

التوصية ITU-R F.1609-1

تقييم التداخل من أنظمة الخدمة الثابتة التي تستعمل محطات المنصات
عالية الارتفاع إلى أنظمة الخدمة الثابتة التقليدية في النطاقين

GHz 28,35-27,5 و GHz 31,3-31

(المسألة ITU-R 212/9)

(2006-2003)

مجال التطبيق

تصف هذه التوصية منهجيات تقييم التداخل من الخدمة الثابتة (FS) التي تستعمل محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) إلى أنظمة خدمة ثابتة FS تقليدية في النطاقين GHz 28 (28,35-27,5) و GHz 31 (31,3-31). وترد أيضاً في الملاحق من 1 إلى 3 أمثلة على حسابات التداخل باستعمال هذه المنهجيات من نقطة إلى نقطة ومن نقطة إلى نقاط متعددة، على حد سواء، في محطات نفاذ لا سلكي ثابتة (FWA).

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن التكنولوجيا الحديثة التي تستخدم محطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS) في طبقة الستراتوسفير هي قيد التطوير؛

ب) أنه نظراً لأن النطاقات GHz 47، المنصوص عليها في إذ تعترف أ) أدناه، أكثر حساسية أمام التوهين بسبب هطول المطر في تلك البلدان المدرجة في الرقمين 537A.5 و 543A.5 من لوائح الراديو، فقد تمت دراسة مدى التردد GHz 32-18 في قطاع الاتصالات الراديوية للنظر في إمكانية تحديد طيف إضافي؛

ج) أن النطاقين GHz 28,35-27,5 و GHz 31,3-31 موزعان على الخدمة الثابتة على أساس أولي،
وإذ تعترف

أ) أن المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 1997 وضع أحكاماً لتشغيل محطات HAPS في الخدمة الثابتة في النطاقين GHz 47,5-47,2 و GHz 48,2-47,9؛

ب) أن الرقم 537A.5 من لوائح الراديو ينص على أن التوزيع على الخدمة الثابتة في النطاق GHz 28,35-27,5 من الممكن أيضاً استعماله من قبل محطات HAPS في البلدان المسجلة، وأن استعمال المحطات المذكورة لهذا النطاق مقتصر على التشغيل باتجاه من محطات HAPS إلى الأرض على ألا يتسبب بتداخل ضار إلى الأنماط التقليدية لأنظمة الخدمة الثابتة أو خدمات التوزيع الأولي المشترك الأخرى ولا يطالب بالحماية منها؛

ج) أن الرقم 543A.5 من لوائح الراديو ينص على أن التوزيع على الخدمة الثابتة في النطاق GHz 31,3-31 من الممكن استعماله أيضاً من قبل محطات HAPS باتجاه من الأرض إلى المحطة المذكورة في البلدان المسجلة، على ألا يتسبب استعمال محطات HAPS بتداخل ضار إلى الأنماط التقليدية لأنظمة الخدمة الثابتة أو خدمات التوزيع الأولي المشترك الأخرى ولا يطالب بالحماية منها؛ مع الأخذ بالحسبان الرقم 545A.5 من لوائح الراديو؛

(د) أن الرقم 543A.5 من لوائح الراديو ينص أيضاً على ألا يتسبب استعمال محطات HAPS في النطاق GHz 31,3-31 بتداخل ضار إلى الخدمات المنفصلة التي لها توزيع أولي في النطاق GHz 31,8-31,3، مع الأخذ في الحسبان معايير التداخل الواردة في التوصيتين ITU-R SA.1029 و ITU-R RA.769؛

(هـ) أن القرار (WRC-03) 145 طلب على نحو عاجل، إجراء الدراسات بشأن المسائل التقنية والتقاسم والمسائل التنظيمية بغية تحديد معايير لتشغيل محطات HAPS في النطاقين GHz 28,35 - 27,5 و GHz 31,3 - 31،

توصي

- 1 بأنه من الممكن استعمال المنهجيات المتضمنة في الملحقين 1 و 2 لتقييم التداخل من نظام محطات HAPS إلى نظام الخدمة الثابتة التقليدي (من نقطة إلى نقاط متعددة (P-MP) ومن نقطة إلى نقطة (P-P)) (انظر الملاحظتين 1 و 2)؛
- 2 بأنه من الممكن استعمال المنهجية المتضمنة في الملحق 3 لتقييم التداخل من محطات HAPS إلى نظام خدمة ثابتة تقليدي في النطاق GHz 28,35 - 27,5؛
- 3 بأنه من الممكن استعمال المنهجيات المتضمنة في الملحق 1 و 2 و 3 لوضع اتفاقيات ثنائية بين الإدارات.

الملاحظة 1 - ينبغي الرجوع إلى التوصية ITU-R F. 1569 عند تناول معلمات نموذجية ذات صلة بنظام محطات HAPS.

الملاحظة 2 - جرت مناقشة تقييم التداخل من نظام محطات HAPS إلى نظام النفاذ اللاسلكي الثابت (FWA) لسيناريو أسوأ تداخل في الملحقين 1 و 2. وقد يسهم تبني آليات تخفيف التداخل الموصوفة في التوصية ITU-R F.1608 في تقليص مسافة الفصل المطلوبة.

الملاحظة 3 - تعد المعلمات الرقمية في الملحقين 1 و 2 مثل خرج الإرسال ثابتة. أما بشأن المعلمات الأخرى، فلن يكون حسابها بنفس الصعوبة وذلك استناداً إلى النتائج الموصوفة هناك. كما تجدر الإشارة إلى أن التوصية ITU-R F.758 تدرج بعض معلمات النظام، التي تتضمن بعضها أسوأ حالة من وجهة نظر مسائل التداخل.

الملحق 1

منهجية لتقييم التداخل من أنظمة عاملة في الخدمة الثابتة FS باستعمال

محطات المنصات عالية الارتفاع HAPS إلى أنظمة النفاذ اللاسلكي

الثابت FWA من نقطة إلى نقاط متعددة

في النطاقين GHz 28,35 - 27,5 و GHz 31,3 - 31

1 مقدمة

يقدم هذا الملحق منهجية لتقييم التداخل والمعلمات التقنية وتقنيات التشغيل التي ستُستعمل لتقاسم الدراسات بين الأنظمة في الخدمة الثابتة باستعمال محطات HAPS وأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت FWA التي تعمل من نقطة إلى نقاط متعددة في النطاقين GHz 28,35 - 27,5 و GHz 31,3 - 31. وتتكون الأنظمة من نقطة إلى نقاط متعددة عادةً من محطة قاعدة واحدة ومحطات مشترك متعددة.

ولا يوجد في نظام نفاذ FWA قاعدة تحكم استعمال نطاقي التردد المشار إليهما بين محطة قاعدة FWA ومحطة المشترك FWA. وعليه، ينبغي النظر في جميع حالات التداخل.

2 منهجية حساب التداخل من نظام محطات HAPS إلى نظام نفاذ FWA من نقطة إلى نقاط متعددة

1.2 تداخل من منطاد محطات HAPS إلى محطة نفاذ FWA

يتم التوصل إلى قدرة التداخل من حزمة نقطية لمنطاد HAPS إلى محطة نفاذ FWA، I (dB(W/MHz))، بالمعادلة (1).

$$(1) \quad I = P_{Tx_HmBn} + G_{Tx_HmBn}(\theta_{HmBn_F}) - L_s - L_{AtmHm_F} + G_{Rx_FWA}(\theta_{F_Hm}) - L_{fRx_FWA}$$

حيث:

P_{Tx_HmBn} : كثافة قدرة الإرسال لحزمة نقطية (Bn) لمحطات HAPS (Hm) (dB(W/MHz))

$G_{Tx_HmBn}(\theta_{HmBn_F})$: كسب هوائي حزمة نقطية لمنطاد HAPS باتجاه محطة FWA (dBi)

L_s : خسارة مسير فضاء حر بين منطاد HAPS ومحطة FWA (dB) كما هو موضح على النحو التالي:

$$L_s = 20 \log\left(\frac{4\pi d \times 1000}{\lambda}\right)$$

d : المسافة بين منطاد HAPS ومحطة FWA (km)

λ : طول الموجة (m)

L_{AtmHm_F} : خسارة الامتصاص الجوي بين منطاد HAPS ومحطة FWA (dB) (لمزيد من التفاصيل يرجى الرجوع

إلى التذييل 1 للملحقين 1 و2 المستند إلى التوصية ITU-R F.1404، حيث يُرمز إلى الامتصاص بالرمز $A(H, \theta)$.)

$G_{Rx_FWA}(\theta_{F_Hm})$: كسب هوائي استقبال محطة FWA باتجاه منطاد HAPS (dBi)

L_{fRx_FWA} : خسارة التغذية لمحطة FWA في جهة الاستقبال (dB).

ويمكن الحصول على نسبة قدرة التداخل إلى الضوضاء الحرارية للمستقبل، I/N ، من خلال المعادلة التالية:

$$(2) \quad dB I/N = I - 10 \log(293 \times k \times 10^{NF/10} \times 10^6)$$

حيث:

k : ثابت بولتزمان = 1.38×10^{-23} (J/K)

NF : عامل الضوضاء لمحطة FWA (dB).

2.2 التداخل من محطة أرضية HAPS إلى محطة FWA

يمكن الحصول على قدرة التداخل من محطة أرضية HAPS إلى محطة FWA، I (dB(W/MHz))، من خلال المعادلة (3).

$$(3) \quad I = P_{Tx_GS} - L_{fTx_GS} + G_{Tx_GS}(\theta_{H_F}) - L_s - L_{Atm} - L_{Obs} + G_{Rx_FWA}(\theta_{F_H}) - L_{fRx_FWA}$$

حيث:

P_{Tx_GS} : كثافة قدرة الإرسال من محطة أرضية HAPS (dB(W/MHz))

L_{fTx_GS} : خسارة التغذية لمحطة أرضية HAPS (dB)

$G_{Tx_GS}(\theta_{H_F})$: كسب هوائي لمحطة أرضية HAPS باتجاه محطة FWA (dBi)

L_S : خسارة مسير فضاء حر بين محطة أرضية HAPS ومحطة FWA (dB)

L_{Atm} : خسارة امتصاص جوي بين محطة أرضية HAPS ومحطة FWA (dB)، وتُحسب باستعمال التوصية ITU-R P.676.

L_{Obs} : خسارة الحجب بين محطة أرضية HAPS ومحطة FWA (لا تدخل في حساب مسافة الفصل المطلوبة) (dB)

$G_{Rx_FWA}(\theta_{F_H})$: كسب هوائي استقبال لمحطة FWA باتجاه محطة أرضية HAPS (dBi)

L_{fRx_FWA} : خسارة التغذية في محطة FWA (dB).

يمكن الحصول على نسبة التداخل إلى الضوضاء I/N بالمعادلة (2).

3. افتراضات لتحليل التداخل

1.3 نظام HAPS

يرد وصف معلمات نظام HAPS في التوصية ITU-R F.1569.

2.3 نظام FWA بتشغيل من نقطة إلى نقاط متعددة

يصف القسم 1 من التذييل 2 المعلمات المفترضة لنظام FWA بتشغيل من نقطة إلى نقاط متعددة للقيام بتقييم التداخل، حيث يشتمل على محطة القاعدة ومحطة مشترك.

أما فيما يتعلق بمحطة القاعدة FWA، تمت دراسة الحالات الثلاث التالية من وجهة نظر مخطط حزمة هوائي وخطة إعادة استعمال التردد. وهنا، يفترض تركيب محطات القاعدة عند مسافة كل كيلو مترين جغرافياً.

الحالة أ): يستند مخطط حزمة الهوائي إلى التوصية ITU-R F.1336 كما تبدو إعادة استعمال التردد واقعية على نحو نسبي (تستعمل نطاقات تردد مقسمة 4 x 4 من أربع محطات قاعدة وتغطي حزمة الهوائي خاصتها قطاع قدره 90°: يُعاد نصب مجموعة من أربع محطات على نحو مكرر)

الحالة ب): يستند مخطط حزمة الهوائي المفترض إلى التوصية ITU-R F. 1336، وتستعمل جميع محطات القاعدة التردد ذاته المخصص للمحطة القاعدة (وعليه، يفترض أن يكون المخطط الشامل باتجاه زاوية السمات)

الحالة ج): يُعد مخطط حزمة الهوائي المفترض واقعياً على نحو مقبول، الأمر الذي سيعتمده العديد من مزودي الخدمة (غير مدون في التوصية)، وأن خطة إعادة استعمال التردد هي ذاتها في الحالة أ).

4 أمثلة على نتيجة الحساب في حالة نظام FWA بتشغيل نقطة إلى نقاط متعددة

يرد في هذا القسم حساب خصائص نسبة I/N ومسافة الفصل المطلوبة. أما بخصوص معلمات النظام الخاصة بنظام FWA بتشغيل من نقطة إلى نقاط متعددة، فهناك ثلاث حالات أ) وب) وج)، يتم الأخذ بها في حسابات المحطة القاعدة. ويفترض أيضاً استعمال النمط ذاته لمحطة المشترك FWA لثلاث محطات القاعدة.

1.4 التداخل من منطاد HAPS لنظام FWA

عند دراسة التداخل من منطاد HAPS إلى محطة القاعدة FWA، يفترض نشر مناطيد 21×11 HAPS في منطقة تبلغ مساحتها $500 \text{ Km} \times 1000 \text{ Km}$. وتُقيّم خصائص نسبة I/N بوصفها دالة في المسافة بين محطة FWA ونقطة النظر لمنطاد HAPS الواقع في وسط الجانب 1000 km .

ومن خلال الحسابات، تتجه الحزمة الرئيسية لمحطة القاعدة FWA عادةً نحو الاتجاه الأفقي. ومن جهة أخرى، يفترض هنا ولغرض تحليل أسوأ حالة أن يتم تسديد محطة المشترك FWA على نحو مباشر نحو منطاد HAPS بارتفاع يصل إلى 60° .

1.1.4 التداخل من منطاد HAPS إلى محطة القاعدة FWA

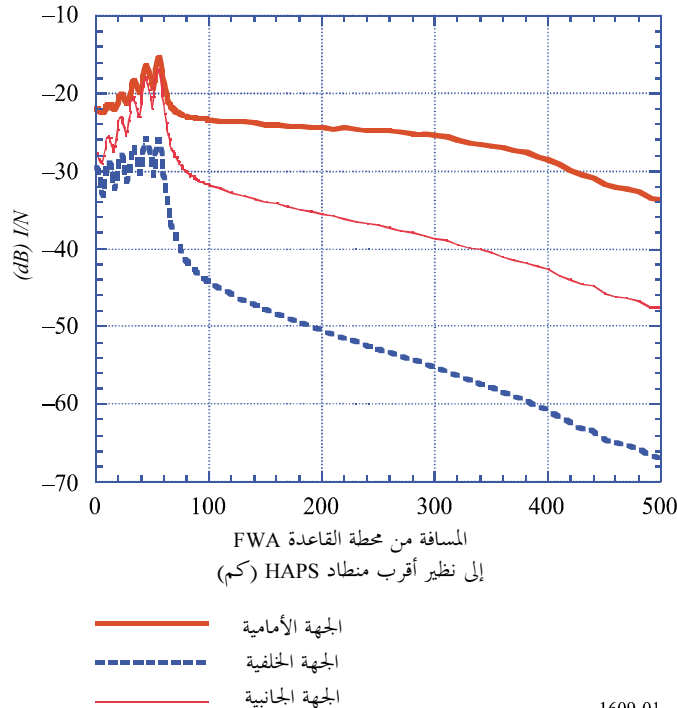
ترد في الشكلين 1 و 2 خصائص نسبة I/N لمحطة القاعدة FWA للحالتين أ (وب) على التوالي، عندما تكون عرضة للتداخل من مناطيد HAPS متعددة 21×11 (يرجى الرجوع إلى الشكل 3). ويقصد بالرمز "front" في الشكل 1 أن محطات القاعدة تُسدّد نحو مركز مناطيد HAPS المتعددة وجهاً لوجه في اتجاه زاوية السمّت. ويشير كل من "الجانب" و"الخلف" إلى الحالات التي ترى من خلالها محطة القاعدة المنطاد من الجهة الجانبية ومن الجهة الخلفية، على التوالي. كما تشير نسبة I/N إلى أسوأ قيمة بين جميع الحزم النقطية لمناطيد HAPS باستخدام نظام إعادة استعمال التردد.

ويُلاحظ من الشكلين، أن نسبة I/N القصوى تبلغ نحو -15 dB . وعليه، وفي ضوء الشروط المحددة هنا، يتضح أن مناطيد HAPS المتعددة قد لا تفضي إلى تداخل هام إلى محطة القاعدة FWA. ويُلاحظ أيضاً أن الجهة الأمامية تساوي الجهتين الجانبية والخلفية في الشكل 2، لأن المخطط الهوائي قد افترض أنه ذا خصائص شاملة باتجاه زاوية سمّت.

وعند استعمال مخطط الحزمة الواقعي على نحو مقبول لمحطة القاعدة FWA كما هو الحال في الحالة ج)، يتم خفض نسبة I/N على نحو طفيف كما هو موضح في الشكل 4. وفي الحالة ج)، تبلغ نسبة I/N القصوى نحو -20 dB .

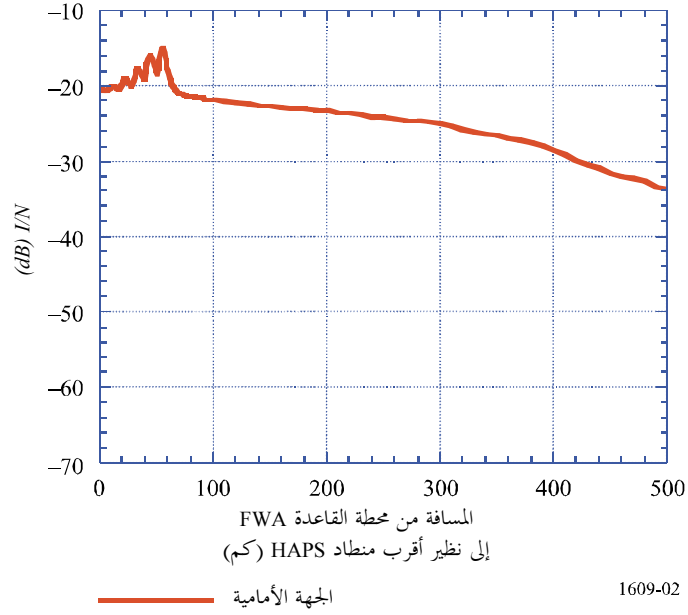
الشكل 1

خصائص نسبة I/N في محطة القاعدة FWA للحالة أ) عند تعرضها إلى التداخل من مناطيد HAPS المتعددة $21 \times 11 \text{ km}$



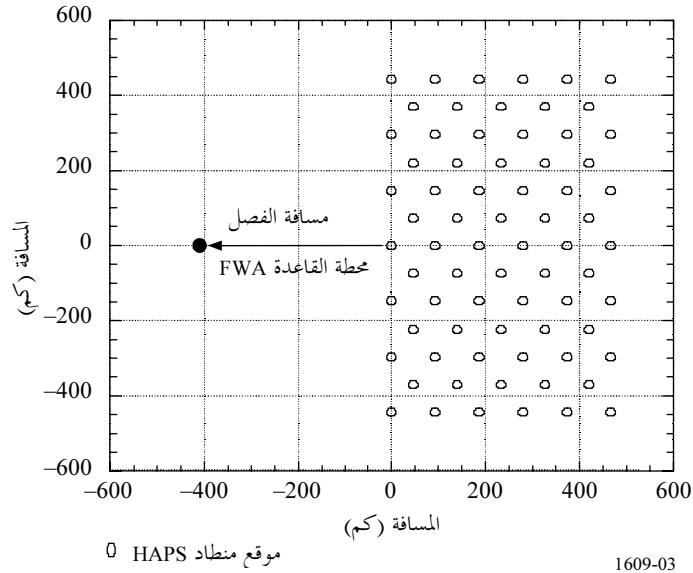
الشكل 2

خصائص نسبة I/N في محطة القاعدة FWA للحالة ب)
عند تعرضها إلى التداخل من مناطيد HAPS المتعددة 21×11



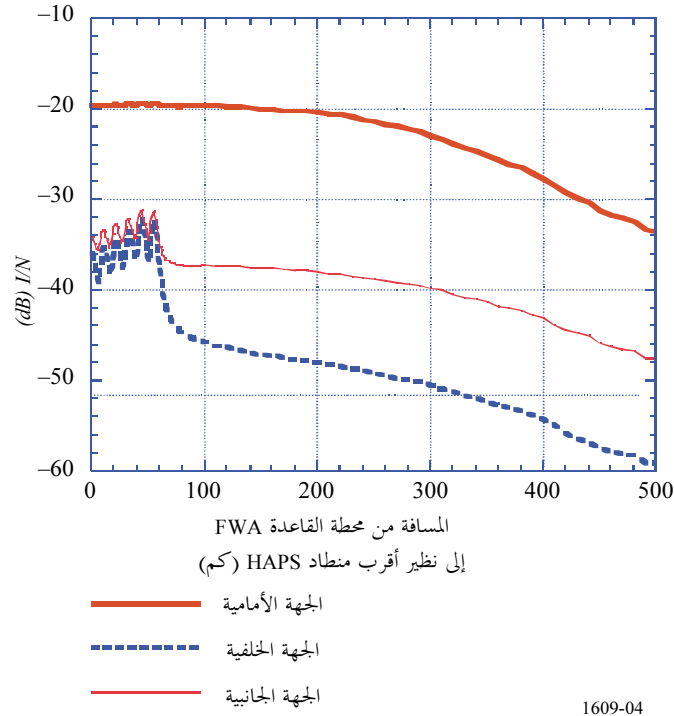
الشكل 3

مناطيد HAPS موزعة على منطقة تبلغ مساحتها 1000×500 km



الشكل 4

خصائص نسبة I/N في محطة القاعدة FWA للحالة ج)
عند تعرضها إلى التداخل من مناطيد HAPS المتعددة 21×11



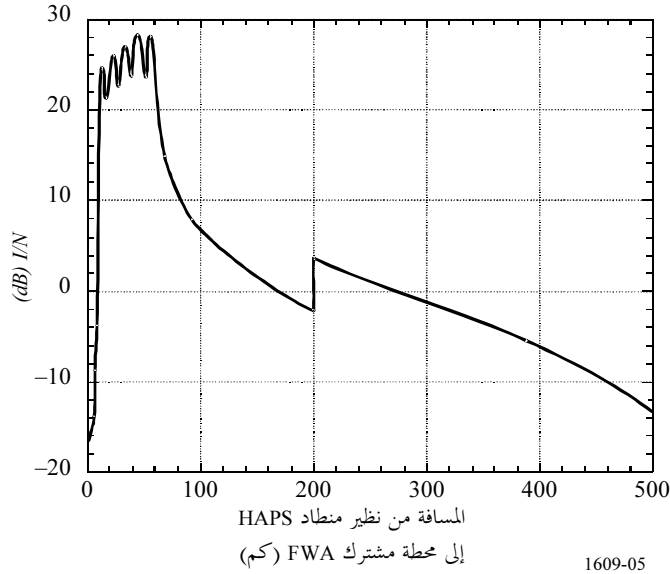
1609-04

2.1.4 التداخل من مناطيد HAPS إلى محطة مشترك FWA

فيما يتعلق بخصائص نسبة I/N لمحطة مشترك FWA، عند حدوث تداخل من مناطيد HAPS منفرد، تصبح أسوأ نسبة I/N قيمة كبيرة تبلغ نحو 30 dB كما هو موضح في الشكل 5. ويرجع ذلك إلى كسب هوائي أكبر لمحطة مشترك FWA مقارنة بكسب محطة القاعدة، فضلاً عن افتراض أن هوائي مشترك FWA مسدد على نحو مباشر نحو مناطيد HAPS بتحديد زاوية ارتفاع قصوى قدرها 60° . وعليه، سيتسبب مناطيد HAPS بتداخل واسع إلى محطة المشترك عند استعمال التردد ذاته. ويلاحظ في الشكل 5 أن المسافة البالغة 200 كم تقابل نقطة التحول من استعمال هوائي بقطر 30 سم إلى هوائي بقطر 60 سم (يرجى الرجوع إلى الملاحظة 1 من الجدول 2).

الشكل 5

خصائص نسبة I/N في محطة مشترك FWA عند تعرضها إلى التداخل من منطاد HAPS منفرد



2.4 التداخل من محطة أرضية HAPS إلى نظام FWA

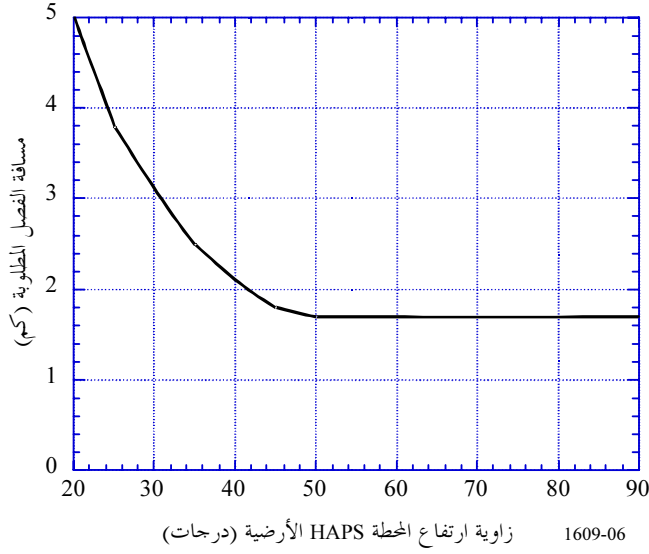
يُجرى التحليل فقط لحالة خط البصر بالنسبة إلى التداخل من المحطة HAPS الأرضية إلى محطة FWA. وبالإضافة إلى ما تقدم، يُفترض أن ارتفاع محطة HAPS الأرضية وارتفاع محطة FWA (محطة القاعدة ومحطة المشترك) متساويان، وأن كسب الهوائي لمحطة القاعدة FWA الموجه نحو محطة HAPS الأرضية واحد في الحالات الثلاث أ (ب) و (ج). ويجرى الحساب في حالة المدخل المفرد فقط، شريطة أن تكون المحطتان، وهما محطة HAPS الأرضية بزواوية ارتفاع أكثر من 20° والمحطة FWA باتجاه تسديد أفقي وجهاً لوجه نحو زاوية السميت. وتبلغ نسبة I/N المفترضة لهذا التحليل -15 dB.

1.2.4 التداخل من المحطة HAPS الأرضية إلى محطة القاعدة FWA

يُظهر الشكل 6 مسافة الفصل المطلوبة عندما تسبب محطة HAPS الأرضية تداخلاً إلى محطة القاعدة FWA. وباستعمال نسبة I/N المفترضة والتي قدرها -15 dB وزاوية الارتفاع الأدنى المفترضة البالغة 20°، تبلغ مسافة الفصل نحو 5 كم. وفي ضوء نصب محطة القاعدة FWA على نحو مكرر بإعادة استعمال تردد بفصل قدره 2-3 كم، فإن التواجد المشترك لمحطة القاعدة FWA ومحطة HAPS الأرضية سيكون متعذراً ما لم يتم استعمال واحدة من تقنيات تخفيف التداخل.

الشكل 6

مسافة الفصل المطلوبة عندما تحدث المحطة HAPS الأرضية تداخلاً إلى محطة القاعدة FWA كدالة في زاوية ارتفاع المحطة HAPS الأرضية

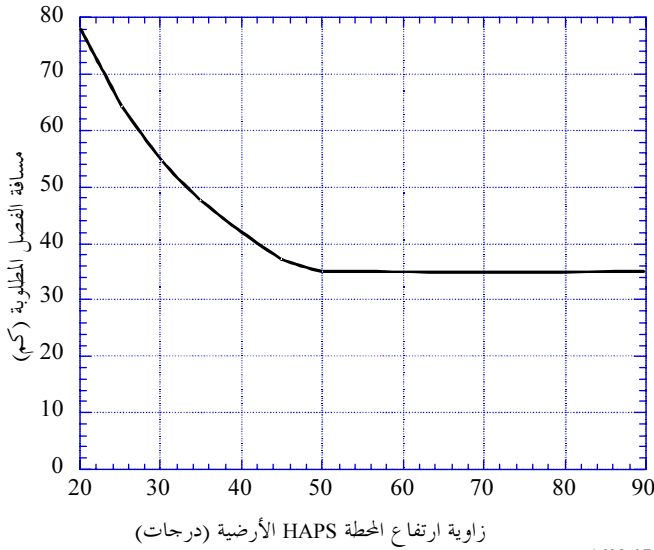


2.2.4 التداخل من المحطة HAPS الأرضية إلى محطة مشترك FWA

يظهر الشكل 7 مسافة الفصل المطلوبة عندما تحدث المحطة HAPS الأرضية تداخلاً إلى محطة المشترك FWA باستعمال نسبة I/N المفترضة البالغة -15 dB. وباستعمال نسبة I/N المفترضة البالغة -15 dB وزاوية الارتفاع البالغة 20°، تكون مسافة الفصل نحو 80 كم. وعليه يعد التواجد المشترك لمحطة المشترك FWA ومحطة HAPS الأرضية مستحيلاً دون تقنيات تخفيف التداخل.

الشكل 7

مسافة الفصل المطلوبة عندما تسبب المحطة HAPS الأرضية تداخلاً إلى محطة المشترك FWA كدالة في زاوية ارتفاع المحطة HAPS الأرضية



5 الخلاصة

يبين هذا الملحق طريقة لتقييم التداخل من مرسلات HAPS إلى أجهزة استقبال محطة FWA من نقطة إلى نقاط متعددة بمعلومية النسبة I/N ويقدر مسافة الفصل المطلوبة لبعض حالات النشر المفترضة لمحطات FWA و HAPS.

الملحق 2

منهجية لتقييم التداخل من أنظمة عاملة في الخدمة الثابتة تستعمل محطات HAPS إلى أنظمة FWA من نقطة إلى نقطة في النطاقين GHz 28,35-27,5 و GHz 31,3-31

1 مقدمة

يتناول هذا الملحق منهجية لتقييم التداخل والمعلومات التقنية وآليات التشغيل لاستعمالها في دراسات التقاسم بين الأنظمة في الخدمة الثابتة باستعمال أنظمة HAPS و FWA العاملة من نقطة إلى نقطة في النطاقين GHz 28,35-27,5 و GHz 31,3-31 ويتكون نظام من نقطة إلى نقطة من زوج واحد من محطتين راديويتين موجهتين وجهاً لوجه (لغرض التبسيط، تُسمى المحطة الراديوية في هذا الملحق محطة FWA).

2 منهجية حساب تداخل نظام HAPS إلى نظام FWA من نقطة إلى نقطة

بما أن منهجية حساب التداخل بين نظام HAPS ونظام FWA بتشغيل من نقطة إلى نقطة هي تماثل تلك التي تم وصفها في القسم 2 من الملحق 1، لذا تم إلغاء معادلة الحساب هنا.

3 افتراضات لتقييم التداخل

1.3 نظام HAPS

يرد وصف معلومات نظام HAPS في التوصية ITU-R F. 1569.

2.3 نظام FWA بتشغيل من نقطة إلى نقطة

يصف القسم 2 من التذييل 2 المعلومات المفترضة لنظام FWA بتشغيل من نقطة إلى نقطة للقيام بتقييم التداخل.

4 أمثلة لنتائج الحسابات في حالة نظام FWA بتشغيل من نقطة إلى نقطة

1.4 تداخل من منطاد HAPS إلى نظام FWA

عند دراسة التداخل من منطاد HAPS إلى محطة FWA، تُقيّم خصائص نسبة I/N بوصفها دالة في المسافة بين محطة FWA ونقطة النظر لمنطاد HAPS. ويفترض، من خلال الحساب، في هذه الحالة لغرض إجراء تحليل أسوأ حالة أن تكون محطة FWA مسددة بشكل مباشر نحو منطاد HAPS لغاية ارتفاع قدره 60° .

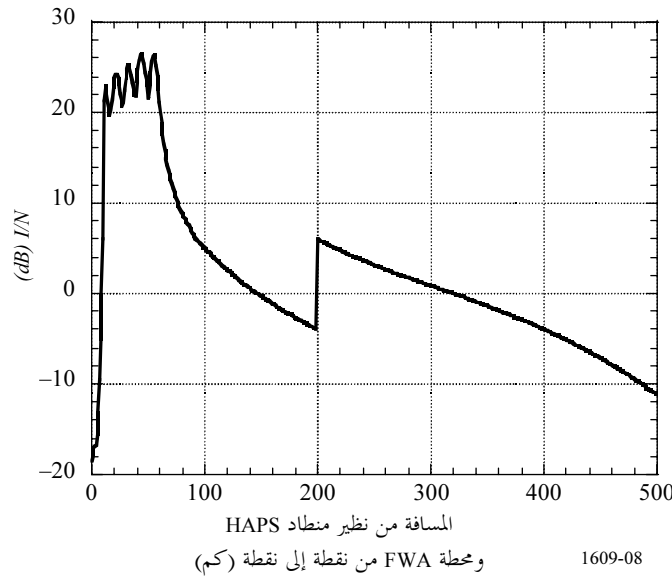
وفيما يتعلق بخصائص نسبة I/N في محطة FWA، عند حدوث تداخل من منطاد HAPS منفرد، تصبح أسوأ نسبة I/N قيمة كبيرة قدرها نحو 30 dB كما هو موضح في الشكل 8. يرجع ذلك إلى الكسب الأكبر لهوائي لمحطة FWA وافترض أن هوائي FWA مُسدّد على نحو مباشر باتجاه منطاد HAPS بتحديد أقصى زاوية ارتفاع قدرها 60°، ومن ثم يُحدث منطاد HAPS تداخلاً كبيراً إلى محطة FWA عند استخدام التردد ذاته. ويلاحظ في الشكل 8 أن مسافة 200 كم تقابل نقطة التحول من استعمال هوائي بقطر 30 سم إلى هوائي بقطر 90 سم (يرجى الرجوع إلى الملاحظة 1 من الجدول 3)

2.4 التداخل من المحطة الأرضية إلى نظام FWA

وفيما يخص التداخل بين محطة HAPS الأرضية ومحطة FWA الذي نحن بصدد، أُجري التحليل لحالة خط البصر فقط. كما يفترض أن ارتفاع محطة HAPS الأرضية وارتفاع محطة FWA متساويان. وأُجري الحساب لحالة المدخل المنفرد فقط شريطة أن يكون تسديد المحطتين، وهما محطة HAPS الأرضية بزاوية ارتفاع أكثر من 20° ومحطة FWA المسددة باتجاه أفقي، وجهاً لوجه في زاوية السم. وتبلغ قيمة نسبة I/N في هذا التحليل لتقاسم التردد -15 dB.

الشكل 8

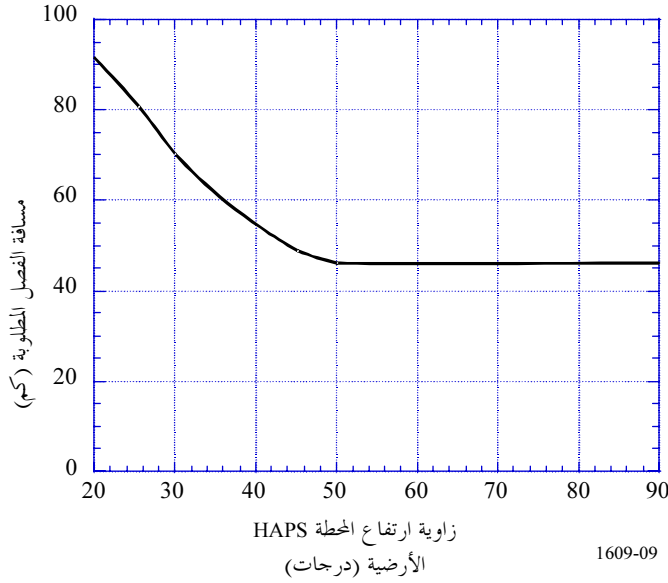
خصائص نسبة I/N في محطة FWA عند التعرض إلى التداخل من منطاد HAPS منفرد



يبين الشكل 9 مسافة الفصل المطلوبة عندما تسبب محطة HAPS الأرضية تداخلاً إلى محطة FWA. وتبلغ مسافة الفصل حوالي 92 كم باستعمال قيمة I/N البالغة -15 dB وزاوية ارتفاع قصوى قدرها 20°. ويعد التواجد المشترك لمحطة FWA من نقطة إلى نقطة ومحطة HAPS الأرضية مستحيلاً من دون تقنيات تخفيف التداخل.

الشكل 9

مسافة الفصل المطلوبة عندما تسبب المحطة HAPS الأرضية تداخلاً
إلى محطة FWA كدالة في زاوية ارتفاع محطة HAPS الأرضية



5 خلاصة

يبين هذا الملحق وسيلة لتقييم التداخل من مرسلات HAPS إلى مستقبلات FWA من نقطة إلى نقطة بدلالة النسبة I/N ، وتقييم مسافة الفصل المطلوبة لبعض عمليات النشر المفترضة لمحطات FWA و HAPS.

ومن الممكن تقاسم التردد بين محطات HAPS الأرضية ونظام FWA على سطح الأرض على أساس الاشتراك في الموقع، باستعمال وسائل مناسبة مثل تخصيص التردد الدينامي و/أو تنسيق كاف الذي سيعيد من الأمور الوطنية. ومن الطرق الفعالة لتخفيف التداخل بين محطة HAPS الأرضية ونظام FWA هي وضع محطات HAPS الأرضية في مواقع بحيث لا تُشاهد على نحو مباشر من نظام FWA. ويُلاحظ أيضاً أن التلال و/أو البنايات تعترض إشارة التداخل في أغلب الأحيان التي تبعد فيها محطتان بمسافة أكثر من 100 كم عن بعضهما.

التذييل 1

للملحقين 1 و 2

توهين الانتشار بسبب الغازات الجوية في مسير مائل

بين مناطيد HAPS ومحطات أرضية في النطاقين

GHz 31,3-31 و GHz 28,35-27,5

قُدّر توهين الانتشار بسبب الغازات الجوية في المسار المائل بين مناطيد HAPS والمحطات الأرضية باستعمال أدنى حد من توهين الانتشار للغازات الجوية. وكان الحد الأدنى من توهين الانتشار قد حُدد بالوسيلة الموضحة في التوصية ITU-R F. 1404، التي بدورها، كانت قد استندت إلى منهجية التوصية ITU-R P.676. وترد معلمات المناخ المفترضة في الجدول 1 من التوصية ITU-R F. 1404.

كما ترد الصيغ الرقمية للتوهين الجوي الذي يقرب القيم النظرية في الأقسام التالية، حيث:

الخسارة الجوية الكلية (dB) للمناطق ذات خط العرض المنخفض (في حدود 22,5° من خط الاستواء) والمناطق ذات خط العرض المتوسط (أكثر من 22,5°، وأقل من 45° من خط الاستواء) والمناطق ذات خط العرض المرتفع (45° أو أكثر من خط الاستواء) على التوالي.

$A_L(h, \theta), A_M(h, \theta), A_H(h, \theta)$: الخسارة الجوية الكلية (dB) للمناطق ذات خط العرض المنخفض (في حدود 22,5° من خط الاستواء) والمناطق ذات خط العرض المتوسط (أكثر من 22,5°، وأقل من 45° من خط الاستواء) والمناطق ذات خط العرض المرتفع (45° أو أكثر من خط الاستواء) على التوالي.

h : خط عرض محطة أرضية وفق مستوى سطح البحر (km)؛

θ : زاوية ارتفاع (درجات)، على التوالي.

وأجري التقريب للقيم $0 \leq h \leq 3$ km و $0 \leq \theta \leq 90^\circ$. ومن الممكن تحديد زاوية الارتفاع الفعلية من زاوية الارتفاع التي حُددت في إطار شروط انتشار الفضاء الحر باستعمال الطريقة الواردة في التوصية ITU-R F.1333. وبالنسبة لزاوية الارتفاع الفعلية تحت قيمة 0°، ينبغي استعمال التوهين للزاوية 0°.

1 نطاق التردد 27,5-28,35 GHz

يعد التوهين في نطاق التردد هذا أصغر على نحو طفيف عند الترددات العالية في المناطق ذات خط العرض المنخفض والمتوسط وأكبر بقليل عند الترددات العالية في المناطق ذات خط العرض المرتفع. وعليه، تفضي الصيغ التالية إلى توهين عند 28,35 GHz في حالة المناطق ذات خط العرض المنخفض والمتوسط ويكون التوهين عند 27,5 GHz في حالة المنطقة ذات خط العرض المرتفع.

$$(1a) \quad A_L(h, \theta) = 21.28 / \left[1 + 0.9505\theta + 0.03065\theta^2 + h(0.3381 + 0.4466\theta) + h^2(0.2331 + 0.1169\theta) \right]$$

$$(1b) \quad A_M(h, \theta) = 11.63 / \left[1 + 0.8167\theta + 0.02649\theta^2 + h(0.2688 + 0.4486\theta) + 0.1394h^2 \right]$$

$$(1c) \quad A_H(h, \theta) = 8.77 / \left[1 + 0.8259\theta + h(0.2163 + 0.3037\theta) + 0.1067h^2 \right]$$

2 نطاق التردد 31-31,3 GHz

يعد التوهين أكبر عند الترددات العالية في نطاق التردد المذكور، وعليه تفضي الصيغ التالية إلى توهين عند 31 GHz.

$$(2a) \quad A_L(h, \theta) = 19.54 / \left[1 + 0.9323\theta + 0.02553\theta^2 + h(0.3416 + 0.4413\theta) + h^2(0.1980 + 0.08016\theta) \right]$$

$$(2b) \quad A_M(h, \theta) = 11.76 / \left[1 + 0.8137\theta + 0.02033\theta^2 + h(0.2740 + 0.3935\theta) + 0.1203h^2 \right]$$

$$(2c) \quad A_H(h, \theta) = 9.52 / \left[1 + 0.8160\theta + h(0.2378 + 0.2722\theta) + 0.08949h^2 \right]$$

التذييل 2

للملحقين 1 و 2

معلومات نظام FWA لدراسة التقاسم

يتناول هذا التذييل معلومات نظام FWA مع تشغيل من نقطة إلى نقاط متعددة، الذي يشمل محطة القاعدة ومحطة المشترك على حد سواء ومعلومات نظام FWA مع تشغيل من نقطة إلى نقطة.

1 نظام FWA مع تشغيل من نقطة إلى نقاط متعددة

بخصوص محطة قاعدة FWA، تم النظر في الحالات الثلاث التالية من وجهة نظر مخطط هوائي لمحطة القاعدة وخطط إعادة استعمال التردد. ويفترض في هذه الحالة نصب محطات القاعدة عند كل كيلومترين.

الحالة أ): يستند مخطط حزمة الهوائي المفترض إلى التوصية ITU-R F.1336-1 كما تعد عملية إعادة استعمال التردد واقعية نسبياً (تستعمل أربع محطات قاعدة نطاقات تردد 4×4 مقسمة وتبلغ حزمة هوائها قطاع قدره 90° : مجموعة من أربع محطات تنصب على نحو متكرر).

الحالة ب): يستند مخطط حزمة الهوائي المفترض إلى التوصية ITU-R F.1336-1 وتستعمل جميع المحطات القاعدة نفس التردد المخصص لمحطة القاعدة (وعليه، يفترض مخطط شامل الاتجاهات باتجاه زاوية السميت).

الحالة ج): يعد مخطط حزمة الهوائي المفترض واقعياً على نحو مقبول، حيث يتبناه العديد من مزودي الخدمة (غير مدرج في التوصية)، كما أن خطة إعادة استعمال التردد هي نفسها المستخدمة في الحالة أ).

يظهر الجدولان 1 و 2 معلومات محطة قاعدة FWA للحالات الثلاث أعلاه وتلك المتصلة بمحطة المشترك FWA التي يفترض أن تكون واحدة للحالات الثلاث، على التوالي. وبخصوص الحالة ج)، تُستعمل خصائص قاطع التمام (Case c)، التي تصنع من قبل مزود معدات هوائي محدد.

الجدول 1

معلومات محطة القاعدة لنظام FWA من نقطة إلى نقاط متعددة

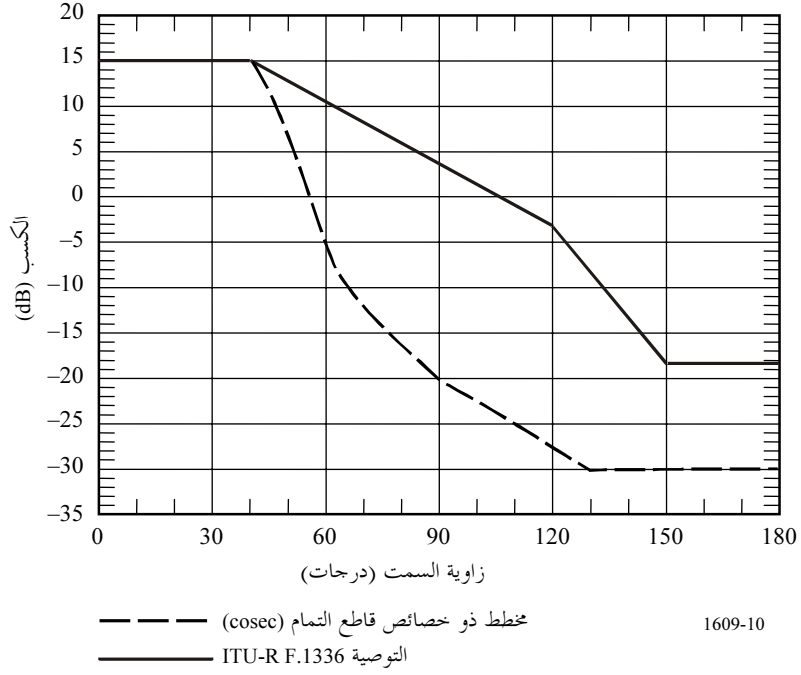
الحالة ج)		الحالة ب)		الحالة أ)		المعلومات
GHz 28	GHz 31	GHz 28	GHz 31	GHz 28	GHz 31	
4-	5-	4-	5-	4-	5-	خرج الإرسال (dBW)
18,1-	17-	18,1-	17-	18,1	17-	الكثافة الطيفية للخروج (dB(W/MHz))
6	7	6	7	6	7	عامل الضوضاء (dB)
138-	137-	138-	137-	138-	137-	الضوضاء الحرارية المحسوبة للمستقبل (dB(W/MHz))
15	15	15	15	15	15	كسب هوائي (dBi)
خصائص قاطع التمام	خصائص قاطع التمام	كلي	كلي	التوصية ITU-R (1)F.1336	التوصية ITU-R (1)F.1336	مخطط هوائي (زاوية سمت، الشكل 10)
خصائص قاطع التمام	خصائص قاطع التمام	التوصية ITU-R (2)F.1336	التوصية ITU-R (2)F.1336	التوصية ITU-R (2)F.1336	التوصية ITU-R (2)F.1336	مخطط هوائي (ارتفاع، الشكل 11)
0	0	0	0	0	0	خسارة التغذية (dB)
إبراق التغيير النبضي الرباعي	إبراق التغيير النبضي الرباعي	إبراق التغيير النبضي الرباعي	إبراق التغيير النبضي الرباعي	إبراق التغيير النبضي الرباعي	إبراق التغيير النبضي الرباعي	التشكيل

(1) يعد مخطط الحزمة بوصفه قناعاً للخصائص المقاسة الوارد في الشكل 15 من التوصية ITU-R F.1336.

(2) يُعبر عن مخطط الحزمة بالمعادلات (أ) و(ب) و(ج) الوارد في التوصية ITU-R F.1336.

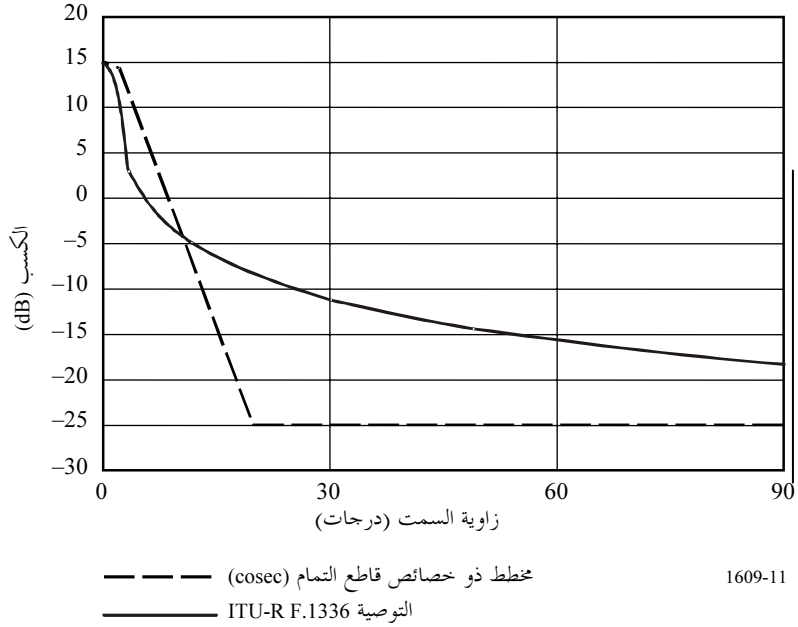
الشكل 10

مخطط حزمة هوائي مفترض باتجاه زاوية السم



الشكل 11

مخطط حزمة هوائي مفترض باتجاه الارتفاع



2 نظام FWA بتشغيل من نقطة إلى نقطة

ترد في الجدول 3 معلمات نظام محطة FWA في نظام من نقطة إلى نقطة. ولا يؤخذ تحكم قدرة الإرسال عادة في الاعتبار في نظام FWA من نقطة إلى نقطة. وترسل محطة FWA دائماً إشارة بقدرة لحالات المطر.

الجدول 2

معلمات محطة المشترك في نظام FWA من نقطة إلى نقاط متعددة

سماء صافية		معرضة للخبو الناجم عن المطر		معلمة
GHz 28	GHz 31	GHz 28	GHz 31	
20-	23-	10-	10-	خرج الإرسال (dBW)
28,1-	30-	18,1-	17-	للخرج (dB(W/MHz))
6	7	6	7	عامل الضوضاء (dB)
138-	137-	138-	137-	الضوضاء الحرارية المحسوبة للمستقبل (dB(W/MHz)) كسب الهوائي (dBi)
42/36	43/37	42/36	43/37	مخطط هوائي
التوصية ITU-R F.1245	التوصية ITU-R F.1245	التوصية ITU-R F.1245	التوصية ITU-R F.1245	خسارة التغذية (dB)
0	0	0	0	التشكيل
إبراق التغيير النبضي الرباعي	إبراق التغيير النبضي الرباعي	إبراق التغيير النبضي الرباعي	إبراق التغيير النبضي الرباعي	

الملاحظة 1- فيما يتعلق بكسب الهوائي للنطاق GHz 31، فإن القيمة 43 dBi تقابل هوائي بقطر 60 سم للمسافات البعيدة، بينما تقابل القيمة 37 dBi هوائي بقطر 30 سم للمسافات القصيرة. ويُفترض استعمال هوائي بقطر 30 سم لارتفاعات أكثر من 5° وبخلافه يُستعمل هوائي بقطر 60 سم. وتسري مثل هذه الفرضية في حالة النطاق GHz 28.

الجدول 3

معلومات محطة FWA في نظام من نقطة إلى نقطة

المعلمة	GHz 31	GHz 28
خرج الإرسال (dBW)	3-	3-
كثافة طيفية للخرج (dB(W/MHz))	6-	6-
عامل الضوضاء (dB)	7	8
الضوضاء الحرارية المحسوبة للمستقبل (dB(W/MHz))	137-	136-
كسب الهوائي (dBi)	46/37	46/36
مخطط هوائي	التوصية ITU-R F.1245	التوصية ITU-R F.1245
خسارة التغذية (dB)	0	0
التشكيل	FSK-4	إبراق التغيير النبضي الرباعي

الملاحظة 1- فيما يتعلق بكسب الهوائي للنطاق GHz 31، فإن القيمة 46 dBi تقابل هوائي بقطر 90 سم تقريباً للمسافات البعيدة، بينما تقابل القيمة 37 dBi هوائي بقطر 30 سم تقريباً للمسافات القصيرة. ويُفترض استعمال هوائي بقطر 30 سم للارتفاعات الأكبر من 5° وبخلافه يُستعمل هوائي بقطر 90 سم. وتسري مثل هذه الفرضية في حالة النطاق GHz 28.

الملحق 3

منهجية لتقييم التداخل باستعمال نهج عشوائي من محطات HAPS إلى محطات أنظمة FWA في النطاق GHz 28,35-27,5

1 المقدمة

يقدم هذا الملحق منهجية لتقييم التداخل وأمثلة لتقييم التداخل من محطة HAPS إلى نظام FWA يعملان في النطاق GHz 28,35-27,5 باستعمال نهج عشوائي يستند إلى ظروف تشغيل واقعية. وبخصوص التداخل إلى محطة مشترك FWA، يبدو واضحاً أن كسب هوائي محطة FWA نحو محطة HAPS هو معلمة مهيمنة. ويتم تقدير التداخل بافتراض أن لهوائيات محطات مشترك FWA زوايا ارتفاع وفقاً للتوزيع العشوائي لأنظمة FWA النموذجية وزوايا السمات بتوزيع عشوائي. ويُقيم التداخل إلى محطات القاعدة FWA أيضاً قدر نسبة إلى المسافة من HAPS، بافتراض توزيع هوائيات القطاع على نحو أفقي وبمواجهة محطة HAPS.

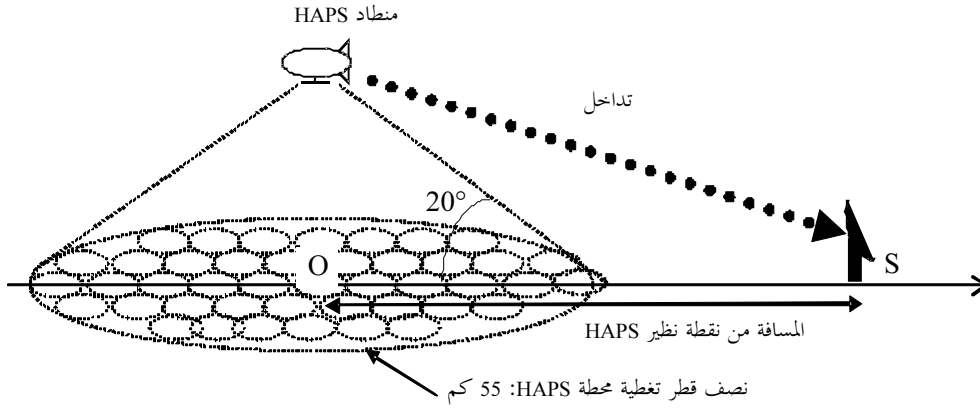
2 نموذج محاكاة

1.2 منهجية الحساب

يُحسب التداخل من منطاد HAPS إلى محطة أنظمة FWA باستعمال السيناريو الموضح في الشكل 12. وتُطبق المنهجية الواردة في القسم 1.2 في الملحق 1 من هذه التوصية وفقاً للشروط التالية:

الشكل 12

نموذج محاكاة تداخل



O: نقطة نظير لمنطاد HAPS
S: محطة مشتركة FWA عند النقطة المرجعية

1.1.2 وصلة هابطة لمحطة HAPS

تستند الخصائص التقنية لنظام محطات HAPS إلى التوصية ITU-R F.1569. ويُفترض أن تكون قدرة التداخل هي القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) من جميع الحزم النقطية لمحطات HAPS نحو نقطة مرجعية في شق التردد ذاته. ويُفترض الإرسال في الفضاء الحر لأغراض التقييم المعتدل.

2.1.2 محطة مشتركة FWA

يرد وصف معالم محطات المشترك في التذييل 2 من ملاحق هذه التوصية. ويتم وضع محطات المشترك عند نقطة مرجعية بزوايا تسديد هوائي وفقاً لإحصائيات النشر المفترضة على النحو الوارد في القسم 3.2.

3.1.2 محطة القاعدة FWA

يرد وصف معالم محطات القاعدة في التذييل 2 من الملاحق المرفقة بهذه التوصية.

2.2 نظام محطات HAPS

يرد وصف التشكيل النموذجي لنظام HAPS في التوصية ITU-R F. 1569. وترد في الجدول 4 خلاصة للمعلومات المستعملة للتقييم.

الجدول 4

معلومات وصلة هابطة لنظام HAPS

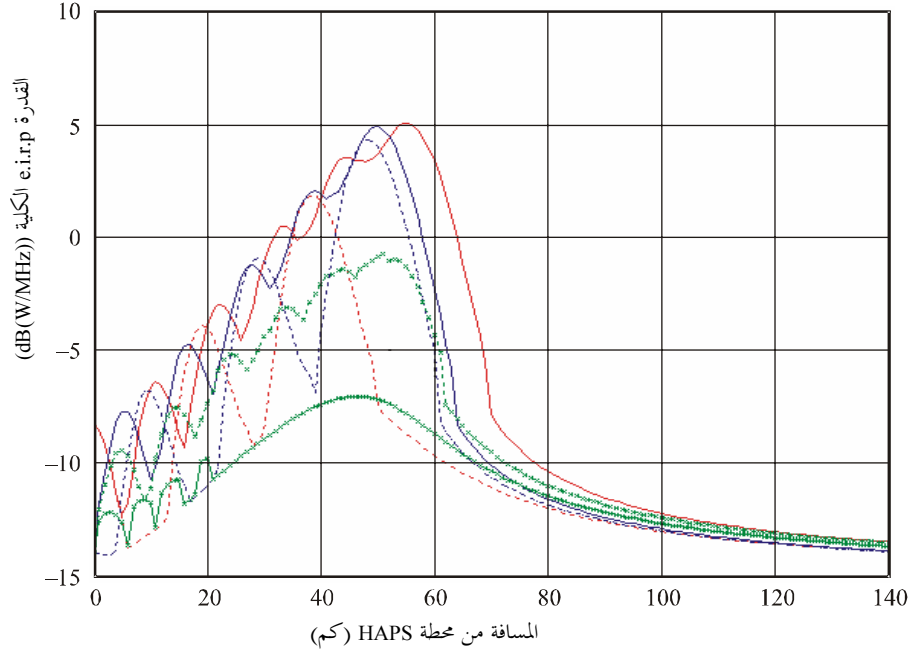
المعلمة	الوصف
عدد الحزم	367
عامل إعادة استعمال التردد	4
قدرة e.i.r.p. الكلية	يرجى الرجوع إلى الشكل 13 (f1 90°)
كسب الهوائي	16,5 إلى 29,5 dB
مخطط الهوائي	التوصية ITU-R F.1245
نصف قطر المنطقة المغطاة	55 كم (الحد الأدنى لزاوية الارتفاع 20°)

تتبنى 367 حزمة عامل إعادة استعمال تردد قدره أربعة (4) وذلك كي تتغير قدرة الإرسال من محطات HAPS نحو الأرض لشقوق التردد واتجاهات الإشعاع. ويظهر الغلاف الأقصى لقدرة e.i.r.p. الكلية من الهوائي ذي 367 حزمة في الشكل 20 في التذييل 3 للملحق 1 من التوصية ITU-R F.1569. أما الشكل 13 فيُظهر قيم قدرة e.i.r.p. لكل شق تردد معبر عنها بوصفها معلومات في المسافة من نقطة نظير محطات HAPS في اتجاهين متعامدين في السمات (0° و 90° من المحور x). ويستعمل التقييم قدرة e.i.r.p. لقيمة "f1 90°" التي تسبب أسوأ تداخل لنظام FWA خارج منطقة خدمة محطات HAPS.

الشكل 13

قدرة e.i.r.p. الكلية لمحطات HAPS بواسطة 397 حزمة

قدرة e.i.r.p. الكلية مقابل المسافة من المحطة HAPS (dB(W/MHz))



- f1 0°
- f1 90°
- f2 0°
- f2 90°
- f3 0° and f4 90°
- f3 90° and f4 0°

3.2 محطة مشترك FWA

1.3.2 معلمات محطة مشترك

تستعمل في هذا التقييم معلمات محطة مشترك FWA الواردة في الجدول 2 من التذييل 2 للمحقي هذه التوصية.

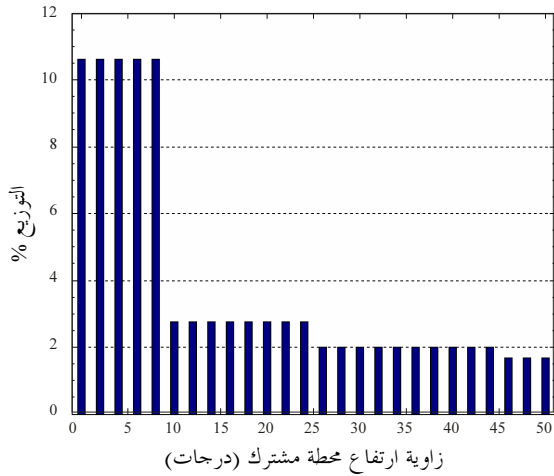
2.3.2 إحصائيات النشر

زاوية ارتفاع:

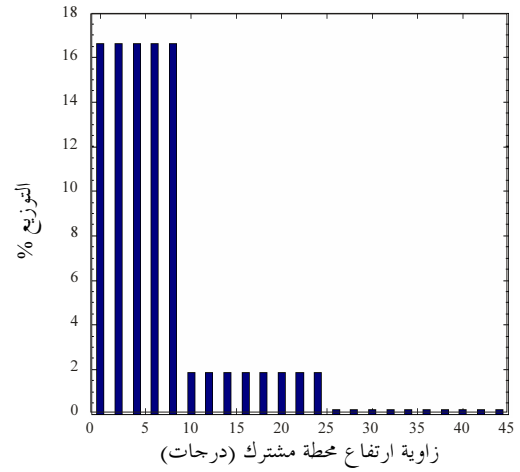
تقدم التوصية ITU-R F.1498 مثالين لإحصائيات زاوية ارتفاع لنظام FWA في النطاق 38 GHz، وهما مثال الولايات المتحدة الأمريكية والمثال الياباني في الشكلين 6 و 8 في ملحقتها 1، على التوالي. وهذان المثالان غير ملائمين على نحو مناسب لتقييم التداخل حيث يعد التوزيع رديء جداً. وتفترض هذه التوصية أن التوزيع منتظم في النطاقات المخصصة. فعلى سبيل المثال، يقدم النموذج الأمريكي التوزيع لنسبة 53% لنطاق زوايا الارتفاع الأقل من 10°. وتتحول هذه القيمة إلى 5/53% (=10,6%) عند زوايا الارتفاع 0° و 2° و 4° و 6° و 8° في الحساب، على التوالي. ويبين الشكل 14 توزيعات زوايا الارتفاع المستخدمة في التقييم.

الشكل 14

توزيع زوايا الارتفاع لمحطة مشترك FWA



أ) نموذج الولايات المتحدة



ب) نموذج ياباني 1609-14

زاوية السميت:

يفترض أن زوايا السميت لمحطات المشترك موزعة على نحو موحد.

خصائص الانتشار:

بالإضافة إلى خسارة الفضاء الحر، يؤخذ في الاعتبار خسارة الامتصاص الجوي للمنطقة ذات خط العرض المتوسط الموصوفة بالتذييل 1. لم يتم مراعاة تأثير الأرض والبنائيات وذلك لكي تكون الدراسة معتدلة على الرغم من الخسارة الكبيرة المتوقعة عند التطبيق العملي.

عوامل أخرى:

لا يؤخذ بالاعتبار ارتفاع هوائي محطة المشترك في المحاكاة لأنه لا يُعد عاملاً حاسماً في حالات الإرسال في خط البصر.

4.2 محطة القاعدة FWA

استعملت في هذه الدراسة معلمات محطة القاعدة FWA الواردة في الجدول 1 من التذييل 2 للمحقي هذه التوصية. وهوائي محطة القاعدة من النمط القطاعي بكسب أقصى قدره 15 dB ويكون مخططه في المستوى الرأسي وفقاً للتوصية ITU-R F.1336. كما يُفترض أن هوائي المحطة المحورية يواجه نقطة نظير محطات HAPS بزاوية ارتفاع قدرها 0°.

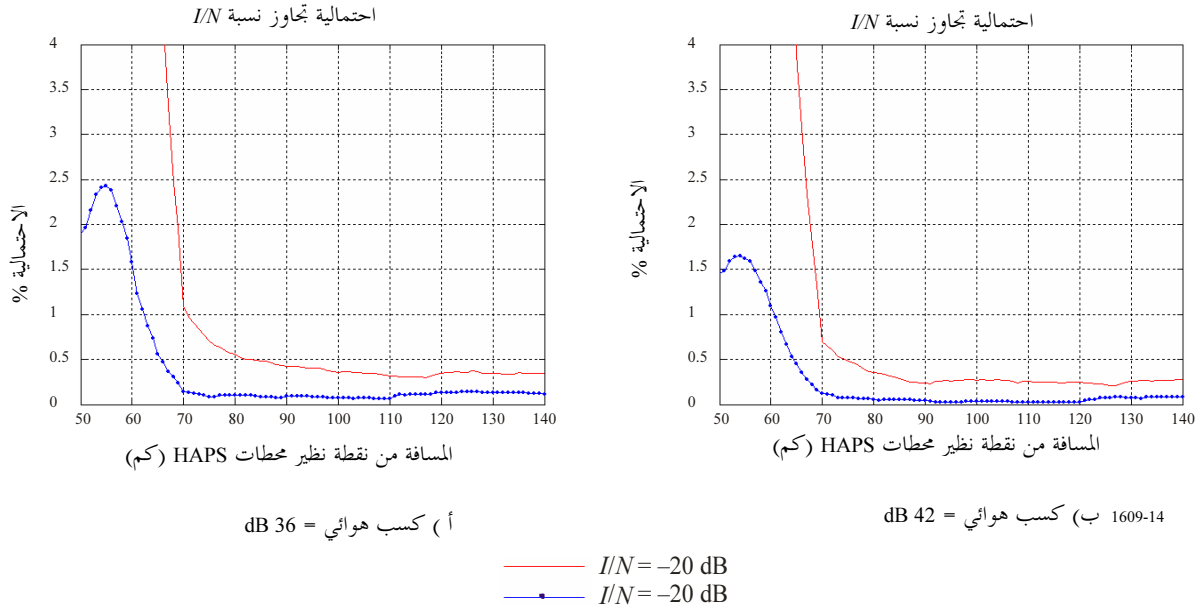
3 نتائج الحساب

تُقيّم، في حالة محطة مشترك FWA، قيم نسبة التداخل إلى الضوضاء (I/N) كدالة في المسافة بين المحطة ونقطة نظير لمحطات HAPS. ويبين الشكلان 15 و16 احتمال تجاوز معياري النسبة $I/N = -20$ dB و -10 dB لمحطات المشترك التي تمتلك إحصائيات التوزيع المفترضة لزوايا الارتفاع. وتشير هذه الإحصائيات إلى إمكانية إجراء خفض كبير لنسبة I/N عند فصل محطات المشترك بمسافة فصل قدرها 70 كم عن محطات HAPS.

أما بخصوص محطة القاعدة FWA، فقد تكون نسب I/N المحسوبة صغيرة جداً خارج منطقة خدمة محطات HAPS كما هو موضح في الشكل 17.

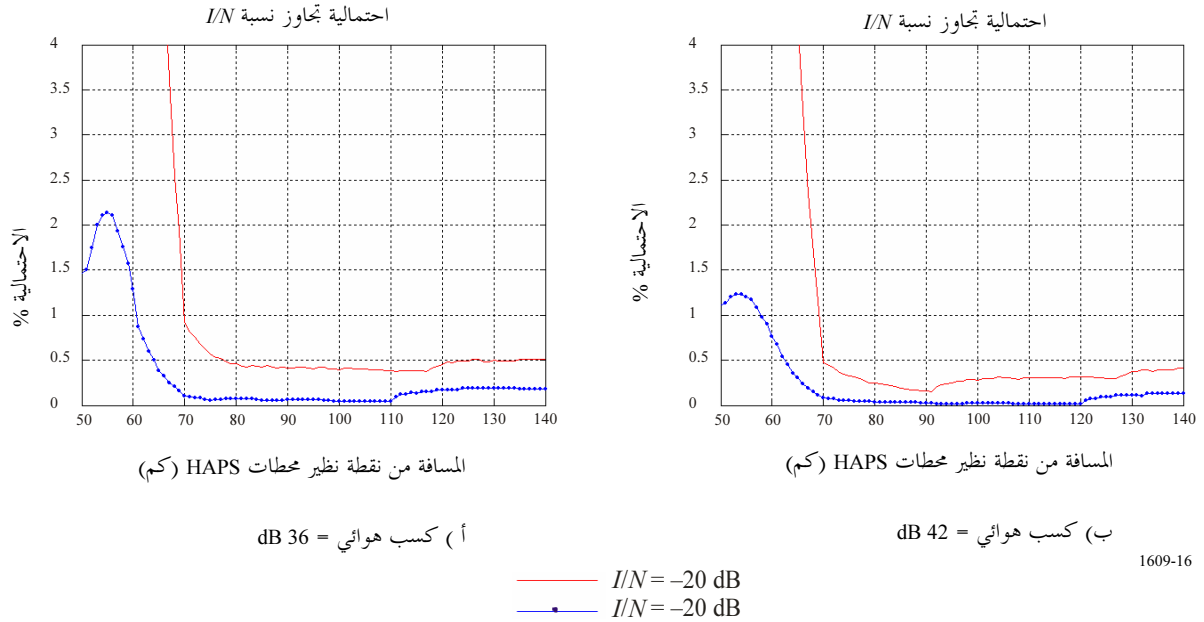
الشكل 15

احتمالية نسبة I/N لخطة مشترك FWA: نموذج الولايات المتحدة الأمريكية لتوزيع EL



الشكل 16

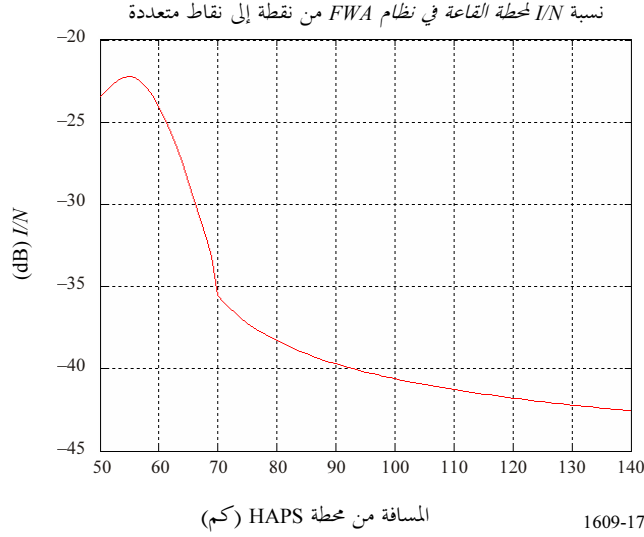
احتمالية نسبة I/N لخطة مشترك FWA: النموذج الياباني لتوزيع EL



الشكل 17

نسبة I/N لمحطة القاعدة FWA

نسبة I/N لمحطة القاعدة في نظام FWA من نقطة إلى نقاط متعددة



4 خلاصة

تمت البرهنة على إمكانية خفض احتمالية التداخل من منطاد HAPS إلى محطة مشترك FWA على نحو كبير عند الأخذ بالحسبان العوامل العشوائية لنظام FWA. ويشير مثال التقييم إلى أن احتمالية حدوث تداخل ملحوظ سوف تنخفض إلى حد كبير عند فصل محطة مشترك FWA عن نقطة نظير محطات HAPS بمدى قدره 70 كم.

أما بخصوص محطة القاعدة FWA، فستكون نسبة I/N القصوى أقل من -20 dB حتى في ظل الافتراضات المضادة.

وتجدر الملاحظة إلى أن التقييم لا زال معتدلاً وأنه يمكن إجراء خفض أكبر للتداخل في حالات التشغيل الحقيقية، مع الأخذ بالحسبان عوامل انتشار أخرى بما في ذلك البناء التكتل البنائي الجوي وتوهين المطر.