

الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R P.840-7
(2017/12)

التوهين الناجم عن السحب والضباب

السلسلة P
انتشار الموجات الراديوية

تمهيد

يوظف 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 مدى 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 الكهروتقنية 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>)

العنوان	السلسلة
البث الساتلي	BO
التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية	BR
الخدمة الإذاعية (الصوتية)	BS
الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)	BT
الخدمة الثابتة	F
الخدمة المتنقلة وخدمة الاستدلال الراديوي وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة	M
انتشار الموجات الراديوية	P
علم الفلك الراديوي	RA
أنظمة الاستشعار عن بُعد	RS
الخدمة الثابتة الساتلية	S
التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية	SA
تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة	SF
إدارة الطيف	SM
التجميع الساتلي للأخبار	SNG
إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت	TF
المفردات والمواضيع ذات الصلة	V

ملاحظة: تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذه التوصية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.

النشر الإلكتروني
جنيف، 2018

© ITU 2018

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 7-840 P-ITU-R

التوهين الناجم عن السحب والضباب

(المسألة 201/3 ITU-R)

(1992-1994-1997-1999-2009-2012-2013-2017)

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

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

د) أن البيانات المحلية المقيسة للمحتوى الإجمالي العمودي للماء السائل في السحب قد لا تكون متاحة،

توصي

1 تُستعمل الطريقة الواردة في الفقرة 1.3 من الملحق 1 للتنبؤ بالتوهين الناجم عن السحب والضباب في حال عدم توفر البيانات المحلية المقيسة للمحتوى الإجمالي العمودي للماء السائل في السحب؛

2 تُستعمل الطريقة الواردة في الفقرة 2.3 من الملحق 1 لحساب التوهين الناجم عن السحب في حال توفرت البيانات المحلية المقيسة للمحتوى الإجمالي العمودي للماء السائل في السحب؛

3 تُستعمل المعلومات الواردة في الفقرة 4 من 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 قطرات صغيرة، تقل عموماً عن 0,01 cm، يصح تقريب رايلي (Rayleigh) للترددات حتى 200 GHz. ويمكن كتابة التوهين النوعي ضمن سحابة أو ضباب كما يلي:

$$(1) \quad \gamma_c(f, T) = K_l(f, T)M \quad (\text{dB/km})$$

حيث:

γ_c : التوهين النوعي (dB/km) ضمن سحابة

K_l : معامل التوهين النوعي للماء السائل في السحب ((dB/km)/(g/m³))

M : كثافة الماء السائل في السحب أو الضباب (g/m³)

f : التردد (GHz)

T : درجة حرارة الماء السائل في السحب (K).

وعند ترددات من مرتبة 100 GHz فما فوق، يمكن للتوهين الناجم عن الضباب أن يكون ذا شأن. إذ تبلغ كثافة الماء السائل في الضباب نحو 0,05 g/m³ نمطياً للضباب المتوسط (إمكانية الرؤية بمرتبة 300 m) و0,5 g/m³ للضباب الكثيف (إمكانية الرؤية بمرتبة 50 m).

2 معامل التوهين النوعي للماء السائل في السحب

يمكن استعمال نموذج رياضي قائم على انتشار رايلي لحساب قيمة K_l في ترددات تصل حتى 200 GHz، ويستعمل هذا النموذج نموذج ديبياي (Debye) المزدوج لسماحية عازل $\epsilon(f)$ الماء:

$$(2) \quad K_l(f, T) = \frac{0,819f}{\epsilon''(1+\eta^2)} \quad (\text{dB/km})/(\text{g/m}^3)$$

حيث f هو التردد (GHz)، و:

$$(3) \quad \eta = \frac{2 + \epsilon'}{\epsilon''}$$

وتعطى سماحية عازل الماء المعقدة كما يلي:

$$(4) \quad \epsilon''(f) = \frac{f(\epsilon_0 - \epsilon_1)}{f_p [1 + (f/f_p)^2]} + \frac{f(\epsilon_1 - \epsilon_2)}{f_s [1 + (f/f_s)^2]}$$

$$(5) \quad \epsilon'(f) = \frac{\epsilon_0 - \epsilon_1}{[1 + (f/f_p)^2]} + \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{[1 + (f/f_s)^2]} + \epsilon_2$$

حيث:

$$(6) \quad \epsilon_0 = 77,66 + 103,3 (\theta - 1)$$

$$(7) \quad \epsilon_1 = 0,0671\epsilon_0$$

$$(8) \quad \epsilon_2 = 3,52$$

$$(9) \quad \theta = 300 / T$$

و T هي درجة حرارة الماء السائل (K).

أما ترددات الانفراج الرئيسية (f_p) وترددات الانفراج الثانوية (f_s) فهي:

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

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

3 توهين السحب على طول مسيرات مائلة

ينبغي استعمال الطريقة الواردة في الفقرة 1.3 للتنبؤ بتوهين السحب على طول مسيرات مائلة في حال عدم توفر البيانات المحلية المقيسة للمحتوى الإجمالي العمودي للماء السائل في السحاب L (kg/m^2 أو على نحو مكافئ mm). وتستند طريقة التنبؤ هذه إلى البيانات ERA-40 حيث يُخفّض المحتوى الإجمالي العمودي للماء السائل في السحابة إلى درجة حرارة ثابتة قدرها $K 273,15$ ، ويستعمل L_{red} (kg/m^2 أو على نحو مكافئ mm).

وإذا كانت البيانات المحلية المقيسة للمحتوى الإجمالي العمودي للماء السائل في السحب، L ، متاحة من مصادر أخرى، كالتقاسات الراديوية الأرضية أو منتجات عملية رصد الأرض أو المنتجات الرقمية للأرصاد الجوية فينبغي استعمال الطريقة الواردة في الفقرة 2.3 لحساب توهين السحب على طول مسيرات مائلة.

1.3 توزيع توهين السحب على طول مسيرات مائلة استناداً إلى خرائط عالمية رقمية

توهين السحب على طول مسير مائل، A ، لاحتمال معين، p ، هو:

$$(12) \quad A = \frac{L_{red} K_I(f, 273,15)}{\sin \phi} \quad (\text{dB}) \text{ for } 90^\circ \geq \phi \geq 5^\circ$$

حيث L_{red} هو المحتوى الإجمالي العمودي للماء السائل الذي خُفضت درجة حرارته إلى $K 273,15$ ، L_{red} (kg/m^2 أو على نحو مكافئ مليمترات (mm)) عند احتمالية p ، فإن ϕ هي زاوية الارتفاع وتحسب قيمة K_I باستعمال المعادلات (2) إلى (11) لدرجة حرارة الماء $K 273,15$.

وتشكل القيم السنوية للمحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب بعد تخفيض درجة حرارته، L_{red} (kg/m^2)، المتجاوزة مستويات الاحتمال 0,1 و 0,2 و 0,3 و 0,5 و 1 و 2 و 3 و 5 و 10 و 20 و 30 و 50 و 60 و 70 و 80 و 90 و 95 و 99% 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)، المتجاوزة مستويات الاحتمال 1 و 2 و 3 و 5 و 10 و 20 و 30 و 50 و 60 و 70 و 80 و 90 و 95 و 99% من كل شهر متوسط جزءاً لا يتجزأ من هذه التوصية وتتاح في شكل خرائط رقمية.

وتتوفر هذه الخرائط الرقمية في الملف الإضافي R-REC-P.840-7-Maps.zip.

وترد البيانات من 0° إلى 360° في خطوط الطول ومن $+90^\circ$ إلى -90° في خطوط العرض، باستثناء $1,125^\circ$ 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} و p_{below} ، فوق وتحت الاحتمال المرغوب، p ، من المجموعة: 0,1 و 0,2 و 0,3 و 0,5 و 1 و 2 و 3 و 5 و 10 و 20 و 30 و 50 و 60 و 70 و 80 و 90 و 95 و 99% للإحصاءات السنوية، ومن المجموعة: 1 و 2 و 3 و 5 و 10 و 20 و 30 و 50 و 60 و 70 و 80 و 90 و 95 و 99% للإحصاءات السنوية؛

- (ب) ومن الاحتمالين، p_{below} و p_{above} ، حدد المحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب بعد تخفيض درجة حرارته L_{red1} و L_{red2} و L_{red3} و L_{red4} ، في أقرب أربع نقاط في الشبكة؛
- (ج) حدد المحتوى العمودي الكلي للماء السائل بعد تخفيض درجة حرارته، $L_{redbelow}$ و $L_{redabove}$ ، في الاحتمالين p_{below} و p_{above} ، بإجراء الاستكمال الداخلي ثنائي الخطية للقيم الأربع للمحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب بعد تخفيض درجة حرارته L_{red1} و L_{red2} و L_{red3} و L_{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 $L_{redbelow}$ و $L_{redabove}$ مقابل الاحتمالين p_{below} و p_{above} إلى p على مقياس المحتوى L_{red} الخطي مقابل لوغاريتم p .

2.3 توهين السحب على طول مسيرات مائلة استناداً إلى بيانات محلية

توهين السحاب على مسير مائل، A ، هو:

$$(13) \quad A = \frac{LK_1^*(f, 273, 15)}{\sin \varphi} \quad (\text{dB}) \quad \text{for } 90^\circ \geq \varphi \geq 5^\circ$$

حيث يكون، L ، مجموع المحتوى العمودي الكلي للماء السائل (kg/m^2 أو على نحو مكافئ mm) فإن φ هي زاوية الارتفاع، ويحسب K_1 كالاتي:

$$(14) \quad K_1^*(f, T) = \frac{0,819 (1,9479 \cdot 10^{-4} f^{2,308} + 2,9424 f^{0,7436} - 4,9451)}{\varepsilon'' (1 + \eta^2)} \quad (\text{dB/km}) / (\text{g/m}^3)$$

حيث تعطى القيمة η في المعادلة (3) والقيمة ε'' في المعادلة (4) ودرجة حرارة الماء السائل، T ، هي $273,15 \text{ K}$.

4 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 معاملات الخرائط الرقمية للوسط m ، ومعلمات الانحراف المعياري σ ، ومعلمات احتمال المحتوى العمودي الكلي غير الصفيرية للماء السائل في السحب بعد تخفيض درجة حرارته، P_{chw} ، للتوزيع اللوغاريتمي الطبيعي جزءاً لا يتجزأ من هذه التوصية. 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 و m_2 و m_3 و m_4 و σ_1 و σ_2 و σ_3 و σ_4 و P_{CLW1} و P_{CLW2} و P_{CLW3} و P_{CLW4} في أقرب أربع نقاط في الشبكة؛
- (ب) يُحدد المحتوى العمودي الكلي للماء السائل بعد تخفيض درجة حرارته L_{red1} و L_{red2} و L_{red3} و L_{red4} في الاحتمال المرغوب، p ، في أقرب أربع نقاط في الشبكة من المعلمات m_1 و m_2 و m_3 و m_4 و σ_1 و σ_2 و σ_3 و σ_4 و P_{CLW1} و P_{CLW2} و P_{CLW3} و P_{CLW4} كما يلي:

$$(15) \quad L_{red,i} = e^{m_i + \sigma_i Q^{-1}\left(\frac{P}{P_{CLWi}}\right)} \quad \text{for } i = 1, 2, 3, 4$$

حيث:

$$(16) \quad Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

(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} و L_{red2} و L_{red3} و L_{red4} في نقاط الشبكة الأربع، حسب الوصف الوارد في التوصية ITU-R P.1144.
