الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R P.525-4
(2019/08)

حساب التوهين في الفضاء الحر

السلسلة P
انتشار الموجات الراديوية

الاتحاد الدولي للاتصالات ITU

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 القرار 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 الاستدلال الراديوي 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 P.525-4

حساب التوهين في الفضاء الحر

(2019-2016-1994-1982-1978)

مجال التطبيق

توفر التوصية ITU-R P.525 طرائق لحساب التوهين في الفضاء الحر.

مصطلحات أساسية

الفضاء الحر، التوهين، وصلات الاتصالات

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أن الانتشار في الفضاء الحر هو مرجع أساسي في هندسة الاتصالات الراديوية،

توصي

بضرورة استخدام الطرائق المذكورة في الملحق لحساب التوهين في الفضاء الحر.

الملحق

1 مقدمة

لأغراض الاتصالات الراديوية، يُعرَّف الفضاء الحر بأنه فضاء تام ذو امتداد يمكن اعتباره لانهائياً في جميع الاتجاهات، بحيث يُعرَّف الانتشار في الفضاء الحر بانتشار موجة راديوية تُشع في الفضاء الحر[1].

وحيث إن الانتشار في الفضاء الحر يستخدم في كثير من الأحوال كمرجع في نصوص أخرى، فقد أعد هذا الملحق لتقديم الصيغ ذات الصلة.

2 الصيغ الأساسية لوصلات الاتصالات

من الممكن حساب الانتشار في الفضاء الحر بطرق مختلفة، تلائم كل منها نمطاً من الخدمات.

---

[1] تعتمد المنظمة الدولية للمعايير في مفرداتها الكهرتقنية (الموسوعة الكهربائية) تعريفاً أعم:

الانتشار في الفضاء الحر: انتشار موجة كهرمغنطيسية في وسط عازل متجانس مثالي ذي امتداد يمكن أن يعتبر لانهائياً في جميع الاتجاهات.

ملاحظة – في حالة الانتشار في الفضاء الحر يكون حجم كل متجه في المجال الكهرمغنطيسي في أي اتجاه معين من المصدر متناسباً مع عكس المسافة من المصدر إلى أبعد من مسافة معينة يحددها حجم المصدر وطول الموجة.

1.2 الوصلات من نقطة إلى منطقة

إذا استُخدم مرسل لخدمة عدد من أجهزة الاستقبال الموزعة عشوائياً (إذاعة وخدمة متنقلة) فإنه من الممكن حساب المجال الكهربائي عند نقطة على مسافة مناسبة من المرسل باستخدام التعبير التالي:

$$e = \frac{\sqrt{30\,p}}{d} \qquad (1)$$

حيث:

e: جذر متوسط التربيع لشدة المجال (V/m) (انظر الملاحظة 1)

p: القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) للمرسل في اتجاه النقطة المذكورة (W) (انظر الملاحظة 2)

d: المسافة من المرسل إلى النقطة المذكورة (m).

وغالباً ما يستعاض عن المعادلة (1) بالمعادلة (2) التي تستخدم وحدات عملية:

$$e_{\mathrm{mV/m}} = 173\,\frac{\sqrt{p_{\mathrm{kW}}}}{d_{\mathrm{km}}} \qquad (2)$$

حيث:

$e_{\mathrm{mV/m}}$: جذر متوسط التربيع لشدة المجال (mV/m)

p_{kW}: القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) للمرسل في اتجاه النقطة المذكورة (kW)

d_{km}: المسافة من المرسل إلى النقطة المذكورة (km).

ويمكن الحصول على القوة المحركة الموجية للهوائيات التي تعمل في ظروف الانتشار في الفضاء الحر بضرب e في d في المعادلة (1)، وتكون وحداتها بالفولط.

الملاحظة 1 – إذا كان استقطاب الموجة إهليلجياً، وليس خطياً، وإذا كانت مركِّبتا المجال الكهربائي على المحورين المتعامدين هما e_x وe_y فإنه ينبغي الاستعاضة عن الطرف الأيسر من المعادلة (1) بالمقدار $\sqrt{e_x^2+e_y^2}$. ويمكن استنتاج قيمتي e_x وe_y فقط إذا عرفت النسبة المحورية. وفي حالة الاستقطاب الدائري ينبغي أن تحل $e\sqrt{2}$ محل e.

الملاحظة 2 – في حالة الهوائيات المثبتة عند مستوى سطح الأرض (عادةً عند ترددات منخفضة نسبياً) باستقطاب رأسي، فإن الإشعاع يؤخذ في الاعتبار بصورة عامة في النصف العلوي فقط. وعندما يُفترض أن يكون سطح الأرض مستوياً ويتمتع بإيصالية كاملة، فإن كثافة تدفق القدرة بالنسبة إلى قدرة مشعة معينة تتضاعف بالمقارنة مع هوائي في الفضاء الحر. (وفي الحالات البديلة التي تحسب فيها قيم شدة المجال، تزيد شدة المجال على نحو مماثل بمقدار 3 dB). وينبغي أخذ ذلك في الحسبان عند تحديد قيمة القدرة المشعة (وهو مدرج بالفعل في التوصية ITU-R P.368 والتوصية ITU R P.341، الملحق 3).

2.2 الوصلات من نقطة إلى نقطة

في الوصلات من نقطة إلى نقطة يفضل حساب التوهين في الفضاء الحر بين هوائيين متناحيين ويسمى هذا التوهين كذلك بالخسارة الأساسية للإرسال في الفضاء الحر (الرمزان: L_{bf} أو A_{bf}) كما يلي (انظر التوصية ITU R P.341):

$$L_{bf} = 20\,\log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right) \quad \mathrm{dB} \qquad (3)$$

حيث:

L_{bf}: الخسارة الأساسية للإرسال في الفضاء الحر (dB)

d: المسافة

λ: طول الموجة

ويعبر عن d وλ بنفس الوحدة.

ويمكن كتابة المعادلة (3) كذلك باستخدام التردد بدلاً من طول الموجة.

$$L_{bf} = 32{,}4 + 20 \log f + 20 \log d \quad \text{dB} \tag{4}$$

حيث:

f: التردد (MHz)

d: المسافة (km).

3.2 العلاقات بين خصائص موجة مستوية

توجد بعض العلاقات بين خصائص الموجة المستوية (أو الموجة التي يمكن معالجتها على أنها موجة مستوية) عند نقطة ما:

$$s = \frac{e^2}{120\pi} = \frac{4\pi\, p_r}{\lambda^2} \tag{5}$$

حيث:

s: كثافة تدفق القدرة (W/m^2)

e: جذر متوسط تربيع شدة المجال (V/m)

p_r: القدرة (W) التي يمكن التقاطها باستخدام هوائي متناحٍ في تلك النقطة

λ: طول الموجة (m).

3 الخسارة الأساسية للإرسال في الفضاء الحر لنظام راداري (الرمزان L_{br} أو A_{br})

تمثل أنظمة الرادار حالة خاصة، حيث إن الإشارة تتعرض للخسارة أولاً أثناء انتشارها من المرسل نحو الهدف وثانياً من الهدف نحو المستقبل. وبالنسبة للرادارات التي تستخدم هوائياً مشتركاً للمرسل والمستقبل، يمكن تحديد الخسارة الأساسية للإرسال في الفضاء الحر لنظام راداري L_{br}، على النحو التالي:

$$L_{br} = 103{,}4 + 20 \log f + 40 \log d - 10 \log \sigma \quad \text{dB} \tag{6}$$

حيث:

σ: المقطع القائم لهدف الرادار (m^2)

d: المسافة من الرادار إلى الهدف (km)

f: تردد النظام (MHz).

ويعرف المقطع المستعرض لهدف الرادار لجسم ما بأنه نسبة القدرة المتناثرة المكافئة المتناحية إلى كثافة القدرة الواردة.

4 صيغ التحويل

يمكن استعمال صيغ التحويل التالية على أساس الانتشار في الفضاء الحر.

شدة المجال لقدرة متناحية مرسلة معينة:

$$E = P_t - 20 \log d + 74{,}8 \quad (7)$$

القدرة المتاحة المستقبَلة عبر هوائي استقبال متناحٍ متوائم ترافقياً لشدة مجال معينة:

$$P_r = E - 20 \log f - 167{,}2 \quad (8)$$

الخسارة الأساسية للإرسال في الفضاء الحر لقدرة متناحية ولشدة مجال معينة:

$$L_{bf} = P_t - E + 20 \log f + 167{,}2 \quad (9)$$

كثافة تدفق القدرة لشدة مجال معينة:

$$S = E - 145{,}8 \quad (10)$$

حيث:

P_t: القدرة المتناحية المرسلة (dB(W))

P_r: القدرة المتاحة المستقبَلة عبر هوائي متوائم ترافقياً (dB(W))

E: شدة المجال الكهربائي (dB(μV/m))

f: التردد (GHz)

d: طول المسير الراديوي (km)

L_{bf}: خسارة أساسية للإرسال في الفضاء الحر (dB)

S: كثافة تدفق القدرة (dB(W/m^2)).

تجدر الملاحظة بأنه يمكن استعمال المعادلتين (7) و(9) لاستخلاص المعادلة (4).