الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R P.1240-2 التوصية

(2015/07)

طرائق قطاع الاتصالات الراديوية للتنبؤ بأقصى تردد أساسي قابل للاستعمال وأقصى تردد تشغيلي قابل للاستعمال ومسيرات الشعاع

السلسلة P

انتشار الموجات الراديوية

الاتحاد الدولي للاتصالات

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 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، 2016

© ITU 2016

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.1240-2

طرائق قطاع الاتصالات الراديوية للتنبؤ بأقصى تردد أساسي قابل للاستعمال وأقصى تردد تشغيلي قابل للاستعمال ومسيرات الشعاع*

(المسألة ITU-R 212/3)

(2015-2007-1997)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية طرائق للتنبؤ بأقصى الترددات القابلة للاستعمال (MUF) من أجل الطبقات الأيونوسفيرية.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن هناك حاجة إلى بيانات أيونوسفيرية مرجعية على الأمد الطويل وطرائق للتنبؤ بالانتشار لتصميم دارات اتصالات راديوية بالموجات الديكامترية (HF) وتخطيط الخدمات واختيار نطاقات الترددات؛

ب) أن التوصية ITU-R P.1239 تعطي الخرائط الرقمية الأيونوسفيرية،

توصي

1 بأن تُستعمل العناصر المضمنة في الملحق 1 (انظر التوصية ITU-R P.373 للاطلاع على التعاريف) للتنبؤ بأقصى تردد أساسي قابل للاستعمال وأقصى تردد تشغيلي قابل للاستعمال؛

2 بأن تُستعمل العناصر المضمنة في الملحق 2 للتنبؤ بمسير الشعاع.

الملحق 1

التنبؤ بأقصى تردد أساسي قابل للاستعمال وأقصى تردد تشغيلي قابل للاستعمال

1 مقدمة

يقدم هذا الملحق صيغاً عملية لتقدير القيم المتوسطة الشهرية لأقصى تردد أساسي قابل للاستعمال من أجل مسير الانتشار.

يُقدر هذا التردد MUF على أنه أكبر قيم التردد MUF الأساسي لأساليب الانتشار المناسبة لطول المسير المعني.

* برامج الحاسوب المصاحبة لإجراءات التنبؤ والبيانات الموصوفة في هذه التوصية متاحة في الموقع الإلكتروني لقطاع الاتصالات الراديوية المتعلق بلجنة الدراسات 3 للاتصالات الراديوية.

تُعطى العلاقة بين التردد MUF الأساسي والتردد MUF التشغيلي ويوصف برنامج الحاسوب، مما يؤدي إلى تقديرات لمسير التردد MUF الأساسي والتردد MUF التشغيلي وتردد العمل الأمثل على مسير انتشار من نقطة إلى نقطة من أي طول.

2 اعتبارات بشأن الأساليب

تتمثل الأساليب التي يُنظر فيها في:

1F2	0 إلى d_{max}
أساليب F2 من الرتبة العليا	ما فوق d_{max}
1F1	2 000-3 400 km
1E	0-2 000 km
2E	2 000-4 000 km

حيث المدى الأقصى على الأرض d_{max} (km) لقفزة واحدة بالأسلوب F2 يُعطى بواسطة:

$$d_{max}=4780+(12610+2140/x^2-49720/x^4-688900/x^6)(1/B-0{,}303)$$

مع:

$$B=M(3000)F2-0{,}124+\left[\left[M(3000)F2\right]^2-4\right]\left[0{,}0215+0{,}005\sin\left(\frac{7{,}854}{x}-1{,}9635\right)\right]$$

و x = foF2/foE، أو 2، أيهما أكبر.

تُستعمل قيم الخصائص الأيونوسفيرية عند نقطة وسط مسير الدائرة العظمى.

3 التنبؤ بالتردد MUF الأساسي للطبقة F2

1.3 المسافة على الأرض D حتى d_{max}

يُعطى التردد MUF الأساسي للطبقة F2 بواسطة:

$$F2(D)MUF=\left[1+\left(\frac{C_D}{C_{3000}}\right)(B-1)\right].foF2+\frac{f_H}{2}\left(1-\frac{D}{d_{max}}\right)$$

حيث:

f_H: التردد السيكلوتروني المناسب (انظر التوصية ITU-R P.1239)

و:

$$C_D=0{,}74-0{,}591Z-0{,}424Z^2-0{,}090Z^3+0{,}088Z^4+0{,}181Z^5+0{,}096Z^6$$

مع $(Z = 1 - 2D/d_{max})$

C_{3000}: قيمة C_D من أجل D = 3 000 km، حيث D هي مسافة الدائرة العظمى (km).

تنطبق المعادلات السابقة على التردد MUF الأساسي عند مسافة صفر للموجات التي تنتشر وفقاً للأسلوب x، عند d_{max} أو ما فوقها للموجات التي تنتشر وفقاً o-wave وعند مسافات متوسطة لبعض الموجات المركبة. بالنسبة لكل المسافات، يمكن الحصول على التردد MUF الأساسي المقابل للموجات التي تنتشر حسب o-wave بحذف الحد الأخير في f_H من المعادلة الأولى.

2.3 المسافة على الأرض D الأكبر من d_{max}

تُحدد قيم F2(d_{max})MUF لمواقع النقطتين التوجيهيتين عند $d_0/2$ من كل طرف في مسير توصيل الدائرة العظمى التي تربطهما؛ d_0 هو طول قفزة الأسلوب F2 الأدنى. والتردد MUF للمسير هو أدنى القيمتين.

4 التنبؤ بالتردد MUF الأساسي للطبقة F1

يكتسي الانتشار الأيونوسفيري عبر الطبقة F1 أهمية لمسافات الإرسال في مدى 000 2-400 3 km عند الارتفاعات المتوسطة والعالية خلال أشهر الصيف. فيما يخص مسافات الإرسال هذه، يُؤخذ التردد MUF الأساسي للطبقة F1 على أنه ناتج القيمة foF1 عند نقطة وسط المسير (انظر التوصية ITU-R P.1239) والعامل M_{F1}. تم اشتقاق هذا العامل M من حسابات رسم الشعاع على الكثافة الإلكترونية بدلالة المظاهر الجانبية للارتفاع المحصل عليها انطلاقاً من المقاييس الأيونوسفيرية النموذجية للزوال المسجلة عند الارتفاعات المتوسطة والعالية. يُفترض أن هذه العوامل تنطبق على كل قيم المسافة السمتية للشمس. ويمكن استخلاص العامل M من العبارات الرقمية التالية:

$$M_{F1} = J_0 - 0{,}01\,(J_0 - J_{100})\,R_{12}$$

حيث:

$$J_0 = 0{,}16 + 2{,}64 \times 10^{-3}\,D - 0{,}40 \times 10^{-6}\,D^2$$
$$J_{100} = -0{,}52 + 2{,}69 \times 10^{-3}\,D - 0{,}39 \times 10^{-6}\,D^2$$

حيث D هي مسافة الدائرة العظمى (km) المنحصرة بين 000 2 و400 3 km.

5 التنبؤ بالتردد MUF الأساسي للطبقة E

1.5 المسافة على الأرض حتى 000 2 km

إن الانتشار الأيونوسفيري عبر انعكاس بسيط على الطبقة E مهم للمسافات الأصغر من 000 2 km. يمكن اعتبار التردد MUF الأساسي للطبقة E لأسلوب انتشار معين كناتج لقيمة foE عند نقطة وسط المسير (انظر التوصية ITU-R P.1239) والعامل M، M_E. يتم استنتاج هذا العامل M من حسابات مسير الشعاع لأسلوب مكافئي للطبقة E مع hmE = 110 km وymE = 20 km، وإهمال آثار المجال المغنطيسي الأرضي. وهو يُعطى بواسطة:

$$M_E = 3{,}94 + 2{,}80\,x - 1{,}70\,x^2 - 0{,}60\,x^3 + 0{,}96\,x^4$$

حيث:

$$x = \frac{D - 1150}{1150}$$

وD تمثل مسافة الإرسال (km).

2.5 المسافة على الأرض المنحصرة بين 000 2 و000 4 km

بالنسبة لمسافات تتراوح بين 000 2 و000 4 km، يُؤخذ التردد 2E MUF على أنه يساوي E(2000)MUF معبراً عنه بدلالة foE وسط المسير.

6 التنبؤ بالتردد MUF التشغيلي

لأغراض التنبؤ، فإن التردد MUF التشغيلي (انظر التوصية ITU-R P.373)، عندما يُحدد بواسطة أسلوب F2، يُعبَّر عنه بدلالة التردد MUF الأساسي لفصول وساعات وقدرات مشعة للإرسال مختلفة كما هو مبين في الجدول 1. ويمكن استعمال هذه النسب في حال عدم وجود تجربة خاصة متعلقة بالدارة التي تخضع للدراسة. وعندما يُحدد التردد MUF التشغيلي بواسطة أسلوب E أو أسلوب F1، فإنه يُعتبَر مساوياً للتردد MUF الأساسي المقابل.

الجدول 1

نسبة التردد MUF التشغيلي المتوسط إلى التردد MUF الأساسي المتوسط لأسلوب F2، R_{op}

الشتاء		الاعتدال الربيعي		الصيف		
النهار	الليل	النهار	الليل	النهار	الليل	القدرة المشعة المكافئة المتناحية (dBW)
1,20	1,30	1,15	1,25	1,10	1,20	30 ≥
1,25	1,35	1,20	1,30	1,15	1,25	30 <

7 التنبؤ بتردد العمل الأمثل (OWF)

يتم تقييم التردد الأمثل لتشغيل الحركة (OWF) (انظر التوصية ITU-R P.373) بدلالة التردد MUF التشغيلي بتطبيق عامل التحويل F_l يساوي 0,95 إذا كان التردد MUF الأساسي للمسير محدداً بواسطة أسلوب E أو F1، وكما يبين ذلك الجدول 2 في التوصية ITU-R P.1239 إذا كان التردد MUF الأساسي للمسير محدداً بواسطة أسلوب F2.

8 التنبؤ بالتردد الأعلى المحتمل (HPF)

يتم تقييم التردد الأعلى المحتمل (HPF) (انظر التوصية ITU-R P.373) بدلالة التردد MUF التشغيلي بتطبيق عامل التحويل F_l يساوي 1,05 إذا كان التردد MUF الأساسي للمسير محدداً بواسطة أسلوب E أو F1، وكما يبين ذلك الجدول 3 في التوصية ITU-R P.1239 إذا كان التردد MUF الأساسي للمسير محدداً بواسطة أسلوب F2.

9 برنامج الحاسوب

تُنفذ الإجراءات الموصوفة في هذا الملحق في برنامج الحاسوب MUFFY، الذي يتنبأ بالتردد MUF الأساسي والتردد MUF التشغيلي والتردد الأمثل لتشغيل الحركة بدلالة ساعة اليوم، لمسير انتشار معين، والشهر وعدد الكلف الشمسي.

الملحق 2

التنبؤ بمسير الشعاع

لتقدير مبسط لمسيرات الأشعة المائلة، يمكن تقدير أن الانعكاس يحدث على مرآة مستوٍ مكافئة تقع على ارتفاع h_r.

فيما يلي:

$$H=\frac{1490}{M(3000)F2+\Delta M}-316 \qquad \text{و} \qquad x = \text{foF2} / \text{foE}$$

مع :

$$\Delta M=\frac{0{,}18}{y-1{,}4}+\frac{0{,}096(R_{12}-25)}{150}$$

و: $y = x$ أو 1,8، أيهما أكبر.

أ) فيما يخص ($x > 3{,}33$) و ($x_r = f/\text{foF2} \geq 1$)، حيث f هي تردد الموجة:

$h = h_r$ أو 800 km، أيهما أصغر

حيث: $h = B_1\, 2{,}4^{-a} + A_1$ من أجل B_1 و $0 \leq a$

وإلا $= B_1 + A_1$

مع: $A_1 = 140 + (H - 47)\, E_1$

$B_1 = 150 + (H - 17)\, F_1 - A_1$

$E_1 = -0{,}09707\, x_r^3 + 0{,}6870\, x_r^2 - 0{,}7506\, x_r + 0{,}6$

F_1 تكون بحيث:

$F_1 = -1{,}862\, x4r + 12{,}95\, x_r^3 - 32{,}03\, x_r^2 + 33{,}50\, x_r - 10{,}91$ من أجل $x_r \leq 1{,}71$

$F_1 = 1{,}21 + 0{,}2\, x_r$ من أجل $x_r > 1{,}71$

و: a تتغير حسب المسافة d ومسافة القفزة d_s على النحو التالي:

$a = (d - ds) / (H + 140)$

حيث: $ds = 160 + (H + 43)\, G$

$G = -2{,}102\, x_r^4 + 19{,}50\, x_r^3 - 63{,}15\, x_r^2 + 90{,}47\, x_r - 44{,}73$ من أجل $x_r \leq 3{,}7$

$G = 19{,}25$ من أجل $x_r > 3{,}7$

ب) فيما يخص $x > 3{,}33$ و $x_r < 1$

$h = h_r$ أو 800 km، أيهما أصغر

حيث: $h = B_2 b + A_2$ من أجل $B_2 \geq 0$

وإلا $= B_2 + A_2$

مع: $A_2 = 151 + (H - 47)\, E_2$

$B_2 = 141 + (H - 24)\, F_2 - A_2$

$E_2 = 0{,}1906\, Z^2 + 0{,}00583\, Z + 0{,}1936$

$$F_2 = 0{,}645\,Z^2 + 0{,}883\,Z + 0{,}162$$

حيث: $x_r = Z$ أو 0,1، أيهما أكبر وb تتغير حسب المسافة المقيسة d_f وZ وH على النحو التالي:

$$b = -7{,}535\,d_f^4 + 15{,}75\,d_f^3 - 8{,}834\,d_f^2 - 0{,}378\,d_f + 1$$

حيث: $d_f = \dfrac{0{,}115d}{Z(H+140)}$ أو 0,65، أيهما أصغر

ج) فيما يخص $x \leq 3{,}33$

$h_r = (115 + H\,J + U\,d)$ أو 800 km، أيهما أصغر

مع: $J = -0{,}7126\,y^3 + 5{,}863\,y^2 - 16{,}13\,y + 16{,}07$

و: $U = 8 \times 10^{-5}\,(H - 80)\,(1 + 11\,y^{-2{,}2}) + 1{,}2 \times 10^{-3}\,H\,y^{-3{,}6}$

_____