الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R P.840-6 التوصيـــة

(2013/09)

التوهين الناجم عن السحب والضباب

السلسلة P

انتشار الموجات الراديوية

الاتحاد الدولي للاتصالات

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، 2014

© ITU 2014

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 P.840-6

التوهين الناجم عن السحب والضباب

(المسألة ITU-R 201/3)

(2013-2012-2009-1999-1997-1994-1992)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية وسائل التنبؤ بالتوهين الناجم عن السحب والضباب على مسيرات أرض–فضاء.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن الحاجة تدعو لإرشاد المهندسين في تصميم أنظمة اتصالات أرض–فضاء في الترددات التي تزيد عن 10 GHz؛

ب) وأن التوهين الناجم عن السحب قد يكون عاملاً ذا أهمية لا سيما في أنظمة الموجات الصغرية التي تعلو كثيراً عن 10 GHz أو الأنظمة قليلة التيسر؛

ج) وأن الحاجة تدعو لصيغة تحليلية لإحصاءات المحتوى العمودي للماء السائل الذي تنطوي عليه السحب كي تُحسب السلاسل الزمنية للتوهين الإجمالي وأساليب التنبؤ المكانية الزمانية،

توصـــي

1 بأن تُستعمل المنحنيات والنماذج والخرائط الواردة في الملحق 1 لحساب التوهين الناجم عن السحب والضباب؛

2 وبأن تُستعمل معلومات الملحق 1 للحسابات العالمية لآثار الانتشار التي تتطلبها، *من جملة أمور*، نماذج القناة المكانية الزمانية التي تستلزم صيغة تحليلية لإحصاءات المحتوى العمودي للماء السائل الذي تنطوي عليه السحب.

الملحق 1

1 مقدمة

في السحب أو الضباب المكون كلياً من قطيرات صغيرة، تقل عموماً عن 0,01 cm، يصح تقريب رايلي (Rayleigh) للترددات دون 200 GHz، ويمكن التعبير عن التوهين بدلالة المحتوى المائي الإجمالي في وحدة الحجم. ومن ثم، يمكن كتابة التوهين النوعي ضمن سحابة أو ضباب كما يلي:

$$\gamma_c = K_l M \quad \text{dB/km} \tag{1}$$

حيث:

γ_c: التوهين النوعي (dB/km) ضمن سحابة؛

K_l: معامل التوهين النوعي ((dB/km)/(g/m^3))؛

M: كثافة الماء السائل في السحابة أو الضباب (g/m^3).

وعند ترددات من مرتبة GHz 100 فما فوق، يمكن للتوهين الناجم عن الضباب أن يكون ذا شأن. إذ تبلغ كثافة الماء السائل في الضباب نحو 0,05 g/m^3 نمطياً للضباب المتوسط (إمكانية الرؤية بمرتبة m 300) و0,5 g/m^3 للضباب الكثيف (إمكانية الرؤية بمرتبة m 50).

2 معامل التوهين النوعي

يمكن استعمال نموذج رياضي قائم على انتشار رايلي لحساب قيمة K_l في ترددات تصل حتى GHz 1 000، ويستعمل هذا النموذج نموذج ديباي (Debye) المزدوج لسماحية عازل الماء $\varepsilon(f)$:

$$K_l = \frac{0{,}819 f}{\varepsilon''(1 + \eta^2)} \quad (\text{dB/km})/(\text{g/m}^3) \tag{2}$$

حيث f هو التردد (GHz)، و:

$$\eta = \frac{2 + \varepsilon'}{\varepsilon''} \tag{3}$$

وتعطى سماحية عازل الماء المعقدة كما يلي:

$$\varepsilon''(f) = \frac{f(\varepsilon_0 - \varepsilon_1)}{f_p\left[1 + (f/f_p)^2\right]} + \frac{f(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)}{f_s\left[1 + (f/f_s)^2\right]} \tag{4}$$

$$\varepsilon'(f) = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_1}{\left[1 + (f/f_p)^2\right]} + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\left[1 + (f/f_s)^2\right]} + \varepsilon_2 \tag{5}$$

حيث:

$$\varepsilon_0 = 77{,}66 + 103{,}3\,(\theta - 1) \tag{6}$$

$$\varepsilon_1 = 0{,}0671\varepsilon_0 \tag{7}$$

$$\varepsilon_2 = 3{,}52 \tag{8}$$

$$\theta = 300 / T \tag{9}$$

وT هي الحرارة (K).

أما ترددات الانفراج الرئيسية والثانوية فهي:

$$f_p = 20{,}20 - 146\,(\theta - 1) + 316\,(\theta - 1)^2 \quad \text{GHz} \tag{10}$$

$$f_s = 39{,}8 f_p \quad \text{GHz} \tag{11}$$

3 توهين السحاب على طول مسيرات مائلة

للحصول على التوهين الناجم عن السحب على طول مسيرات مائلة في احتمال معين، يجب معرفة إحصاءات المحتوى العمودي الكلي للماء السائل بعد تخفيض درجة حرارته إلى 0 °C، L_{red} (kg/m^2)، أو على نحو مكافئ، ملليمترات (mm) في موقع معين، مما يُنتج:

$$A = \frac{L_{red}\, K_l}{\sin\theta} \quad \text{dB} \quad \text{for} \quad 90° \geq \theta \geq 5° \tag{12}$$

حيث θ هي زاوية الارتفاع وK_l تحسب من المعادلات من (2) إلى (11) عندما تكون درجة حرارة 0 °C.

وتشكل القيم السنوية للمحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب بعد تخفيض درجة حرارته، L_{red} (kg/m^2)، المتجاوَزة لـ 0,1 و0,2 و0,3 و0,5 و1 و2 و3 و5 و10 و20 و30 و50 و60 و70 و80 و90 و95 و99% من سنة متوسطة جزءاً لا يتجزأ من هذه التوصية وتتاح في شكل خرائط رقمية.

وتشكل القيم السنوية للمحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب بعد تخفيض درجة حرارته، L_{red} (kg/m^2)، المتجاوَزة لـ 1 و2 و3 و5 و10 و20 و30 و50 و60 و70 و80 و90 و95 و99% من كل شهر متوسط جزءاً لا يتجزأ من هذه التوصية وتتاح في شكل خرائط رقمية. وترد في الملف R-REC-P.840-6-201309-I!!ZIP-E القيم السنوية والشهرية للمحتوى العمودي الكلي.

وترد البيانات من 0° إلى 360° في خطوط الطول ومن +90° إلى −90° في خطوط العرض، باستبانة 1,125° في خطوط العرض والطول على السواء. ويمكن اشتقاق المحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب بعد تخفيض درجة حرارته في أي موقع نريد على سطح الأرض بطريقة الاستكمال الداخلي التالية:

أ) حدد الاحتمالين، p_{above} وp_{below}، فوق وتحت الاحتمال المرغوب، p، من المجموعة: 0,1 و0,2 و0,3 و0,5 و1 و2 و3 و5 و10 و20 و30 و50 و60 و70 و80 و90 و95 و99% للإحصاءات السنوية، ومن المجموعة: 1 و2 و3 و5 و10 و20 و30 و50 و60 و70 و80 و90 و95 و99% للإحصاءات السنوية؛

ب) ومن الاحتمالين، p_{above} وp_{below}، حدد المحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب بعد تخفيض درجة حرارته L_{red1} وL_{red2} وL_{red3} وL_{red4}، في أقرب أربع نقاط في الشبكة؛

ج) حدد المحتوى العمودي الكلي للماء السائل بعد تخفيض درجة حرارته، $L_{redabove}$ و$L_{redbelow}$، في الاحتمالين p_{above} وp_{below}، بإجراء الاستكمال الداخلي ثنائي الخطية للقيم الأربع للمحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب بعد تخفيض درجة حرارته L_{red1} وL_{red2} وL_{red3} وL_{red4} في نقاط الشبكة الأربع، حسب الوصف الوارد في التوصية ITU-R P.1144؛

د) حدد المحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب بعد تخفيض درجة حرارته، L_{red}، في الاحتمال المرغوب، p، بإجراء استكمال داخلي لـ $L_{redabove}$ و$L_{redbelow}$ مقابل الاحتمالين p_{above} وp_{below} إلى p على مقياس المحتوى L_{red} الخطي مقابل لوغاريتم p.

1.3 تقريب L_{red} بتوزيع لوغاريتمي طبيعي

يمكن تقريب الإحصاءات السنوية للمحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب بعد تخفيض درجة حرارته بتوزيع لوغاريتمي طبيعي. وتشكل معلمات المتوسط m، والانحراف المعياري σ، واحتمال الماء السائل بعد تخفيض درجة حرارته، P_{clw}، للتوزيع اللوغاريتمي الطبيعي جزءاً لا يتجزأ من هذه التوصية في شكل خرائط رقمية.

ويمكن اشتقاق المحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب بعد تخفيض درجة حرارته في أي موقع نريد على سطح الأرض بطريقة الاستكمال الداخلي التالية:

أ) تُحدد المعلمات m_1 وm_2 وm_3 وm_4 وσ_1 وσ_2 وσ_3 وσ_4 وP_{CLW1} وP_{CLW2} وP_{CLW3} وP_{CLW4} في أقرب أربع نقاط في الشبكة؛

ب) يُحدد المحتوى العمودي الكلي للماء السائل بعد تخفيض درجة حرارته L_{red1} وL_{red2} وL_{red3} وL_{red4} في الاحتمال المرغوب، p، في أقرب أربع نقاط في الشبكة من المعلمات m_1 وm_2 وm_3 وm_4 وσ_1 وσ_2 وσ_3 وσ_4 وP_{CLW1} وP_{CLW2} وP_{CLW3} وP_{CLW4} كما يلي:

$$L_{red,i} = \mathrm{e}^{m_i + \sigma_i Q^{-1}\left(\frac{P}{P_{CLWi}}\right)} \qquad \text{for } i = 1, 2, 3, 4 \tag{13}$$

حيث:

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{x}^{\infty} \mathrm{e}^{-\frac{t^2}{2}} \mathrm{d}t \tag{14}$$

ج) يُحدد المحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب بعد تخفيض درجة حرارته في الموقع المرغوب بإجراء الاستكمال الداخلي ثنائي الخطية للقيم الأربع للمحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب L_{red1} وL_{red2} وL_{red3} وL_{red4} في نقاط الشبكة الأربع، حسب الوصف الوارد في التوصية ITU-R P.1144.