

التوصية ITU-R SF.1601-2

منهجيات لتقييم التداخل من الوصلة الهابطة في الخدمة الثابتة التي تستخدم
محطات المنصات عالية الارتفاع إلى الوصلة الصاعدة في الخدمة الثابتة الساتلية
التي تستخدم سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض في النطاق GHz 28,35-27,5

(المسألان ITU-R 251/4 و ITU-R 218/9)

(2006-2005-2002)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية منهجيات لتقييم التداخل من الوصلة الهابطة في الخدمة الثابتة التي تستخدم محطات المنصات عالية الارتفاع إلى الوصلة الصاعدة في الخدمة الثابتة الساتلية التي تستخدم سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض في النطاق GHz 28,35-27,5. وترمي هذه المراجعة إلى إضافة منهجية جديدة لتقييم التداخل بوصفه الملحق 2 وإلى إضافة توصي 2 مشيرة إلى الملحق 2. فضلاً عن تعديل جديد للملحق 1 وذلك كمثال لتطبيق المنهجية الواردة في الملحق 1.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

- أ) أنه يجري تطوير تكنولوجيا جديدة تستخدم محطات المنصات عالية الارتفاع في طبقة الاستراتوسفير؛
- ب) أن المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 1997 (WRC-97) اتخذ ترتيبات لتشغيل محطات المنصات عالية الارتفاع في الخدمة الثابتة في النطاقين GHz 47,5-47,2 و GHz 48,2-47,9؛
- ج) أنه نظراً لأن النطاقات التي تقترب قيمتها من GHz 47 تكون أكثر تعرضاً للتوهين بالمطر في البلدان المدرجة تحت الرقمين 737A.5 و 543A.5 من اللوائح الراديوية، فقد أجريت دراسة لنطاق التردد GHz 32-18 لبحث إمكانية التعرف على طيف إضافي في قطاع الاتصالات الراديوية (ITU-R)؛
- د) أنه نظراً لأن النطاقات التي تقترب قيمتها من GHz 47 تكون أكثر تعرضاً للتوهين بالمطر في بعض البلدان، فقد وضع المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2000 (WRC-2000) ترتيباً لاستخدام محطات المنصات عالية الارتفاع في الخدمة الثابتة في النطاقين GHz 28,35-27,5 و GHz 31,3-31,0 في بعض البلدان في ظروف لا تسبب فيها تداخلاً ضاراً في الأنواع الأخرى من أنظمة الخدمة الثابتة أو الخدمات الأخرى ذات التخصيص المشترك، ولا تتطلب حماية من تلك الخدمات (الرقمان 537A.5 و 543A.5 من لوائح الراديو)؛
- هـ) أن القرار 145 (WRC-03) طلب بصورة عاجلة إجراء دراسات عن المسائل التقنية ومسائل التقاسم والمسائل التنظيمية من أجل تعيين معايير تشغيل المنصات عالية الارتفاع في النطاقين GHz 28,35-27,5 و GHz 31,3-31,0؛
- و) أن النطاق GHz 28,35-27,5 موزع للخدمة الثابتة الساتلية (أرض-فضاء) على أساس أولي؛
- ز) أن الحاجة تدعو إلى إيجاد طرائق لتقييم التداخل من إرسالات من المنصات عالية الارتفاع إلى الأرض في النطاق GHz 28,35-27,5 في مستقبلات سواتل الخدمة الثابتة الساتلية في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض،

توصي

- 1 بأنه يمكن استخدام المنهجية الواردة في الملحق 1 لتقدير مستوى التداخل في الإرسال من المنصات عالية الارتفاع إلى الأرض (الوصلة الهابطة) في الخدمة الثابتة إلى الوصلة الصاعدة (أرض-فضاء) في الخدمة الثابتة الساتلية باستخدام سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض في نطاق التردد 28,35-27,5 GHz؛
- 2 يمكن للإدارات أن تعتبر الملحق 2 طريقة لتقدير قيمة القدرة المشعة المكافئة المتناحية للإرسالات من المنصات عالية الارتفاع إلى الأرض في نطاق التردد 28,35-27,5 GHz والتي من شأنها أن تسبب زيادة معينة في نسبة التداخل إلى الضوضاء (I/N) في مستقبلات سواتل الخدمة الثابتة الساتلية في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض.
- 3 أن المنهجية الواردة في الملحق 3 يمكن استخدامها في تقييم نسبة الموجة الحالة إلى قدرة التداخل (C/I) من أجل تحديد مستوى التداخل من إرسال محطات المنصات عالية الارتفاع إلى الأرض (الوصلة الهابطة) في الخدمة الثابتة، ومن الأرض إلى الفضاء (الوصلة الصاعدة) في الخدمة الثابتة الساتلية باستعمال سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض في نطاق التردد 28,35-27,5 GHz.

الملحق 1

منهجية لتقييم التداخل من الوصلة الهابطة في الخدمة الثابتة التي تستخدم محطات المنصات عالية الارتفاع في الوصلة الصاعدة للخدمة الثابتة الساتلية التي تستخدم سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض في النطاق 28,35-27,5 GHz

1 مقدمة

يقدم هذا الملحق منهجية لتقييم التداخل من الخدمة الثابتة التي تستخدم محطات المنصات عالية الارتفاع في أنظمة السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية في النطاق 28,35-27,5 GHz. ويستخدم هذا النطاق في الوصلة الصاعدة (أرض-فضاء) في نظام الخدمة الثابتة الساتلية التي تستخدم سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض.

2 منهجية لتقييم التداخل

1.2 التداخل من نظام لمحطات المنصات عالية الارتفاع

يبين الشكل 1 نموذج التحليل المفترض لتقييم التداخل من نظام HAPS في سواتل مستقر بالنسبة إلى الأرض. وتستخدم المعادلة 1 لحساب مستوى قدرة التداخل في 1 MHz، $I(g,h,b,r)$ ، الناشئ عن حزمة نقطية من سواتل في محطة منصة عالية الارتفاع، استقبالها سواتل مستقر بالنسبة إلى الأرض (g):

$$(1) \quad I(g,h,b,r) = P^H(b) - F_{loss} + G^H_{tx}(\phi(g,h,b)) - FSL(g,h) + G^S_{rx}(\phi(h,g,r)) \quad \text{dB(W/MHz)}$$

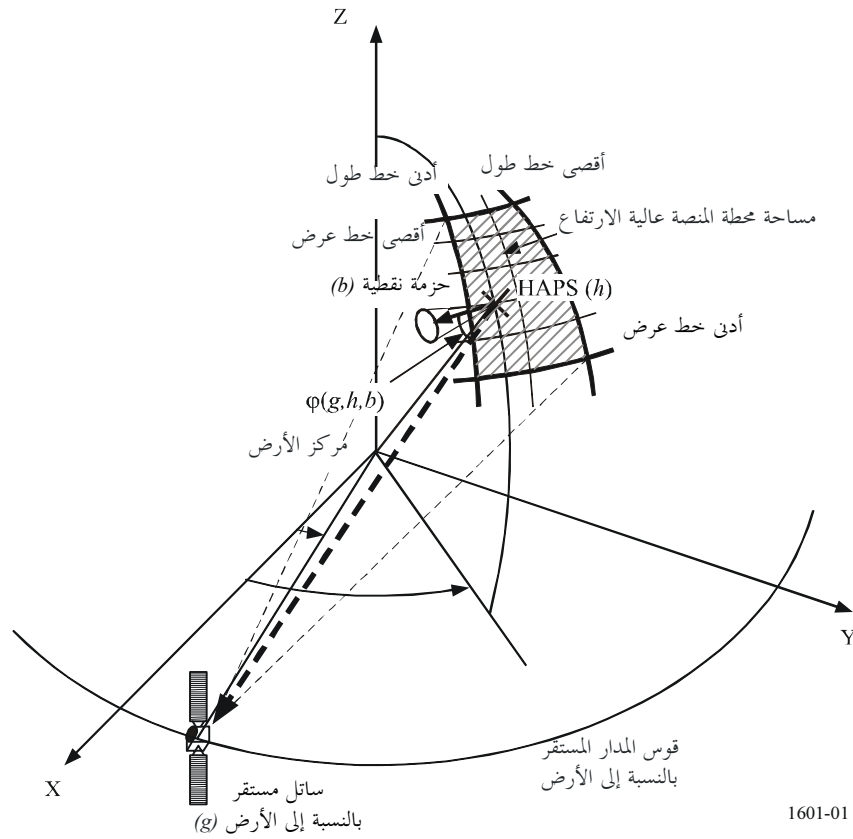
حيث:

$$P^H(b) : \text{قدرة المرسل لكل 1 MHz ((MHz/W)dB) عند مدخل هوائي HAPS للحزمة (b)}$$

- F_{Loss} : خسارة المغذي (dB)
- $\varphi(g, h, b)$: زاوية التمييز (degrees) عند HAPS (h) بين اتجاه تصويب حزمة نقطية من محطة المنصة عالية الارتفاع (b) والساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض (g)
- $G_{tx}^H(\varphi(g, h, b))$: كسب هوائي المرسل (dBi) لمحطة المنصة عالية الارتفاع (h) لزاوية انحراف عن المحور الرئيسي مقدارها $\varphi(g, h, b)$
- $FSL(g, h)$: الخسارة في الهواء الحر (dB) بين الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض (g)، ومحطة المنصة عالية الارتفاع (h)
- $\theta(h, g, r)$: زاوية التمييز (بالدرجات) عند الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض (g) بين اتجاه التصويب للنقطة المرجعية لخدمة ثابتة ساتلية مستقرة بالنسبة إلى الأرض (r) ومحطة منصة عالية الارتفاع (h)، انظر الشكل 2
- $G_{rx}^S(\theta(h, g, r))$: كسب هوائي المستقبل (dBi) للساتل المستقر بالنسبة للأرض (g) لزاوية انحراف عن المحور الرئيسي $\theta(h, g, r)$

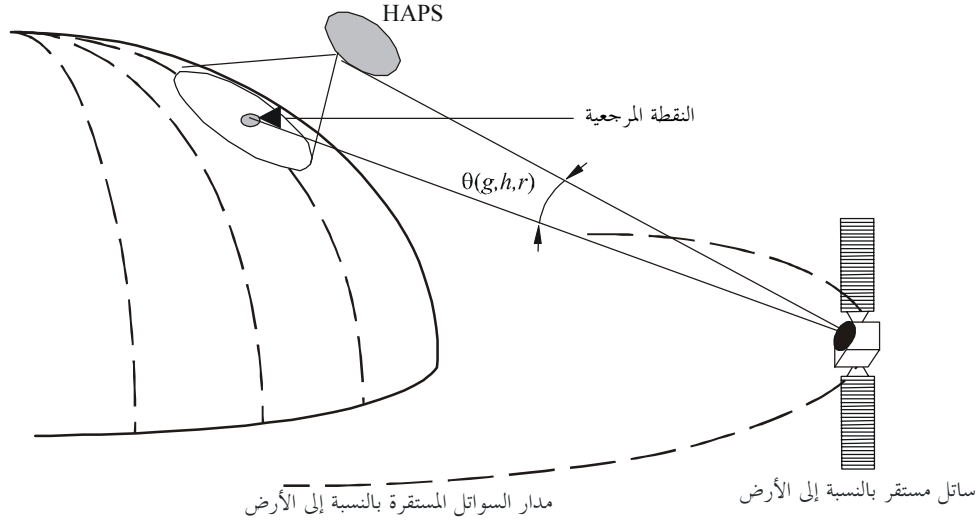
الشكل 1

نموذج تقييم التداخل من محطة منصة عالية الارتفاع
في ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض



الشكل 2

نموذج هندسي للنقطة المرجعية لساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض



1601-02

ولحساب زاوية التمييز عند ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض، يتعين تحديد نقطة مرجعية للحسابات. ويختار كنقطة مرجعية موقع معين على سطح الأرض. يفترض عندئذ أن اتجاه تسديد هوائي الحزمة النقطية للساتل المستقر بالنسبة للأرض موجه دائماً نحو النقطة المرجعية، بغض النظر عن موضع المركبة الفضائية في المدار. وفي الحالات التي تكون فيها النقطة المرجعية غير مرئية للساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض، يفترض أن النقطة المرجعية قد تحركت إلى نقطة أخرى شريطة أن تكون زاوية الارتفاع نحو الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض عند أدنى قيمة لها. ويبين الشكل 2 النموذج الهندسي للمثال شاملاً النقطة المرجعية.

واستناداً إلى سيناريو تشغيلي لنظام HAPS الذي يمكن منه لحظة من المنصة العالية الارتفاع إرسال موجات حاملة عديدة في كل حزمة نقطية، يفترض أن الموجات الحاملة العديدة للوصلة الهابطة لحظة المنصة عالية الارتفاع يمكن أن توجد في كامل عرض نطاق الاستقبال عند الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض. ويعبر عن التداخل الإجمالي من نظام HAPS بالرمز I_{single} ويحسب باعتباره مجموع الكثافة الطيفية $I(g,h,b,r)$ لجميع الحزم النقطية الممكنة لحظة عالية الارتفاع يمكن أن تستخدم نفس التردد على النحو المبين في المعادلة (2).

$$(2) \quad I_{single} = 10 \log \left(\sum_{h=1}^{h_n} \sum_{b=1}^{b_n} 10^{I(g,h,b,r)/10} \right)$$

حيث b_n تشير إلى عدد الحزم النقطية التي يمكن أن تستخدم نفس التردد، و h_n تشير إلى عدد محطات المنصات عالية الارتفاع التي يتكون منها نظام HAPS واحد.

ومجرد تقدير مستوى التداخل الذي يصل إلى الخدمة الثابتة الساتلية، يمكن تقدير نسبة I/N على النحو التالي:

$$(3) \quad I/N_{single} = I_{single} - N = I_{single} - 10 \log(k T_{sat}) - 60$$

حيث:

I/N_{single} : نسبة التداخل إلى الضوضاء الحرارية (dB)

N : قدرة الضوضاء الحرارية لمستقبل الساتل في 1 MHz (dB(W/MHz))

k : ثابت بولتزمان (W/(K · Hz))

T_{sat} : درجة حرارة ضوضاء النظام لساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية (K).

بعد ذلك يقارن مستوى التداخل الإجمالي المحسوب بعبء مناسبة للتداخل لمعرفة ما إذا كان نظام HAPS يسبب تداخلاً ضاراً في الخدمة الثابتة الساتلية.

2.2 التداخل من أنظمة HAPS عديدة

قد تنشأ حالات يمكن أن تسبب فيها عدة أنظمة HAPS حاملة تداخلاً في ساتل معين مستقر بالنسبة إلى الأرض. ويعبر عن التداخل الإجمالي الناشئ من أنظمة HAPS عديدة بالقيمة $I_{multiple}$ وتستنبط من المجموع الكلي لكل مستوى تداخل من كل نظام HAPS في الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض على النحو المبين في المعادلة (4).

$$(4) \quad I_{multiple} = 10 \log \left(\sum_{s=1}^{s_n} \sum_{h=1}^{h_n} \sum_{b=1}^{b_n} 10^{I(g,h,b,r)/10} \right) \quad \text{dB(W/MHz)}$$

حيث s_n تشير إلى عدد أنظمة HAPS. أما الحدود الأخرى في المعادلة فلها نفس المعاني المذكورة أعلاه في حالة التداخل من نظام وحيد لمحطات المنصات عالية الارتفاع.

ولإجراء تقييم دقيق لحالة محطات عديدة لمنصات عالية الارتفاع، ينبغي أن تستخدم في الحسابات خصائص كل نظام من أنظمة HAPS. وعند عدم توافر هذه المعلومات لواحد وأكثر من هذه الأنظمة، يمكن الحصول على نتائج تقريبية للتداخل الناتج باستخدام خصائص نظام مرجعي لـ HAPS في الحسابات.

وبمجرد تعيين قيمة $I_{multiple}$ ، يمكن استخدامها في المعادلة (3) بدلاً من I_{single} لتقييم تأثير التداخل على الخدمة الثابتة الساتلية.

3.2 التحكم في قدرة الوصلة الهابطة

يصل التداخل من الوصلة الهابطة لمحطات المنصات عالية الارتفاع في الوصلة الصاعدة لساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية إلى أقصى قيمة إرسال له عند توفر شرط القدرة القصوى للإرسال للوصلة الهابطة في HAPS أو في حالة سقوط المطر. وعند استخدام التحكم في قدرة الوصلة الهابطة في نظام HAPS، فإن قدرة الإرسال الإجمالية للوصلة الهابطة لمحطة منصة عالية الارتفاع يمكن أن تنخفض في ظل ظروف الجو الصحو. ونتيجة لذلك، ينخفض التداخل الذي يحدث في المحطة الفضائية للخدمة الثابتة الساتلية في ظل ظروف الجو الصحو.

4.2 معلمات المدخلات

ينبغي لدراسات التداخل التي تطبق المنهجية الواردة في هذا الملحق استخدام الخصائص الفعلية للخدمة الثابتة الساتلية والأنظمة HAPS قيد الدراسة عند توافرها. وفي حالة عدم توافر هذه الخصائص، يجوز استخدام القيم التالية:

1.4.2 خصائص محطات المنصات عالية الارتفاع

انظر التوصية IUT-R F.1569.

2.4.2 خصائص دخل الخدمة الثابتة الساتلية

- T_{sat} : 500 K
- عرض حزمة الهوائي (للمحطات الصغيرة): 0,3°
- عرض حزمة الهوائي (للمحطات المركزية): 2°

- كسب الهوائي: التوصية ITU-R S.672، الملحق 1، $(L_s = -20 \text{ dB})$ ¹.

التذييل 1

للملحق 1

مثال لتطبيق المنهجية الواردة في الملحق 1

1 نموذج التداخل

من المفترض أن نظام HAPS يتكون من عدد من منصات HAPS يعمل في مساحة مستطيلة على النحو المبين في الشكل 3. وتكون المنصة الواقعة في مركز المساحة هي النقطة المرجعية في هذا النموذج للحساب وتكون جميع المنصات الأخرى موزعة على مستوى عمودي على الخط الذي يصل النقطة المرجعية ونقطة النظر المقابلة لها على سطح الأرض. وعند أخذ النقطة المرجعية كنقطة أصل للإحداثيات $y-x$ على ذلك المستوى، فإنه يفترض أن منصات HAPS موضوعة على كل نقطة شبكية في مساحة إحداثياتها (L_x, L_y) ، $(L_x - L_y)$ ، $(-L_x, L_y)$ ، و $(-L_x, -L_y)$. وإذا افترض أيضاً أن أعداد منصات HAPS المحدودة على المحورين x و y ، هي n_x و n_y على التوالي، فإن العدد الكلي للمنصات قيد الدراسة n_t ، يصبح $n_x \times n_y$ (حيث n_x و n_y عددان فرديان). وفي هذا النموذج للنشر يعبر عن مسافة المباعدة بين محطات المنصات عالية الارتفاع المتجاورة بـ d_x و d_y مقيسة على المحورين x و y ، على التوالي. ويعبر عن d_x و d_y بـ $2L_x/(N_x - 1)$ و $2L_y/(N_y - 1)$ على التوالي.

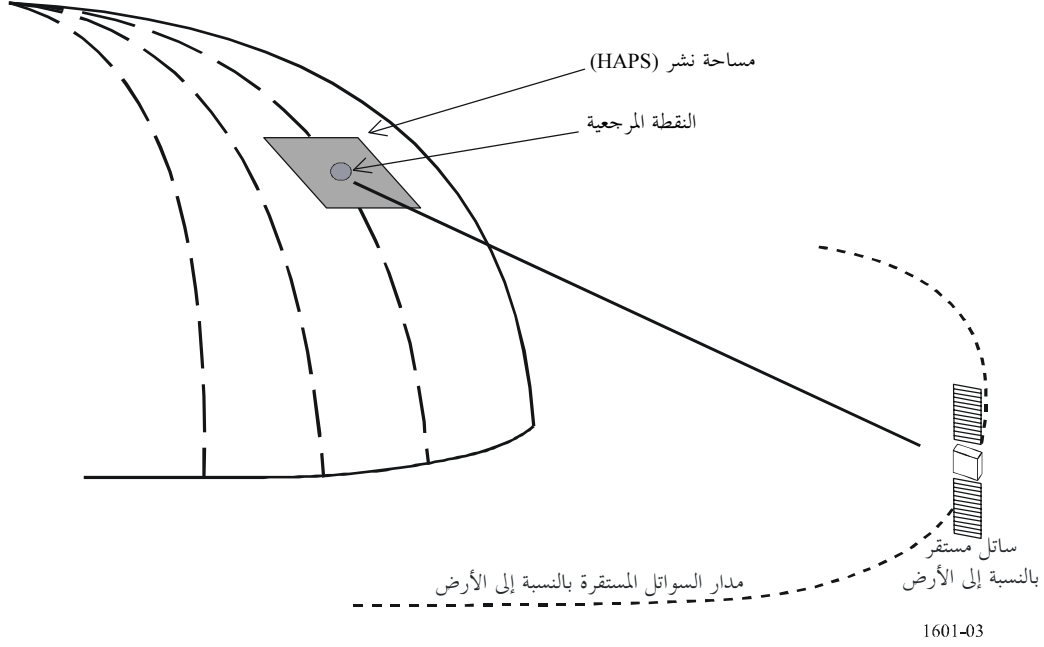
ويفترض أيضاً أن الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض الذي سيحدث فيه التداخل واقع في اتجاه المحور x المفترض وأن هوائي الساتل يكون موجهاً دائماً نحو النقطة المرجعية. وتعرف الزاوية α في الشكل 4 بأنها زاوية ارتفاع الساتل عند النقطة المرجعية مقيسة من المستوى $y-x$.

ويقيم التداخل الإجمالي من عدد قدرة n_T من منصات HAPS من حيث التداخل الذي يحدث في نسبة قدرة الضوضاء إلى القدرة، I/N ، للساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض كدالة لزاوية الارتفاع α ، لحالات مختلطة للنشر النمطي لمحطات المنصات عالية الارتفاع والخصائص النمطية للساتل.

¹ توفر التوصية ITU-R S.672 أهداف التصميم لمصممي هوائيات المحطات الفضائيات. ويتعذر توفير الأهداف المتعلقة بحزمة مقبولة في الحالات الشائعة وذلك لعدم معرفة منطقة الخدمة الثابتة الساتلية. ويمكن استخدام أداء محدد بتناقض تدريجي $L_s = -10 \text{ dB}$ من أجل وصف حالة الحزمة المقبولة. ويلزم إجراء المزيد من الدراسات عن الأداء الذي يتناقض تدريجياً.

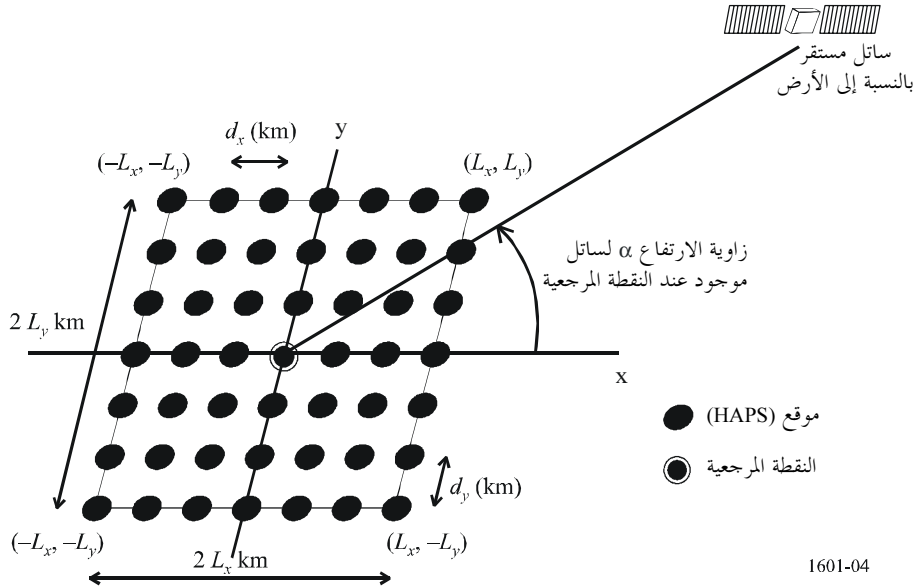
الشكل 3

نموذج تقييم التداخل



الشكل 4

نموذج نشر محطات المنصات عالية الارتفاع



2 خصائص محطات المنصات عالية الارتفاع

ترد في التوصية ITU-R F.1569 المعلومات النمطية لأنظمة محطات المنصات العالية الارتفاع في النطاق 28 GHz.

الجدول 1

خصائص محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS)

HAPS-2	HAPS-1	المعلومات
20	20	ارتفاع HAPS (عند النقطة المرجعية) (km)
dBW 5- في نطاق عرضه 20 MHz	dBW 5- في نطاق عرضه 20 MHz	قيمة e.i.r.p. الإجمالية لمحطة المنصة عالية الارتفاع في الاتجاه الجانبي أو الخلفي ⁽¹⁾
600	1 000	طول منطقة نشر محطات المنصات عالية الارتفاع (km) $(2 L_x)$
600	1 000	عرض منطقة نشر محطات المنصات عالية الارتفاع (km) $(2 L_y)$
9	11	عدد محطات المنصات عالية الارتفاع على المحور x (n_x)
9	11	عدد محطات المنصات عالية الارتفاع على المحور y (n_y)
81	121	العدد الإجمالي لمحطات المنصات عالية الارتفاع (n_T)
75	100	المسافة بين محطات المنصات عالية الارتفاع على المحور x (d_x) (km)
75	100	المسافة بين محطات المنصات عالية الارتفاع على المحور y (d_y) (km)

⁽¹⁾ النموذج العملي المحتوي على 397 حزمة نقطية المبين في الشكل 3 من التوصية ITU-R F.1569.

3 خصائص الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض

ترد في الجدول 2 معلومات الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض.

الجدول 2

خصائص الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض (GSO)

GSO-2	GSO-1	المعلومات
500	500	درجة حرارة ضوضاء النظام (K)
2	0,3	فتحة نصف القدر لحزمة الهوائي (بالدرجات)
20-	20-	سوية الفص الجانبي للهوائي (dB) (L_s) في الملحق 1 من التوصية ITU-R S.672-4
38.5	55.0	كسب الذروة للهوائي ⁽¹⁾ (dBi)

⁽¹⁾ محسوبة باستخدام المعادلة $G_{max}(dBi) = 44,5 - 20 \log \theta$ (نطاق عرضه -3 dBi بالدرجات)

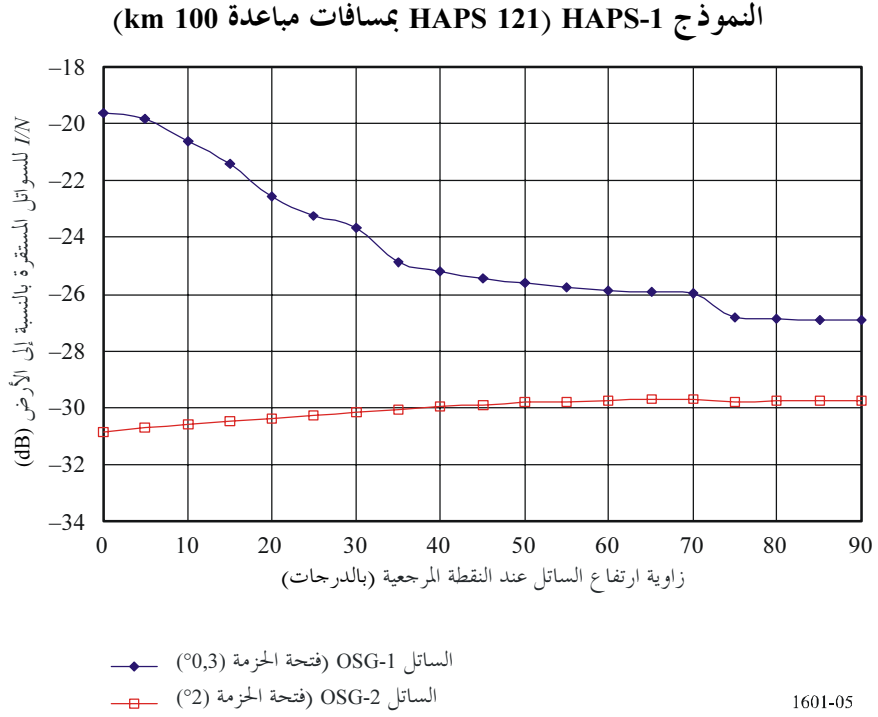
4 نتائج الحسابات

يبين الشكلان 5 و6 قيم I/N المحسوبة للساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض.

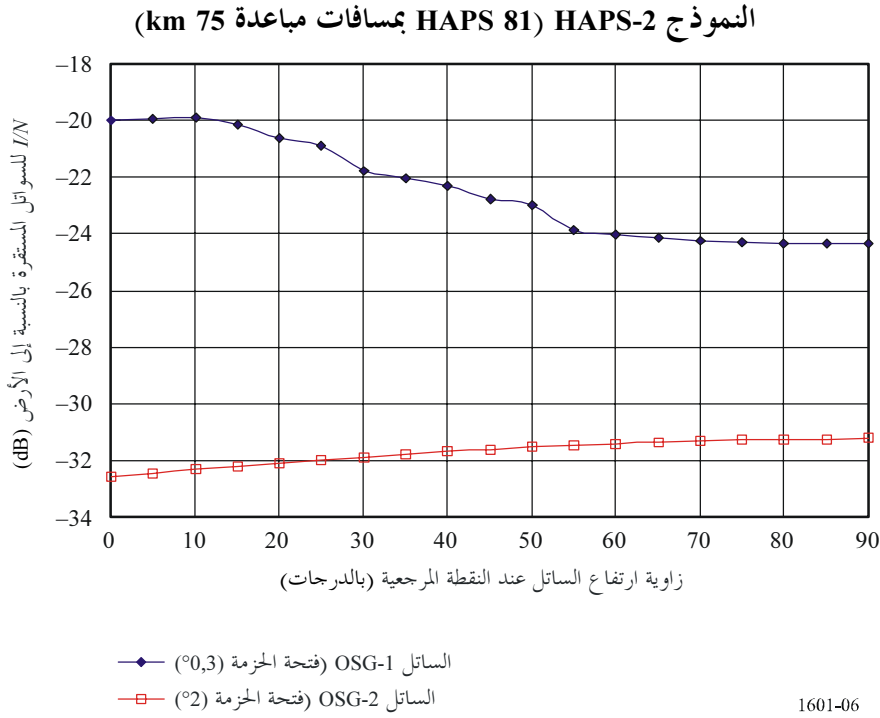
واضح من المنهجية أن قيمة I/N للساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض تعتمد إلى حد كبير على كسب الذروة للهوائي الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض عندما يكون الهوائي موجهاً نحو مصدر التداخل. فالهوائي الذي له فتحة حزمة ضيقة (0,3°) يستقبل تداخلاً أكبر عندما تقل زوايا ارتفاع النقطة المرجعية لأن عدد محطات المنصات عالية الارتفاع داخل الحزمة الرئيسية يكون محدوداً عند زوايا الارتفاع العالية ويزداد عند زوايا الارتفاع المنخفضة. ومن جهة أخرى، فإن الهوائي الذي تكون له فتحة حزمة أوسع (2°) يستقبل تداخلاً أقل بسبب انخفاض كسب الهوائي ولأن سوية التداخل تكون ثابتة إلى حد ما لكونها تكاد تغطي كامل مساحة النشر لمحطات HAPS داخل الحزمة الأساسية حتى بالنسبة لزوايا الارتفاع العالية. ويعتمد مستوى

التداخل أساساً على مسافة انتشار إشارة التداخل. وبالنسبة لهذه الحالات، تبين النتائج أن قيمة I/N للساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض تقل عن -20 dB (1%) لكل من الساتلين المستقرين بالنسبة إلى الأرض في ظروف التشغيل العادية حيث يفترض أن محطات الأرض زوايا ارتفاع تبلغ 20° أو أكثر بالنسبة للساتل.

الشكل 5



الشكل 6



الملحق 2

منهجية لحساب إرسالات المخلق e.i.r.p من محطات HAPS في الاتجاه من HAPS إلى الأرض في النطاق 27,5 - 28,35 GHz، التي تتسبب في زيادة معينة في I/N لمستقبلات السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية

1 المقدمة

مقياس التداخل المستعمل في هذه الطريقة هو I/N لنظام الاستقبال في الخدمة الثابتة الساتلية. والخصائص المحددة للتداخل في نظام استقبال في الخدمة الثابتة الساتلية هو كسب الهوائي ودرجة حرارة الضوضاء لذلك النظام. ويمكن استخدام هذه الطريقة لتقدير كثافة e.i.r.p للإرسالات من HAPS في الاتجاه من HAPS إلى الأرض التي يمكن أن تسبب زيادة معينة في قيمة I/N لنظم استقبال الخدمة الثابتة الساتلية في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض.

2 وصف الطريقة

الخطوة الأولى في هذه الطريقة هي حساب الزيادة المعينة في نسبة التداخل إلى الضوضاء، I/N ، بتعيين قدرة الضوضاء في كثافة قدرة الضوضاء في نظام الاستقبال المفترض لكل 1 MHz.

(5)

$$N = k T B$$

حيث:

k : ثابت بولتزمان (W/(K · Hz))

T : درجة حرارة ضوضاء نظام الاستقبال في الخدمة الثابتة الساتلية (K)

B : عرض النطاق المرجعي (1 MHz)

في الخطوة التالية، تستخدم قيمة I/N المفترضة لتعيين قدرة التداخل (dB(W/MHz)).

$$(6) \quad I = N + I/N$$

بعد ذلك تحسب كثافة تدفق القدرة (PFD) التي تنتج التداخل المفترض في مدار الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض:

$$(7) \quad \text{PFD} = I - G_R + 20 \log(f) + 21,45 \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$$

حيث:

G : الكسب الفعلي (dBi) لهوائي استقبال الخدمة الثابتة الساتلية في اتجاه منصات HAPS المسببة للتداخل،

f : تردد الإرسال (GHz).

عندئذ، تكون قيمة e.i.r.p. الإجمالية من جميع إرسالات HAPS التي تنتج هذه القيمة لكثافة تدفق القدرة في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض.

$$(8) \quad (\text{e.i.r.p.})_{\text{total}} = \text{PFD} + 10 \log(4\pi \cdot d^2) \quad \text{dB(W/MHz)}$$

حيث d هي المسافة بالمتر بين منصة HAPS وساتل الخدمة الثابتة الساتلية.

ومن حيث المبدأ فإن:

$$(9) \quad (\text{e.i.r.p.})_{\text{total}} = 10 \log \sum_{j=1}^n 10^{-0.1(\text{e.i.r.p.})_j} \quad \text{dB(W/MHz)}$$

حيث:

$(\text{e.i.r.p.})_j$: e.i.r.p. من منصة HAPS j -th

n : عدد منصات HAPS المسببة للتداخل.

وإذا فرض لغرض التبسيط أن،

$$(10) \quad (\text{e.i.r.p.})_{\text{average}} = (\text{e.i.r.p.})_{\text{total}} - 10 \log(n) \quad \text{dB(W/MHz)}$$

فإنه يمكن إيجاد قيمة تقريبية لمتوسط e.i.r.p. من كل منصة HAPS.

3 مستويات التداخل من أنظمة HAPS النمطية

يمكن تعيين التداخل الذي قد تسببه أنظمة HAPS في سواتل الخدمة الثابتة الساتلية الموجودة في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض بمقارنة قيم e.i.r.p. في الفصين الجانبي والخلفي لهوائيات إرسال HAPS بقيم e.i.r.p. الناتجة من طريقة الحساب المبينة أعلاه.

التذييل 1

للملحق 2

مثال لتطبيق المنهجية الواردة في الملحق 2

1 مقدمة

تجري الحسابات النموذجية المبينة هنا على نظامي الخدمة الثابتة الساتلية المشار إليهما في الملحق 1 الفقرة 2.4.2 أعلاه. ويستخدم أحد النظامين وهو النظام الذي يستقبل من محطات مركزية رئيسية، هوائي استقبال بفتحة حزمة 2° وكسب 39 dBi. أما النظام الآخر، الذي يستقبل من مطاريف مستعملين صغيرة موجودة في كل مكان، فيفترض أن فتحة حزمته 0,3° وكسبه 55,4 dBi. ويفترض أن كل نظام من النظامين به نظام استقبال تبلغ درجة حرارة الضوضاء فيه 500 K، وهي درجة حرارة تتخذ كقيمة تمثيلية للمستقبلات الحساسة التي تم تحديدها لأغراض التنفيذ.

يفترض هذا المثال وجود نشر كثيف لأنظمة HAPS. وفي حالة الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية الذي له حزمة هوائي قدرها 2°، يفترض استقبال إشارات تداخل من منصات HAPS يصل عددها إلى 100 منصة. وسيتم استقبال بعض هذه الإشارات عند أو قرب قيمة الكسب العظمى للحزمة الرئيسية، وستستقبل إشارات أخرى ذات كسب أقل. ويفترض هذا المثال أنه سيتم استقبال إشارات من كل منصة من منصات HAPS البالغ عددها 100 منصة بمتوسط كسب لهوائي الخدمة الثابتة الساتلية يقل بمقدار 1 dB عن قيمته القصوى، أي بكسب يبلغ 38 dBi.

وبالمثل، ففي حالة ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية له حزمة عرضها 0,3°، سيرى الساتل عدداً أقل بكثير من منصات HAPS مقارنة بالحالة التي تكون فيها عرض الحزمة 2°، يفترض أنه ستتستقبل إشارات متداخلة من عدد قد يصل إلى ثلاث منصات HAPS، وأنها ستتستقبل عند مستويات كسب مختلفة على منصات HAPS تتوقف على مخطط الهوائي. ويفترض هذا المثال أن استقبال كل إشارة من الإشارات الآتية من منصات HAPS الثلاث سوف يتم بمتوسط كسب لهوائي الخدمة الثابتة الساتلية يقل بمقدار 1 dB عن قيمته القصوى، أي بكسب يبلغ 54,4 dBi.

وتأخذ المسافة بين مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض وأقرب منصة HAPS باعتبارها ارتفاع مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض والعلو البالغ 20 km لمنصات HAPS (35 788 - 20 = 35 768 km).

2 التداخل في حزم محطة مركزية للخدمة الثابتة الساتلية ذات فتحة حزمة مقدارها 2°

فتحة نصف القدرة للحزمة: 2,0°

ذروة كسب هوائي الساتل: 39 dBi

متوسط كسب هوائي الاستقبال من جميع منصات HAPS المتداخلة: 39 - 1 = 38 dBi

العدد المفترض لمنصات HAPS المتداخلة في حدود فتحة حزمة مقدارها 2°: 100

درجة حرارة ضوضاء نظام الاستقبال: 500 K

عرض النطاق المرجعي: 1 MHz

وبذلك تكون قدرة ضوضاء نظام الاستقبال:

$$(11) \quad N = k T B = -228,6 + 10 \log(500) + 10 \log(10^6) = -141,61 \quad \text{dB(W/MHz)}$$

وبفرض أن قدرة التداخل في هذا المثال هي 1% من قدرة الضوضاء، فإن I/N تكون $10 \log(0,01) = -20$ dB. وتصبح:

$$(12) \quad I = N + I/N = -141,61 - 20 = -161,61 \quad \text{dB(W/MHz)}$$

ومن ثم تصبح كثافة تدفق القدرة (PDF) التي ستنجح قدرة التداخل هذه عند المدار:

$$(13) \quad \text{PFD} = (-161,61 - 38 + 29 + 21,45) = -149,2 \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$$

عندئذ تصبح:

$$(\text{e.i.r.p.})_{\text{total}} = -149,2 + 162,1 = 12,92 \quad \text{dB(W/MHz)}$$

وإذا قسمت قدرة التداخل الإجمالية هذه على 100 منصة HAPS سيقتصر نصيب كل منها على $.12,92 - 10(\log 100) = 12,92 - 20 = -7,08 \text{ dB(W/MHz)}$.

3 التداخل في حزم مطاريف صغار المستعملين في الخدمة الثابتة الساتلية التي لها فتحة حزمة مقدارها 0,3°

فتحة نصف القدرة للحزمة: 0,3°

ذروة كسب هوائي الساتل: dB 55,4

متوسط كسب هوائي الاستقبال من جميع منصات HAPS المتداخلة: dB 54,4 = 1 - 55,4

العدد المفترض لمنصات HAPS المتداخلة في حدود فتحة حزمة مقدارها 0,3°: 3

درجة حرارة ضوضاء نظام الاستقبال: K 500

عرض النطاق المرجعي: MHz 1

ومن ثم، وعلى غرار الفقرة أعلاه، فإن قدرة ضوضاء نظام الاستقبال، $N = -141,61 \text{ dB(W/MHz)}$

وتكون قدرة التداخل القصوى، $I = -161,61 \text{ dB (W/MHz)}$

وتصبح كثافة تدفق القدرة المسببة لقدرة ذلك التداخل:

$$(14) \quad \text{PFD} = (-161,61 - 54,4 + 29 + 21,45) = -165,6 \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$$

وعلى ذلك تكون:

$$(\text{e.i.r.p.})_{\text{total}} = -165,6 + 162,1 = -3,5 \quad \text{dB(W/MHz)}$$

وإذا قسمت قدرة التداخل الإجمالية هذه على 3 منصات HAPS، فإن نصيب كل منصة منها سيقتصر على

$$.-3,5 - 10(\log 3) = -3,5 - 4,77 = -8,27 \text{ dB(W/MHz)}$$

4 مستويات التداخل من أنظمة HAPS نمطية

يمكن حساب أقصى تداخل من الفصين الجانبي والخلفي لإرسالات الوصلة الهابطة لـ HAPS عند 28 GHz من معلمات نظام HAPS الواردة في التوصية ITU-R F.1569.

تبلغ قدرة خرج مرسل منصة HAPS، مصمم لخدمة مطاريف المستعملين وله زاوية ارتفاع تصل انخفاضاً إلى 26°، في ظروف المطر، 1,8 dBW، في نطاق عرضه 150 MHz، وخسارة وصلة تغذية قدرها 0,5 dB، وهوائي بكسب 16,4 dB. ويسفر ذلك عن قيمة e.i.r.p. قصوى مقدارها 17,7 dBW لكل 150 MHz. أو $.17,7 - 10 \log 150 = (17,7 - 21,7) = -4 \text{ dB(W/MHz)}$.

غير أن قيمة كسب الهوائي في اتجاه الجانب البعيد والفص الخلفي ستقل بمقدار 10 dB على الأقل عن قيمة الكسب المتناحي (istropic gain). وعلى ذلك، تصبح قيمة e.i.r.p. لمنصة HAPS باتجاه المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض $.(-4 - 16,4 - 10) = -30,4 \text{ dB(W/MHz)}$.

في المثالين الواردين في القسمين 2 و 3 أعلاه، تقل قيمة e.i.r.p. باتجاه المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض كثيراً عن المستويات المناظرة من فرادى الإرسالات من HAPS إلى الأرض البالغة -7,08 dB(W/MHz) أو -8,27 dB(W/MHz)، والتي تسفر عن قيمة I/N تقل عن 1% في سواتل الخدمة الثابتة الساتلية التي لها حزمة هوائي تبلغ 2,0° أو 0,3°.

الملحق 3

منهجية لتقييم نسبة الموجة الحاملة إلى تداخل الإرسال C/I من محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) إلى الأرض (وصلة هابطة) في الخدمة الثابتة التي تستخدم محطات HAPS أرض-فضاء (وصلة صاعدة) في الخدمة الثابتة الساتلية التي تستخدم سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض في النطاق GHz 28,35-27,5

1 المقدمة

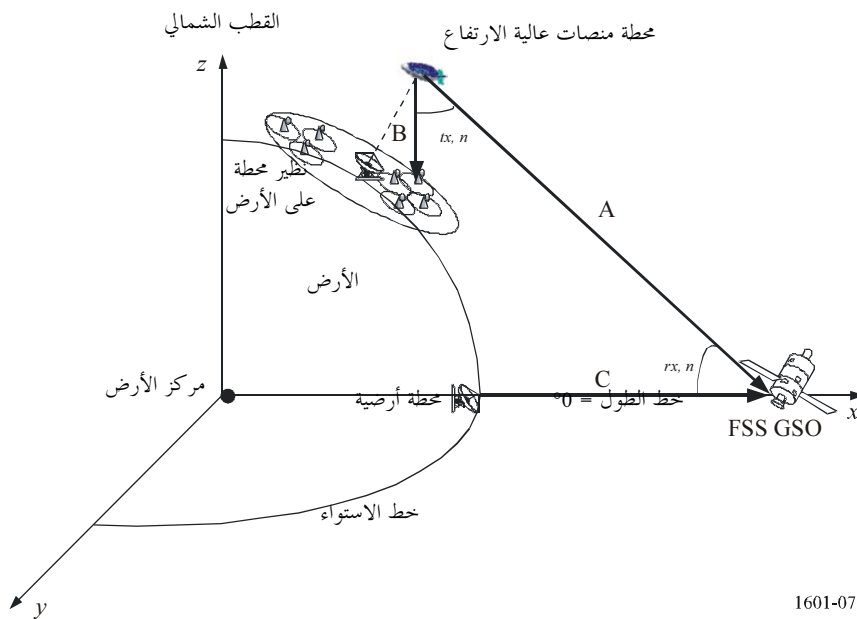
قد يكون من المفيد في مرحلة التخطيط لشبكة سواتل حساب نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل (C/I) بين موجات حاملة لشبكات مسببة للتداخل وأخرى متداخل فيها بهدف تحديد مستويات التداخل. وبالإمكان استخدام نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل في تحديد مستويات التداخل التي تسهم في انحطاط الأداء فضلاً عن إمكانية استخدامها في طرائق التشكيل كافة. ويتضمن هذا الملحق منهجية مبنية على عمليات تقييم نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل C/I بقصد تقدير التداخل من الوصلة الهابطة في الخدمة الثابتة التي تستخدم محطات HAPS إلى الوصلة الصاعدة للخدمة الثابتة الساتلية التي تستخدم سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض (GSO) في النطاق GHz 28,35-27,5.

2 منهجية تقييم الموجة الحاملة إلى التداخل

يظهر الشكل 7 نموذج التحليل المفترض لتقييم نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل في ساتل ذي مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض (GSO) بسبب التداخل من محطات HAPS.

الشكل 7

هندسة احتساب زوايا الانحراف عن المحور الرئيسي



1.2 حساب نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل

يمكن حساب نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل مع مراعاة قدرة الموجة الحاملة أرض-فضاء (الوصلة الصاعدة) في الخدمة الثابتة الساتلية التي تستخدم الساتل C ذي المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض (GSO)، وقدرة التداخل الإجمالية من السفن الفضائية المتعددة لمحطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) إلى الساتل I_{total} ضمن عرض النطاق الذي يحدث فيه التداخل، باستخدام المعادلة التالية:

$$(15) \quad \left[\frac{C}{I} \right] = EIRP_{up} - FSL_{E/S-Sat} + G_{Sat} - I_{total} \quad (\text{dB})$$

حيث:

$EIRP_{up}$: القدرة المشعة المكافئة المتناحية لموجة حاملة لمحطة أرضية في عرض النطاق الذي حدث فيه التداخل (dBW)

$FSL_{E/S-Sat}$: خسارة المسير في الفضاء الحر بين المحطة الأرضية والساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض (GSO) (dB)

G_{Sat} : أقصى كسب للهوائي المستقبل لساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض (dBi).

ويُعبّر عن القدرة التداخلية للقيمة I_{total} من السفن الفضائية المتعددة لمحطة المنصة عالية الارتفاع في الخدمة الثابتة الساتلية التي تستعمل سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض (GSO) في عرض النطاق الذي يحدث فيه التداخل على النحو التالي:

$$(16) \quad I_{total} = 10 \log \left[\sum_{h=1}^{n_h} 10^{(I_h)/10} \right] \quad (\text{dBW})$$

حيث n_h هي عدد السفن الفضائية للمحطة HAPS و I_h هي قيمة قدرة التداخل من سفينة فضائية واحدة من المحطة HAPS إلى الخدمة الثابتة الساتلية التي تستخدم ساتل GSO ذي مدار مستقر بالنسبة للأرض.

وعند اعتبار الهوائي متعدد الحزم النقطية للسفن الفضائية للمحطة HAPS، تحسب قدرة التداخل I_h باستخدام المعادلة التالية:

$$(17) \quad I_h = 10 \log \left[\sum_{n=1}^{n_b} 10^{\{P_{HAPS,n} - L_{feeder} + G_{HAPS,n}(\theta_{tx,n}) + G_{Sat}(\theta_{rx,n}) - FSL_{HAPS-Sat}\}/10} \right] \quad (\text{dBW})$$

حيث:

n_b : عدد الحزم النقطية على سفينة فضائية للمحطة HAPS

$P_{HAPS,n}$: قدرة الإرسال الخاصة بسفينة فضائية للمحطة HAPS (dBW)

L_{feeder} : خسارة مغذي محطة المنصة عالية الارتفاع (dB)

$G_{HAPS,n}(\theta_{tx,n})$: كسب هوائي الإرسال لسفينة فضائية تابعة للمحطة HAPS بالنسبة لزاوية الابتعاد عن المحور $\theta_{tx,n}$ (dBi)

$G_{Sat}(\theta_{rx,n})$: كسب هوائي المستقبل للساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض بالنسبة لزاوية الابتعاد عن المحور $\theta_{rx,n}$ (dBi)

$FSL_{HAPS-Sat}$: خسارة المسير في الفضاء الحر بين سفينة فضائية تابعة للمحطة HAPS وساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض (GSO) (dB).

2.2 حساب زاوية الابتعاد عن المحور

بغية الحصول على قدرة التداخل المُعرّفة في المعادلة (17)، ينبغي حساب زوايا الابتعاد عن المحور $\theta_{tx,n}$ و $\theta_{rx,n}$. ولغرض تبسيط حساب زوايا الابتعاد عن المحور، يتم تحويل إحداثيات جميع الحزم النقطية للمحطة HAPS والخدمة الثابتة الساتلية FSS من الإحداثيات القطبية إلى نظام الإحداثيات المستطيلة في مستوى خط الاستواء، ويكون الأصل عند مركز الأرض.

وإذا كان الرمز **A** هو المتجه به من سفينة فضائية تابعة للمحطة HAPS في الخدمة الثابتة الساتلية لساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض، والرمز **B** هو المتجه من مركز الحزمة النقطية *n-th* للسفينة الفضائية التابعة للمحطة HAPS إلى محطاتها على الأرض، فإن زاوية الابتعاد عن محور الحزمة $\theta_{tx,n}$ بين **A** و **B** (مقاس في السفينة الفضائية التابعة للمحطة HAPS) ويعبر عنها باستخدام المعادلة التالية:

$$(18) \quad \theta_{tx,n} = \cos^{-1} \left(\frac{\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}}{|\mathbf{A}| |\mathbf{B}|} \right) \text{ degrees}$$

وكما جاء في الشكل 7 فإن $|\mathbf{A}|$ و $|\mathbf{B}|$ يمثلان أحجام **A** و **B**، وإن $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$ هما الناتج الداخلي للمتجهين. على سبيل المثال، بالنسبة لـ **A** و **B** المعبر عنهما بإحداثيات مستطيلة فإن

$$(19) \quad \mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$$

وكذلك الحال، بالإمكان الحصول على الزاوية الأخرى $\theta_{rx,n}$ باستخدام المعادلة (18) من خلال استبدال **A** و **B** بالقيم **A-** و **C-**. حيث إن **A-** هو المتجه من خدمة ثابتة ساتلية إلى الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض (GSO) إلى سفينة فضائية تابعة للمحطة HAPS وإن **C** هو المتجه من المحطة الأرضية على مركز تغطية المحطة HAPS من ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض (GSO) لخدمة ثابتة ساتلية.

التذييل 1

للملحق 3

مثال على استخدام منهجية الملحق 3

1 معلمات نظام HAPS

يبين الجدول 3 معلمات نظام HAPS المستخدمة في المثال بشأن حسابات (C/I).

الجدول 3

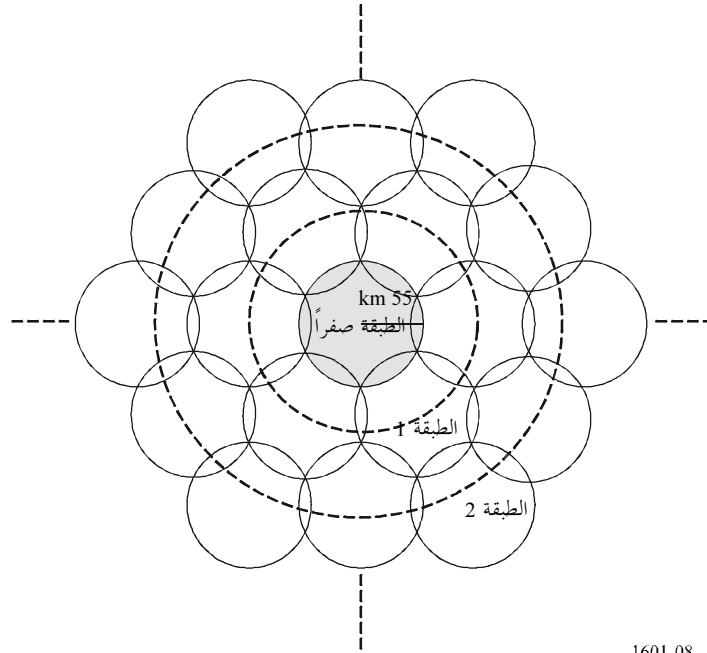
معلمات HAPS

ارتفاع HAPS (km)	20 km
تغطية الخدمة (نصف القطر) (km)	55 km
نواتج القدرة لكل حزمة	-15,2 dBW إلى -14,5 dBW
مخطط إشعاع الهوائي	التوصية ITU-R F.1569
خسارة المغذي (dB)	0,5 dB
العدد الإجمالي للحزم لكل هوائي للمحطة HAPS	367

بالإمكان في هذا المثال، كما هو مبين في الشكل 8، نشر عدد من السفن الفضائية لتغطية مساحة واسعة من منطقة على الأرض. كما يتم تجهيز كل سفينة فضائية بهوائي متعدد الحزم النقطية في أسفلها بنفس الطريقة. ويبلغ العدد الإجمالي للحزم كل هوائي، والعدد الإجمالي لسفن فضائية من أجل حساب التداخل في هذا الملحق هو 367 و 127، على التوالي.

الشكل 8

طريقة نشر سفن فضائية تابعة للمحطة HAPS



1601-08

2 معلمات نظام السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض (GSO)

تستند معلمات نظام السواتل GSO إلى توصية قطاع الاتصالات الراديوية S.1328-3 التي توضح مثلاً بشأن حساب نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل كما هو موضح في الجدول 4.

الجدول 4

معلمات نظام السواتل GSO

km 35 768	ارتفاع الساتل GSO
فتحة حزمة الهوائي 55 dBi من أجل 0,3° فتحة حزمة الهوائي 38,5 dBi من أجل 2°	أقصى كسب استقبال هوائي للساتل
التوصية ITU-R S.672 (مفترض L_s : -20dB)	مخطط الهوائي
dBW 66,1	وصلة صاعدة e.i.r.p. (dBW)

3 نتائج الحساب

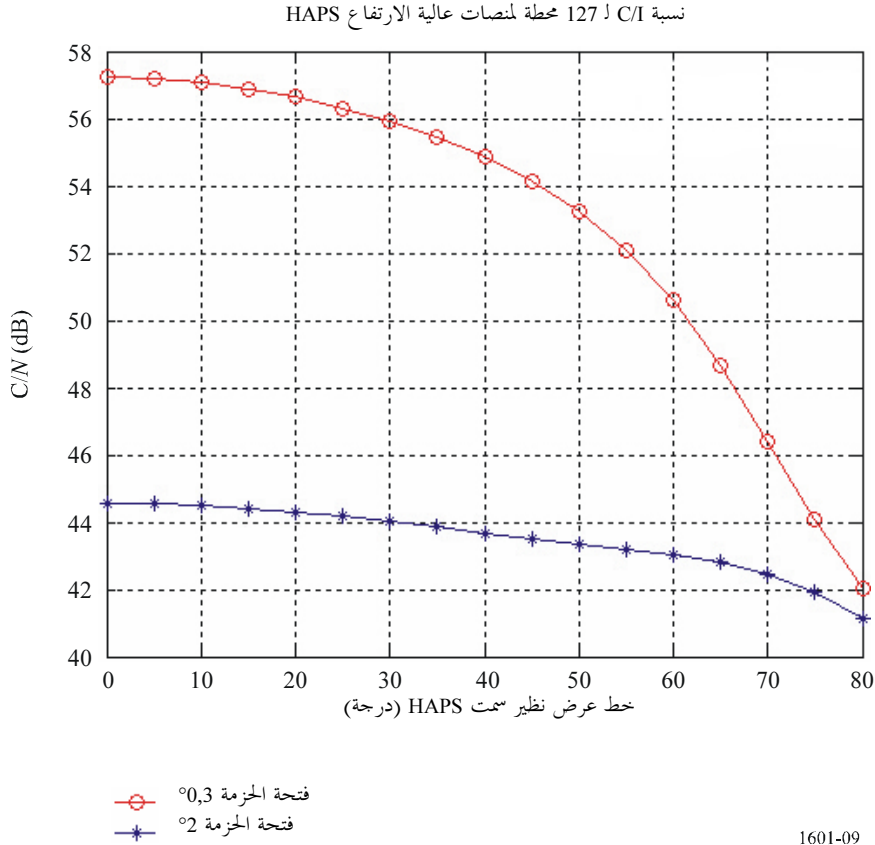
1.3 الحالة 1

من المفترض في الحالة 1 أن يكون موقع الساتل المعرض للتداخل على خط الاستواء عند خط الطول 0° وأن تكون حزمة الساتل موجهة دائماً نحو المحطة الأرضية التي تقع دائماً في مركز تغطية المحطة HAPS. ويفترض أن يكون نظام HAPS مكوناً من 127 سفينة فضائية مع هوائي 367 حزمة متعددة، ويكون نصف قطر خدمة كل سفينة فضائية واحدة هو 55 km.

ويستدل من الشكل 9 على أن نظام HAPS يتحرك باتجاه القطب الشمالي، حيث تتناقص نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل C/I للساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض (GSO).

الشكل 9

نسبة C/I مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض
بسبب سفينة فضائية تابعة للمحطة HAPS (الحالة 1)



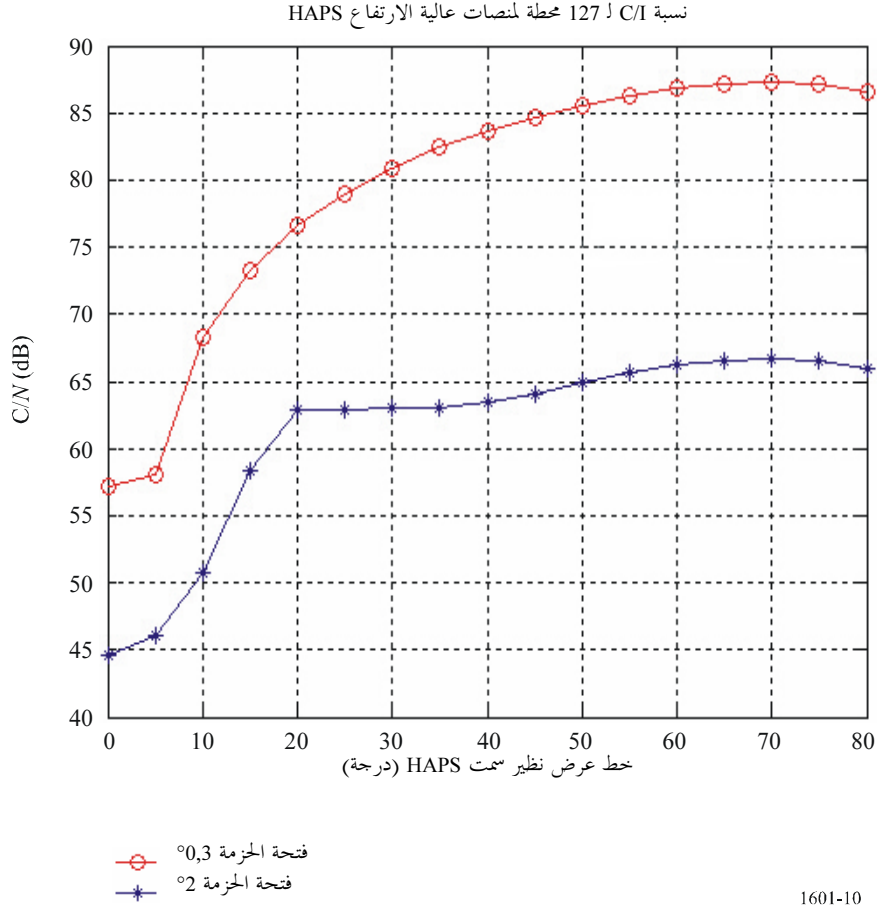
2.3 الحالة 2

من المفترض في الحالة 2 أن يكون موقع الساتل المعرض للتداخل على خط الاستواء عند خط الطول 0 درجة، لكن حزمة الساتل موجهة إلى المحطة الأرضية عند خط طول 0 درجة وخط عرض 0 درجة، أي، أن تقع المحطة الأرضية في موضع ثابت على خط الاستواء.

ويبين الشكل 10 نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل في الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض (GSO) بسبب نظام المحطات HAPS الذي يتألف من 127 سفينة فضائية فيما يتعلق بخط العرض. ويستدل من الشكل 10 على أن نظام المحطات HAPS يتجه نحو القطب الشمالي، وأن نسبة الموجة الحاملة للسواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض (GSO) تزيد على نتيجة الحالة 1.

الشكل 10

نسبة C/I في السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض
بسبب 127 سفينة فضائية تابعة للمحطة HAPS (الحالة 2)



4 الملخص

يُظهر التذييل مثال C/I طريقة (نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل) بقصد تقدير التداخل من السفن الفضائية لمحطات HAPS في سائل مستقر بالنسبة إلى الأرض (GSO).

وفي حالة المحطة الأرضية الواقعة على نظير سمت المحطة HAPS (الحالة 1)، تتضاءل قيمة نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل مع زيادة الارتفاع (أي مع انخفاض، زاوية ارتفاع السائل). وعلى العكس من ذلك، ففي حالة المحطة الأرضية الواقعة في نقطة ثابتة على خط الاستواء، تزداد نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل مع زيادة خط العرض.

وسوف تلزم بالضرورة طريقة تقدير نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل من أجل تقدير التداخل من وصلة هابطة للخدمة الثابتة التي تستخدم محطات HAPS إلى الوصلة الصاعدة في الخدمة الثابتة الساتلية التي تستخدم سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض في النطاق 28,35-27,5 GHz عندما تُحدَّد مستويات التداخل التي تسهم في انعطاف الأداء مع أخذ جميع طرائق التشكيل وأنماط الإشارات في الاعتبار.