

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R F.1245-3 (2019/01)

النموذج الرياضي لمخططات الإشعاع المتوسطة
وذاات الصلة من أجل هوائيات الأنظمة اللاسلكية
الثابتة من نقطة إلى نقطة للاستعمال في تقييم
التداخلات في مدى الترددات
من 1 إلى 86 GHz تقريباً

السلسلة F
الخدمة الثابتة

تمهيد

يُضطلع 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)

يُرد 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 القرار ITU-R 1. وترد الاستثمارات 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، 2019

التوصية *ITU-R F.1245-3

النموذج الرياضي لمخططات الإشعاع المتوسطة وذات الصلة
من أجل هوائيات الأنظمة اللاسلكية الثابتة من نقطة إلى نقطة للاستعمال
في تقييم التداخلات في مدى الترددات من 1 إلى 86 GHz تقريباً
(المسألة ITU-R 110-3/5)

(1997-2000-2012-2019)

مجال التطبيق

تتضمن هذه التوصية مخططات الإشعاع المرجعية المتوسطة وذات الصلة من أجل هوائيات الأنظمة اللاسلكية الثابتة من نقطة إلى نقطة في مدى الترددات الذي يتراوح بين 1 GHz ونحو 86 GHz. ويمكن استعمال التحليل الوارد في هذه التوصية في تقييم التداخل عندما لا تتوفر معلومات معينة عن هوائيات الأنظمة اللاسلكية الثابتة.

كلمات رئيسية

هوائي، عرض الحزمة عند الارتفاع والسمت، استقطاب متقاطع، خدمة ثابتة، تقاسم التردد، محطة ترحيل راديوي، مخطط الإشعاع المرجعي، غلاف الفصوص الجانبية، التحليل الإحصائي للتداخلات

المختصرات/مسرد المصطلحات

FWS الأنظمة اللاسلكية الثابتة (Fixed wireless system)

توصيات الاتحاد ذات الصلة

التوصية ITU-R F.699 - مخططات الإشعاع المرجعية لهوائيات الأنظمة اللاسلكية الثابتة من أجل استعمالها في دراسات التنسيق وفي تقييم التداخل في مدى الترددات من 100 MHz و 86 GHz

التوصية ITU-R F.1336 - مخططات الإشعاع المرجعية لهوائيات شاملة الاتجاهات وقطاعية وهوائيات أخرى للخدمات الثابتة والمتنقلة، للاستخدام في دراسات التقاسم في مدى الترددات من 400 MHz إلى 70 GHz تقريباً

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن مخطط الإشعاع المرجعي لهوائيات الأنظمة اللاسلكية الثابتة من نقطة إلى نقطة الوارد في التوصية ITU-R F.699 يوفر غلاف الذروة لمخططات الفصوص الجانبية؛

ب) أنه إذا استعمل مخطط إشعاع غلاف الذروة في تقييم إجمالي التداخلات التي تتألف من مصادر عديدة للتداخلات، فإن التداخلات المتنبأ بها ستفضى إلى قيم أكبر من القيم التي تسجل عملياً؛

ج) أنه بالتالي قد يتعين استعمال مخطط إشعاع الهوائي الذي يمثل قيمة متوسطة للفصوص الجانبية في الحالات التالية:

- التنبؤ بالتداخل المجموع الذي تسببه محطات ترحيل راديوي عديدة على سائل مستقر أو غير مستقر بالنسبة إلى الأرض؛

* ينبغي رفع هذه التوصية إلى عناية لجنتي الدراسات 4 و 7 لقطاع الاتصالات الراديوية.

- التنبؤ بالتداخل المجمع الذي تسببه سواتل كثيرة مستقرة بالنسبة إلى الأرض على محطة ترحيل راديوي؛
- التنبؤ بالتداخل على محطة ترحيل راديوي من ساتل أو أكثر غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في ظل زاوية متغيرة باستمرار ينبغي توسيطها؛
- في أي حالات أخرى يتاح فيها استخدام مخطط الإشعاع الذي يمثل القيم المتوسطة للفصوص الجانبية؛
- د) أنه يفضل استعمال صيغة رياضية بسيطة لمخطط الإشعاع الذي يمثل قيماً متوسطة للفصوص الجانبية؛
- هـ) أن هناك حاجة أيضاً إلى نموذج رياضي لمخططات الإشعاع المعممة للهوائيات من أجل التحليل الإحصائي للتداخلات التي تضم مصادر قليلة للتداخلات كتلك الصادرة عن السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض نحو أنظمة تعمل في الخدمة الثابتة،

توصي

- 1 باستعمال النموذج الرياضي لمخطط الإشعاع المتوسط كما يرد أدناه في حالة غياب معلومات معينة بشأن مخطط إشعاع هوائي النظام اللاسلكي الثابت المعني، وذلك في حالة التطبيقات المشار إليها في الفقرة ج) من "إذ تضع في اعتبارها"؛
- 2 بأنه ينبغي استخدام النموذج الرياضي التالي لمخطط الإشعاع المتوسط للترددات التي تقع في المدى 1-86 GHz؛
- 1.2 في الحالات التي تكون فيها النسبة بين قطر الهوائي وطول الموجة أكبر من 100 ($100 < D/\lambda$)، ينبغي استعمال المعادلة التالية (انظر الملاحظتين 1 و7):

1.1.2 فيما يخص الترددات في المدى 1 GHz إلى 70 GHz، يُعطى كسب الهوائي G (dBi) بواسطة:

$$G(\varphi) = G_{max} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad \text{for} \quad 0^\circ < \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{for} \quad \varphi_m \leq \varphi < \max(\varphi_m, \varphi_r)$$

$$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi \quad \text{for} \quad \max(\varphi_m, \varphi_r) \leq \varphi < 48^\circ$$

$$G(\varphi) = -13 \quad \text{for} \quad 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$$

2.1.2 فيما يخص الترددات في المدى 70 GHz إلى 86 GHz، يُعطى كسب الهوائي G (dBi) بواسطة:

$$G(\varphi) = G_{max} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad \text{for} \quad 0^\circ < \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{for} \quad \varphi_m \leq \varphi < \max(\varphi_m, \varphi_r)$$

$$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi \quad \text{for} \quad \max(\varphi_m, \varphi_r) \leq \varphi < 120^\circ$$

$$G(\varphi) = -23 \quad \text{for} \quad 120^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$$

حيث:

G_{max} : الحد الأقصى لكسب الهوائي (dBi) (انظر الملاحظة 2)

$G(\varphi)$: الكسب (dBi) نسبة إلى هوائي متناح

φ : زاوية الانحراف عن المحور الرئيسي (بالدرجات)

D : قطر الهوائي
 λ : الطول الموجي
 يعبر عنهما بنفس الوحدات

G_1 : كسب الفص الجانبي الأول

$$2 + 15 \log (D/\lambda) =$$

$$\varphi_m = \frac{20 \lambda}{D} \sqrt{G_{max} - G_1} \quad \text{degrees}$$

$$\varphi_r = 12.02 (D/\lambda)^{-0.6} \quad \text{degrees}$$

2.2 بأنه في الحالات التي تكون فيها النسبة بين قطر الهوائي وطول الموجة أقل من أو تساوي 100 ($D/\lambda \leq 100$)، ينبغي استعمال المعادلات التالية (انظر الملاحظتين 3 و7):

1.2.2 فيما يخص الترددات في المدى 1 GHz إلى 70 GHz، يُعطى كسب الهوائي G (dBi) بواسطة:

$$G(\varphi) = G_{max} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad \text{for} \quad 0^\circ < \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = 39 - 5 \log (D/\lambda) - 25 \log \varphi \quad \text{for} \quad \varphi_m \leq \varphi < 48^\circ$$

$$G(\varphi) = -3 - 5 \log (D/\lambda) \quad \text{for} \quad 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$$

2.2.2 فيما يخص الترددات في المدى 70 GHz إلى 86 GHz، يُعطى كسب الهوائي G (dBi) بواسطة:

$$G(\varphi) = G_{max} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad \text{for} \quad 0^\circ < \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = 39 - 5 \log (D/\lambda) - 25 \log \varphi \quad \text{for} \quad \varphi_m \leq \varphi < 120^\circ$$

$$G(\varphi) = -13 - 5 \log (D/\lambda) \quad \text{for} \quad 120^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ;$$

3 بأنه يمكن الرجوع إلى الملحق 1 بشكل مؤقت من أجل مخططات الإشعاع المعممة لهوائيات الأنظمة اللاسلكية الثابتة من نقطة إلى نقطة التي يمكن أن تستعمل في التحليلات الإحصائية للتداخلات التي تشمل مصادر قليلة للتداخلات كتلك الصادرة من سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض نحو أنظمة تعمل في الخدمة الثابتة (انظر الملاحظة 9)؛

4 بأنه ينبغي اعتبار الملاحظات التالية جزءاً من هذه التوصية.

الملاحظة 1 - القيم المتوسطة للفصوص الجانبية الواردة في الفقرة 1.2 أقل بمقدار 3 dB عن قيم غلاف الذروة للفصوص الجانبية الواردة في الفقرة 1.2 من التوصية ITU-R F.699.

الملاحظة 2 - العلاقة بين G_{max} والنسبة D/λ هي $G_{max} - 7.7 \approx 20 \log \frac{D}{\lambda}$ ؛ انظر التوصية ITU-R F.699، الفقرة 3 من "توصي".

الملاحظة 3 - النموذج الرياضي الوارد في الفقرة 2.2 مشتق من شروط عدم تجاوز القدرة الإجمالية المشعة من الهوائي للقدرة الإجمالية المغذية للهوائي.

الملاحظة 4 - لا ينطبق مخطط الإشعاع المبين في الفقرة 2 إلا على استقطاب مشترك واحد.

الملاحظة 5 - مخطط الإشعاع الوارد في هذه التوصية لا يخص إلا الهوائيات تناظرية الدوران. ويمكن تطبيقه أيضاً على عاكسات مربعة/مضلعة وهوائيات لوحية مسطحة، شريطة أن تُستنبط نسبتها المكافئة D/λ من الكسب الأقصى للهوائي باستعمال الصيغة الواردة في التوصية ITU-R F.699، الفقرة 3 من "توصي".

الملاحظة 6 - مخطط الإشعاع المتوسط الوارد في هذه التوصية قد يختلف قليلاً عن مخططات إشعاع الهوائيات الفعلية. ويتمثل الغرض من هذه التوصية فقط في توفير نموذج رياضي لاستخدامه في تقييم التداخلات بالنسبة للتطبيقات المشار إليها في الفقرة ج) من "إذ تضع في اعتبارها".

الملاحظة 7 - تستخدم هوائيات الترحيل الراديوي عادةً الاستقطاب الخطي. وبالتالي، عند تقييم التداخلات الصادرة عن نظام يستخدم استقطاب دائري وحيد كما هو الحال في الاقتران بين حزمة رئيسية وحزمة رئيسية أخرى من محطتين فضائيتين، فإن الكسب الفعلي للهوائي الترحيل الراديوي، $G_{eff}(\varphi)$ ، بالاستفادة من ميزة الاستقطاب يمكن تقديره باستعمال المعادلة التالية في حدود 3 dB من اتجاه التسديد في منطقة الفص الرئيسي ($0 < \varphi < \varphi_3 \text{ dB}$) بدلاً من المعادلة الأولى الواردة في الفقرة 1.2 أو 2.2 كما هو موضح في الملحق 2.

$$G_{eff}(\varphi) = G(\varphi) - 1.7 \quad \text{dBi}$$

حيث $G(\varphi)$ ، الكسب حسب المعادلة الأولى في الفقرتين 1.2 و2.2.

وتفترض المعادلة أعلاه أن كسب الهوائي ذي الاستقطاب المتقاطع بالنسبة للزاوية $0^\circ < \phi < \phi_{3dB}$ يقل بمقدار 20 dB عن G_{max} . ولا ينبغي توقع التمتع بميزة الاستقطاب للزاوية $\phi > \phi_{3dB}$ أو عندما تكون محطة الترحيل الراديوي خارج الحزمة الرئيسية لهوائي الخدمة الأخرى. والزاوية ϕ_{3dB} (أي نصف عرض الحزمة البالغ 3 dB) التي يقل عندها كسب الاستقطاب المشترك بمقدار 3 dB عن الكسب الأقصى، G_{max} ، يمكن حسابها بالاستعاضة عن $G(\phi)$ بالمقدار $G_{max} - 3$ dB في الصيغة الخاصة بالكسب $G(\phi)$ عند $0^\circ < \phi < \phi_m$.

$$\phi_{3dB} \approx \frac{35}{\left(\frac{D}{\lambda}\right)}$$

الملاحظة 8 - يُرجى من أعضاء قطاع الاتصالات الراديوية تقديم معلومات تقارن القيم المتوسطة للفصوص الجانبية ومخططات قياسات مخططات الإشعاع على هوائيات فعلية. يمكن لهذه المعلومات أن تساعد في زيادة صقل هذه التوصية.

الملاحظة 9 - يُرجى من أعضاء قطاع الاتصالات الراديوية دراسة جدوى التوسع في تطبيق النموذج الوارد في الملحق 1.

الملحق 1

نموذج رياضي لمخططات إشعاع معممة لهوائيات في الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة من أجل الاستعمال في التقييم الإحصائي للتداخلات

1 مقدمة

توفر التوصية ITU-R F.699 مخططات الإشعاع المرجعية لهوائيات الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة استناداً إلى قيم غلاف الذروة للفصوص الجانبية. وبالتالي، قد يؤدي تقييم التداخلات باستعمال هذه التوصية إلى مغالاة لا مفر منها في تقدير هذه التداخلات. ومن جهة أخرى، يوفر النص الرئيسي لهذه التوصية نموذجاً رياضياً لمخططات الإشعاع المتوسطة لهوائيات الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة تمثل القيم المتوسطة للفصوص الجانبية. بيد أنه يمكن تطبيق ذلك في حالة مصادر التداخل المتعددة أو مصادر التداخل المتغيرة بتغير الوقت.

ومن أجل الاستعمال في تحليل إحصائي لأمكنة التداخل، مثل اشتقاق دالة توزيع الاحتمال (pdf) للتداخل الناجم عن بعض الأنظمة الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض على عدد كبير من أنظمة أو محطات الخدمة الثابتة، من الضروري وضع نموذج رياضي لمخططات الإشعاع المعممة للهوائيات.

2 الهوائيات ذات النسبة D/λ الأكبر من 100

ترد مخططات الإشعاع المرجعية للهوائيات ذات النسبة D/λ الأكبر من 100 والتي تمثل قيم غلاف الذروة للفصوص الجانبية في الفقرة 1.2 من "توصية" ITU-R F.699. وطبقاً للفقرة 1.2 من "توصية" ITU-R F.699، فإن القيمة المتوسطة للفص الجانبي تقل عن قيمة غلاف الذروة للفص الجانبي بمقدار 3 dB. ويبدو أن من المنطقي افتراض أن القيم الفعلية للفصوص الجانبية تتغير بشكل جيبي. وبالتالي، يعبر عن مخطط الإشعاع الفعلي كما يلي:

فيما يخص الترددات في المدى 1 GHz إلى 70 GHz، يُعطى كسب الهوائي G (dBi) بواسطة:

$$(1a) \quad G(\varphi) = \max [G_a(\varphi), G_b(\varphi)] \quad \text{for} \quad 0 \leq \varphi < \varphi_r$$

$$(1b) \quad G(\varphi) = 32 - 25 \log \varphi + F(\varphi) \quad \text{for} \quad \varphi_r \leq \varphi < 48^\circ$$

$$(1c) \quad G(\varphi) = -10 + F(\varphi) \quad \text{for} \quad 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$$

فيما يخص الترددات في المدى 70 GHz إلى 86 GHz، يُعطى كسب الهوائي G (dBi) بواسطة:

$$(1a1) \quad G(\varphi) = \max [G_a(\varphi), G_b(\varphi)] \quad \text{for} \quad 0 \leq \varphi < \varphi_r$$

$$(1b1) \quad G(\varphi) = 32 - 25 \log \varphi + F(\varphi) \quad \text{for} \quad \varphi_r \leq \varphi < 120^\circ$$

$$(1c1) \quad G(\varphi) = -20 + F(\varphi) \quad \text{for} \quad 120^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$$

حيث:

$$(1d) \quad G_a(\varphi) = G_{max} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2$$

$$(1e) \quad G_b(\varphi) = G_1 + F(\varphi)$$

$$(2a) \quad G_1 = 2 + 15 \log (D/\lambda) \quad \text{dB}$$

$$(2b) \quad \varphi_r = 15.85 \left(\frac{D}{\lambda} \right)^{-0.6} \quad \text{degrees}$$

$$(2c) \quad F(\varphi) = 10 \log \left(0.9 \sin^2 \left(\frac{3 \pi \varphi}{2 \varphi_r} \right) + 0.1 \right) \quad \text{dB}$$

حيث يفترض أن تقابل φ_r الزاوية من المحور لذروة الفص الجانبي الأول ويفترض أن الطور عندما تكون $\varphi = \varphi_r$ يساوي 1.5π . وجددير بالإشارة أن إزاحة الدالة الجيبية في المعادلة (2c) معبر عنها بالتقوم الدائري (radians) وأن قيمة $F(\varphi)$ تساوي صفر تقريباً أو سالبة. وتقابل $F(\varphi) = 0$ ذرى الفصوص الجانبية. وأدخلت المعلمة 0,1 في المعادلة (2c) لتفادي حالة وقوع $F(\varphi)$ تحت -10 dB.

3 الهوائيات ذات النسبة D/λ الأقل من 100

في حالة الهوائيات ذات النسبة D/λ التي تساوي أو تقل عن 100، سيفترض مرة أخرى أن قيم ذرى الفصوص الجانبية تزيد عن القيمة المتوسطة للفصوص الجانبية الواردة في النص الرئيسي لهذه التوصية بمقدار 3 dB.

ومن ثم، يقدم المخطط التالي كمخطط إشعاع معمم لهوائي ذي نسبة D/λ تساوي أو تقل عن 100:

فيما يخص الترددات في المدى 1 GHz إلى 70 GHz، يُعطى كسب الهوائي G (dBi) بواسطة:

$$(3a) \quad G(\varphi) = \max [G_a(\varphi), G_b(\varphi)] \quad \text{for} \quad 0 \leq \varphi < \varphi_r$$

$$(3b) \quad G(\varphi) = 42 - 5 \log (D/\lambda) - 25 \log \varphi + F(\varphi) \quad \text{for} \quad \varphi_r \leq \varphi < 48^\circ$$

$$(3c) \quad G(\varphi) = -5 \log (D/\lambda) + F(\varphi) \quad \text{for} \quad 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$$

فيما يخص الترددات في المدى 70 GHz إلى 86 GHz، يُعطى كسب الهوائي G (dBi) بواسطة:

$$(3a1) \quad G(\varphi) = \max [G_a(\varphi), G_b(\varphi)] \quad \text{for } 0 \leq \varphi < \varphi_r$$

$$(3b1) \quad G(\varphi) = 42 - 5 \log (D/\lambda) - 25 \log \varphi + F(\varphi) \quad \text{for } \varphi_r \leq \varphi < 120^\circ$$

$$(3c1) \quad G(\varphi) = -10 - 5 \log (D/\lambda) + F(\varphi) \quad \text{for } 120^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$$

حيث:

$$(3d) \quad G_a(\varphi) = G_{max} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2$$

$$(3e) \quad G_b(\varphi) = G_1 + F(\varphi)$$

$$(4a) \quad G_1 = 2 + 15 \log (D/\lambda) \quad \text{dB}$$

$$(4b) \quad \varphi_r = 39,8 \left(\frac{D}{\lambda} \right)^{-0,8} \quad \text{degrees}$$

$$(4c) \quad F(\varphi) = 10 \log \left(0,9 \sin^2 \left(\frac{3 \pi \varphi}{2 \varphi_r} \right) + 0,1 \right) \quad \text{dB}$$

وجدير بالإشارة ثانيةً أن إزاحة الدالة الجيبية في المعادلة (4c) معرّب عنها بالتقويم الدائري (radians) وأن القيمة $F(\varphi)$ تساوي صفر أو سالبة وأن $F(\varphi) = 0$ تقابل ذرى الفصوص الجانبية. والسبب من إدخال المعلمة 0,1 على المعادلة (4c) هو نفس السبب المذكور في المعادلة (2c).

4 الخلاصة

المعادلات من (1a) إلى (1e) (مع المعادلات من (2a) إلى (2c)) والمعادلات من (3a) إلى (3e) (مع المعادلات من (4a) إلى (4c)) تقدم كنماذج رياضية لمخططات إشعاع معممة لهوائيات في الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة بحيث لا تستعمل إلا في التقييم الإحصائي المكاني للتداخلات.

الملحق 2

اشتقاق الكسب $G_{eff}(\varphi)$ المشار إليه في الملاحظة 7 فيما يتعلق بميزة الاستقطاب بين أنظمة ذات استقطاب خطي وأخرى ذات استقطاب دائري

1 مقدمة

تستعمل هوائيات الترحيل الراديوي عادة الاستقطاب الخطي. لذا، فإنه عندما يقع تداخل على هوائيات الترحيل الراديوي من نظام يستعمل استقطاب دائري وحيد، من المهم تقييم الخسارة بين الاستقطاب الدائري والخطي أو ميزة الاستقطاب بين نظامين أحدهما باستقطاب خطي والآخر باستقطاب دائري. وفي الحالة النموذجية، تكون الخسارة بين الاستقطابين الخطي والدائري 3 dB. وتحقق الأنظمة العملية تمييزاً في الاستقطاب أقل مما يتحقق في الحالة النموذجية.

ويناقش هذا الملحق اشتقاق الخسارة بين استقطابين دائري وخطي في الحالات العملية.

2 معادلة لحساب خسارة الاستقطاب لهوائيات غير نموذجية

تُحسب خسارة الاستقطاب (بالوحدة dB) لهوائيات غير نموذجية عادة كالتالي:

$$L_p = -10 \log \left(\frac{1}{2} + \frac{4R_w R_a + (R_w^2 - 1)(R_a^2 - 1) \cos 2\Delta\tau}{2(R_w^2 + 1)(R_a^2 + 1)} \right)$$

حيث:

L_p : خسارة الاستقطاب

R_w : النسبة المحورية الفولطية للموجة الراديوية

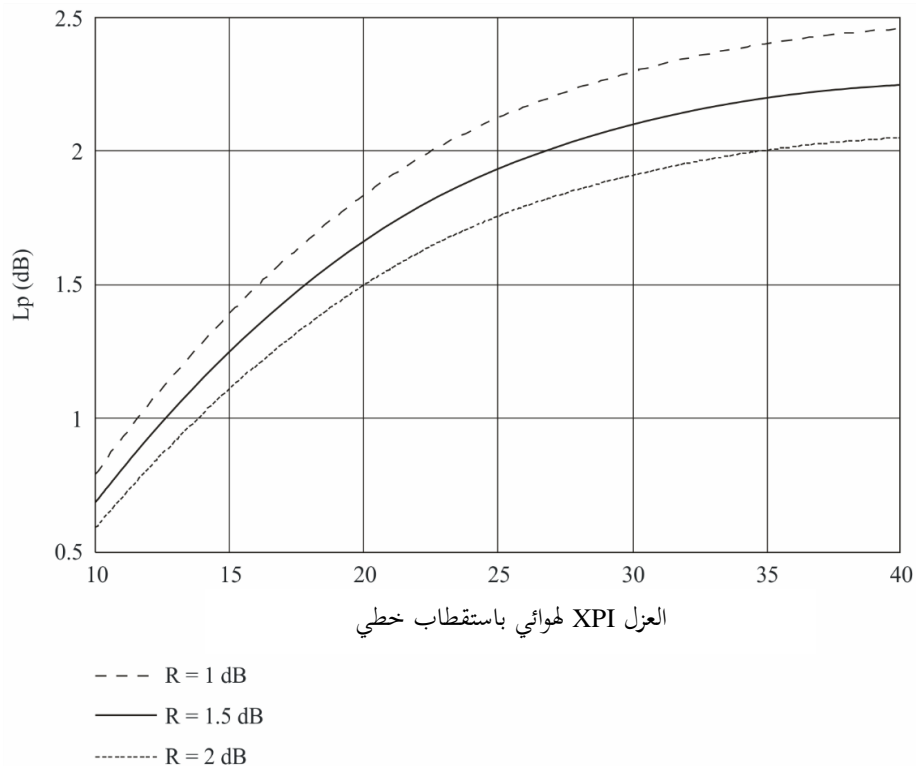
R_a : النسبة المحورية الفولطية للهوائي

$\Delta\tau$: الزاوية بين زاوية ميل إهليلج استقطاب الهوائي وزاوية ميل إهليلج الموجة الساقطة، حيث تنسب الزاويتان للمستوى الأفقي عند سطح الأرض. ولأغراض هذا التحليل، يفترض أن $\Delta\tau = 0$ وهي الحالة الأكثر تحفظاً.

وبالنسبة للهوائي ذي الاستقطاب الدائري، يعبر عن النسبة المحورية الفولطية عادة بوحدات الديسبل (dB). ويتم الربط بين هذه الحدود بالعلاقة التالية: $R(\text{dB}) = 20 \log(|R_w|)$. وبالنسبة للهوائي ذي الاستقطاب الخطي، فإن النسبة المحورية الفولطية بالديسبل تتساوى في المقدار مع عزل الاستقطاب العرضي للهوائي كما يتضح من العلاقة التالية: $XPI(\text{dB}) = 20 \log(|R_a|)$. ويعرض الشكل 1 أدناه مخططاً بيانياً لخسارة الاستقطاب، L_p ، مقابل عزل الاستقطاب العرضي (XPI) لثلاث قيم للنسبة المحورية للاستقطاب الدائري، R . ولا يعتمد هذا المخطط البياني على التردد.

الشكل 1

خسارة الاستقطاب مقابل العزل XPI، لقيم مختلفة للنسبة R



وتعتمد القيمة المناسبة للخسارة L_p على خصائص الهوائيين، ذي الاستقطاب الدائري وذي الاستقطاب الخطي، خلال مدى تردد من 1 إلى 86 GHz.

3 أمثلة على بيانات عزل الاستقطاب العرضي (XPI)

يعرض الجدولان 1 و2 أمثلة لبيانات عزل الاستقطاب العرضي من إدارتين. ويتضمن الجدول 1 ملخصاً لمعلومات من قاعدة بيانات الترخيص الخاصة بإحدى الإدارات لمدى ترددات من 1 GHz إلى 40 GHz تقريباً؛ فيما يعرض الجدول 2 بيانات أخرى للعزل XPI تستند إلى أنواع مختلفة من الهوائيات تستعملها إدارة أخرى لنطاقات تردد من 6 GHz إلى 22 GHz تقريباً.

الجدول 1

مثال على بيانات العزل XPI من إحدى الإدارات

النطاق (GHz)	عدد التسجيلات الخاصة بالهوائيات	التوزيع عند 5% من العزل XPI (dB)	التوزيع عند 10% من العزل XPI (dB)	القيمة المتوسطة للعزل XPI (dB)
1,525-0,953	484	12	20	30
2,7-1,7	698	20	20	30
5,0-3,4	280	15	20	30
7,125-5,85	532	20	28	30
7,725-7,125	403	24	28	30
8,5-7,725	213	30	30	30
10,68-10,5	151	28	30	30
11,7-10,7	202	20	25	30
13,25-12,7	209	25	25	30
15,35-14,5	172	28	30	30
19,7-17,7	181	27	30	30
23,6-21,2	164	25	28	30
25,25-24,25	8	30	30	32
28,35-24,35	4	30	30	32
40,0-28,6	30	23	26	30

الجدول 2

مثال على بيانات العزل في إدارة أخرى

النطاق (GHz)	عدد أنواع الهوائيات	عدد الهوائيات المستخدمة	التوزيع عند 10% من العزل XPI (dB)	القيمة المتوسطة للعزل XPI (dB)
7,75-5,925	11	600	25	29
15,23-10,7	27	5 700	32	35
23,2-17,85	13	2 806	26	28

وطبقاً لهذه البيانات، سيكون من المناسب افتراض حد أدنى قيمته 20 dB للعزل XPI عند الترددات حتى 40 GHz. يُتوقع أداء أفضل للاستقطاب المتقاطع فوق 40 GHz مع زيادة التردد والكسب. وبالتالي، تمثيلاً مع الفقرة 2 من "توصي"، يمكن القول مؤقتاً أن بالإمكان أيضاً استعمال حد أدنى تزيد قيمته على 20 dB في الترددات بين 40 و86 GHz.

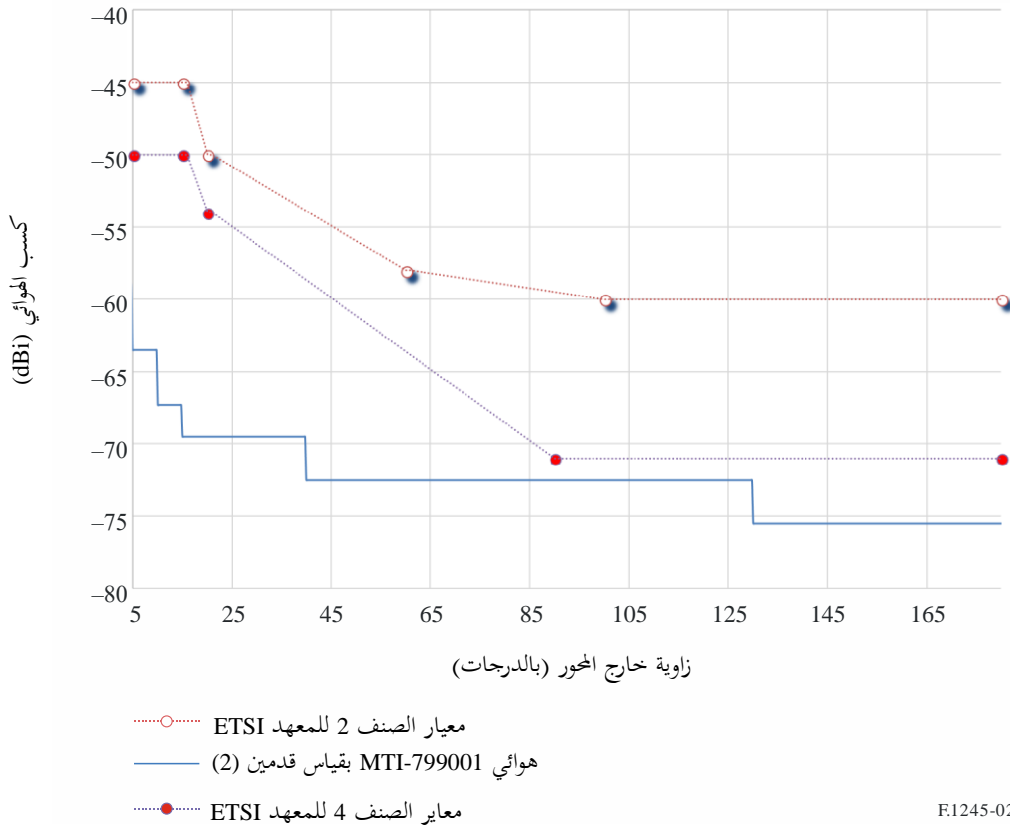
4 الاستقطاب المشترك والعزل بالاستقطاب المتقاطع (XPI) - مقارنة بين المعادلات والقياسات

يقارن الشكل 2 قيمة XPI (dB) عند 72 GHz:

- (1) فيما يتعلق بمعايير الصنفين 2 و4 للمعهد؛
- (2) فيما يتعلق بالقياسات التي أُجريت على مستوى هوائي طبقي بقياس قدمين (2)، النموذج MT-799001 71-76 GHz، 50 dBi، 0,45 عمودي/أفقي.

الشكل 2

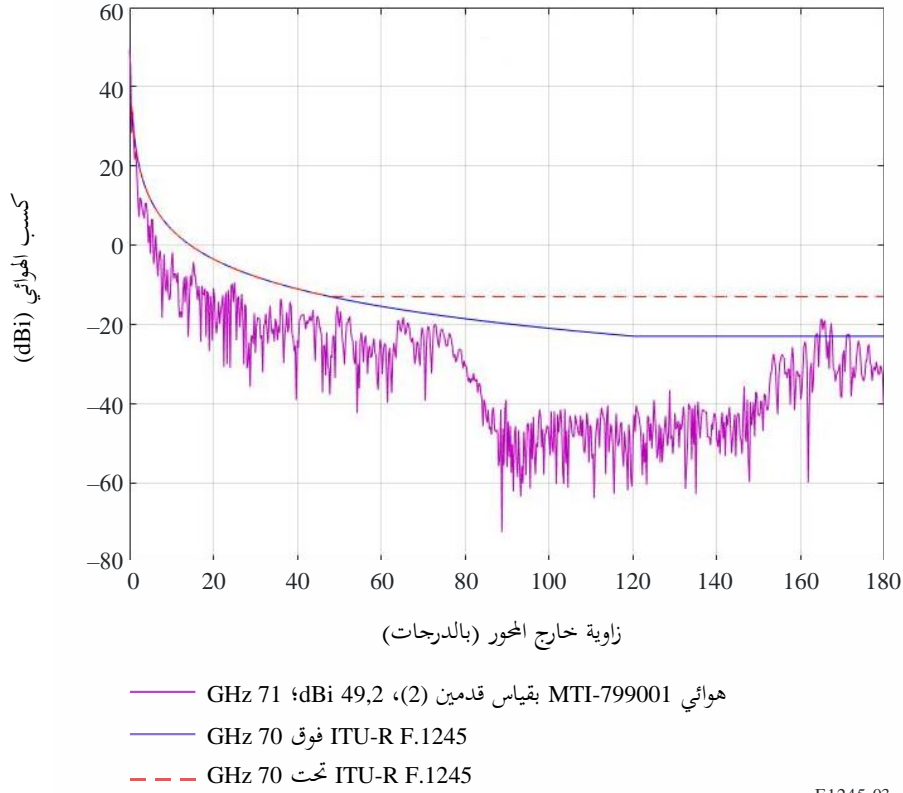
خسارة بسبب الاستقطاب بدالة فك اقتران الاستقطاب المتقاطع: مقارنة بين المعايير والقياسات



يعرض الشكل 3 مخطط الهوائي المقيس عند 71 GHz من أجل هوائي بنسبة $D/\lambda = 140$ ، بالمقارنة مع المعادلة الواردة في الفقرة 1.1.2 من "توصي"، فيما يخص الترددات دون 70 GHz، ومع المعادلة الواردة في الفقرة 2.1.2 من "توصي"، فيما يخص الترددات فوق 70 GHz.

الشكل 3

مخطط هوائي مقيس عند 71 GHz، بالمقارنة مع المعادلات المتعلقة بالترددات تحت/فوق 70 GHz



F.1245-03

5 الخلاصة

أخذاً بعين الاعتبار الجدولين 1 و2، يبدو أن قيمة قدرها 20 dB تعتبر مناسبة للعزل XPI لهوائيات الترحيل الراديوي تحت 40 GHz. ومع ذلك، توفر الهوائيات الحديثة عزلاً XPI أعلى. وبأخذ الشكل 1 في الاعتبار، فإن قيمة قدرها 20 dB للعزل XPI وحد أقصى مؤقت للنسبة المحورية للاستقطاب الدائري (R) للهوائي المتسبب في التداخل مقداره 1,5 dB، يطبق حول اتجاه تسديد هوائيات المحطات الفضائية التي لا تتبع إعادة استعمال الترددات عن طريق الاستقطاب العمودي والتي تعمل في نطاقات تردد من 2 إلى 30 GHz تقريباً، تكون خسارة الاستقطاب 1,7 dB. وهذه القيمة غير قابلة للتطبيق إلا داخل عرض الحزمة 3 dB لهوائي الترحيل الراديوي وحول اتجاه تسديد هوائيات المحطات الفضائية وعند ترددات بين 1 و86 GHz.