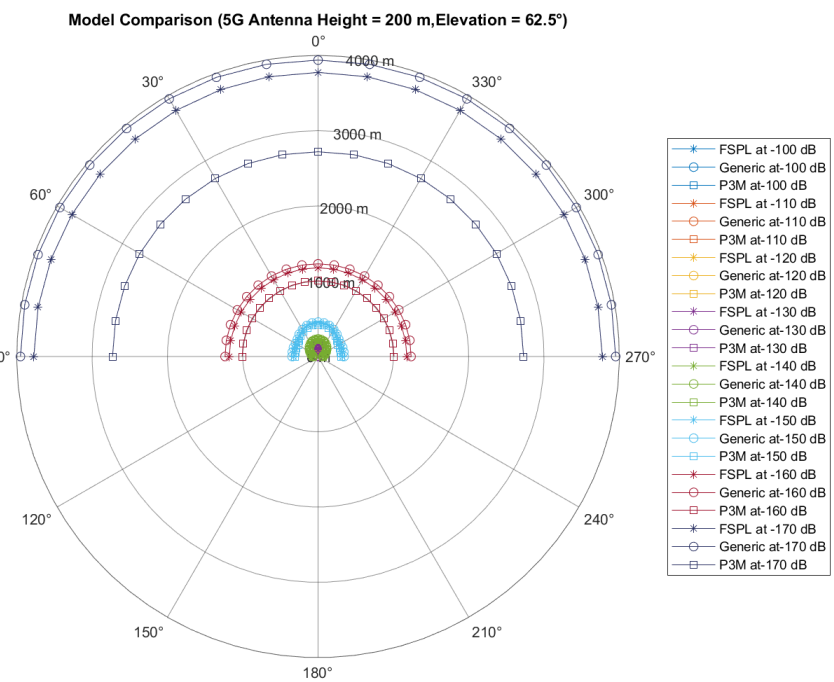
รูป 119 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 150 เมตร



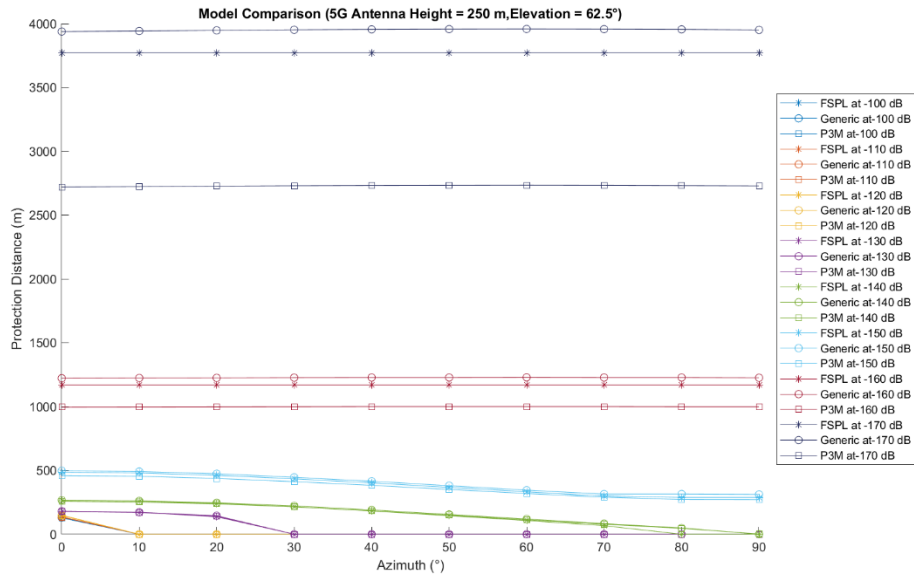
รูป 120 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 150 เมตร



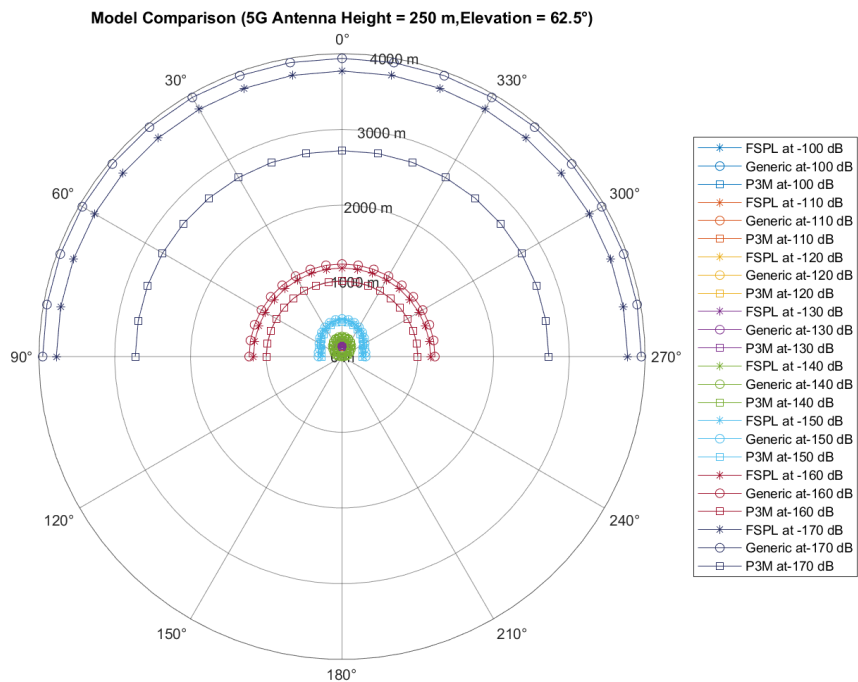
รูป 121 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 200 เมตร



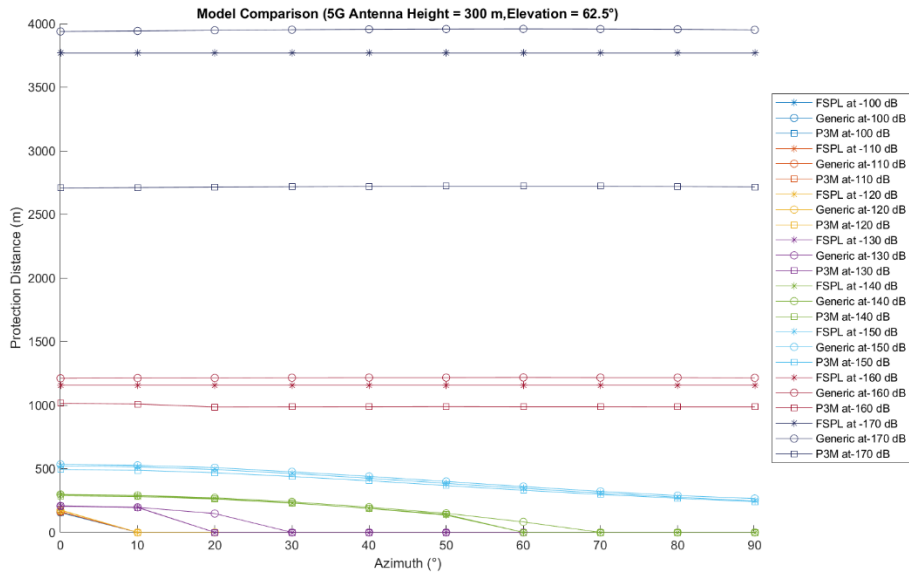
รูป 122 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 200 เมตร



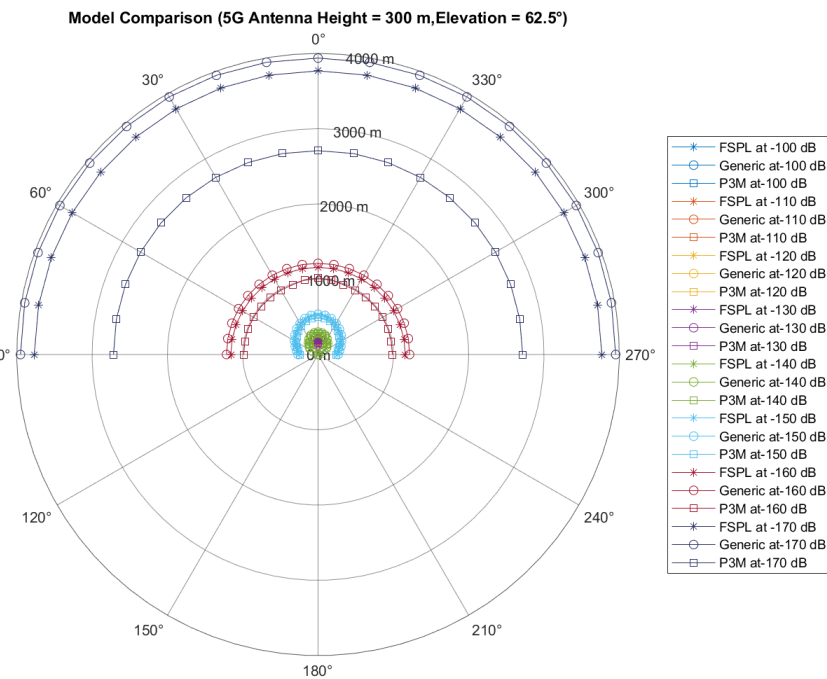
รูป 123 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 250 เมตร



รูป 124 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 250 เมตร



รูป 125 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 300 เมตร



รูป 126 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดเชิงขั้ว เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมมีค่าเป็น 62.5 องศาและความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 300 เมตร

2.3 ผลการจำลองกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G

ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองการแทรกสอดจะแสดงอยู่ในรูปแบบกราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทางต่าง ๆ โดยค่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดที่สถานีฐาน 5G รั่วได้ที่ระยะต่าง ๆ นี้จะถูกนำไปใช้ในการหาระยะห่างป้องกัน ณ ระดับขีดจำกัดการแทรกสอดความสูงของสายอากาศ 5G และมุมเงยจันดาวเทียมค่าต่าง ๆ แล้วนำค่าระยะห่างป้องกันที่ได้ไปจัดทำข้อมูลในรูปแบบของตาราง โดยตารางสรุปค่าระยะห่างป้องกันที่นำเสนอในหัวข้อนี้สามารถถูกชดเชยในภายหลังได้ในลักษณะเดียวกันกับตารางที่ได้จากการจำลองการใช้คลื่นความถี่ร่วมกันในหัวข้อ 1.2.1.4

เนื่องจากการจำลองในหัวข้อนี้จะทำการปรับค่ามุมเงยจันดาวเทียมให้มีค่าเป็น 10, 30 และ 62.5 องศา ค่าความกว้างแถบความถี่ป้องกันให้มีค่าเป็น 0, 50 และ 100 MHz และค่าความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมให้มีค่าเป็น 50, 100, 200, 400, 800 และ 1,000 MHz ดังนั้นการจำลองในหัวข้อนี้จึงแบ่งกรณีการจำลองทั้งหมดออกเป็น 54 กรณีตามการกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว และเพื่อความสะดวกในการนำเสนอผลการจำลอง ในหัวข้อนี้จึงจะนำเสนอเฉพาะตารางสรุปค่าระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M และจะย่อคำบรรยายของตารางด้วยการใช้สมการแทนการอธิบายด้วยประโยค เช่น

- ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมมีค่าเป็น 100 MHz จะแทนด้วย $BW = 100$ MHz
- ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz จะแทนด้วย $GB = 50$ MHz
- มุมเงยจันดาวเทียมมีค่าเป็น 0 องศา จะแทนด้วย $Elev = 0$ องศา

โดย BW คือความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียม GB คือความกว้างแถบความถี่ป้องกัน และ $Elev$ คือมุมเงยจันดาวเทียม

2.3.1 ผลการจำลองกรณีกำหนดมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่ สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz

ตาราง 32 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง เมื่อกำหนด Elev = 10°, BW = 50 MHz และ GB = 0 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	59.8	26.6	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	118.6	70	35.4	21.2	14.2	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8
	-130	301.1	190	104.1	66.4	47.1	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2
	-140	875.8	564.3	315.9	204	146	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6
	-150	2692.5	1746.2	983.9	637.5	457.3	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3
	-160	8438	5484	3095.7	2007.8	1441.2	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7
	-170	26603	17300	9774	6341	4552.4	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7
	-180	>50000	>50000	30891	20044	14391	11868	11868	11868	11868	11868
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45503	37528	37528	37528	37528	37528	
20	-100	99	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	121.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	183.8	84.4	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	369.6	219.3	111.5	67.1	45.2	34.4	34.4	34.4	34.4	34.4
	-140	946.2	598.1	328.3	209.4	148.6	117.8	117.8	117.8	117.8	117.8
	-150	2763.7	1781.6	997.9	644.3	461.3	375	375	375	375	375
	-160	8509	5519	3110.2	2015.1	1445.6	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7
	-170	26675	17336	9789	6349	4556.9	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7
	-180	>50000	>50000	30906	20051	14396	11868	11868	11868	11868	11868
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45508	37528	37528	37528	37528	37528	
30	-100	147.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	181.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	246.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	436.1	242.3	110.4	58	30.2	28	28	28	28	28
	-140	1015.7	629.8	338.3	212.7	149.3	116.1	116.1	116.1	116.1	116.1
	-150	2834.6	1816.3	1011.1	650.5	464.6	374.5	374.5	374.5	374.5	374.5
	-160	8580	5555	3124.5	2022.2	1449.8	1186.5	1186.5	1186.5	1186.5	1186.5
	-170	26747	17372	9803	6356	4561.4	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7
	-180	>50000	>50000	30921	20059	14400	11868	11868	11868	11868	11868
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45512	37528	37528	37528	37528	37528	
40	-100	201.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	240.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	308.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	501.3	258.7	92.7	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6
	-140	1084.2	659.4	346.1	213.8	147.9	113.4	113.4	113.4	113.4	113.4
	-150	2905	1850.2	1023.6	656.1	467.4	373.7	373.7	373.7	373.7	373.7
	-160	8652	5591	3138.5	2029.2	1453.8	1186.2	1186.2	1186.2	1186.2	1186.2
	-170	26818	17408	9818	6364	4565.9	3752.6	3752.6	3752.6	3752.6	3752.6
	-180	>50000	>50000	30935	20066	14405	11868	11868	11868	11868	11868
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45517	37528	37528	37528	37528	37528	
50	-100	259	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	298.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	368.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	565.6	266.6	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1152.1	686.9	351.5	212.6	144.2	109.9	109.9	109.9	109.9	109.9
	-150	2975.2	1883.4	1035.3	660.9	469.5	372.6	372.6	372.6	372.6	372.6
	-160	8723	5626	3152.2	2035.8	1457.6	1185.9	1185.9	1185.9	1185.9	1185.9
	-170	26889	17444	9832	6371	4570.2	3752.5	3752.5	3752.5	3752.5	3752.5
	-180	>50000	>50000	30950	20074	14410	11868	11868	11868	11868	11868
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45521	37527	37527	37527	37527	37527	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	545.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	547.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	666.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	878.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1483.4	795.1	332	119.2	71.2	71.2	71.2	71.2	71.2	71.2
	-150	3321.3	2039.4	1083.1	675.2	470.7	363.1	363.1	363.1	363.1	363.1
	-160	9076	5798	3217.5	2066.1	1473.8	1183	1183	1183	1183	1183
	-170	27246	17622	9903	6406	4591.1	3751.5	3751.5	3751.5	3751.5	3751.5
	-180	>50000	>50000	31023	20111	14432	11867	11867	11867	11867	11867
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45544	37527	37527	37527	37527	37527	
150	-100	832.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	834.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	960.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1182.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1805.6	843.3	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	3661.3	2179.3	1112.4	671.6	454.4	346.2	346.2	346.2	346.2	346.2
	-160	9427	5965	3276.9	2091.1	1485.1	1177.9	1177.9	1177.9	1177.9	1177.9
	-170	27602	17799	9972	6440	4610.4	3749.9	3749.9	3749.9	3749.9	3749.9
	-180	>50000	>50000	31095	20147	14454	11867	11867	11867	11867	11867
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45567	37527	37527	37527	37527	37527	
200	-100	1118.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1121.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1251.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1483.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2122	703.5	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	3996.5	2303.8	1121.7	646.2	413.9	320.7	320.7	320.7	320.7	320.7
	-160	9776	6126	3330.5	2110.8	1491.4	1170.6	1170.6	1170.6	1170.6	1170.6
	-170	27956	17973	10039	6472	4628.1	3747.7	3747.7	3747.7	3747.7	3747.7
	-180	>50000	>50000	31167	20183	14475	11866	11866	11866	11866	11866
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45590	37527	37527	37527	37527	37527	
250	-100	1403.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1408.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1473.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1780.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2434.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	4327.6	2412.7	1106.7	588	320.1	284.3	284.3	284.3	284.3	284.3
	-160	10122	6283	3378.4	2125.3	1492.8	1161.2	1161.2	1161.2	1161.2	1161.2
	-170	28310	18146	10105	6502	4644.3	3744.7	3744.7	3744.7	3744.7	3744.7
	-180	>50000	>50000	31238	20219	14496	11865	11865	11865	11865	11865
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45612	37527	37527	37527	37527	37527	
300	-100	1689.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1694.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1699.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	2076.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2743.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	4655.4	2505.4	1057.9	435.4	232	232	232	232	232	232
	-160	10466	6433	3420.6	2134.3	1489.1	1149.5	1149.5	1149.5	1149.5	1149.5
	-170	28663	18316	10168	6531	4659	3741.1	3741.1	3741.1	3741.1	3741.1
	-180	>50000	>50000	31308	20254	14516	11864	11864	11864	11864	11864
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45634	37526	37526	37526	37526	37526	

ตาราง 33 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง Generic Model เมื่อกำหนด Elev = 10°, BW = 50 MHz และ GB = 0 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	23	8	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	42	27	14	6	-	-	-	-	-	-
	-120	89	65	38	24	18	15	15	15	15	15
	-130	268	177	109	70	50	42	42	42	42	42
	-140	843	597	332	216	153	125	125	125	125	125
	-150	2764	1806	1053	681	484	394	394	394	393	393
	-160	8725	5762	3321	2142	1529	1244	1244	1243	1242	1241
	-170	14807	12685	10507	6770	4833	3931	3931	3930	3927	3924
20	-180	15415	16619	16523	13166	11358	6206	12005	12428	12388	11674
	-190	16901	19715	18748	14737	13752	7140	17905	17135	19005	14418
	-100	73	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	93	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	148	92	30	13	-	-	-	-	-	-
	-130	345	213	120	73	50	40	40	39	39	39
	-140	925	630	347	222	158	125	125	125	125	125
	-150	2838	1909	1069	688	488	394	394	394	393	393
30	-160	8772	5953	3336	2150	1534	1244	1244	1243	1242	1241
	-170	19173	18033	10522	6777	4838	3931	3931	3930	3927	3924
	-180	21377	23515	26750	19125	15154	11790	12432	12428	12419	12407
	-190	23068	24970	26768	19776	19226	14203	22803	21868	23403	18871
	-100	124	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	146	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	209	84	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	422	247	123	69	43	34	33	33	33	33
40	-140	1002	664	360	227	159	123	123	123	123	123
	-150	2894	1942	1084	695	492	394	394	394	393	393
	-160	8829	5993	3350	2157	1539	1244	1244	1243	1242	1241
	-170	23477	18347	10537	6785	4843	3931	3931	3930	3927	3924
	-180	26055	27402	27111	21403	15287	12431	12432	12428	12419	12407
	-190	26905	27716	27758	24735	27050	18672	26920	26530	27857	24224
	-100	175	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	201	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-120	273	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	490	272	116	19	19	19	18	18	18	17
	-140	1090	697	371	229	159	121	121	121	121	121
	-150	2974	1975	1097	701	496	394	394	394	393	393
	-160	8902	6034	3366	2165	1543	1244	1244	1243	1242	1241
	-170	26915	18757	10552	6793	4848	3931	3931	3930	3927	3924
	-180	28280	29552	31206	21411	15292	12431	12432	12428	12419	12407
	-190	30231	31518	31276	28925	27620	22257	29867	29644	31663	29016
50	-100	238	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	264	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	339	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	551	291	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1144	730	377	230	157	118	118	118	118	117
	-150	3040	2017	1111	707	499	392	393	393	391	391
	-160	8986	6071	3380	2172	1548	1244	1244	1243	1242	1241
	-170	27527	18800	10567	6801	4852	3931	3931	3930	3927	3924
-180	30622	32166	32301	21419	15297	12431	12432	12428	12419	12407	
-190	32757	34471	34114	31522	31613	25355	33441	34054	34214	30119	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	558	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	634	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	833	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1486	861	375	182	84	84	84	83	82	81
	-150	3397	2198	1166	723	502	383	383	383	383	382
	-160	9350	6249	3452	2205	1567	1244	1244	1243	1242	1241
	-170	27885	18998	10640	6839	4875	3931	3931	3930	3927	3924
	-180	>35000	>35000	33255	21460	15321	12432	12432	12428	12419	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
150	-100	796	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	829	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	917	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1155	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1814	941	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	3744	2353	1200	722	490	368	368	368	367	366
	-160	9727	6426	3517	2234	1583	1235	1236	1235	1234	1233
	-170	28229	19164	10713	6875	4896	3931	3931	3930	3927	3923
	-180	>35000	>35000	33333	21500	15344	12432	12432	12428	12419	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
200	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1137	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1227	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1466	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2134	940	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	4051	2493	1218	702	457	344	344	344	344	343
	-160	10042	6599	3580	2259	1585	1228	1229	1228	1228	1226
	-170	28587	19354	10788	6910	4916	3931	3932	3930	3927	3923
	-180	>35000	>35000	33405	21536	15368	12432	12432	12428	12419	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
250	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1435	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1499	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1768	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2457	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	4378	2626	1213	654	386	311	311	311	311	308
	-160	10396	6785	3637	2269	1588	1219	1220	1219	1219	1217
	-170	28928	19540	10853	6942	4936	3932	3932	3930	3927	3923
	-180	>35000	>35000	33480	21572	15390	12432	12432	12428	12419	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1712	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1796	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	2041	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2745	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	4735	2729	1180	553	262	262	264	263	262	262
	-160	10735	6949	3688	2282	1586	1208	1209	1208	1208	1206
	-170	29271	19729	10920	6973	4954	3932	3932	3930	3927	3923
	-180	>35000	>35000	33555	21607	15413	12432	12432	12428	12419	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	

ตาราง 34 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง P3M เมื่อกำหนด Elev = 10°, BW = 50 MHz และ GB = 0 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	22	8	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	42	26	14	6	-	-	-	-	-	-
	-120	87	64	38	24	19	15	15	15	15	15
	-130	248	170	106	70	50	42	42	42	42	42
	-140	737	522	302	203	148	121	121	121	121	121
	-150	2028	1468	879	588	429	353	353	353	353	352
	-160	4966	3743	2373	1642	1225	1020	1020	1020	1019	1018
	-170	10323	7974	5656	4136	3201	2719	2719	2718	2716	2713
20	-180	13601	8902	11469	8929	7254	6287	6341	6339	6334	6312
	-190	14650	11902	17062	13404	13445	9831	12568	12492	11304	8252
	-100	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	93	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	145	90	30	14	3	-	-	-	-	-
	-130	312	202	116	72	50	39	39	39	39	39
	-140	792	558	315	209	151	121	121	121	121	121
	-150	2091	1500	891	595	433	353	353	353	353	352
30	-160	5017	3773	2386	1649	1229	1020	1020	1020	1019	1018
	-170	10359	8245	5666	4142	3205	2719	2719	2718	2716	2713
	-180	18336	14834	11478	8933	7257	6341	6341	6339	6334	6328
	-190	19464	17015	20180	16392	13984	12568	12568	12564	12555	12543
	-100	124	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	145	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	203	78	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	387	232	119	68	42	33	33	33	33	33
40	-140	841	589	326	213	153	120	120	120	119	119
	-150	2166	1536	903	601	437	353	353	353	353	352
	-160	5067	3802	2398	1655	1233	1020	1020	1020	1019	1018
	-170	10399	8267	5677	4148	3209	2719	2719	2718	2716	2713
	-180	18535	15458	11487	8938	7260	6341	6341	6339	6334	6328
	-190	22922	21307	20187	16500	13987	12568	12568	12564	12555	12543
	-100	175	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	199	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-120	266	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	456	255	110	19	19	19	18	18	18	17
	-140	913	617	335	215	152	117	117	117	117	117
	-150	2221	1573	914	607	440	353	353	353	353	352
	-160	5117	3829	2410	1661	1237	1020	1020	1020	1019	1018
	-170	10442	8288	5687	4153	3212	2719	2719	2718	2716	2713
	-180	18565	15477	11495	8943	7263	6341	6341	6339	6334	6328
	-190	27143	23986	20194	16503	13989	12568	12568	12564	12555	12543

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	539	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	556	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	617	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	796	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1302	755	329	159	80	80	80	80	79	78
	-150	2560	1730	974	624	443	342	342	342	342	341
	-160	5415	3989	2478	1695	1257	1020	1020	1020	1019	1018
	-170	10691	8430	5748	4185	3233	2719	2719	2718	2716	2713
	-180	18760	15589	11544	8970	7280	6341	6341	6339	6334	6328
-190	30263	25895	20234	16526	14004	12568	12568	12564	12555	12543	
150	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	826	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	891	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1106	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1596	804	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	2851	1858	997	618	426	326	326	326	326	325
	-160	5667	4122	2530	1718	1263	1011	1011	1011	1010	1009
	-170	10883	8544	5796	4210	3249	2719	2719	2718	2716	2713
	-180	18936	15687	11583	8992	7295	6341	6341	6339	6334	6328
-190	30410	25974	20267	16544	14015	12568	12568	12564	12555	12543	
200	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1131	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1188	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1396	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1893	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	3138	1973	999	587	385	302	303	302	302	301
	-160	5915	4245	2573	1728	1267	1004	1004	1003	1002	1002
	-170	11080	8652	5841	4234	3263	2719	2719	2718	2716	2713
	-180	19103	15775	11623	9013	7308	6341	6341	6339	6334	6328
-190	30546	26054	20300	16562	14027	12568	12568	12564	12555	12543	
250	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1419	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1480	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1663	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2189	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	3408	2060	974	520	285	269	270	269	268	268
	-160	6169	4371	2610	1736	1265	994	994	994	993	992
	-170	11289	8766	5887	4255	3276	2719	2719	2718	2716	2713
	-180	19264	15860	11661	9033	7322	6341	6341	6339	6334	6328
-190	30696	26129	20333	16580	14038	12568	12569	12564	12555	12543	
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1684	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1779	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1967	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2469	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	3710	2132	901	222	222	222	223	223	222	224
	-160	6414	4491	2631	1739	1257	982	982	981	980	980
	-170	11501	8870	5931	4276	3288	2707	2707	2705	2703	2701
	-180	19429	15946	11699	9053	7335	6341	6341	6339	6334	6328
-190	30833	26206	20366	16597	14049	12568	12569	12564	12555	12543	

2.3.2 ผลการจำลองกรณีกำหนดมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่ สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz

ตาราง 35 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง เมื่อกำหนด Elev = 10°, BW = 50 MHz และ GB = 100 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวดเบียงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	28.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	28.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	35.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	47.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	81.4	44.3	19.3	-	-	-	-	-	-	-
	-150	185	114.1	60.9	38.1	26.7	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6
	-160	509.7	326	181.2	116.4	83.1	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8
	-170	1535	993.2	558.4	361.3	259	211.8	211.8	211.8	211.8	211.8
	-180	4776.9	3102.1	1750.2	1134.7	814.3	669.7	669.7	669.7	669.7	669.7
-190	15029	9771	5519	3580	2570	2117.8	2117.8	2117.8	2117.8	2117.8	
20	-100	86	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	86.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	86.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	107.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	144.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	252	138.5	61.6	30.9	15	15	15	15	15	15
	-160	579.3	358.1	191.7	120.2	84.2	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3
	-170	1605.9	1028	571.8	367.6	262.5	211.3	211.3	211.3	211.3	211.3
	-180	4848.3	3137.8	1764.5	1141.8	818.6	669.6	669.6	669.6	669.6	669.6
-190	15100	9807	5534	3587.4	2574.5	2117.7	2117.7	2117.7	2117.7	2117.7	
30	-100	143	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	143.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	143.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	166.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	205.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	316.7	150.3	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	647.5	386.6	198.2	120.1	81.6	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2
	-170	1676.2	1061.6	583.8	372.8	264.9	210.3	210.3	210.3	210.3	210.3
	-180	4919.4	3173.2	1778.4	1148.6	822.5	669.3	669.3	669.3	669.3	669.3
-190	15172	9843	5548	3594.7	2578.9	2117.6	2117.6	2117.6	2117.6	2117.6	
40	-100	199.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	200.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	201.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	224.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	265.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	380	117.7	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	714.6	411.6	200.2	115.2	73.7	57.1	57.1	57.1	57.1	57.1
	-170	1745.9	1093.9	594.6	376.8	266.2	208.9	208.9	208.9	208.9	208.9
	-180	4990.4	3208	1791.8	1155.1	826	668.8	668.8	668.8	668.8	668.8
-190	15243	9879	5563	3601.9	2583.2	2117.5	2117.5	2117.5	2117.5	2117.5	
50	-100	256.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	257.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	258.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	262.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	325.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	442.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	780.7	433.2	196.7	102.7	52.2	49.6	49.6	49.6	49.6	49.6
	-170	1815.1	1125	604.1	379.6	266.4	207	207	207	207	207
	-180	5062	3242.5	1804.8	1161.1	829.2	668.2	668.2	668.2	668.2	668.2
-190	15315	9914	5577	3609	2587.4	2117.3	2117.3	2117.3	2117.3	2117.3	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	542.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	545	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	546.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	618.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	746.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	1102.6	468.7	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	2154.8	1263.7	631.7	374.1	247.9	189.3	189.3	189.3	189.3	189.3
	-180	5412	3408.9	1863.8	1185.7	840.1	663	663	663	663	663
-190	15670	10091	5646	3642.6	2606.6	2115.7	2115.7	2115.7	2115.7	2115.7	
150	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	826.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	830.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	833.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	835.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1044.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	1415.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	2486.5	1374.9	620	319.5	154.4	154.4	154.4	154.4	154.4	154.4
	-180	5759	3565.7	1912.5	1200.9	842.2	653.9	653.9	653.9	653.9	653.9
-190	16024	10263	5711	3673.2	2623	2112.8	2112.8	2112.8	2112.8	2112.8	
200	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1109.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1116.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1119.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1122.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1339.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	1723.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	2812.5	1456.5	532.4	82.7	82.7	82.7	82.7	82.7	82.7	82.7
	-180	6102	3713.5	1951.1	1206.4	835.1	640.7	640.7	640.7	640.7	640.7
-190	16376	10433	5773	3700.7	2636.7	2108.8	2108.8	2108.8	2108.8	2108.8	
250	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1401.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1406.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1410.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1633	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	2027.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	3134.2	1501.2	-	-	-	-	-	-	-	-
	-180	6441	3852.4	1979.3	1201.7	817.7	623.3	623.3	623.3	623.3	623.3
-190	16727	10599	5832	3725.4	2647.6	2103.6	2103.6	2103.6	2103.6	2103.6	
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1685.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1692.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1697.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1924.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	2329	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	3452.5	1488.8	-	-	-	-	-	-	-	-
	-180	6778	3982.6	1996.5	1185.4	787.9	601.3	601.3	601.3	601.3	601.3
-190	17076	10763	5888	3747.1	2655.8	2097.1	2097.1	2097.1	2097.1	2097.1	

ตาราง 36 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง Generic Model เมื่อกำหนด Elev = 10°, BW = 50 MHz และ GB = 100 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	14	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	32	17	4	-	-	-	-	-	-	-
	-140	57	42	23	15	9	6	6	6	6	6
	-150	147	110	63	42	30	24	24	24	24	24
	-160	505	333	187	123	89	71	71	71	71	71
	-170	1567	1052	595	381	274	222	223	222	222	222
	-180	4920	3201	1875	1210	864	702	702	702	701	701
-190	14755	9927	5929	3823	2727	2219	2219	2218	2216	2214	
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	67	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	81	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	113	53	4	-	-	-	-	-	-	-
	-150	216	139	70	41	25	16	16	16	16	16
	-160	563	370	200	129	91	70	70	70	70	70
	-170	1621	1091	609	389	279	222	223	222	222	222
	-180	4995	3374	1891	1218	868	702	702	702	701	701
-190	15503	10517	5944	3831	2732	2219	2219	2218	2216	2214	
30	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	115	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	133	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	168	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	283	159	56	6	-	-	-	-	-	-
	-160	626	403	212	130	90	68	68	68	68	67
	-170	1692	1135	622	396	282	222	222	222	222	222
	-180	5064	3419	1906	1225	873	702	702	702	701	701
-190	15584	10609	5960	3838	2737	2219	2219	2218	2216	2214	
40	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	162	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	172	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	187	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	231	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	357	171	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	696	437	217	128	84	64	64	63	63	63
	-170	1778	1171	635	401	283	220	221	220	220	220
	-180	5133	3458	1921	1232	877	702	702	702	701	701
-190	15651	10652	5976	3846	2741	2219	2219	2218	2216	2214	
50	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	232	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	246	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	291	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	427	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	761	465	218	120	71	57	57	57	56	56
	-170	1840	1204	647	406	284	219	219	219	219	219
	-180	5191	3491	1936	1239	881	702	702	702	701	701
-190	15724	10697	5992	3854	2746	2219	2219	2218	2216	2214	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	550	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	586	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	717	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	1098	539	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	2200	1360	683	406	270	203	203	203	203	203
	-180	5567	3681	2001	1268	892	696	696	696	696	695
-190	16110	10882	6066	3891	2767	2219	2219	2218	2216	2214	
150	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	815	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	846	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1013	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	1410	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	2520	1498	683	368	205	172	172	172	172	172
	-180	5902	3844	2055	1283	896	688	688	687	687	686
-190	16449	11051	6135	3923	2787	2219	2219	2218	2216	2214	
200	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1115	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1160	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1318	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	1710	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	2848	1602	628	110	110	111	111	110	109	107
	-180	6247	4002	2105	1292	892	675	675	675	675	674
-190	16841	11237	6201	3954	2805	2219	2219	2218	2216	2214	
250	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1393	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1463	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1608	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	3171	1667	-	-	-	-	-	-	-	-
	-180	6573	4167	2133	1291	877	659	659	659	658	658
-190	17152	11426	6267	3982	2821	2206	2206	2205	2203	2201	
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1761	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1906	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	2303	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	3488	1705	-	-	-	-	-	-	-	-
	-180	6918	4309	2158	1279	851	638	638	638	637	637
-190	17479	11611	6330	4009	2820	2200	2199	2198	2197	2195	

ตาราง 37 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง P3M เมื่อกำหนด Elev = 10°, BW = 50 MHz และ GB = 100 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	13	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	31	17	4	-	-	-	-	-	-	-
	-140	56	42	23	15	10	6	6	6	6	6
	-150	142	107	62	42	30	24	24	24	24	24
	-160	446	300	177	119	87	71	71	71	71	70
	-170	1250	882	523	343	254	209	209	209	209	209
	-180	3242	2382	1467	993	733	606	606	606	606	605
-190	7322	5681	3745	2658	2016	1693	1693	1692	1691	1689	
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	67	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	81	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	111	52	4	-	-	-	-	-	-	-
	-150	204	136	69	40	25	16	16	16	16	16
	-160	514	336	190	124	89	70	70	69	69	69
	-170	1312	913	536	350	258	209	209	209	209	209
	-180	3317	2413	1480	1000	737	606	606	606	606	605
-190	7365	5706	3757	2664	2020	1693	1693	1692	1691	1689	
30	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	115	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	132	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	166	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	270	154	56	9	-	-	-	-	-	-
	-160	566	368	200	126	88	67	67	67	67	66
	-170	1375	946	548	356	261	208	209	209	208	209
	-180	3367	2443	1493	1006	741	606	606	606	606	605
-190	7411	5732	3768	2670	2024	1693	1693	1692	1691	1689	
40	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	172	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	185	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	227	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	332	164	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	624	395	204	123	82	63	63	62	62	62
	-170	1435	980	559	361	261	207	207	207	206	207
	-180	3415	2472	1505	1013	745	606	606	606	606	605
-190	7459	5756	3779	2676	2028	1693	1693	1692	1691	1689	
50	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	232	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	244	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	285	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	404	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	689	422	205	114	69	56	56	56	55	55
	-170	1495	1009	569	363	262	205	205	205	205	205
	-180	3469	2500	1517	1018	748	606	606	606	606	605
-190	7512	5780	3790	2682	2031	1693	1693	1692	1691	1689	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	548	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	577	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	692	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	987	472	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	1800	1151	594	360	246	190	190	190	190	190
	-180	3757	2650	1572	1043	757	600	600	600	599	599
-190	7740	5901	3843	2710	2048	1693	1693	1692	1691	1689	
150	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	811	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	838	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	970	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	1295	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	2084	1251	578	310	176	159	159	159	159	158
	-180	4006	2781	1613	1053	758	590	591	590	590	589
-190	7951	6032	3894	2735	2063	1693	1693	1692	1691	1689	
200	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1106	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1150	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1281	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	1585	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	2406	1323	474	98	98	99	99	98	96	95
	-180	4284	2910	1638	1055	748	577	577	577	577	576
-190	8180	6152	3942	2758	2076	1684	1684	1683	1682	1680	
250	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1452	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1566	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	1876	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	2669	1348	-	-	-	-	-	-	-	-
	-180	4539	3027	1657	1046	728	559	560	559	559	559
-190	8416	6267	3986	2778	2075	1678	1679	1678	1676	1674	
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1740	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1836	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	2172	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	2951	1277	-	-	-	-	-	-	-	-
	-180	4810	3129	1663	1023	693	537	537	537	536	536
-190	8628	6377	4027	2784	2079	1671	1672	1671	1670	1667	

2.3.3 ผลการจำลองกรณีกำหนดมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่ สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz

ตาราง 38 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง เมื่อกำหนด Elev = 10°, BW = 100 MHz และ GB = 0 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	59.8	26.6	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	118.6	70	35.4	21.2	14.2	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8
	-130	301.1	190	104.1	66.4	47.1	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2
	-140	875.8	564.3	315.9	204	146	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6
	-150	2692.5	1746.2	983.9	637.5	457.3	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3
	-160	8438	5484	3095.7	2007.8	1441.2	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7
	-170	26603	17300	9774	6341	4552.4	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7
	-180	>50000	>50000	30891	20044	14391	11868	11868	11868	11868	11868
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45503	37528	37528	37528	37528	37528	
20	-100	99	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	121.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	183.8	84.4	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	369.6	219.3	111.5	67.1	45.2	34.4	34.4	34.4	34.4	34.4
	-140	946.2	598.1	328.3	209.4	148.6	117.8	117.8	117.8	117.8	117.8
	-150	2763.7	1781.6	997.9	644.3	461.3	375	375	375	375	375
	-160	8509	5519	3110.2	2015.1	1445.6	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7
	-170	26675	17336	9789	6349	4556.9	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7
	-180	>50000	>50000	30906	20051	14396	11868	11868	11868	11868	11868
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45508	37528	37528	37528	37528	37528	
30	-100	147.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	181.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	246.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	436.1	242.3	110.4	58	30.2	28	28	28	28	28
	-140	1015.7	629.8	338.3	212.7	149.3	116.1	116.1	116.1	116.1	116.1
	-150	2834.6	1816.3	1011.1	650.5	464.6	374.5	374.5	374.5	374.5	374.5
	-160	8580	5555	3124.5	2022.2	1449.8	1186.5	1186.5	1186.5	1186.5	1186.5
	-170	26747	17372	9803	6356	4561.4	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7
	-180	>50000	>50000	30921	20059	14400	11868	11868	11868	11868	11868
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45512	37528	37528	37528	37528	37528	
40	-100	201.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	240.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	308.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	501.3	258.7	92.7	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6
	-140	1084.2	659.4	346.1	213.8	147.9	113.4	113.4	113.4	113.4	113.4
	-150	2905	1850.2	1023.6	656.1	467.4	373.7	373.7	373.7	373.7	373.7
	-160	8652	5591	3138.5	2029.2	1453.8	1186.2	1186.2	1186.2	1186.2	1186.2
	-170	26818	17408	9818	6364	4565.9	3752.6	3752.6	3752.6	3752.6	3752.6
	-180	>50000	>50000	30935	20066	14405	11868	11868	11868	11868	11868
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45517	37528	37528	37528	37528	37528	
50	-100	259	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	298.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	368.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	565.6	266.6	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1152.1	686.9	351.5	212.6	144.2	109.9	109.9	109.9	109.9	109.9
	-150	2975.2	1883.4	1035.3	660.9	469.5	372.6	372.6	372.6	372.6	372.6
	-160	8723	5626	3152.2	2035.8	1457.6	1185.9	1185.9	1185.9	1185.9	1185.9
	-170	26889	17444	9832	6371	4570.2	3752.5	3752.5	3752.5	3752.5	3752.5
	-180	>50000	>50000	30950	20074	14410	11868	11868	11868	11868	11868
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45521	37527	37527	37527	37527	37527	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	545.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	547.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	666.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	878.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1483.4	795.1	332	119.2	71.2	71.2	71.2	71.2	71.2	71.2
	-150	3321.3	2039.4	1083.1	675.2	470.7	363.1	363.1	363.1	363.1	363.1
	-160	9076	5798	3217.5	2066.1	1473.8	1183	1183	1183	1183	1183
	-170	27246	17622	9903	6406	4591.1	3751.5	3751.5	3751.5	3751.5	3751.5
	-180	>50000	>50000	31023	20111	14432	11867	11867	11867	11867	11867
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45544	37527	37527	37527	37527	37527	
150	-100	832.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	834.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	960.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1182.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1805.6	843.3	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	3661.3	2179.3	1112.4	671.6	454.4	346.2	346.2	346.2	346.2	346.2
	-160	9427	5965	3276.9	2091.1	1485.1	1177.9	1177.9	1177.9	1177.9	1177.9
	-170	27602	17799	9972	6440	4610.4	3749.9	3749.9	3749.9	3749.9	3749.9
	-180	>50000	>50000	31095	20147	14454	11867	11867	11867	11867	11867
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45567	37527	37527	37527	37527	37527	
200	-100	1118.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1121.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1251.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1483.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2122	703.5	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	3996.5	2303.8	1121.7	646.2	413.9	320.7	320.7	320.7	320.7	320.7
	-160	9776	6126	3330.5	2110.8	1491.4	1170.6	1170.6	1170.6	1170.6	1170.6
	-170	27956	17973	10039	6472	4628.1	3747.7	3747.7	3747.7	3747.7	3747.7
	-180	>50000	>50000	31167	20183	14475	11866	11866	11866	11866	11866
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45590	37527	37527	37527	37527	37527	
250	-100	1403.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1408.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1473.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1780.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2434.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	4327.6	2412.7	1106.7	588	320.1	284.3	284.3	284.3	284.3	284.3
	-160	10122	6283	3378.4	2125.3	1492.8	1161.2	1161.2	1161.2	1161.2	1161.2
	-170	28310	18146	10105	6502	4644.3	3744.7	3744.7	3744.7	3744.7	3744.7
	-180	>50000	>50000	31238	20219	14496	11865	11865	11865	11865	11865
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45612	37527	37527	37527	37527	37527	
300	-100	1689.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1694.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1699.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	2076.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2743.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	4655.4	2505.4	1057.9	435.4	232	232	232	232	232	232
	-160	10466	6433	3420.6	2134.3	1489.1	1149.5	1149.5	1149.5	1149.5	1149.5
	-170	28663	18316	10168	6531	4659	3741.1	3741.1	3741.1	3741.1	3741.1
	-180	>50000	>50000	31308	20254	14516	11864	11864	11864	11864	11864
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	45634	37526	37526	37526	37526	37526	

ตาราง 39 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง Generic Model เมื่อกำหนด Elev = 10°, BW = 100 MHz และ GB = 0 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	23	8	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	42	27	14	6	-	-	-	-	-	-
	-120	89	65	38	24	18	15	15	15	15	15
	-130	268	177	109	70	50	42	42	42	42	42
	-140	843	597	332	216	153	125	125	125	125	125
	-150	2764	1806	1053	681	484	394	394	394	393	393
	-160	8725	5762	3321	2142	1529	1244	1244	1243	1242	1241
	-170	14807	12685	10507	6770	4833	3931	3931	3930	3927	3924
20	-180	15415	16619	16523	13166	11358	6206	12005	12428	12388	11674
	-190	16901	19715	18748	14737	13752	7140	17905	17135	19005	14418
	-100	73	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	93	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	148	92	30	13	-	-	-	-	-	-
	-130	345	213	120	73	50	40	40	39	39	39
	-140	925	630	347	222	158	125	125	125	125	125
	-150	2838	1909	1069	688	488	394	394	394	393	393
30	-160	8772	5953	3336	2150	1534	1244	1244	1243	1242	1241
	-170	19173	18033	10522	6777	4838	3931	3931	3930	3927	3924
	-180	21377	23515	26750	19125	15154	11790	12432	12428	12419	12407
	-190	23068	24970	26768	19776	19226	14203	22803	21868	23403	18871
	-100	124	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	146	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	209	84	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	422	247	123	69	43	34	33	33	33	33
40	-140	1002	664	360	227	159	123	123	123	123	123
	-150	2894	1942	1084	695	492	394	394	394	393	393
	-160	8829	5993	3350	2157	1539	1244	1244	1243	1242	1241
	-170	23477	18347	10537	6785	4843	3931	3931	3930	3927	3924
	-180	26055	27402	27111	21403	15287	12431	12432	12428	12419	12407
	-190	26905	27716	27758	24735	27050	18672	26920	26530	27857	24224
	-100	175	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	201	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-120	273	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	490	272	116	19	19	19	18	18	18	17
	-140	1090	697	371	229	159	121	121	121	121	121
	-150	2974	1975	1097	701	496	394	394	394	393	393
	-160	8902	6034	3366	2165	1543	1244	1244	1243	1242	1241
	-170	26915	18757	10552	6793	4848	3931	3931	3930	3927	3924
	-180	28280	29552	31206	21411	15292	12431	12432	12428	12419	12407
	-190	30231	31518	31276	28925	27620	22257	29867	29644	31663	29016
50	-100	238	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	264	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	339	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	551	291	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1144	730	377	230	157	118	118	118	118	117
	-150	3040	2017	1111	707	499	392	393	393	391	391
	-160	8986	6071	3380	2172	1548	1244	1244	1243	1242	1241
	-170	27527	18800	10567	6801	4852	3931	3931	3930	3927	3924
-180	30622	32166	32301	21419	15297	12431	12432	12428	12419	12407	
-190	32757	34471	34114	31522	31613	25355	33441	34054	34214	30119	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	558	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	634	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	833	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1486	861	375	182	84	84	84	83	82	81
	-150	3397	2198	1166	723	502	383	383	383	383	382
	-160	9350	6249	3452	2205	1567	1244	1244	1243	1242	1241
	-170	27885	18998	10640	6839	4875	3931	3931	3930	3927	3924
	-180	>35000	>35000	33255	21460	15321	12432	12432	12428	12419	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
150	-100	796	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	829	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	917	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1155	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1814	941	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	3744	2353	1200	722	490	368	368	368	367	366
	-160	9727	6426	3517	2234	1583	1235	1236	1235	1234	1233
	-170	28229	19164	10713	6875	4896	3931	3931	3930	3927	3923
	-180	>35000	>35000	33333	21500	15344	12432	12432	12428	12419	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
200	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1137	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1227	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1466	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2134	940	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	4051	2493	1218	702	457	344	344	344	344	343
	-160	10042	6599	3580	2259	1585	1228	1229	1228	1228	1226
	-170	28587	19354	10788	6910	4916	3931	3932	3930	3927	3923
	-180	>35000	>35000	33405	21536	15368	12432	12432	12428	12419	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
250	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1435	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1499	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1768	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2457	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	4378	2626	1213	654	386	311	311	311	311	308
	-160	10396	6785	3637	2269	1588	1219	1220	1219	1219	1217
	-170	28928	19540	10853	6942	4936	3932	3932	3930	3927	3923
	-180	>35000	>35000	33480	21572	15390	12432	12432	12428	12419	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1712	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1796	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	2041	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2745	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	4735	2729	1180	553	262	262	264	263	262	262
	-160	10735	6949	3688	2282	1586	1208	1209	1208	1208	1206
	-170	29271	19729	10920	6973	4954	3932	3932	3930	3927	3923
	-180	>35000	>35000	33555	21607	15413	12432	12432	12428	12419	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	

ตาราง 40 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง P3M เมื่อกำหนด Elev = 10°, BW = 100 MHz และ GB = 0 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	22	8	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	42	26	14	6	-	-	-	-	-	-
	-120	87	64	38	24	19	15	15	15	15	15
	-130	248	170	106	70	50	42	42	42	42	42
	-140	737	522	302	203	148	121	121	121	121	121
	-150	2028	1468	879	588	429	353	353	353	353	352
	-160	4966	3743	2373	1642	1225	1020	1020	1020	1019	1018
	-170	10323	7974	5656	4136	3201	2719	2719	2718	2716	2713
20	-180	13601	8902	11469	8929	7254	6287	6341	6339	6334	6312
	-190	14650	11902	17062	13404	13445	9831	12568	12492	11304	8252
	-100	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	93	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	145	90	30	14	3	-	-	-	-	-
	-130	312	202	116	72	50	39	39	39	39	39
	-140	792	558	315	209	151	121	121	121	121	121
	-150	2091	1500	891	595	433	353	353	353	353	352
30	-160	5017	3773	2386	1649	1229	1020	1020	1020	1019	1018
	-170	10359	8245	5666	4142	3205	2719	2719	2718	2716	2713
	-180	18336	14834	11478	8933	7257	6341	6341	6339	6334	6328
	-190	19464	17015	20180	16392	13984	12568	12568	12564	12555	12543
	-100	124	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	145	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	203	78	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	387	232	119	68	42	33	33	33	33	33
40	-140	841	589	326	213	153	120	120	120	119	119
	-150	2166	1536	903	601	437	353	353	353	353	352
	-160	5067	3802	2398	1655	1233	1020	1020	1020	1019	1018
	-170	10399	8267	5677	4148	3209	2719	2719	2718	2716	2713
	-180	18535	15458	11487	8938	7260	6341	6341	6339	6334	6328
	-190	22922	21307	20187	16500	13987	12568	12568	12564	12555	12543
	-100	175	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	199	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-120	266	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	456	255	110	19	19	19	18	18	18	17
	-140	913	617	335	215	152	117	117	117	117	117
	-150	2221	1573	914	607	440	353	353	353	353	352
	-160	5117	3829	2410	1661	1237	1020	1020	1020	1019	1018
	-170	10442	8288	5687	4153	3212	2719	2719	2718	2716	2713
	-180	18565	15477	11495	8943	7263	6341	6341	6339	6334	6328
	-190	27143	23986	20194	16503	13989	12568	12568	12564	12555	12543

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	539	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	556	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	617	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	796	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1302	755	329	159	80	80	80	80	79	78
	-150	2560	1730	974	624	443	342	342	342	342	341
	-160	5415	3989	2478	1695	1257	1020	1020	1020	1019	1018
	-170	10691	8430	5748	4185	3233	2719	2719	2718	2716	2713
	-180	18760	15589	11544	8970	7280	6341	6341	6339	6334	6328
-190	30263	25895	20234	16526	14004	12568	12568	12564	12555	12543	
150	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	826	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	891	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1106	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1596	804	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	2851	1858	997	618	426	326	326	326	326	325
	-160	5667	4122	2530	1718	1263	1011	1011	1011	1010	1009
	-170	10883	8544	5796	4210	3249	2719	2719	2718	2716	2713
	-180	18936	15687	11583	8992	7295	6341	6341	6339	6334	6328
-190	30410	25974	20267	16544	14015	12568	12568	12564	12555	12543	
200	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1131	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1188	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1396	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1893	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	3138	1973	999	587	385	302	303	302	302	301
	-160	5915	4245	2573	1728	1267	1004	1004	1003	1002	1002
	-170	11080	8652	5841	4234	3263	2719	2719	2718	2716	2713
	-180	19103	15775	11623	9013	7308	6341	6341	6339	6334	6328
-190	30546	26054	20300	16562	14027	12568	12568	12564	12555	12543	
250	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1419	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1480	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1663	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2189	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	3408	2060	974	520	285	269	270	269	268	268
	-160	6169	4371	2610	1736	1265	994	994	994	993	992
	-170	11289	8766	5887	4255	3276	2719	2719	2718	2716	2713
	-180	19264	15860	11661	9033	7322	6341	6341	6339	6334	6328
-190	30696	26129	20333	16580	14038	12568	12569	12564	12555	12543	
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1684	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1779	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1967	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2469	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	3710	2132	901	222	222	222	223	223	222	224
	-160	6414	4491	2631	1739	1257	982	982	981	980	980
	-170	11501	8870	5931	4276	3288	2707	2707	2705	2703	2701
	-180	19429	15946	11699	9053	7335	6341	6341	6339	6334	6328
-190	30833	26206	20366	16597	14049	12568	12569	12564	12555	12543	

2.3.4 ผลการจำลองกรณีกำหนดมุมเงยจันดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่ สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz

ตาราง 41 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง เมื่อกำหนด Elev = 10°, BW = 100 MHz และ GB = 100 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจันดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	28.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	33.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	41.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	63	29.8	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	128.4	76.6	39.2	23.8	16.1	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3
	-150	331.7	210	115.5	73.7	52.4	41.6	41.6	41.6	41.6	41.6
	-160	972.5	627.2	351.5	227	162.6	132.3	132.3	132.3	132.3	132.3
	-170	2998.1	1945	1096.3	710.4	509.6	418.5	418.5	418.5	418.5	418.5
	-180	9404	6112	3451	2238.3	1606.7	1323.3	1323.3	1323.3	1323.3	1323.3
-190	29659	19288	10897	7070	5076	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	
20	-100	86.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	86.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	100.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	124.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	193.9	93.7	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	400.4	239.9	123.6	75.2	51.3	39.1	39.1	39.1	39.1	39.1
	-160	1043	661.3	364.1	232.7	165.4	131.5	131.5	131.5	131.5	131.5
	-170	3069.4	1980.5	1110.3	717.3	513.7	418.2	418.2	418.2	418.2	418.2
	-180	9475	6148	3465.5	2245.6	1611.1	1323.2	1323.2	1323.2	1323.2	1323.2
-190	29731	19324	10912	7078	5081	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	
30	-100	143.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	143.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	158.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	184.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	257	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	467.3	264.2	124.5	68.9	41.4	33.6	33.6	33.6	33.6	33.6
	-160	1112.6	693.3	374.6	236.4	166.5	130	130	130	130	130
	-170	3140.3	2015.3	1123.7	723.6	517.2	417.7	417.7	417.7	417.7	417.7
	-180	9547	6184	3479.8	2252.8	1615.4	1323	1323	1323	1323	1323
-190	29803	19360	10927	7085	5085	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	
40	-100	200.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	201.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	201.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	244	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	318.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	532.9	282.8	114.5	23	23	23	23	23	23	23
	-160	1181.4	723.5	383.1	238.2	165.8	127.7	127.7	127.7	127.7	127.7
	-170	3210.9	2049.5	1136.4	729.4	520.1	417	417	417	417	417
	-180	9618	6219	3493.9	2259.8	1619.5	1322.8	1322.8	1322.8	1322.8	1322.8
-190	29874	19396	10941	7093	5090	4184.3	4184.3	4184.3	4184.3	4184.3	
50	-100	257.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	258.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	259.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	302.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	379.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	597.5	294.6	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	1249.6	751.9	389.4	238	163	124.5	124.5	124.5	124.5	124.5
	-170	3281.1	2083	1148.4	734.5	522.5	416.1	416.1	416.1	416.1	416.1
	-180	9689	6255	3507.7	2266.6	1623.4	1322.5	1322.5	1322.5	1322.5	1322.5
-190	29946	19432	10956	7100	5094	4184.2	4184.2	4184.2	4184.2	4184.2	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	541.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	544.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	545.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	547.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	679	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	911.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	1582.5	867.5	383.7	189.5	92.2	92.2	92.2	92.2	92.2	92.2
	-170	3628.3	2241.3	1198.8	751.2	526	407.6	407.6	407.6	407.6	407.6
	-180	10043	6428	3573.8	2297.6	1640.2	1319.9	1319.9	1319.9	1319.9	1319.9
-190	30302	19611	11027	7136	5115	4183.3	4183.3	4183.3	4183.3	4183.3	
150	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	829.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	832.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	834.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	973.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1217.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	1906.6	933.4	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	3969.7	2385.1	1232.8	752.3	514.4	392.6	392.6	392.6	392.6	392.6
	-180	10395	6596	3634.7	2323.9	1652.7	1315.3	1315.3	1315.3	1315.3	1315.3
-190	30658	19787	11096	7170	5135	4181.9	4181.9	4181.9	4181.9	4181.9	
200	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1114.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1118.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1121.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1264.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1519.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	2224.7	913	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	4306.4	2515	1249.5	735.3	483.8	370.3	370.3	370.3	370.3	370.3
	-180	10744	6759	3690.3	2345.5	1660.8	1308.8	1308.8	1308.8	1308.8	1308.8
-190	31013	19962	11164	7202	5153	4179.9	4179.9	4179.9	4179.9	4179.9	
250	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1398.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1404.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1408.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1555.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1818.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	2538.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	4639.2	2631.1	1246.3	694.5	422.6	339.3	339.3	339.3	339.3	339.3
	-180	11092	6918	3740.8	2362.3	1664.5	1300.4	1300.4	1300.4	1300.4	1300.4
-190	31367	20136	11230	7233	5170	4177.2	4177.2	4177.2	4177.2	4177.2	
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	1681.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1689.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1695.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1699.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	2115	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	2849.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	4968.8	2732.9	1218.2	612.5	296.8	296.8	296.8	296.8	296.8	296.8
	-180	11437	7072	3786.2	2374.4	1663.6	1290	1290	1290	1290	1290
-190	31721	20308	11295	7263	5186	4174	4174	4174	4174	4174	

ตาราง 42 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง Generic Model เมื่อกำหนด Elev = 10°, BW = 100 MHz และ GB = 100 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	24	10	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	44	29	15	8	3	-	-	-	-	-
	-140	97	71	42	26	20	16	16	16	16	16
	-150	298	197	120	78	56	46	46	46	46	46
	-160	958	659	372	240	171	140	140	140	139	139
	-170	3077	1927	1174	759	539	439	439	439	439	438
	-180	9735	6332	3708	2387	1706	1387	1387	1386	1385	1384
-190	14809	13856	11709	7404	5390	4383	4384	4382	4379	4375	
20	-100	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	96	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	157	99	40	17	6	-	-	-	-	-
	-150	383	237	132	82	57	44	44	44	44	44
	-160	1044	696	387	247	175	140	140	140	139	139
	-170	3159	2127	1189	767	544	439	439	439	439	438
	-180	9788	6628	3723	2395	1710	1387	1387	1386	1385	1384
-190	19180	19954	11725	7555	5395	4383	4384	4382	4379	4375	
30	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	118	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	125	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	149	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	222	105	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	456	270	137	79	51	39	39	39	39	39
	-160	1114	733	399	253	177	138	138	138	138	138
	-170	3215	2168	1204	774	548	439	439	439	439	438
	-180	9871	6672	3738	2402	1715	1387	1387	1386	1385	1384
-190	23498	20410	11742	7563	5400	4383	4384	4382	4379	4375	
40	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	169	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	175	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	206	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	285	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	526	298	134	64	30	30	30	30	29	29
	-160	1183	768	410	255	178	136	136	136	136	136
	-170	3312	2205	1217	780	552	439	439	439	439	438
	-180	9943	6712	3752	2410	1719	1387	1387	1386	1385	1384
-190	27990	20871	11757	7571	5405	4383	4384	4382	4379	4375	
50	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	227	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	239	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	268	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	355	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	574	319	112	-	-	-	-	-	-	-
	-160	1258	801	418	256	176	133	133	133	133	133
	-170	3371	2234	1231	786	556	439	439	439	438	438
	-180	9997	6750	3767	2417	1724	1387	1387	1386	1385	1384
-190	29652	20932	11773	7578	5409	4383	4384	4382	4379	4375	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	542	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	560	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	650	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	866	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	1591	939	426	224	117	104	104	104	103	102
	-170	3726	2410	1289	804	560	429	430	429	429	428
	-180	10345	6939	3837	2450	1743	1387	1387	1386	1385	1384
-190	30921	21120	11848	7616	5432	4383	4384	4382	4379	4375	
150	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	801	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	832	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	933	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1203	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	1920	1029	309	-	-	-	-	-	-	-
	-170	4031	2572	1327	807	552	416	416	416	415	414
	-180	10701	7109	3903	2481	1760	1382	1380	1379	1379	1377
-190	31299	21280	11920	7653	5453	4384	4384	4382	4379	4375	
200	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1141	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1244	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	2238	1066	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	4373	2722	1352	794	528	395	395	395	394	393
	-180	11033	7296	3967	2509	1764	1374	1374	1373	1372	1371
-190	31629	21487	11992	7688	5473	4384	4384	4382	4379	4375	
250	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1440	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1523	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1807	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	2554	913	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	4720	2856	1359	760	478	366	366	367	366	365
	-180	11383	7471	4026	2533	1769	1366	1366	1364	1364	1363
-190	31994	21666	12064	7722	5493	4384	4384	4382	4379	4375	
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1722	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1801	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	2088	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	2859	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-170	5053	2982	1343	694	370	328	328	328	328	325
	-180	11727	7636	4080	2537	1770	1356	1356	1354	1354	1353
-190	32335	21839	12131	7755	5511	4384	4384	4382	4379	4375	

ตาราง 43 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง P3M เมื่อกำหนด Elev = 10°, BW = 100 MHz และ GB = 100 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	19	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	37	22	10	3	-	-	-	-	-	-
	-130	73	51	31	21	15	11	11	11	11	11
	-140	195	142	86	55	42	33	33	33	33	33
	-150	588	416	245	163	119	97	97	97	97	97
	-160	1657	1195	711	472	344	285	285	285	285	285
	-170	4186	3058	1957	1344	996	827	827	826	826	825
	-180	8980	6929	4805	3468	2661	2249	2249	2248	2247	2245
-190	13516	8719	10068	7743	6229	5411	5411	5409	5406	5400	
20	-100	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	87	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	128	74	18	5	-	-	-	-	-	-
	-140	264	170	95	58	40	30	30	30	30	29
	-150	660	454	257	169	122	97	97	96	96	96
	-160	1736	1229	725	479	348	285	285	285	285	285
	-170	4250	3149	1970	1351	1000	827	827	826	826	825
	-180	9049	7128	4816	3474	2665	2249	2249	2248	2247	2245
-190	16617	13754	10077	7748	6232	5411	5411	5409	5406	5400	
30	-100	117	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	121	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	139	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	185	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	327	195	93	47	22	19	19	19	18	18
	-150	724	486	268	172	123	95	95	95	94	94
	-160	1800	1261	737	486	352	285	285	285	285	285
	-170	4303	3181	1982	1357	1004	827	827	826	826	825
	-180	9094	7153	4827	3480	2669	2249	2249	2248	2247	2245
-190	16649	13773	10087	7753	6235	5411	5411	5409	5406	5400	
40	-100	167	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	174	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	194	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	249	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	400	214	56	-	-	-	-	-	-	-
	-150	781	516	275	173	121	92	92	92	92	91
	-160	1852	1293	749	491	355	284	284	284	284	283
	-170	4346	3211	1994	1364	1008	827	827	826	826	825
	-180	9154	7178	4838	3486	2673	2249	2249	2248	2247	2245
-190	16681	13792	10096	7758	6239	5411	5411	5409	5406	5400	
50	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	235	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	254	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	306	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	466	224	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	831	544	279	171	116	88	88	88	87	87
	-160	1916	1323	760	496	356	283	283	282	282	282
	-170	4400	3238	2005	1370	1012	827	827	826	826	825
	-180	9199	7202	4848	3491	2676	2249	2249	2248	2247	2245
-190	16715	13812	10105	7762	6242	5411	5411	5409	5406	5400	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	532	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	553	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	598	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	753	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1153	635	225	32	32	32	31	31	30	30
	-160	2218	1469	797	502	352	272	272	272	271	271
	-170	4664	3382	2058	1396	1027	822	822	822	821	820
	-180	9403	7325	4901	3519	2694	2249	2249	2248	2247	2245
-190	16885	13909	10148	7786	6257	5411	5411	5409	5406	5400	
150	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	820	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	863	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1049	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1462	608	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	2501	1600	811	485	322	251	252	251	251	251
	-170	4928	3516	2108	1412	1029	815	815	815	815	814
	-180	9628	7438	4949	3545	2709	2249	2249	2249	2247	2245
-190	17061	14001	10190	7809	6272	5411	5411	5409	5406	5400	
200	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1122	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1166	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1338	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	1752	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	2787	1676	792	430	240	219	220	220	219	220
	-170	5173	3652	2150	1421	1029	806	806	806	806	805
	-180	9828	7557	4997	3568	2723	2249	2249	2248	2247	2245
-190	17233	14096	10230	7831	6286	5411	5411	5409	5406	5400	
250	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1402	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1469	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1620	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	2029	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	3071	1753	714	171	172	172	172	172	172	172
	-170	5440	3771	2174	1423	1021	793	793	793	794	792
	-180	10041	7669	5042	3590	2735	2239	2239	2238	2236	2234
-190	17400	14187	10270	7852	6299	5411	5411	5409	5406	5400	
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	1649	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1764	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1916	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	2316	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	3356	1798	83	83	83	84	83	82	80	78
	-170	5687	3883	2196	1416	1006	778	778	778	778	777
	-180	10255	7782	5085	3610	2734	2234	2234	2233	2231	2229
-190	17567	14281	10309	7872	6312	5411	5411	5409	5406	5400	

2.3.5 ผลการจำลองกรณีกำหนดมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศา ความกว้างแถบ
ความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz

ตาราง 44 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ช้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง เมื่อกำหนด Elev = 62.5°, BW = 50 MHz และ GB = 0 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	13.2	13.1	12.6	12	11.2	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8
	-130	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2
	-140	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6
	-150	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3
	-160	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7
	-170	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7
	-180	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	12.7	12.3	10.9	-	-	-	-	-	-	-
	-120	20.4	20.1	19	17.5	15.7	13.7	11.8	-	-	-
	-130	41.1	40.6	39.3	37.3	34.9	34.4	34.4	34.4	34.4	34.4
	-140	117.8	117.8	117.8	117.8	117.8	117.8	117.8	117.8	117.8	117.8
	-150	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375
	-160	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7
	-170	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7
	-180	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	
30	-100	15.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	18.4	17.5	13.7	-	-	-	-	-	-	-
	-120	26.8	26.2	24.4	21.6	18.2	14.4	10.4	-	-	-
	-130	48.8	48.2	46.3	43.6	40.2	36.7	33.2	30	28	28
	-140	116.1	116.1	116.1	116.1	116.1	116.1	116.1	116.1	116.1	116.1
	-150	374.5	374.5	374.5	374.5	374.5	374.5	374.5	374.5	374.5	374.5
	-160	1186.5	1186.5	1186.5	1186.5	1186.5	1186.5	1186.5	1186.5	1186.5	1186.5
	-170	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7
	-180	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	
40	-100	20.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	24	22.3	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	32.9	31.9	29.1	24.7	18.5	-	-	-	-	-
	-130	56	55.1	52.7	49.1	44.7	40.1	35.6	31.4	27.6	24.4
	-140	119.3	118	114.4	113.4	113.4	113.4	113.4	113.4	113.4	113.4
	-150	373.7	373.7	373.7	373.7	373.7	373.7	373.7	373.7	373.7	373.7
	-160	1186.2	1186.2	1186.2	1186.2	1186.2	1186.2	1186.2	1186.2	1186.2	1186.2
	-170	3752.6	3752.6	3752.6	3752.6	3752.6	3752.6	3752.6	3752.6	3752.6	3752.6
	-180	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	
50	-100	25.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	29.5	26.8	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	38.8	37.4	33.4	26.4	-	-	-	-	-	-
	-130	62.8	61.7	58.7	54.1	48.6	42.7	37	31.7	26.9	22.9
	-140	127.7	126.3	122.2	116.1	109.9	109.9	109.9	109.9	109.9	109.9
	-150	372.6	372.6	372.6	372.6	372.6	372.6	372.6	372.6	372.6	372.6
	-160	1185.9	1185.9	1185.9	1185.9	1185.9	1185.9	1185.9	1185.9	1185.9	1185.9
	-170	3752.5	3752.5	3752.5	3752.5	3752.5	3752.5	3752.5	3752.5	3752.5	3752.5
	-180	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	52.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	56.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	67.1	62.9	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	94.4	91.9	84.7	73.6	59.2	41.1	-	-	-	-
	-140	165.9	163.5	156.7	146.7	134.6	121.8	109.2	97.4	86.9	77.7
	-150	363.3	363.1	363.1	363.1	363.1	363.1	363.1	363.1	363.1	363.1
	-160	1183	1183	1183	1183	1183	1183	1183	1183	1183	1183
	-170	3751.5	3751.5	3751.5	3751.5	3751.5	3751.5	3751.5	3751.5	3751.5	3751.5
	-180	11867	11867	11867	11867	11867	11867	11867	11867	11867	11867
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	
150	-100	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	83.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	94.6	85.7	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	124	119.7	106.6	83.5	-	-	-	-	-	-
	-140	200.4	196.9	187	172.2	154.5	135.6	117.1	99.9	84.7	71.8
	-150	406	401.4	388.3	368.7	346.2	346.2	346.2	346.2	346.2	346.2
	-160	1177.9	1177.9	1177.9	1177.9	1177.9	1177.9	1177.9	1177.9	1177.9	1177.9
	-170	3749.9	3749.9	3749.9	3749.9	3749.9	3749.9	3749.9	3749.9	3749.9	3749.9
	-180	11867	11867	11867	11867	11867	11867	11867	11867	11867	11867
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	
200	-100	102.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	109.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	121.8	102.2	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	152.8	146.1	124.7	-	-	-	-	-	-	-
	-140	233	228.2	214.7	194.4	169.8	143.4	117.1	92.6	71.2	53.9
	-150	445.9	440.4	424.9	401.6	373.7	343.9	320.7	320.7	320.7	320.7
	-160	1170.6	1170.6	1170.6	1170.6	1170.6	1170.6	1170.6	1170.6	1170.6	1170.6
	-170	3747.7	3747.7	3747.7	3747.7	3747.7	3747.7	3747.7	3747.7	3747.7	3747.7
	-180	11866	11866	11866	11866	11866	11866	11866	11866	11866	11866
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	
250	-100	128.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	136	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	148.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	181.1	171.6	136.4	-	-	-	-	-	-	-
	-140	264.4	258.2	240.6	213.8	180.9	144.2	105.5	64.3	-	-
	-150	484	477.5	459.3	432.1	399.5	364.8	330.6	298.6	284.3	284.3
	-160	1161.2	1161.2	1161.2	1161.2	1161.2	1161.2	1161.2	1161.2	1161.2	1161.2
	-170	3744.7	3744.7	3744.7	3744.7	3744.7	3744.7	3744.7	3744.7	3744.7	3744.7
	-180	11865	11865	11865	11865	11865	11865	11865	11865	11865	11865
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	
300	-100	154.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	162.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	175.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	209	196.2	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	295.1	287.4	265.1	230.8	187	132.8	-	-	-	-
	-150	520.6	513.1	492.1	460.7	423.1	383.2	343.9	307.2	274.3	245.5
	-160	1149.5	1149.5	1149.5	1149.5	1149.5	1149.5	1149.5	1149.5	1149.5	1149.5
	-170	3741.1	3741.1	3741.1	3741.1	3741.1	3741.1	3741.1	3741.1	3741.1	3741.1
	-180	11864	11864	11864	11864	11864	11864	11864	11864	11864	11864
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	

ตาราง 45 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง Generic Model เมื่อกำหนด Elev = 62.5°, BW = 50 MHz และ GB = 0 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	-130	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	-140	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125
	-150	392	392	393	393	393	394	394	394	393	393
	-160	1237	1238	1240	1241	1242	1243	1243	1243	1242	1241
	-170	3910	3915	3920	3924	3927	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12254	11832	12312	11902	11352	6206	12005	12425	12387	11674
-190	14813	15864	18707	13194	13325	7140	17905	17135	19005	14418	
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	6	6	3	-	-	-	-	-	-	-
	-130	42	42	41	40	40	39	40	39	39	39
	-140	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125
	-150	392	392	393	393	393	394	394	394	393	393
	-160	1237	1238	1240	1241	1242	1243	1243	1243	1242	1241
	-170	3910	3915	3920	3924	3927	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12364	12229	12395	12409	12419	11790	12428	12425	12418	12407
-190	20065	21098	26753	19753	19208	14203	22803	21868	23403	18871	
30	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	26	25	15	3	-	-	-	-	-	-
	-130	48	48	47	45	42	39	36	33	33	33
	-140	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123
	-150	392	392	393	393	393	394	394	394	393	393
	-160	1237	1238	1240	1241	1242	1243	1243	1243	1242	1241
	-170	3910	3915	3920	3924	3927	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12364	12379	12395	12409	12419	12426	12428	12425	12418	12407
-190	23704	25037	27702	23956	26711	18672	26920	26530	27857	24224	
40	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	33	33	30	23	-	-	-	-	-	-
	-130	56	55	53	50	46	43	38	34	30	26
	-140	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121
	-150	392	392	393	393	393	394	394	394	393	393
	-160	1237	1238	1240	1241	1242	1243	1243	1243	1242	1241
	-170	3910	3915	3920	3924	3927	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12364	12379	12395	12409	12419	12426	12428	12425	12418	12407
-190	28014	29106	31238	28281	27310	22257	29867	29644	31663	29016	
50	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	29	27	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	39	38	35	28	-	-	-	-	-	-
	-130	63	62	60	55	50	45	40	35	30	23
	-140	127	127	124	119	118	118	118	118	118	117
	-150	390	391	391	392	393	392	393	393	391	391
	-160	1237	1238	1240	1241	1242	1243	1243	1243	1242	1241
	-170	3910	3915	3920	3924	3927	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12364	12379	12395	12409	12419	12426	12428	12425	12418	12407
-190	30258	31524	32921	31224	31579	25355	33441	34054	34214	30119	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	66	64	47	-	-	-	-	-	-	-
	-130	94	93	87	76	63	47	13	-	-	-
	-140	166	164	159	150	139	126	114	102	92	82
	-150	381	382	382	383	383	383	383	383	383	382
	-160	1237	1239	1240	1241	1243	1243	1243	1243	1242	1241
	-170	3910	3915	3920	3924	3927	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12364	12379	12395	12409	12419	12426	12428	12425	12418	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
150	-100	77	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	82	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	93	87	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	123	121	109	89	-	-	-	-	-	-
	-140	201	197	190	176	159	141	123	106	91	77
	-150	415	411	399	379	368	368	368	368	367	366
	-160	1229	1230	1232	1233	1235	1235	1236	1235	1234	1233
	-170	3910	3915	3920	3924	3927	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12364	12379	12395	12409	12419	12426	12428	12425	12418	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
200	-100	103	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	108	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	120	108	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	152	147	129	-	-	-	-	-	-	-
	-140	234	229	218	200	176	150	125	101	80	62
	-150	456	451	436	413	386	356	344	344	344	343
	-160	1222	1224	1225	1227	1228	1228	1229	1228	1228	1226
	-170	3910	3915	3920	3924	3928	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12364	12379	12395	12409	12419	12426	12428	12425	12418	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
250	-100	129	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	134	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	147	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	180	172	144	-	-	-	-	-	-	-
	-140	266	261	245	221	189	154	118	81	46	-
	-150	495	489	472	444	413	378	344	312	311	309
	-160	1213	1215	1216	1218	1219	1219	1220	1219	1219	1217
	-170	3910	3915	3920	3924	3928	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12364	12379	12395	12409	12419	12426	12428	12425	12418	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
300	-100	156	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	173	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	208	197	146	-	-	-	-	-	-	-
	-140	297	291	271	239	197	149	74	-	-	-
	-150	532	525	507	474	438	398	358	321	287	262
	-160	1202	1204	1205	1207	1208	1208	1209	1208	1208	1206
	-170	3910	3915	3920	3924	3928	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12364	12379	12395	12409	12420	12426	12428	12425	12418	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	

ตาราง 46 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง P3M เมื่อกำหนด Elev = 62.5°, BW = 50 MHz และ GB = 0 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	-130	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	-140	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121
	-150	351	352	352	352	353	353	353	353	353	352
	-160	1019	1020	1019	1019	1018	1014	1016	1017	1018	1019
	-170	2705	2705	2711	2714	2717	2718	2718	2717	2716	2713
	-180	6309	6113	6324	6331	6336	6286	6340	6338	6334	6312
-190	12014	8551	12537	11680	12048	9831	12566	12491	11304	8252	
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	6	5	3	-	-	-	-	-	-	-
	-130	42	42	41	39	39	39	39	39	39	39
	-140	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121
	-150	351	352	352	352	353	353	353	353	353	352
	-160	1019	1020	1019	1019	1018	1014	1016	1017	1018	1019
	-170	2705	2708	2711	2714	2717	2718	2718	2717	2716	2713
	-180	6309	6317	6324	6331	6336	6339	6340	6338	6334	6328
-190	12507	12522	12537	12550	12560	12565	12566	12562	12554	12543	
30	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	25	22	12	-	-	-	-	-	-	-
	-130	48	48	47	45	42	39	36	33	33	33
	-140	119	119	119	119	119	120	120	120	119	119
	-150	351	352	352	352	353	353	353	353	353	352
	-160	1019	1020	1019	1019	1018	1014	1016	1017	1018	1019
	-170	2705	2708	2711	2714	2717	2718	2718	2717	2716	2713
	-180	6309	6317	6324	6331	6336	6339	6340	6338	6334	6328
-190	12507	12522	12537	12550	12560	12565	12566	12562	12554	12543	
40	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	33	33	30	18	-	-	-	-	-	-
	-130	55	54	52	50	46	43	38	34	30	26
	-140	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117
	-150	351	352	352	352	353	353	353	353	353	352
	-160	1019	1020	1019	1019	1018	1014	1016	1017	1018	1019
	-170	2705	2708	2711	2714	2717	2718	2718	2717	2716	2713
	-180	6309	6317	6324	6331	6336	6339	6340	6338	6334	6328
-190	12507	12522	12537	12550	12560	12565	12566	12562	12554	12543	
50	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	29	27	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	39	38	35	28	-	-	-	-	-	-
	-130	63	62	59	55	50	45	40	34	30	20
	-140	124	125	122	117	114	114	114	114	114	113
	-150	349	350	350	351	351	351	351	351	351	350
	-160	1014	1016	1017	1018	1019	1019	1020	1019	1019	1018
	-170	2705	2708	2711	2714	2717	2718	2718	2717	2716	2713
	-180	6309	6317	6324	6331	6336	6339	6340	6338	6334	6328
-190	12507	12522	12537	12550	12560	12565	12566	12562	12554	12543	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	66	63	45	-	-	-	-	-	-	-
	-130	93	92	86	75	63	47	19	-	-	-
	-140	162	159	155	146	135	123	111	100	90	81
	-150	342	341	341	342	342	342	342	342	342	341
	-160	1014	1016	1017	1018	1019	1019	1020	1019	1019	1018
	-170	2705	2708	2711	2714	2717	2718	2718	2718	2716	2713
	-180	6309	6317	6324	6331	6336	6339	6340	6338	6334	6328
-190	12507	12522	12537	12550	12560	12565	12566	12562	12554	12543	
150	-100	77	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	82	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	93	87	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	122	119	108	88	-	-	-	-	-	-
	-140	195	192	184	171	154	137	120	103	88	76
	-150	383	379	368	350	330	326	326	326	326	325
	-160	1006	1007	1008	1010	1010	1011	1011	1011	1010	1009
	-170	2705	2708	2711	2714	2717	2718	2718	2718	2716	2713
	-180	6309	6317	6324	6331	6336	6339	6340	6338	6334	6328
-190	12507	12522	12537	12550	12560	12565	12566	12562	12554	12543	
200	-100	103	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	108	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	120	108	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	150	145	127	-	-	-	-	-	-	-
	-140	227	222	211	193	170	146	121	97	77	60
	-150	421	416	403	381	356	329	304	303	303	301
	-160	999	1000	1001	1002	1003	1004	1003	1003	1002	1002
	-170	2705	2708	2711	2714	2717	2718	2718	2718	2716	2713
	-180	6309	6317	6324	6331	6336	6339	6340	6338	6334	6328
-190	12507	12522	12537	12550	12560	12565	12566	12562	12554	12543	
250	-100	129	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	134	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	146	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	177	170	141	-	-	-	-	-	-	-
	-140	257	252	237	213	182	148	112	77	44	-
	-150	457	452	435	410	381	349	318	289	269	268
	-160	989	990	991	993	993	994	994	993	993	992
	-170	2705	2708	2711	2714	2717	2718	2718	2718	2716	2713
	-180	6309	6317	6324	6331	6336	6339	6340	6338	6334	6328
-190	12507	12522	12537	12550	12560	12565	12566	12562	12554	12543	
300	-100	156	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	173	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	205	194	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	286	280	261	229	188	140	-	-	-	-
	-150	492	486	467	437	404	367	330	296	266	240
	-160	1010	1004	980	981	981	982	982	981	980	980
	-170	2692	2695	2699	2702	2704	2705	2706	2705	2703	2701
	-180	6309	6317	6324	6331	6336	6339	6340	6338	6334	6328
-190	12507	12522	12537	12550	12560	12565	12566	12562	12554	12543	

2.3.6 ผลการจำลองกรณีกำหนดมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz

ตาราง 47 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง เมื่อกำหนด Elev = 62.5°, BW = 50 MHz และ GB = 100 MHz

ความสูงสายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6
	-160	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8
	-170	211.8	211.8	211.8	211.8	211.8	211.8	211.8	211.8	211.8	211.8
	-180	669.7	669.7	669.7	669.7	669.7	669.7	669.7	669.7	669.7	669.7
-190	2117.8	2117.8	2117.8	2117.8	2117.8	2117.8	2117.8	2117.8	2117.8	2117.8	
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	10.9	10.3	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	15.7	15.3	14.2	12.5	10.4	-	-	-	-	-
	-150	28.2	27.8	26.7	25.1	23.2	21.1	19	17.1	15.4	15
	-160	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3
	-170	211.3	211.3	211.3	211.3	211.3	211.3	211.3	211.3	211.3	211.3
	-180	669.6	669.6	669.6	669.6	669.6	669.6	669.6	669.6	669.6	669.6
-190	2117.7	2117.7	2117.7	2117.7	2117.7	2117.7	2117.7	2117.7	2117.7	2117.7	
30	-100	13.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	13.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	14.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	16.4	15	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	21.7	20.9	18.7	14.9	-	-	-	-	-	-
	-150	35.2	34.6	32.9	30.4	27.3	24	20.9	17.9	15.3	13
	-160	71.8	71	68.7	65.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2	62.2
	-170	210.3	210.3	210.3	210.3	210.3	210.3	210.3	210.3	210.3	210.3
	-180	669.3	669.3	669.3	669.3	669.3	669.3	669.3	669.3	669.3	669.3
-190	2117.6	2117.6	2117.6	2117.6	2117.6	2117.6	2117.6	2117.6	2117.6	2117.6	
40	-100	18.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	18.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	19.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	21.9	18.3	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	27.4	26.2	22.4	-	-	-	-	-	-	-
	-150	41.7	40.9	38.5	34.8	30.4	25.6	20.9	16.5	12.7	-
	-160	79.8	78.8	76	71.8	66.8	61.5	57.1	57.1	57.1	57.1
	-170	208.9	208.9	208.9	208.9	208.9	208.9	208.9	208.9	208.9	208.9
	-180	668.8	668.8	668.8	668.8	668.8	668.8	668.8	668.8	668.8	668.8
-190	2117.5	2117.5	2117.5	2117.5	2117.5	2117.5	2117.5	2117.5	2117.5	2117.5	
50	-100	23.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	23.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	27.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	33.1	31.3	24.5	-	-	-	-	-	-	-
	-150	48	46.9	43.6	38.7	32.5	25.7	18.2	-	-	-
	-160	87.4	86.2	82.9	77.9	72	65.6	59.4	53.6	49.6	49.6
	-170	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207
	-180	668.2	668.2	668.2	668.2	668.2	668.2	668.2	668.2	668.2	668.2
-190	2117.3	2117.3	2117.3	2117.3	2117.3	2117.3	2117.3	2117.3	2117.3	2117.3	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	49.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	49.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	49.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	53.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	60.6	53.6	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	77.6	74.6	65.2	43.5	-	-	-	-	-	-
	-160	121.8	119.5	113	103.2	91.5	79	66.7	55.3	45.3	36.9
	-170	239.8	237	229	217	202.5	189.3	189.3	189.3	189.3	189.3
	-180	663	663	663	663	663	663	663	663	663	663
-190	2115.7	2115.7	2115.7	2115.7	2115.7	2115.7	2115.7	2115.7	2115.7	2115.7	
150	-100	75.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	75.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	80.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	87.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	106	100.2	77.3	-	-	-	-	-	-	-
	-160	153.4	149.7	139.2	123.1	103.2	80.7	56	-	-	-
	-170	278.1	274.4	263.7	247.8	228.8	208.5	188.5	169.8	154.4	154.4
	-180	653.9	653.9	653.9	653.9	653.9	653.9	653.9	653.9	653.9	653.9
-190	2112.8	2112.8	2112.8	2112.8	2112.8	2112.8	2112.8	2112.8	2112.8	2112.8	
200	-100	101.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	102	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	102.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	106.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	114.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	133.8	124.4	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	183.7	178.4	162.9	138.4	104.6	-	-	-	-	-
	-170	314	309.2	295.7	275.4	251.2	225.5	200.2	176.7	155.7	137.4
	-180	670.6	663.5	643.2	640.7	640.7	640.7	640.7	640.7	640.7	640.7
-190	2108.8	2108.8	2108.8	2108.8	2108.8	2108.8	2108.8	2108.8	2108.8	2108.8	
250	-100	127.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	128.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	128.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	128.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	140.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	161.3	147	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	213.3	206	184.6	148	-	-	-	-	-	-
	-170	348.3	342.4	325.7	300.7	270.7	238.9	207.6	178.6	152.9	131
	-180	713	705.1	682.4	648.5	623.3	623.3	623.3	623.3	623.3	623.3
-190	2103.6	2103.6	2103.6	2103.6	2103.6	2103.6	2103.6	2103.6	2103.6	2103.6	
300	-100	153.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	154.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	154.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	154.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	167.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	188.5	167.5	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	242.3	232.9	204.2	142.8	-	-	-	-	-	-
	-170	381.5	374.4	354.2	323.9	287.6	248.9	210.8	175.5	144.4	118.4
	-180	753.9	745	720	682.4	637.3	601.3	601.3	601.3	601.3	601.3
-190	2097.1	2097.1	2097.1	2097.1	2097.1	2097.1	2097.1	2097.1	2097.1	2097.1	

ตาราง 48 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง Generic Model เมื่อกำหนด Elev = 62.5°, BW = 50 MHz และ GB = 100 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	-150	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	-160	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
	-170	221	222	222	222	222	222	222	222	222	222
	-180	698	699	700	701	701	702	702	702	701	701
-190	2207	2209	2212	2214	2216	2218	2218	2217	2216	2214	
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	28	28	26	24	20	16	16	16	16	16
	-160	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
	-170	221	222	222	222	222	222	222	222	222	222
	-180	698	699	700	701	701	702	702	702	701	701
-190	2207	2209	2212	2214	2216	2218	2218	2217	2216	2214	
30	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	36	36	34	32	28	22	9	-	-	-
	-160	71	71	70	68	68	68	68	68	68	67
	-170	221	222	222	222	222	222	222	222	222	222
	-180	698	699	700	701	701	702	702	702	701	701
-190	2207	2209	2212	2214	2216	2218	2218	2217	2216	2214	
40	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	27	26	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	42	42	40	37	32	27	6	-	-	-
	-160	79	79	77	73	69	64	64	63	63	63
	-170	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
	-180	698	699	700	701	701	702	702	702	701	701
-190	2207	2209	2212	2214	2216	2218	2218	2217	2216	2214	
50	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	27	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	33	32	26	-	-	-	-	-	-	-
	-150	48	47	44	40	35	28	-	-	-	-
	-160	87	87	85	80	74	68	62	57	56	56
	-170	218	219	218	218	218	219	219	219	219	219
	-180	698	699	700	701	701	702	702	702	701	701
-190	2207	2209	2212	2214	2216	2218	2218	2217	2216	2214	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	53	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	60	55	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	76	75	67	51	-	-	-	-	-	-
	-160	121	121	115	106	95	83	71	60	49	41
	-170	242	239	233	223	209	203	203	203	203	203
	-180	693	693	694	695	695	696	696	696	696	695
-190	2207	2209	2212	2214	2216	2218	2218	2217	2216	2214	
150	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	79	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	86	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	105	101	83	-	-	-	-	-	-	-
	-160	153	150	142	127	108	87	65	41	-	-
	-170	281	278	269	255	237	216	196	177	172	172
	-180	684	685	686	686	687	687	688	687	687	686
-190	2207	2209	2212	2215	2216	2218	2218	2217	2216	2214	
200	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	101	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	102	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	105	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	113	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	132	126	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	183	178	166	144	113	-	-	-	-	-
	-170	318	314	302	283	260	234	209	185	164	145
	-180	687	683	673	673	674	675	675	675	675	674
-190	2207	2209	2212	2215	2216	2218	2218	2217	2216	2214	
250	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	127	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	129	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	131	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	139	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	160	149	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	213	206	188	156	-	-	-	-	-	-
	-170	353	348	333	309	281	249	218	188	163	140
	-180	730	724	704	673	658	659	659	659	658	658
-190	2193	2196	2199	2201	2203	2205	2205	2204	2203	2201	
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	153	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	155	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	157	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	165	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	187	171	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	243	234	209	160	-	-	-	-	-	-
	-170	387	381	363	333	298	260	222	187	156	129
	-180	771	765	742	708	662	638	638	638	637	637
-190	2187	2190	2193	2195	2197	2198	2199	2198	2197	2195	

ตาราง 49 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง P3M เมื่อกำหนด Elev = 62.5°, BW = 50 MHz และ GB = 100 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	-150	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	-160	70	70	70	70	71	71	71	71	71	70
	-170	208	208	208	209	209	209	209	209	209	209
	-180	603	604	605	605	606	606	606	606	606	605
-190	1692	1692	1692	1691	1689	1684	1650	1688	1690	1691	
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	28	27	26	23	19	16	16	16	16	16
	-160	70	69	69	69	70	70	70	69	69	69
	-170	208	208	208	209	209	209	209	209	209	209
	-180	603	604	605	605	606	606	606	606	606	605
-190	1692	1692	1692	1691	1689	1684	1686	1688	1690	1691	
30	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	36	36	34	32	28	20	8	-	-	-
	-160	71	71	69	67	67	67	67	67	67	66
	-170	208	208	208	208	208	208	209	209	208	209
	-180	603	604	605	605	606	606	606	606	606	605
-190	1692	1692	1692	1691	1689	1684	1686	1688	1690	1691	
40	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	27	18	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	42	42	40	37	32	27	5	-	-	-
	-160	78	78	76	73	69	64	63	62	62	62
	-170	206	206	206	206	206	207	207	207	206	207
	-180	603	604	605	605	606	606	606	606	606	605
-190	1692	1692	1692	1691	1689	1684	1686	1688	1690	1691	
50	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	33	32	24	-	-	-	-	-	-	-
	-150	48	47	45	40	35	28	-	-	-	-
	-160	86	86	84	78	73	68	62	56	55	55
	-170	204	205	205	205	205	205	205	205	205	205
	-180	603	604	605	605	606	606	606	606	606	605
-190	1684	1686	1688	1690	1691	1692	1692	1692	1691	1689	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	60	54	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	76	74	67	51	-	-	-	-	-	-
	-160	120	119	114	104	94	82	70	59	49	41
	-170	231	228	223	213	200	190	190	190	190	190
	-180	597	597	598	599	599	600	600	599	599	599
-190	1684	1686	1688	1690	1691	1692	1692	1692	1691	1689	
150	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	79	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	86	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	104	100	82	-	-	-	-	-	-	-
	-160	150	147	139	124	106	85	63	40	-	-
	-170	267	264	256	243	225	206	187	170	159	159
	-180	588	588	589	589	590	590	590	590	590	589
-190	1684	1686	1688	1690	1691	1692	1692	1692	1691	1689	
200	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	101	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	102	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	105	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	112	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	131	125	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	179	175	163	141	110	-	-	-	-	-
	-170	301	298	286	269	247	223	199	177	157	139
	-180	614	611	595	576	577	577	577	577	577	576
-190	1675	1677	1679	1681	1682	1683	1683	1683	1682	1680	
250	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	127	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	129	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	130	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	139	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	158	147	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	209	202	184	151	-	-	-	-	-	-
	-170	333	329	315	293	266	236	206	179	155	134
	-180	655	649	631	603	567	559	560	559	559	559
-190	1670	1672	1674	1675	1677	1678	1678	1677	1676	1674	
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	152	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	155	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	157	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	165	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	185	169	-	-	-	-	-	-	-	-
	-160	237	229	204	152	-	-	-	-	-	-
	-170	366	360	342	314	282	245	209	176	147	122
	-180	692	686	666	635	594	551	538	537	536	536
-190	1663	1665	1667	1669	1670	1671	1671	1670	1670	1668	

2.3.7 ผลการจำลองกรณีกำหนดมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz

ตาราง 50 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง เมื่อกำหนด Elev = 62.5°, BW = 100 MHz และ GB = 0 MHz

ความสูงสายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	13.2	13.1	12.6	12	11.2	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8
	-130	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2
	-140	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6	118.6
	-150	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3	375.3
	-160	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7
	-170	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7
	-180	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	12.7	12.3	10.9	-	-	-	-	-	-	-
	-120	20.4	20.1	19	17.5	15.7	13.7	11.8	-	-	-
	-130	41.1	40.6	39.3	37.3	34.9	34.4	34.4	34.4	34.4	34.4
	-140	117.8	117.8	117.8	117.8	117.8	117.8	117.8	117.8	117.8	117.8
	-150	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375
	-160	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7	1186.7
	-170	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7
	-180	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	
30	-100	15.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	18.4	17.5	13.7	-	-	-	-	-	-	-
	-120	26.8	26.2	24.4	21.6	18.2	14.4	10.4	-	-	-
	-130	48.8	48.2	46.3	43.6	40.2	36.7	33.2	30	28	28
	-140	116.1	116.1	116.1	116.1	116.1	116.1	116.1	116.1	116.1	116.1
	-150	374.5	374.5	374.5	374.5	374.5	374.5	374.5	374.5	374.5	374.5
	-160	1186.5	1186.5	1186.5	1186.5	1186.5	1186.5	1186.5	1186.5	1186.5	1186.5
	-170	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7	3752.7
	-180	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	
40	-100	20.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	24	22.3	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	32.9	31.9	29.1	24.7	18.5	-	-	-	-	-
	-130	56	55.1	52.7	49.1	44.7	40.1	35.6	31.4	27.6	24.4
	-140	119.3	118	114.4	113.4	113.4	113.4	113.4	113.4	113.4	113.4
	-150	373.7	373.7	373.7	373.7	373.7	373.7	373.7	373.7	373.7	373.7
	-160	1186.2	1186.2	1186.2	1186.2	1186.2	1186.2	1186.2	1186.2	1186.2	1186.2
	-170	3752.6	3752.6	3752.6	3752.6	3752.6	3752.6	3752.6	3752.6	3752.6	3752.6
	-180	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	
50	-100	25.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	29.5	26.8	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	38.8	37.4	33.4	26.4	-	-	-	-	-	-
	-130	62.8	61.7	58.7	54.1	48.6	42.7	37	31.7	26.9	22.9
	-140	127.7	126.3	122.2	116.1	109.9	109.9	109.9	109.9	109.9	109.9
	-150	372.6	372.6	372.6	372.6	372.6	372.6	372.6	372.6	372.6	372.6
	-160	1185.9	1185.9	1185.9	1185.9	1185.9	1185.9	1185.9	1185.9	1185.9	1185.9
	-170	3752.5	3752.5	3752.5	3752.5	3752.5	3752.5	3752.5	3752.5	3752.5	3752.5
	-180	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868	11868
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	52.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	56.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	67.1	62.9	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	94.4	91.9	84.7	73.6	59.2	41.1	-	-	-	-
	-140	165.9	163.5	156.7	146.7	134.6	121.8	109.2	97.4	86.9	77.7
	-150	363.3	363.1	363.1	363.1	363.1	363.1	363.1	363.1	363.1	363.1
	-160	1183	1183	1183	1183	1183	1183	1183	1183	1183	1183
	-170	3751.5	3751.5	3751.5	3751.5	3751.5	3751.5	3751.5	3751.5	3751.5	3751.5
	-180	11867	11867	11867	11867	11867	11867	11867	11867	11867	11867
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	
150	-100	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	83.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	94.6	85.7	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	124	119.7	106.6	83.5	-	-	-	-	-	-
	-140	200.4	196.9	187	172.2	154.5	135.6	117.1	99.9	84.7	71.8
	-150	406	401.4	388.3	368.7	346.2	346.2	346.2	346.2	346.2	346.2
	-160	1177.9	1177.9	1177.9	1177.9	1177.9	1177.9	1177.9	1177.9	1177.9	1177.9
	-170	3749.9	3749.9	3749.9	3749.9	3749.9	3749.9	3749.9	3749.9	3749.9	3749.9
	-180	11867	11867	11867	11867	11867	11867	11867	11867	11867	11867
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	
200	-100	102.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	109.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	121.8	102.2	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	152.8	146.1	124.7	-	-	-	-	-	-	-
	-140	233	228.2	214.7	194.4	169.8	143.4	117.1	92.6	71.2	53.9
	-150	445.9	440.4	424.9	401.6	373.7	343.9	320.7	320.7	320.7	320.7
	-160	1170.6	1170.6	1170.6	1170.6	1170.6	1170.6	1170.6	1170.6	1170.6	1170.6
	-170	3747.7	3747.7	3747.7	3747.7	3747.7	3747.7	3747.7	3747.7	3747.7	3747.7
	-180	11866	11866	11866	11866	11866	11866	11866	11866	11866	11866
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	
250	-100	128.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	136	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	148.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	181.1	171.6	136.4	-	-	-	-	-	-	-
	-140	264.4	258.2	240.6	213.8	180.9	144.2	105.5	64.3	-	-
	-150	484	477.5	459.3	432.1	399.5	364.8	330.6	298.6	284.3	284.3
	-160	1161.2	1161.2	1161.2	1161.2	1161.2	1161.2	1161.2	1161.2	1161.2	1161.2
	-170	3744.7	3744.7	3744.7	3744.7	3744.7	3744.7	3744.7	3744.7	3744.7	3744.7
	-180	11865	11865	11865	11865	11865	11865	11865	11865	11865	11865
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	
300	-100	154.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	162.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	175.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	209	196.2	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	295.1	287.4	265.1	230.8	187	132.8	-	-	-	-
	-150	520.6	513.1	492.1	460.7	423.1	383.2	343.9	307.2	274.3	245.5
	-160	1149.5	1149.5	1149.5	1149.5	1149.5	1149.5	1149.5	1149.5	1149.5	1149.5
	-170	3741.1	3741.1	3741.1	3741.1	3741.1	3741.1	3741.1	3741.1	3741.1	3741.1
	-180	11864	11864	11864	11864	11864	11864	11864	11864	11864	11864
-190	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	37530	

ตาราง 51 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง Generic Model เมื่อกำหนด Elev = 62.5°, BW = 100 MHz และ GB = 0 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจันดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	-130	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	-140	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125
	-150	392	392	393	393	393	394	394	394	393	393
	-160	1237	1238	1240	1241	1242	1243	1243	1243	1242	1241
	-170	3910	3915	3920	3924	3927	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12254	11832	12312	11902	11352	6206	12005	12425	12387	11674
-190	14813	15864	18707	13194	13325	7140	17905	17135	19005	14418	
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	6	6	3	-	-	-	-	-	-	-
	-130	42	42	41	40	40	39	40	39	39	39
	-140	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125
	-150	392	392	393	393	393	394	394	394	393	393
	-160	1237	1238	1240	1241	1242	1243	1243	1243	1242	1241
	-170	3910	3915	3920	3924	3927	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12364	12229	12395	12409	12419	11790	12428	12425	12418	12407
-190	20065	21098	26753	19753	19208	14203	22803	21868	23403	18871	
30	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	26	25	15	3	-	-	-	-	-	-
	-130	48	48	47	45	42	39	36	33	33	33
	-140	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123
	-150	392	392	393	393	393	394	394	394	393	393
	-160	1237	1238	1240	1241	1242	1243	1243	1243	1242	1241
	-170	3910	3915	3920	3924	3927	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12364	12379	12395	12409	12419	12426	12428	12425	12418	12407
-190	23704	25037	27702	23956	26711	18672	26920	26530	27857	24224	
40	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	33	33	30	23	-	-	-	-	-	-
	-130	56	55	53	50	46	43	38	34	30	26
	-140	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121
	-150	392	392	393	393	393	394	394	394	393	393
	-160	1237	1238	1240	1241	1242	1243	1243	1243	1242	1241
	-170	3910	3915	3920	3924	3927	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12364	12379	12395	12409	12419	12426	12428	12425	12418	12407
-190	28014	29106	31238	28281	27310	22257	29867	29644	31663	29016	
50	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	29	27	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	39	38	35	28	-	-	-	-	-	-
	-130	63	62	60	55	50	45	40	35	30	23
	-140	127	127	124	119	118	118	118	118	118	117
	-150	390	391	391	392	393	392	393	393	391	391
	-160	1237	1238	1240	1241	1242	1243	1243	1243	1242	1241
	-170	3910	3915	3920	3924	3927	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12364	12379	12395	12409	12419	12426	12428	12425	12418	12407
-190	30258	31524	32921	31224	31579	25355	33441	34054	34214	30119	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	66	64	47	-	-	-	-	-	-	-
	-130	94	93	87	76	63	47	13	-	-	-
	-140	166	164	159	150	139	126	114	102	92	82
	-150	381	382	382	383	383	383	383	383	383	382
	-160	1237	1239	1240	1241	1243	1243	1243	1243	1242	1241
	-170	3910	3915	3920	3924	3927	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12364	12379	12395	12409	12419	12426	12428	12425	12418	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
150	-100	77	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	82	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	93	87	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	123	121	109	89	-	-	-	-	-	-
	-140	201	197	190	176	159	141	123	106	91	77
	-150	415	411	399	379	368	368	368	368	367	366
	-160	1229	1230	1232	1233	1235	1235	1236	1235	1234	1233
	-170	3910	3915	3920	3924	3927	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12364	12379	12395	12409	12419	12426	12428	12425	12418	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
200	-100	103	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	108	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	120	108	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	152	147	129	-	-	-	-	-	-	-
	-140	234	229	218	200	176	150	125	101	80	62
	-150	456	451	436	413	386	356	344	344	344	343
	-160	1222	1224	1225	1227	1228	1228	1229	1228	1228	1226
	-170	3910	3915	3920	3924	3928	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12364	12379	12395	12409	12419	12426	12428	12425	12418	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
250	-100	129	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	134	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	147	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	180	172	144	-	-	-	-	-	-	-
	-140	266	261	245	221	189	154	118	81	46	-
	-150	495	489	472	444	413	378	344	312	311	309
	-160	1213	1215	1216	1218	1219	1219	1220	1219	1219	1217
	-170	3910	3915	3920	3924	3928	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12364	12379	12395	12409	12419	12426	12428	12425	12418	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	
300	-100	156	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	173	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	208	197	146	-	-	-	-	-	-	-
	-140	297	291	271	239	197	149	74	-	-	-
	-150	532	525	507	474	438	398	358	321	287	262
	-160	1202	1204	1205	1207	1208	1208	1209	1208	1208	1206
	-170	3910	3915	3920	3924	3928	3930	3930	3929	3927	3924
	-180	12364	12379	12395	12409	12420	12426	12428	12425	12418	12407
-190	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	>35000	

ตาราง 52 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง P3M เมื่อกำหนด Elev = 62.5°, BW = 100 MHz และ GB = 0 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	-130	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	-140	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121
	-150	351	352	352	352	353	353	353	353	353	352
	-160	1019	1020	1019	1019	1018	1014	1016	1017	1018	1019
	-170	2705	2705	2711	2714	2717	2718	2718	2717	2716	2713
	-180	6309	6113	6324	6331	6336	6286	6340	6338	6334	6312
-190	12014	8551	12537	11680	12048	9831	12566	12491	11304	8252	
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	6	5	3	-	-	-	-	-	-	-
	-130	42	42	41	39	39	39	39	39	39	39
	-140	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121
	-150	351	352	352	352	353	353	353	353	353	352
	-160	1019	1020	1019	1019	1018	1014	1016	1017	1018	1019
	-170	2705	2708	2711	2714	2717	2718	2718	2717	2716	2713
	-180	6309	6317	6324	6331	6336	6339	6340	6338	6334	6328
-190	12507	12522	12537	12550	12560	12565	12566	12562	12554	12543	
30	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	25	22	12	-	-	-	-	-	-	-
	-130	48	48	47	45	42	39	36	33	33	33
	-140	119	119	119	119	119	120	120	120	119	119
	-150	351	352	352	352	353	353	353	353	353	352
	-160	1019	1020	1019	1019	1018	1014	1016	1017	1018	1019
	-170	2705	2708	2711	2714	2717	2718	2718	2717	2716	2713
	-180	6309	6317	6324	6331	6336	6339	6340	6338	6334	6328
-190	12507	12522	12537	12550	12560	12565	12566	12562	12554	12543	
40	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	33	33	30	18	-	-	-	-	-	-
	-130	55	54	52	50	46	43	38	34	30	26
	-140	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117
	-150	351	352	352	352	353	353	353	353	353	352
	-160	1019	1020	1019	1019	1018	1014	1016	1017	1018	1019
	-170	2705	2708	2711	2714	2717	2718	2718	2717	2716	2713
	-180	6309	6317	6324	6331	6336	6339	6340	6338	6334	6328
-190	12507	12522	12537	12550	12560	12565	12566	12562	12554	12543	
50	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	29	27	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	39	38	35	28	-	-	-	-	-	-
	-130	63	62	59	55	50	45	40	34	30	20
	-140	124	125	122	117	114	114	114	114	114	113
	-150	349	350	350	351	351	351	351	351	351	350
	-160	1014	1016	1017	1018	1019	1019	1020	1019	1019	1018
	-170	2705	2708	2711	2714	2717	2718	2718	2717	2716	2713
	-180	6309	6317	6324	6331	6336	6339	6340	6338	6334	6328
-190	12507	12522	12537	12550	12560	12565	12566	12562	12554	12543	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	66	63	45	-	-	-	-	-	-	-
	-130	93	92	86	75	63	47	19	-	-	-
	-140	162	159	155	146	135	123	111	100	90	81
	-150	342	341	341	342	342	342	342	342	342	341
	-160	1014	1016	1017	1018	1019	1019	1020	1019	1019	1018
	-170	2705	2708	2711	2714	2717	2718	2718	2718	2716	2713
	-180	6309	6317	6324	6331	6336	6339	6340	6338	6334	6328
-190	12507	12522	12537	12550	12560	12565	12566	12562	12554	12543	
150	-100	77	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	82	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	93	87	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	122	119	108	88	-	-	-	-	-	-
	-140	195	192	184	171	154	137	120	103	88	76
	-150	383	379	368	350	330	326	326	326	326	325
	-160	1006	1007	1008	1010	1010	1011	1011	1011	1010	1009
	-170	2705	2708	2711	2714	2717	2718	2718	2718	2716	2713
	-180	6309	6317	6324	6331	6336	6339	6340	6338	6334	6328
-190	12507	12522	12537	12550	12560	12565	12566	12562	12554	12543	
200	-100	103	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	108	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	120	108	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	150	145	127	-	-	-	-	-	-	-
	-140	227	222	211	193	170	146	121	97	77	60
	-150	421	416	403	381	356	329	304	303	303	301
	-160	999	1000	1001	1002	1003	1004	1003	1003	1002	1002
	-170	2705	2708	2711	2714	2717	2718	2718	2718	2716	2713
	-180	6309	6317	6324	6331	6336	6339	6340	6338	6334	6328
-190	12507	12522	12537	12550	12560	12565	12566	12562	12554	12543	
250	-100	129	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	134	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	146	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	177	170	141	-	-	-	-	-	-	-
	-140	257	252	237	213	182	148	112	77	44	-
	-150	457	452	435	410	381	349	318	289	269	268
	-160	989	990	991	993	993	994	994	993	993	992
	-170	2705	2708	2711	2714	2717	2718	2718	2718	2716	2713
	-180	6309	6317	6324	6331	6336	6339	6340	6338	6334	6328
-190	12507	12522	12537	12550	12560	12565	12566	12562	12554	12543	
300	-100	156	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	173	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	205	194	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	286	280	261	229	188	140	-	-	-	-
	-150	492	486	467	437	404	367	330	296	266	240
	-160	1010	1004	980	981	981	982	982	981	980	980
	-170	2692	2695	2699	2702	2704	2705	2706	2705	2703	2701
	-180	6309	6317	6324	6331	6336	6339	6340	6338	6334	6328
-190	12507	12522	12537	12550	12560	12565	12566	12562	12554	12543	

2.3.8 ผลการจำลองกรณีกำหนดมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 62.5 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz

ตาราง 53 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง เมื่อกำหนด Elev = 62.5°, BW = 100 MHz และ GB = 100 MHz

ความสูงสายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	14.3	14.1	13.7	13	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3
	-150	41.6	41.6	41.6	41.6	41.6	41.6	41.6	41.6	41.6	41.6
	-160	132.3	132.3	132.3	132.3	132.3	132.3	132.3	132.3	132.3	132.3
	-170	418.5	418.5	418.5	418.5	418.5	418.5	418.5	418.5	418.5	418.5
	-180	1323.3	1323.3	1323.3	1323.3	1323.3	1323.3	1323.3	1323.3	1323.3	1323.3
-190	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	13.2	12.8	11.5	-	-	-	-	-	-	-
	-140	21.6	21.2	20.2	18.7	16.8	14.9	13	11.2	-	-
	-150	44.3	43.8	42.4	40.4	39.1	39.1	39.1	39.1	39.1	39.1
	-160	131.5	131.5	131.5	131.5	131.5	131.5	131.5	131.5	131.5	131.5
	-170	418.2	418.2	418.2	418.2	418.2	418.2	418.2	418.2	418.2	418.2
	-180	1323.2	1323.2	1323.2	1323.2	1323.2	1323.2	1323.2	1323.2	1323.2	1323.2
-190	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	
30	-100	13.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	15.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	18.9	18	14.8	-	-	-	-	-	-	-
	-140	28.1	27.5	25.7	23	19.8	16.2	12.6	-	-	-
	-150	52.3	51.6	49.7	46.8	43.4	39.8	36.2	33.6	33.6	33.6
	-160	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
	-170	417.7	417.7	417.7	417.7	417.7	417.7	417.7	417.7	417.7	417.7
	-180	1323	1323	1323	1323	1323	1323	1323	1323	1323	1323
-190	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	4184.4	
40	-100	18.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	19.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	20.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	24.5	22.9	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	34.2	33.3	30.6	26.4	21	13.3	-	-	-	-
	-150	59.6	58.7	56.3	52.6	48.2	43.5	38.9	34.6	30.7	27.4
	-160	129.5	128.1	127.7	127.7	127.7	127.7	127.7	127.7	127.7	127.7
	-170	417	417	417	417	417	417	417	417	417	417
	-180	1322.8	1322.8	1322.8	1322.8	1322.8	1322.8	1322.8	1322.8	1322.8	1322.8
-190	4184.3	4184.3	4184.3	4184.3	4184.3	4184.3	4184.3	4184.3	4184.3	4184.3	
50	-100	23.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	24.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	26.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	30	27.6	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	40.2	38.9	35.1	28.8	-	-	-	-	-	-
	-150	66.6	65.5	62.4	57.8	52.3	46.4	40.6	35.3	30.6	26.5
	-160	138.1	136.6	132.2	125.8	124.5	124.5	124.5	124.5	124.5	124.5
	-170	416.1	416.1	416.1	416.1	416.1	416.1	416.1	416.1	416.1	416.1
	-180	1322.5	1322.5	1322.5	1322.5	1322.5	1322.5	1322.5	1322.5	1322.5	1322.5
-190	4184.2	4184.2	4184.2	4184.2	4184.2	4184.2	4184.2	4184.2	4184.2	4184.2	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	49.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	49.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	52.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	57.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	68.7	64.8	46	-	-	-	-	-	-	-
	-150	98.6	96.1	89.1	78.5	65.1	49.7	31.3	-	-	-
	-160	177	174.6	167.7	157.4	145.1	131.9	119	106.9	96.1	92.2
	-170	407.6	407.6	407.6	407.6	407.6	407.6	407.6	407.6	407.6	407.6
	-180	1319.9	1319.9	1319.9	1319.9	1319.9	1319.9	1319.9	1319.9	1319.9	1319.9
-190	4183.3	4183.3	4183.3	4183.3	4183.3	4183.3	4183.3	4183.3	4183.3	4183.3	
150	-100	75.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	75.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	78.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	83.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	96.4	88.3	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	128.5	124.3	112	91.4	-	-	-	-	-	-
	-160	212.2	208.7	198.7	183.9	166.2	147.3	128.8	111.6	96.3	83.2
	-170	438.8	433.9	420.2	399.5	392.6	392.6	392.6	392.6	392.6	392.6
	-180	1315.3	1315.3	1315.3	1315.3	1315.3	1315.3	1315.3	1315.3	1315.3	1315.3
-190	4181.9	4181.9	4181.9	4181.9	4181.9	4181.9	4181.9	4181.9	4181.9	4181.9	
200	-100	101.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	102.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	102.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	110.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	123.6	108.5	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	157.6	151.2	131.5	-	-	-	-	-	-	-
	-160	245.3	240.6	227.2	207.2	183	157.2	131.8	108.1	87.4	70.2
	-170	479.6	473.9	457.7	433.4	404.3	373.2	370.3	370.3	370.3	370.3
	-180	1308.8	1308.8	1308.8	1308.8	1308.8	1308.8	1308.8	1308.8	1308.8	1308.8
-190	4179.9	4179.9	4179.9	4179.9	4179.9	4179.9	4179.9	4179.9	4179.9	4179.9	
250	-100	128	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	128.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	128.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	136.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	150.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	186	177.1	146.8	-	-	-	-	-	-	-
	-160	277.2	271.2	253.9	227.8	196	161.5	126.5	93	63.3	40.4
	-170	518.4	511.8	493	465	431.3	395.4	359.9	339.3	339.3	339.3
	-180	1300.4	1300.4	1300.4	1300.4	1300.4	1300.4	1300.4	1300.4	1300.4	1300.4
-190	4177.2	4177.2	4177.2	4177.2	4177.2	4177.2	4177.2	4177.2	4177.2	4177.2	
300	-100	154.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	154.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	154.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	163.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	177.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	214.2	202.2	150.9	-	-	-	-	-	-	-
	-160	308.3	300.8	279.1	246.2	205.1	158.2	104.3	-	-	-
	-170	555.8	548.2	526.7	494.6	456.1	415.1	374.8	337.1	303.1	296.8
	-180	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290
-190	4174	4174	4174	4174	4174	4174	4174	4174	4174	4174	

ตาราง 54 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง Generic Model เมื่อกำหนด Elev = 62.5°, BW = 100 MHz และ GB = 100 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	-150	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
	-160	139	139	139	139	140	140	140	140	139	139
	-170	437	437	438	438	439	439	439	439	438	438
	-180	1379	1381	1383	1384	1385	1386	1386	1386	1385	1384
-190	4360	4252	4371	4375	4379	4381	4382	4381	4378	4375	
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	11	10	8	5	-	-	-	-	-	-
	-150	45	45	44	44	44	44	44	44	44	44
	-160	139	139	139	139	140	140	140	140	139	139
	-170	437	437	438	438	439	439	439	439	438	438
	-180	1379	1381	1383	1384	1385	1386	1386	1386	1385	1384
-190	4360	4365	4371	4375	4379	4381	4382	4381	4378	4375	
30	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	28	27	24	10	-	-	-	-	-	-
	-150	51	51	49	48	45	42	39	39	39	39
	-160	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138
	-170	437	437	438	438	439	439	439	439	438	438
	-180	1379	1381	1383	1384	1385	1386	1386	1386	1385	1384
-190	4360	4365	4371	4375	4379	4381	4382	4381	4378	4375	
40	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	35	34	32	27	-	-	-	-	-	-
	-150	60	59	57	53	49	46	42	38	34	30
	-160	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
	-170	437	437	438	438	439	439	439	439	438	438
	-180	1379	1381	1383	1384	1385	1386	1386	1386	1385	1384
-190	4360	4365	4371	4375	4379	4381	4382	4381	4379	4375	
50	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	30	28	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	41	40	36	31	-	-	-	-	-	-
	-150	67	66	64	59	54	48	43	38	34	29
	-160	138	138	135	133	133	133	133	133	133	133
	-170	437	437	438	438	439	439	439	439	438	438
	-180	1379	1381	1383	1384	1385	1386	1386	1386	1385	1384
-190	4360	4365	4371	4375	4379	4381	4382	4381	4379	4375	

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	68	65	53	-	-	-	-	-	-	-
	-150	98	97	91	81	69	54	39	2	-	-
	-160	177	175	170	161	149	136	123	112	103	102
	-170	427	428	428	429	429	429	430	429	429	428
	-180	1379	1381	1383	1384	1385	1386	1386	1386	1385	1384
-190	4360	4365	4371	4375	4379	4382	4382	4381	4379	4375	
150	-100	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	77	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	82	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	95	90	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	127	125	115	96	66	-	-	-	-	-
	-160	213	210	201	189	171	153	135	118	102	89
	-170	450	445	432	416	415	416	416	416	415	415
	-180	1372	1374	1375	1377	1378	1380	1379	1379	1378	1377
-190	4360	4365	4371	4375	4379	4382	4382	4381	4379	4375	
200	-100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	102	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	103	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	108	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	122	112	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	156	151	135	99	-	-	-	-	-	-
	-160	247	243	232	213	190	164	140	116	95	78
	-170	491	486	470	445	418	395	395	395	394	394
	-180	1366	1368	1369	1370	1372	1373	1373	1372	1372	1371
-190	4360	4365	4371	4375	4379	4382	4382	4381	4379	4375	
250	-100	126	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	128	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	130	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	135	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	149	130	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	185	177	153	-	-	-	-	-	-	-
	-160	279	274	259	235	204	171	137	105	76	53
	-170	531	525	508	479	446	410	374	367	366	365
	-180	1358	1360	1362	1362	1364	1365	1365	1364	1364	1363
-190	4360	4365	4371	4375	4379	4382	4382	4381	4379	4375	
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	154	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	156	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	161	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	175	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	213	203	165	-	-	-	-	-	-	-
	-160	310	304	285	254	215	171	123	65	-	-
	-170	567	562	542	511	471	431	389	351	328	326
	-180	1348	1350	1352	1353	1354	1355	1356	1354	1355	1353
-190	4360	4365	4371	4376	4379	4382	4382	4381	4379	4375	

ตาราง 55 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G โดยใช้แบบจำลอง P3M เมื่อกำหนด Elev = 62.5°, BW = 100 MHz และ GB = 100 MHz

ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้าจานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	16	17	16	16	17	17	17	16	16	16
	-150	45	46	46	46	46	46	46	46	46	46
	-160	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134
	-170	389	390	390	390	391	391	391	391	391	390
	-180	1123	1124	1123	1123	1122	1118	1119	1121	1122	1123
-190	2950	2953	2957	2960	2962	2964	2964	2963	2962	2959	
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	10	9	7	4	-	-	-	-	-	-
	-150	45	45	44	44	44	44	44	44	44	44
	-160	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134
	-170	389	390	390	390	391	391	391	391	391	390
	-180	1123	1124	1123	1123	1122	1118	1119	1121	1122	1123
-190	2950	2953	2957	2960	2962	2964	2964	2963	2962	2959	
30	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	28	27	21	9	-	-	-	-	-	-
	-150	51	51	50	48	45	42	39	39	39	38
	-160	132	132	132	133	133	133	133	133	133	132
	-170	389	390	390	390	391	391	391	391	391	390
	-180	1123	1124	1123	1123	1122	1118	1119	1121	1122	1123
-190	2950	2953	2957	2960	2962	2964	2964	2963	2962	2959	
40	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	35	34	32	27	-	-	-	-	-	-
	-150	59	59	56	53	49	46	42	37	34	30
	-160	130	130	130	130	131	131	131	131	131	130
	-170	389	390	390	390	391	391	391	391	391	390
	-180	1123	1124	1123	1123	1122	1118	1119	1121	1122	1123
-190	2950	2953	2957	2960	2962	2964	2964	2963	2962	2959	
50	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	30	28	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	41	40	36	31	-	-	-	-	-	-
	-150	66	66	63	59	53	48	43	38	33	29
	-160	134	134	131	128	128	128	128	128	128	127
	-170	387	388	388	389	389	389	389	389	389	388
	-180	1118	1119	1121	1122	1123	1123	1124	1123	1123	1122
-190	2950	2953	2957	2960	2962	2964	2964	2963	2962	2959	

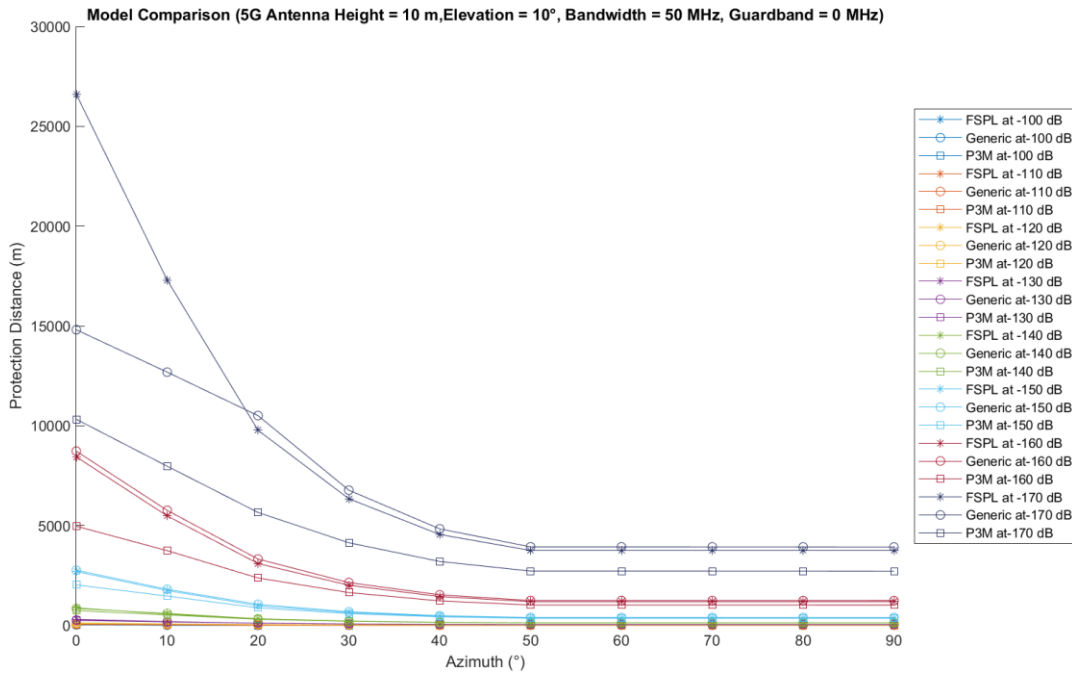
ความสูง สายอากาศ 5G (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ณ มุมกวาดเบี่ยงเบนตามแนวราบจากหน้างานดาวเทียม (องศา)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	68	65	52	-	-	-	-	-	-	-
	-150	97	96	90	80	68	54	39	2	-	-
	-160	172	170	165	156	145	133	121	109	99	97
	-170	379	380	380	381	381	381	381	381	381	380
	-180	1118	1119	1121	1122	1123	1123	1124	1123	1123	1122
-190	2950	2953	2957	2960	2962	2964	2964	2963	2962	2959	
150	-100	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	77	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	82	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	95	89	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	126	124	113	95	64	-	-	-	-	-
	-160	206	202	195	182	166	148	131	115	99	87
	-170	412	408	397	377	367	367	366	367	366	365
	-180	1110	1112	1113	1114	1115	1116	1116	1115	1115	1114
-190	2950	2953	2957	2960	2962	2964	2964	2963	2962	2959	
200	-100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	102	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	103	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	108	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	121	111	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	154	149	133	94	-	-	-	-	-	-
	-160	238	234	223	205	183	158	135	112	92	75
	-170	451	447	432	410	384	356	345	345	345	343
	-180	1103	1105	1106	1107	1109	1109	1109	1109	1108	1107
-190	2950	2953	2957	2960	2962	2964	2964	2963	2962	2959	
250	-100	126	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	128	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	130	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	135	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	148	127	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	182	175	150	-	-	-	-	-	-	-
	-160	269	264	249	226	196	164	131	100	72	51
	-170	488	482	466	439	410	377	344	316	316	314
	-180	1095	1096	1097	1098	1100	1100	1100	1100	1099	1098
-190	2950	2953	2957	2960	2962	2964	2964	2963	2962	2959	
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	154	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	156	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	161	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	175	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-150	210	200	159	-	-	-	-	-	-	-
	-160	299	293	274	244	205	162	114	56	-	-
	-170	523	517	499	468	433	396	358	323	292	275
	-180	1093	1086	1086	1088	1089	1090	1089	1089	1088	1088
-190	2950	2953	2957	2960	2962	2964	2964	2963	2962	2959	

2.4 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ ของกรณีใช้คลื่นความถี่ 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G

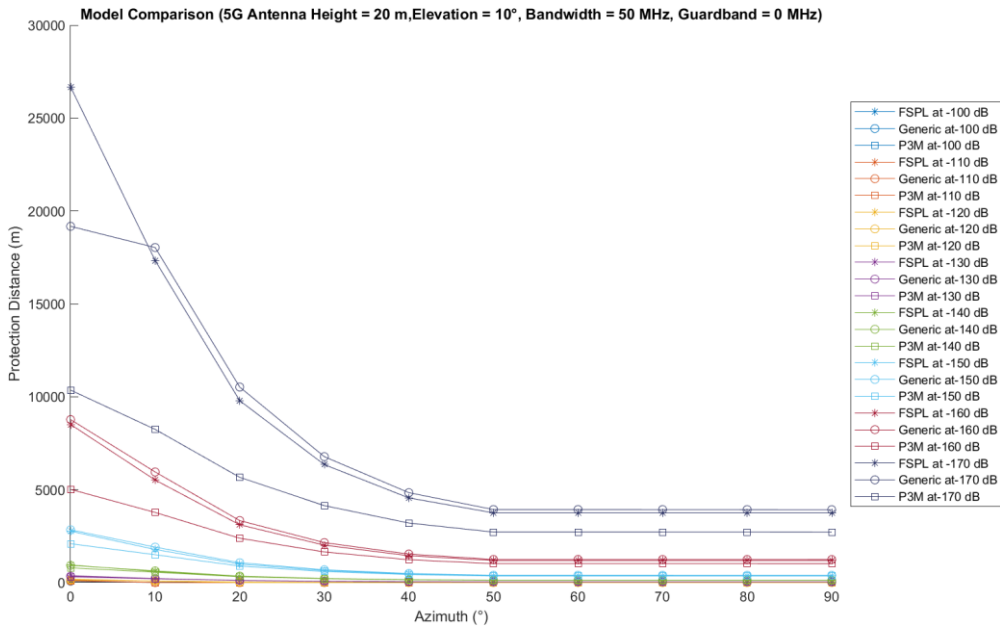
ในหัวข้อนี้จะทำการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองการใช้คลื่นความถี่ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียมไม่เคลื่อนที่และระบบ 5G เมื่อใช้แบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M โดยในการเปรียบเทียบนั้น ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองทั้งสาม จะถูกนำมาพล็อตกราฟในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน อย่างไรก็ตามเนื่องจากการจำลองนี้

ได้แบ่งการจำลองออกเป็น 54 กรณีตามการกำหนดค่าพารามิเตอร์ ส่งผลให้กราฟที่ได้มีจำนวนมาก ดังนั้นในหัวข้อนี้จึงเลือกนำเสนอเฉพาะผลการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ ของกรณีที่มีมุมเงยงานดาวเทียมมีค่าเป็น 10 องศา ซึ่งมีทั้งหมด 18 กรณี ดังหัวข้อต่อไปนี้

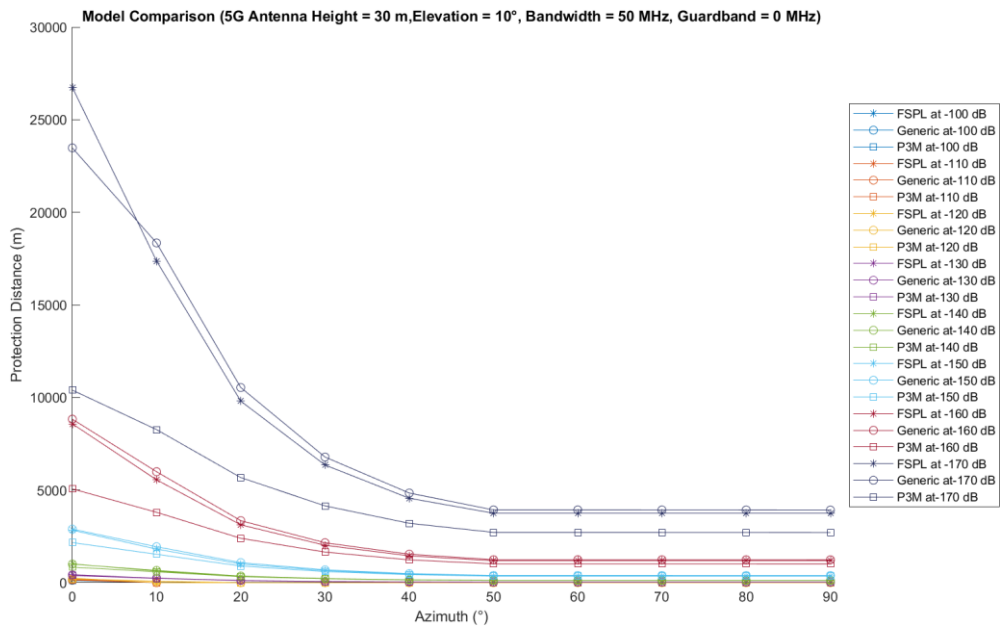
2.4.1 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ กรณีที่มีมุมเงยงานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz



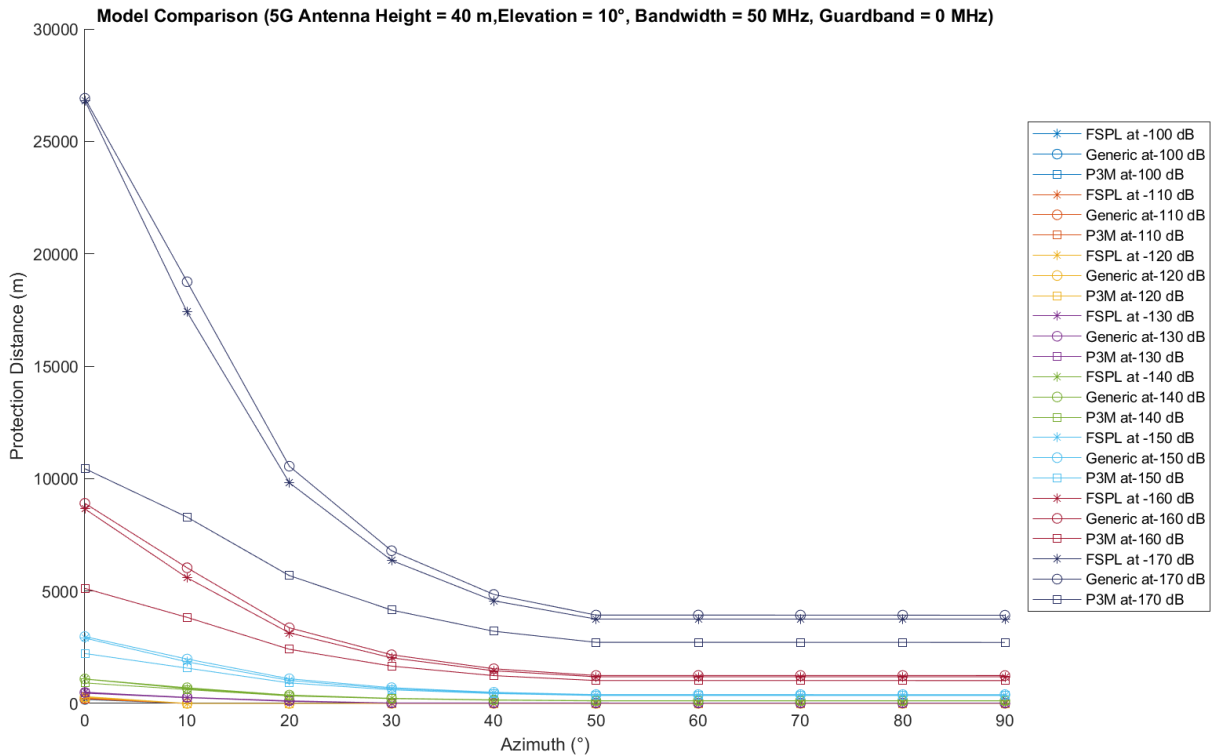
รูป 127 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 10 เมตร



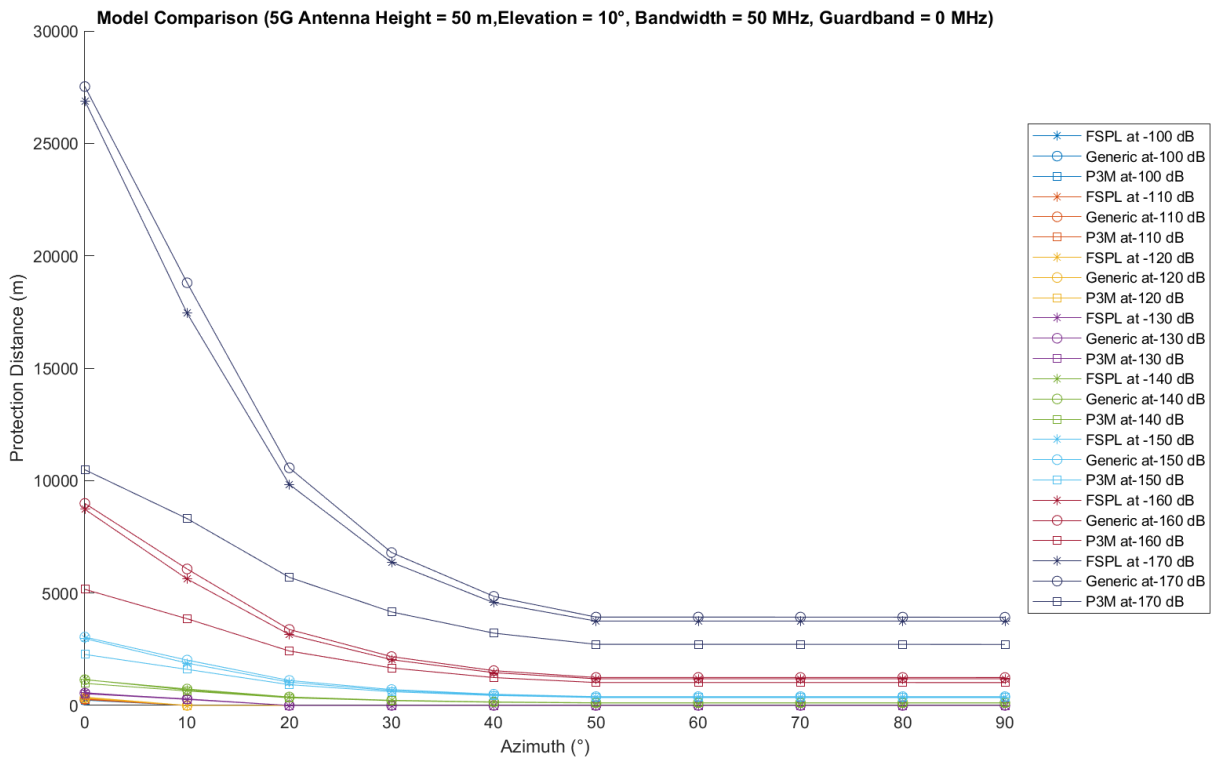
รูป 128 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 20 เมตร



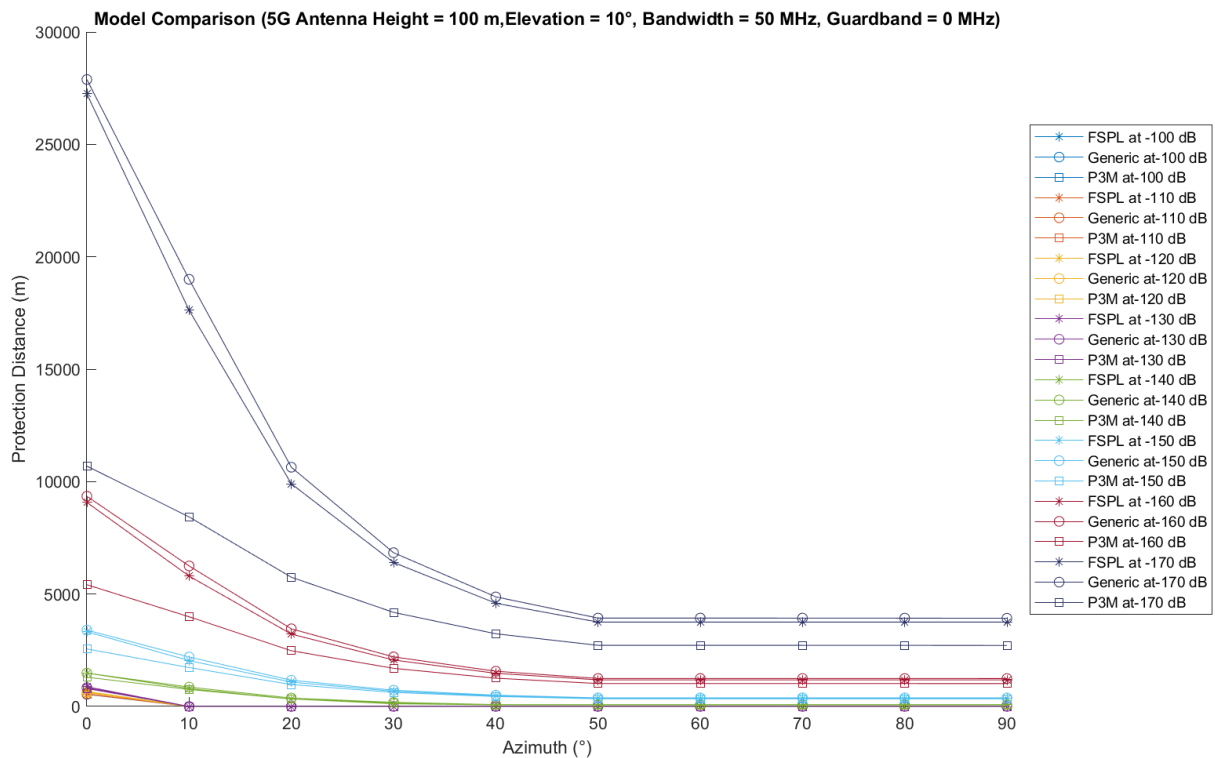
รูป 129 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 30 เมตร



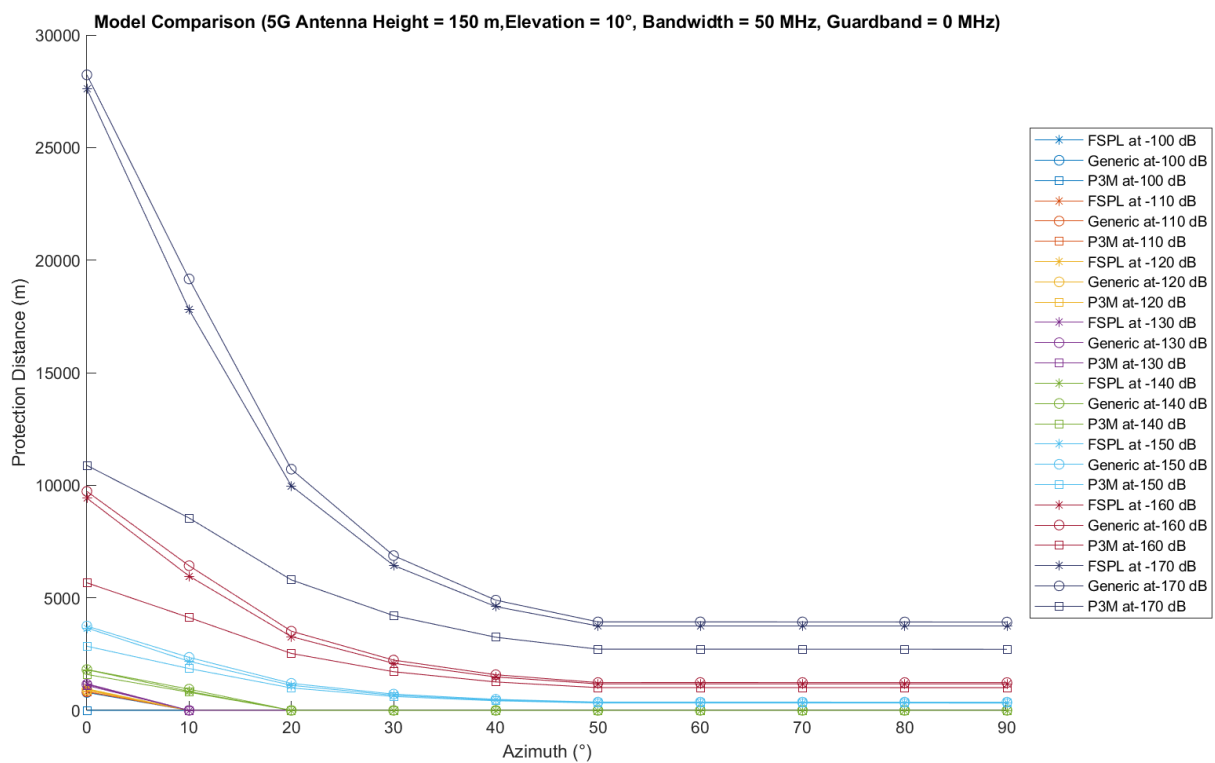
รูป 130 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 40 เมตร



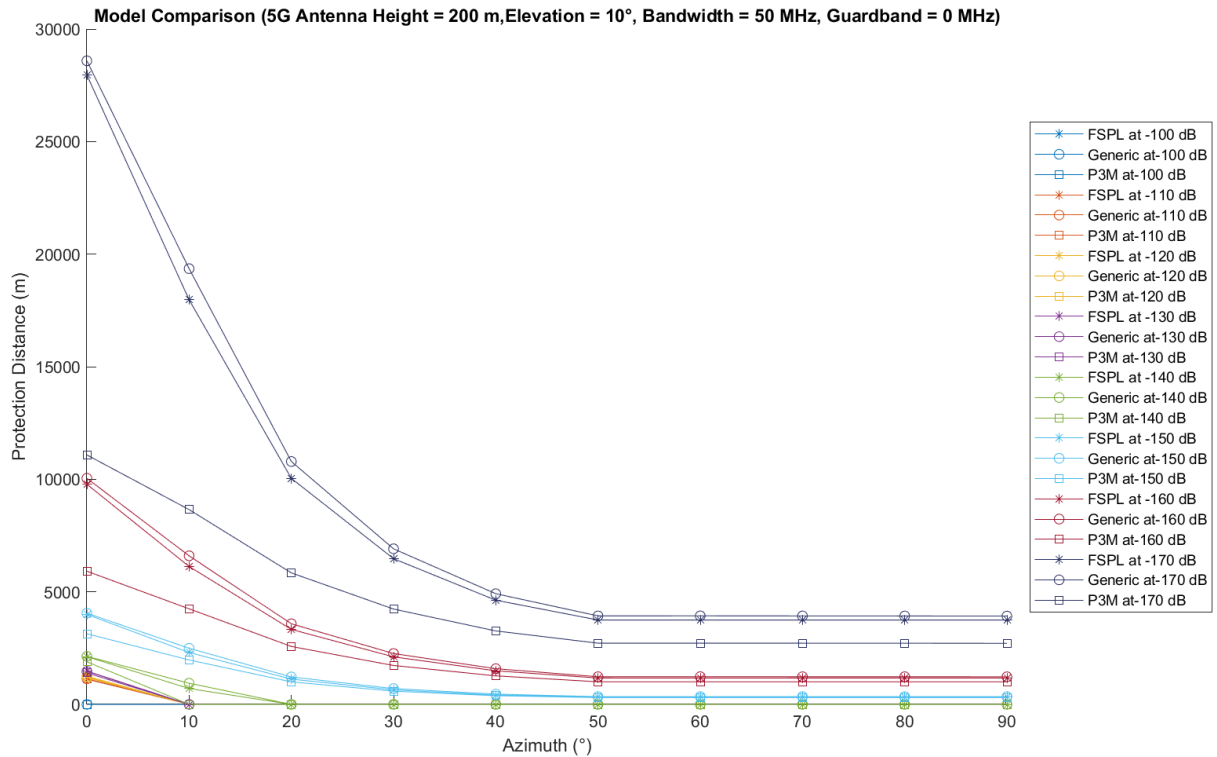
รูป 131 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 50 เมตร



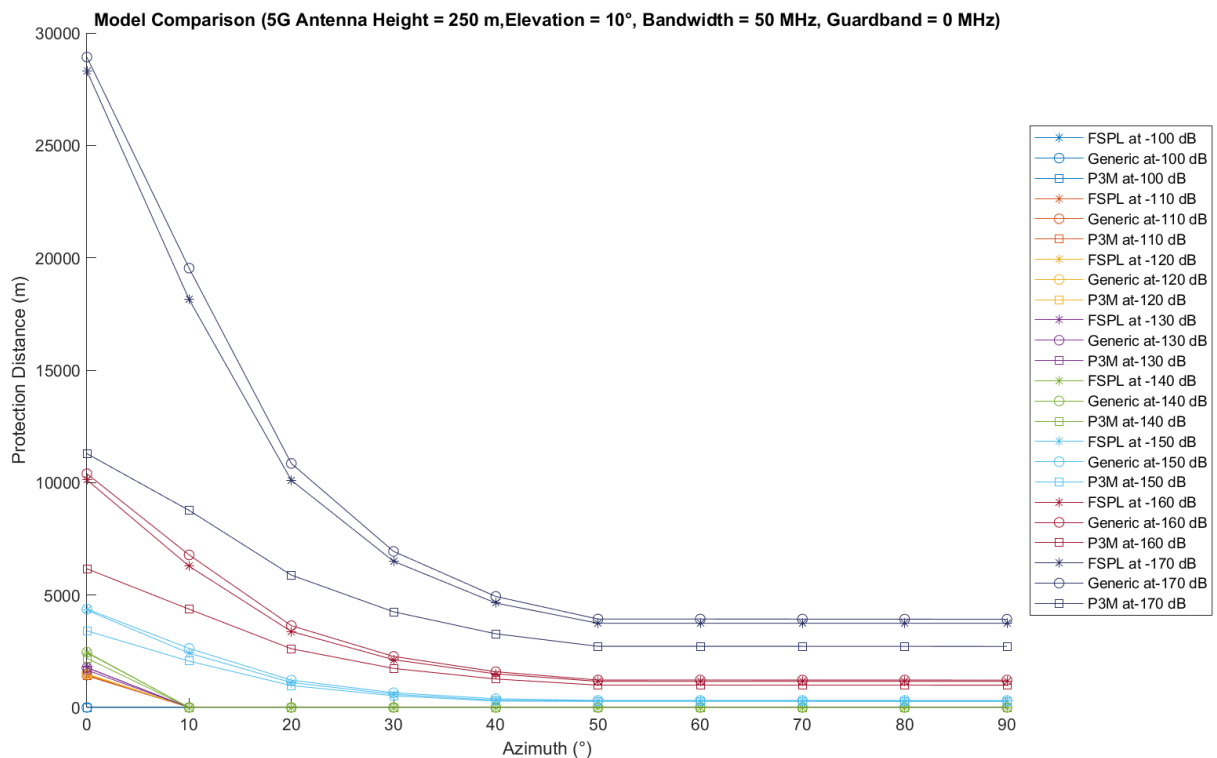
รูป 132 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 100 เมตร



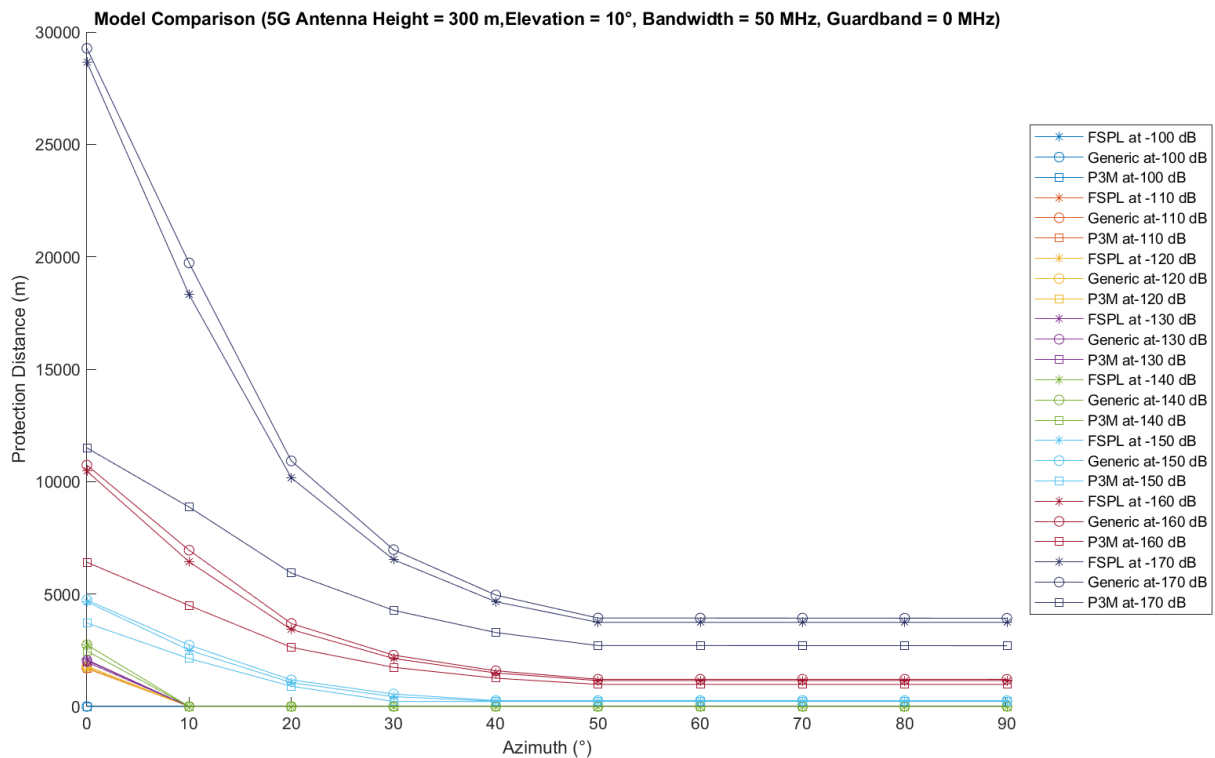
รูป 133 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 150 เมตร



รูป 134 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 200 เมตร

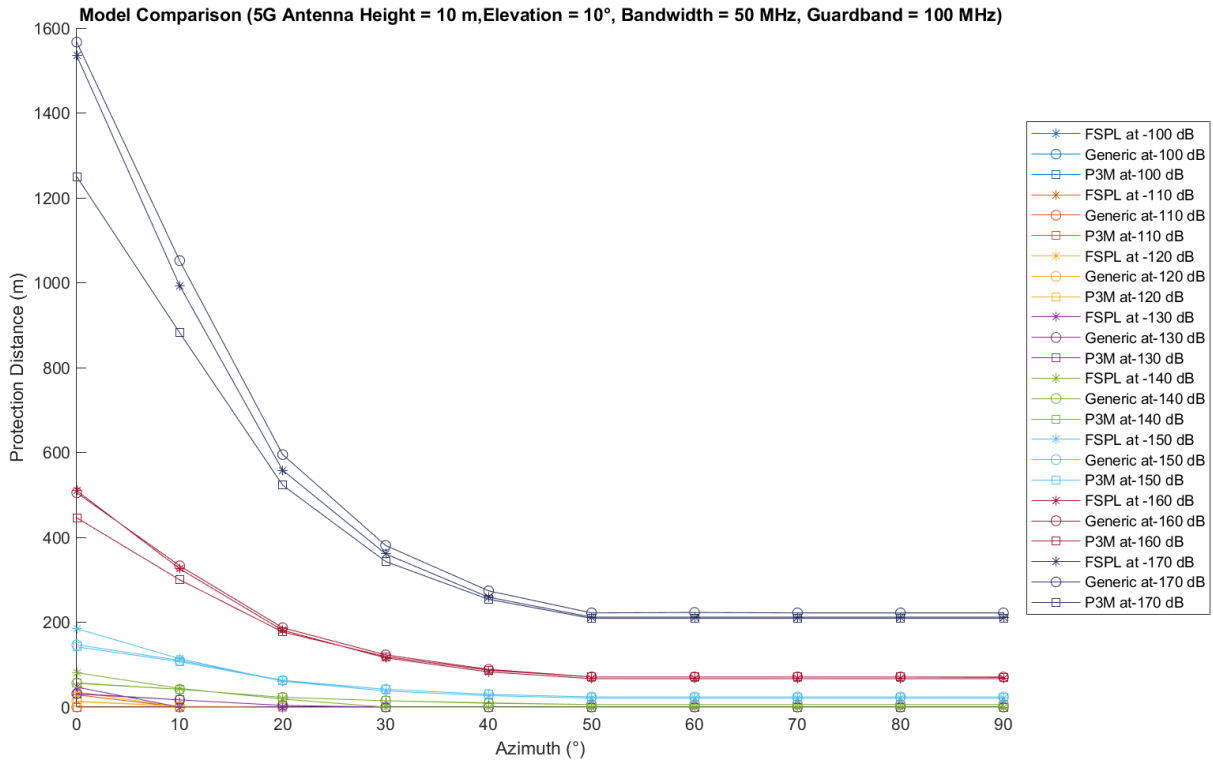


รูป 135 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 250 เมตร

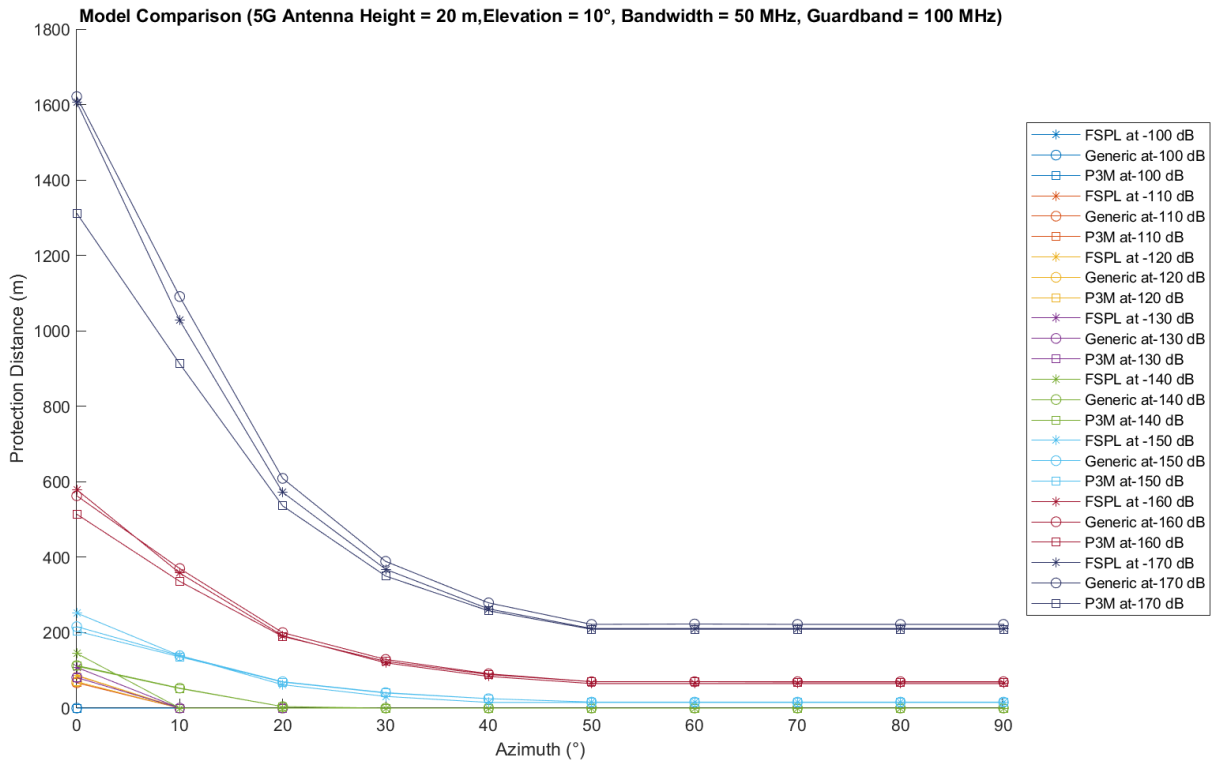


รูป 136 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 300 เมตร

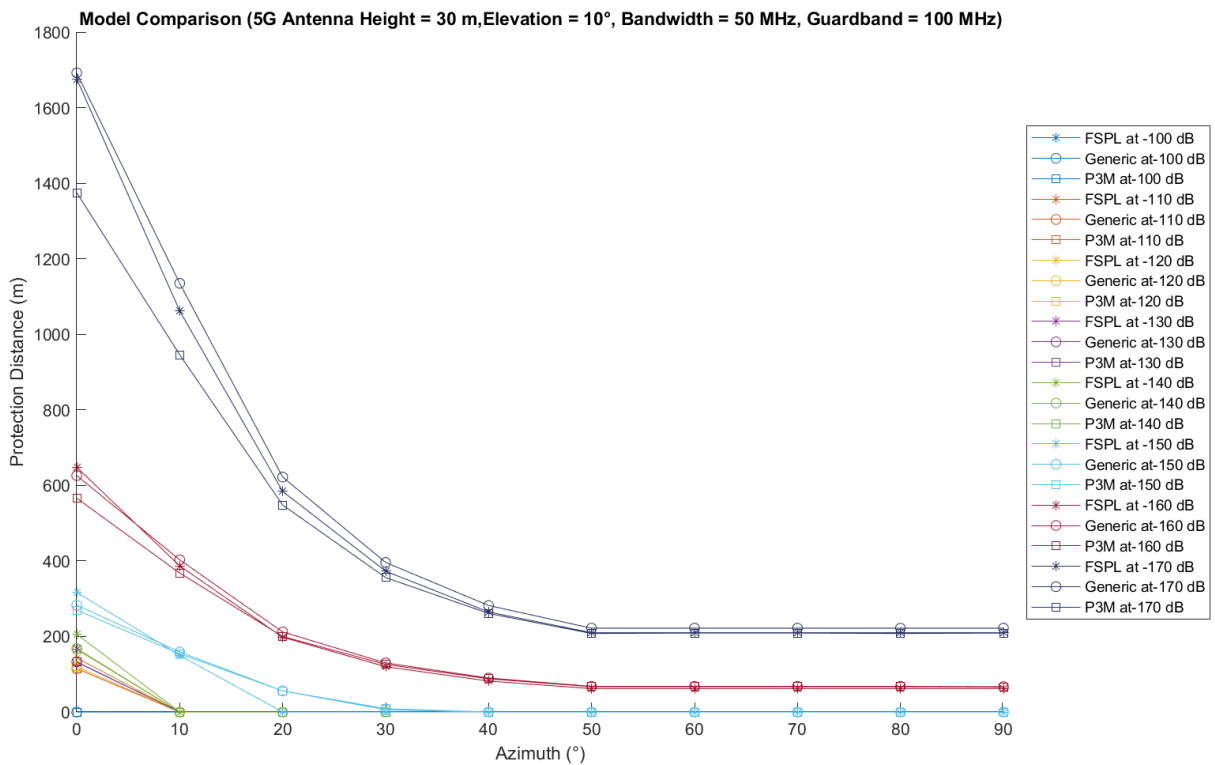
2.4.2 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ กรณีที่มุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz



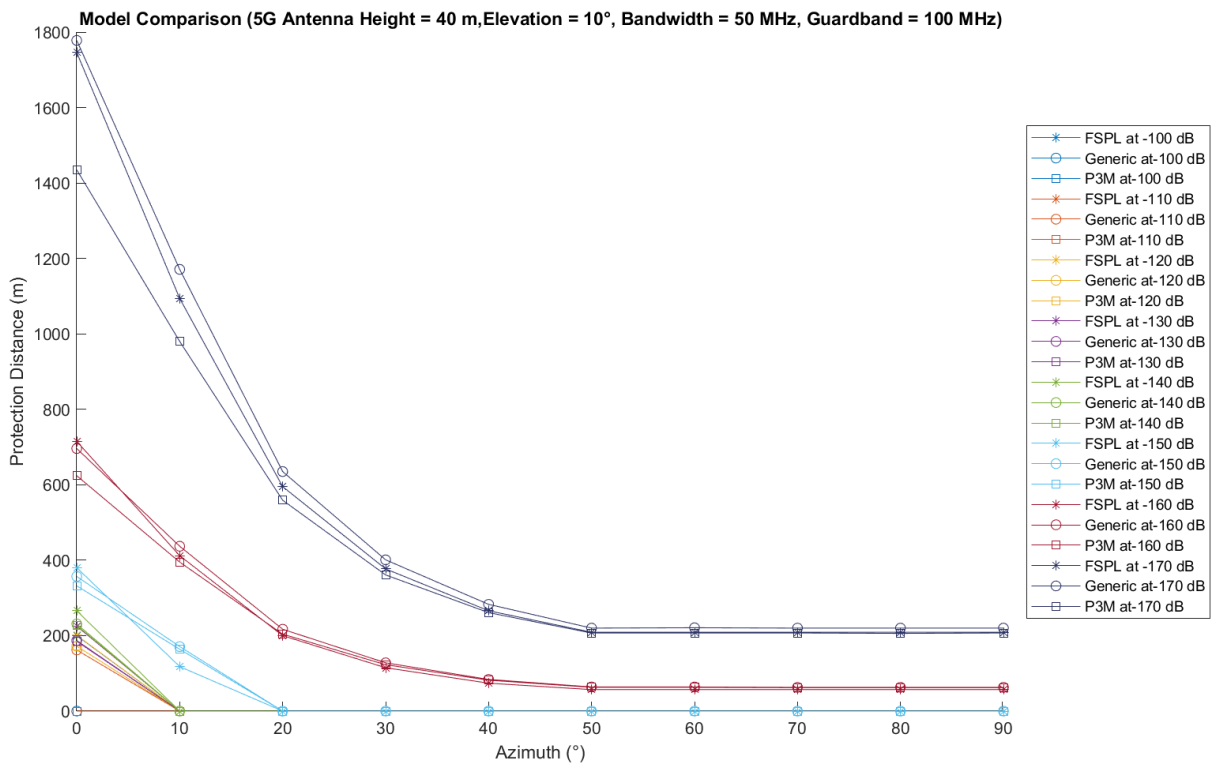
รูป 137 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 10 เมตร



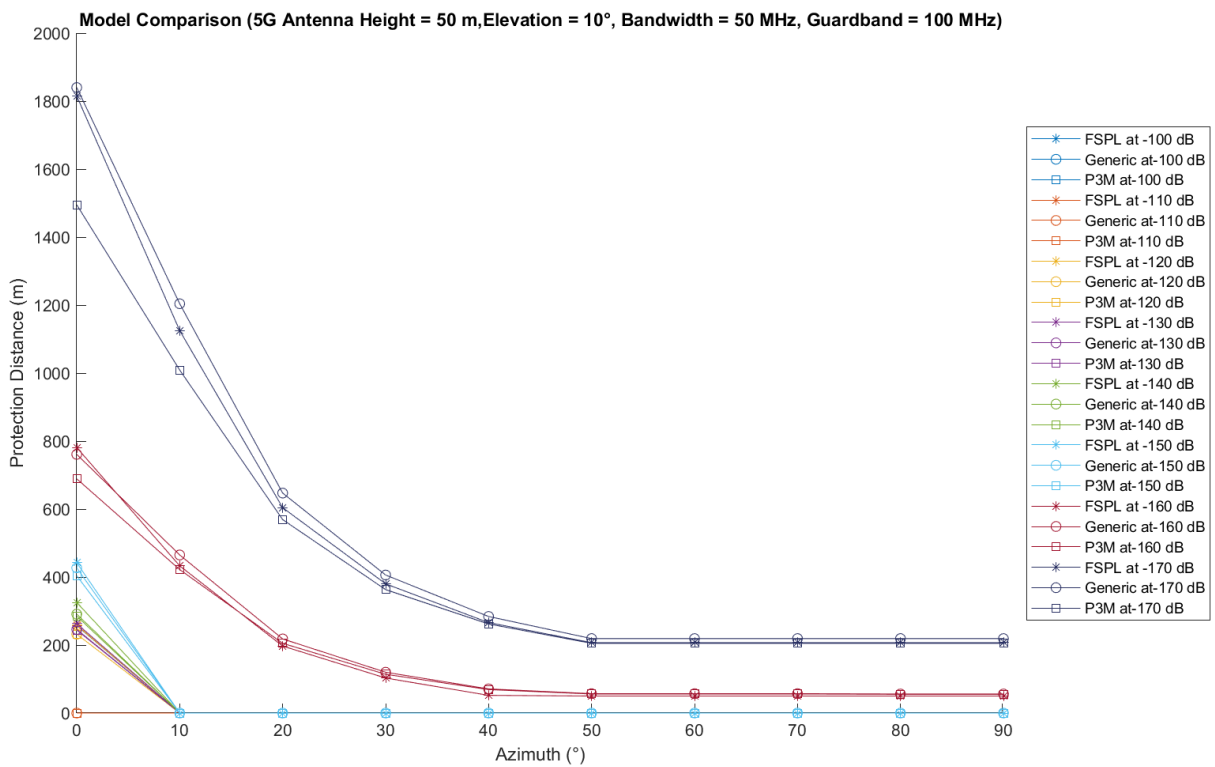
รูป 138 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 20 เมตร



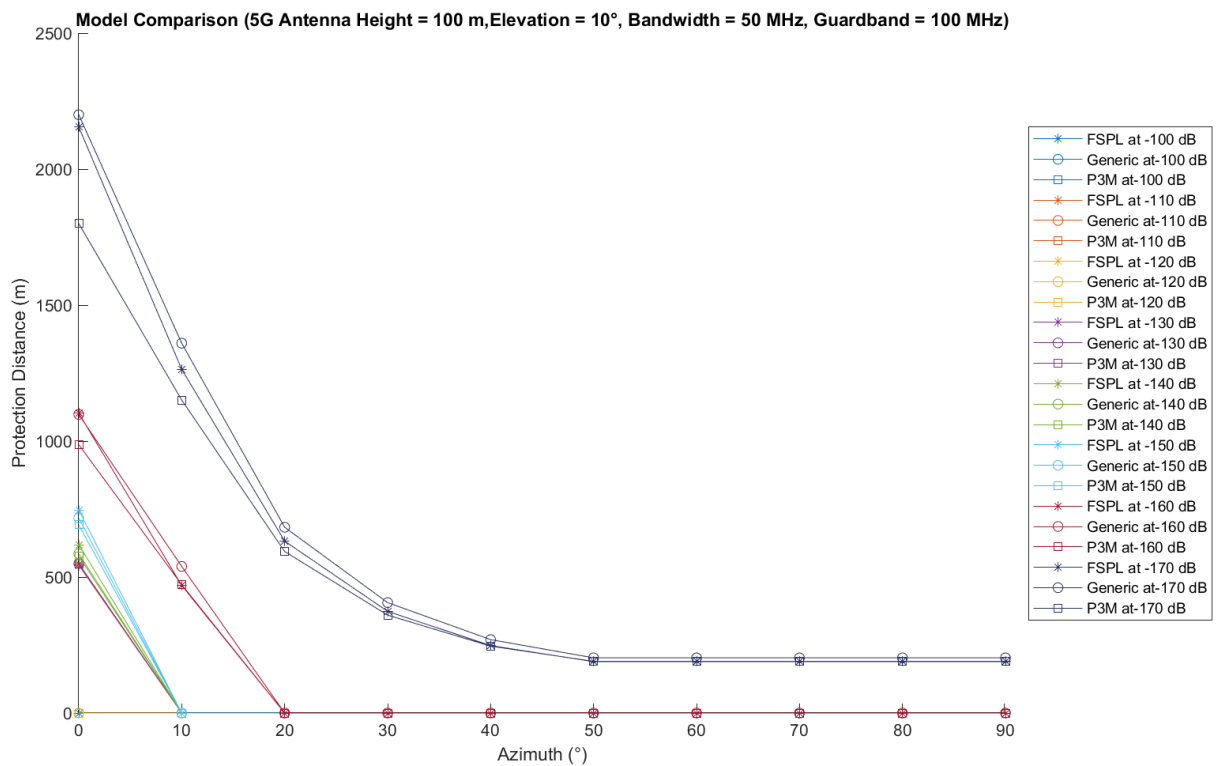
รูป 139 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 30 เมตร



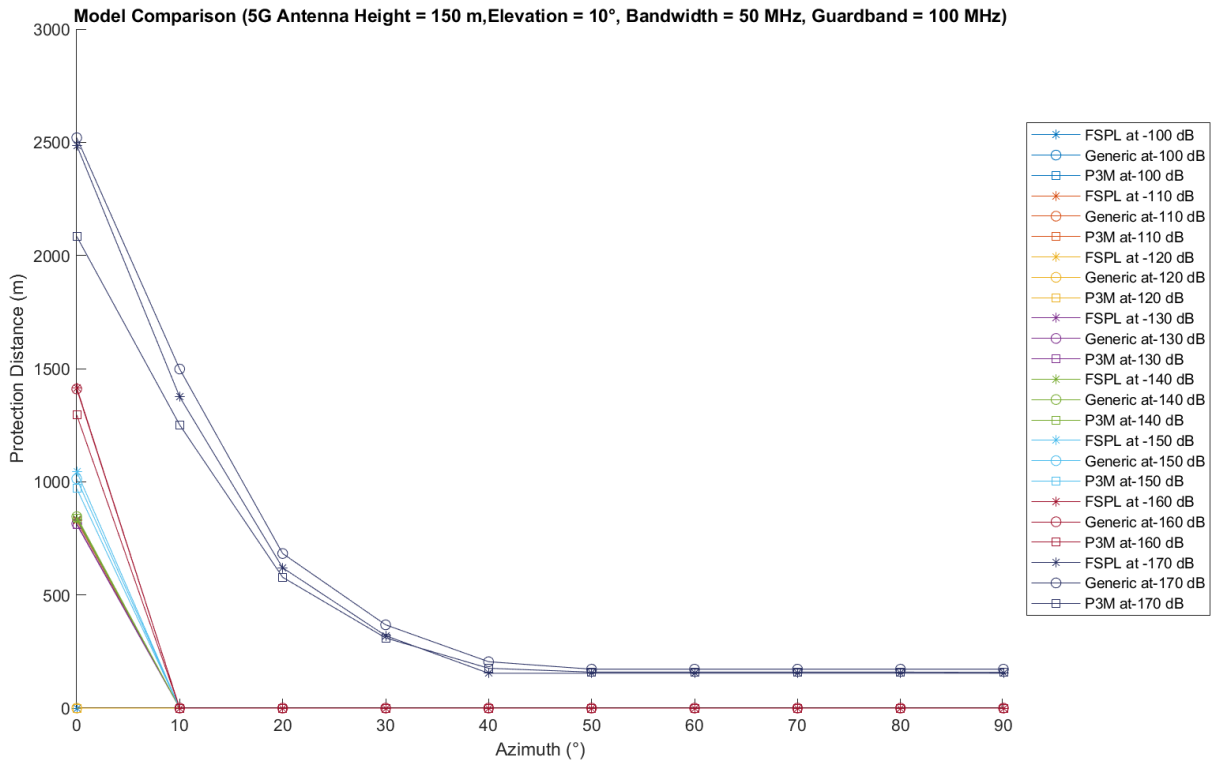
รูป 140 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 40 เมตร



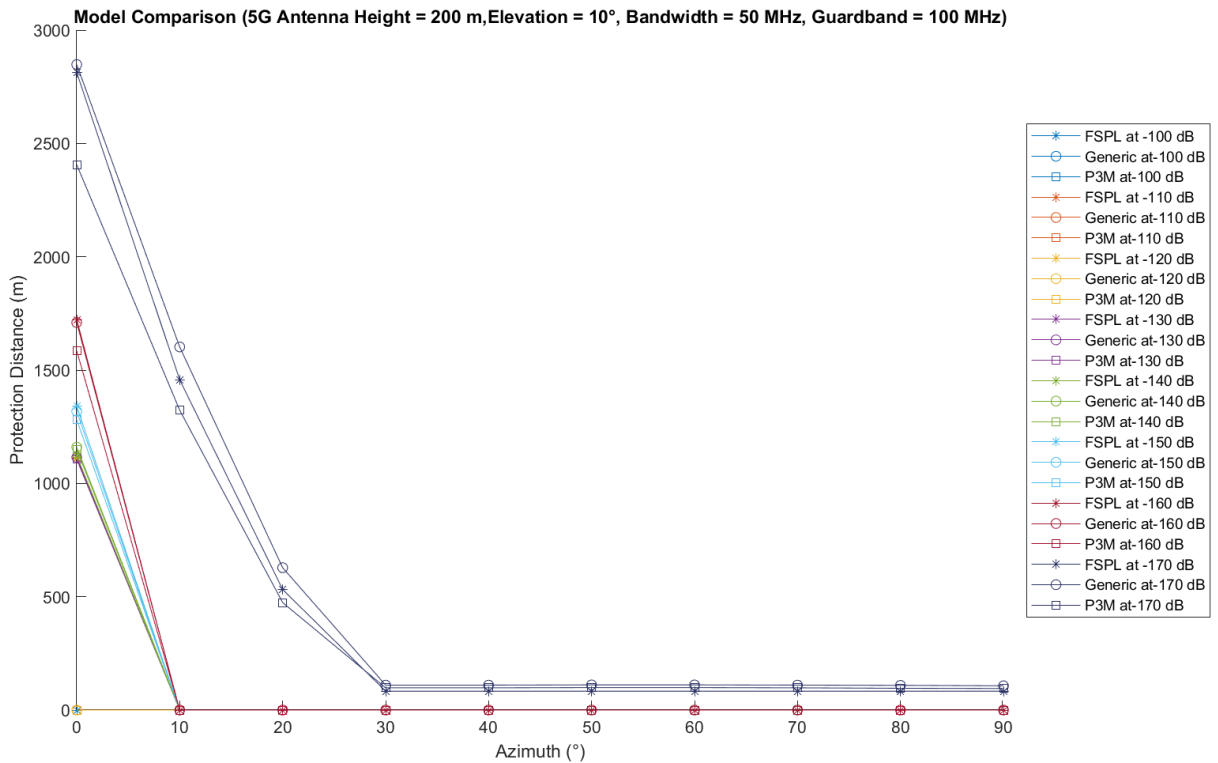
รูป 141 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 50 เมตร



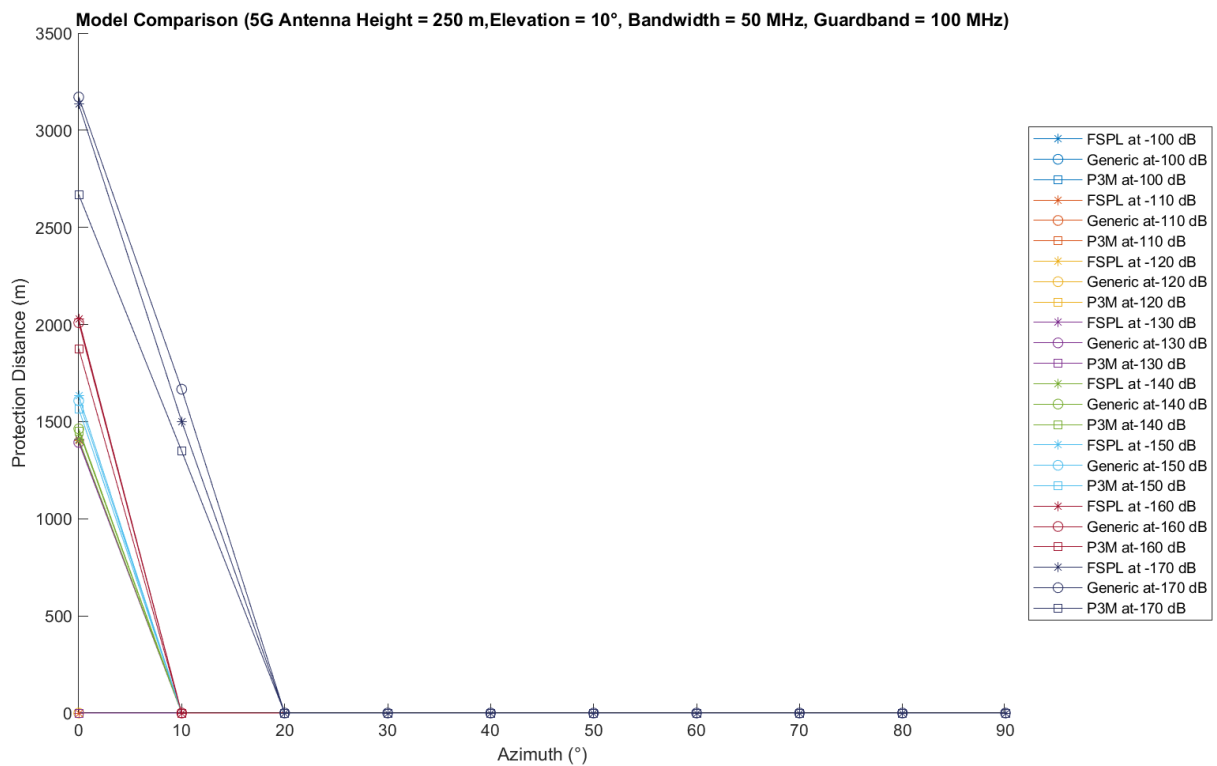
รูป 142 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 100 เมตร



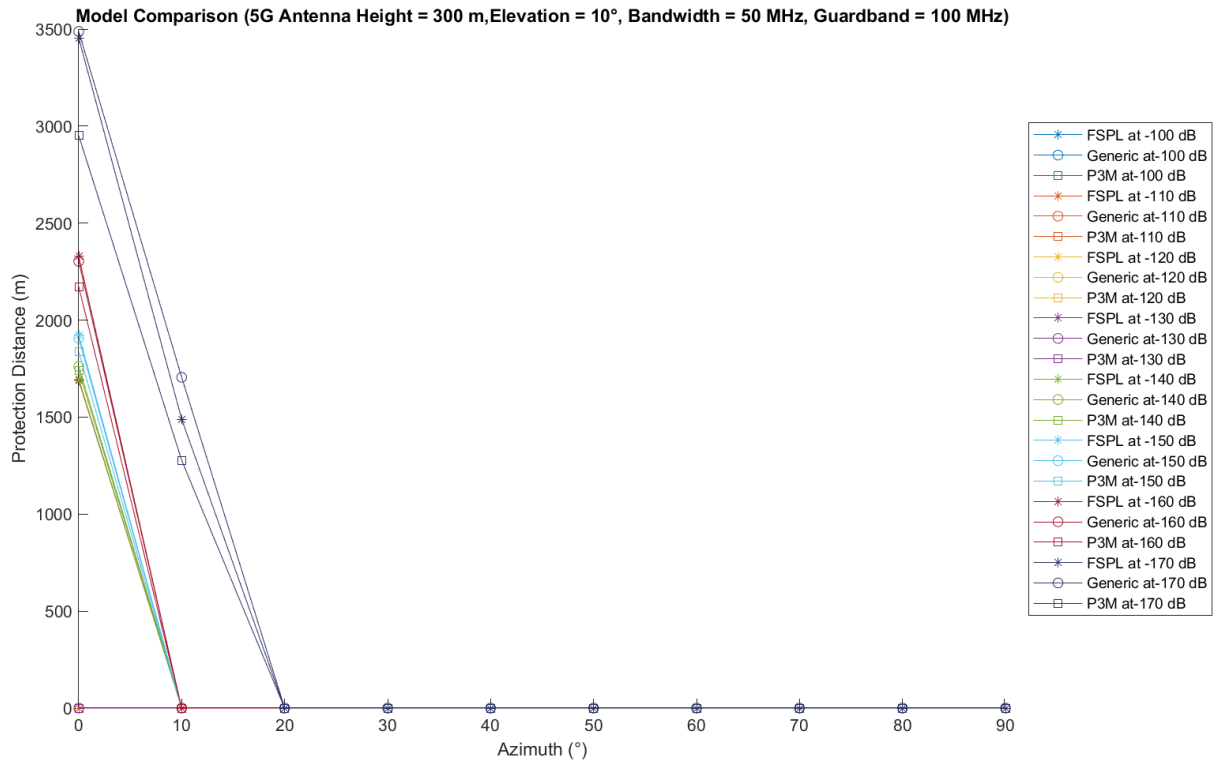
รูป 143 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 150 เมตร



รูป 144 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 200 เมตร

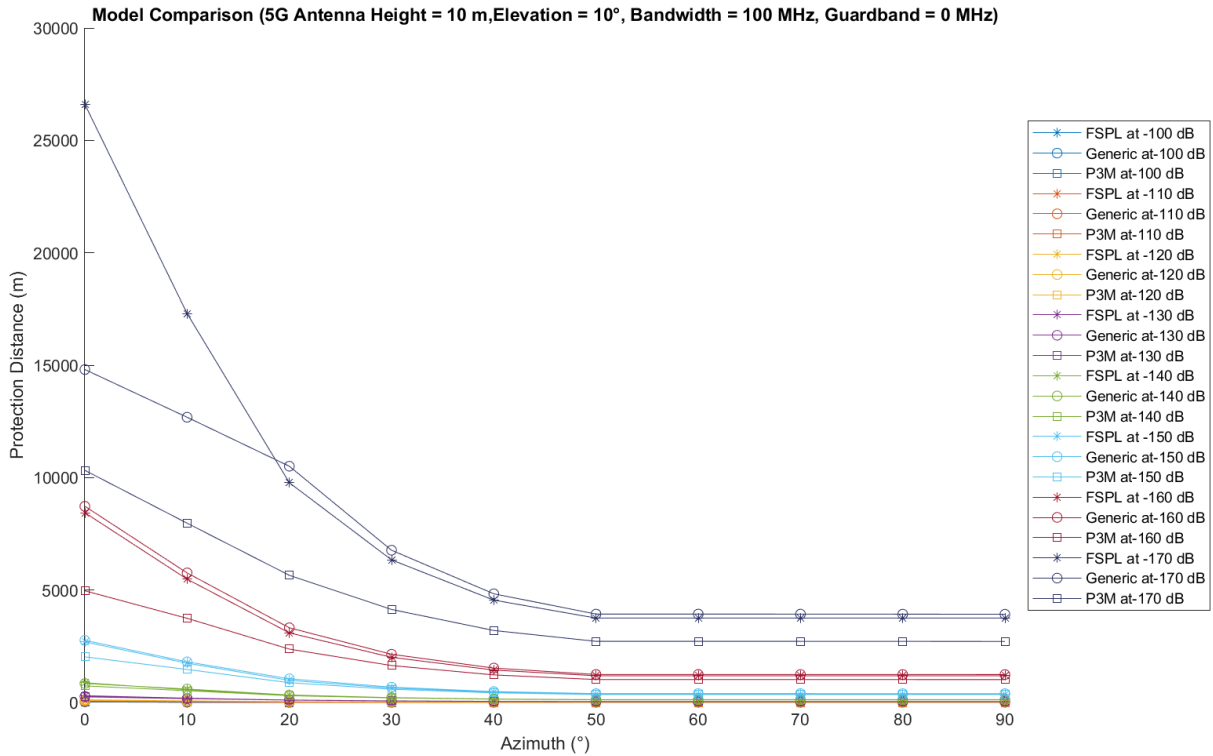


รูป 145 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 250 เมตร

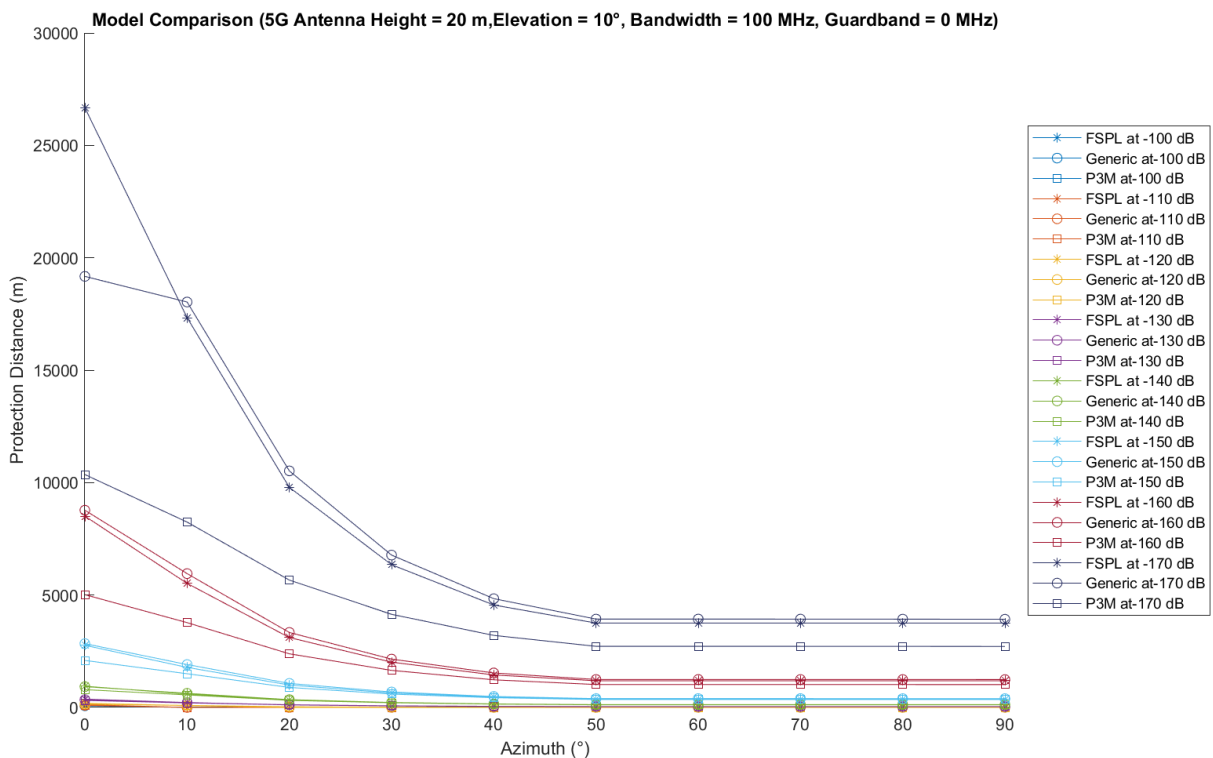


รูป 146 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 50 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 300 เมตร

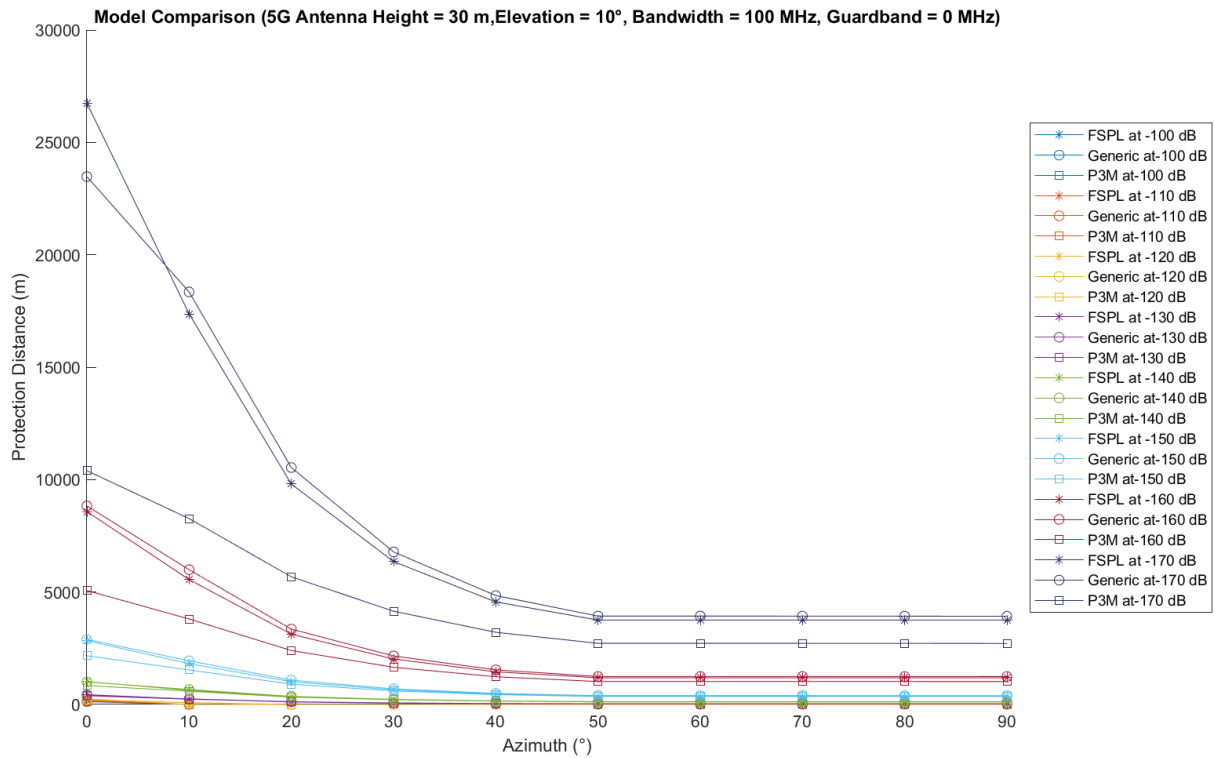
2.4.3 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ กรณีที่มุมเงยงานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz



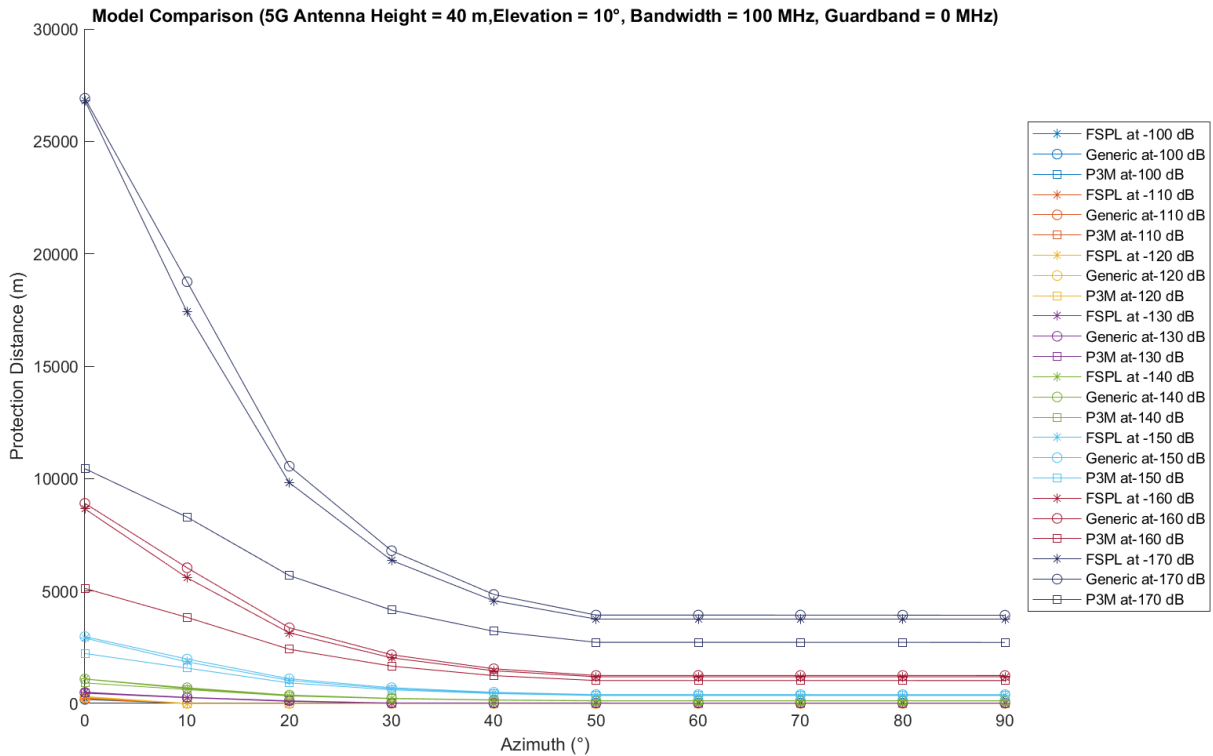
รูป 147 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 10 เมตร



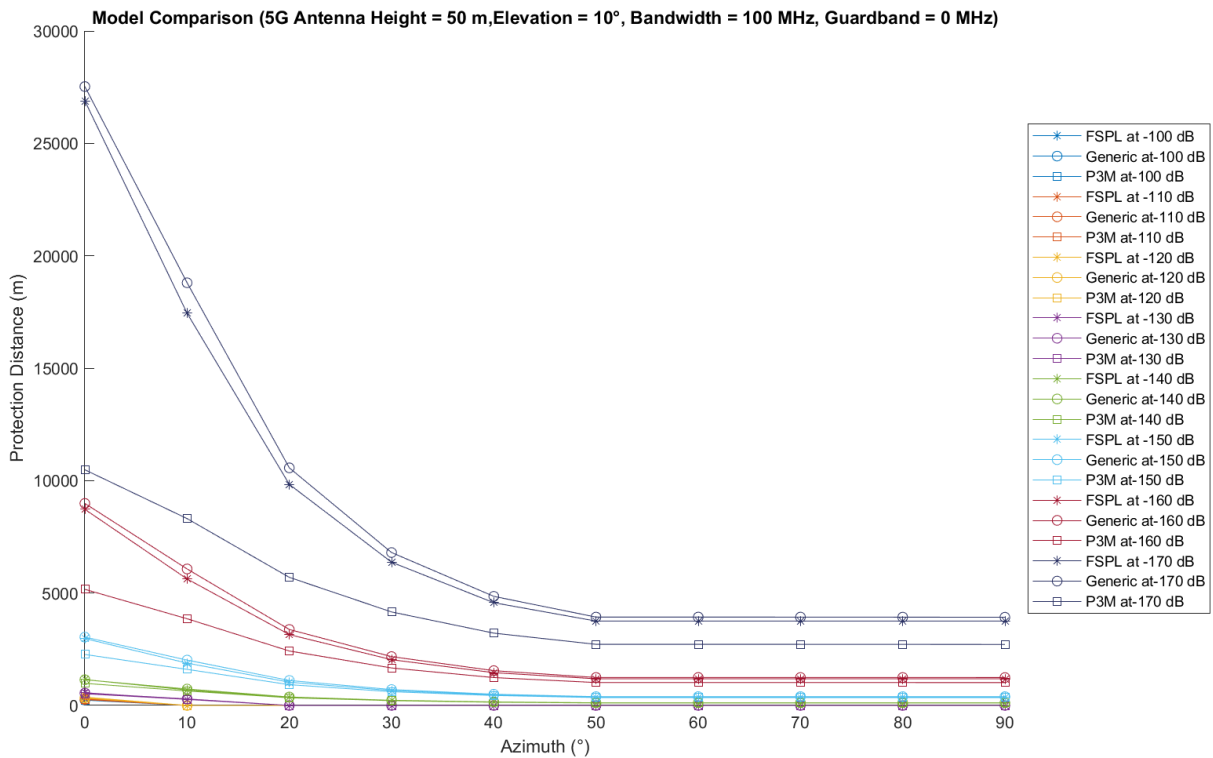
รูป 148 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 20 เมตร



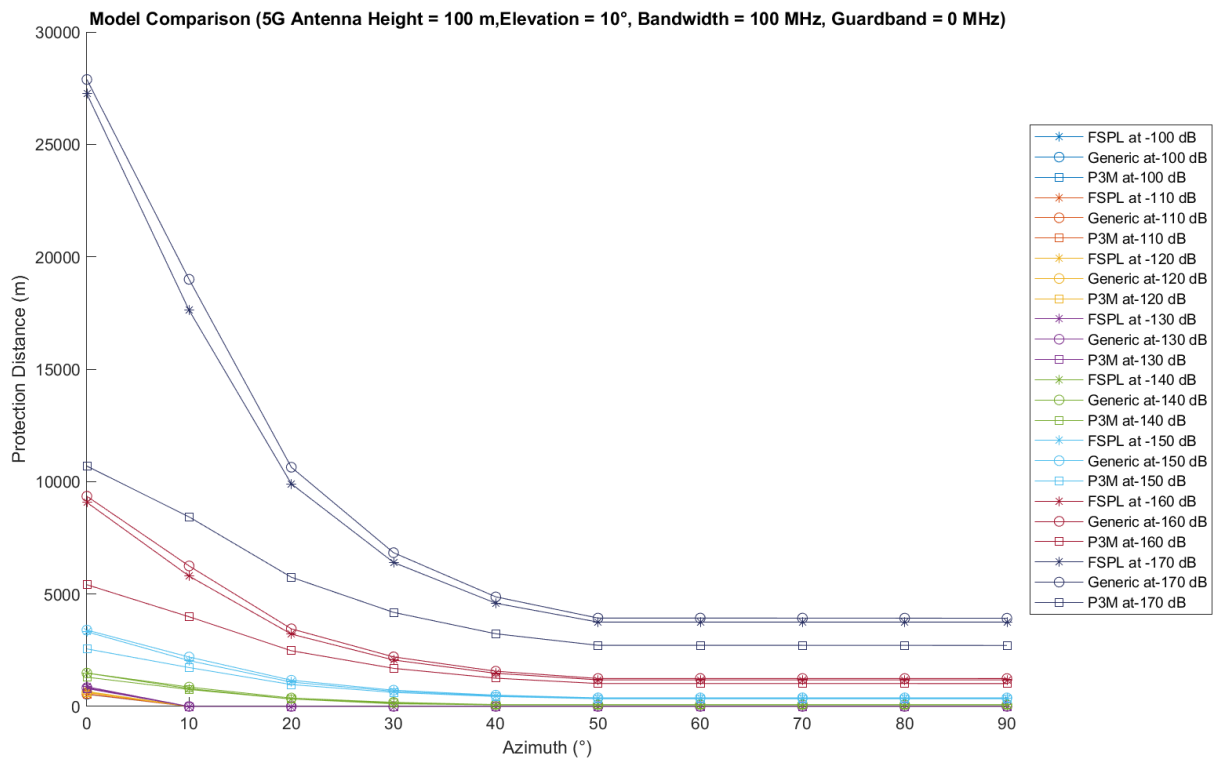
รูป 149 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 30 เมตร



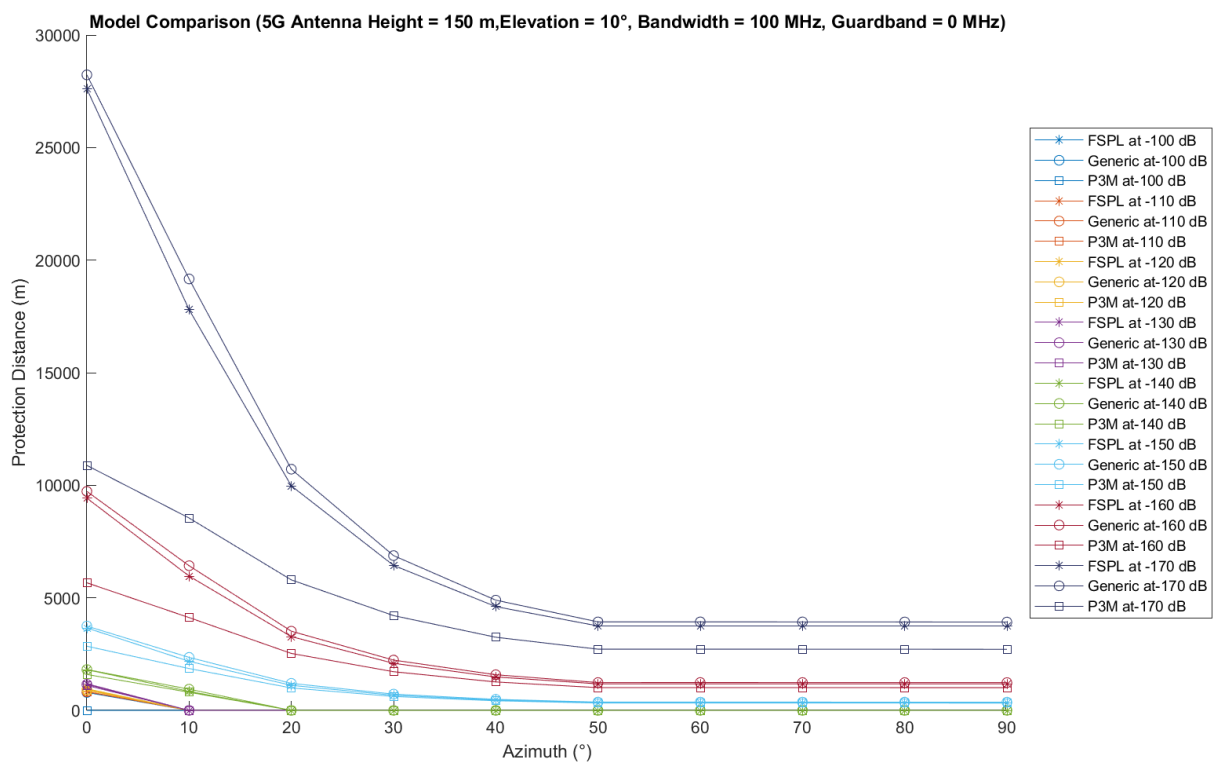
รูป 150 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงเสาอากาศ 5G มีค่าเป็น 40 เมตร



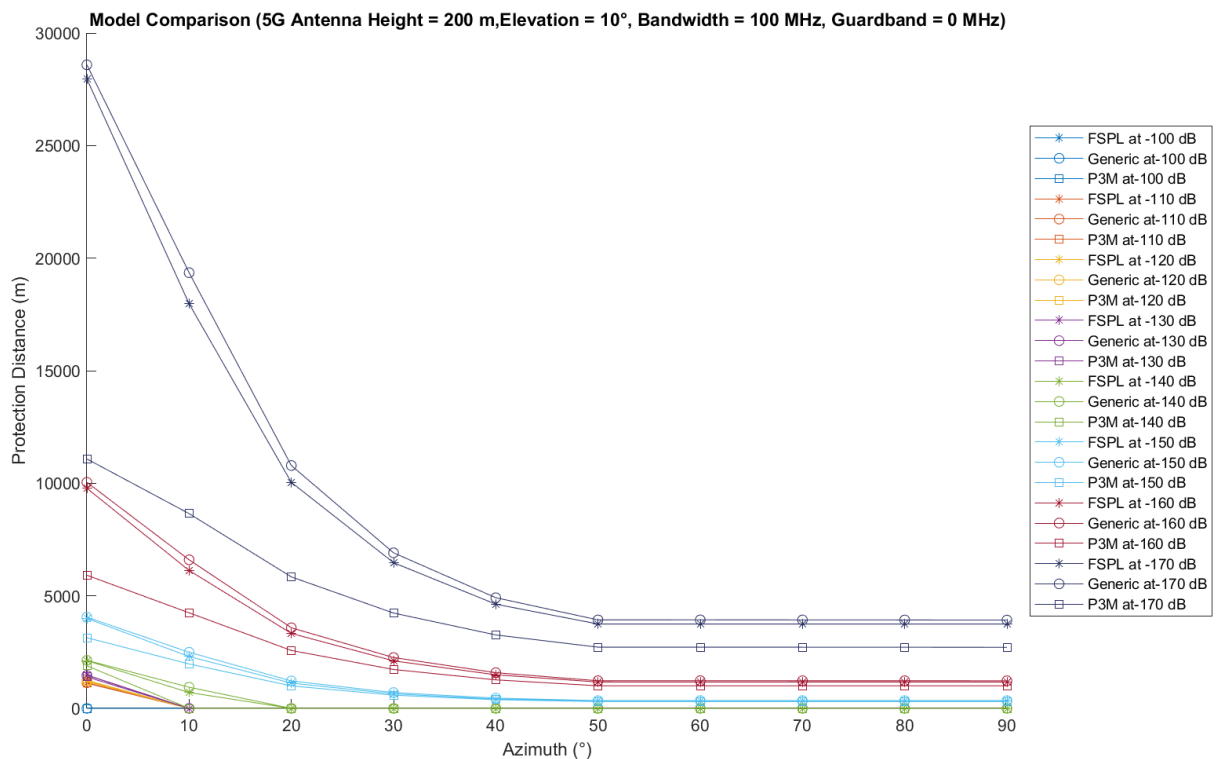
รูป 151 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงเสาอากาศ 5G มีค่าเป็น 50 เมตร



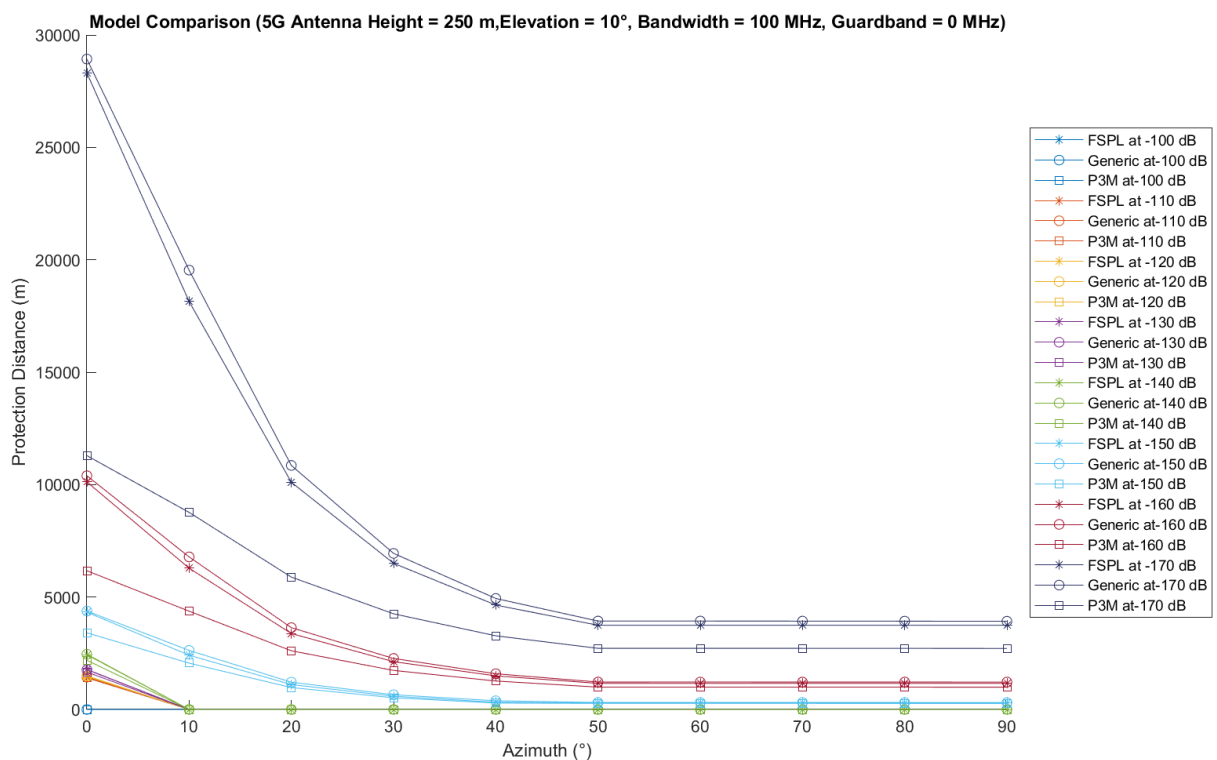
รูป 152 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 100 เมตร



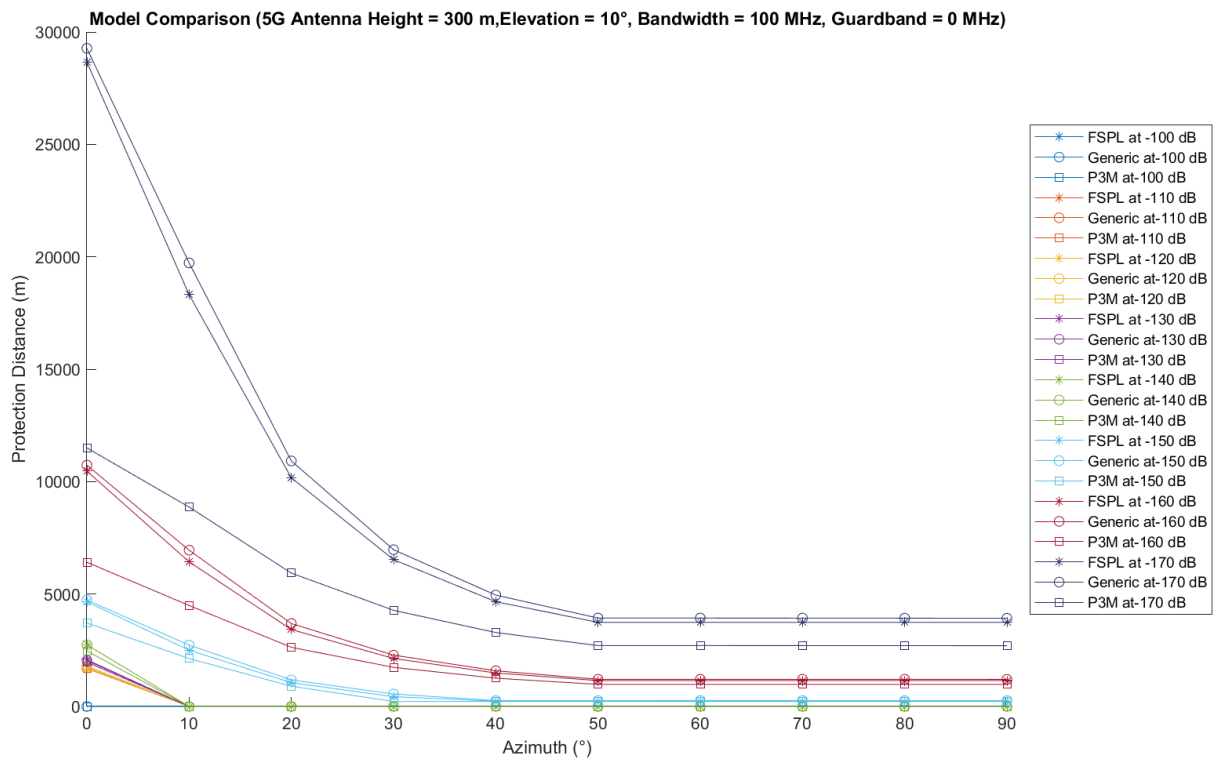
รูป 153 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 150 เมตร



รูป 154 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 200 เมตร

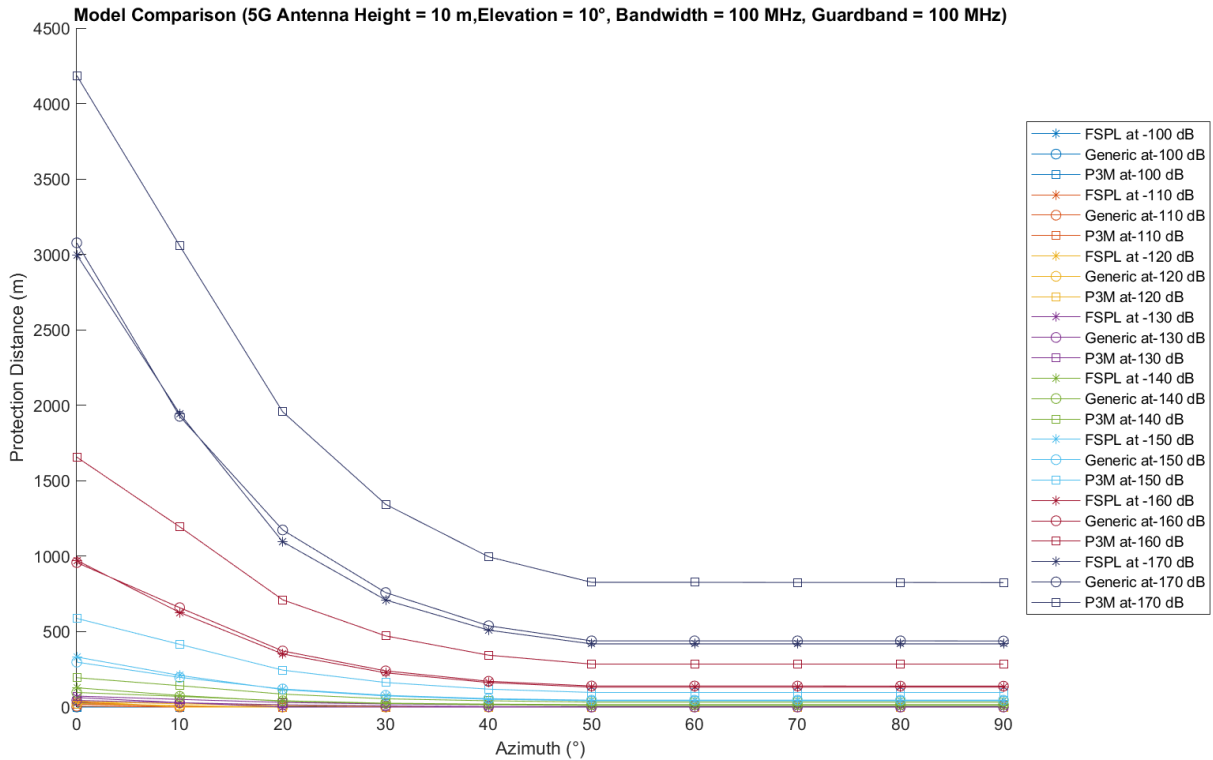


รูป 155 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 250 เมตร

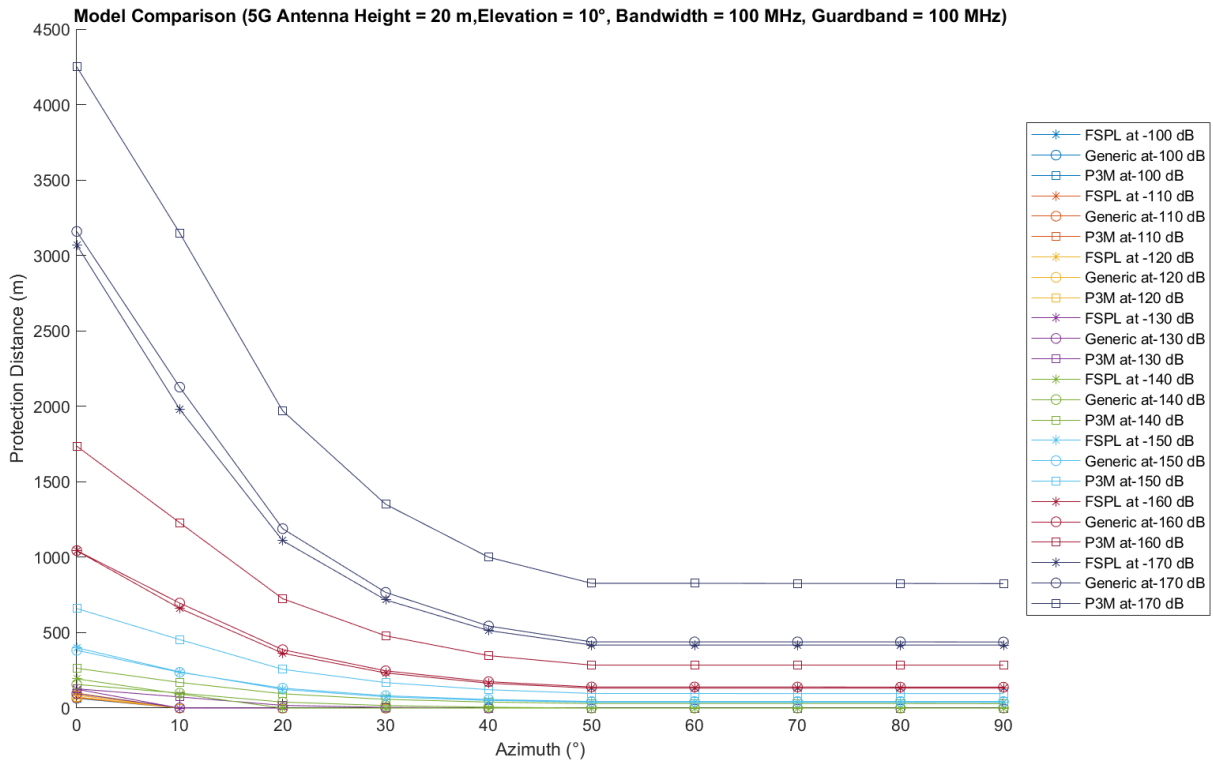


รูป 156 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 0 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 300 เมตร

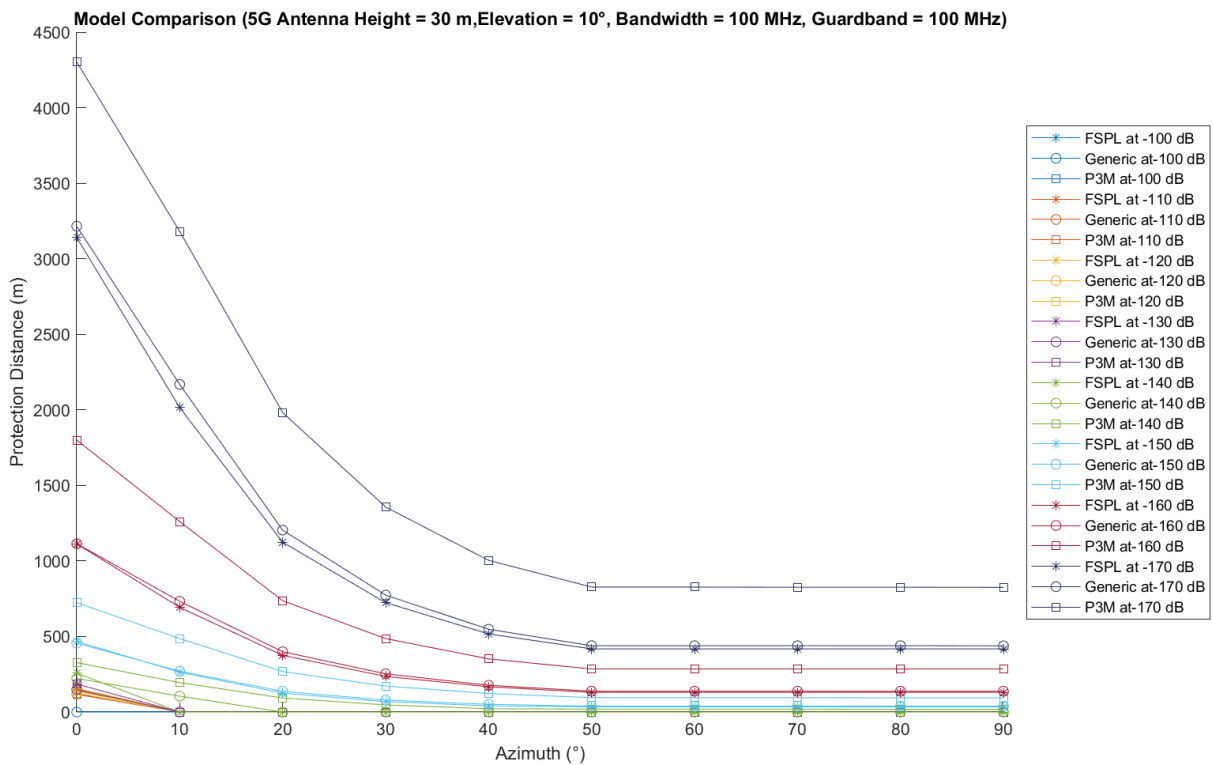
2.4.4 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากการใช้แบบจำลองการสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นรูปแบบต่าง ๆ กรณีที่มุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz และความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz



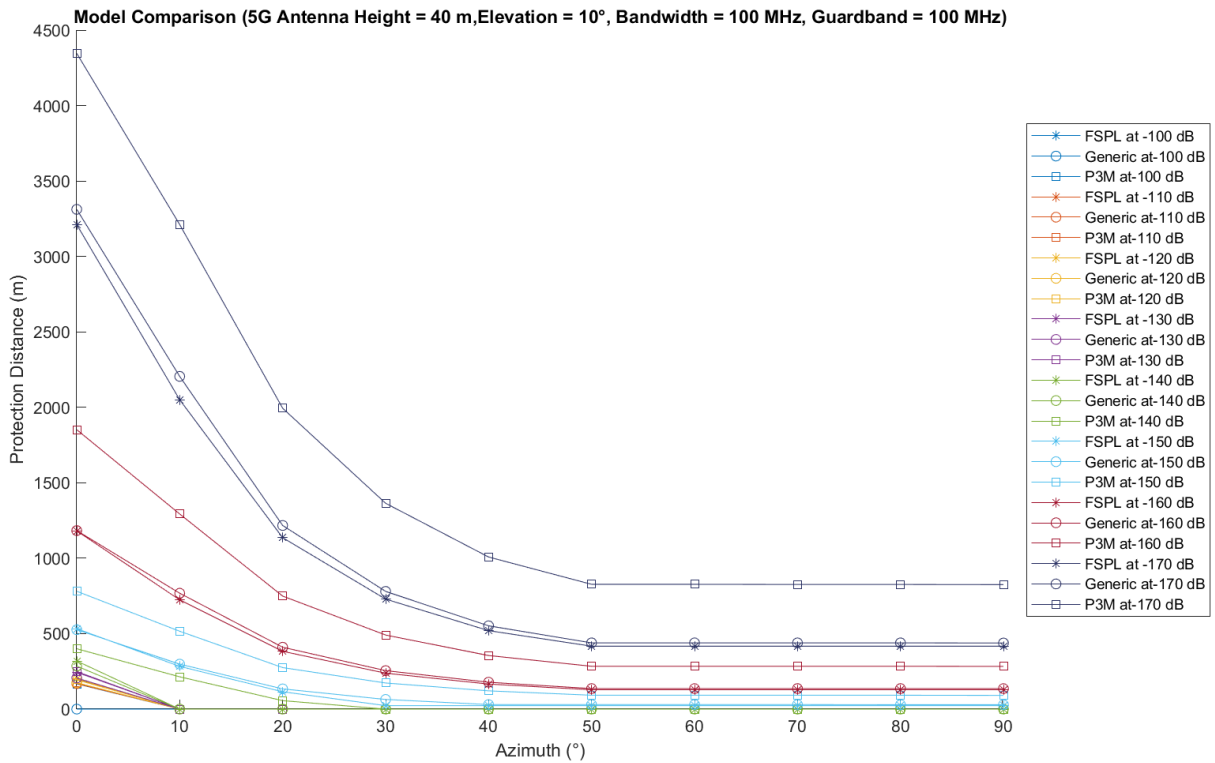
รูป 157 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 10 เมตร



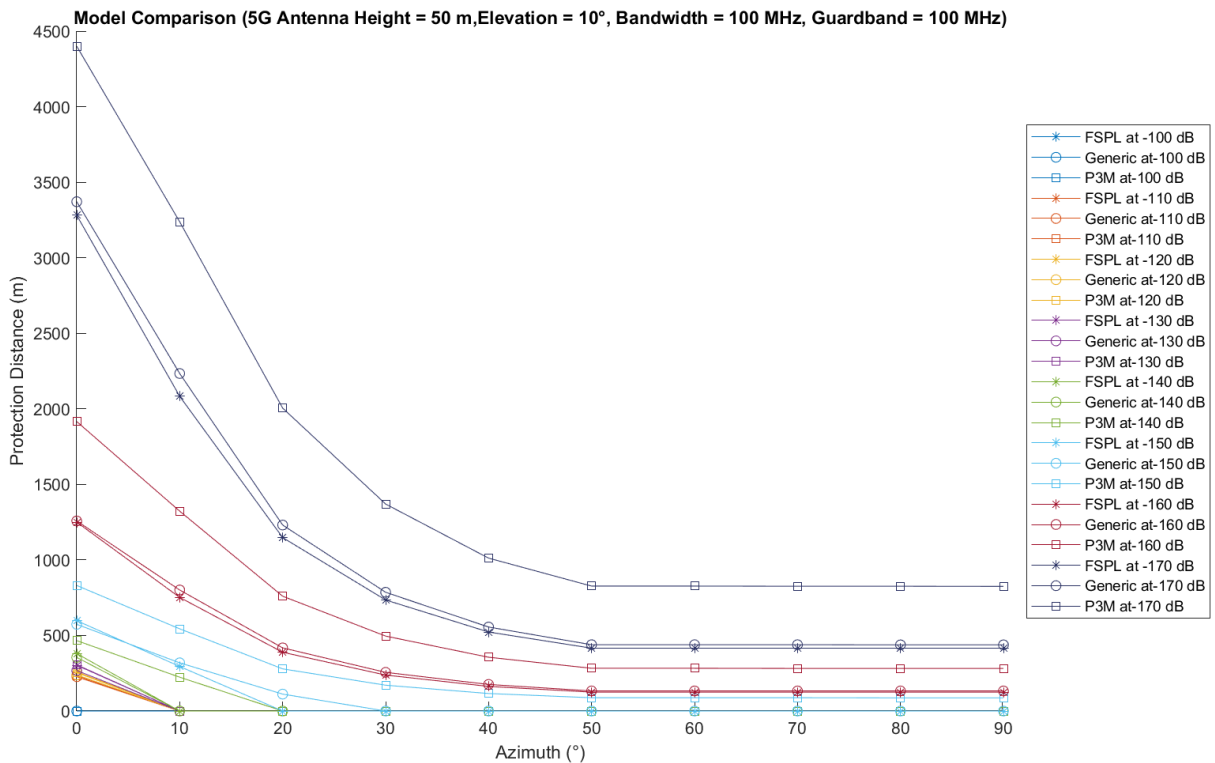
รูป 158 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 20 เมตร



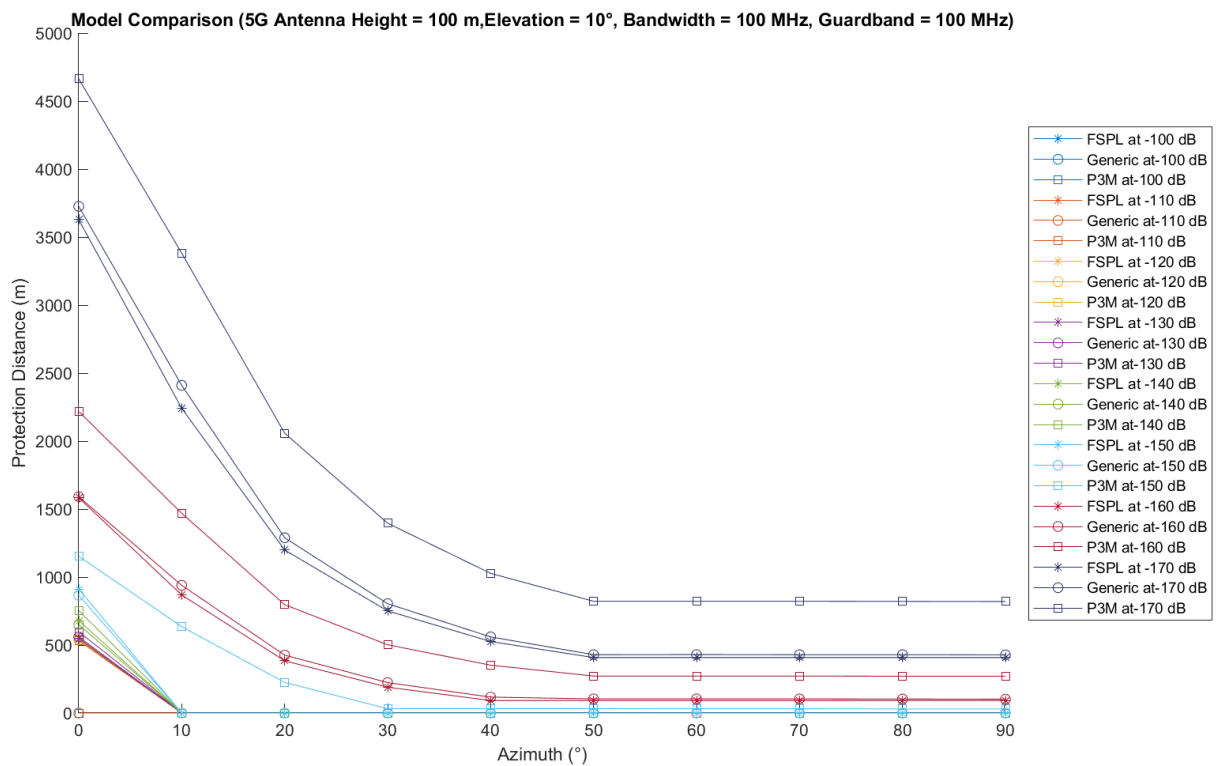
รูป 159 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 30 เมตร



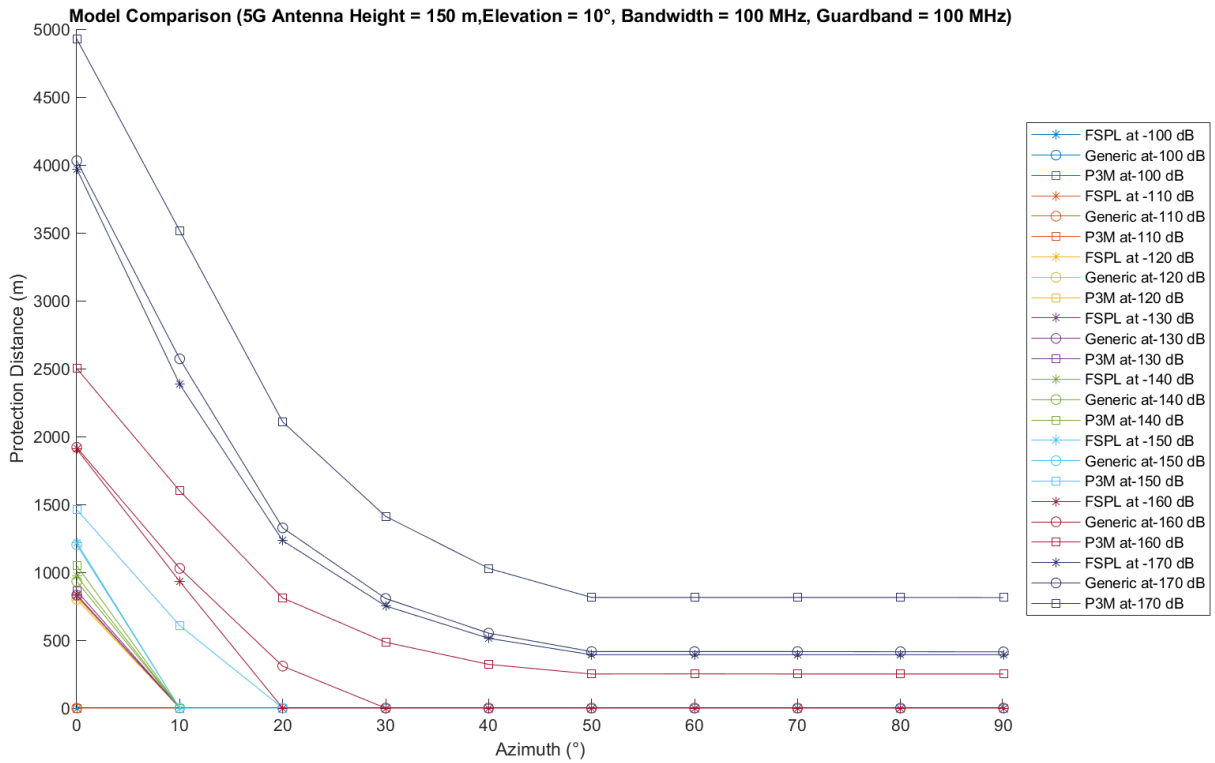
รูป 160 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 40 เมตร



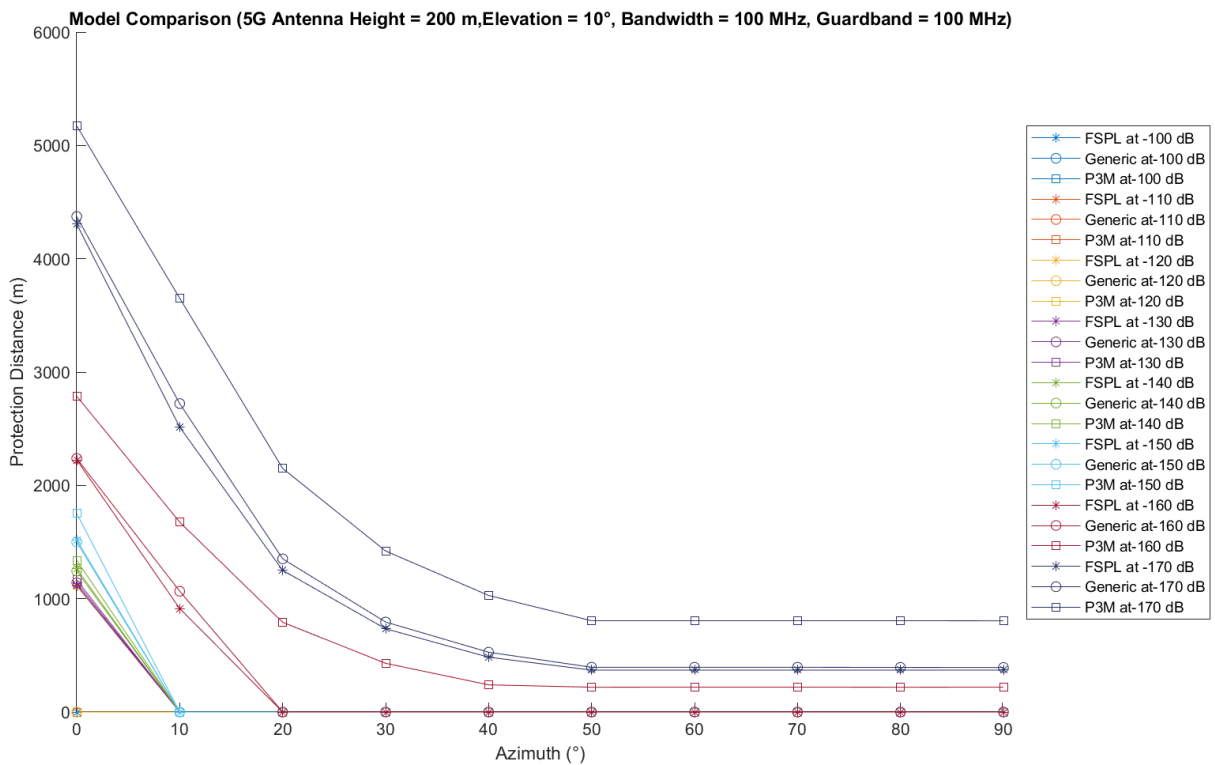
รูป 161 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 50 เมตร



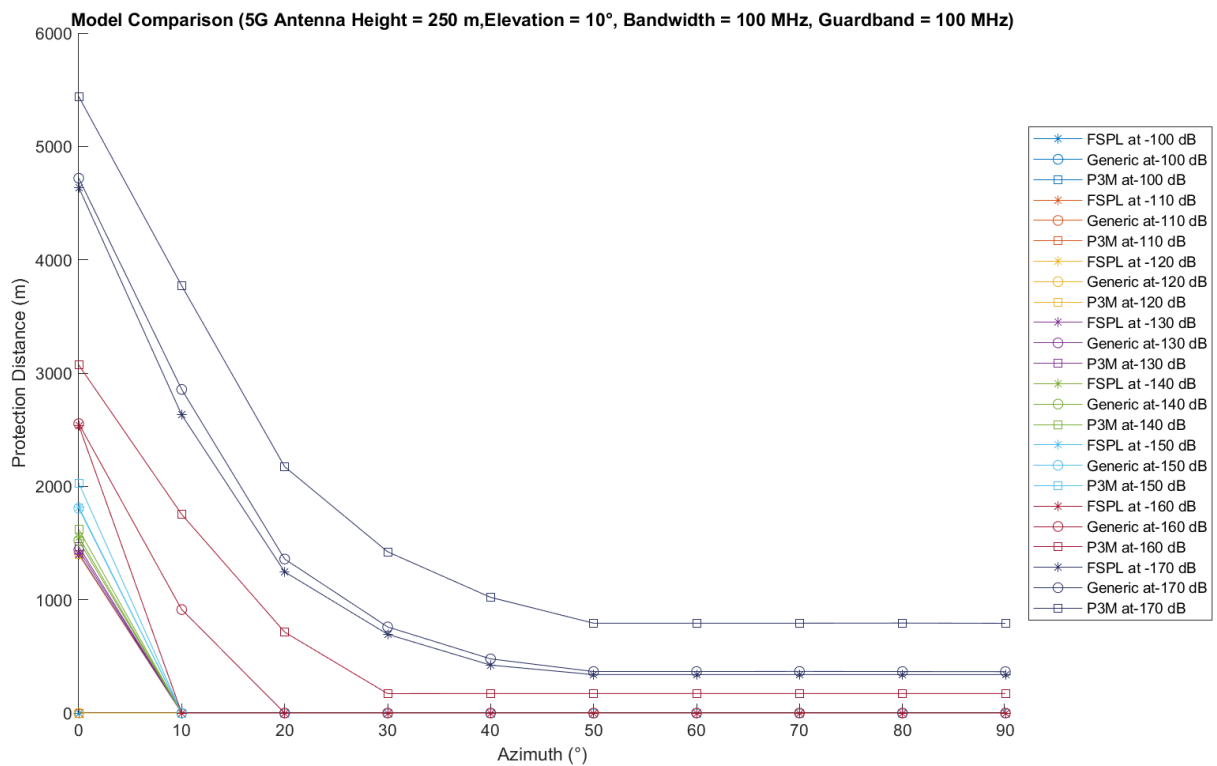
รูป 162 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 100 เมตร



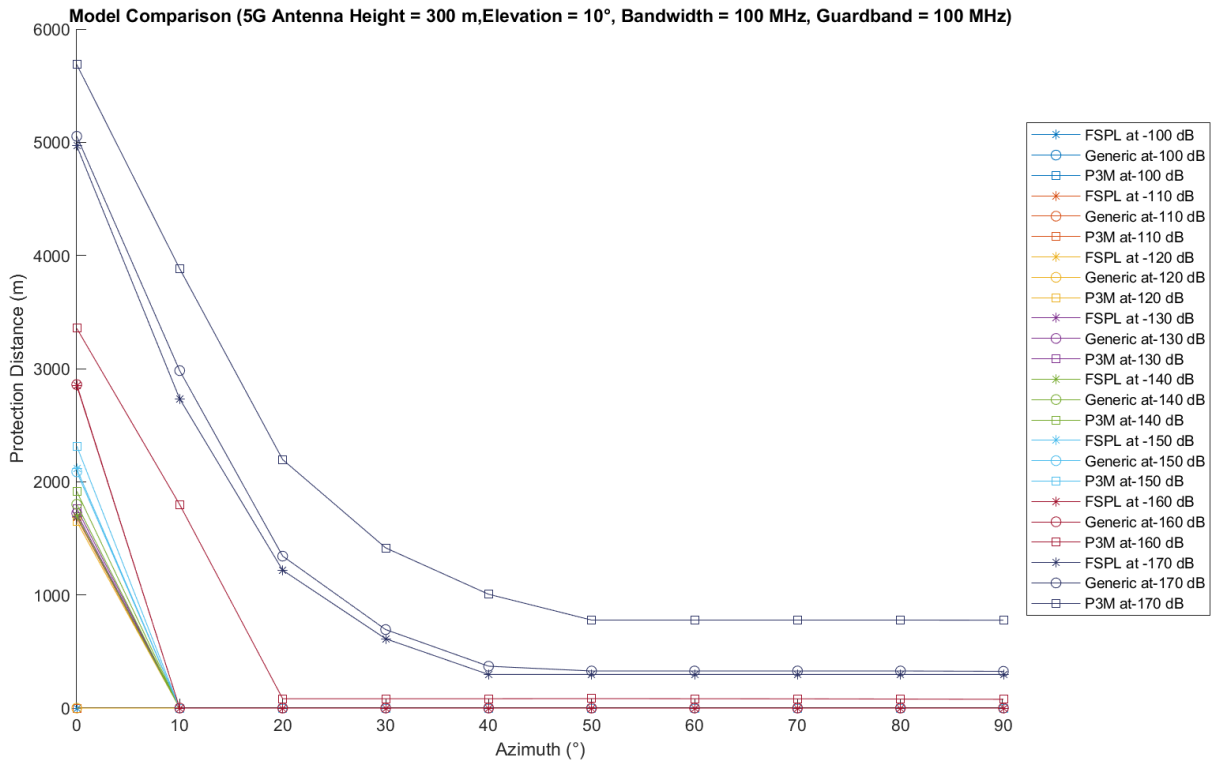
รูป 163 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 150 เมตร



รูป 164 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 200 เมตร



รูป 165 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยงานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 250 เมตร



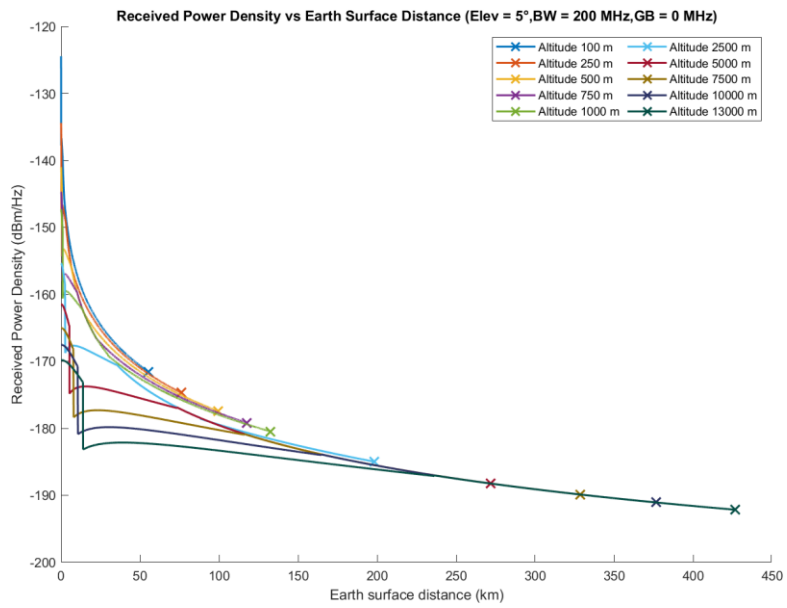
รูป 166 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างป้องกันที่ได้จากแบบจำลองการสูญเสียในอวกาศว่าง แบบจำลอง Generic Model และแบบจำลอง P3M ในรูปแบบระบบพิกัดคาร์ทีเซียน เมื่อมุมเงยจานดาวเทียมเป็น 10 องศา ความกว้างแถบความถี่สถานีดาวเทียมเป็น 100 MHz ความกว้างแถบความถี่ป้องกันเป็น 100 MHz และความสูงสายอากาศ 5G มีค่าเป็น 300 เมตร

2.5 ผลการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ความถี่ข้างเคียงกันระหว่าง A-ESIM และระบบ 5G

ผลการจำลองในหัวข้อนี้ได้แบ่งออกเป็น 8 กรณี ตามการกำหนดค่าความกว้างแถบความถี่ป้องกันและมุมเงยสายอากาศของ A-ESIM ดังหัวข้อต่อไปนี้

2.5.1 ผลการจำลองกรณีมุมเงยของสายอากาศ A-ESIM มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz

ผลการจำลองในหัวข้อนี้คือผลการจำลองที่ได้จากการกำหนดมุมเงยสายอากาศของ A-ESIM ให้มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันให้มีค่าเป็น 0 MHz แล้วทำการปรับค่าระดับความสูงการบินให้มีค่าตั้งแต่ 100 ถึง 13,000 โดยค่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดที่สถานีฐาน 5G รับผิดชอบได้ที่ระยะห่างตามแนวราบต่าง ๆ จะแสดงไว้ดังรูป 167 ส่วนระยะห่างป้องกันตามแนวผิวโลกและระดับความสูงการบินป้องกันจะถูกสรุปไว้ในตาราง 56 และตาราง 57 ตามลำดับ



รูป 167 กราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะห่างตามแนวผิวโลกที่ความสูงระดับการบิน เมื่อมุมเงยสายอากาศของ A-ESIM เป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz

ตาราง 56 ระยะห่างป้องกันตามแนวผิวโลก เมื่อมุมเงยสายอากาศ A-ESIM มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz

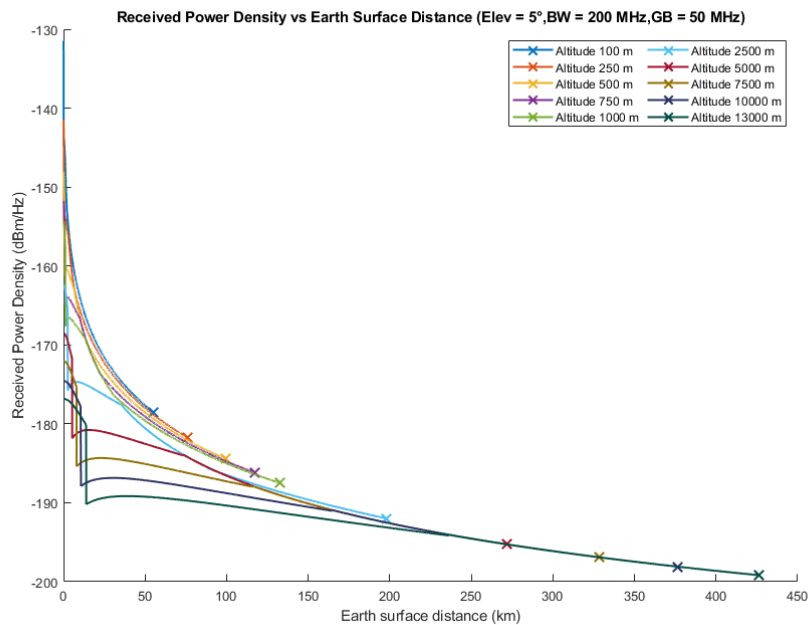
ระดับความสูงการบิน (เมตร)	ระยะห่างสูงสุดตามแนวผิวโลก (กิโลเมตร)	ระยะห่างป้องกันการรบกวนตามแนวผิวโลก (separation distance) (เมตร)						
		Interference Limit (dBm/Hz)						
		-130	-140	-150	-160	-170	-180	-190
100	55.277	76.53636	1052.375	3960.757	14567.42	46553.24	-	-
200	70.071	0	184.9629	3329.332	13138.74	45232.99	-	-
300	81.422	0	293.3894	2729.797	11665.42	43899.98	-	-
400	90.991	0	204.097	401.8159	10536.51	42560.59	-	-
500	99.422	0	0	510.2424	10530.13	41202.07	-	-
600	107.044	0	0	612.2909	10523.75	39830.8	-	-
700	114.052	0	0	720.7174	10517.37	38440.39	-	-
800	120.576	0	0	829.1439	10128.31	37037.22	-	-
900	126.702	0	0	937.5704	8214.903	35614.92	-	-
1000	132.497	0	0	905.6803	5874.166	34167.11	125742.9	-
1100	138.009	0	0	784.4977	1148.045	33101.98	124575.7	-
1200	143.275	0	0	631.425	1256.472	33306.07	123402.1	-
1300	148.325	0	0	389.0598	1364.898	33306.07	122228.6	-
1400	153.185	0	0	0	1473.325	33299.69	121048.6	-
1500	157.874	0	0	0	1581.751	33293.32	119862.3	-
1600	162.409	0	0	0	1690.178	33286.94	118669.6	-
1700	166.805	0	0	0	1792.226	33286.94	117470.6	-
1800	171.073	0	0	0	1900.653	33280.56	116271.5	-
1900	175.223	0	0	0	2009.079	33274.18	115059.7	-
2000	179.266	0	0	0	2117.506	33267.8	113847.8	-
2100	183.209	0	0	0	2225.932	33261.43	112629.6	-
2200	187.059	0	0	0	2327.981	33255.05	111405.1	-
2300	190.822	0	0	0	2436.407	33248.67	110174.1	-
2400	194.504	0	0	0	2544.834	32202.67	108936.8	-
2500	198.111	0	0	0	2653.26	30480.61	107693	-
2600	201.645	0	0	0	2761.687	28694.76	106442.9	-
2700	205.113	0	0	0	2870.114	26838.75	105186.5	-
2800	208.516	0	0	0	2972.162	24893.45	103923.6	-
2900	211.860	0	0	0	3061.454	22814.21	105333.2	-
3000	215.146	0	0	0	2965.784	20556.39	105326.8	-
3500	230.810	0	0	0	2359.871	3724.77	105307.7	-
4000	245.388	0	0	0	1358.52	4260.524	105288.5	-
4500	259.079	0	0	0	0	4796.279	105263	-
5000	272.027	0	0	0	0	5338.411	105237.5	-
5500	284.341	0	0	0	0	5874.166	105205.6	-
6000	296.105	0	0	0	0	6409.92	105173.7	-
6500	307.388	0	0	0	0	6945.675	105141.8	-
7000	318.243	0	0	0	0	7481.429	101378.8	-
7500	328.716	0	0	0	0	8017.184	94031.3	-
8000	338.845	0	0	0	0	8552.938	86275.61	333009.7
8500	348.661	0	0	0	0	9095.071	77977.79	332984.2
9000	358.191	0	0	0	0	9630.825	68876.35	332958.7
9500	367.458	0	0	0	0	9286.412	58397.24	332933.2
10000	376.485	0	0	0	0	8750.657	44397.47	332901.3
10500	385.287	0	0	0	0	8144.744	11244.47	332875.8
11000	393.881	0	0	0	0	7462.295	11780.22	332843.9
11500	402.281	0	0	0	0	6665.041	12315.98	332818.4
12000	410.500	0	0	0	0	5721.093	12851.73	332786.5
12500	418.548	0	0	0	0	4528.401	13393.86	332754.6
13000	426.437	0	0	0	0	2793.577	13929.62	332722.7

ตาราง 57 ระดับความสูงการบินป้องกัน เมื่อมุมเงยสายอากาศ A-ESIM มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz

Interference Limit (dBm/Hz)	ระดับความสูงการบินป้องกัน (เมตร)
-130	162.7
-140	449.6
-150	1356.8
-160	4225.7
-170	-
-180	-
-190	-

2.5.2 ผลการจำลองกรณีมุมเงยของสายอากาศ A-ESIM มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz

ผลการจำลองในหัวข้อนี้คือผลการจำลองที่ได้จากการกำหนดมุมเงยสายอากาศของ A-ESIM ให้มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันให้มีค่าเป็น 50 MHz แล้วทำการปรับค่าระดับความสูงการบินให้มีค่าตั้งแต่ 100 ถึง 13,000 โดยค่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดที่สถานีฐาน 5G รับผิดชอบที่ระยะห่างตามแนวราบต่าง ๆ จะแสดงไว้ดังรูป 168 ส่วนระยะห่างป้องกันตามแนวผิวโลกและระดับความสูงการบินป้องกันจะถูกสรุปไว้ในตาราง 58 และตาราง 59 ตามลำดับ



รูป 168 กราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะห่างตามแนวผิวโลกที่ความสูงระดับการบิน เมื่อมุมเงยสายอากาศของ A-ESIM เป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz

ตาราง 58 ระยะห่างป้องกันตามแนวผิวโลก เมื่อมุมเงยสายอากาศ A-ESIM มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz

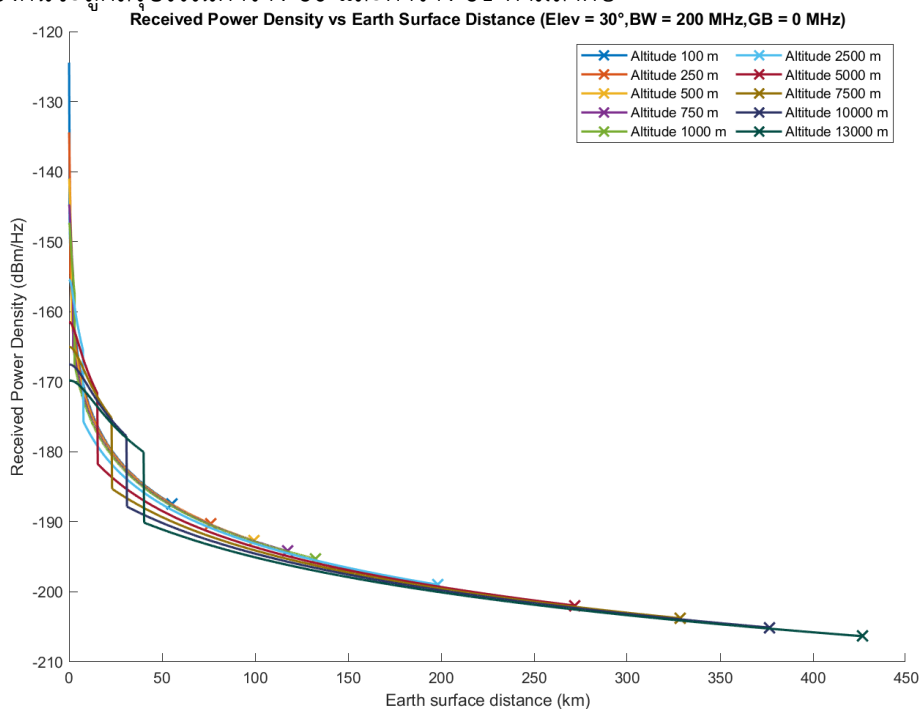
ระดับความสูงการบิน (เมตร)	ระยะห่างสูงสุดตามแนวผิวโลก (กิโลเมตร)	ระยะห่างป้องกันการรบกวนตามแนวผิวโลก (separation distance) (เมตร)						
		Interference Limit (dBm/Hz)						
		-130	-140	-150	-160	-170	-180	-190
100	55.277	0	76.53636	1486.081	5982.592	20773.24	-	-
200	70.071	0	82.91439	184.9629	4694.23	19370.08	63397.62	-
300	81.422	0	0	293.3894	4687.852	17941.4	62109.26	-
400	90.991	0	0	401.8159	4037.293	16480.83	60820.89	-
500	99.422	0	0	363.5477	510.2424	14975.61	59519.78	-
600	107.044	0	0	159.4508	612.2909	14828.92	58205.9	-
700	114.052	0	0	0	720.7174	14822.54	56885.65	-
800	120.576	0	0	0	829.1439	14822.54	55552.64	-
900	126.702	0	0	0	937.5704	14816.16	54213.26	-
1000	132.497	0	0	0	1045.997	14809.79	52854.73	-
1100	138.009	0	0	0	1148.045	14433.48	51489.84	-
1200	143.275	0	0	0	1256.472	12590.23	50105.8	-
1300	148.325	0	0	0	1364.898	10555.64	48715.39	-
1400	153.185	0	0	0	1275.606	8100.098	47299.47	-
1500	157.874	0	0	0	1154.423	1581.751	46897.65	-
1600	162.409	0	0	0	1014.107	1690.178	46891.28	-
1700	166.805	0	0	0	841.9	1792.226	46891.28	166058.4
1800	171.073	0	0	0	599.5348	1900.653	46884.9	164955
1900	175.223	0	0	0	0	2009.079	46878.52	163851.6
2000	179.266	0	0	0	0	2117.506	46878.52	162748.2
2100	183.209	0	0	0	0	2225.932	46872.14	161638.4
2200	187.059	0	0	0	0	2327.981	46865.76	160522.3
2300	190.822	0	0	0	0	2436.407	46859.39	159406.1
2400	194.504	0	0	0	0	2544.834	46859.39	158283.6
2500	198.111	0	0	0	0	2653.26	46853.01	157154.7
2600	201.645	0	0	0	0	2761.687	46846.63	156025.7
2700	205.113	0	0	0	0	2870.114	46840.25	154890.5
2800	208.516	0	0	0	0	2972.162	46833.87	153755.2
2900	211.860	0	0	0	0	3080.588	46827.5	152613.5
3000	215.146	0	0	0	0	3189.015	46821.12	151465.5
3500	230.810	0	0	0	0	3724.77	42330.99	148308.3
4000	245.388	0	0	0	0	4260.524	33095.6	148289.2
4500	259.079	0	0	0	0	3865.086	20071.66	148270.1
5000	272.027	0	0	0	0	3195.393	5338.411	148244.6
5500	284.341	0	0	0	0	2232.311	5874.166	148225.4
6000	296.105	0	0	0	0	0	6409.92	148199.9
6500	307.388	0	0	0	0	0	6945.675	148174.4
7000	318.243	0	0	0	0	0	7481.429	148142.5
7500	328.716	0	0	0	0	0	8017.184	148110.6
8000	338.845	0	0	0	0	0	8552.938	148078.7
8500	348.661	0	0	0	0	0	9095.071	148046.8
9000	358.191	0	0	0	0	0	9630.825	148014.9
9500	367.458	0	0	0	0	0	10166.58	141158.6
10000	376.485	0	0	0	0	0	10702.33	134442.5
10500	385.287	0	0	0	0	0	11244.47	127484.1
11000	393.881	0	0	0	0	0	11780.22	120238.6
11500	402.281	0	0	0	0	0	12315.98	112642.4
12000	410.500	0	0	0	0	0	12851.73	104612.4
12500	418.548	0	0	0	0	0	13393.86	95995.73
13000	426.437	0	0	0	0	0	13432.13	86543.49

ตาราง 59 ระดับความสูงการบินป้องกัน เมื่อมุมเงยสายอากาศ A-ESIM มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz

Interference Limit (dBm/Hz)	ระดับความสูงการบินป้องกัน (เมตร)
-130	89.1
-140	216.9
-150	620.8
-160	1898.1
-170	5937.2
-180	-
-190	-

2.5.3 ผลการจำลองกรณีมุมเงยของสายอากาศ A-ESIM มีค่าเป็น 30 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz

ผลการจำลองในหัวข้อนี้คือผลการจำลองที่ได้จากการกำหนดมุมเงยสายอากาศของ A-ESIM ให้มีค่าเป็น 30 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันให้มีค่าเป็น 0 MHz แล้วทำการปรับค่าระดับความสูงการบินให้มีค่าตั้งแต่ 100 ถึง 13,000 โดยค่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดที่สถานีฐาน 5G รับผิดชอบที่ระยะห่างตามแนวราบต่าง ๆ จะแสดงไว้ดังรูป 169 ส่วนระยะห่างป้องกันตามแนวผิวโลกและระดับความสูงการบินป้องกันจะถูกสรุปไว้ในตาราง 60 และตาราง 61 ตามลำดับ



รูป 169 กราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะห่างตามแนวผิวโลกที่ความสูงระดับการบิน เมื่อมุมเงยสายอากาศของ A-ESIM เป็น 30 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz

ตาราง 60 ระยะห่างป้องกันตามแนวผิวโลก เมื่อมุมเงยสายอากาศ A-ESIM มีค่าเป็น 30 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz

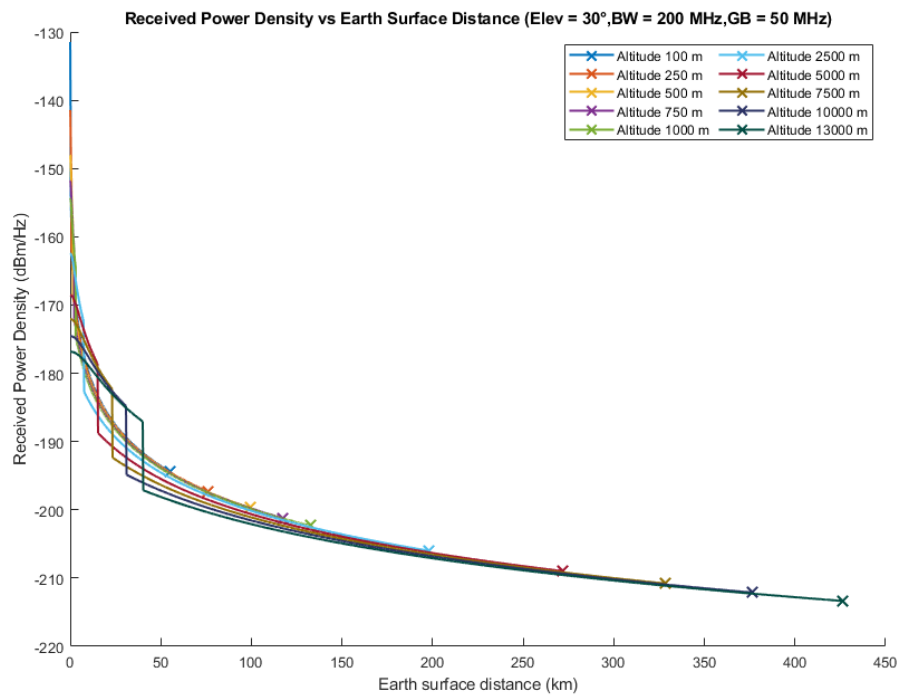
ระดับความสูงการบิน (เมตร)	ระยะห่างสูงสุดตามแนวผิวโลก (กิโลเมตร)	ระยะห่างป้องกันการรบกวนตามแนวผิวโลก (separation distance) (เมตร)						
		Interference Limit (dBm/Hz)						
		-130	-140	-150	-160	-170	-180	-190
100	55.277	114.8045	216.853	580.4007	2213.176	7347.491	23522.17	-
200	70.071	0	389.0598	529.3765	1958.055	7105.125	23286.19	-
300	81.422	0	325.2795	835.5219	1690.178	6862.76	23043.82	73570.58
400	90.991	0	204.097	1141.667	1390.411	6614.017	22807.84	73334.59
500	99.422	0	0	1243.716	1447.813	6358.896	22565.47	73104.98
600	107.044	0	0	1199.07	1760.336	6097.397	22323.11	72868.99
700	114.052	0	0	1148.045	2066.482	5835.897	22080.74	72633.01
800	120.576	0	0	1084.265	2372.627	5568.02	21832	72397.02
900	126.702	0	0	1007.729	2685.151	5287.387	21589.63	72161.03
1000	132.497	0	0	905.6803	2991.296	5000.376	21340.89	71925.04
1100	138.009	0	0	784.4977	3297.442	4700.608	21092.15	71689.06
1200	143.275	0	0	631.425	3609.965	4388.085	20843.4	71453.07
1300	148.325	0	0	389.0598	3916.11	4050.049	20594.66	71210.7
1400	153.185	0	0	0	3967.135	4222.256	20339.54	70974.72
1500	157.874	0	0	0	3935.245	4534.779	20084.42	70738.73
1600	162.409	0	0	0	3890.598	4840.925	19829.3	70496.37
1700	166.805	0	0	0	3852.33	5147.07	19574.17	70260.38
1800	171.073	0	0	0	3807.684	5459.594	19319.05	70024.39
1900	175.223	0	0	0	3756.66	5765.739	19057.55	69782.03
2000	179.266	0	0	0	3705.635	6078.263	18796.05	69539.66
2100	183.209	0	0	0	3654.611	6384.408	18528.18	69303.67
2200	187.059	0	0	0	3590.831	6690.553	18266.68	69061.31
2300	190.822	0	0	0	3533.429	7003.077	17998.8	68818.94
2400	194.504	0	0	0	3463.27	7309.222	17724.55	68582.96
2500	198.111	0	0	0	3393.112	7621.746	17450.29	68340.59
2600	201.645	0	0	0	3316.576	7927.891	17176.03	68098.23
2700	205.113	0	0	0	3240.039	8234.037	16895.4	67855.86
2800	208.516	0	0	0	3150.747	8546.56	16614.77	67613.5
2900	211.860	0	0	0	3061.454	8852.706	16334.13	67371.13
3000	215.146	0	0	0	2965.784	9165.229	16047.12	67122.39
3500	230.810	0	0	0	2359.871	10708.71	14554.66	65904.18
4000	245.388	0	0	0	1358.52	12258.57	12934.64	64666.85
4500	259.079	0	0	0	0	12488.18	13808.43	63423.13
5000	272.027	0	0	0	0	12303.22	15358.3	62166.66
5500	284.341	0	0	0	0	12086.37	16908.16	60891.05
6000	296.105	0	0	0	0	11844	18458.02	59609.07
6500	307.388	0	0	0	0	11582.5	20014.26	58307.95
7000	318.243	0	0	0	0	11289.11	21564.12	56994.08
7500	328.716	0	0	0	0	10963.83	23120.36	55661.07
8000	338.845	0	0	0	0	10606.66	24676.6	54308.93
8500	348.661	0	0	0	0	10211.23	26239.22	52937.65
9000	358.191	0	0	0	0	9771.142	27795.45	51540.86
9500	367.458	0	0	0	0	9286.412	29358.07	50118.56
10000	376.485	0	0	0	0	8750.657	30920.69	48670.75
10500	385.287	0	0	0	0	8144.744	32483.31	47191.04
11000	393.881	0	0	0	0	7462.295	34045.92	45679.45
11500	402.281	0	0	0	0	6665.041	35608.54	44123.21
12000	410.500	0	0	0	0	5721.093	37177.54	42522.33
12500	418.548	0	0	0	0	4528.401	38746.53	40870.42
13000	426.437	0	0	0	0	2793.577	39862.69	40315.53

ตาราง 61 ระดับความสูงการบินป้องกัน เมื่อมุมเงยสายอากาศ A-ESIM มีค่าเป็น 30 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกัน มีค่าเป็น 0 MHz

Interference Limit (dBm/Hz)	ระดับความสูงการบินป้องกัน (เมตร)
-130	162.7
-140	449.6
-150	1356.8
-160	4225.7
-170	-
-180	-
-190	-

2.5.4 ผลการจำลองกรณีมุมเงยของสายอากาศ A-ESIM มีค่าเป็น 30 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz

ผลการจำลองในหัวข้อนี้คือผลการจำลองที่ได้จากการกำหนดมุมเงยสายอากาศของ A-ESIM ให้มีค่าเป็น 30 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันให้มีค่าเป็น 50 MHz แล้วทำการปรับค่าระดับความสูงการบินให้มีค่าตั้งแต่ 100 ถึง 13,000 โดยค่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดที่สถานีฐาน 5G รับผิดชอบที่ระยะห่างตามแนวราบต่าง ๆ จะแสดงไว้ดังรูป 170 ส่วนระยะห่างป้องกันตามแนวผิวโลกและระดับความสูงการบินป้องกันจะถูกสรุปไว้ในตาราง 62 และตาราง 63 ตามลำดับ



รูป 170 กราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะห่างตามแนวผิวโลกที่ความสูงระดับการบิน เมื่อมุมเงยสายอากาศของ A-ESIM เป็น 30 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz

ตาราง 62 ระยะห่างป้องกันตามแนวผิวโลก เมื่อมุมเงยสายอากาศ A-ESIM มีค่าเป็น 30 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz

ระดับความสูงการบิน (เมตร)	ระยะห่างสูงสุดตามแนวผิวโลก (กิโลเมตร)	ระยะห่างป้องกันการรบกวนตามแนวผิวโลก (separation distance) (เมตร)						
		Interference Limit (dBm/Hz)						
		-130	-140	-150	-160	-170	-180	-190
100	55.277	0	178.5848	216.853	886.5462	3182.637	10408.94	33127.49
200	70.071	0	82.91439	529.3765	605.9129	2933.894	10166.58	32885.12
300	81.422	0	0	529.3765	835.5219	2678.773	9924.215	32649.14
400	90.991	0	0	465.5962	1141.667	2404.517	9675.472	32413.15
500	99.422	0	0	363.5477	1447.813	2117.506	9433.106	32170.78
600	107.044	0	0	159.4508	1760.336	1792.226	9177.985	31934.8
700	114.052	0	0	0	1747.58	2066.482	8922.864	31692.43
800	120.576	0	0	0	1702.934	2372.627	8667.743	31450.07
900	126.702	0	0	0	1658.288	2685.151	8406.244	31207.7
1000	132.497	0	0	0	1600.886	2991.296	8138.366	30965.34
1100	138.009	0	0	0	1537.105	3297.442	7870.489	30722.97
1200	143.275	0	0	0	1460.569	3609.965	7596.234	30474.23
1300	148.325	0	0	0	1371.276	3916.11	7309.222	30231.86
1400	153.185	0	0	0	1275.606	4222.256	7022.211	29983.12
1500	157.874	0	0	0	1154.423	4534.779	6722.444	29740.75
1600	162.409	0	0	0	1014.107	4840.925	6416.298	29492.01
1700	166.805	0	0	0	841.9	5147.07	6097.397	29243.27
1800	171.073	0	0	0	599.5348	5459.594	5759.361	28988.15
1900	175.223	0	0	0	0	5606.288	5765.739	28739.4
2000	179.266	0	0	0	0	5574.398	6078.263	28484.28
2100	183.209	0	0	0	0	5536.13	6384.408	28235.54
2200	187.059	0	0	0	0	5497.862	6690.553	27980.42
2300	190.822	0	0	0	0	5453.216	7003.077	27725.3
2400	194.504	0	0	0	0	5414.947	7309.222	27463.8
2500	198.111	0	0	0	0	5370.301	7621.746	27208.68
2600	201.645	0	0	0	0	5319.277	7927.891	26947.18
2700	205.113	0	0	0	0	5268.253	8234.037	26692.06
2800	208.516	0	0	0	0	5217.229	8546.56	26430.56
2900	211.860	0	0	0	0	5166.204	8852.706	26162.68
3000	215.146	0	0	0	0	5108.802	9165.229	25901.18
3500	230.810	0	0	0	0	4783.523	10708.71	24555.42
4000	245.388	0	0	0	0	4375.329	12258.57	23165
4500	259.079	0	0	0	0	3865.086	13808.43	21717.19
5000	272.027	0	0	0	0	3195.393	15358.3	20199.22
5500	284.341	0	0	0	0	2232.311	16908.16	18585.58
6000	296.105	0	0	0	0	0	17692.66	18458.02
6500	307.388	0	0	0	0	0	17520.45	20014.26
7000	318.243	0	0	0	0	0	17322.73	21564.12
7500	328.716	0	0	0	0	0	17112.25	23120.36
8000	338.845	0	0	0	0	0	16889.02	24676.6
8500	348.661	0	0	0	0	0	16640.28	26239.22
9000	358.191	0	0	0	0	0	16378.78	27795.45
9500	367.458	0	0	0	0	0	16091.77	29358.07
10000	376.485	0	0	0	0	0	15785.62	30920.69
10500	385.287	0	0	0	0	0	15460.34	32483.31
11000	393.881	0	0	0	0	0	15109.55	34045.92
11500	402.281	0	0	0	0	0	14733.25	35608.54
12000	410.500	0	0	0	0	0	14331.43	37177.54
12500	418.548	0	0	0	0	0	13897.73	38746.53
13000	426.437	0	0	0	0	0	13432.13	40315.53

ตาราง 63 ระดับความสูงการบินป้องกัน เมื่อมุมเงยสายอากาศ A-ESIM มีค่าเป็น 30 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกัน มีค่าเป็น 50 MHz

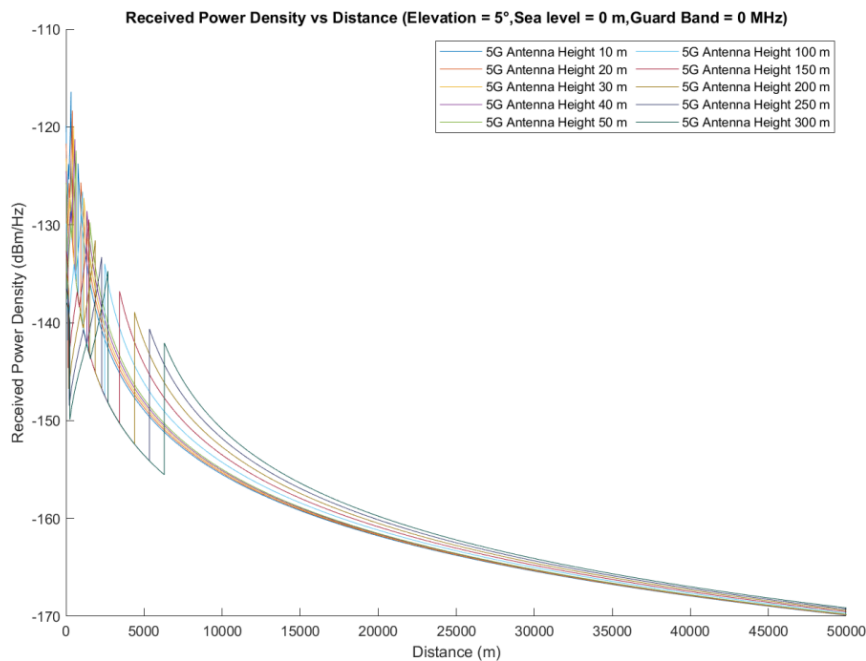
Interference Limit (dBm/Hz)	ระดับความสูงการบินป้องกัน (เมตร)
-130	89.1
-140	216.9
-150	620.8
-160	1898.1
-170	5937.2
-180	-
-190	-

2.6 ผลการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ความถี่ข้างเคียงกันระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G

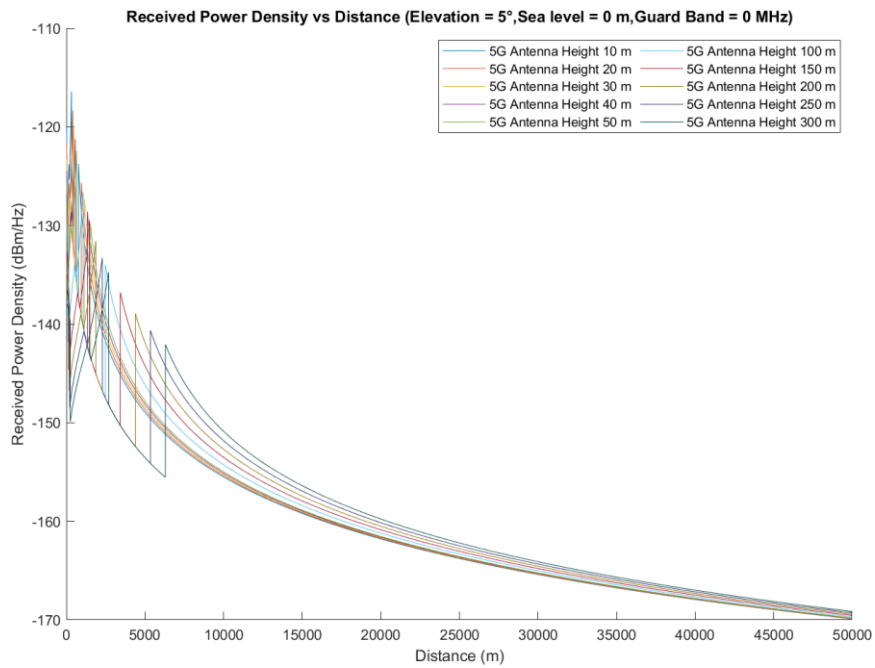
ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองการแทรกสอดระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G จะแสดงอยู่ในรูปแบบกราฟ ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง ดังหัวข้อต่อไปนี้

2.6.1 ผลการจำลองกรณีมุมเงยสายอากาศ M-ESIM มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz

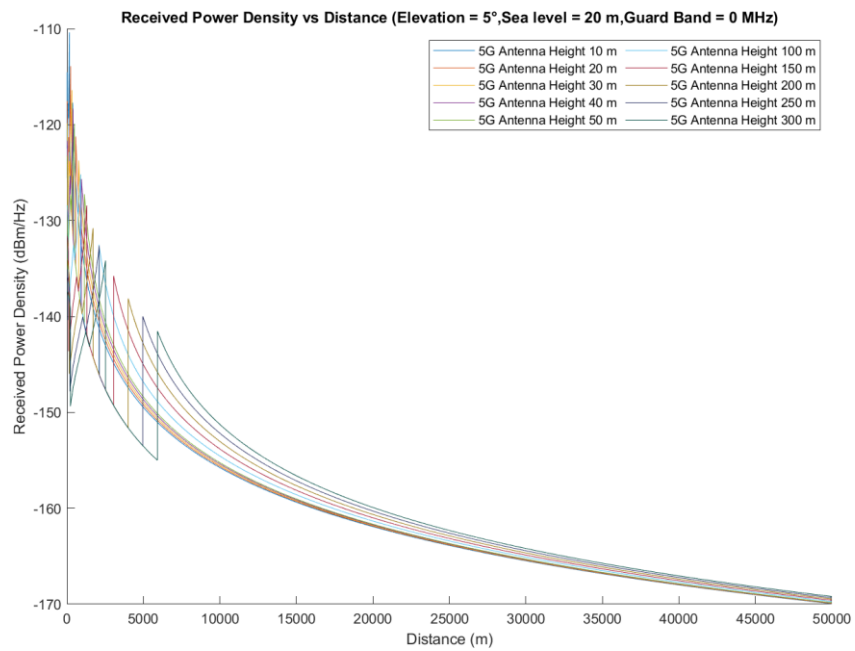
ผลการจำลองในหัวข้อนี้คือผลการจำลองที่ได้จากการกำหนดมุมเงยสายอากาศของ M-ESIM ให้มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันให้มีค่าเป็น 0 MHz แล้วทำการปรับค่าความสูงระดับน้ำทะเล ความสูงสายอากาศ 5G และระยะห่างตามแนวราบระหว่างแพลตฟอร์ม M-ESIM และระบบ 5G ให้มีค่าต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวไปในหัวข้อที่ 1.5.3 โดยกราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง จะแสดงดังรูป 171 ถึงรูป 180 ในภาคผนวก ข. หัวข้อที่ 2.5 ส่วนระยะห่างป้องกันที่หาได้จากกราฟเหล่านี้ ณ ความสูงระดับน้ำทะเล และความสูงสายอากาศ 5G ค่าต่าง ๆ จะถูกสรุปไว้ในตาราง 64



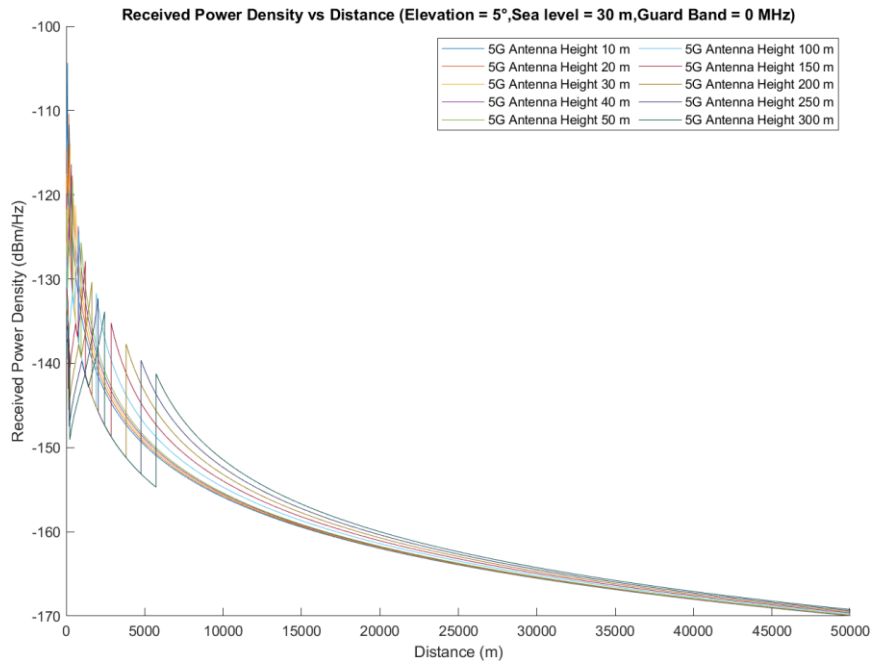
รูป 171 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 0 เมตร



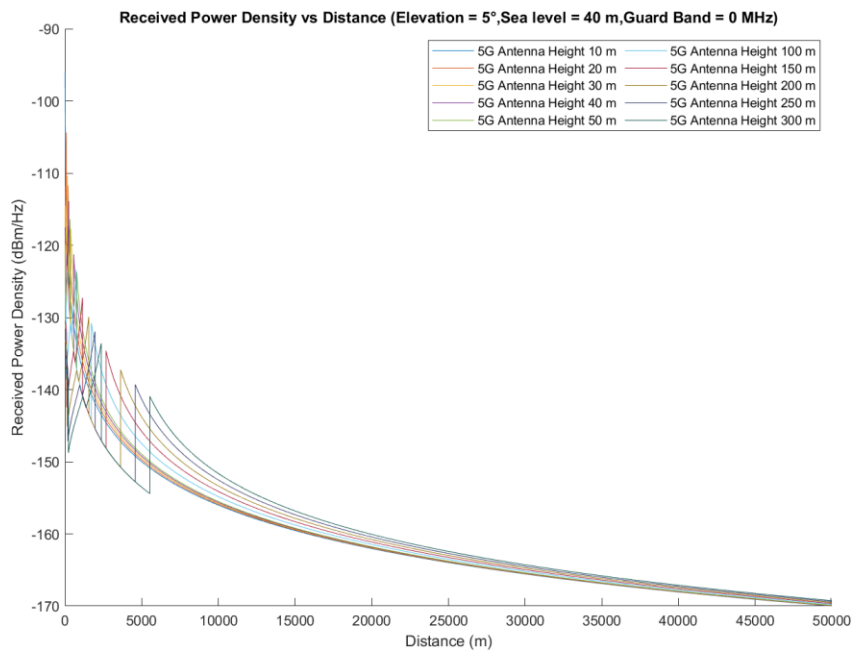
รูป 172 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 10 เมตร



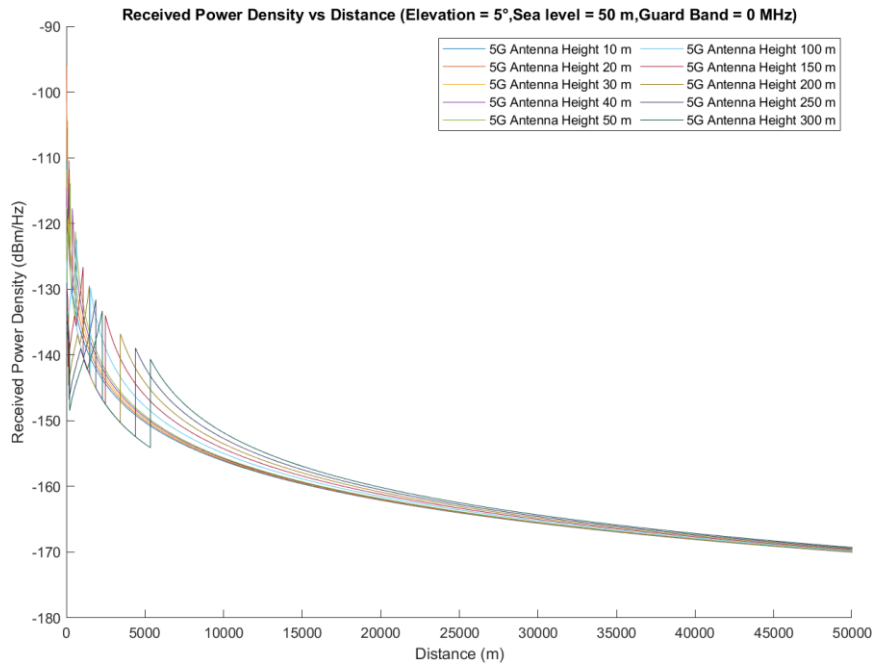
รูป 173 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 20 เมตร



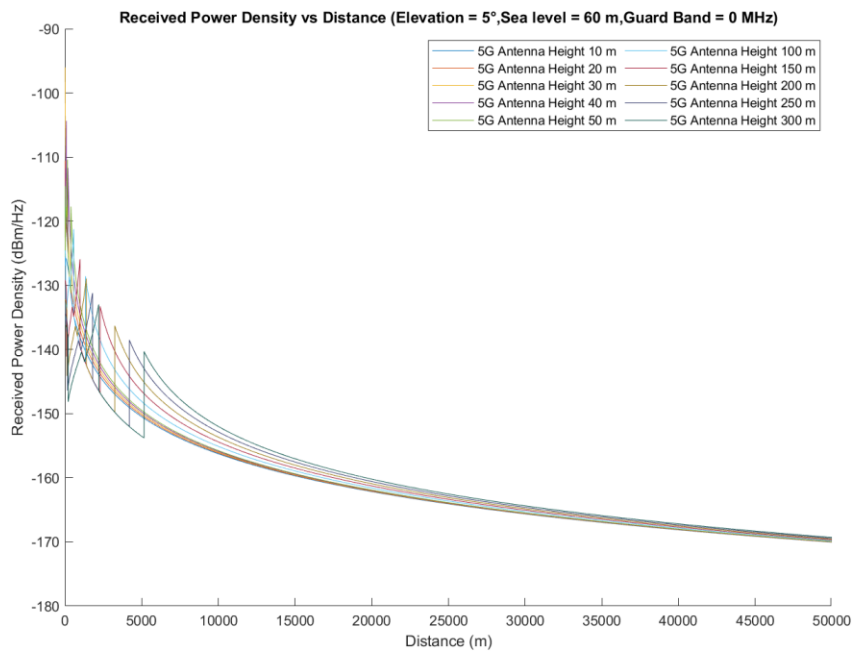
รูป 174 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 30 เมตร



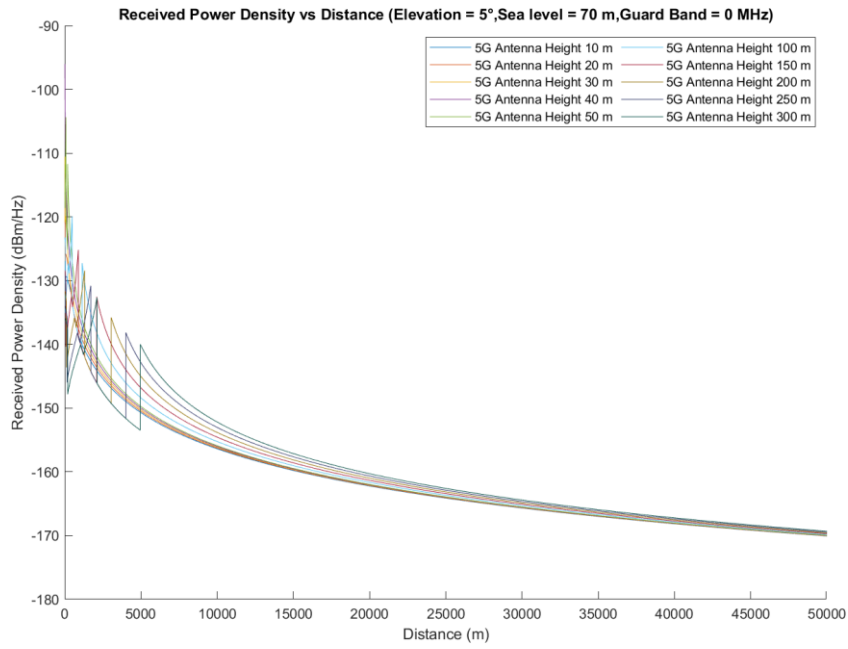
รูป 175 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 40 เมตร



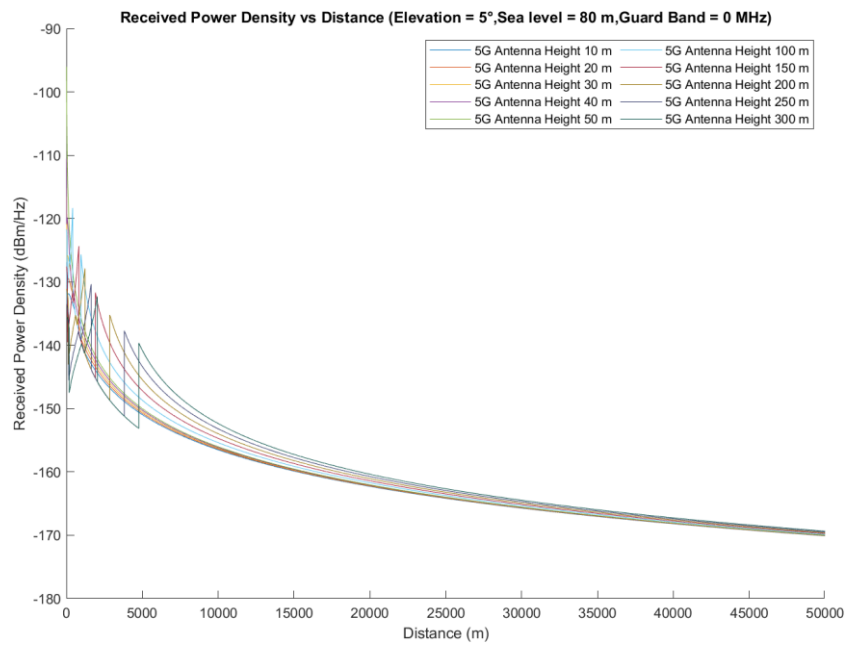
รูป 176 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 50 เมตร



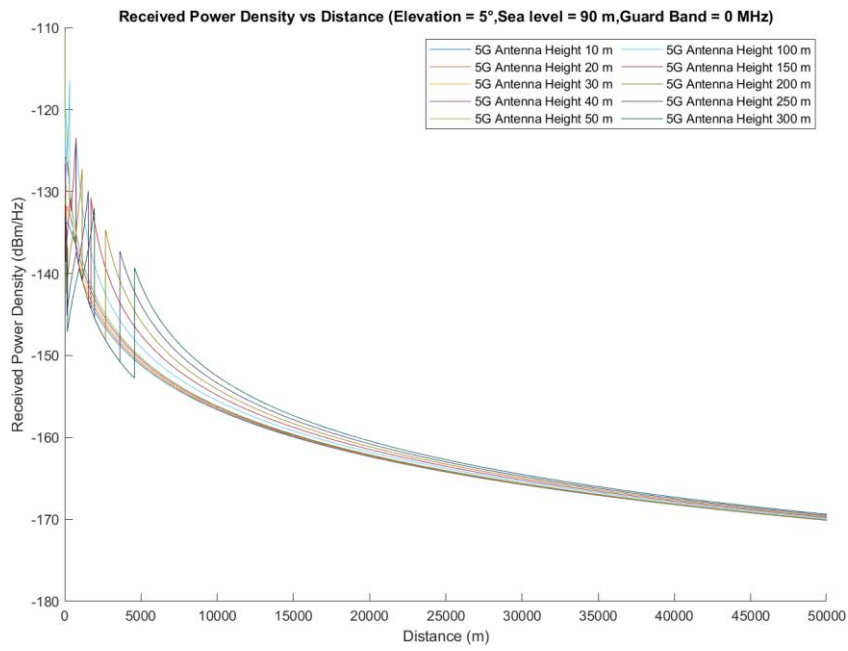
รูป 177 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 60 เมตร



รูป 178 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 70 เมตร



รูป 179 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 80 เมตร



รูป 180 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 90 เมตร

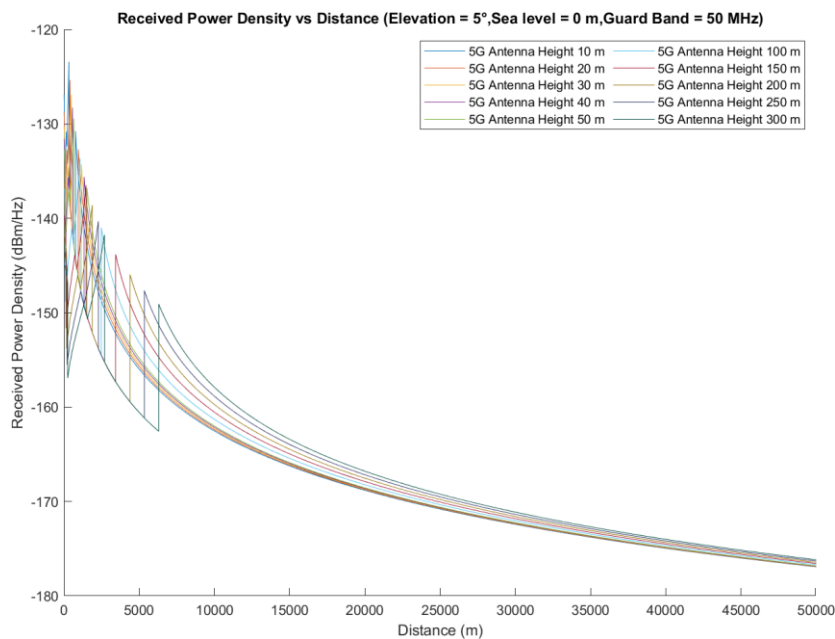
ตาราง 64 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz

5G BS Height (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)										
		ความสูงระดับนำทะเลจากระดับอ้างอิง (เมตร)										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
10	-100	-	-	-	-	15.9	-	-	-	-	-	
	-110	-	-	-	81.5	50.1	-	-	-	-	-	
	-120	325.8	244.4	421.3	293.5	158.2	49.8	21.5	29.4	12.7	-	
	-130	1036.4	906.8	774.9	640	500.2	351.4	332.7	206.4	42.9	53.7	
	-140	2138	2001.5	1863.4	1723.6	1581.6	1436.9	1288.9	1136.3	1053.2	1052.8	
	-150	5569	5428	5287	5145	5002	4857.7	4713.1	4567.6	4421	4273.3	
	-160	16387	16245	16102	15959	15816	15673	15529	15385	15241	15096	
	-170	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	49871	49727	49584	49440	49297
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
20	-100	-	-	-	-	-	15.9	-	-	-	-	
	-110	-	-	-	-	81.5	50.1	-	-	-	-	
	-120	407.3	325.8	244.4	421.3	293.5	158.2	49.8	21.5	29.4	12.7	
	-130	1164.4	1036.4	906.8	774.9	640	500.2	351.4	332.7	206.4	42.9	
	-140	2273.2	2138	2001.5	1863.4	1723.6	1581.6	1436.9	1288.9	1136.3	1053.2	
	-150	5709	5569	5428	5287	5145	5002	4857.7	4713.1	4567.6	4421	
	-160	16529	16387	16245	16102	15959	15816	15673	15529	15385	15241	
	-170	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	49871	49727	49584	49440
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
30	-100	-	-	-	-	-	-	15.9	-	-	-	
	-110	-	-	-	-	-	81.5	50.1	-	-	-	
	-120	488.7	407.3	325.8	244.4	421.3	293.5	158.2	49.8	21.5	29.4	
	-130	1291.2	1164.4	1036.4	906.8	774.9	640	500.2	351.4	332.7	206.4	
	-140	2407.2	2273.2	2138	2001.5	1863.4	1723.6	1581.6	1436.9	1288.9	1136.3	
	-150	5848	5709	5569	5428	5287	5145	5002	4857.7	4713.1	4567.6	
	-160	16671	16529	16387	16245	16102	15959	15816	15673	15529	15385	
	-170	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	49871	49727	49584	
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
40	-100	-	-	-	-	-	-	-	15.9	-	-	
	-110	-	-	-	-	-	-	81.5	50.1	-	-	
	-120	-	488.7	407.3	325.8	244.4	421.3	293.5	158.2	49.8	21.5	
	-130	1416.9	1291.2	1164.4	1036.4	906.8	774.9	640	500.2	351.4	332.7	
	-140	2540.2	2407.2	2273.2	2138	2001.5	1863.4	1723.6	1581.6	1436.9	1288.9	
	-150	5987	5848	5709	5569	5428	5287	5145	5002	4857.7	4713.1	
	-160	16813	16671	16529	16387	16245	16102	15959	15816	15673	15529	
	-170	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	49871	49727	
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
50	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	15.9	-	
	-110	-	-	-	-	-	-	-	81.5	50.1	-	
	-120	-	-	488.7	407.3	325.8	244.4	421.3	293.5	158.2	49.8	
	-130	1541.7	1416.9	1291.2	1164.4	1036.4	906.8	774.9	640	500.2	351.4	
	-140	2672.4	2540.2	2407.2	2273.2	2138	2001.5	1863.4	1723.6	1581.6	1436.9	
	-150	6125	5987	5848	5709	5569	5428	5287	5145	5002	4857.7	
	-160	16954	16813	16671	16529	16387	16245	16102	15959	15816	15673	
	-170	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	49871	
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000

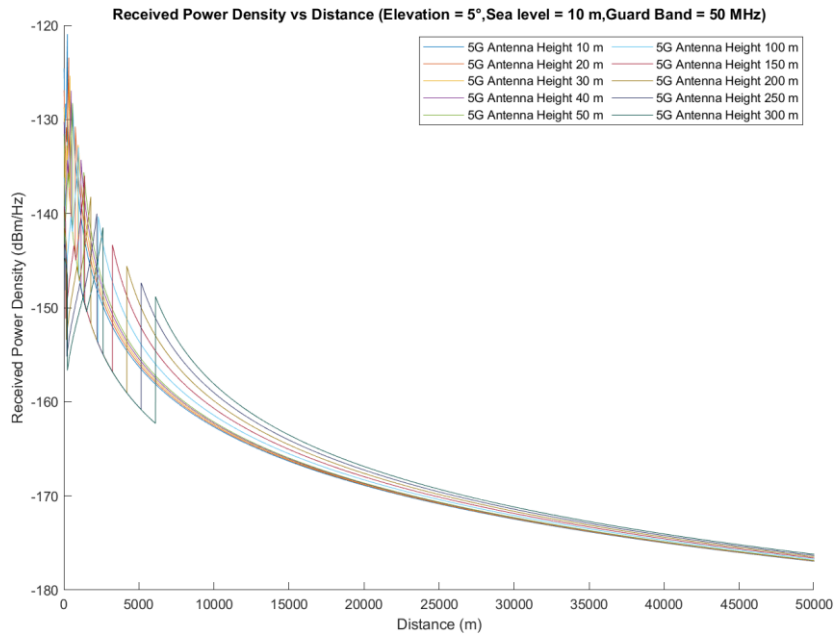
5G BS Height (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ความสูงระดับนำทะเลจากระดับอ้างอิง (เมตร)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	488.7	407.3	325.8
	-130	1058.8	977.4	895.9	814.5	733	1541.7	1416.9	1291.2	1164.4	1036.4
	-140	3322.5	3193.7	3064.3	2934.4	2803.7	2672.4	2540.2	2407.2	2273.2	2138
	-150	6809	6673	6537	6400	6263	6125	5987	5848	5709	5569
	-160	17658	17517	17377	17236	17095	16954	16813	16671	16529	16387
	-170	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	
150	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	1466	1384.6	1303.1	1221.7	1140.3	1058.8	977.4	895.9	814.5	733
	-140	3959.9	3833.3	3706.2	3578.8	3450.9	3322.5	3193.7	3064.3	2934.4	2803.7
	-150	7482	7348	7214	7079	6944	6809	6673	6537	6400	6263
	-160	18356	18217	18077	17938	17798	17658	17517	17377	17236	17095
	-170	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	
200	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	1547.5	1466	1384.6	1303.1	1221.7	1140.3
	-140	4588.5	4463.4	4338	4212.3	4086.3	3959.9	3833.3	3706.2	3578.8	3450.9
	-150	8148	8015	7882	7749	7616	7482	7348	7214	7079	6944
	-160	19050	18912	18773	18634	18495	18356	18217	18077	17938	17798
	-170	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	
250	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1547.5
	-140	2280.5	2199	4962.5	4838.1	4713.4	4588.5	4463.4	4338	4212.3	4086.3
	-150	8806	8675	8544	8412	8280	8148	8015	7882	7749	7616
	-160	19740	19602	19465	19327	19189	19050	18912	18773	18634	18495
	-170	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	2687.7	2606.2	2524.8	2443.4	2361.9	2280.5	2199	4962.5	4838.1	4713.4
	-150	9459	9329	9198	9068	8937	8806	8675	8544	8412	8280
	-160	20426	20289	20152	20015	19877	19740	19602	19465	19327	19189
	-170	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	

2.6.2 ผลการจำลองกรณีมุมเงยสายอากาศ M-ESIM มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz

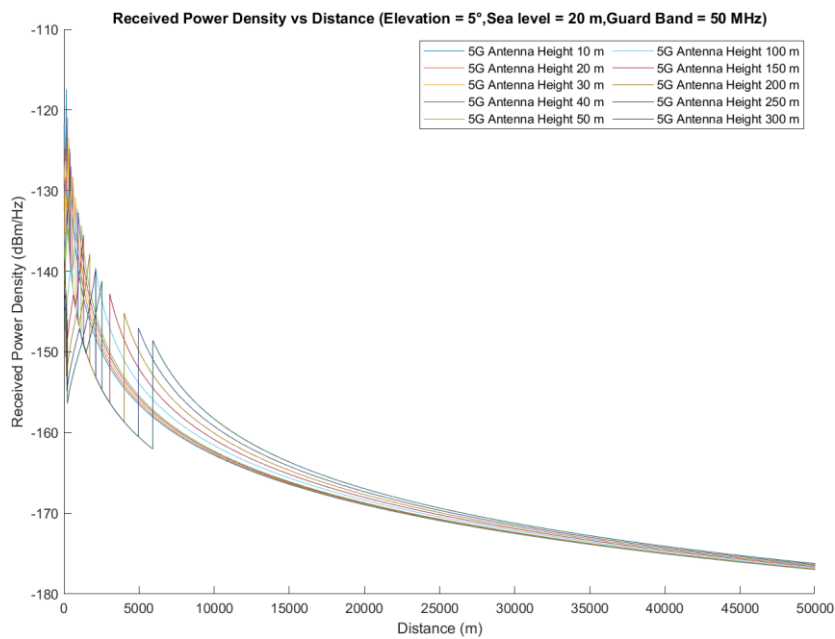
ผลการจำลองในหัวข้อนี้คือผลการจำลองที่ได้จากการกำหนดมุมเงยสายอากาศของ M-ESIM ให้มีค่าเป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันให้มีค่าเป็น 50 MHz แล้วทำการปรับค่าความสูงระดับน้ำทะเล ความสูงสายอากาศ 5G และระยะห่างตามแนวราบระหว่างแพลตฟอร์ม M-ESIM และระบบ 5G ให้มีค่าต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวไปในหัวข้อที่ 1.5.3 โดยกราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง จะแสดงดังรูป 181 ถึงรูป 190 ในภาคผนวก ข. หัวข้อที่ 2.5 ส่วนระยะห่างป้องกันที่หาได้จากกราฟเหล่านี้ ผน ความสูงระดับน้ำทะเล และความสูงสายอากาศ 5G ค่าต่าง ๆ จะถูกสรุปไว้ในตาราง 65



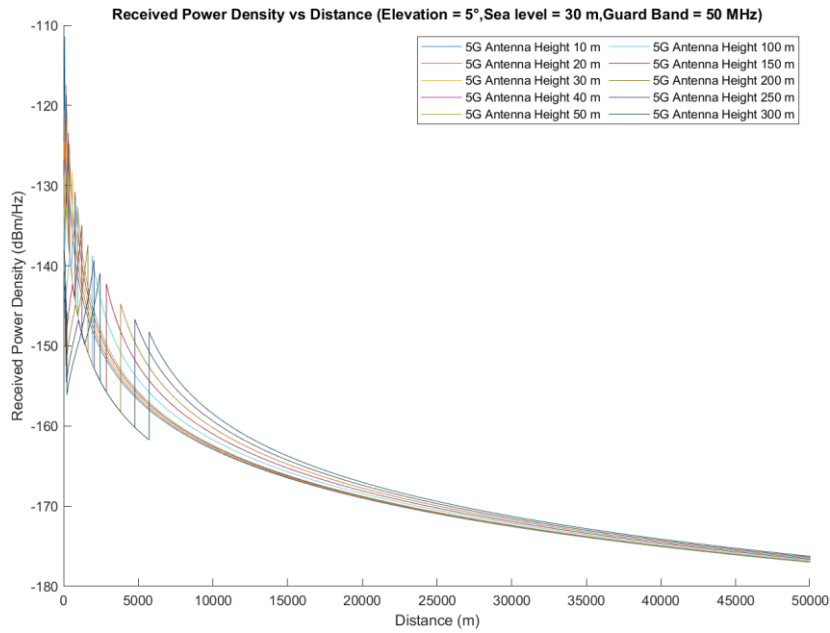
รูป 181 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 0 เมตร



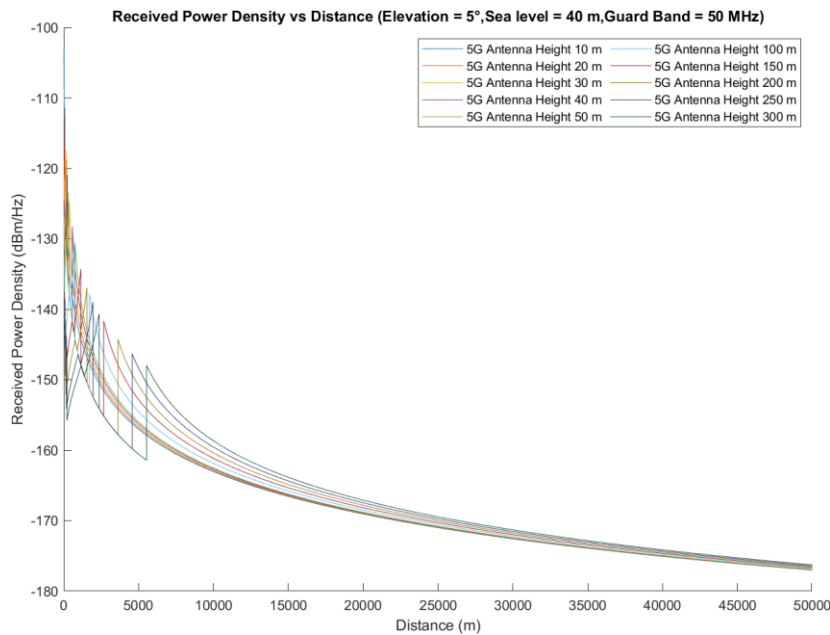
รูป 182 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 10 เมตร



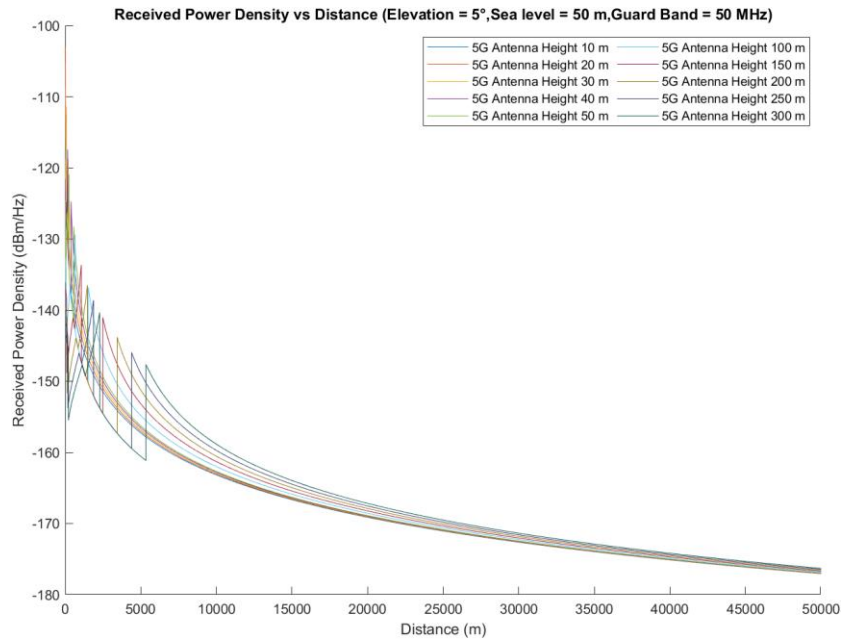
รูป 183 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 20 เมตร



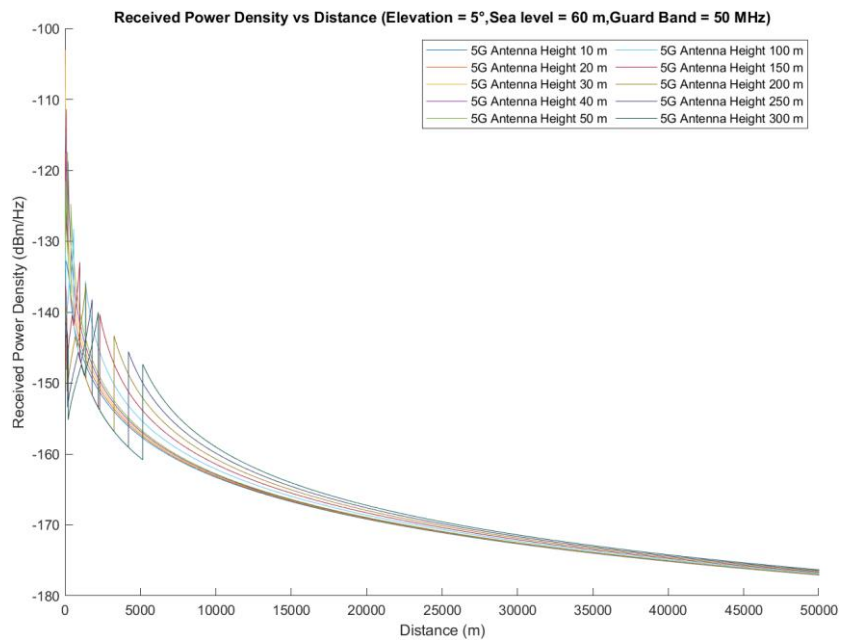
รูป 184 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 30 เมตร



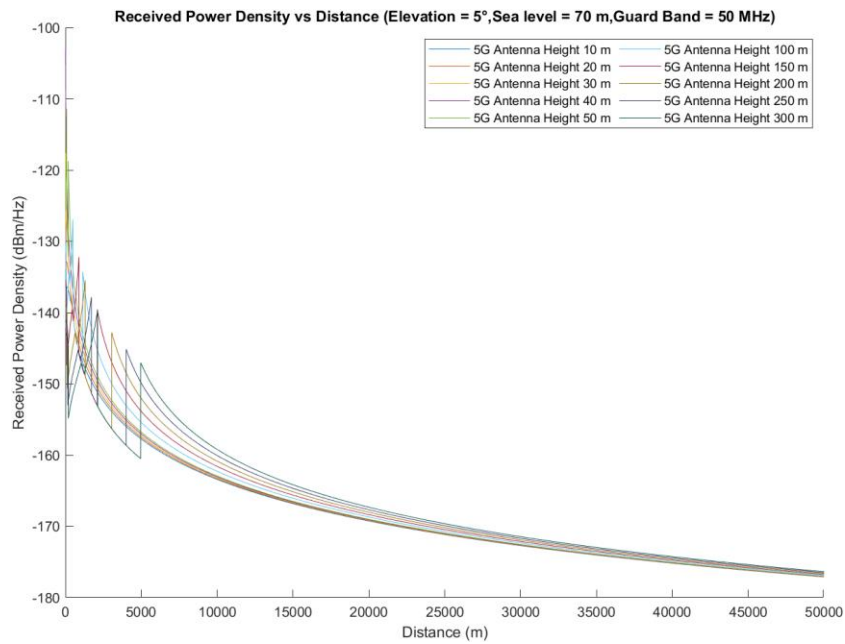
รูป 185 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 40 เมตร



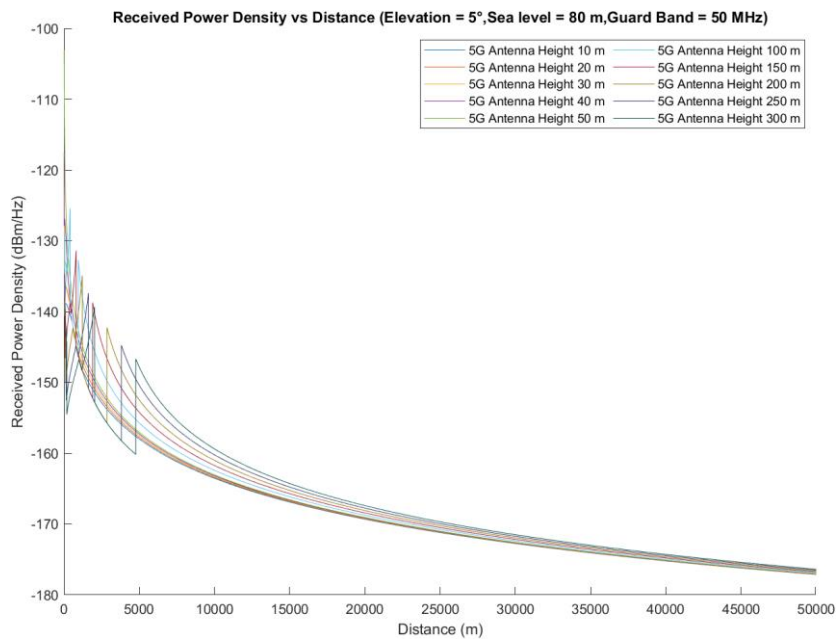
รูป 186 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 50 เมตร



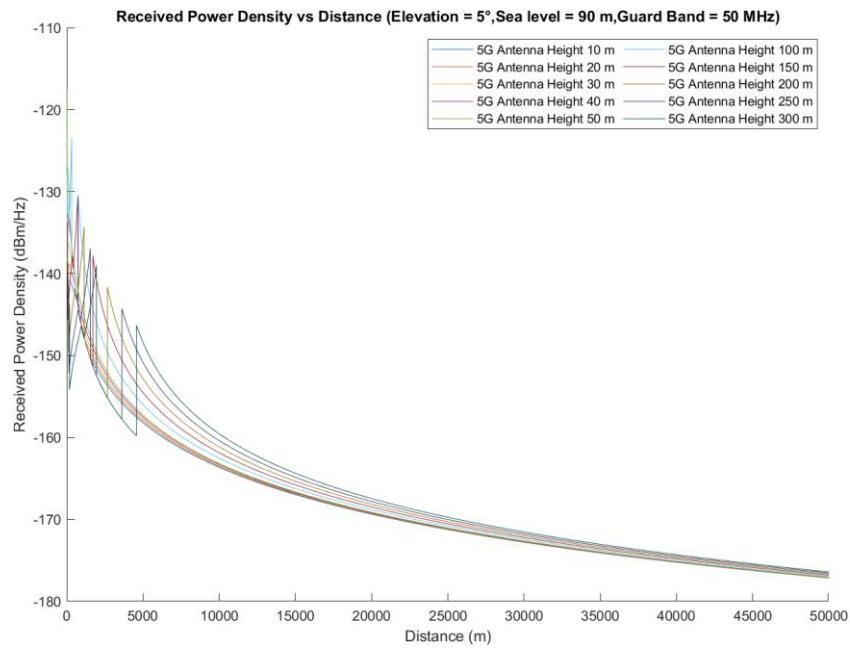
รูป 187 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 60 เมตร



รูป 188 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 70 เมตร



รูป 189 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 80 เมตร



รูป 190 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 90 เมตร

ตาราง 65 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 5 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz

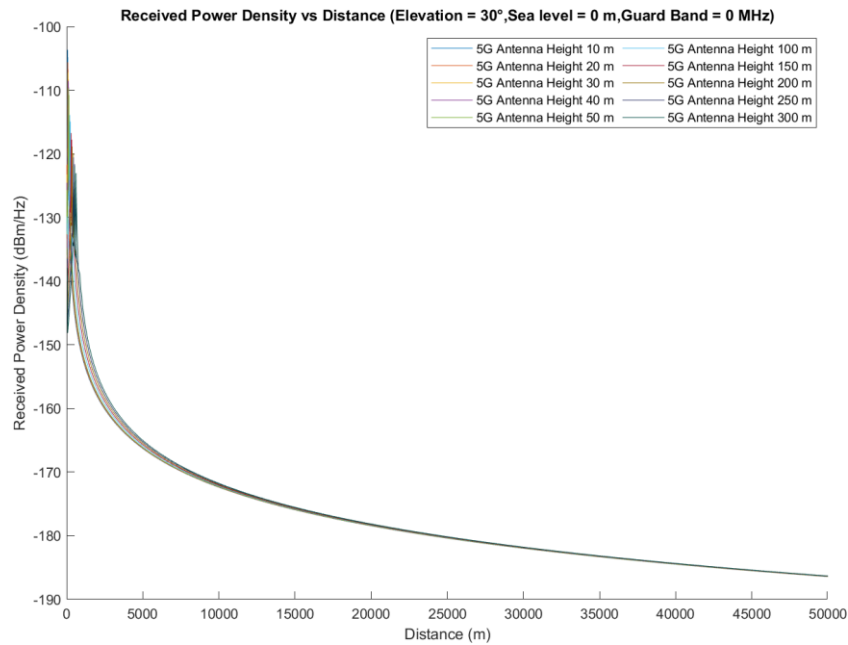
5G BS Height (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ความสูงระดับนำทะเลจากระดับอ้างอิง (เมตร)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	22.3	-	-	-	-	-
	-120	-	-	162.9	201.3	70.5	10.8	-	-	-	-
	-130	325.8	616.2	489.6	359.6	222.7	148.1	21.5	32.2	42.9	31.5
	-140	1247.4	1115.5	981.6	844.9	704.2	557.4	468.8	468.3	343.5	53.7
	-150	2787.2	2649.1	2509.8	2369.1	2226.8	2082.5	1936.1	1786.9	1634.5	1477.8
	-160	7611	7469	7327	7185	7042	6899	6754	6609	6464	6318
	-170	22839	22697	22554	22411	22268	22124	21981	21837	21693	21549
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	
20	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	22.3	-	-	-	-
	-120	-	-	-	162.9	201.3	70.5	10.8	-	-	-
	-130	407.3	325.8	616.2	489.6	359.6	222.7	148.1	21.5	32.2	42.9
	-140	1377.6	1247.4	1115.5	981.6	844.9	704.2	557.4	468.8	468.3	343.5
	-150	2924.1	2787.2	2649.1	2509.8	2369.1	2226.8	2082.5	1936.1	1786.9	1634.5
	-160	7751	7611	7469	7327	7185	7042	6899	6754	6609	6464
	-170	22982	22839	22697	22554	22411	22268	22124	21981	21837	21693
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	
30	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	22.3	-	-	-
	-120	-	-	-	-	162.9	201.3	70.5	10.8	-	-
	-130	488.7	407.3	325.8	616.2	489.6	359.6	222.7	148.1	21.5	32.2
	-140	1506.6	1377.6	1247.4	1115.5	981.6	844.9	704.2	557.4	468.8	468.3
	-150	3060	2924.1	2787.2	2649.1	2509.8	2369.1	2226.8	2082.5	1936.1	1786.9
	-160	7892	7751	7611	7469	7327	7185	7042	6899	6754	6609
	-170	23124	22982	22839	22697	22554	22411	22268	22124	21981	21837
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	
40	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	22.3	-	-
	-120	-	-	-	-	-	162.9	201.3	70.5	10.8	-
	-130	570.2	488.7	407.3	325.8	616.2	489.6	359.6	222.7	148.1	21.5
	-140	1634.4	1506.6	1377.6	1247.4	1115.5	981.6	844.9	704.2	557.4	468.8
	-150	3195.1	3060	2924.1	2787.2	2649.1	2509.8	2369.1	2226.8	2082.5	1936.1
	-160	8032	7892	7751	7611	7469	7327	7185	7042	6899	6754
	-170	23266	23124	22982	22839	22697	22554	22411	22268	22124	21981
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	
50	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	22.3	-
	-120	-	-	-	-	-	-	162.9	201.3	70.5	10.8
	-130	651.6	570.2	488.7	407.3	325.8	616.2	489.6	359.6	222.7	148.1
	-140	1761.3	1634.4	1506.6	1377.6	1247.4	1115.5	981.6	844.9	704.2	557.4
	-150	3329.3	3195.1	3060	2924.1	2787.2	2649.1	2509.8	2369.1	2226.8	2082.5
	-160	8171	8032	7892	7751	7611	7469	7327	7185	7042	6899
	-170	23408	23266	23124	22982	22839	22697	22554	22411	22268	22124
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	

5G BS Height (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิง (เมตร)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	651.6	570.2	488.7	407.3	325.8
	-140	1058.8	977.4	2137.8	2012.9	1887.5	1761.3	1634.4	1506.6	1377.6	1247.4
	-150	3990.4	3859.4	3727.8	3595.6	3462.8	3329.3	3195.1	3060	2924.1	2787.2
	-160	8862	8725	8587	8449	8310	8171	8032	7892	7751	7611
	-170	24115	23974	23833	23691	23550	23408	23266	23124	22982	22839
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	
150	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1466	1384.6	1303.1	1221.7	1140.3	1058.8	977.4	2137.8	2012.9	1887.5
	-150	4638.9	4510	4380.8	4251.1	4121	3990.4	3859.4	3727.8	3595.6	3462.8
	-160	9545	9409	9273	9136	9000	8862	8725	8587	8449	8310
	-170	24818	24678	24537	24397	24256	24115	23974	23833	23691	23550
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	
200	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	1873.2	1791.8	1710.4	1628.9	1547.5	1466	1384.6	1303.1	1221.7	1140.3
	-150	5279	5151	5024	4895.6	4767.4	4638.9	4510	4380.8	4251.1	4121
	-160	10220	10086	9951	9816	9681	9545	9409	9273	9136	9000
	-170	25518	25378	25238	25098	24958	24818	24678	24537	24397	24256
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	
250	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	-	-	2117.6	2036.1	1954.7	1873.2	1791.8	1710.4	1628.9	1547.5
	-150	5911	5785	5659	5532	5406	5279	5151	5024	4895.6	4767.4
	-160	10889	10756	10622	10489	10355	10220	10086	9951	9816	9681
	-170	26214	26075	25936	25796	25657	25518	25378	25238	25098	24958
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-140	-	-	-	-	-	-	-	2117.6	2036.1	1954.7
	-150	6538	6413	6288	6162	6037	5911	5785	5659	5532	5406
	-160	11553	11421	11288	11155	11022	10889	10756	10622	10489	10355
	-170	26907	26768	26630	26491	26353	26214	26075	25936	25796	25657
	-180	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	

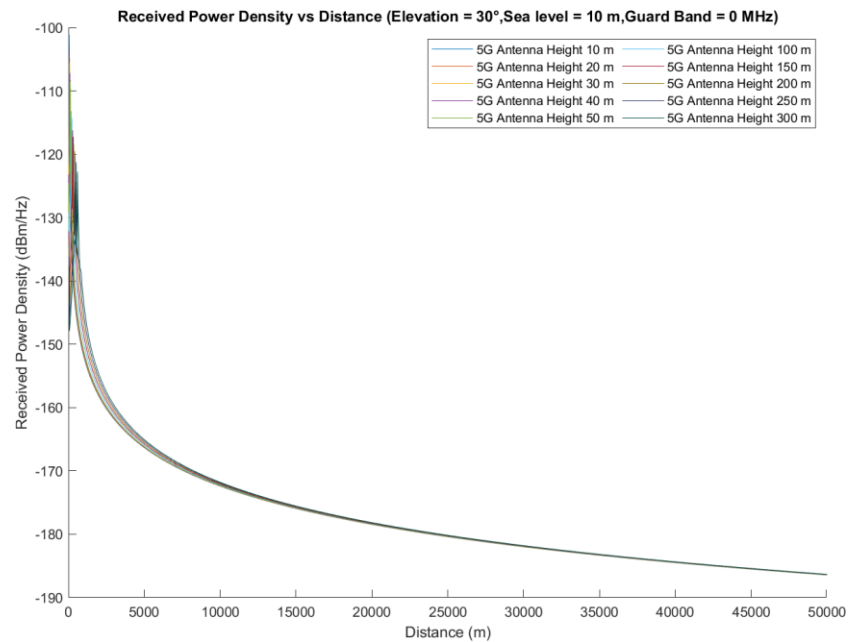
2.6.3 ผลการจำลองกรณีมุมเงยสายอากาศ M-ESIM มีค่าเป็น 30 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz

ผลการจำลองในหัวข้อนี้คือผลการจำลองที่ได้จากการกำหนดมุมเงยสายอากาศของ M-ESIM ให้มีค่าเป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันให้มีค่าเป็น 0 MHz แล้วและทำการปรับค่าความสูงระดับน้ำทะเล ความสูงสายอากาศ 5G และระยะห่างตามแนวราบระหว่างแพลตฟอร์ม M-ESIM และระบบ

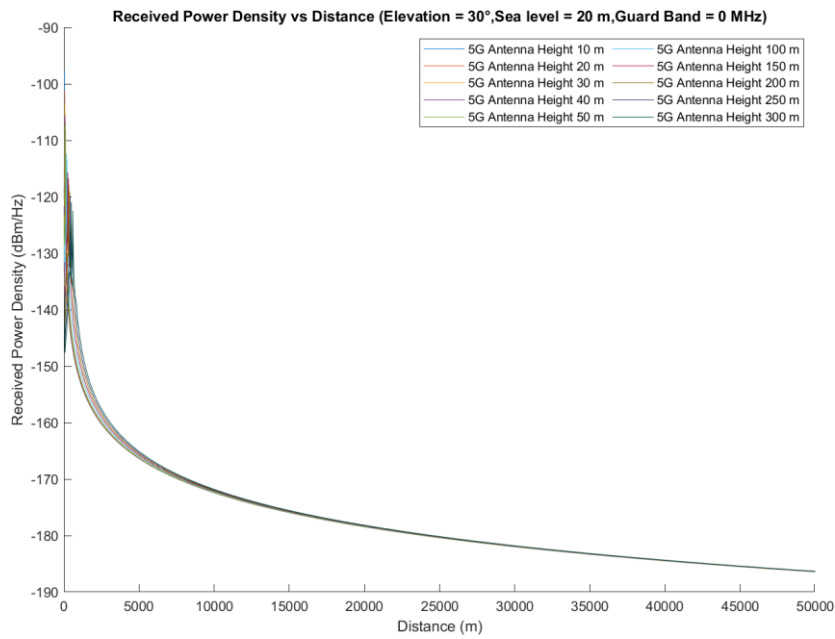
5G ให้มีค่าต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวไปในหัวข้อที่ 1.5.3 โดยกราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทางจะแสดงดังรูป 191 ถึงรูป 200 ในภาคผนวก ข. หัวข้อที่ 2.5 ส่วนระยะห่างป้องกันที่หาได้จากกราฟเหล่านี้ ณ ความสูงระดับน้ำทะเล และความสูงสายอากาศ 5G ค่าต่าง ๆ จะถูกสรุปไว้ในตาราง 66



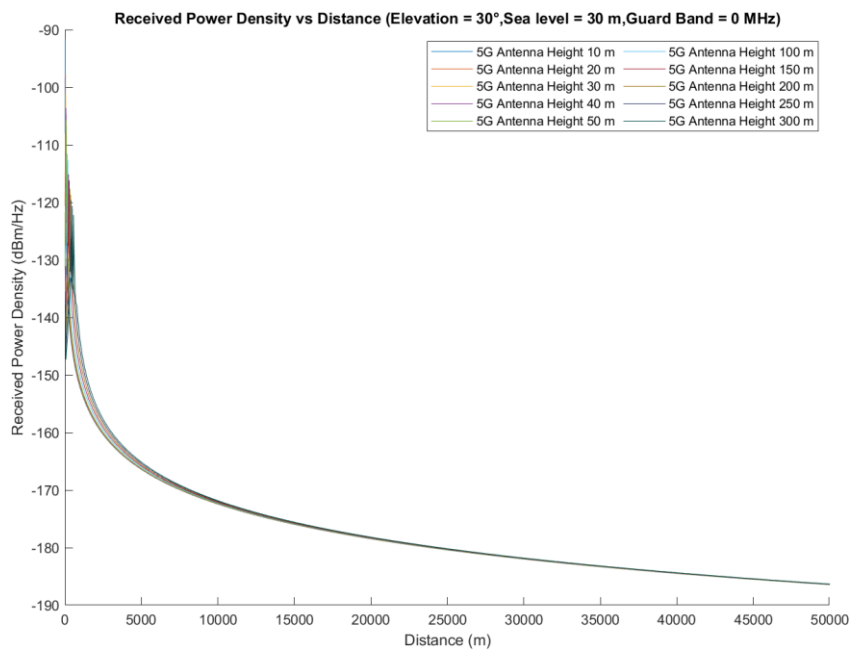
รูป 191 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 0 เมตร



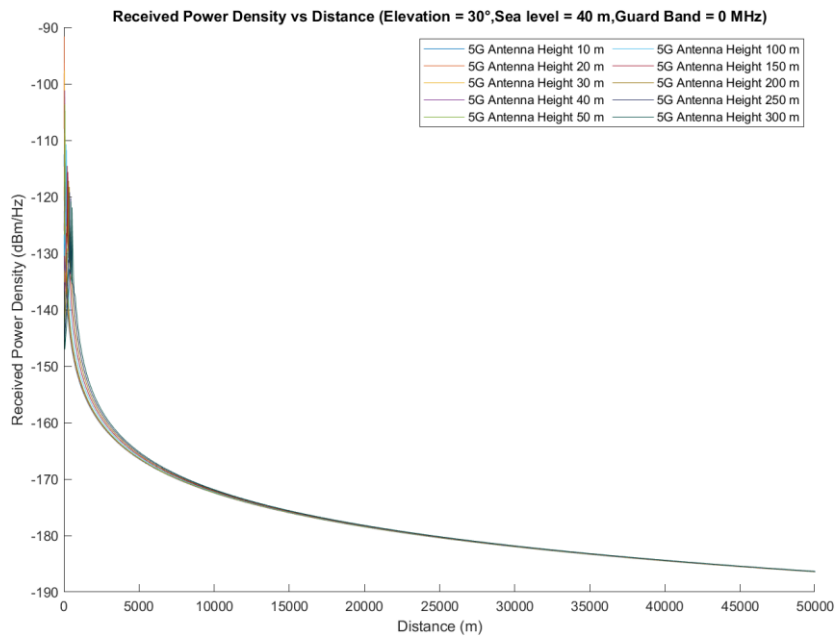
รูป 192 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 10 เมตร



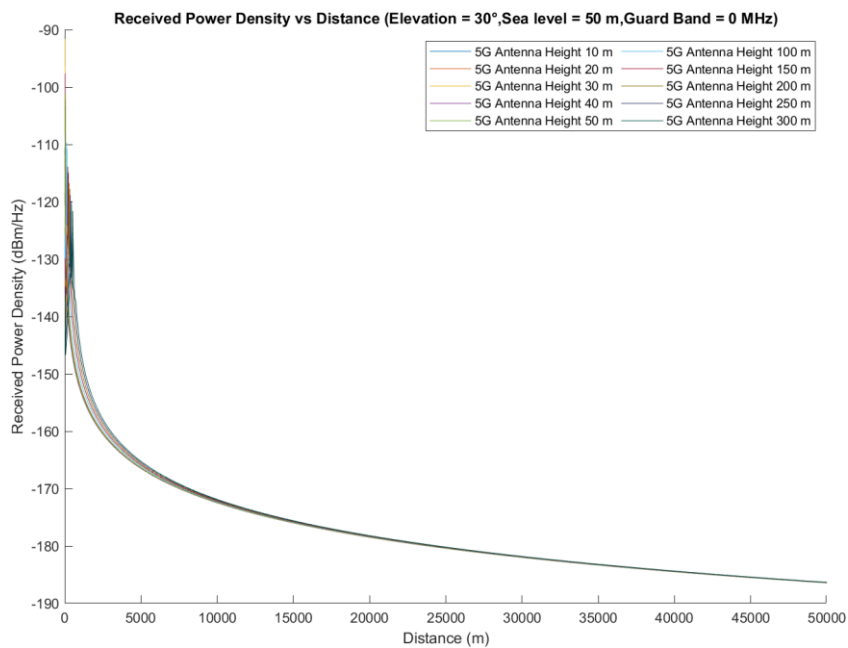
รูป 193 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 20 เมตร



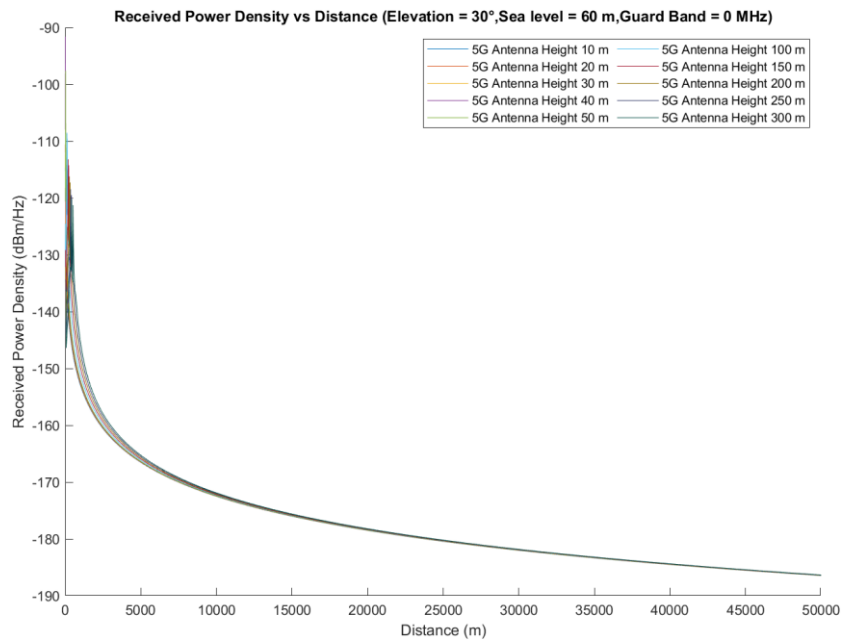
รูป 194 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 30 เมตร



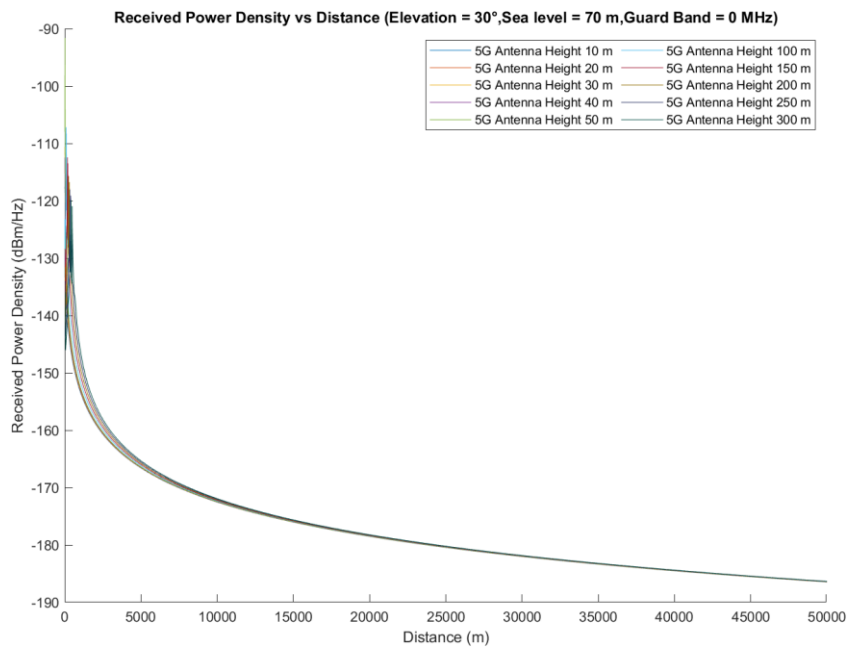
รูป 195 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 40 เมตร



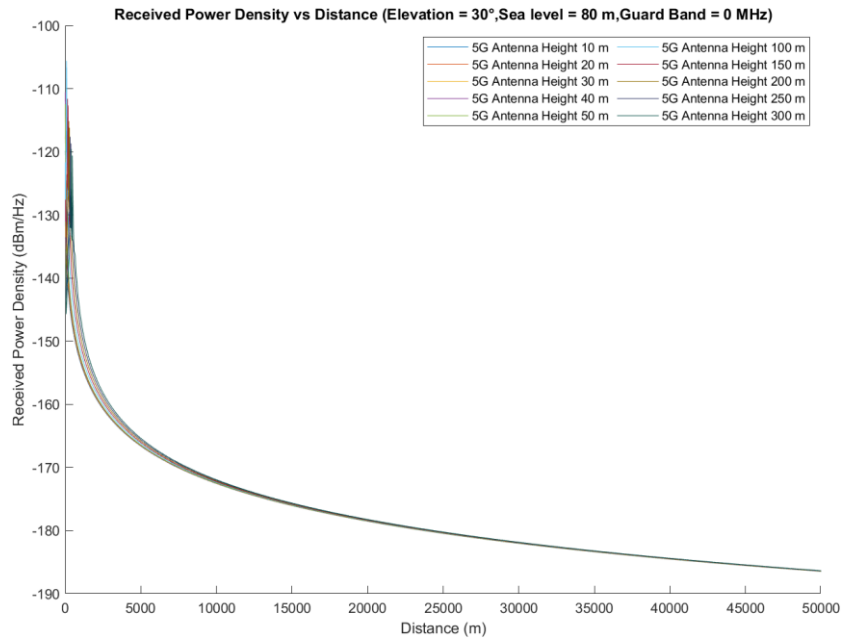
รูป 196 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 50 เมตร



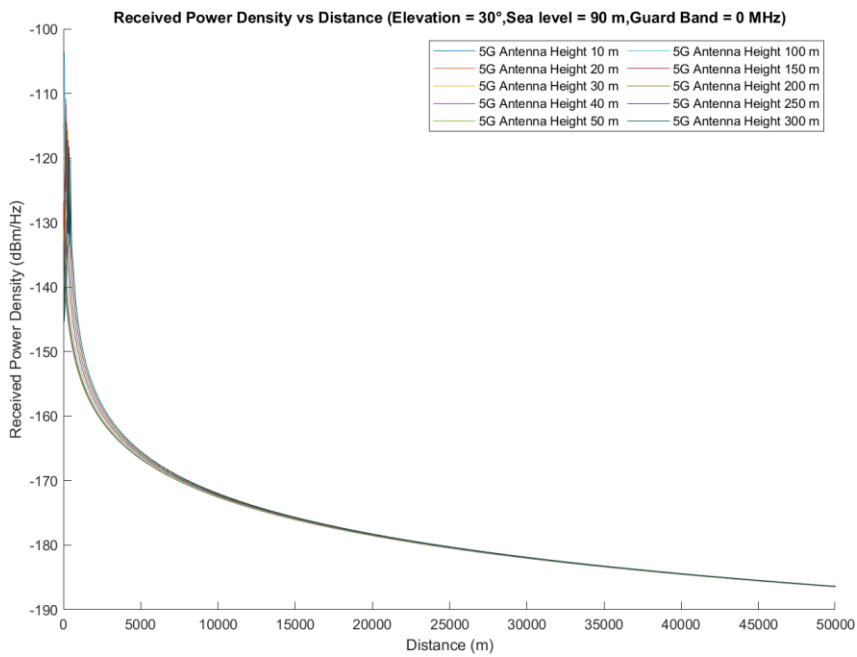
รูป 197 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 60 เมตร



รูป 198 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 70 เมตร



รูป 199 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 80 เมตร



รูป 200 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 90 เมตร

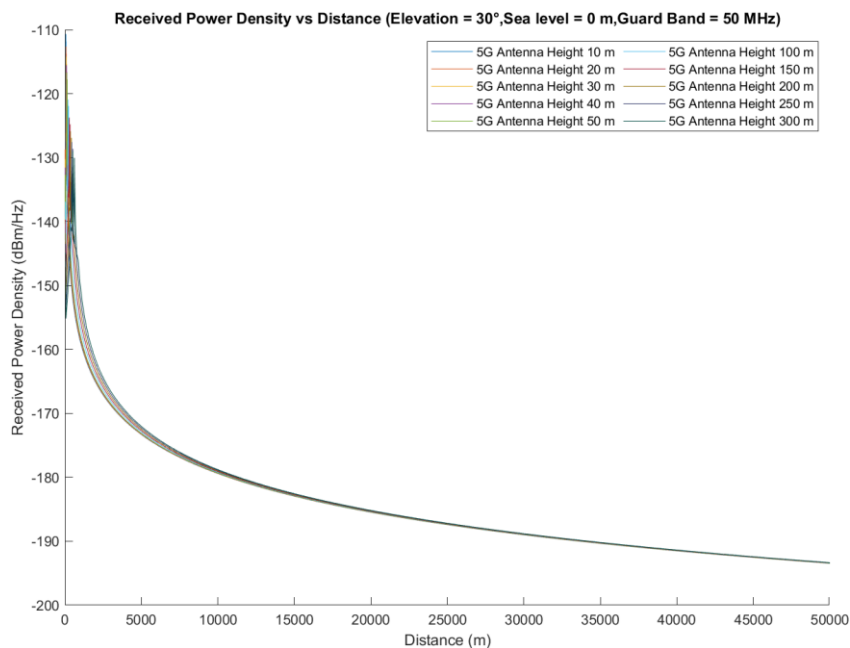
ตาราง 66 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 0 MHz

5G BS Height (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ความสูงระดับนำทะเลจากระดับอ้างอิง (เมตร)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	38.1	20.3	-	-	-	-	-	-
	-110	79.1	61.3	43.3	27.7	-	-	-	-	-	
	-120	97.6	84.3	65.2	45.4	23.8	30.8	36.9	29.4	12.7	
	-130	160.3	140.2	119.5	98.1	75.3	49.2	61.6	92.4	123.2	
	-140	328.3	306.5	284.2	261.4	238	213.6	187.9	160.2	128.8	
	-150	845.8	822.8	799.6	776.1	752.4	728.3	704	679.3	654.2	
	-160	2473.9	2450.3	2426.6	2402.9	2379.1	2355.1	2331.1	2307	2282.8	
	-170	7619	7595	7571	7547	7524	7500	7476	7452	7428	
	-180	23886	23862	23838	23815	23791	23767	23743	23719	23695	
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000		
20	-100	-	-	-	38.1	20.3	-	-	-	-	
	-110	96.8	79.1	61.3	43.3	27.7	-	-	-	-	
	-120	112.9	97.6	84.3	65.2	45.4	23.8	30.8	36.9	29.4	
	-130	180.2	160.3	140.2	119.5	98.1	75.3	49.2	61.6	92.4	
	-140	349.8	328.3	306.5	284.2	261.4	238	213.6	187.9	160.2	
	-150	868.7	845.8	822.8	799.6	776.1	752.4	728.3	704	679.3	
	-160	2497.4	2473.9	2450.3	2426.6	2402.9	2379.1	2355.1	2331.1	2307	
	-170	7643	7619	7595	7571	7547	7524	7500	7476	7452	
	-180	23910	23886	23862	23838	23815	23791	23767	23743	23719	
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000		
30	-100	-	-	-	-	38.1	20.3	-	-	-	
	-110	114.5	96.8	79.1	61.3	43.3	27.7	-	-	-	
	-120	131	112.9	97.6	84.3	65.2	45.4	23.8	30.8	36.9	
	-130	199.7	180.2	160.3	140.2	119.5	98.1	75.3	49.2	61.6	
	-140	371	349.8	328.3	306.5	284.2	261.4	238	213.6	187.9	
	-150	891.3	868.7	845.8	822.8	799.6	776.1	752.4	728.3	704	
	-160	2520.8	2497.4	2473.9	2450.3	2426.6	2402.9	2379.1	2355.1	2331.1	
	-170	7666	7643	7619	7595	7571	7547	7524	7500	7476	
	-180	23934	23910	23886	23862	23838	23815	23791	23767	23743	
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000		
40	-100	-	-	-	-	-	38.1	20.3	-	-	
	-110	132.2	114.5	96.8	79.1	61.3	43.3	27.7	-	-	
	-120	149.1	131	112.9	97.6	84.3	65.2	45.4	23.8	30.8	
	-130	219	199.7	180.2	160.3	140.2	119.5	98.1	75.3	49.2	
	-140	391.9	371	349.8	328.3	306.5	284.2	261.4	238	213.6	
	-150	913.8	891.3	868.7	845.8	822.8	799.6	776.1	752.4	728.3	
	-160	2544.1	2520.8	2497.4	2473.9	2450.3	2426.6	2402.9	2379.1	2355.1	
	-170	7690	7666	7643	7619	7595	7571	7547	7524	7500	
	-180	23958	23934	23910	23886	23862	23838	23815	23791	23767	
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000		
50	-100	-	-	-	-	-	-	38.1	20.3	-	
	-110	128.1	132.2	114.5	96.8	79.1	61.3	43.3	27.7	-	
	-120	167.1	149.1	131	112.9	97.6	84.3	65.2	45.4	23.8	
	-130	238.2	219	199.7	180.2	160.3	140.2	119.5	98.1	75.3	
	-140	412.7	391.9	371	349.8	328.3	306.5	284.2	261.4	238	
	-150	936.1	913.8	891.3	868.7	845.8	822.8	799.6	776.1	752.4	
	-160	2567.4	2544.1	2520.8	2497.4	2473.9	2450.3	2426.6	2402.9	2379.1	
	-170	7714	7690	7666	7643	7619	7595	7571	7547	7524	
	-180	23981	23958	23934	23910	23886	23862	23838	23815	23791	
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000		

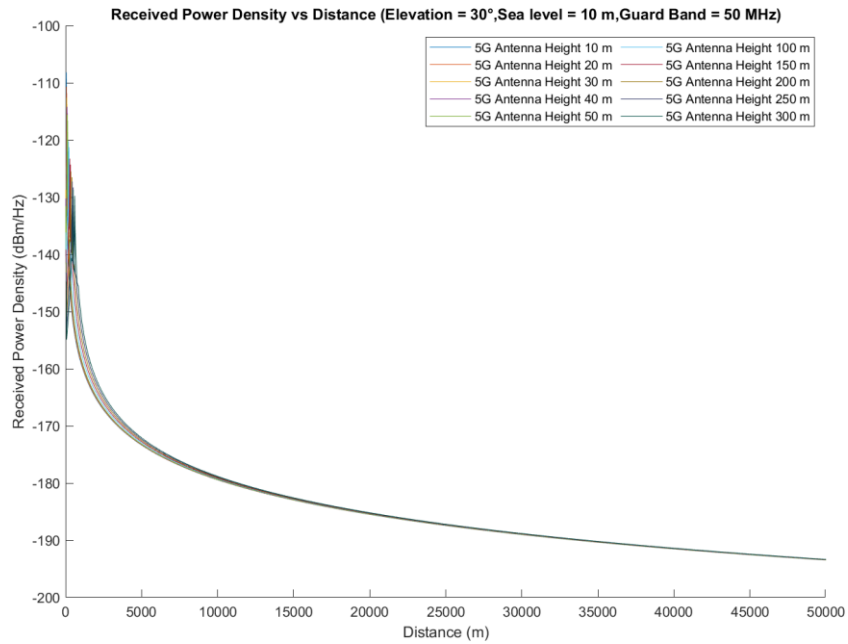
5G BS Height (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ความสูงระดับนำทะเลจากระดับอ้างอิง (เมตร)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	128.1	132.2	114.5	96.8	79.1
	-120	256.3	238.5	220.7	202.9	185	167.1	149.1	131	112.9	97.6
	-130	306.9	311	295	276.2	257.3	238.2	219	199.7	180.2	160.3
	-140	513.9	494	473.9	453.6	433.2	412.7	391.9	371	349.8	328.3
	-150	1045.7	1024	1002.2	980.3	958.3	936.1	913.8	891.3	868.7	845.8
	-160	2682.7	2659.8	2636.8	2613.7	2590.6	2567.4	2544.1	2520.8	2497.4	2473.9
	-170	7832	7808	7785	7761	7737	7714	7690	7666	7643	7619
	-180	24100	24077	24053	24029	24005	23981	23958	23934	23910	23886
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	
150	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	344.9	327.2	309.5	291.8	274.1	256.3	238.5	220.7	202.9	185
	-130	396.6	378.4	360.3	342	323.8	306.9	311	295	276.2	257.3
	-140	612.5	592.9	573.3	553.6	533.8	513.9	494	473.9	453.6	433.2
	-150	1152.5	1131.3	1110	1088.7	1067.2	1045.7	1024	1002.2	980.3	958.3
	-160	2796.5	2773.8	2751.2	2728.4	2705.6	2682.7	2659.8	2636.8	2613.7	2590.6
	-170	7949	7926	7902	7879	7855	7832	7808	7785	7761	7737
	-180	24219	24195	24172	24148	24124	24100	24077	24053	24029	24005
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	
200	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	433	415.4	397.8	380.2	362.5	344.9	327.2	309.5	291.8	274.1
	-130	486.9	468.9	450.9	432.8	414.7	396.6	378.4	360.3	342	323.8
	-140	709.2	690	670.7	651.3	631.9	612.5	592.9	573.3	553.6	533.8
	-150	1257.3	1236.5	1215.6	1194.6	1173.6	1152.5	1131.3	1110	1088.7	1067.2
	-160	2908.9	2886.5	2864.1	2841.6	2819.1	2796.5	2773.8	2751.2	2728.4	2705.6
	-170	8066	8042	8019	7996	7972	7949	7926	7902	7879	7855
	-180	24337	24314	24290	24266	24243	24219	24195	24172	24148	24124
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	
250	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	416.1	400.1	384.1	433	415.4	397.8	380.2	362.5
	-130	576.7	558.8	540.8	522.9	504.9	486.9	468.9	450.9	432.8	414.7
	-140	804.7	785.6	766.6	747.5	728.4	709.2	690	670.7	651.3	631.9
	-150	1360.4	1339.9	1319.4	1298.7	1278	1257.3	1236.5	1215.6	1194.6	1173.6
	-160	3020	2997.9	2975.7	2953.5	2931.2	2908.9	2886.5	2864.1	2841.6	2819.1
	-170	8182	8159	8135	8112	8089	8066	8042	8019	7996	7972
	-180	24456	24432	24408	24385	24361	24337	24314	24290	24266	24243
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	416.1	400.1	384.1
	-130	666.1	648.2	630.3	612.5	594.6	576.7	558.8	540.8	522.9	504.9
	-140	899.2	880.3	861.5	842.6	823.6	804.7	785.6	766.6	747.5	728.4
	-150	1462.3	1442	1421.7	1401.3	1380.9	1360.4	1339.9	1319.4	1298.7	1278
	-160	3130.1	3108.2	3086.2	3064.2	3042.1	3020	2997.9	2975.7	2953.5	2931.2
	-170	8297	8274	8251	8228	8205	8182	8159	8135	8112	8089
	-180	24574	24550	24527	24503	24479	24456	24432	24408	24385	24361
-190	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	

2.6.4 ผลการจำลองกรณีมุมเงยสายอากาศ M-ESIM มีค่าเป็น 30 องศา และความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz

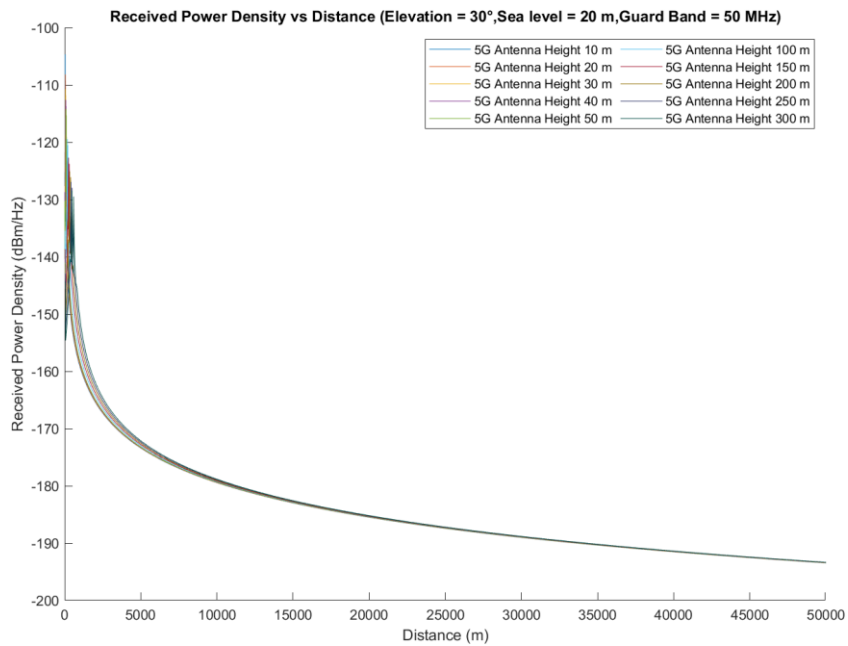
ผลการจำลองในหัวข้อนี้คือผลการจำลองที่ได้จากการกำหนดมุมเงยสายอากาศของ M-ESIM ให้มีค่าเป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันให้มีค่าเป็น 50 MHz แล้วและทำการปรับค่าความสูงระดับน้ำทะเล ความสูงสายอากาศ 5G และระยะห่างตามแนวราบระหว่างแพลตฟอร์ม M-ESIM และระบบ 5G ให้มีค่าต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวไปในหัวข้อที่ 1.5.3 โดยกราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทางจะแสดงดังรูป 201 ถึงรูป 210 ในภาคผนวก ข. หัวข้อที่ 2.5 ส่วนระยะห่างป้องกันที่หาได้จากกราฟเหล่านี้ ณ ความสูงระดับน้ำทะเล และความสูงสายอากาศ 5G ค่าต่าง ๆ จะถูกสรุปไว้ในตาราง 67



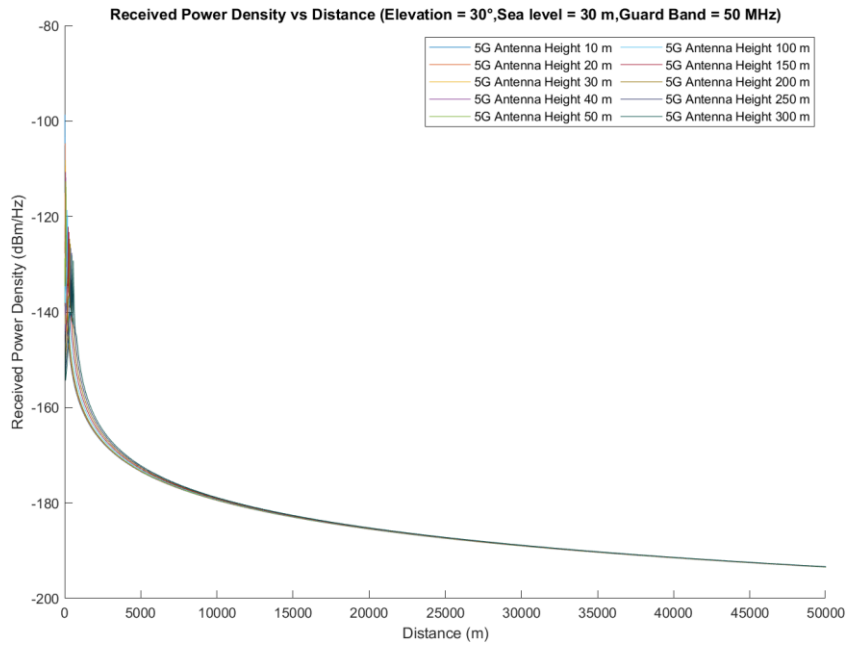
รูป 201 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 0 เมตร



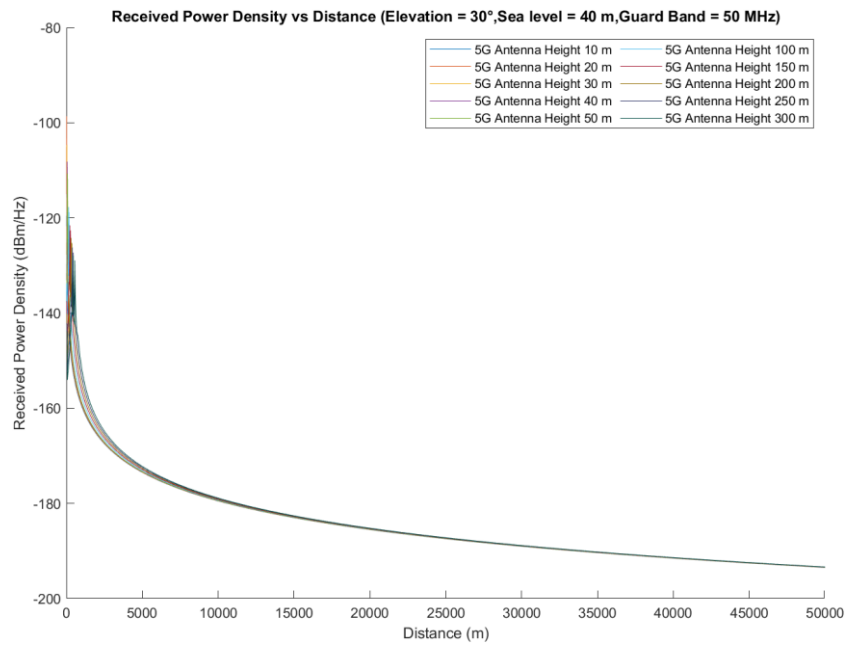
รูป 202 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 10 เมตร



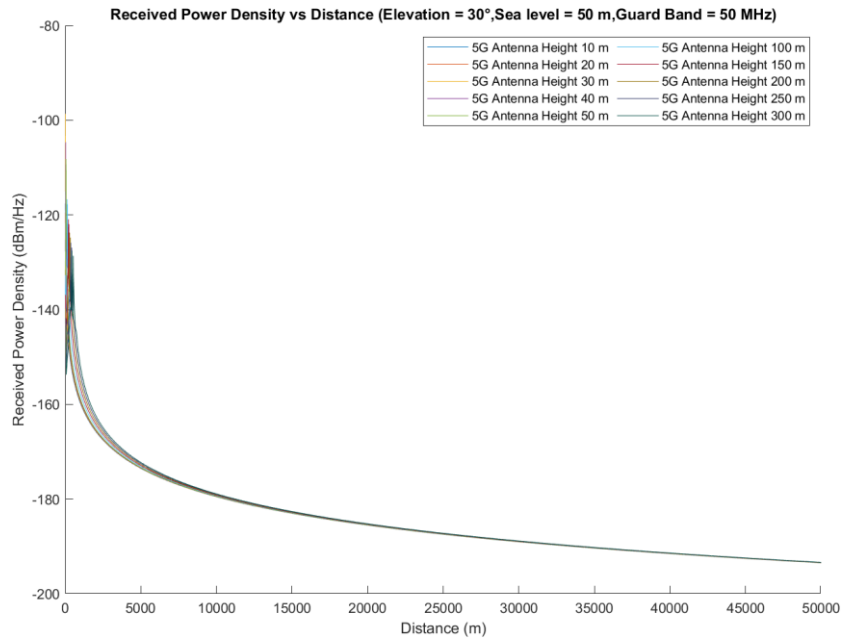
รูป 203 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 20 เมตร



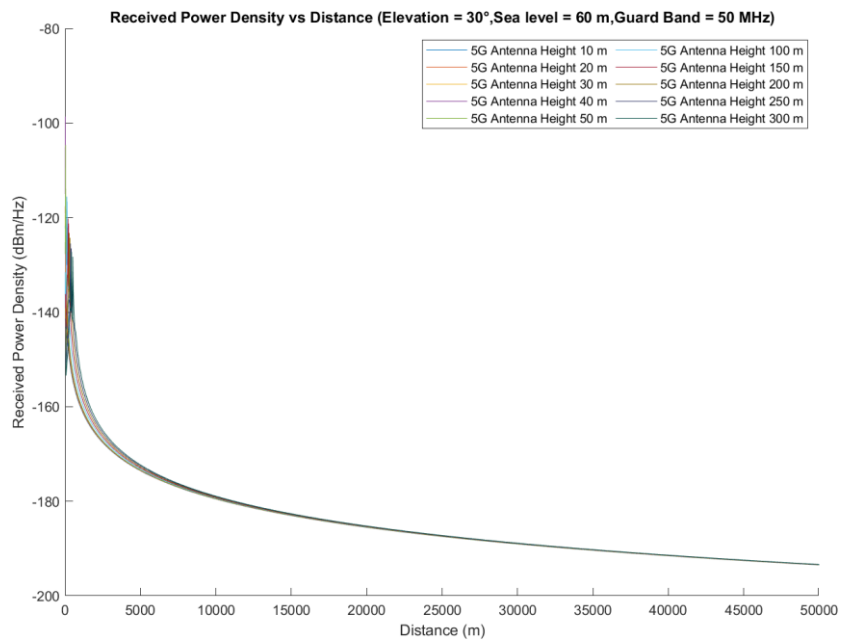
รูป 204 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 30 เมตร



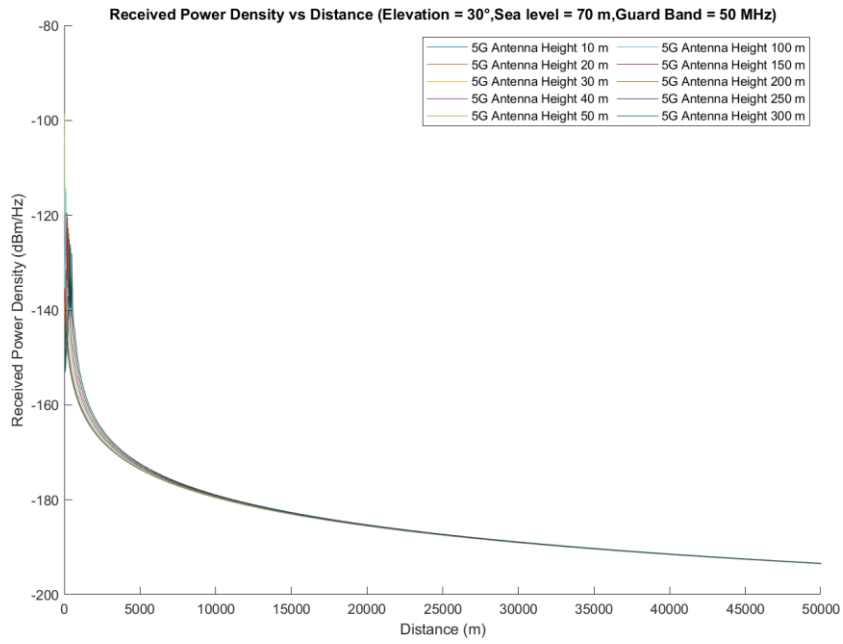
รูป 205 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 40 เมตร



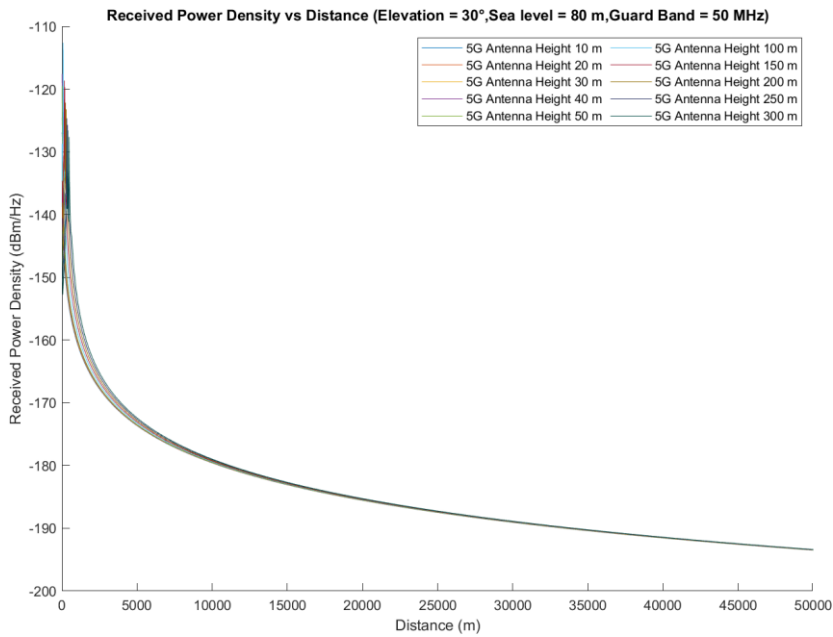
รูป 206 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 50 เมตร



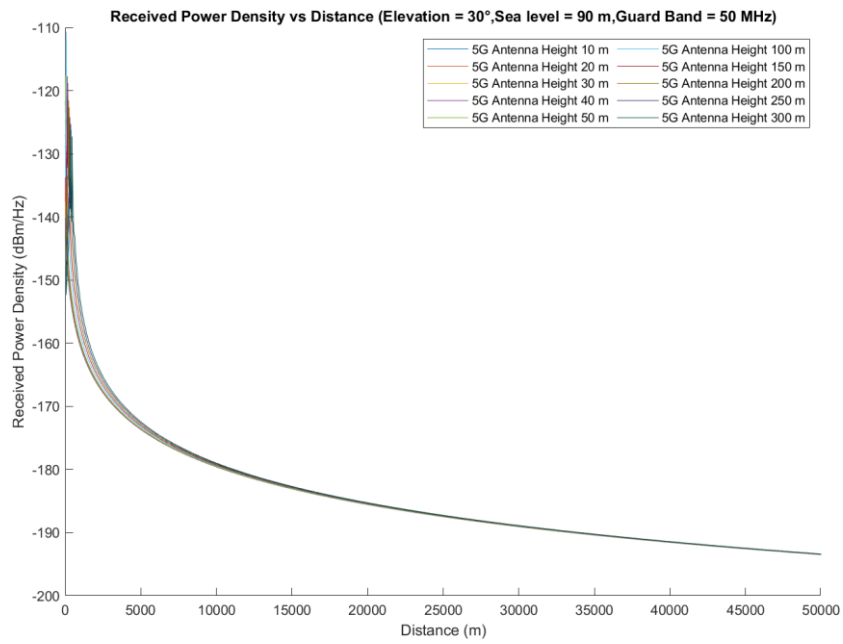
รูป 207 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 60 เมตร



รูป 208 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 70 เมตร



รูป 209 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 80 เมตร



รูป 210 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะทาง เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz และความสูงระดับน้ำทะเลจากระดับอ้างอิงเป็น 90 เมตร

ตาราง 67 ระยะห่างป้องกันที่ได้จากการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่าง M-ESIM และระบบ 5G เมื่อมุมสายอากาศ M-ESIM เป็น 30 องศา ความกว้างแถบความถี่ป้องกันมีค่าเป็น 50 MHz

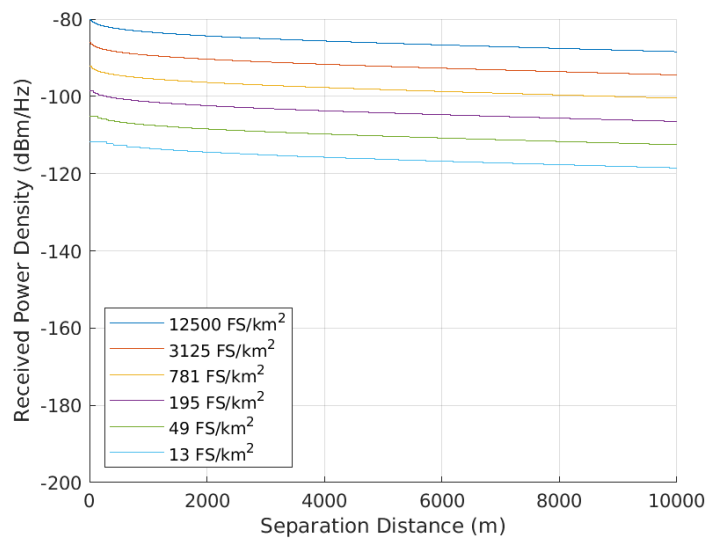
5G BS Height (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)									
		ความสูงระดับนำทะเลจากระดับอ้างอิง (เมตร)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	-100	-	-	-	16.1	-	-	-	-	-	-
	-110	-	56.8	39.1	21.3	-	-	-	-	-	-
	-120	82.3	64.3	46.2	31.2	10.6	15.8	-	-	-	-
	-130	114.4	95.3	75.8	55.5	33.5	30.8	55.6	50.9	43.5	31.5
	-140	192.8	172.1	150.9	129	106	80.8	61.6	92.4	123.2	153.9
	-150	426.5	404.3	381.6	358.6	335	310.8	285.7	259.6	232	202.1
	-160	1153.3	1130	1106.6	1083	1059.3	1035.3	1011.1	986.7	962	937
	-170	3444.5	3420.9	3397.2	3373.4	3349.5	3325.6	3301.7	3277.6	3253.5	3229.3
	-180	10688	10664	10640	10616	10593	10569	10545	10521	10497	10473
-190	33591	33567	33543	33519	33495	33472	33448	33424	33400	33376	
20	-100	-	-	-	-	16.1	-	-	-	-	-
	-110	-	-	56.8	39.1	21.3	-	-	-	-	-
	-120	100.1	82.3	64.3	46.2	31.2	10.6	15.8	-	-	-
	-130	133.3	114.4	95.3	75.8	55.5	33.5	30.8	55.6	50.9	43.5
	-140	213.1	192.8	172.1	150.9	129	106	80.8	61.6	92.4	123.2
	-150	448.5	426.5	404.3	381.6	358.6	335	310.8	285.7	259.6	232
	-160	1176.4	1153.3	1130	1106.6	1083	1059.3	1035.3	1011.1	986.7	962
	-170	3468.1	3444.5	3420.9	3397.2	3373.4	3349.5	3325.6	3301.7	3277.6	3253.5
	-180	10712	10688	10664	10640	10616	10593	10569	10545	10521	10497
-190	33615	33591	33567	33543	33519	33495	33472	33448	33424	33400	
30	-100	-	-	-	-	-	-	16.1	-	-	-
	-110	-	-	-	56.8	39.1	21.3	-	-	-	-
	-120	117.9	100.1	82.3	64.3	46.2	31.2	10.6	15.8	-	-
	-130	139.9	133.3	114.4	95.3	75.8	55.5	33.5	30.8	55.6	50.9
	-140	233.1	213.1	192.8	172.1	150.9	129	106	80.8	61.6	92.4
	-150	470.2	448.5	426.5	404.3	381.6	358.6	335	310.8	285.7	259.6
	-160	1199.3	1176.4	1153.3	1130	1106.6	1083	1059.3	1035.3	1011.1	986.7
	-170	3491.7	3468.1	3444.5	3420.9	3397.2	3373.4	3349.5	3325.6	3301.7	3277.6
	-180	10735	10712	10688	10664	10640	10616	10593	10569	10545	10521
-190	33639	33615	33591	33567	33543	33519	33495	33472	33448	33424	
40	-100	-	-	-	-	-	-	-	16.1	-	-
	-110	-	-	-	-	56.8	39.1	21.3	-	-	-
	-120	135.6	117.9	100.1	82.3	64.3	46.2	31.2	10.6	15.8	-
	-130	158.2	139.9	133.3	114.4	95.3	75.8	55.5	33.5	30.8	55.6
	-140	252.9	233.1	213.1	192.8	172.1	150.9	129	106	80.8	61.6
	-150	491.6	470.2	448.5	426.5	404.3	381.6	358.6	335	310.8	285.7
	-160	1222.1	1199.3	1176.4	1153.3	1130	1106.6	1083	1059.3	1035.3	1011.1
	-170	3515.2	3491.7	3468.1	3444.5	3420.9	3397.2	3373.4	3349.5	3325.6	3301.7
	-180	10759	10735	10712	10688	10664	10640	10616	10593	10569	10545
-190	33662	33639	33615	33591	33567	33543	33519	33495	33472	33448	
50	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	16.1	-
	-110	-	-	-	-	-	56.8	39.1	21.3	-	-
	-120	153.3	135.6	117.9	100.1	82.3	64.3	46.2	31.2	10.6	15.8
	-130	176.3	158.2	139.9	133.3	114.4	95.3	75.8	55.5	33.5	30.8
	-140	272.4	252.9	233.1	213.1	192.8	172.1	150.9	129	106	80.8
	-150	512.9	491.6	470.2	448.5	426.5	404.3	381.6	358.6	335	310.8
	-160	1244.8	1222.1	1199.3	1176.4	1153.3	1130	1106.6	1083	1059.3	1035.3
	-170	3538.6	3515.2	3491.7	3468.1	3444.5	3420.9	3397.2	3373.4	3349.5	3325.6
	-180	10783	10759	10735	10712	10688	10664	10640	10616	10593	10569
-190	33686	33662	33639	33615	33591	33567	33543	33519	33495	33472	

5G BS Height (เมตร)	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)										
		ความสูงระดับนำทะเลจากระดับอ้างอิง (เมตร)										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
100	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	176.1	188.6	171	153.3	135.6	117.9	100.1	82.3	
	-130	266.3	248.4	230.5	212.5	194.4	176.3	158.2	139.9	133.3	114.4	
	-140	368.4	349.4	330.3	311.2	291.9	272.4	252.9	233.1	213.1	192.8	
	-150	616.7	596.2	575.6	554.8	533.9	512.9	491.6	470.2	448.5	426.5	
	-160	1356.4	1334.3	1312.1	1289.8	1267.3	1244.8	1222.1	1199.3	1176.4	1153.3	
	-170	3655	3631.8	3608.6	3585.3	3562	3538.6	3515.2	3491.7	3468.1	3444.5	
	-180	10901	10878	10854	10830	10807	10783	10759	10735	10712	10688	
-190	33805	33781	33758	33734	33710	33686	33662	33639	33615	33591		
150	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	176.1	188.6	171	
	-130	355.5	337.7	319.9	302.1	284.2	266.3	248.4	230.5	212.5	194.4	
	-140	433.4	437.4	424.9	406.1	387.3	368.4	349.4	330.3	311.2	291.9	
	-150	717.5	697.5	677.5	657.3	637	616.7	596.2	575.6	554.8	533.9	
	-160	1465.6	1444	1422.2	1400.4	1378.4	1356.4	1334.3	1312.1	1289.8	1267.3	
	-170	3770.1	3747.2	3724.2	3701.2	3678.1	3655	3631.8	3608.6	3585.3	3562	
	-180	11019	10996	10972	10948	10925	10901	10878	10854	10830	10807	
-190	33924	33900	33877	33853	33829	33805	33781	33758	33734	33710		
200	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	444.1	426.4	408.7	391	373.2	355.5	337.7	319.9	302.1	284.2	
	-140	515.8	497.6	479.4	461.1	442.8	433.4	437.4	424.9	406.1	387.3	
	-150	816.5	796.8	777.1	757.3	737.5	717.5	697.5	677.5	657.3	637	
	-160	1572.9	1551.6	1530.2	1508.8	1487.2	1465.6	1444	1422.2	1400.4	1378.4	
	-170	3884.2	3861.4	3838.7	3815.9	3793	3770.1	3747.2	3724.2	3701.2	3678.1	
	-180	11137	11113	11090	11066	11043	11019	10996	10972	10948	10925	
-190	34043	34019	33995	33972	33948	33924	33900	33877	33853	33829		
250	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	532.4	514.8	497.1	479.5	461.8	444.1	426.4	408.7	391	373.2	
	-140	606.5	588.4	570.3	552.1	534	515.8	497.6	479.4	461.1	442.8	
	-150	913.9	894.5	875.1	855.6	836.1	816.5	796.8	777.1	757.3	737.5	
	-160	1678.6	1657.6	1636.5	1615.4	1594.2	1572.9	1551.6	1530.2	1508.8	1487.2	
	-170	3997.2	3974.6	3952.1	3929.5	3906.8	3884.2	3861.4	3838.7	3815.9	3793	
	-180	11254	11230	11207	11183	11160	11137	11113	11090	11066	11043	
-190	34161	34138	34114	34090	34067	34043	34019	33995	33972	33948		
300	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-130	528.2	602.9	585.3	567.7	550.1	532.4	514.8	497.1	479.5	461.8	
	-140	696.6	678.6	660.6	642.6	624.5	606.5	588.4	570.3	552.1	534	
	-150	1010.3	991.1	971.9	952.6	933.3	913.9	894.5	875.1	855.6	836.1	
	-160	1783	1762.2	1741.4	1720.5	1699.6	1678.6	1657.6	1636.5	1615.4	1594.2	
	-170	4109.3	4086.9	4064.5	4042.1	4019.7	3997.2	3974.6	3952.1	3929.5	3906.8	
	-180	11370	11347	11324	11300	11277	11254	11230	11207	11183	11160	
-190	34280	34256	34232	34209	34185	34161	34138	34114	34090	34067		

2.7 ผลการจำลองกรณีใช้คลื่น 28 GHz ข้างเคียงกันระหว่างสถานีดาวเทียม HDFSS และระบบ 5G

2.7.1 ผลการจำลองเมื่อทำการกำหนดให้จันดาวเทียมทุกจันหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยไปยังสายอากาศสถานีฐาน 5G

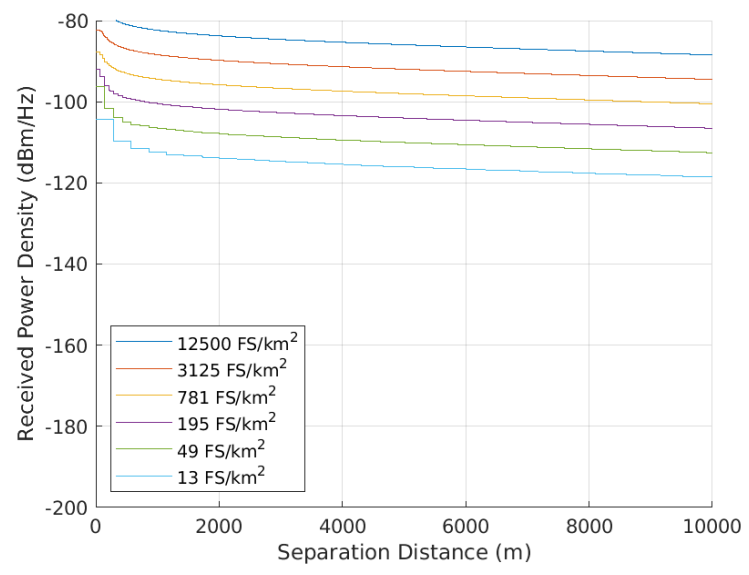
ผลการจำลองในหัวข้อนี้คือผลการจำลองที่ได้จากการกำหนดให้จันดาวเทียมทุกจันหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยไปยังสายอากาศสถานีฐาน 5G โดยในกรณีที่สายอากาศสถานีฐาน 5G ใช้แบบรูปกระจายคลื่นของสายอากาศแบบรอบทิศทางที่มีอัตราขยายสายอากาศเป็น 0 dBi กราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะห่างป้องกันจะมีลักษณะดังรูป 211 และระยะห่างป้องกัน ณ ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ระดับต่าง ๆ จะถูกสรุปไว้ในตาราง 68 ส่วนในกรณีที่สายอากาศสถานีฐาน 5G ใช้แบบรูปกระจายคลื่นตามข้อกำหนด Recommendation ITU-R M.2101 กราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะห่างป้องกันจะมีลักษณะดังรูป 212 และระยะห่างป้องกัน ณ ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ระดับต่าง ๆ จะถูกสรุปไว้ในตาราง 69



รูป 211 กราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะห่างป้องกัน กรณีจันดาวเทียมทุกจันหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยไปยังสายอากาศสถานีฐาน 5G เมื่อสายอากาศ 5G เป็นแบบรอบทิศทางและมีอัตราขยายสายอากาศเป็น 0 dBi

ตาราง 68 ระยะห่างป้องกัน ๓ ชีตจำกัดการแทรกสอดค่าต่าง ๆ กรณีงานดาวเทียมทุกงานหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยไปยังสายอากาศสถานีฐาน 5G เมื่อสายอากาศ 5G เป็นแบบรอบทิศทางและมีอัตราขยายสายอากาศเป็น 0 dBi

มุมเงยงานดาวเทียม	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)					
		ความหนาแน่นงานดาวเทียมต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร					
		13	49	195	781	3125	12500
หันหน้าเข้าหาสถานีฐาน 5G	-100	-	-	286	8852	>10000	>10000
	-110	-	4445	>10000	>10000	>10000	>10000
	-120	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-130	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-140	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-150	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-160	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-170	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-180	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-190	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000



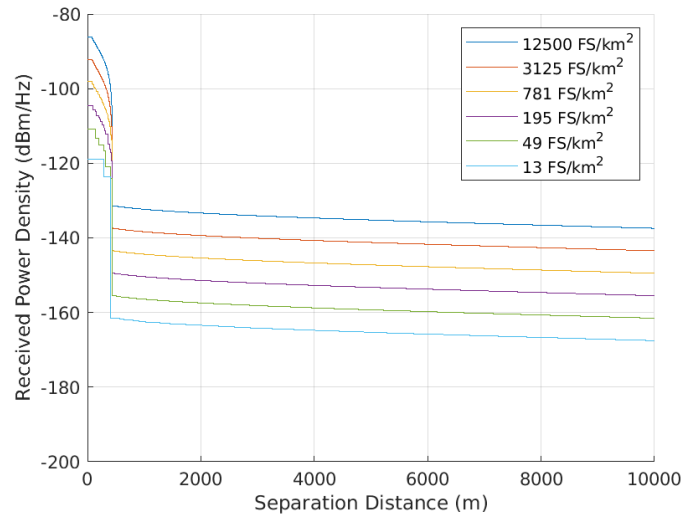
รูป 212 กราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะห่างป้องกัน กรณีงานดาวเทียมทุกงานหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยไปยังสายอากาศสถานีฐาน 5G เมื่อสายอากาศ 5G ใช้แบบรูปตามข้อกำหนด Recommendation ITU-R M.2101

ตาราง 69 ระยะห่างป้องกัน ๓ ซีตจำกัดการแทรกสอดค่าต่าง ๆ กรณีงานดาวเทียมทุกงานหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยไปยังสายอากาศสถานีฐาน 5G เมื่อสายอากาศ 5G ใช้แบบรูปตามข้อกำหนด Recommendation ITU-R M.2101

มุมเงยงานดาวเทียม	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)					
		ความหนาแน่นงานดาวเทียมต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร					
		13	49	195	781	3125	12500
หันหน้าเข้าหาสถานีฐาน 5G	-100	-	143	790	8922	>10000	>10000
	-110	572	4918	>10000	>10000	>10000	>10000
	-120	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-130	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-140	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-150	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-160	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-170	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-180	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-190	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000

2.7.2 ผลการจำลองเมื่อทำการกำหนดให้งานดาวเทียมทุกงานหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยเป็น 10 องศา

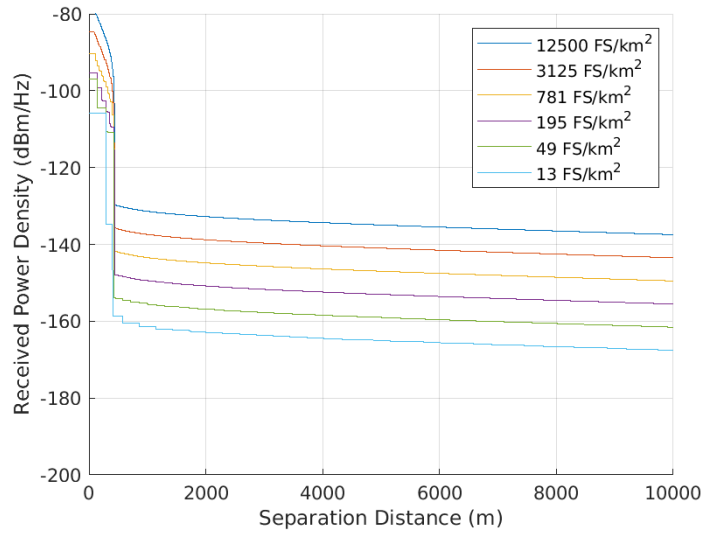
ผลการจำลองในหัวข้อนี้คือผลการจำลองที่ได้จากการกำหนดให้งานดาวเทียมทุกงานหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยเป็น 10 องศา โดยในกรณีที่สายอากาศสถานีฐาน 5G ใช้แบบรูปสายกระจายคลื่นแบบรอบทิศทางและมีอัตราขยายสายอากาศเป็น 0 dBi กราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะห่างป้องกันจะมีลักษณะดังรูป 213 และระยะห่างป้องกัน ๓ ซีตจำกัดการแทรกสอดที่ระดับต่าง ๆ จะถูกสรุปไว้ในตาราง 70 ส่วนในกรณีที่สายอากาศสถานีฐาน 5G ใช้แบบรูปกระจายคลื่นตามข้อกำหนด Recommendation ITU-R M.2101 กราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะห่างป้องกันจะมีลักษณะดังรูป 214 และระยะห่างป้องกัน ๓ ซีตจำกัดการแทรกสอดที่ระดับต่าง ๆ จะถูกสรุปไว้ในตาราง 71



รูป 213 กราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะห่างป้องกัน กรณีงานดาวเทียมทุกงานหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยเป็น 10 องศาเมื่อสายอากาศ 5G เป็นแบบรอบทิศทางและมีอัตราขยายสายอากาศเป็น 0 dBi

ตาราง 70 ระยะห่างป้องกัน ณ ชีตจำกัดการแทรกสอดค่าต่าง ๆ กรณีงานดาวเทียมทุกงานหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยเป็น 10 องศา เมื่อสายอากาศ 5G เป็นแบบรอบทิศทางและมีอัตราขยายสายอากาศเป็น 0 dBi

มุมเงยงานดาวเทียม	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)					
		ความหนาแน่นงานดาวเทียมต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร					
		13	49	195	781	3125	12500
หันหน้าเข้าหาสถานีฐาน 5G	-100	-	-	-	143	328	408
	-110	-	-	286	395	426	436
	-120	286	320	429	435	436	438
	-130	404	429	435	436	438	438
	-140	404	429	435	436	2856	>10000
	-150	404	429	719	>10000	>10000	>10000
	-160	404	6479	>10000	>10000	>10000	>10000
	-170	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-180	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-190	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000



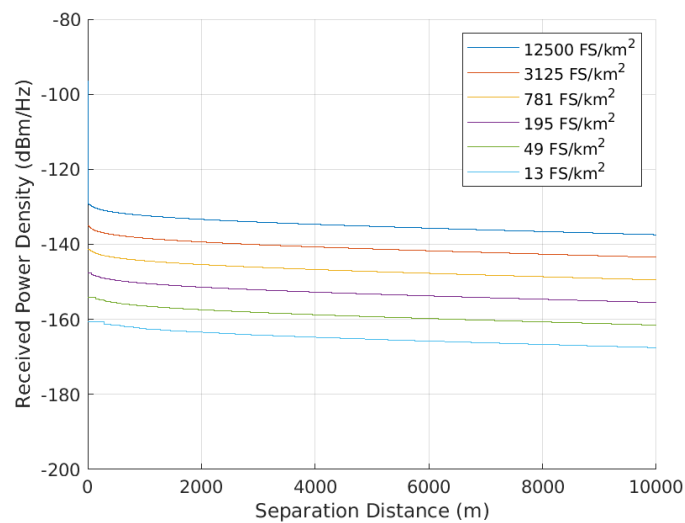
รูป 214 กราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะห่างป้องกัน กรณีงานดาวเทียมทุกงานหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยเป็น 10 องศา เมื่อสายอากาศ 5G ใช้แบบรูปตามข้อกำหนด Recommendation ITU-R M.2101

ตาราง 71 ระยะห่างป้องกัน ณ ชีตจำกัดการแทรกสอดค่าต่าง ๆ กรณีงานดาวเทียมทุกงานหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยเป็น 10 องศา เมื่อสายอากาศ 5G ใช้แบบรูปตามข้อกำหนด Recommendation ITU-R M.2101

มุมเงยงานดาวเทียม	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)					
		ความหนาแน่นงานดาวเทียมต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร					
		13	49	195	781	3125	12500
หันหน้าเข้าหาสถานีฐาน 5G	-100	-	143	214	323	399	429
	-110	286	286	429	430	432	438
	-120	286	429	435	435	435	438
	-130	286	429	435	436	438	509
	-140	404	429	435	436	3452	>10000
	-150	404	429	1305	>10000	>10000	>10000
	-160	572	6780	>10000	>10000	>10000	>10000
	-170	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-180	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-190	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000

2.7.3 ผลการจำลองเมื่อทำการกำหนดให้จันดาวเทียมทุกจันหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยเป็น 62.5 องศา

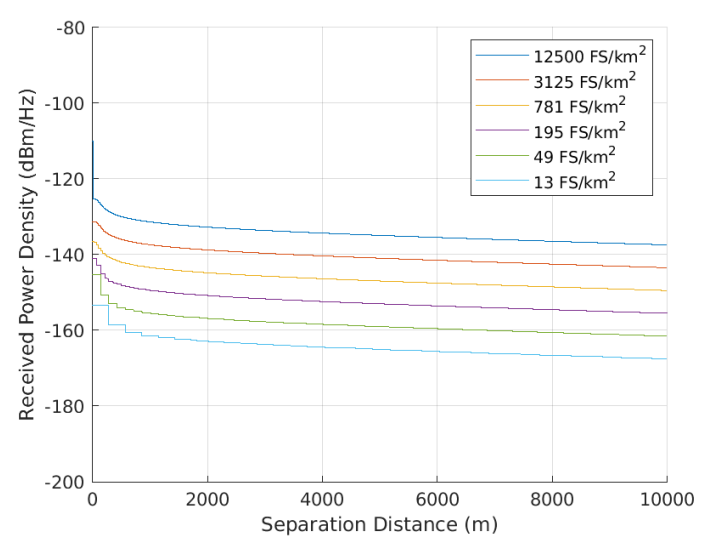
ผลการจำลองในหัวข้อนี้คือผลการจำลองที่ได้จากการกำหนดให้จันดาวเทียมทุกจันหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยเป็น 62.5 องศา โดยในกรณีที่สายอากาศสถานีฐาน 5G ใช้แบบรูปกระจายคลื่นแบบรอบทิศทางและมีอัตราขยายสายอากาศเป็น 0 dBi กราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะห่างป้องกันจะมีลักษณะดังรูป 215 และระยะห่างป้องกัน ณ ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ระดับต่าง ๆ จะถูกสรุปไว้ในตาราง 72 ส่วนในกรณีที่สายอากาศสถานีฐาน 5G ใช้แบบรูปกระจายคลื่นตามข้อกำหนด Recommendation ITU-R M.2101 กราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังสัญญาณแทรกสอดกับระยะห่างป้องกันจะมีลักษณะดังรูป 216 และระยะห่างป้องกัน ณ ขีดจำกัดการแทรกสอดที่ระดับต่าง ๆ จะถูกสรุปไว้ในตาราง 73



รูป 215 กราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะห่างป้องกัน กรณีจันดาวเทียมทุกจันหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยเป็น 62.5 องศา เมื่อสายอากาศ 5G เป็นแบบรอบทิศทางและมีอัตราขยายสายอากาศเป็น 0 dBi

ตาราง 72 ระยะห่างป้องกัน ณ ชีตจำกัดการแทรกสอดค่าต่าง ๆ กรณีงานดาวเทียมทุกงานหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยเป็น 62.5 องศา เมื่อสายอากาศ 5G เป็นแบบรอบทิศทางและมีอัตราขยายสายอากาศเป็น 0 dBi

มุมเงยงานดาวเทียม	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)					
		ความหนาแน่นงานดาวเทียมต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร					
		13	49	195	781	3125	12500
หันหน้าเข้าหาสถานีฐาน 5G	-100	-	-	-	-	-	12
	-110	-	-	-	-	-	12
	-120	-	-	-	-	-	12
	-130	-	-	-	-	-	89
	-140	-	-	-	-	2856	>10000
	-150	-	-	719	>10000	>10000	>10000
	-160	-	6479	>10000	>10000	>10000	>10000
	-170	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-180	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-190	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000



รูป 216 กราฟความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณแทรกสอดกับระยะห่างป้องกัน กรณีงานดาวเทียมทุกงานหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยเป็น 62.5 องศา เมื่อสายอากาศ 5G ใช้แบบรูปตามข้อกำหนด Recommendation ITU-R M.2101

ตาราง 73 ระยะห่างป้องกัน ณ ชีตจำกัดการแทรกสอดค่าต่าง ๆ กรณีงานดาวเทียมทุกงานหันไปหาสถานีฐาน 5G และมีมุมเงยเป็น 62.5 องศา เมื่อสายอากาศ 5G ใช้แบบรูปตามข้อกำหนด Recommendation ITU-R M.2101

มุมมองงานดาวเทียม	Interference Limit (dBm/Hz)	ระยะห่างป้องกันการแทรกสอด (เมตร)					
		ความหนาแน่นงานดาวเทียมต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร					
		13	49	195	781	3125	12500
หันหน้าเข้าหาสถานีฐาน 5G	-100	-	-	-	-	-	-
	-110	-	-	-	-	-	-
	-120	-	-	-	-	-	8
	-130	-	-	-	-	-	509
	-140	-	-	-	214	3452	>10000
	-150	-	143	1305	>10000	>10000	>10000
	-160	572	6780	>10000	>10000	>10000	>10000
	-170	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-180	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
	-190	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000