التوصيـــة ITU-R F.1764

منهجية تقييم التداخل من أنظمة الخدمة الثابتة التي تستعمل محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) إلى الأنظمة اللاسلكية الثابتة* في نطاقات فوق 3 GHz

(المسألة ITU-R 212-2/9)

(2006)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية منهجية لتقييم التداخل لاستعمالها في تبادل الدراسات بين أنظمة الخدمة الثابتة التي تستعمل محطات المنصات عالية الارتفاع والأنظمة اللاسلكية الثابتة التقليدية في نطاقات التردد فوق 3 GHz استجابة للدراسة التقنية المطلوبة في القرار (Rev.WRC-03) 734. ويجري تحليل حالات التداخل من السفن الفضائية لمحطات المنصات عالية الارتفاع والمحطات الأرضية إلى محطات الترحيل الراديوي.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أنه تم استنباط تكنولوجيا جديدة تستخدم محطات المنصات عالية الارتفاع في طبقة الاستراتوسفير لتقديم خدمات ذات سعات عالية؛

ب) أن بعض الإدارات بصدد تشغيل أنظمة تستعمل محطات المنصات عالية الارتفاع في نطاقات ترددية موزعة حصراً عن طريق جداول توزيع الترددات أو حواشي بالنسبة للاتصالات الراديوية الأرضية مثل الخدمات الثابتة،

وإذ تعترف

أ) بأن المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 1997 وضع أحكاماً لتشغيل محطات المنصات عالية الارتفاع داخل الخدمة الثابتة في النطاقين 47,5-47,2 GHz و48,2-47,9 GHz (انظر القرار (Rev.WRC-03) 122)؛

ب) بأنه نظراً لأن النطاقات 47 GHz أكثر تأثراً بتوهين المطر، عبَّرت بلدان عدة في الإقليم 3 وبلد واحد من الإقليم 1 خلال المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2000 عن حاجتها لنطاق ترددي أقل لمحطات المنصات عالية الارتفاع ومن ثم اعتماد الرقمين 537A.5 و543A.5 من لوائح الراديو؛

ج) بأن المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2003 عدَّل الرقمين 537A.5 و543A.5 من لوائح الراديو لإضافة بلدان عديدة، كما قرر السماح باستعمال محطات المنصات عالية الارتفاع في الخدمة الثابتة داخل تردد طيفي قدره 300 MHz في النطاق 28,35-27,5 GHz وفي النطاق 31,3-31,0 GHz في بلدان الإقليم 2 على أساس عدم حدوث تداخل ضار وعلى أساس عدم طلب حماية بالنسبة لمحطات الخدمات الأخرى التي تعمل طبقاً لجدول توزيع الترددات للمادة 5 من لوائح الراديو الصادر بموجب القرار (WRC-03) 145؛

* المقصود بالمصطلح "الأنظمة اللاسلكية الثابتة" المستخدم في هذه التوصية أنظمة الترحيل الراديوي من نقطة إلى نقطة. وبالتالي فإن المصطلح "محطة ترحيل راديوي" مستخدم أيضاً.

د) بأن القرار (Rev.WRC-03) 734 يدعو قطاع الاتصالات الراديوية أن يجري دراسات تنظيمية وتقنية لتحديد ما يمكن عمله لتسهيل تشغيل الأنظمة التي تستخدم محطات المنصات عالية الارتفاع وتشجيع الإدارات على المساهمة بإيجابية في تبادل الدراسات في النطاقات الترددية التي تفوق GHz 3 الموزعة حصراً على الاتصالات الأرضية الراديوية؛

توصي

1 بأنه يمكن استخدام المنهجية الموضحة في الملحق 1 استجابة للدراسة التقنية المذكورة في الفقرة *وإذ تعترف* د) لتقييم التداخل من الأنظمة التي تستعمل محطات المنصات عالية الارتفاع إلى الأنظمة اللاسلكية الثابتة في النطاقات فوق GHz 3.

الملحق 1

منهجية تقييم التداخل من أنظمة الخدمة الثابتة التي تستعمل محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) إلى الأنظمة اللاسلكية الثابتة في نطاقات فوق GHz 3

1 مقدمة

يقدم هذا الملحق منهجية لتقييم التداخل لكي تستعمل في تبادل الدراسات بين أنظمة الخدمة الثابتة التي تستعمل محطات المنصات عالية الارتفاع والأنظمة اللاسلكية الثابتة في نطاقات التردد التي تفوق GHz 3. ويتم بحث حالات التداخل من السفن الفضائية التي تحمل محطات المنصات عالية الارتفاع والمحطات الأرضية إلى محطات الترحيل الراديوي.

كما يقدم الملحق مثالاً لتقييم التداخل عند تردد GHz 6[1]. وقد افتُرض هذا التردد فقط لعرض مثال لتقييم التداخل.

2 منهجية حساب التداخل من أنظمة الخدمة الثابتة التي تستعمل محطات المنصات عالية الارتفاع إلى الأنظمة اللاسلكية الثابتة

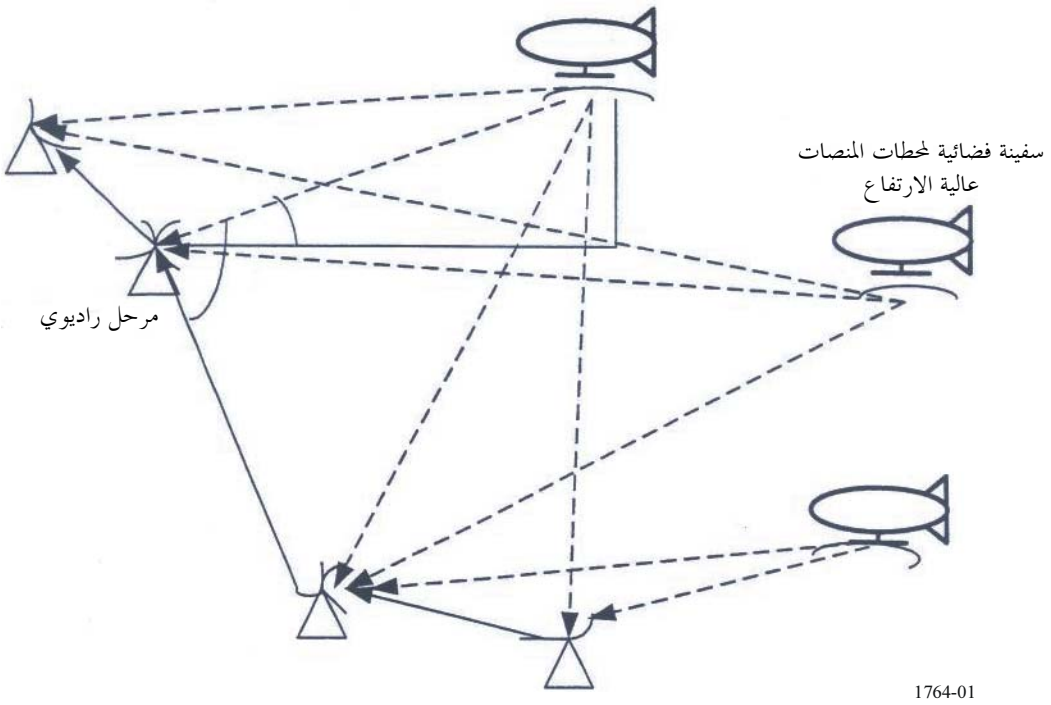
1.2 التداخل من سفن فضائية تحمل محطات المنصات عالية الارتفاع إلى محطات الترحيل الراديوي

يبين الشكل 1 حالة التداخل من سفن فضائية تحمل محطات المنصات عالية الارتفاع إلى محطات الترحيل الراديوي.

[1] من المعروف أن التردد GHz 6 لا يوجد في نطاق موزع حصراً لاتصالات راديوية أرضية. وقد تم اختياره لهذا التحليل لتيسير وضع المنهجية بسبب سيطرة البيانات التقنية المتاحة للنظام الأرضي.

الشكل 1

بيئة تداخل من السفن الفضائية التي تحمل محطات المنصات عالية الارتفاع إلى محطات الترحيل الراديوي



1.1.2 بالنسبة لمحطات الترحيل الراديوي التماثلية

يمكن الحصول على تداخل النطاق الأساسي لمحطة ترحيل راديوي تماثلية من سفينة فضائية تحمل محطات المنصات عالية الارتفاع عن طريق المعادلة (1):

$$F(\theta) + G(\varphi) + N_{br} + 10 \log\left(\frac{\lambda^2}{4\pi}\right) - L_{fr} \quad (1)$$

حيث:

$F(\theta)$: كثافة تدفق القدرة لمحطة المنصات عالية الارتفاع المحمولة على سفينة فضائية بدلالة زاوية ورود فوق المستوي الأفقي، θ (dB(W/(m^2 · 4 kHz)))

$G(\varphi)$: كسب هوائي محطة الترحيل الراديوي في اتجاه المحطة المحمولة، φ (dBi)

N_{br}: نسبة الضوضاء الحرارية إلى ضوضاء المستقبِل في النطاق الأساسي (dB(pW0p · 4 kHz))

λ: الطول الموجي للموجة الحاملة (m)

L_{fr}: خسارة مغذي محطة الترحيل الراديوي (dB).

وعموماً، يمكن تحديد سوية كثافة تدفق القدرة على سطح الأرض، $F(\theta)$ في شكل الصياغة التالية:

$$F(\theta) = \begin{cases} pfd_{low} & \text{for} \quad 0^\circ \le \theta \le 5^\circ \\ pfd_{low} + 0.05(pfd_{high} - pfd_{low})(\theta - 5) & \text{for} \quad 5^\circ \le \theta \le 25^\circ \\ pfd_{high} & \text{for} \quad 25^\circ \le \theta \le 90^\circ \end{cases} \quad (2)$$

حيث:

pfd_{low}: السوية المسموح بها لزاوية ورود منخفضة (dB(W/(m^2 · 4 kHz)))

pfd_{high}: السوية المسموح بها لزاوية ورود عالية (dB(W/(m^2 · 4 kHz))).

ومن ثم، يمكن حساب تداخل النطاق الأساسي لمحطة ترحيل راديوي تماثلية بواسطة مدخلات متعددة من سفن فضائية مرئية باستخدام المعادلة (3):

$$I_{A\text{-}T} = 10 \log\left\{ \sum_i \left(10^{\frac{F(\theta_i)}{10}} \; 10^{\frac{G(\varphi_i)}{10}} \right) \right\} + N_{br} + 10 \log\left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) - L_{fr} \tag{3}$$

حيث i تمثل التأثير بواسطة السفينة الفضائية رقم i-th الحاملة لمحطات المنصات عالية الارتفاع والمرئي عند محطة الترحيل الراديوي.

2.1.2 بالنسبة لمحطات الترحيل الراديوي الرقمية

تستعمل معظم أنظمة الخدمة الثابتة حالياً التشكيل الرقمي. وبالنسبة لأنظمة الخدمة الثابتة الرقمية من نقطة إلى نقطة (P-P) ومن نقطة إلى عدة نقاط (P-MP)، فإنه من المناسب تقييم التداخل بدلالة قيم الانحطاط الجزئي في الأداء بالنسبة للطرق، FDP_{route}، على النحو المحدد في التوصية ITU-R F.1107، مع مراعاة أن سوية التداخل لا تتغير مع الزمن.

وبالنسبة لأنظمة الخدمة الثابتة الرقمية من نقطة إلى نقطة بعدد n من القفزات والتي تعمل في ترددات يسود فيها بوجه عام الخبو الناشئ عن تعدد المسيرات وأن هذا الأمر مسلم به، فإن أهداف الأداء بالنسبة لأنظمة الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة متعددة القفزات تحدد بوجه عام على أساس طريق على النحو التالي:

$$FDP_{route} = 100 \frac{\sum_{k=1}^{n} (I_k)}{n \times N_T} \quad \% \tag{4}$$

حيث:

N_T: الضوضاء الحرارية للمستقبل

I_k: التداخلات الإجمالية الواقعة على المستقبل رقم k-th من سفن فضائية حاملة لمحطات المنصات عالية الارتفاع مرئية.

ويمكن تحديد التداخلات الإجمالية المستقبلة عند محطة ترحيل راديوي رقمية بجمع الإسهامات من كل سفينة من السفن الفضائية الحاملة لمحطات المنصات عالية الارتفاع. ويمكن تحديد كل مساهمة من هذه المساهمات على النحو التالي:

$$I_D = F(\theta) + G(\varphi) + 10 \log\left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) - L_{fr} \tag{5}$$

حيث:

$F(\theta)$: كثافة تدفق القدرة لمحطة المنصات عالية الارتفاع المحمولة على سفينة فضائية بدلالة زاوية ورود فوق المستوي الأفقي، θ (dB(W/(m^2 · MHz)))

$G(\varphi)$: كسب هوائي محطة الترحيل الراديوي في اتجاه المحطة المحمولة φ (dBi)

λ: الطول الموجي للموجة الحاملة (m)

L_{fr}: خسارة مغذي محطة الترحيل الراديوي (dB).

2.2 التداخل من محطات أرضية بها محطات المنصات عالية الارتفاع إلى محطة ترحيل راديوي

يبين الشكل 2 حالة التداخل من محطات أرضية بها محطات المنصات عالية الارتفاع إلى محطة ترحيل راديوي. ونحصل على قدرة التداخل من محطة أرضية بها محطات المنصات عالية الارتفاع إلى محطة ترحيل راديوي بواسطة المعادلة (6):

$$I_G = P_{HG} - L_{fh} + G(\theta_{H-R}) - L_b(p) + G(\theta_{R-H}) - L_{fr} \quad (6)$$

حيث:

P_{HG}: كثافة قدرة الإرسال من المحطة الأرضية التي بها محطات المنصات عالية الارتفاع ((dB(W/MHz)

L_{fh}: خسارة مغذي المحطة الأرضية HAPS (dB)

$G(\theta_{H-R})$: كسب هوائي الإرسال للمحطة الأرضية HAPS عند الزاوية θ_{H-R} الواقعة بين اتجاه الحزمة الرئيسية للمحطة الأرضية HAPS واتجاه محطة الترحيل الراديوي المتأثرة بالتداخل (dBi)

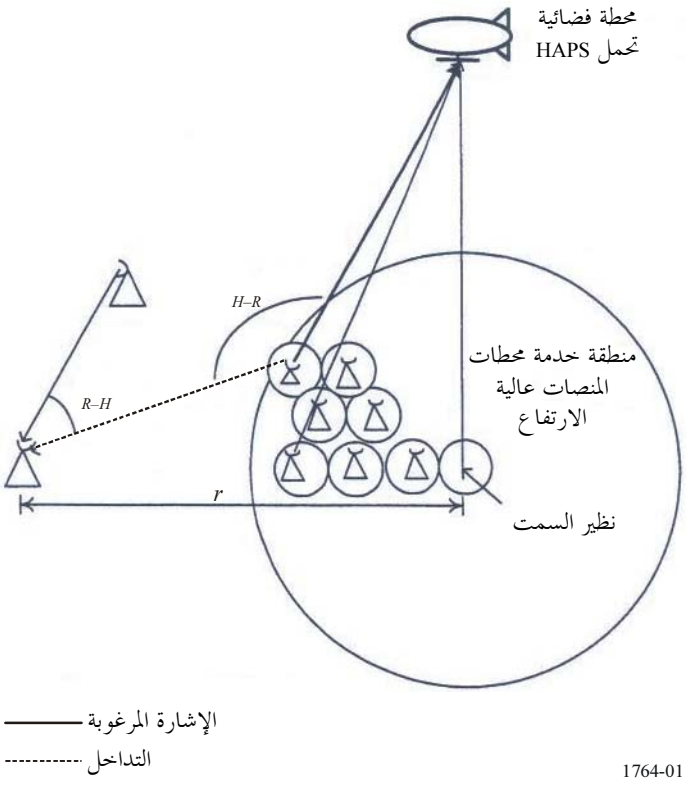
$L_b(p)$: خسارة الإرسال الأساسية التي لا يجب تجاوزها بالنسبة للنسبة المئوية للزمن p(%) الواردة في التوصية ITU-R P.452

$G(\theta_{R-H})$: كسب هوائي استقبال محطة الترحيل الراديوي عند زاوية θ_{R-H} بين اتجاه الحزمة الرئيسية لمحطة الترحيل الراديوي واتجاه المحطة الأرضية HAPS المسببة للتداخل (dBi)

L_{fr}: خسارة مغذي محطة الترحيل الراديوي (dB).

الشكل 2

بيئة التداخل من محطة أرضية HAPS إلى محطة ترحيل راديوي



ويمكن الحصول على قدرة التداخل عند محطة ترحيل راديوي من مدخلات متعددة لمحطات أرضية HAPS باستخدام المعادلة (7) مع أخذ الآلية الموضحة في الشكل 3 في الاعتبار.

ويفترض في المعادلة (7) أن الامتصاص الجوي يمكن إهماله على مسير انتشار خط البصر تحت التردد 10 GHz. ويستند نموذج الانتشار المستخدم إلى التوصية ITU-R P.452 على أن تكون النسبة المئوية للزمن p تساوي 50%:

$$I_{G\text{-}T} = P_{HG} - L_{fh} - 92.5 - 20\log f$$

$$+10\log\left\{\sum_i \sum_j \left(\sqrt{x_{ij}^2 + y_{ij}^2}\right)^{-2} 10^{\frac{G(\theta_{R-H})}{10}} 10^{\frac{G(\theta_{H-R})}{10}}\right\} - L_{fr} \qquad (7)$$

حيث:

f : التردد (GHz)

$x_{ij} = \begin{cases} r + id & (j = \text{زوجية}) \\ r + \dfrac{(2i-1)}{2} d & (j = \text{فردية}) \end{cases}$: الإحداثي x للمحطة الأرضية HAPS

$y_{ij} = jd \sin 60°$: الإحداثي y للمحطة الأرضية HAPS

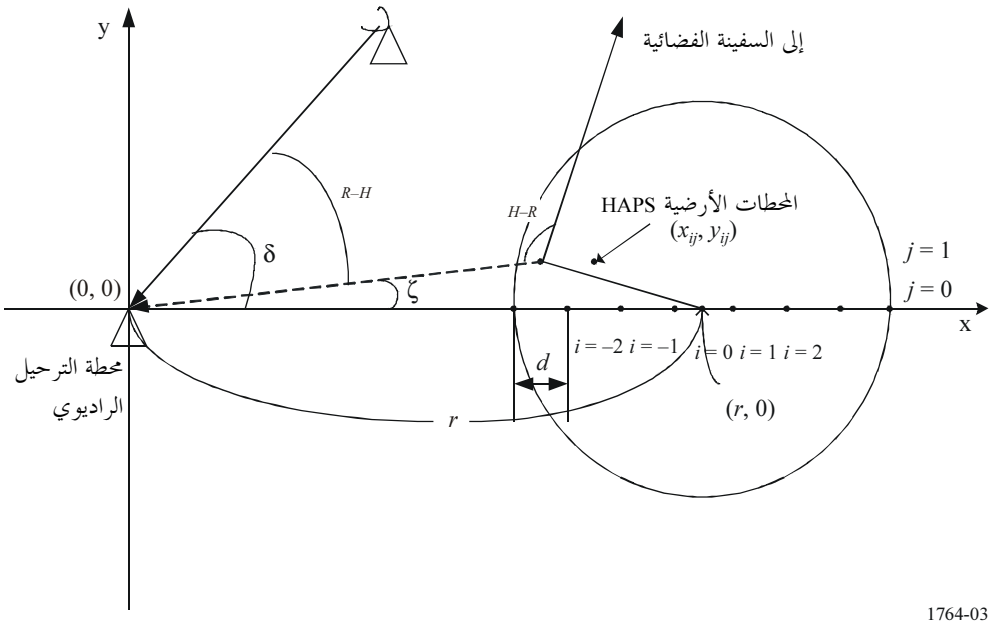
r: المسافة بين محطة الترحيل الراديوي ونظير السمت للمحطة الفضائية HAPS

d: المسافة بين المحطات الأرضية HAPS

i، j: موقع الخلية على المحور x والمحور y، على التوالي.

الشكل 3

آلية لحساب التداخل من محطات أرضية HAPS إلى محطة ترحيل راديوي



1764-03

ويمكن بمجرد تقييم سوية التداخل عند محطة الترحيل الراديوي تقييم النسبة I/N على النحو التالي:

$$I/N = I_{G\text{-}T} - \{10\log(k\,T\,B) + NF\} \quad \text{dB} \qquad (8)$$

حيث:

k: ثابت بولتزمان = 1,38 × 10^{-23} (J/K)

T: درجة الحرارة (K)

B: عرض النطاق (Hz)

NF: عامل الضوضاء لمحطة الترحيل الراديوي (dB).

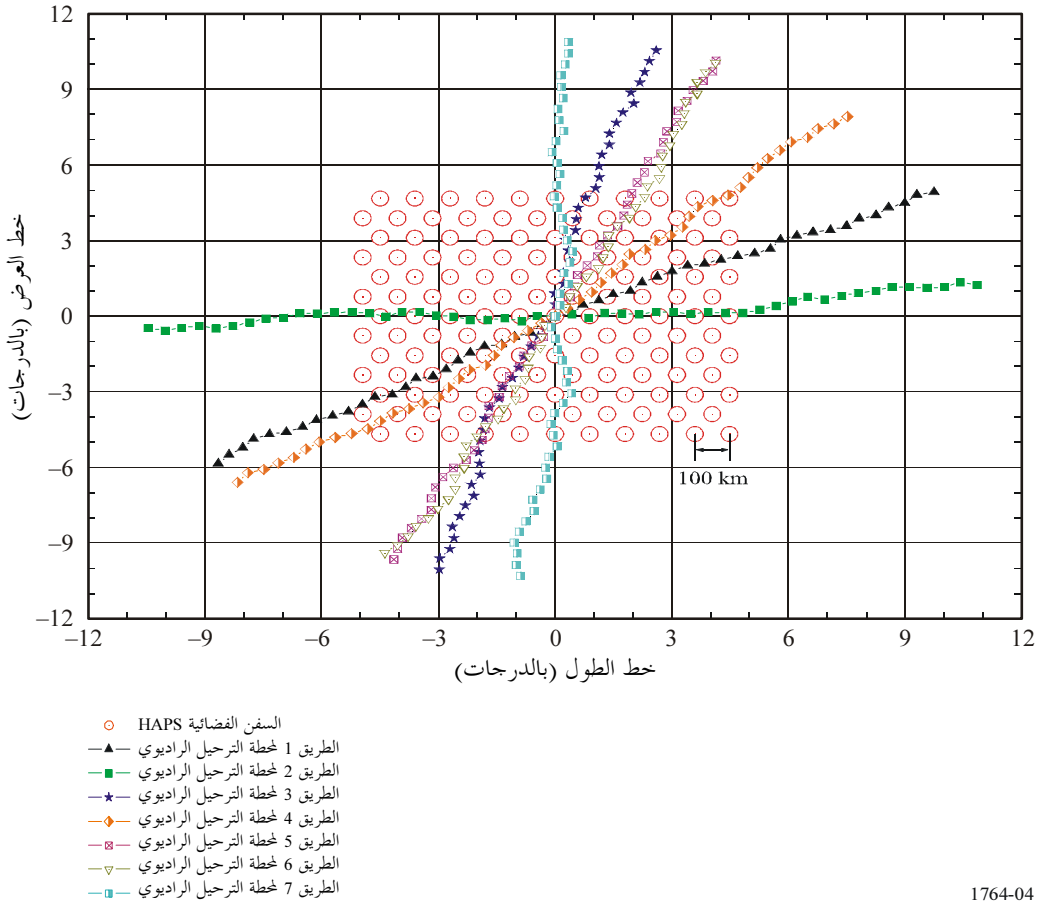
3 مثال لتقييم التداخل من أنظمة HAPS إلى أنظمة لاسلكية ثابتة

1.3 التداخل من سفن فضائية HAPS إلى محطات ترحيل راديوي

يبين الشكل 4 نموذج التوزيع المفترض لسفن فضائية HAPS ومحطات ترحيل راديوي لتقييم التداخل.

الشكل 4

نموذج توزيع محطات الترحيل الراديوي والسفن الفضائية HAPS



يمكن لسفن فضائية HAPS عند نقطة ثابتة بارتفاع 20 كم أن تغطي منطقة خدمة قطرها 110 كم على الأرض (زاوية الارتفاع 20°)، بحيث يمكن توزيع موقع نظير السمت للسفينة الفضائية HAPS بانتظام في حيز 100 كم مع مراعاة التراكب

بين مناطق الخدمة على النحو المبين في الشكل 4. ويفترض أن السفن الفضائية HAPS موزعة بانتظام في منطقة مساحتها $1\,000 \times 1\,000$ كم^2.

ويفترض أن الطرق المتأثرة بالتداخل لنظام لاسلكي ثابت يتكون من 50 قفزة موزعة بحيث تكون مراكز الطرق محاذية لمركز توزيع السفن الفضائية.

ويبين الجدول 1 معلمات لنظام لاسلكي ثابت وسفينة فضائية HAPS المستعملة في الحسابات. وقد تم اختيار التردد 6 GHz فقط لعرض مثال لعملية تقييم التداخل. ولتقييم التداخل في هذا الملحق، فإن جميع الإحداثيات تراعي انحناء الأرض.

الجدول 1

معلمات مشتركة لنظام لاسلكي ثابت وسفينة فضائية HAPS

المعلمات		القيم
التردد		6 GHz
نظام لاسلكي ثابت	عدد القفزات لكل طريق	50
	المسافة بين القفزات	50 km
	عدد الطرق	600
سفينة فضائية HAPS	عدد السفن الفضائية	126
	ارتفاع	20 km

1.1.3 بالنسبة لمحطات الترحيل الراديوي التماثلية

يبين الجدول 2 معلمات النظام لنظام ترحيل راديوي تماثلي وسفينة فضائية HAPS المستعملة في الحسابات. وتستند معلمات النظام الخاصة بالأنظمة اللاسلكية الثابتة لتقاسم الترددات إلى التوصية ITU-R F.758.

الجدول 2

معلمات النظام لنظام لاسلكي ثابت تماثلي وسفينة فضائية HAPS

المعلمات		المواصفات
نظام لاسلكي ثابت	مخطط إشعاع الهوائي	التوصية ITU-R F.699
	الكسب الأقصى للهوائي	45 dB
	خسارة المغذي	4 dB
	عامل ضوضاء المستقبِل	8 dB
	زاوية الارتفاع بين محطة الترحيل الراديوي	توزيع غوسي
سفينة فضائية HAPS	الحد الأدنى لكثافة تدفق القدرة (pfd_{low})	$-156 \sim -152$ (dB(W/(m^2 · 4 kHz)))
	الحد الأعلى لكثافة تدفق القدرة (pfd_{high})	$-148 \sim -142$ (dB(W/(m^2 · 4 kHz)))

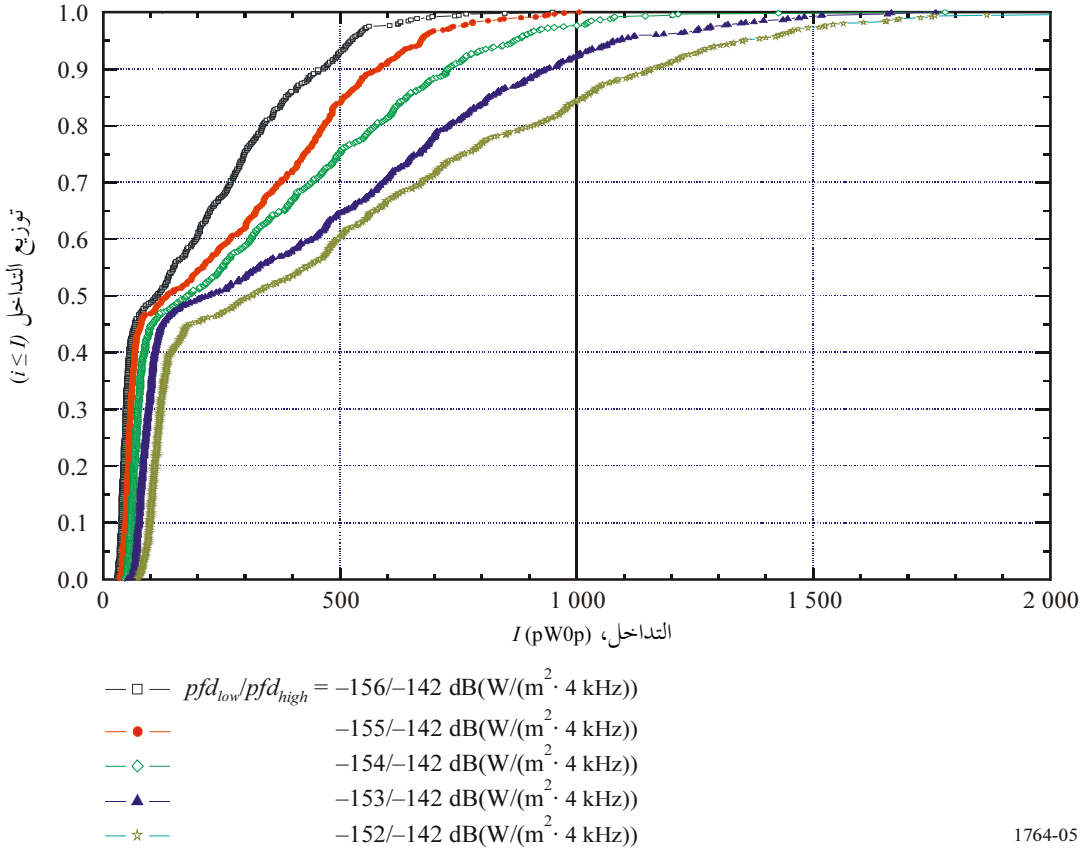
ويفترض أن القيمة القصوى المسموح بها للتداخل تساوي pW0p 1 000 متوسط قيمة الضوضاء المعيارية الموازنة خلال دقيقة واحدة لأكثر من 20% لأي شهر لأنظمة لاسلكية ثابتة تماثلية على النحو الموضح في التوصية ITU-R SF.357.

ويبين الشكلان 5 و6 توزيعات التداخل المتوقعة من سفن فضائية HAPS إلى محطات ترحيل راديوي تماثلية مع المتغير pfd_{low} وpfd_{high}.

في الشكل 5، عند افتراض سوية كثافة القدرة لسفينة فضائية HAPS −152/−142 (dB(W/(m^2 · 4 kHz)))، فإن محطات الترحيل الراديوي تستقبل تداخلاً أقل من pW0p 1 000 في نحو 84% من الطرق. وكلما تناقص المقدار pfd_{low}، فإن التداخل المستقبل يقل أيضاً. فمثلاً عندما يقل pfd_{low} بمقدار dB 4، أي تكون pfd_{low} تساوي −156 (dB(W/(m^2 · 4 kHz)))، فإن محطات الترحيل الراديوي تستقبل في 100% من الطرق تداخلاً أقل من معيار التداخل المفترض البالغ pW0p 1 000.

الشكل 5

توزيع التداخل مع الحد الأدنى لكثافة تدفق القدرة pfd_{low} من سفن فضائية HAPS



ويبين الشكل 6 توزيع التداخل مع تغييرات في الحد الأعلى لكثافة تدفق القدرة pfd_{high} عندما يكون الحد الأدنى لكثافة تدفق القدرة pfd_{low} يساوي −152 (dB(W/(m^2 · 4 kHz))). وحتى لو تناقصت pfd_{high} بمقدار dB 6 عن القيمة −142 (dB(W/(m^2 · 4 kHz)))، فإن الفرق الأقصى في توزيع تداخل أقل من pW 1 000 يكون 5%.

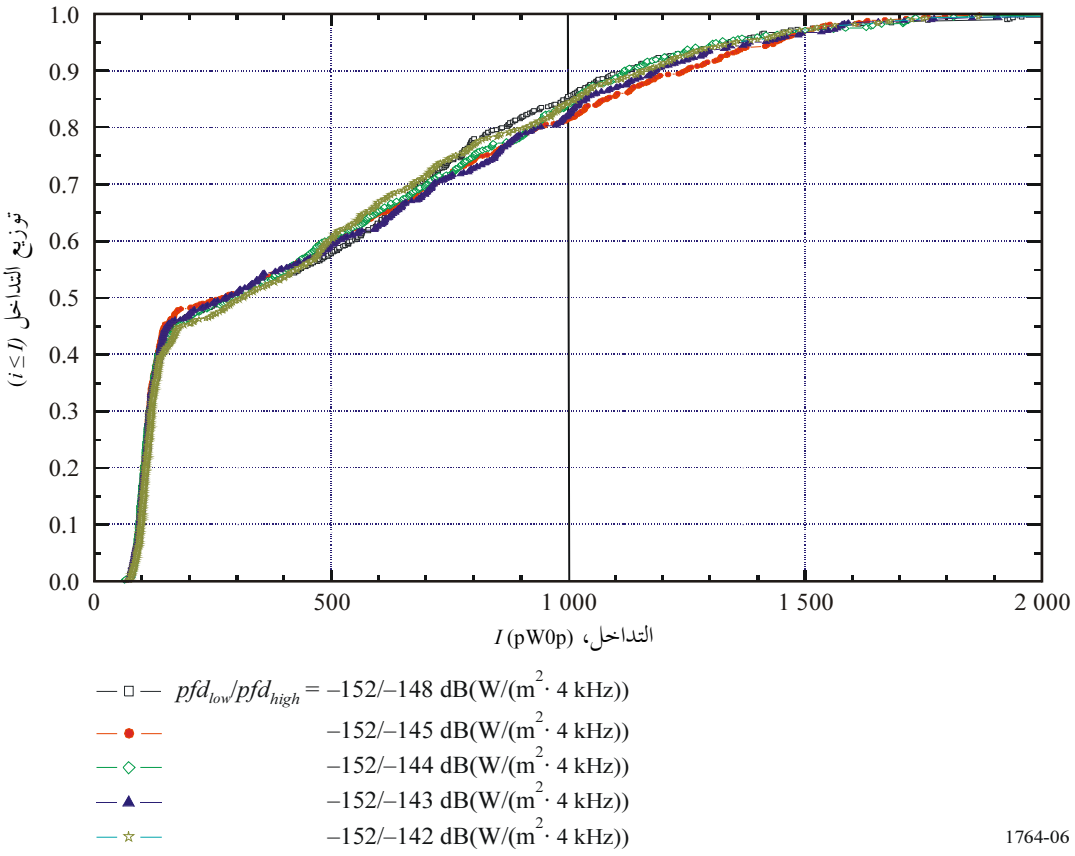
2.1.3 بالنسبة لمحطات الترحيل الراديوي الرقمية

يبين الجدول 3 معلمات النظام لنظام لاسلكي ثابت رقمي وسفينة فضائية HAPS المستعملة في الحسابات. كما تستند معلمات النظام الخاصة بنظام لاسلكي ثابت لتقاسم الترددات إلى التوصية ITU-R F.758.

بالنسبة للنطاقات التي يتم فيها التحكم في الخبو بتعدد المسير، فإن التوصية ITU-R F.758 تنص على أنه يجب أساساً ألا تزيد سوية التداخل نسبة إلى الضوضاء الحرارية للمستقبل عن –10 dB (أو –6 dB). في حالة أنظمة الخدمة الثابتة الرقمية، تقابل هذه القيم قيمة انحطاط جزئي في الأداء تبلغ 10% (أو 25%)، على التوالي. وبفرض أن سوية الحماية المطلوبة تساوي 10%، فإن توزيعات التداخل المتوقعة من سفن فضائية HAPS إلى محطات ترحيل راديوي تكون على النحو الموضح في الشكل 7 والشكل 8 مع المتغيرين pfd_{low} وpfd_{high}.

الشكل 6

توزيع التداخل من سفن فضائية HAPS مع pfd_{high}



الجدول 3

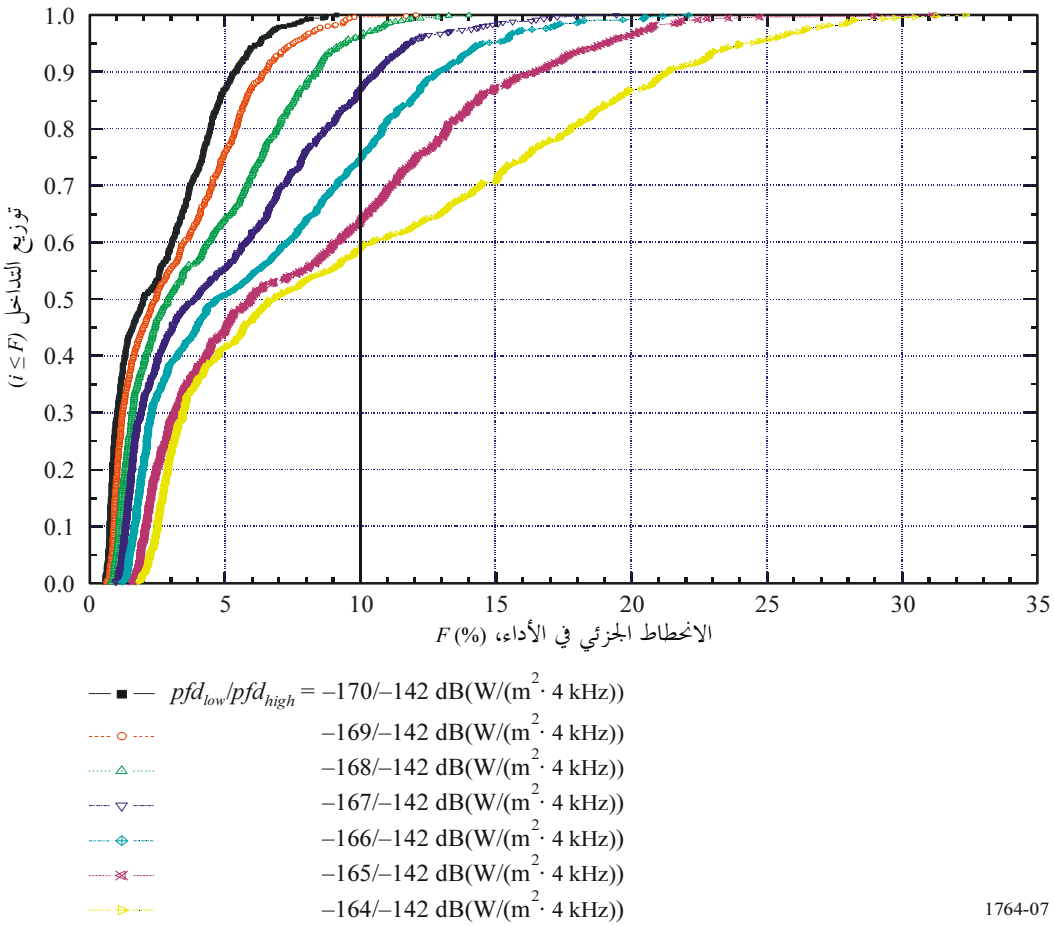
معلمات النظام لنظام لاسلكي ثابت رقمي وسفينة فضائية HAPS

المعلمات		المواصفات
نظام لاسلكي ثابت	مخطط إشعاع الهوائي	التوصية ITU-R F.1245
	الكسب الأقصى لهوائي	dB 45
	خسارة المغذي	dB 5,5
	عامل ضوضاء المستقبل	dB 4
	زاوية الارتفاع بين محطة الترحيل الراديوي	توزيع غوسي
سفينة فضائية HAPS	الحد الأدنى لكثافة تدفق القدرة (pfd_{low})	–146 ~ –140 (dB(W/(m^2 · MHz)))
	الحد الأعلى لكثافة تدفق القدرة (pfd_{high})	–127 ~ –118 (dB(W/(m^2 · MHz)))

في الشكل 7، بافتراض أن سوية كثافة تدفق القدرة لسفينة فضائية HAPS تساوي –140/–118 (dB(W/(m^2 · MHz))) فإن الانحطاط الجزئي في أداء محطات الترحيل الراديوي يكون أقل من 10% في نحو 58% من الطرق. وعند تناقص الحد الأدنى لكثافة تدفق القدرة pfd_{low}، فإن التداخل الواقع يقل أيضاً. فمثلاً عندما تتناقص pfd_{low} بمقدار 6 dB، أي تصبح –146 (dB(W/(m^2 · MHz)))، فإن الانحطاط الجزئي في أداء محطات الترحيل الراديوي في 100% من الطرق يقل عن معيار التداخل المفترض والبالغ 10%.

الشكل 7

توزيع الانحطاط الجزئي في الأداء مع pfd_{low} من سفن فضائية HAPS



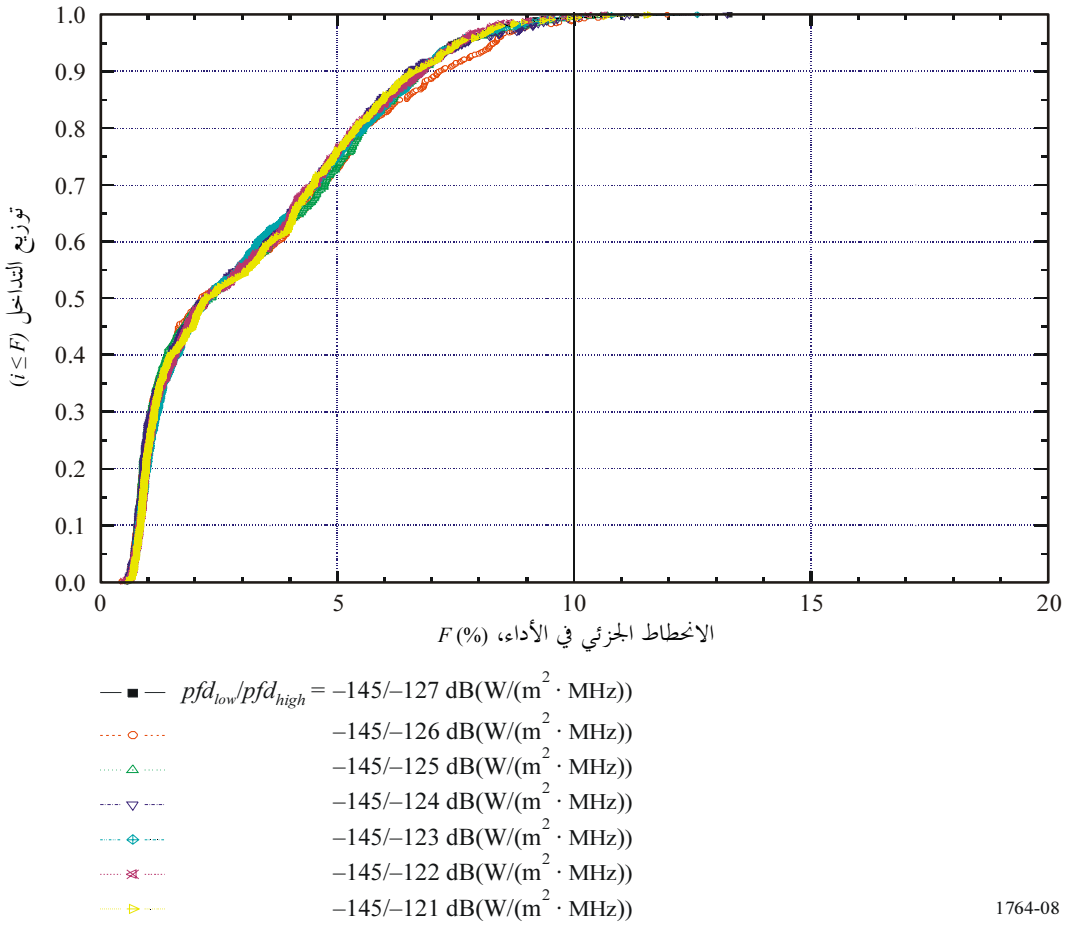
ويبين الشكل 8 توزيع التداخل مع التغيرات في pfd_{high} عندما تكون pfd_{low} تساوي –145 (dB(W/(m^2 · MHz))). وحتى لو تناقص pfd_{high} بمقدار 6 dB عن القيمة –121 (dB(W/(m^2 · MHz))، فإن الفرق الأقصى في توزيع التداخل الذي يقل عن 10% سيكون حوالي 5% فقط.

2.3 التداخل من محطات أرضية HAPS إلى محطة ترحيل راديوية

يبين الجدول 4 معلمات النظام لنظام لاسلكي ثابت ونظام محطات المنصات عالية الارتفاع HAPS المستعملة في الحسابات.

الشكل 8

توزيع الانحطاط الجزئي في الأداء مع pfd_{high} من سفن فضائية HAPS



الجدول 4

معلمات النظام لنظام لاسلكي ثابت ونظام HAPS

المعلمات		القيم
التردد		GHz 6
نظام لاسلكي ثابت	مخطط إشعاع الهوائي	التوصية ITU-R F.1245
	الكسب الأقصى للهوائي	dBi 45
	عامل الضوضاء	dB 4
	خسارة المغذي	dB 5,5
نظام محطات المنصات عالية الارتفاع HAPS	قطر تغطية الخدمة	Km 110
	ارتفاع سفينة فضائية	Km 20
	مخطط إشعاع هوائي المحطة الأرضية	التوصية ITU-R F.1245
	الكسب الأقصى لهوائي المحطة الأرضية	dBi 45
	عدد المحطات الأرضية	367 (توزيع منتظم)
	المسافة بين المحطات الأرضية	Km 5,5

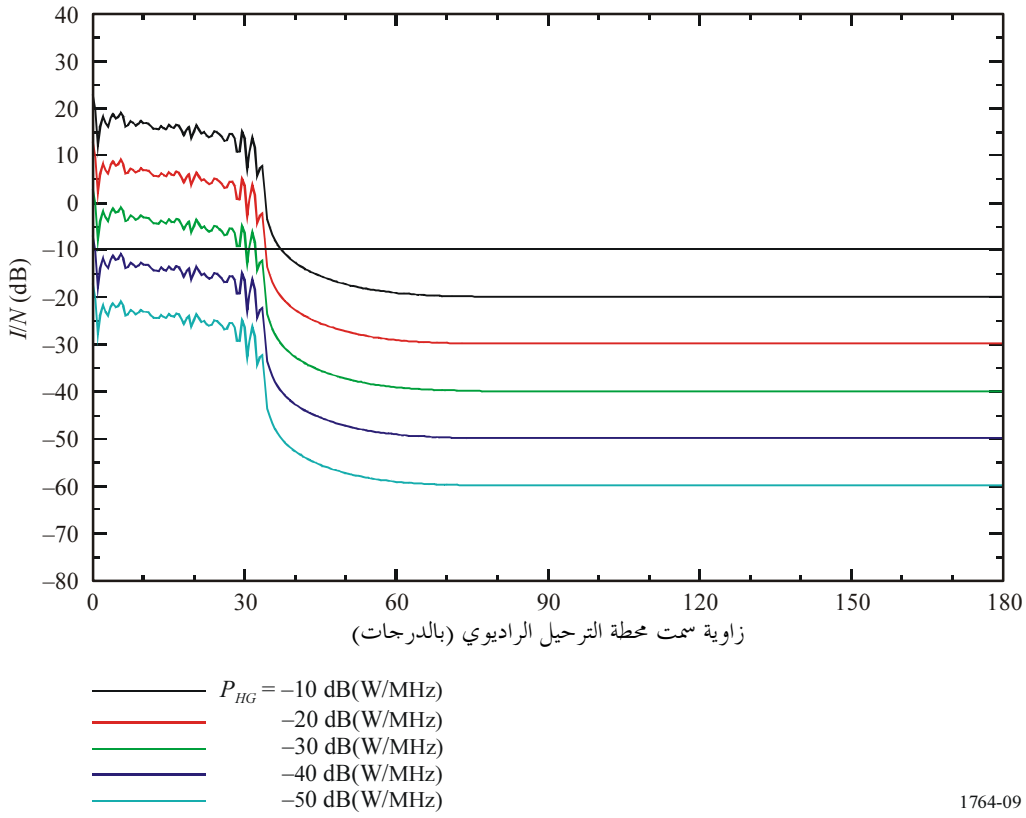
وبفرض أن T تساوي 293 K وB تساوي 1 MHz وNF تساوي 6 dB، فإن قدرة الضوضاء N تساوي −137,93 (dB(W/MHz)). وبفرض أن النسبة (I/N) تساوي 10% كمعيار، فإن قدرة التداخل المسموح به، $I_{G\text{-}T}$، يجب أن تكون أقل من −147,93 (dB(W/MHz)).

وحيث إن $I_{G\text{-}T}$ تعتمد على قدرة إرسال المحطة الأرضية HAPS والزاوية بين مسيرات الإشارة والمسافة بين محطة الترحيل الراديوي ونظير سمت نظام محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS)، فإنه يمكن حساب النسبة I/N بهذه المعلمات باستخدام المعادلة (8).

ويبين الشكل 9 قيم I/N مع قدرة إرسال P_{HG} عند كل زاوية سمت δ عندما تكون المسافة r تساوي 100 كم. ويتبين من هذا الشكل أن قدرة التداخل تتأثر طبيعياً بقدرة الإرسال لكل محطة أرضية HAPS وأنه عندما تكون P_{HG} تساوي −50 (dB(W/MHz))، فإن I/N لا تتجاوز −10 dB في كل زوايا السمت.

الشكل 9

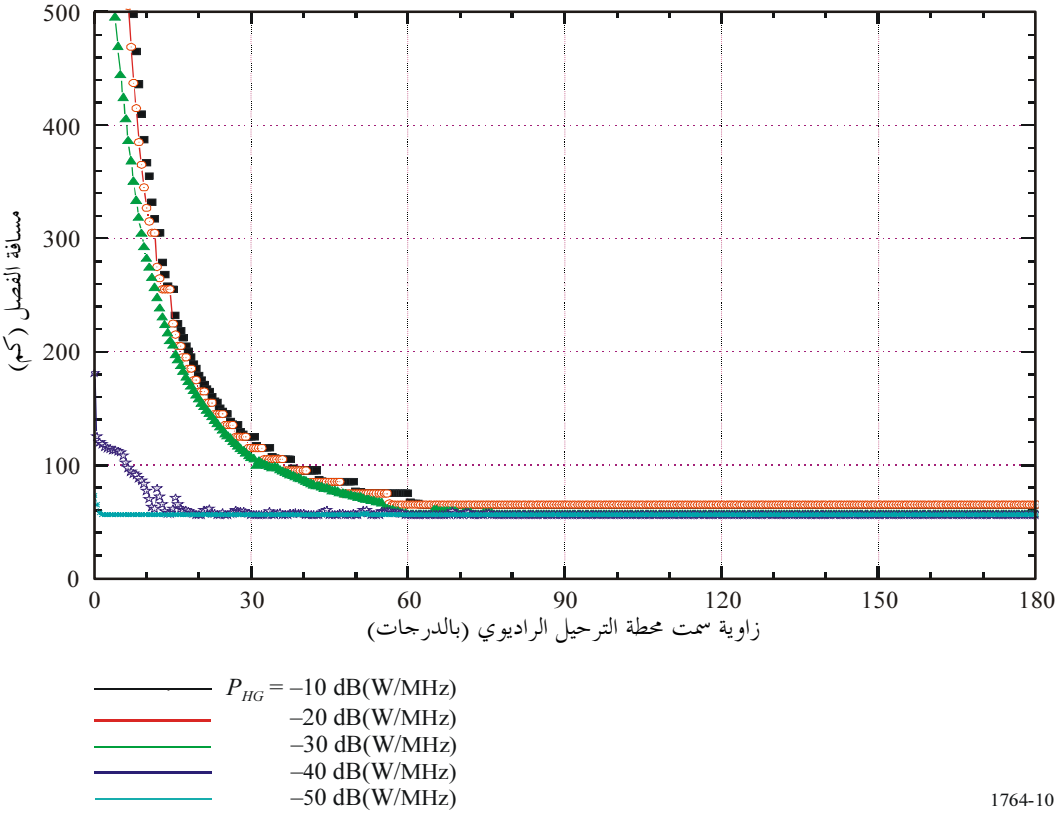
I/N مع قدرة الإرسال P_{HG}



ويبين الشكلان 10 و11 مسافة الفصل بين محطة الترحيل الراديوي ونظير سمت سفينة فضائية HAPS. والحد الأقصى لمسافة الفصل مطلوب عند زاوية السمت δ التي تساوي صفر درجة. وعندما يكون نصف قطر تغطية النظام HAPS 55 كم وقدرة الإرسال لكل محطة أرضية HAPS، P_{HG} تساوي −50 (dB(W/MHz))، فإن مسافة الفصل المطلوبة لتقاسم الترددات بين محطات الترحيل الراديوي والمحطات الأرضية HAPS تتراوح بين 56 كم و73 كم.

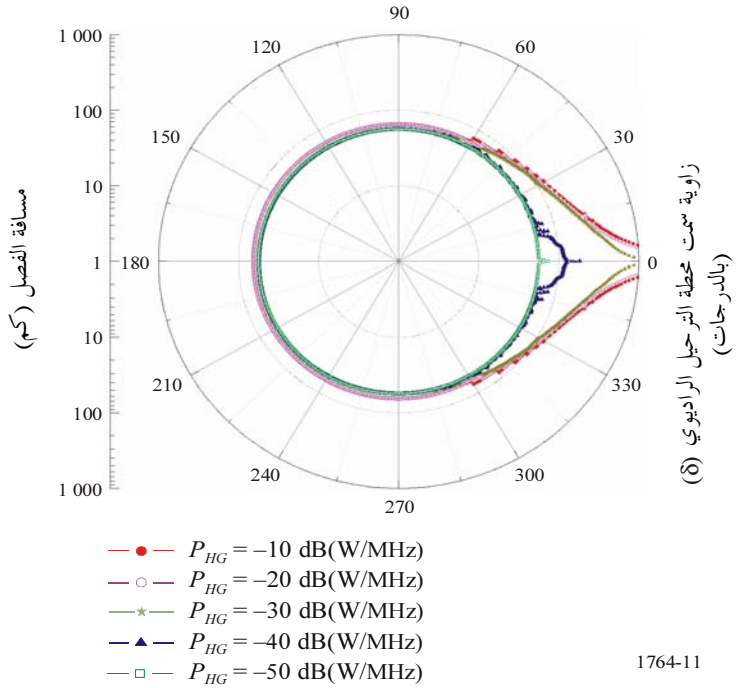
الشكل 10

مسافة الفصل بين محطة ترحيل راديوي ونظير سمت سفينة فضائية HAPS مع قدرة إرسال المحطات الأرضية HAPS



الشكل 11

مسافة الفصل بين محطة ترحيل راديوي ونظير سمت سفينة فضائية HAPS
(مخطط قطبي)



4 خلاصة

يعرض هذا الملحق طريقة لتقييم التداخل من نظام HAPS إلى نظام لاسلكي ثابت ومثالاً لتقييم التداخل عند تردد قدره 6 GHz. وقد فرض هذا التردد لعرض مثال لتقييم التداخل فحسب.

ويتم تقييم التداخل من سفن فضاء HAPS إلى محطات الترحيل الراديوي مع متغيرات سوية كثافة تدفق القدرة لسفينة فضائية HAPS على سطح الأرض.

ويتم تقييم التداخل من المحطات الأرضية HAPS إلى محطة ترحيل راديوي بدلالة *I/N* وتم حساب مسافة الفصل المطلوبة لتقاسم الترددات كدالة في زاوية السمت.