الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصيـــة ITU-R M.1469-2

(2010/01)

منهجية تقييم احتمالات التداخل على مستقبلات الخدمة الثابتة في خط البصر (LoS) الناجمة عن إرسالات الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) متعددة النفاذ بتقسيم الزمن/متعددة النفاذ بتقسيم التردد (TDMA/FDMA) (أرض–فضاء) في مدى الترددات GHz 3-1

السلسلة M

الخدمة المتنقلة وخدمة التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة

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
S	الخدمة الثابتة الساتلية
RS	أنظمة الاستشعار عن بعد
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، 2010

© ITU 2010

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).

التوصيـــة ITU-R M.1469-2*

منهجية تقييم احتمالات التداخل على مستقبلات الخدمة الثابتة في خط البصر (LoS) الناجمة عن إرسالات الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) متعددة النفاذ بتقسيم الزمن/متعددة النفاذ بتقسيم التردد (TDMA/FDMA) (أرض–فضاء) في مدى الترددات GHz 3-1**

(المسألتان ITU-R 201/4 وITU-R 118/5)

(2010-2005-2000)

مجال التطبيق

تتضمن هذه التوصية المنهجية التي يمكن استعمالها في تقييم احتمالات التداخل الناجم عن نشر المحطات الأرضية المتنقلة (MES) التي تستعمل هوائيات غير اتجاهية على مستقبلات الخدمة الثابتة (FS) في خط البصر (LoS) في المدى GHz 3-1. وتسمح هذه الطريقة بالتنبؤ باحتمالات التداخل على مستقبلات الخدمة الثابتة في المناطق التي يوجد فيها تقاسم للتردد بين الخدمتين.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن نطاق الترددات MHz 1 660,5-1 626,5 موزع للخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) (أرض–فضاء) على أساس أولي في جميع الأقاليم؛

ب) أن النطاقين MHz 1 645,5-1 626,5 وMHz 1 660-1 646,5 موزعان كذلك للخدمة الثابتة على أساس أولي في بعض البلدان؛

ج) أن نطاق الترددات MHz 1 675-1 668,4 موزع للخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) (أرض–فضاء) والخدمة الثابتة على أساس أولي مشترك في جميع الأقاليم؛

د) أن نطاق الترددات MHz 2 010-1 980، في جميع الأقاليم ونطاق الترددات MHz 2 025-2 010، في الإقليم 2، موزعان للخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) (أرض–فضاء) وللخدمة الثابتة على أساس أولي مشترك؛

هـ) أن المحطات الأرضية المتنقلة (MES) قد تتسبب في حدوث تداخل على مستقبلات الخدمة الثابتة في خط البصر العاملة في نطاقات الترددات MHz 1 645,5-1 626,5 وMHz 1 660-1 646,5 وMHz 1 675-1 668,4 وMHz 2 025-1 980، الخاصة بالخدمة المتنقلة الساتلية، داخل منطقة تنسيق المحطات الأرضية المتنقلة، بالشكل الذي يتم تحديده باستعمال الطرائق المبينة في لوائح الراديو؛

و) أن طبيعة هذا التداخل تتغير مع الزمن؛

ز) أن هناك حاجة إلى أدوات للتحليل الدقيق من أجل تسهيل التنسيق بين الإدارات المشغلة للمحطات الأرضية المتنقلة (MES) والإدارات المتأثرة المشغلة لمستقبلات الخدمة الثابتة،

---

* ينبغي أن تقدم هذه التوصية إلى عناية لجنة الدراسات 3 للاتصالات الراديوية.

** نظراً إلى أن هذه التوصية قد أعدت بالتعاون بين لجنتي الدراسات 4 و5 للاتصالات الراديوية فإن كل مراجعة لاحقة ستجري أيضاً بالتعاون بين هاتين اللجنتين.

توصي

1 أن يُراعى، لدى تقييم احتمالات التداخل الذي قد تسببه المحطات الأرضية المتنقلة (MES) على أنظمة الخدمة الثابتة، الطابع المتغير مع الزمن لإشارات المحطات الأرضية المتنقلة التي تستقبلها محطات الخدمة الثابتة، بما في ذلك آثار التوزيع الجغرافي والنهاري المتوقع لمحطات الإرسال الأرضية المتنقلة والتغييرات التي تطرأ مع الزمن على سوية قدرة الإشارات المطلوبة في أنظمة الخدمة الثابتة؛

2 أن تُستعمل المنهجية الواردة في الملحق 1 أثناء التنسيق الثنائي للتقييم الدقيق لاحتمالات التداخل الذي تسببه المحطات الأرضية المتنقلة التي تستعمل هوائيات غير اتجاهية لمستقبلات الخدمة الثابتة (انظر الملاحظتين 1 و2).

الملاحظة 1 – يتطلب تطبيق المنهجية الواردة بهذه التوصية إعداد خوارزميات أو عمليات حسابية للتعامل مع تنفيذ الاعتبارات المبينة. وينبغي أن يكون استعمال أو تكييف هذه الخوارزميات أو العمليات الحسابية في أي تنسيق ثنائي بموافقة الأطراف المعنية.

الملاحظة 2 – فيما يخص الأراضي التي يعمل فيها عدد كبير من أنظمة الخدمة الثابتة، يمكن الاكتفاء بتطبيق المنهجية الواردة في الملحق 1 على مجموعة تمثل أنظمة الخدمة الثابتة مع استعمال معلماتها الفعلية، ومع مراعاة إدراج أنظمة الخدمة الثابتة التي من المحتمل أن تكون الأشد تعرضاً للتداخل من جراء مواقعها وخصائصها.

الملحق 1

منهجية التقييم الدقيق لاحتمالات التداخل الذي تسببه المحطات الأرضية المتنقلة على مستقبلات الخدمة الثابتة

(انظر الملاحظة 1)

الملاحظة 1 – تطبق المنهجية المبينة في هذه التوصية على أنظمة الخدمة الثابتة مما يتيح طريقة مبسطة نسبياً للتعامل مع قدرة الإشارة المسببة للتداخل وسويات نوعية الأداء المرتبطة بها في قفزة منفردة في نظام للترحيل الراديوي متعدد القفزات. ويمكن وضع وتطبيق منهجية مماثلة للتعامل مع قفزة واحدة في نظام للترحيل الراديوي التماثلي متعدد القفزات فيما يتعلق بمعايير الأداء المناسبة (أي معايير نوعية الأداء من طرف إلى طرف في نظام تماثلي متعدد القفزات موزعة تبعاً لعدد القفزات).

1 مقدمة

يعرض هذا الملحق طريقة محاكاة تفصيلية يمكن استعمالها في تقييم احتمالات التداخل الناجم عن النشر الواقعي للمحطات الأرضية المتنقلة (MES) التي تستعمل هوائيات غير اتجاهية على مستقبلات الخدمة الثابتة في خط البصر. وتسمح هذه الطريقة بالتنبؤ بدقة باحتمال التداخل على مستقبلات الخدمة الثابتة في مناطق تقاسم الترددات بين الخدمتين.

2 وصف عام

تجري عملية محاكاة على عدد كبير من المراحل الزمنية. وتُجرى الحسابات التالية في كل مرحلة زمنية:

1.2 تحسب سوية الإشارة المطلوبة عند محطة استقبال الخدمة الثابتة في عرض نطاق ترددات قدره 1 MHz باستعمال خصائص نقل الخدمة الثابتة بالاقتران مع نموذج الخبو بسبب تعدد المسيرات الوارد في التوصية ITU-R P.530 (انظر الفقرة 3 لمزيد من التفاصيل).

2.2 تحسب القدرة المجمعة للإشارة المسببة للتداخل في عرض نطاق التردد والصادرة عن جميع المحطات الأرضية المتنقلة النشيطة المنتشرة في منطقة معينة، عند دخل كل مستقبل من مستقبلات الخدمة الثابتة. وتستعمل البيانات الرقمية الخاصة بالتضاريس في استخلاص الملامح الرئيسية لتضاريس مسيرات التداخل من كل محطة أرضية متنقلة على كل مستقبل من مستقبلات الخدمة الثابتة. وتحسب خسارة الإرسال الأساسية لكل مسير تداخل باستعمال الطرائق الواردة في التوصية ITU-R P.452 (انظر الفقرة 4 لمزيد من التفاصيل).

3.2 تحسب النسبة $C/(N + I)$ عند كل مستقبل من مستقبلات الخدمة الثابتة (انظر الفقرة 5 لمزيد من التفاصيل). وينبغي عند حساب القيمة N مراعاة الآثار المترتبة على جميع درجات الانحطاط في نظام الخدمة الثابتة (انظر على سبيل المثال التوصية ITU-R M.1319).

يمكن بإجراء المحاكاة لفترة من الوقت طويلة بما فيه الكفاية (أي لعدد كبير جداً من المراحل الزمنية) الحصول على نتائج ذات دلالة إحصائية. وتطبق هذه العملية على العديد من الانتشارات الفعلية للمحطات الأرضية المتنقلة لاستبعاد حساسية النتائج بالنسبة لانتشارات معينة من الانتشارات محل الدراسة والتي يمكن أن تكون ذات أهمية خاصة في الحالات التي قد يتغير فيها بدرجة كبيرة بمرور الوقت عدد المحطات الأرضية المتنقلة التي ترسل إشارات في آن واحد وتقع على خط البصر مع محطة خدمة ثابتة. ويمكن عندئذٍ مقارنة التوزيع التراكمي الاحتمالي للنسبة $C/(N + I)$ مع أهداف أداء النظام في الخدمة الثابتة (ويعبّر عنه بالعتبات المكافئة للنسبة $C/(N + I)$ داخل عرض النطاق المرجعي).

3 نمذجة نظام الخدمة الثابتة

1.3 معلمات نظام الخدمة الثابتة

ينبغي وضع نماذج لخصائص نشر نظام الخدمة الثابتة وتجهيزاتها وأدائها باستخدام المعلمات المبينة في الجدول 1. وينبغي حساب عمق الخبو من التوصية ITU-R P.530، حيث يستعمل بالإضافة إلى خسارة الفضاء الحر، في تحديد خسارة الإرسال الأساسية في مسير الإشارة المطلوبة.

الجـــدول 1

قائمة المعلمات المطلوبة في نظام الخدمة الثابتة

المعلمة
كسب الهوائي، G (dBi)
مخطط إشعاع الهوائي، $G(\theta)$[1] (dBi)
حرارة ضوضاء الهوائي، T (K)
تردد الإرسال، f (MHz)
القدرة المشعة المكافئة المتناحية في نظام الخدمة الثابتة (dBW)
الخسارة في خط التغذية، L_S (dB)
حرارة الضوضاء في خط التغذية (K)
عرض النطاق الذي يشغله المستقبل (MHz)
موقع محطة الخدمة الثابتة (°N، °E)
ارتفاع الهوائي فوق متوسط مستوى سطح البحر (m)
العامل الجغرافي المناخي، K
حرارة ضوضاء المستقبل (K)

[1] كسب الهوائي في نظام الخدمة الثابتة في اتجاه المصدر المسبب للتداخل.

2.3 حساب سوية قدرة الإشارة المطلوبة

الخطوة الأولى هي حساب سوية القدرة المستقبَلة للإشارة المطلوبة في لحظة معينة، *C(t)*. ويتم ذلك باستعمال مولِّد أعداد عشوائية للتنبؤ بعمق الخبو، *A*، وفقاً للتوزيع الوارد في الفقرة 3.2 من التوصية ITU-R P.530. وتحسب سوية الإشارة المستقبَلة في كل مرحلة زمنية عند دخل مُستقبِل الخدمة الثابتة في كل محطة من محطات الاستقبال محل الدراسة بتطبيق المعادلة التالية:

$$C(t) = e.i.r.p._{FS} - L_{bf} + G - A(t) - L_s \quad (1)$$

حيث L_{bf} هي الخسارة الأساسية للإرسال في الفضاء الحر. وفي بعض الحالات قد يكون من الممكن (استناداً إلى بعض المعطيات المقيسة مثلاً) مراعاة التغيرات النهارية و/أو الموسمية في سلوك الانتشار عند حدوث الخبو بسبب تعدد المسيرات.

4 نمذجة المحطات الأرضية المتنقلة (MES)

1.4 التوزيع الجغرافي للمحطات الأرضية المتنقلة

يتم تحديد التوزيع الجغرافي للمحطات الأرضية المتنقلة داخل المنطقة المعنية (AoI)، ومن المفروض أن تكون هذه المنطقة واسعة بما فيه الكفاية من أجل الإحاطة بجميع مسببات التداخل الهامة. وتوضع فوق المنطقة المعنية شبكة من المربعات محدد عليها خطوط العرض والطول للنقاط التي تمثل المواقع الممكنة للمحطات الأرضية المتنقلة. ويتم تحديد الملامح الرئيسية لحركة المحطات الأرضية المتنقلة بمعلمتين أساسيتين، هما:

- عدد الموجات الحاملة النشيطة للمحطات الأرضية المتنقلة في ساعة الازدحام المحلية؛
- تحديد ساعات التشغيل.

ويمكن تقسيم المنطقة المعنية إلى مناطق فرعية من أجل تنويع المعلمات المذكورة أعلاه.

ويتحدد عدد المحطات الأرضية المتنقلة التي تقوم بالإرسال داخل خلية في كل مرحلة زمنية من واقع الملامح الرئيسية للحركة في المحطات الأرضية المتنقلة وساعة الإرسال. ويتم اختيار واحدة من هذه المحطات في كل نقطة بالمنطقة المعنية على أنها نشطة أو في حالة الراحة. ويتحدد ذلك أولاً بتحديد احتمال أن تكون المحطة نشطة (p(active، في هذه اللحظة بالذات. ثم يتم توليد عدد عشوائي. وإذا كان هذا العدد أقل من عدد المحطات النشطة، يُفترض أن المحطات نشطة؛ وخلافاً لذلك يُفترض أنها في حالة الراحة.

ومن المفترض أن يكون التوزيع الجغرافي للمحطات الأرضية المتنقلة مختلفاً من مرحلة زمنية إلى أخرى. ويمكن الأخذ بهذا الافتراض لأن الغرض من هذه الطريقة هو استخلاص إحصاءات عن التداخل في المدى الطويل وليس تطور التداخل مع الزمن.

2.4 انتشار إشارات المحطات الأرضية المتنقلة

من المطلوب توافر قاعدة بيانات عن التضاريس لكي يمكن التنبؤ بدقة بخسارة الإرسال الأساسية في مسيرات الإشارات المسببة للتداخل بين المحطات الأرضية المتنقلة ومستقبِل الخدمة الثابتة. وتتولد الملامح الأساسية للتضاريس بالنسبة إلى المسير على طول الدائرة العظمى بين كل محطة أرضية متنقلة مرسلة وكل مستقبل في الخدمة الثابتة يكون محل الدراسة، وتحسب خسارة الإرسال الأساسية في كل مرحلة زمنية باستعمال طريقة التنبؤ بالتداخل في السماء الصافية المبينة في التوصية ITU-R P.452. ولما كان نموذج الانتشار هذا يتنبأ بخسائر الإرسال الأساسية التي يتم تجاوزها خلال 50% من الوقت أو أقل (ولا يقدّم توزيعاً تراكمياً كاملاً)، فمن الضروري توسيع التوزيع التراكمي للخسارة ليشمل نسباً أكبر من الوقت لكي يستوعب الخسائر الكبيرة نسبياً التي قد تحدث (بدلاً من الافتراض بأن نسبة الـ 50% هي قيمة الحد الأقصى لخسارة الإرسال الأساسية). وقد يكون من المناسب أيضاً استقراء خسارة الإرسال الأساسية بنسب مئوية ضئيلة جداً من الوقت (كأن تكون أقل من

0,001% مثلاً) بافتراض قيمة صغيرة مناسبة كقيمة دنيا لخسارة الإرسال الأساسية. وحتى بهذا الاستقراء، فإن نموذج الانتشار هذا قد يقلل من قيمة خسارة الإرسال الأساسية (نتيجة لوجود ظواهر محلية لم يأخذها النموذج في الاعتبار، كاعتراض المباني للإشارة وهو ما لا يظهر في بيانات التضاريس و"السد الرأسي" للمستعمل على سبيل المثال). وهذا يؤدي إلى المغالاة في تقدير سويات قدرة الإشارات المسببة للتداخل.

3.4 حساب التداخل

تحسب قدرة التداخل عند كل مرحلة زمنية عند دخل مستقبل الخدمة الثابتة على النحو التالي:

$$I(t) = e.i.r.p._{MES} - L_b(t) + G(\theta) - L_s \quad (2)$$

حيث:

$e.i.r.p._{MES}$: القدرة المشعة المكافئة المتناحية للمحطة الأرضية المتنقلة في عرض النطاق المرجعي (dBW)؛

L_b: الخسارة الأساسية للانتشار في الإشارة المسببة للتداخل (انظر الفقرة 2.4).

وفي الحالات التي توجد فيها محطات إرسال أرضية متنقلة متعددة، فإن الإشارة المسببة للتداخل التراكمي في كل مرحلة زمنية تساوي مجموع مستويات قدرة جميع الإشارات المسببة للتداخل وحيد المصدر:

$$I_{agg}(t) = 10 \log \left(\sum\nolimits_i 10_i^{I(t)/10} \right) \quad (3)$$

حيث:

$I_i(t)$: هي الإشارات المسببة للتداخل وحيد المصدر (dB).

5 النواتج

تنتج عن كل مرحلة زمنية في المحاكاة قيم للنسبة $C/(N + I)$ لكل مُستقبل للخدمة الثابتة تُجرى بشأنه المحاكاة. ويتم التعبير عن هذه القيم كمياً بالشكل المناسب (مثل فواصل قدر كل منها 1 dB) ويتم تخزينها (على شكل عدد مرات حدوث قيمة مقدرة كمياً مثلاً). وفي نهاية المحاكاة، يمكن حساب دالات التوزيع التراكمي ومقارنتها مع أهداف أداء الخدمة الثابتة ذات الصلة، حسب الإجراء المبين في التوصيتين ITU-R F.634 أو ITU-R F.697 أو يتم تحويلها إلى عتبات النسبة $C/(N + I)$ المكافئة.