الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R SM.575-2
(2013/10)

حماية محطات المراقبة الثابتة من التداخل الآتي من مرسلات قريبة أو قوية

السلسلة SM

إدارة الطيف

تمهيد

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	العنوان
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 بُعد
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، 2020

© ITU 2020

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).

التوصية ITU-R SM.575-2*

حماية محطات المراقبة الثابتة من التداخل الآتي من مرسلات قريبة أو قوية

(2013-2007-1982)

مجال التطبيق

توصِّف هذه التوصية أقصى مستويات شدة المجال في محطات المراقبة لضمان خلو تشغيلها من التداخل.

كلمات أساسية

مستويات شدة المجال، محطات المراقبة، مناطق الحماية

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن معلومات مراقبة الطيف الموثوقة وغير الفاسدة تشكل جزءاً حيوياً في عملية إدارة الطيف؛

ب) أن القدرة المشعة من المرسلات القريبة قد تنتج مجالات كهرمغنطيسية قوية في محطات المراقبة مما يؤدي إلى مؤثرات فقدان الحساسية والحجب في المستقبِل؛

ج) أن هذه المؤثرات بدورها قد تنتج حالات بث زائف يجب تجنبها قدر الإمكان؛

د) أن نشر المحطات الراديوية الخلوية والإذاعية يصعِّب العثور على مواقع مناسبة لمحطة مراقبة الطيف؛

هـ) أن شدة المجال المستقبَلة هي معلمة هامة لتحديد مدى ملاءمة موقع المراقبة؛

و) أن المديات الترددية المختلفة تتطلب قيوداً مختلفة على شدة المجال،

إذ تلاحظ

أ) أن كتيب الاتحاد الدولي للاتصالات بشأن مراقبة الطيف (طبعة 2011) يورد الاعتبارات العامة والخاصة فيما يتعلق بتحديد مواقع محطات المراقبة وقائمة مرجعية لاستطلاع الموقع؛

ب) أن التقرير ITU-R SM.2125 يشرح إجراءات القياس المستخدمة لتحديد المعلمات التقنية لمستقبِلات وأنظمة المراقبة،

توصي

باستخدام الأسلوب الوارد في الملحق 1 لحساب شدة المجال القصوى المسموحة لحماية محطات المراقبة الراديوية.

* أدخلت لجنة الدراسات 1 للاتصالات الراديوية في عام 2019 تعديلات صياغية على هذه التوصية وفقاً للقرار ITU-R 1.

الملحق 1

حساب شدة المجال القصوى المسموحة لحماية محطات المراقبة الراديوية

1 مقدمة

يمكن لإشارات الترددات الراديوية القوية أن تقلل من قدرة محطة مراقبة على استقبال إشارات ضعيفة وقياسها بشكل صحيح. وتكتسي حماية محطات المراقبة الراديوية من إشارات الترددات الراديوية القوية أهمية خاصة بالنظر إلى العدد المتزايد من مواقع هوائيات الاتصالات المتنقلة وغيرها من الخدمات الراديوية. وبما أن محطات المراقبة غالباً ما تقع في المناطق الحضرية والأماكن المكشوفة، تتزايد صعوبة تحديد مواقع جديدة مناسبة وحماية القائم منها.

ويصف هذا الملحق الإجراءات والعمليات الحسابية اللازمة لإنشاء مناطق حماية حول محطات المراقبة الراديوية.

2 اعتبارات عامة

ينطوي توصيف معايير الحماية لمحطات المراقبة الراديوية في المقام الأول على النظر في الجوانب التقنية، ويستند إلى مبدأ أن البث الصادر عن محطات الإرسال المجاورة لا يمكن أن يسبب أي تداخل في محطات المراقبة.

ورغم تنوع المؤثرات المسببة للتداخل أساساً، كبث النطاق الجانبي مثلاً، يتمثل المؤثر الأشد في منتجات التشكيل البيني من المرتبة الثالثة التي يمكن أن تتولد في مستقبِل مؤديةً إلى بث زائف. وبالتالي فإن ذلك هو المؤثر الوحيد الذي تنظر فيه هذه التوصية.

بوجود حصانة معينة ضد الإشارات القوية، يتوقف وقوع التداخل البيني مباشرة على مدخلات القدرة إلى مستقبِل المراقبة. لذا سيكون من الأسهل تحديد الحد الأقصى لقدرة دخل المستقبِل التي يمكن أن تُحدثها المرسلات المجاورة عند مستقبِل المراقبة كمعيار للحماية. ولكن عيب هذا النهج أن مسافة الحماية الناتجة ستعتمد على الخصائص التقنية لمستقبِل وهوائي المراقبة؛ وهي خصائص غير معروفة لمشغل المرسل القريب وغير متساوية لجميع مواقع المراقبة. بالإضافة إلى ذلك، فإنه لن يوفر الحماية إلا لمعدات المراقبة الحالية. فإن تغيرت في المستقبل (عن طريق تركيب هوائيات ذات كسب مختلف، على سبيل المثال)، ستتغير معايير الحماية مؤديةً إلى منطقة حماية مختلفة.

وبجانب الجوانب التقنية ترتدي الجوانب المالية والإدارية أهمية عالية أيضاً. ومن أجل خفض النفقات الإدارية، تدعو الحاجة إلى إنشاء عملية تحكم غير معقدة وفعّالة. فمشغلو المرسلات سيكونون أكثر تقبلاً لعملية غير معقدة.

لهذه الأسباب، يتعين أن تطبق معايير حماية موحدة بمعزل عن موقع محطات المراقبة ومواصفاتها التقنية (محدد الاتجاه أو هوائي دوار، ونمط المستقبِل، وكسب الهوائي). وهذا يؤدي إلى نهج يسعى إلى تحديد شدة مجال معينة يجب ألا تُتجاوز كمعيار للحماية. وذلك هو أيضاً النهج الأكثر شفافية بالنسبة إلى الأطراف المعنية الأخرى نظراً لسهولة حساب أو قياس شدة المجال التي ينتجها مرسِل ما في موقع محطة المراقبة.

غير أن التثبت من أن شدة المجال القصوى تحدث تداخلاً في مستقبِل المراقبة، يعتمد على المعلمات التالية:

- حصانة المستقبِل ضد إشارات قوية؛
- حساسية المستقبِل؛
- مستوى الضوضاء الخارجية؛
- كسب الهوائي؛
- التوهين في كبل الترددات الراديوية بين الهوائي والمستقبِل؛
- عرض النطاق والتردد للإشارة (أو الإشارات) المسببة للتداخل.

ولما كانت هذه المعلمات قابلة للاختلاف ضمن مدى واسع، فإن تحديد شدة مجال قصوى معينة لا يضمن خلو تشغيل محطة المراقبة من التداخل في جميع التوليفات الممكنة لهذه المعلمات. على سبيل المثال، فإن الجمع بين مستقبِل حساس للغاية وهوائي عالي الكسب يؤدي إلى انخفاض في شدة المجال القصوى يتعذر معه العثور على موقع مراقبة مناسب في البلد بأسره.

ويوفر الإجراء التالي أسلوباً عاماً لحساب شدة المجال القصوى المسموحة. وعندئذ، تعتمد القيمة الناتجة لشدة المجال هذه على اختيار قيم معقولة ونمطية للمعلمات أعلاه.

3 تحديد شدة المجال القصوى المسموحة

يتضمن حساب شدة المجال القصوى المقبولة ما يلي:

- حصانة المستقبِل (من المرتبة الثالثة) ضد إشارات قوية؛
- حساسية المستقبِل؛
- عرض النطاق والتردد للإشارة (أو الإشارات) المسببة للتداخل؛
- كسب الهوائي؛
- مستوى الضوضاء الخارجية.

1.3 حصانة المستقبِل ضد إشارات قوية

يُحسب مستوى منتجات المرتبة الثالثة للتشكيل البيني عموماً من قدرة الدخل ونقطة التقاط مستقبِل المراقبة للمرتبة الثالثة. وتتمثل التوليفة الأكثر حراجة في التشكيل البيني لثلاث إشارات لها نفس القدرة.

ووفقاً للجدول 2 في التوصية ITU-R SM.1134-1، يمكن حساب قدرة منتج التشكيل البيني لحالتنا بالصيغة من أجل IM3(1;1;1) (حالة الثلاث إشارات).

$$P_{IM3} = 3P_S - 2P_{IP3} + 6\text{dB} \quad (1)$$

حيث

P_{IM3}: قدرة منتج المرتبة الثالثة للتشكيل البيني IM3(1;1;1) (dBm)؛

P_S: قدرة كل إشارة تشارك في التشكيل البيني (dBm)؛

P_{IP3}: نقطة التقاط مستقبِل المراقبة للمرتبة الثالثة (dBm).

ويمكن أن تؤخذ قيمة IP3 من ورقة مواصفات المستقبِل. وهي قدرة إشارات الدخل عند النقطة التي يساوي فيها منتج المرتبة الثالثة للتشكيل البيني مستوى مدخلات إشارات قوية تسهم في هذا التشكيل البيني.

2.3 حساسية المستقبِل

يمكن كشف إشارة ضعيفة بمستقبِل عندما يتجاوز مستواها الضوضاء الداخلية للمستقبِل. وذلك هو المستوى المشار إليه دون توصيل أي هوائي وعند تشغيل المستقبِل بأسلوبه الأكثر حساسية (دون توهين الدخل مثلاً).

وتُحسب عموماً قيمة جذر متوسط التربيع (r.m.s.) للضوضاء الداخلية للمستقبِل كما يلي:

$$p_R = (f-1)kt_0B_n = (f-1)p_nB_n \quad (2)$$

حيث

f: عامل الضوضاء المستقبِل؛

k: ثابت بولتزمان؛

t_0: درجة الحرارة المرجعية المأخوذة بقيمة 290 K؛

B_n: عرض نطاق ضوضاء المستقبِل؛

$p_n = kt_0$: قدرة الضوضاء الحرارية (W) المتاحة في نطاق عرضه 1 Hz.

وتتميز حساسية مستقبِل في ورقة البيانات بمعامل الضوضاء NF. وبالتالي، تمكن كتابة المعادلة (2) على النحو التالي.

$$p_R = (10^{\frac{NF}{10}} - 1) p_n B_n \quad (3)$$

حيث $NF = 10 \log (f)$: معامل ضوضاء المستقبِل (dB)

وإذ تُكتب بوحدة dBm، تصبح القيمة الفعّالة (r.m.s.) للضوضاء الداخلية للمستقبِل:

$$P_R(\text{dBm}) = 10\log(10^{\frac{NF}{10}} - 1) + 10\log(B_n) - 174(\text{dBm}) \quad (4)$$

حيث –174 dBm: قدرة الضوضاء الحرارية المتاحة في درجة حرارة الغرفة في نطاق عرضه 1 Hz

وعادةً ما يساوي عرض نطاق القياس لمستقبِل عرض نطاق الضوضاء تقريباً. بالإضافة إلى ذلك، فإن معاملات الضوضاء (NF) لمستقبلات المراقبة النمطية تبلغ قيماً بواقع 10 dB أو أكبر. وإذ يؤخذ ذلك بعين الاعتبار، تصبح صيغة قيمة الضوضاء الداخلية لمستقبِل أقل تعقيداً:

$$P_R(\text{dBm}) = P_n + NF + 10\log(B) \quad (5)$$

حيث

P_n: قدرة الضوضاء الحرارية (W) المتاحة في نطاق عرضه 1 Hz (–174 dBm)؛

B: عرض نطاق القياس (Hz).

ويمكن أن تؤخذ قيمة معامل الضوضاء من ورقة مواصفات المستقبِل. وتُعرف المعلمة P_R أيضاً بأنها "متوسط مستوى الضوضاء المعروض" (DANL).

3.3 عرض نطاق المستقبِل

كلما حُددت مستويات إشارات الترددات الراديوية، لا بد أيضاً من تحديد عرض النطاق المرجعي المستخدم لقياس المستوى. ودون مزيد من المعلومات، عادةً ما تقاس شدة المجال القصوى لحماية محطة المراقبة في عرض النطاق الكلي للإشارة المعنية.

4.3 كسب الهوائي

لتحويل مستويات الدخل المقيسة في شدة المجال، من المهم أن نعرف خصائص الهوائي. وتقوم الصلة بين كسب الهوائي وعامل الهوائي وفقاً لما يلي:

$$G_i = 20\log(f) - k - 30 \text{ dB} \quad (6)$$

حيث

G_i: كسب الهوائي في اتجاه الحزمة الرئيسية (dBi)؛

f: التردد (MHz)؛

k: عامل الهوائي (dB/m).

ويمكن أن يُستخدم عامل الهوائي لحساب شدة المجال من الجهد في موصل الهوائي وفقاً لما يلي:

$$E = U + k \tag{7}$$

حيث

E: شدة المجال الكهربائي (dBμV/m)؛

U: الجهد عند خرج الهوائي (dBμV).

ويمكن أن تؤخذ قيم عامل الهوائي و/أو كسب الهوائي من ورقة مواصفات الهوائي.

وفي الأنظمة ذات المعاوقة البالغة 50 أوماً، تقام الصلة بين قدرة الترددات الراديوية وجهد الترددات الراديوية من خلال:

$$P(\text{dBm}) = U(\text{dB}\mu\text{V}) - 107 \text{ dB} \tag{8}$$

بحيث إن

$$E(\text{dB}\mu\text{V/m}) = P(\text{dBm}) + 20\log(f(\text{MHz})) - G_i(\text{dB}) + 77 \text{ dB} \tag{9}$$

5.3 الضوضاء الخارجية

إن الضوضاء الخارجية في هذا السياق هي المستوى الذي يحصل عليه مستقبِل المراقبة من الهوائي لجميع انبعاثات البث غير المطلوب، سواء كانت من صنع الإنسان أو طبيعية. وفي الترددات التي تزيد عن حوالي 30 MHz، يكون المكون الرئيسي ضوضاء من صنع الإنسان (MMN). بيد أن مستوى الضوضاء من صنع الإنسان يقل في معظم الحالات عن مستوى ضوضاء المستقبِل، وخاصة في المناطق الريفية، وبالتالي يمكن تجاهله في عملية الحساب.

ولكن في الترددات التي تقل عن 30 MHz، تتحدد حساسية الإعداد للمراقبة بالضوضاء الخارجية بدلاً من ضوضاء المستقبِل. ويعتمد المستوى الفعلي للضوضاء الخارجية بشدة على موقع محطة المراقبة وحتى على الوقت خلال اليوم.

وعلاوةً على ذلك، يترافق عادة انتشار الموجات السماوية لإشارات يقل ترددها عن 30 MHz مع كون أقوى الإشارات المستقبَلة آتية من محطات الإذاعة الأجنبية بتشكيل الاتساع (AM). وعلى الرغم من أن مستوى استقبال هذه المحطات قد يرتفع إلى حد ينخفض معه أداء المراقبة كثيراً، فليس لإدارة المراقبة أي نفوذ قانوني على وجود هذه الإشارات. أضف إلى ذلك، إمكانية وجود هذه الإشارات في أي موقع مراقبة. وبالتالي، فإنه لا يبدو من المعقول حساب شدة مجال الحماية لترددات تقل عن 30 MHz.

ويصلح الحساب التالي للترددات فوق 30 MHz حصراً حيث لا تسود الضوضاء الخارجية.

6.3 عملية الحساب

لحساب قدرة منتج المرتبة الثالثة للتشكيل البيني (IM3)، نفترض تفاعل ما مجموعه ثلاث إشارات متساوية في القدرة وعرض النطاق ضمن دارة دخل المستقبِل.

فيبلغ عرض نطاق منتج التشكيل البيني من ثلاث إشارات، ثلاثة أمثال عرض نطاق الإشارة B_s.

وليس من السهل تحديد عرض نطاق منتج التشكيل البيني عند تفاعل إشارات حقيقية (مثل إشارات DVB-T أو LTE). فليس لهذه الأطياف قيم دنيا وقصوى يُعتد بها. وبالتالي، يمكن الافتراض، دون خطأ، أن طيف منتج التشكيل البيني هذا هو مستطيل.

ويمكن حساب جزء من القدرة، ΔP_{IM3}، لمنتج التشكيل البيني في عرض النطاق B كما يلي:

$$\Delta P_{IM3}(\text{dBm}) = P_{IM3} + 10\log\left(\frac{B}{3B_S}\right) \tag{10}$$

باستخدام الصيغة (1) يصبح هذا الحد:

$$\Delta P_{IM3}(\text{dBm}) = 3P_S - 2P_{IP3} + 6\ \text{dB} + 10\log\left(\frac{B}{3B_S}\right) = 3P_S - 2P_{IP3} + 6\ \text{dB} + 10\log(B) - 10\log(3B_S) \quad (11)$$

وتبدأ منتجات التشكيل البيني بالتجلي عندما يتجاوز مستوى ΔP_{IM3} خلفية ضواء المستقبِل:

$$\Delta P_{IM3} \geq P_R \quad (12)$$

ويمكن حساب النقطة "الحرجة" التي تحدث فيها هذه الحالة باستخدام الصيغتين (5) و(11) على النحو التالي:

$$3P_S - 2P_{IP3} + 6\ \text{dB} + 10\ \log(B) - 10\ \log(3B_S) = NF + 10\log(B) - 174\ \text{dBm} \quad (13)$$

$$P_S = \frac{2P_{IP3} + NF + 10\log(B_S) + 10\log(3) - 6\ \text{dB} - 174\,\text{dB}}{3} \quad (14)$$

$$P_S = \frac{2P_{IP3} + NF + 10\log(B_S)}{3} - 58{,}4\ \text{dBm} \quad (15)$$

وبافتراض عدم وجود توهين كبل كبير بين الهوائي والمستقبِل، يمكن حساب شدة المجال المقابلة للقدرة P_S باستخدام الصيغة (9) على النحو التالي:

$$E_{\max}(\text{dB}\mu\text{V/m}) = \frac{2P_{IP3}(\text{dBm}) + NF(\text{dB}) + 10\log B_S(\text{Hz})}{3} + 20\log f(\text{MHz}) - G_i(\text{dB}) + 18{,}6\ \text{dB} \quad (16)$$

7.3 تأثير التداخل لعدد أكبر من المحطات

تُظهر الصيغة (16) بالفعل شدة المجال القصوى المسموحة لكل مرسل مسبب للتداخل يمكن أن يشارك في منتج تشكيل بيني محتمل.

فإذا استُقبل أكثر من ثلاثة مرسلات بشدة المجال القصوى هذه، فإن التأثير الوحيد سيكون في ظهور منتجات تشكيل بيني إضافية على ترددات مختلفة، ولكن مستوى كل من منتجات التشكيل البيني لن يرتفع. وبالتالي لا ضرورة لتكييف إضافي لقيم شدة المجال القصوى المسموحة.

4 قيم المعلمة النمطية

للحصول على القيمة الرقمية لشدة المجال القصوى المسموحة من الصيغة (16)، يتعين اختيار قيم واقعية لمعلمات معامل ضوضاء المستقبِل ونقطة الالتقاط من المرتبة الثالثة وعرض النطاق المرجعي وكسب الهوائي. ويقدم هذا القسم إرشادات بشأن كيفية اختيار هذه القيم.

1.4 معامل ضوضاء المستقبِل

كثيراً ما تتراوح معاملات الضوضاء لمستقبِلات المراقبة ومحللات الطيف بين 7 و24 dB. ويمكن تحسين معامل الضوضاء الكلي لإعدادات القياس نزولاً حتى 1 dB باستخدام مكبرات خارجية منخفضة الضوضاء (LNA)، ولكن تلك التشكيلة ليست معتادة إلا في محطة مراقبة ثابتة. وعلى افتراض وجود مكبرات أولية مدمجة، يُقترح استخدام معامل ضوضاء يناهز 10 dB عند حساب شدة المجال القصوى المسموحة في سياق هذه التوصية.

2.4 نقطة التقاط المرتبة الثالثة (IP3)

كثيراً ما تتراوح مستويات نقطة التقاط المرتبة الثالثة (IP3) في مستقبِلات المراقبة بين +10 و+30 dBm. ويمكن اعتبار قيمة +15 dBm قيمة نمطية، رغم أن مستويات نقطة التقاط المرتبة الثالثة يمكن أن تنخفض في مستقبِلات النطاق العريض الرقمية الخالية تماماً من الانتقاء المسبق وذات المدى الديناميي الرديء.

3.4 عرض نطاق الإشارة

عند قياس إشارات ضعيفة، تتحقق أعلى نسبة للإشارة إلى الضوضاء (*S/N*) عند استخدام أضيق عرض نطاق ممكن للقياس لأن ذلك من شأنه أن يؤدي إلى أدنى متوسط لمستوى الضوضاء المعروض (DANL). غير أن ذلك لا يصح إلا على الموجات الحاملة غير المشكَّلة. فعند قياس الإشارات الرقمية، على سبيل المثال، لا تزيد نسبة الإشارة إلى الضوضاء (*S/N*) بتضييق عروض نطاق القياس، وبالتالي لن تزيد حساسية القياس. وكذلك فإن منتجات التشكيل البيني المتداخلة على قياس ليست من الموجات الحاملة غير المشكَّلة. فلها عرض نطاق أوسع من الإشارات القوية المعنية، بحيث لا يزيد احتمال تداخلها عند استخدام عرض نطاق للقياس أضيق من عرض نطاق الإشارة.

لذا يوصى بتوصيف عرض نطاق نمطي للإشارة في النطاق الترددي المعني عند حساب شدة المجال القصوى لحماية محطة المراقبة.

4.4 كسب الهوائي

يبلغ كسب الهوائي ثنائي الأقطاب المولَّف dBi 2,15. وليس للعديد من هوائيات المراقبة شاملة الاتجاهات أي كسب أعلى. ويمكن أيضاً عادة اعتبار كسب الهوائيات المستخدمة في تحديد الاتجاهات ككسب الهوائي ثنائي الأقطاب. إلا أن العديد من محطات المراقبة مجهزة أيضاً بهوائيات اتجاهية. ويقلل كسب هذه الهوائيات بدوره من شدة المجال المسموحة. ومع ذلك يوصى بافتراض هوائي ثنائي الأقطاب في حساب شدة المجال القصوى المسموحة، للأسباب التالية:

- تتجه النية لتجنب الهوائيات الاتجاهية التي تؤدي إلى شدة مجال مسموحة تتعلق بمعدات المراقبة (انظر الفقرة 2) بغية وضع حدود شفافة وموحدة لشدة المجال؛
- إن منتجات التشكيل البيني قيد النظر في هذه التوصية تنطوي دائماً على إشارتين قويتين على الأقل. ويفترض الحساب الشامل لكسب هوائي اتجاهي في حزمته الرئيسية استقبال جميع الإشارات القوية من الاتجاه نفسه، وهذا ليس افتراضاً واقعياً دائماً ويغالي في احتمال التداخل؛
- نظراً لزيادة مستوى الإشارة باستخدام هوائيات اتجاهية، ستنحصر فعالية التداخل الممكن في اتجاه معين. وفي جميع الاتجاهات الأخرى ستقل شدة المجال، وبالتالي إمكانية التداخل، عنها في حال استخدام هوائيات شاملة الاتجاهات.

وتجدر الإشارة إلى أن استخدام الهوائيات الاتجاهية عالية الكسب قد يؤدي إلى مؤثرات تداخل في اتجاهات معينة بسبب ارتفاع مستويات شدة المجال عن تلك المحسوبة عند افتراض هوائيات شاملة الاتجاهات. ولا يمكن التغاضي عن هذه المؤثرات، ويمكن إدراج مراشيح حجب نطاق أو موهنات لمنع القياسات غير الصحيحة.

5 مثال حساب باستخدام القيم النمطية

تورد هذه الفقرة مثال حساب باستخدام القيم النمطية للمعلمات المقترحة في الفقرة 4. وبالنظر إلى الصيغة (16) والنظر في عروض النطاق المرجعية المختلفة، يتضح أن شدة المجال القصوى الناتجة ستعتمد على التردد.

ففي مدى GSM الترددي حول MHz 950، على سبيل المثال، تعطي الصيغة (16) ما يلي:

$$E_{\max}(\text{dB}\mu\text{V/m}) = \frac{2*15\ \text{dBm} + 10\,\text{dB} + 10\log(250{,}000\,\text{Hz})}{3} + 20\log(950\,\text{MHz}) - 2{,}15\,\text{dB} + 18{,}6\ \text{dB}$$

$$= 107{,}3\ \text{dB}\mu\text{V/m}$$