الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R
قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصيـــة ITU-R F.2011
(2012/01)

تقييم التداخل من وصلات بوابات محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) (في الاتجاه من محطات المنصات عالية الارتفاع إلى الأرض) في الخدمة الثابتة على الأنظمة اللاسلكية الثابتة التقليدية العاملة في مدى الترددات 850 5-075 7 MHz

السلسلة F
الخدمة الثابتة

الاتحاد الدولي للاتصالات ITU

تمهيـــد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد لمدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها.

ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

يرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهرتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/publ/R-REC/en)

السلسلة	العنـــوان
BO	البث الساتلي
BR	التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية
BS	الخدمة الإذاعية (الصوتية)
BT	الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)
F	**الخدمة الثابتة**
M	الخدمة المتنقلة وخدمة التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة
P	انتشار الموجات الراديوية
RA	علم الفلك الراديوي
RS	أنظمة الاستشعار عن بعد
S	الخدمة الثابتة الساتلية
SA	التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية
SF	تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة
SM	إدارة الطيف
SNG	التجميع الساتلي للأخبار
TF	إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت
V	المفردات والمواضيع ذات الصلة

ملاحظة: *تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذه التوصية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.*

النشر الإلكتروني
جنيف، 2012

© ITU 2012

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التوصيـــــة ITU-R F.2011*

تقييم التداخل من وصلات بوابات محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) (في الاتجاه من محطات المنصات عالية الارتفاع إلى الأرض) في الخدمة الثابتة على الأنظمة اللاسلكية الثابتة التقليدية العاملة في مدى الترددات 850 5-075 7 MHz

(2012)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية طريقة لتقييم التداخل بين أنظمة الخدمة الثابتة التي تستعمل وصلات بوابات محطات المنصات عالية الارتفاع (في الاتجاه من محطات المنصات عالية الارتفاع إلى الأرض) والأنظمة اللاسلكية الثابتة التقليدية العاملة في مدى الترددات 850 5–075 7 MHz استجابة إلى دراسة تقنية تمت الدعوة إليها في القرار (Rev.WRC–07) 734 وتستعمل الطريقة لتحديد المناطق التي يتم فيها تجاوز قيم محددة لنسبة التداخل إلى الضوضاء *(I/N)* في مستقبل في الخدمة الثابتة، وتشمل النتائج مخططات بيانية وحسابات للمناطق بالنسبة لقيم *I/N* محددة مختلفة.

إن جمعية الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن تكنولوجيا جديدة تستخدم محطات المنصات عالية الارتفاع في طبقة الستراتوسفير قد طُورت لتقدم خدمات عالية السعة؛

ب) أن بعض الإدارات تنوي تشغيل الأنظمة التي تستخدم محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) في النطاقات الموزعة لهذا الاستخدام في جدول توزيع الترددات أو حواشي الخدمة الثابتة؛

ج) أنه بالإضافة إلى مثل وصلات الخدمة هذه، هناك متطلب يدعو لوصلات بوابة يمكنها توصيل وصلات الخدمة بالشبكة الهاتفية العمومية التبديلية (PSTN) وشبكات البيانات ذات النطاق العريض وأنظمة الهاتف الخلوي ومقدمي الإذاعة الصوتية والتلفزيونية؛

د) أن المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2007 اعتمد القرار (Rev.WRC–07) 734 داعياً قطاع الاتصالات الراديوية إلى إجراء دراسات تشارك بغية تحديد قناتين بعرض 80 MHz لكل منهما لوصلات البوابات من أجل محطات المنصات عالية الارتفاع في المدى الترددي من 850 5 إلى 075 7 MHz في النطاقات الموزعة بالفعل للخدمة الثابتة، والعمل في الحين ذاته على ضمان حماية الخدمات القائمة؛

هـ) أن أجزاءً كبيرة من هذا النطاق تخضع لاستخدام كثيف من جانب الخدمات الحالية،

توصي

استجابةً للدراسة التقنية المذكورة في فقرة *إذ تضع في اعتبارها د)*، باستخدام المنهجية الموضحة في الملحق 1 لتقييم التداخل من وصلات بوابات محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) (في الاتجاه من محطات المنصات عالية الارتفاع إلى الأرض) في الخدمة الثابتة على الأنظمة اللاسلكية الثابتة التقليدية العاملة في مدى الترددات 850 5–075 7 MHz.

* أعدت هذه التوصية لدعم البند 20.1 من جدول أعمال المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2012 (WRC–12). فإن لم يحدد هذا المؤتمر طيفاً لوصلات بوابات محطات المنصات عالية الارتفاع في هذا النطاق، ستلغى التوصية.

الملحـــق 1

تقييم التداخل من وصلات بوابات محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) (في الاتجاه من محطات المنصات عالية الارتفاع إلى الأرض) في الخدمة الثابتة على الأنظمة اللاسلكية الثابتة التقليدية العاملة في مدى الترددات 850 5-075 7 MHz

1 مقدمة

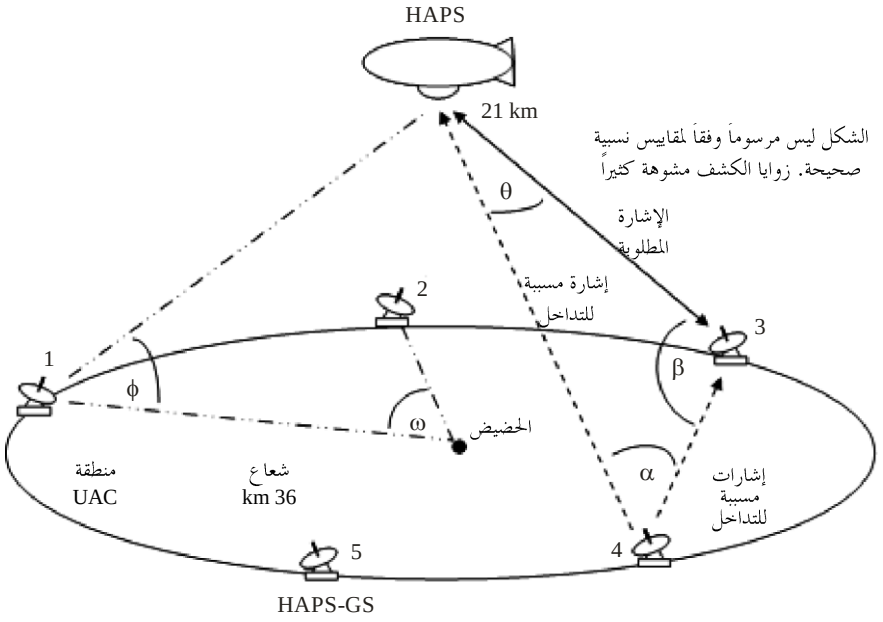
يعرض هذا الملحق منهجية لتحديد نسبة قدرة التداخل إلى قدرة الضوضاء عند مدخل مستقبِل من نقطة إلى نقطة في الخدمة الثابتة بسبب تشغيل وصلات هابطة لبوابات محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS). وهذه هي واحدة من حالات التداخل التي ينبغي النظر فيها في إطار البند 20.1 من جدول أعمال المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2012. ويرد وصف المعلمات والنماذج المستخدمة في التحليل في القسم 2؛ ويرد وصف المعايير المحتملة لنسبة التداخل إلى الضوضاء *(I/N)* التي يمكن تطبيقها في القسم 3. ويرد عرض المنهجية الموضحة والمطبقة مع النتائج التي تم الحصول عليها وفقها في القسم 4 من أجل الحالة التي ترسل فيها منصة HAPS إلى محطة بوابة واحدة فقط. وفي القسم يُنظر في التداخل الكلي عندما ترسل منصة HAPS إلى عدة محطات أرضية للبوابة في تشكيلة متناظرة. وفي القسم 6 يُنظر في تأثير العوامل الأخرى على النتائج التي تم الحصول عليها. وينصرف تركيز الدراسات في هذه الوثيقة إلى النطاق 925 5-875 6 MHz لأنه يستخدم بكثافة في الخدمة الثابتة.

2 وصف النظام ومعلماته

إن نظام محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) قيد النظر في هذه الدراسة يوفر الاتصالات لمحطات خمس بوابات. ويبين الشكل 1 المأخوذ من التوصية ITU–R F.1891 التشكيلة الهندسية للنظام. أما خصائص الإشارات المرسلة من مرسل منصة HAPS فهي تلك الواردة في التوصية ITU–R F.1891. ويرد ملخص لها في الجدول 1.

الشـــكل 1

مثال على تشكيلة محطة بوابة من محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) والتداخل الداخلي في شبكة محطات المنصات عالية الارتفاع



F.5-1006-01

الجـــدول 1

تشخيص مرسل منصة HAPS

المعلمة	الرمز	القيمة
التردد (GHz)		6,5
قدرة الإرسال (dBW)		22−
عرض النطاق (MHz)		11
كثافة قدرة الإرسال (dBW/MHz)	P_t	32,4−
فاقد مغذي الإرسال (dB)		4,1
الكسب الأقصى للهوائي (dBi)	G_{tmax}	30
عرض الحزمة عند مستوى 3 dB في الحزمة الرئيسية (درجات)		5,2
درجات مخطط إشعاع هوائي مرجعي β_h من الكسب الأقصى (dBi)	$G_h(\beta_h)$	القرار 221 (Rev.WRC-07)
ارتفاع منصة HAPS (km)	A_h	21,0

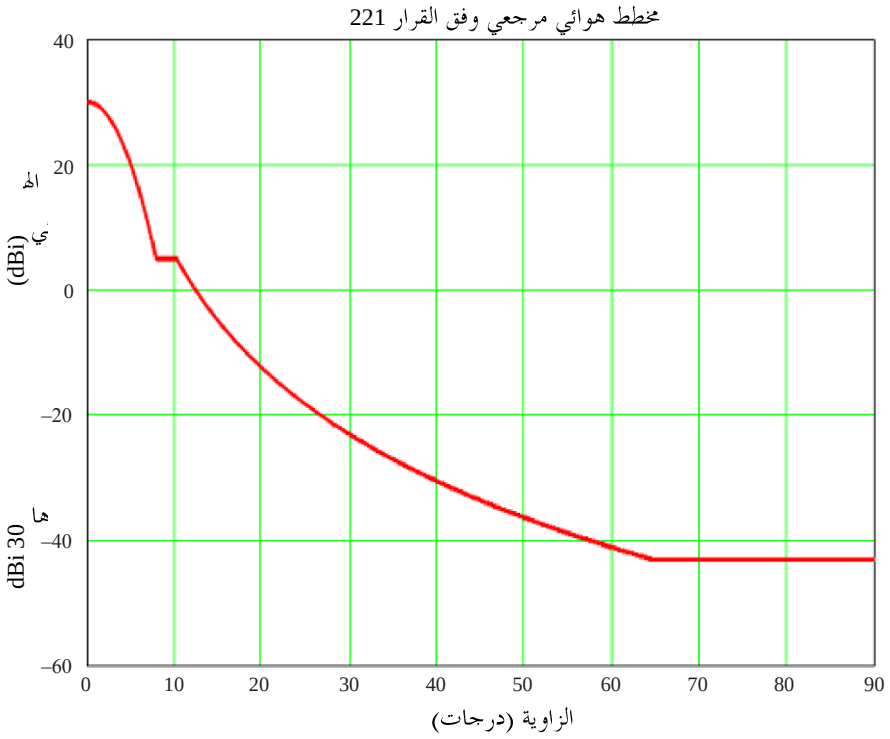
يُنظر في هوائي HAPS التالي في هذه التحليلات:

صفيف هوائيات القرار 221 (Rev.WRC-07): ذلك هو المخطط الإشعاعي الذي يظهر في القرار 221 (Rev.WRC-07). ويبلغ فيه مستوى الفص الجانبي القريب 25 dB دون كسب الحزمة الرئيسية البالغ 30 dBi. ويبلغ كسب الزاوية التي تزيد عن 63° من محور الحزمة الرئيسية 43− dBi على النحو الموضح في الشكل 2.

ولم يصنَّع أو يبيَّن نموذج عامل لهوائي يطابق هذا المخطط الإشعاعي.

الشـــكل 2

مخطط كسب هوائي ذروة كسبه 30 dBi وفق القرار 221



F.5-1006-02

يرد ملخص للخصائص المفترضة لمستقبِل الخدمة الثابتة في الجدول 2. وتتسق هذه القيم مع القيم الواردة في التوصية ITU–R F.758.

الجـــدول 2

معلمات الخدمة الثابتة

المعلمة	الرمز	القيمة
التردد (GHz)	f_{GHz}	6,5
الكسب الأقصى للهوائي (dBi)	G_{rmax}	45,0
درجات كسب مخطط إشعاع هوائي مرجعي β_h من الكسب الأقصى (dBi)	$G_r(\beta_r)$	التوصية ITU-R F.699
ارتفاع الهوائي (km)	A_f	0,060
زاوية ارتفاع الهوائي (درجات)	α	0,0
فاقد المغذي (dB)	L_f	3,0
حرارة ضوضاء المستقبل (كلفين)	T_{eff}	725
عرض النطاق المرجعي (MHz)	B	1,0
ضوضاء خلفية المستقبل (dBW/MHz)	N_T	140,0−

تحدَد قدرة إشارة مسببة للتداخل في مستقبِل في الخدمة الثابتة بالمعادلة التالية:

$$I_r = P_t + G_h(\beta_h) + G_r(\beta_r) - L_b - L_f \quad (1)$$

عندما تحدَد جميع المعلمات الواردة في الجدولين 1 و2، عدا فاقد الانتشار L_b، يُحدَد فاقد الانتشار كما يلي:

$$L_b = 92{,}4 + 20\log(f_{GHz}) + 20\log(d_{km}) \quad (2)$$

حيث d_{km} هو طول مسير الانتشار بالكيلومترات من مرسل منصة HAPS إلى هوائي الاستقبال في الخدمة الثابتة.

ويُفترض انتشار قدرة التداخل على مسير خط مستقيم ضمن مستوي الدائرة الكبرى المحددة من مواضع مرسل HAPS ومستقبل الخدمة الثابتة ومركز الأرض، حيث يُفترض أن نصف قطر الكرة الأرضية يبلغ 8 504 km أي 4/3 قيمته الفعلية (6 378 km). ويتيح ذلك احتساب تأثير الانكسار في الغلاف الجوي. أما نسبة التداخل إلى الضوضاء (I/N) المستخدمة في هذه الدراسة فهي الفارق بين قيمة قدرة التداخل I_r في المعادلة (1) وقدرة الضوضاء N_T المعطاة في الجدول 2، وتعطى كلتا القيمتين بوحدة dBW/MHz.

3 معايير التداخل

قبل مناقشة منهجيات المحاكاة، من الضروري تحديد معايير التداخل المناسبة ليتم تطبيقها في هذه الحالة التشاركية. وتعتبر معايير التداخل التي تستخدمها الخدمة الثابتة شأناً يخص كل إدارة للبت فيها. وفي لوائح الراديو، تُعتبر محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) إحدى تطبيقات الخدمة الثابتة؛ ولكن ليس من الواضح كيف ستتعامل إدارات معها. ولغرض البحث بشأن محطة إرسال HAPS، سنتناولها هنا كما لو كانت أي محطة إرسال أخرى في الخدمة الثابتة.

وفي الوقت الحاضر، لا توجد أي قيمة متفق عليها لتداخل مقبول من محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS). وبافتراض أن نظام محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) بصدد الدخول في بيئة تستخدمها الخدمة الثابتة بكثافة وتتشارك فيها بالفعل مع الخدمة الثابتة الساتلية، إذا سُمح بأي نظام HAPS جديد في إطار الرقم 15A.4 من لوائح الراديو لا ينبغي له أن يضيف إلى ضوضاء التداخل إلا بتدرج تزايدي. وبافتراض نسبة سماح 20% لمجمل مساهمة التداخل من جميع مصادر الضوضاء الكلية، يمكن إسناد قيمة 10% من هذا السماح إلى تداخل محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS). ومن شأن ذلك أن يفضي إلى معيار *I/N* يناهز –17 dB لأنظمة محطات المنصات عالية الارتفاع.

وقد تختار الإدارات مقادير أخرى للسماح والتوزيع، بيد أن مدى القيم الذي يتراوح بين –10 و–20 dB يستأثر بأكبر قدر من الاهتمام على ما يبدو. وذلك هو المدى سيحظى بأكبر قدر من الاهتمام في التطورات التالية. ولتغطية الاحتمالات كافة، حُسبت النتائج لجميع نسب *I/N* ما بين 0 و–20 dB.

4 وصف وتطبيق منهجية نسبة التداخل إلى الضوضاء *(I/N)*

إن نسبة التداخل إلى الضوضاء (*I/N*) في مستقبِل في الخدمة الثابتة باستخدام المعلمات المحددة في الجدولين 1 و2 تعتمد على موضعه في توزع الشكل 1 وعلى سمت محور الحَزمة الرئيسية الهوائية.

وينظر هذا القسم في الحالة التي تكون فيها منصة HAPS محطة بوابة واحدة على سطح الأرض. وتحدَد جميع المواقع الجغرافية بمسافة الدائرة الكبرى التي تخصها من نقطة على سطح الأرض تقع مباشرة تحت منصة HAPS. وفي مصطلحات HAPS، غالباً ما توصف نقطة على سطح الأرض مباشرة تحت منصة HAPS على أنها حضيض HAPS. أما في هذا الملحق، فسيشار إليها على أنها النقطة أسفل منصة HAPS (SPP). والإحداثية الأخرى اللازمة لتحديد الموقع الجغرافي هي زاوية السمت لمسير الدائرة الكبرى من SPP إلى النقطة. وتقاس الزاوية في النقطة أسفل منصة HAPS (SPP) في اتجاه عكس اتجاه عقارب الساعة من السمت إلى محطة البوابة.

وتسعى الطريقة الموضحة في هذا القسم لتحديد المواقع التي يُتجاوز فيها مستوى *I/N* معين في أقصيي اتجاهي السمتين لهوائي في الخدمة الثابتة في كل موقع. وتتمثل إحدى الحالتين في توجيه سمت هوائي استقبال الخدمة الثابتة على امتداد الدائرة الكبرى باتجاه النقطة أسفل منصة HAPS (SPP). وتتمثل الأخرى في توجيه سمت هوائي استقبال الخدمة الثابتة 180° من الاتجاه صوب اتجاه النقطة أسفل منصة HAPS (SPP). وستدعى المناطق التي يُتجاوز فيها مستوى *I/N* معين، في الحالة التي يوجَّه فيها هوائي الخدمة الثابتة باتجاه النقطة أسفل منصة HAPS (SPP)، منطقة تنسيق لأن الحاجة ستدعو إلى عملية تنسيق ترددات للوقوف على ما إذا كانت نسبة *I/N* قد جرى تجاوزها بالنسبة لمستقبِل معين. أما المنطقة الجغرافية، إن وجدت، التي تُتجاوز فيها نسبة *I/N* معينة، في الحالة التي يوجَّه فيها هوائي الخدمة الثابتة بعيداً عن النقطة أسفل منصة HAPS (SPP)، فستدعى منطقة الحظر، نظراً لعدم وجود زاوية توجيه لا تُتجاوز فيها نسبة *I/N*. ومنطقة الحظر، حسب استخدام هذا الملحق لها، هي منطقة تخص معلمات النموذج وقيم *I/N* المختارة لمعيار التداخل.

ويحدَد الامتداد الشعاعي لمنطقة التنسيق أو الحظر بترسّم مسير دائرة كبرى من النقطة أسفل منصة HAPS (SPP) وتحديد ما إذا كانت حافة منطقة *I/N* جغرافية معينة قد صودفت في كل خطوة. ويسند الحساب رقماً للمناطق المتعاقبة في كل سمت تُتجاوز فيها عتبة نسبة *I/N*. وتعتبر جميع المناطق المجتزأة ذات الرقم نفسه جزءاً من المنطقة الجغرافية المركبة نفسها.

ويبين الشكل 3 نتائج حساب من هذا القبيل لعتبة *I/N* تبلغ –20 dB باستخدام صفيف هوائيات HAPS يرسل إلى محطة بوابة تبعد 36 km من SPP وتستخدم معلمات الجدولين 1 و2. (تستخدم القيم المميزة للجدولين 1 و2 بالنسبة لجميع الحسابات اللاحقة ما لم يذكر خلاف ذلك). وقد اختيرت عتبة *I/N* بمقدار –20 dB في الشكل 3، وتبين الأشكال التالية الحالات التي توجد فيها مناطق الحظر. وفي هذه الحالة، تحدَد منطقة التنسيق بخط منقط ومنطقة الحظر بخط متواصل. وتحيط هذه المناطق بموقع محطة البوابة، لذلك، لا بد أن تكون حصيلة اقتران كسب الحزمة الرئيسية لصفيف هوائيات HAPS مع الفصوص الجانبية لهوائي الخدمة الثابتة. وبما أن مخطط إشعاع كسب صفيف هوائيات HAPS يتناقص بسرعة مع الزاوية من

محور الحزمة الرئيسية، لا توجد منطقة تُسند إلى طاقة اقتران فصوص HAPS الجانبية مع الحزمة الرئيسية لهوائي استقبال الخدمة الثابتة في هذه الحالة.

وبدلاً من تقديم المخططات البيانية لنسب *I/N* الأخرى، يلخص الجدول 3 نتائج مختلف عتبات *I/N* بإدراج مناطق التنسيق والحظر في جدول لكل عتبة *I/N*. وفي هذا المثال، تُسند قيمة الصفر لجميع مدخلات عمود المنطقة 2، مما يعني وجود منطقة تنسيق واحدة فقط. ولئن كانت مدخلات عمود المنطقة 2 صفراً، فإن مدخلات منطقة التنسيق بكاملها هي نفس المدخلات المنطقة 1.

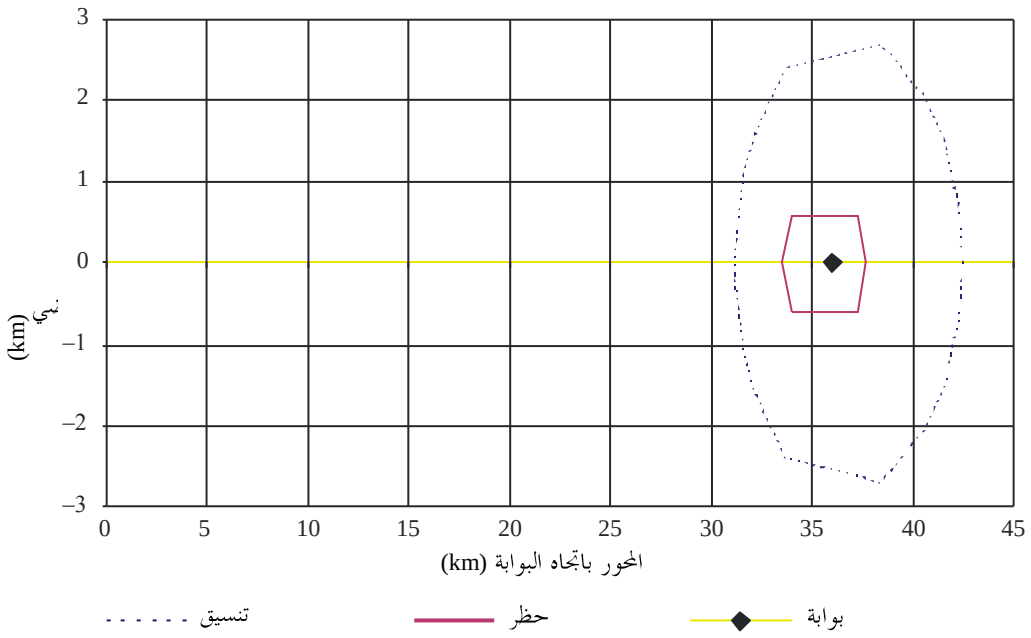
علماً أنه في الحالات التي تكون فيها المنطقة 2 صفراً، تكون المنطقة 1 منطقة متواصلة جغرافياً. أما عندما لا تكون المنطقة 2 صفراً، فقد لا تتجاور مكونات مختلفة من المنطقة 1 جغرافياً. ويرد مزيد من البحث لهذه النتيجة في القسم 6 من هذا الملحق.

وعندما تكون هناك منطقة جغرافية قريبة من بوابة حيث تقترن طاقة كافية من الحزمة الرئيسية لهوائي HAPS مع الفصوص الجانبية لهوائي الخدمة الثابتة لتتجاوز عتبة *I/N*، قد تكون هناك منطقة حظر. وستكون منطقة الحظر محاطة دوماً بمنطقة تنسيق. ولا يمكن أن تكون هناك أكثر من منطقة حظر واحدة في البوابة الواحدة مقابل كل قيمة *I/N*. وبالتالي، في جميع الحالات قيد النظر في هذا القسم لا توجد سوى منطقة حظر واحدة.

ويرى من الجدول 3 أن منطقة التنسيق ومنطقة الحظر تتقلصان تدريجياً مع زيادة *I/N*. فتختفي منطقة الحظر عند عتبة *I/N* البالغة –19 dB أو أكثر وتختفي منطقة التنسيق عند عتبة *I/N* البالغة –14 dBأو أكثر.

الشـــكل 3

منطقتا التنسيق والحظر عند بوابة مزودة بصفيف هوائيات على بعد 36 km
من النقطة أسفل منصة HAPS، *I/N* = –20 dB



F.5-1006-03

الجـــدول 3

منطقتا التنسيق والحظر عند بوابة مزودة بصفيف هوائيات على بعد 36 km من النقطة أسفل منصة HAPS

I/N	المنطقة 1 (km^2)	المنطقة 2 (km^2)	مجمل مساحة التنسيق (km^2)	منطقة الحظر (km^2)
20–	50,4	0	50,4	6,6
19–	40,2	0	40,2	0
18–	32,9	0	32,9	0
17–	24,3	0	24,3	0
16–	16	0	16	0
15–	6,9	0	6,9	0
14–	0	0	0	0

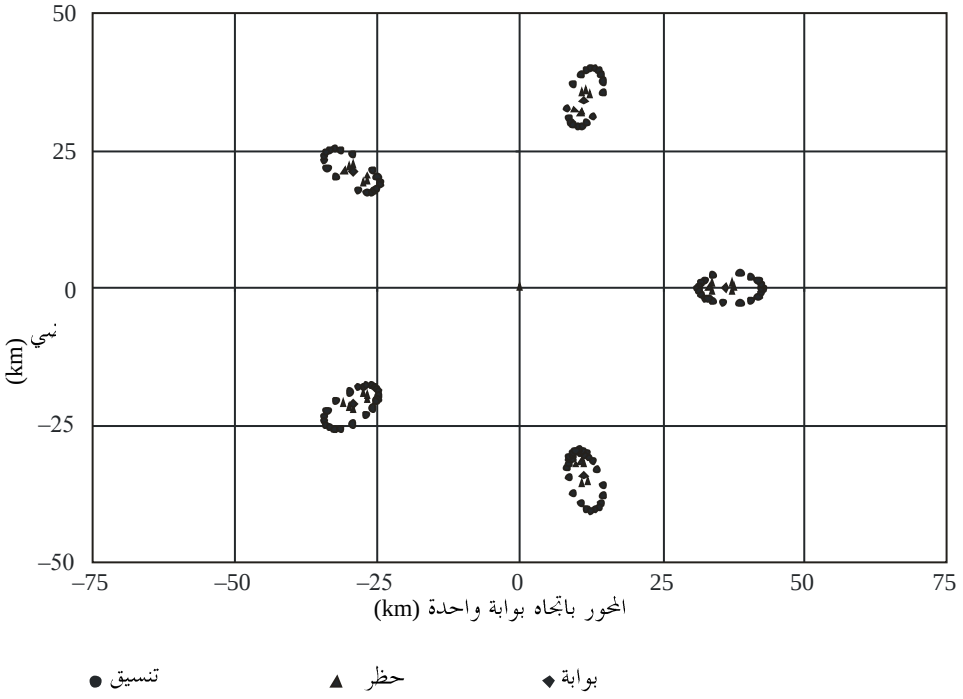
5 التداخل الإجمالي من منصات HAPS على مستقبلات الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة

ينظر هذا القسم في تأثير مرسلات منصة HAPS العاملة مع محطات بوابات متعددة. ويوضح الشكل 4 مناطق التنسيق ومناطق الحظر لعتبة *I/N* تبلغ –20 dB في الحالة التي تكون فيها 5 محطات بوابات متباعدة على مسافة واحدة تبلغ 36 km من حضيض HAPS. ويبين الجدول 4 مناطق التنسيق ومناطق الحظر لهذه الحالة. ويتضح أنه بفضل الكسب المنخفض لهذا الهوائي في قطاعات الفص الجانبي الأقصى، لا توجد مساحات جديدة جراء تجمع القدرة المرسلة إلى محطات البوابات الأرضية الخمس. وتتضح هنا الحجة المؤيدة لعتبة *I/N* تبلغ –20 dB، وكذا سيكون الحال بالنسبة لجميع قيم *I/N* الأكثر إيجابية. وتعود هذه النتيجة إلى الهبوط السريع في كسب الهوائي مع اتساع زاوية الانحراف عن المحور؛ وهو ما يميز صفيف هوائيات القرار 221 (Rev.WRC-07).

وكل من فرادى مناطق التنسيق ومناطق الحظر في الشكل 4 تكاد تتطابق مع مثيلاتها في الشكل 3. ولا يتعدى الأمر أن المساحات الواردة في الجدول 4 هي 5 أمثال القيم الواردة في الجدول 3.

الشـــكل 4

مناطق التنسيق والحظر لصفيف هوائيات مع 5 محطات بوابات، *I/N* = –20 dB



F.5-1006-04

الجـــدول 4

مناطق التنسيق والحظر لصفيف هوائيات مع 5 محطات بوابات على بعد 36 km من النقطة أسفل منصة HAPS

I/N	المنطقة 1 (km^2)	المنطقة 2 (km^2)	مجمل مساحة التنسيق (km^2)	منطقة الحظر (km^2)
20–	251,8	0	251,8	33,2
19–	201,1	0	201,1	0
18–	163,8	0	163,8	0
17–	120,8	0	120,8	0
16–	80,1	0	80,1	0
15–	34,7	0	34,7	0
14–	0	0	0	0

6 النظر في زاوية الارتفاع في الخدمة الثابتة وبعد البوابة عن النقطة أسفل منصة HAPS

في جميع الأمثلة السابقة، اعتُبرت زاوية ارتفاع الهوائي في الخدمة الثابتة صفر درجة. ولا تأثير لزوايا ارتفاع حتى 5 درجات على مناطق التنسيق ومناطق الحظر بالنسبة لصفيف هوائيات القرار 221. فهي تبقى على النحو المبين في الشكلين 3 و4 وفي الجدولين 3 و4. أما الحالات التي يتسبب فيها استخدام هذا الهوائي بمساحات إضافية يتجاوز فيها التداخل على مستقبل في الخدمة الثابتة قيمة العتبة، فهي حالات تكبر فيها زوايا الارتفاع في الخدمة الثابتة، أو تطول فيها مسافات محطة البوابة وتكون زوايا الارتفاع فيها غير صفرية. ويبين الشكل 5 مناطق التنسيق ومناطق الحظر المحصلة عند زاوية ارتفاع قدرها

3 درجات إذا ابتعدت بوابة واحدة مسافة km 76 من النقطة أسفل منصة HAPS (SPP). ومثل هذه العملية تتطلب زيادة في قدرة الإرسال من أجل الحفاظ على هامش الوصلة.

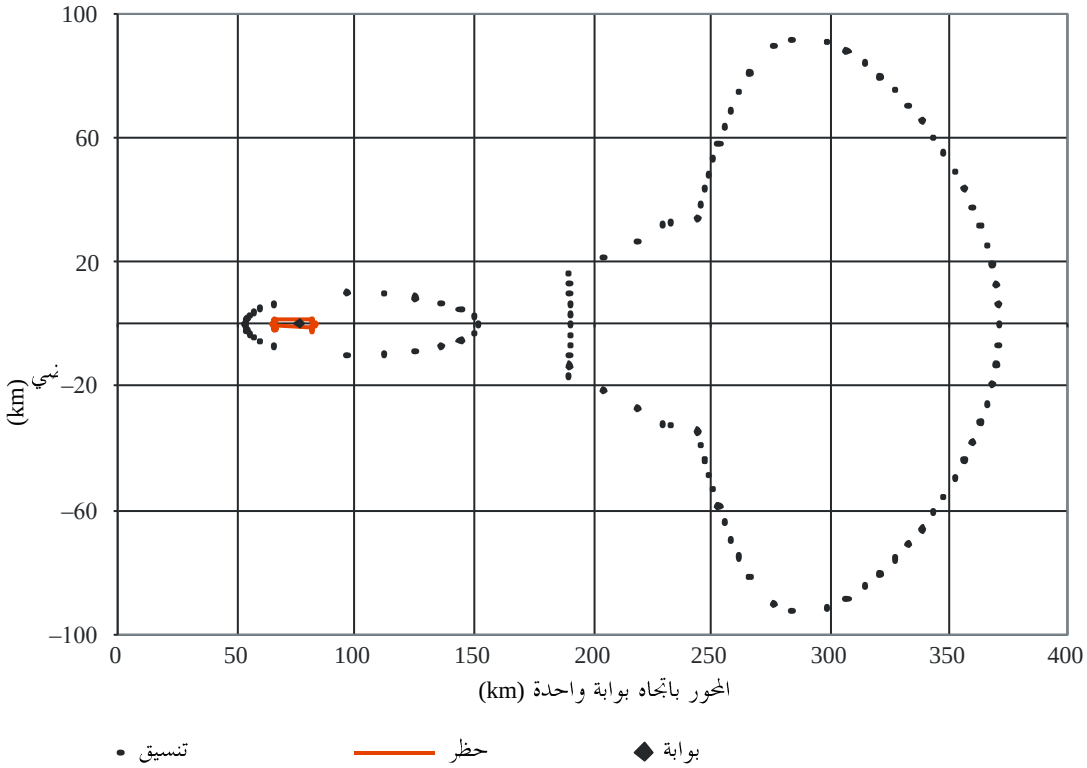
ولتيسير المناقشات من المفيد أن تعين المناطق التي تتجاوز فيها النسبة *I/N* قيمة العتبة جراء اقتران بين الفص الرئيسي (ML) لهوائي HAPS والفصوص الجانبية (SL) لهوائي الخدمة الثابتة على أنها مناطق ML–SL، وأن تعين المناطق التي تتجاوز فيها النسبة *I/N* قيمة العتبة، جراء اقتران بين الفصوص الجانبية لهوائي HAPS والفص الرئيسي لهوائي الخدمة الثابتة على أنها مناطق SL-ML. فتحدَد منطقة ML–SL الجغرافية على أنها المنطقة 1 في الزوايا السمتية حول SPP، فيما تغيب المنطقة 2 (تنعدم مساحتها).

وتتميز مناطق SL–ML بالعديد من الخصائص المهمة. إحداها هي أنها تميل إلى أن تكون واسعة جداً عندما تكون قائمة كما يتضح من مجموع مساحات مناطق التنسيق في الجدول 5. والأخرى هي أن مناطق SL–ML تبرز على من مسافات من HAPS (SPP) تتجاوز المسافة الفاصلة عن البوابة وربما خارج مدى الرؤية على خط البصر. وفي السموت المدانية للبوابة من النقطة أسفل منصة HAPS، ستكون هناك نسب *I/N* تصادَف عندها المنطقة 1 والمنطقة 2 كلتاهما. ومن ثم، لن يظهر في المنطقة 2 إلا ذلك الجزء من المنطقة الجغرافية الواسع في الشكل 5 المحجوبة بمنطقة ML–SL الجغرافية. وسيُضم سائر المساحة المجمعة للمنطقة الجغرافية الأوسع إلى منطقة ML–SL الجغرافية في المنطقة 1.

ولا تنتج معلمات الدخل المستخدمة في توليد الشكل 5 منطقة تنسيق SL-ML واسعة جداً. غير أن منطقة التنسيق التي تنتجها لا تختفي حتى تبلغ عتبة *I/N* قيمة –2 dB أو أكثر.

الشـــكل 5

مناطق التنسيق والحظر لصفيف هوائيات مع بوابة على بعد km 76
من الحضيض، P_t = -26,4 dB/MHz، G_{tmax} = 30 dBi،
زاوية ارتفاع هوائي الخدمة الثابتة = 3 درجات، I/N = –20 dB



F.5-1006-05

الجـــدول 5

مناطق التنسيق والحظر لصفيف هوائيات مع بوابة على بعد 76 km
من الحضيض، P_t = -24,4 dB/MHz، G_{tmax} = 34 dBi،
زاوية ارتفاع هوائي الخدمة الثابتة = 3 درجات، I/N = −20 dB

I/N	المنطقة 1 (km^2)	المنطقة 2 (km^2)	مجمل مساحة التنسيق (km^2)	منطقة الحظر (km^2)
20−	9 931,6	12 256	22 187,7	63,1
19−	8 593,9	11 572,6	20 166,6	23,6
18−	8 539,7	8 527,3	18 226,3	0
17−	8 544,9	6 685,9	16 387,3	0
16−	7 475,1	6 038,6	14 661,8	0
15−	6 454,2	2 532,3	13 027,4	0
14−	5 475,5	5 879,1	11 354,6	0
13−	5 445,1	4 640,2	10 085,3	0
12−	4 614,8	4 376,5	8 991,3	0
11−	3 804	4 100,1	7 904,1	0
10−	3 007	3 809,5	6 816,5	0
9−	2 963,3	2 791,6	5 754,8	0
8−	2 203,8	2 535	4 738,8	0
7−	2 074,4	1 655,8	3 730,2	0
6−	1 367,8	1 437,1	2 804,9	0
5−	1 169,2	733,4	1 902,6	0
4−	881,3	187,9	1 069,2	0
3−	255,7	0	255,7	0
2−	0	0	0	0