

## التوصية ITU-R SF.1601-1

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)

(2005-2002)

## النطاق

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 تذييل جديد للملحق 1 وذلك كمثال لتطبيق المنهجية الواردة في الملحق 1.

إن جمعية الاتصالات الراديوية التابعة للاتحاد،

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 GHz 28,35-27,5؛

2 يمكن للإدارات أن تعتبر الملحق 2 طريقة لتقدير قيمة القدرة المشعة المكافئة المتناحية للإرسالات من المنصات عالية الارتفاع إلى الأرض في نطاق التردد 27,5-28,35 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.

## 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 27,5-28,35 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 27,5-28,35 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 ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض. وتستخدم المعادلة 1 لحساب مستوى قدرة التداخل في 1 MHz،  $I(g,h,b,r)$ ، الناشئ عن حزمة نقطية من ساتل في محطة منصة عالية الارتفاع، استقبلها ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض (g):

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

حيث:

$P^H(b)$  : 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 (g) والارتفاع (b) والساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض (g)

$G^H_{tx}(\varphi(g,h,b))$  : 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)

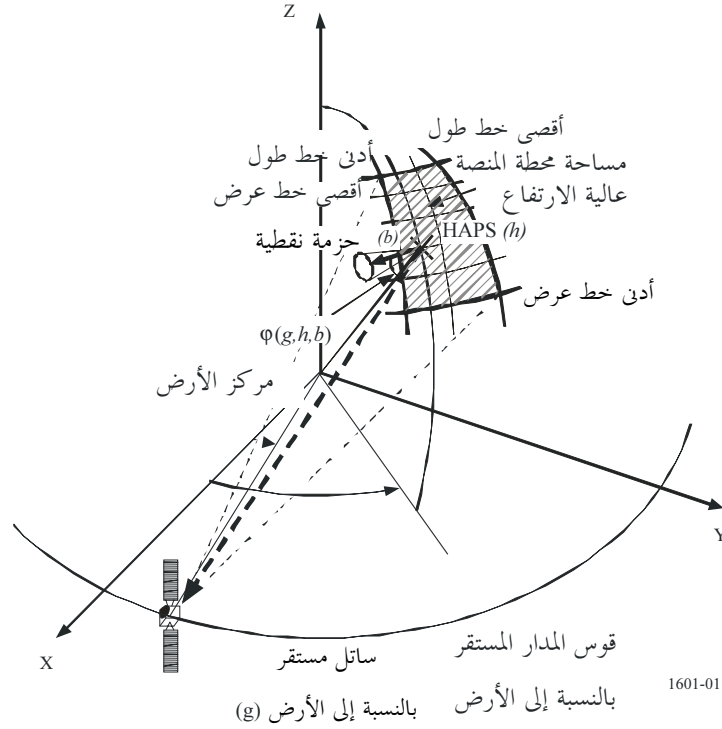
$\theta(h,g,r)$  : زاوية التمييز (بالدرجات) عند الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض (g) بين اتجاه التصويب للنقطة المرجعية لخدمة ثابتة ساتلية مستقرة بالنسبة إلى الأرض (r) ومحطة منصة عالية الارتفاع (h)، انظر

الشكل 2

$G^S_{rx}(\theta(h,g,r))$  : كسب هوائي المستقبل (dBi) للساتل المستقر بالنسبة للأرض (g) لزاوية انحراف عن المحور الرئيسي  $\theta(h,g,r)$

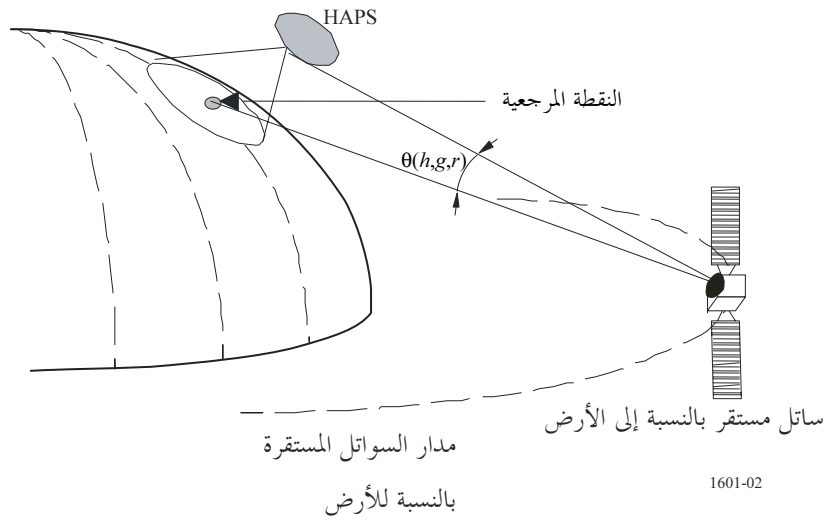
الشكل 1

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



الشكل 2

نموذج هندسي للنقطة المرجعية لسائل مستقر بالنسبة إلى الأرض



ولحساب زاوية التمييز عند سائل 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 للسائل 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 للسائل المستقر بالنسبة إلى الأرض، يفترض أن النقطة المرجعية قد تحركت إلى نقطة أخرى شريطة أن تكون زاوية الارتفاع نحو السائل 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 محطة من المنصة العالية الارتفاع إرسال موجات حاملة عديدة في كل حزمة نقطية، يفترض أن الموجات الحاملة العديدة للوصلة الهابطة لمحطة المنصة عالية الارتفاع يمكن أن توجد في كامل عرض نطاق الاستقبال عند السائل 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 لمحطة 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 لسائل مستقر بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية (K).

بعد ذلك يقارن مستوى التداخل الإجمالي المحسوب بعتبة 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 سائل 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 السائل 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.

و بمجرد 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 ولأنظمة 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

- $T_{sat} : 500 \text{ K}$ .
- عرض حزمة الهوائي (للمحطات الصغيرة):  $0,3^\circ$
- عرض حزمة الهوائي (للمحطات المركزية):  $2^\circ$
- كسب الهوائي: التوصية ITU-R S.672، الملحق 1،  $(L_s = -20 \text{ dB})$ <sup>1</sup>.

## 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 المعدودة 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  $n_y$  عدنان

<sup>1</sup> 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 بتناقص تدريجي  $-10 \text{ dB}$  من أجل وصف حالة الحزمة المقبولة. ويلزم إجراء المزيد من الدراسات عن الأداء الذي يتناقص تدريجياً.

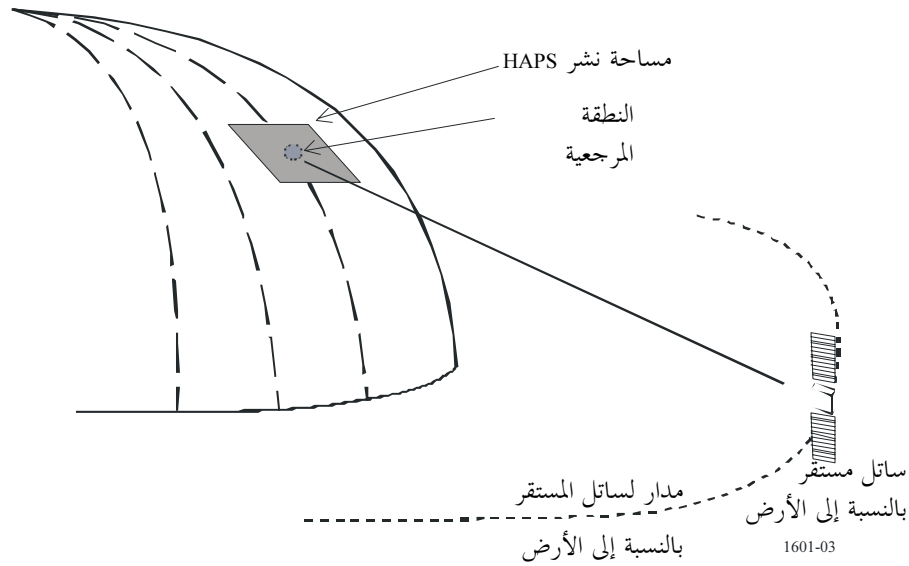
فرديان). وفي هذا النموذج للنشر يعبر عن مسافة المبعادة بين محطات المنصات عالية الارتفاع المتجاورة بـ  $d_x$  و  $d_y$  مقيسة على المحورين  $x$  و  $y$ ، على التوالي. ويعبر عن  $d_x$  و  $d_y$  بـ  $2L_x/(N_x - 1)$  و  $2L_y/(N_y - 1)$  على التوالي.

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  $\alpha$  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  $\alpha$ ، لحالات مختلطة للنشر النمطي لمحطات المنصات عالية الارتفاع والخصائص النمطية للساتل.

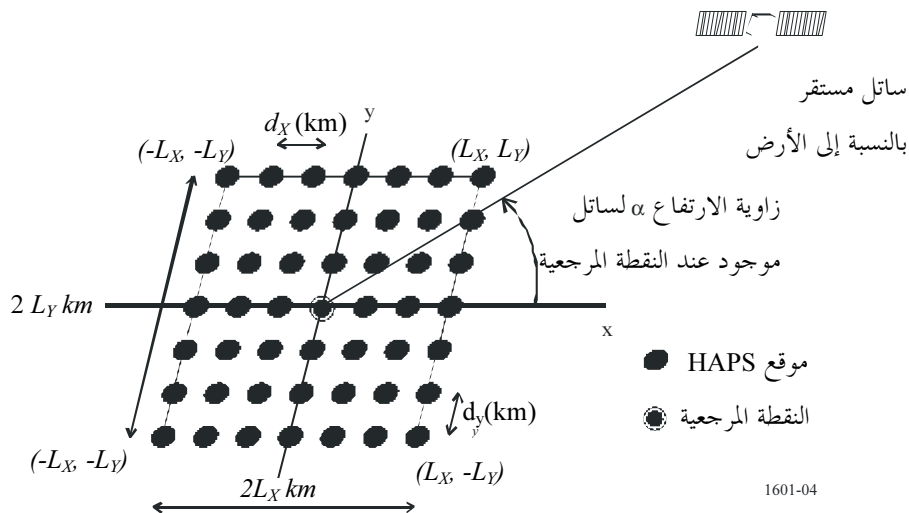
الشكل 3

نموذج تقييم التداخل



الشكل 4

نموذج نشر محطات المنصات عالية الارتفاع



## 2 خصائص محطات المنصات عالية الارتفاع

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

الجدول 1

## (HAPS) خصائص محطات المنصات عالية الارتفاع

HAPS-2	HAPS-1	المعلومات
20	20	ارتفاع HAPS (عند النقطة المرجعية) (km)
5- dBW في نطاق عرضه 20 MHz	5- dBW في نطاق عرضه 20 MHz	قيمة e.i.r.p. الإجمالية لمحطة المنصة عالية الارتفاع في الاتجاه الجانبي أو الخلفي <sup>(1)</sup>
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 (km) $(d_x)$
75	100	المسافة بين محطات المنصات عالية الارتفاع على المحور y (km) $(d_y)$

<sup>(1)</sup> 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 ملمات الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض.

الجدول 2

## (GSO) خصائص الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض

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 <sup>(1)</sup> (dBi)

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

## 4 نتائج الحسابات

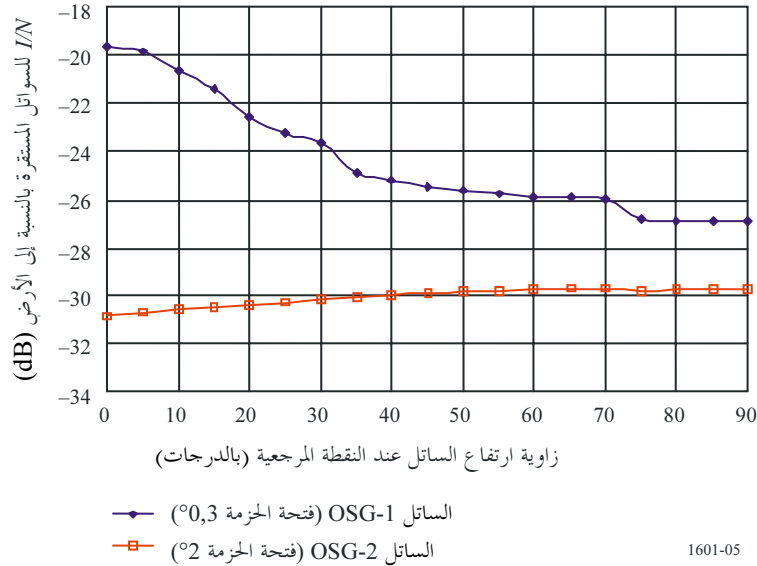
يبين الشكلان 5 و6 قيم  $I/N$  المحسوبة للساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض.

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.

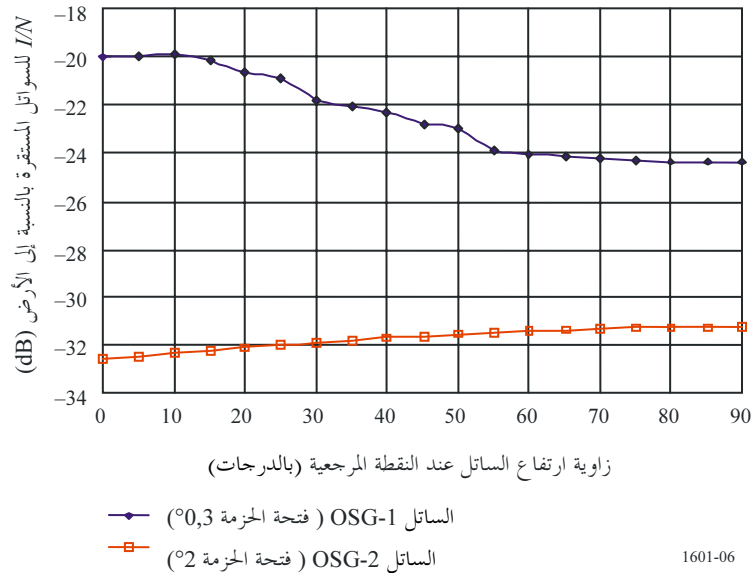
الشكل 5

## النموذج HAPS-1 (HAPS 121 بمسافات مباعده 100 km)



الشكل 6

## النموذج HAPS-2 (HAPS 81 بمسافات مباعده 75 km)





## الملحق 2

منهجية لحساب إرسالات الخلق 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.

$$(5) \quad N = k T B$$

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:

$G_r$ : 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:

 $(e.i.r.p.)_j$ : e.i.r.p. من منصة HAPS  $j$ -th $n$ : عدد منصات HAPS المسببة للتداخل.

وإذا فرض لغرض التبسيط أن،

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

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.

## 1 التذييل

### 2 للملحق

## 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  $2^\circ$  وكسب  $39 \text{ dB}$ . أما النظام الآخر، الذي يستقبل من مطاريف مستعملين صغيرة موجودة في كل مكان، فيفترض أن فتحة حزمته  $0,3^\circ$  وكسبه  $55,4 \text{ dB}$ . ويفترض أن كل نظام من النظامين به نظام استقبال تبلغ درجة حرارة الضوضاء فيه  $500 \text{ K}$ ، 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  $2^\circ$ ، 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  $1 \text{ dB}$  عن قيمته القصوى، أي بكسب يبلغ  $38 \text{ dB}$ .

وبالمثل، ففي حالة ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية له حزمة عرضها  $0,3^\circ$ ، سيرى الساتل عدداً أقل بكثير من منصات HAPS مقارنة بالحالة التي تكون فيها عرض الحزمة  $2^\circ$ ، يفترض أنه ستتقبل إشارات متداخلة من عدد قد يصل إلى ثلاث منصات HAPS، وأنها ستتقبل 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  $1 \text{ dB}$  عن قيمته القصوى، أي بكسب يبلغ  $54,4 \text{ dB}$ .

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

## 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 تنتج 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  $12,92 - 10(\log 100) = 12,92 - 20 = -7,08$  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: 55,4 dBi

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

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

درجة حرارة ضوضاء نظام الاستقبال: 500 K

عرض النطاق المرجعي: 1 MHz

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

وتكون قدرة التداخل القصوى،  $I = -161,61$  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  $-3,5 - 10(\log 3) = -3,5 - 4,77 = -8,27$  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 dBi. ويسفر ذلك عن قيمة e.i.r.p. قصوى مقدارها 17,7 dB 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 (isotropic 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 و3 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°.