الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R BO.1443-3

(2013/12)

مخططات مرجعية لهوائيات المحطات الأرضية في الخدمة الإذاعية الساتلية من أجل استخدامها لتقييم التداخل من خلال سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في نطاقات التردد المذكورة في التذييل 30 من لوائح الراديو

السلسلة BO

البث الساتلي

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 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).

التوصية ITU-R BO.1443-3

مخططات مرجعية لهوائيات المحطات الأرضية في الخدمة الإذاعية الساتلية من أجل استخدامها لتقييم التداخل من خلال سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في نطاقات التردد المذكورة في التذييل 30 من لوائح الراديو*

(المسألة ITU-R 280/4)

(2013–2006–2002–2000)

مجال التطبيق

ترمي هذه التوصية إلى تزويد مخططات مرجعية ثلاثية الأبعاد لهوائيات المحطات الأرضية في الخدمة الإذاعية الساتلية (BSS) يمكن استخدامها لحساب التداخل الناجم عن سواتل الخدمة الثابتة الساتلية (FSS) غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض في هوائيات المحطات الأرضية للخدمة الإذاعية الساتلية.

الكلمات الرئيسية

مخطط الكسب، المدار الساتلي المستند بالنسبة إلى الأرض (GSO)، الخدمة الإذاعية الساتلية (BSS).

المختصرات/مسرد المصطلحات

يحدد مخطط الكسب بالصورة التالية:

$$\text{Gain} = G(\varphi,\theta)$$

حيث:

φ: زاوية الهوائي من المحور بالنسبة للتسديد (بالدرجات)

θ: زاوية مستوى الهوائي (بالدرجات) (السمت 0° هو المستوى الأفقي).

توصيات وتقارير قطاع الاتصالات الراديوية ذات الصلة

التوصية ITU-R S.672-4	مخطط الإشعاع المطلوب استعماله كهدف تصميمي لهوائيات السواتل في الخدمة الثابتة الساتلية التي تستعمل السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض
التوصية ITU-R S.1428-1	مخططات الإشعاع المرجعية للمحطات الأرضية في الخدمة الثابتة الساتلية لاستعمالها في تقييم التداخل من خلال سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض (non-GSO) في نطاقات الترددات بين 10,7 GHz و30 GHz
التوصية ITU-R S.1503-1	وصف وظيفي يستعمل في تطوير أدوات البرمجيات لتحديد التوافق بين شبكات الأنظمة الثابتة الساتلية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض والحدود المقررة في المادة 22 من لوائح الراديو

* إن الأساس الذي تقوم عليه المخططات في هذه التوصية، بما في ذلك منهجية تحليل ورسم البيانات والتي تقيس مدى مطابقة مجموعات البيانات للمخطط الموصى به، وارد في التقرير ITU-R BO.2029 – قياسات مخطط هوائي المحطة الأرضية في الخدمة الإذاعية الساتلية وما يرتبط بها من تحليلات. ويتوفر هذا التقرير مشفوعاً بمجموعات البيانات الخام والجداول الحسابية المستخدمة لإجراء التحليل البياني في قرص CD-ROM يُطلب من الاتحاد.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن مخططات الإشعاع المرجعية لهوائيات الاستقبال للخدمة الإذاعية الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض المحددة في الملحق 5 بالتذييل 30 من لوائح الراديو قد استعملت، فيما يتعلق بهوائيات المحطة الأرضية للخدمة الإذاعية الساتلية، من أجل إعداد خطط الخدمة الإذاعية الساتلية وتحديد مخطط إشعاع مرجعي يمثل غلافاً للفصوص الجانبية؛

ب) أن مثل هذه المخططات المرجعية ضرورية من أجل حساب التداخل عن طريق استعمال مستقبلات ثابتة أو منقولة وسواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الإذاعية الساتلية بهدف ضمان حماية مناسبة لخطط الخدمة الإذاعية الساتلية؛

ج) أن في حالة وجود عدة مصادر للتداخل تختلف مواقعها بشدة حسب الوقت، تعتمد سوية التداخل المستقبل بشكل لا يمكن تفاديه على نقاط الذروة والحضيض في مخطط الكسب لهوائي المحطة الأرضية BSS المعرضة للتداخل؛

د) أن ثمة حاجة، فيما يتعلق بالمحطات الأرضية BSS، إلى مخططات إشعاع مرجعية مناسبة كي تستخدم لتقييم التداخل الذي تسببه أنظمة الخدمة الإذاعية الساتلية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض؛

هـ) أن تسهيل محاكاة التداخل باستعمال الحاسوب يستدعي أن تغطي المخططات المرجعية جميع الزوايا خارج المحور التي تتراوح بين 0 و±180 درجة في جميع الخطط؛

و) أن المخططات المرجعية يجب أن تكون متسقة مع نتائج القياسات التي أجريت على مجموعة واسعة من هوائيات المحطات الأرضية BSS التي يستخدمها الجمهور؛

ز) أن من الملائم تحديد مخططات مرجعية مختلفة لمختلف أحجام الهوائيات؛

ح) أن خصائص هذه المخططات قد تكون هامة عند قولبة التداخلات non-GSO، في حالة الهوائيات الصغيرة ذات التغذية المتخالفة مثلاً،

توصي

1 باستعمال مخططات الإشعاع المرجعية لهوائيات المحطات الأرضية الموصوفة في الملحق 1 من أجل حساب التداخلات التي تتسبب فيها سواتل الخدمة الثابتة الساتلية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض؛

2 باستعمال الطريقة الموصوفة في الملحق 2 لتحويل زوايا السمت وزوايا ارتفاع الساتل non-GSO موضوع البحث إلى نفس نظام الإحداثيات المستخدم في وضع مخطط الهوائي ثلاثي الأبعاد؛

3 بأن تعتبر الملاحظتان التاليتان جزءاً من هذه التوصية:

الملاحظة 1 – قد يكون مخطط إشعاع الاستقطاب المتقاطع ذا أهمية في حساب التداخل الناجم عن السواتل non-GSO. وتحتاج هذه المسألة إلى مزيد من الدراسة.

الملاحظة 2 – ترتكز هذه التوصية على قياسات وتحليل هوائيات مكافئية. وفي حالة تصميم هوائيات جديدة لاستخدامها في الخدمة الإذاعية الساتلية، يتعين تحديث المخططات المرجعية الواردة في هذه التوصية تبعاً لذلك.

الملحق 1

مخططات الإشعاع المرجعية لهوائيات الخدمة الإذاعية الساتلية (BSS)

إذا كانت $11 \le D/\lambda \le 25,5$ عندئذ

$$G(\varphi) = G_{max} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D\varphi}{\lambda} \right)^2$$ عندما $0 \le \varphi < \varphi_m$

$$G(\varphi) = G_1$$ عندما $\varphi_m \le \varphi < 95\lambda/D$

$$G(\varphi) = 29 - 25 \log(\varphi)$$ عندما $95\lambda/D \le \varphi < 36,3°$

$$G(\varphi) = -10$$ عندما $36,3° \le \varphi < 50°$

إذا كانت $56,25° \le \theta < 123,75°$ عندئذ

$$G(\varphi) = M_1 \cdot \log(\varphi) - b_1$$ عندما $50° \le \varphi < 90°$

$$G(\varphi) = M_2 \cdot \log(\varphi) - b_2$$ عندما $90° \le \varphi < 180°$

حيث:

$$M_1 = \frac{2 + 8 \cdot \sin(\theta)}{\log\left(\frac{90}{50}\right)}$$ و $$b_1 = M_1 \cdot \log(50) + 10$$

حيث:

$$M_2 = \frac{-9 - 8 \cdot \sin(\theta)}{\log\left(\frac{180}{90}\right)}$$ و $$b_2 = M_2 \cdot \log(180) + 17$$

إذا كانت $0° \le \theta < 56,25°$ و $123,75° \le \theta < 180°$ عندئذ

$$G(\varphi) = M_3 \cdot \log(\varphi) - b_3$$ عندما $50° \le \varphi < 120°$

$$G(\varphi) = M_4 \cdot \log(\varphi) - b_4$$ عندما $120° \le \varphi < 180°$

حيث:

$$M_3 = \frac{2 + 8 \cdot \sin(\theta)}{\log\left(\frac{120}{50}\right)}$$ و $$b_3 = M_3 \cdot \log(50) + 10$$

حيث:

$$M_4 = \frac{-9 - 8 \cdot \sin(\theta)}{\log\left(\frac{180}{120}\right)}$$ و $$b_4 = M_4 \cdot \log(180) + 17$$

إذا كانت $180° \le \theta < 360°$ عندئذ

$$G(\varphi) = M_5 \cdot \log(\varphi) - b_5$$ عندما $50° \le \varphi < 120°$

$$G(\varphi) = M_6 \cdot \log(\varphi) - b_6$$ عندما $120° \le \varphi < 180°$

حيث:

$$M_5 = \frac{2}{\log\left(\frac{120}{50}\right)} \quad \text{و} \quad b_5 = M_5 \cdot \log(50) + 10$$

حيث:

$$M_6 = \frac{-9}{\log\left(\frac{180}{120}\right)} \quad \text{و} \quad b_6 = M_6 \cdot \log(180) + 17$$

حيث:

D: قُطر الهوائي

λ: طول الموجة معبراً عنها بنفس الوحدة مثل القُطر

G: الكسب

φ: زاوية خارج الهوائي بالنسبة إلى محور التسديد (بالدرجات)

θ: زاوية مستوية للهوائي (بالدرجات) (يقابل السمت الذي يبلغ 0 درجة المستوي الأفقي).

$$G_{max} = 20\log\left(\frac{D}{\lambda}\right) + 8{,}1 \quad \text{dBi}$$

$$G_1 = 29 - 25\log\left(95\frac{\lambda}{D}\right) \quad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = \frac{\lambda}{D}\sqrt{\frac{G_{max} - G_1}{0{,}0025}} \quad \text{بالدرجات}$$

إذا كانت $25{,}5 < D/\lambda \leq 100$ *عندئذ*

$G(\varphi) = G_{max} - 2{,}5 \times 10^{-3}\,(D\varphi/\lambda)^2$	dBi	عندما	$0 < \varphi < \varphi_m$
$G(\varphi) = G_1$		عندما	$\varphi_m \leq \varphi < (95\lambda D)$
$G(\varphi) = 29 - 25\log\varphi$	dBi	عندما	$(95\lambda/D) \leq \varphi < 33{,}1°$
$G(\varphi) = -9$	dBi	عندما	$33{,}1° < \varphi \leq 80°$
$G(\varphi) = -4$	dBi	عندما	$80° < \varphi \leq 120°$
$G(\varphi) = -9$	dBi	عندما	$120° < \varphi \leq 180°$

حيث:

$$G_{max} = 20\log(D/\lambda) + 8{,}1 \quad \text{dBi}$$

$$G_1 = 29 - 25\log(95\lambda/D) \quad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = (\lambda/D)\sqrt{\frac{G_{max} - G_1}{0{,}0025}}$$

إذا كانت $D/\lambda > 100$

$G(\varphi) = G_{max} - 2{,}5 \times 10^{-3} (D\varphi/\lambda)^2$	dBi	عندما	$0 < \varphi < \varphi_m$
$G(\varphi) = G_1$		عندما	$\varphi_m \le \varphi < \varphi_r$
$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$	dBi	عندما	$\varphi_r \le \varphi < 10°$
$G(\varphi) = 34 - 30 \log \varphi$	dBi	عندما	$10° \le \varphi < 34{,}1°$
$G(\varphi) = -12$	dBi	عندما	$34{,}1° \le \varphi < 80°$
$G(\varphi) = -7$	dBi	عندما	$80° \le \varphi < 120°$
$G(\varphi) = -12$	dBi	عندما	$120° \le \varphi < 180°$

حيث:

$$G_{max} = 20 \log (D/\lambda) + 8{,}1 \qquad \text{dBi}$$

$$G_1 = -1 + 15 \log (D/\lambda) \qquad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = (\lambda/D)\sqrt{\frac{G_{max} - G_1}{0{,}0025}}$$

$$\varphi_r = 15{,}85 (D/\lambda)^{-0{,}6} \qquad \text{بالدرجات}$$

الملحق 2

تحويلات هندسية تستعمل مع نموذج الهوائي ثلاثي الأبعاد

تعريف الزاوية θ

تعرّف الزاوية θ بأنها الزاوية المستوية للساتل غير المستقر بالنسبة إلى الأرض (non-GSO) نسبة إلى مستوى درجة الصفر في نموذج الهوائي (ما يقابل التركيب الشائع من القاعدة متخالف التغذية). ومن منظور المحطة الأرضية يكون الخط θ = 0 إلى اليمين وقيمة θ تزداد بعكس اتجاه عقارب الساعة.

منهج الحساب

يبيّن الشكل 1 نهجاً هندسياً لحساب الزاوية المستوية θ. وتظهر جميع الحسابات باستعمال الدرجات، ومع ذلك لا بد من تحويلها كالمعتاد إلى وحدة الراديان عندما تكون الحسابات مثلثية.

المدخلات

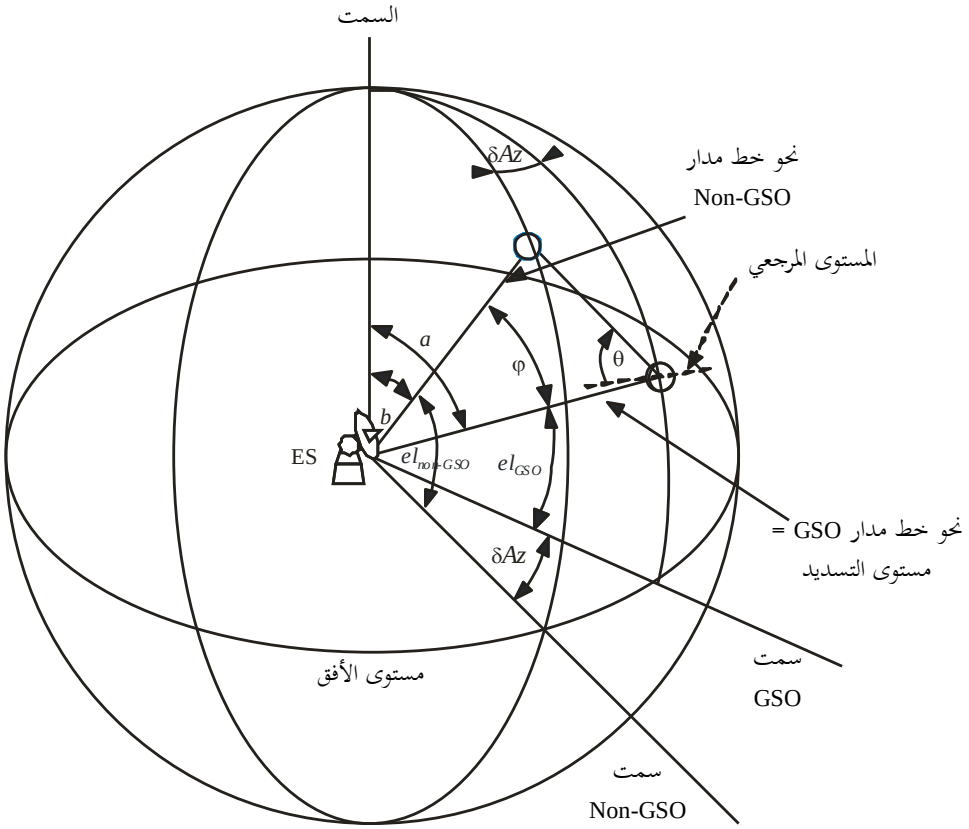
السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض (السمت، الارتفاع)

السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض (السمت، الارتفاع)

الملاحظة 1 – المطلوب هو الفرق من حيث السمت فإذا توفر ذلك لا حاجة إلى معرفة القيم الحقيقية للسمت.

ويبيّن القسم التالي كيفية حساب هذه المعلمات من متجهات كل محطة.

الشكل 1



BO.1443-01

في الشكل 1:

$$a = 90 - el_{GSO}$$

$$b = 90 - el_{non-GSO}$$

$$\delta Az = Az_{non-GSO} - Az_{GSO}$$

ينبغي أن تحدد قيمة δAz بحيث تقع ضمن المجال {من –180 إلى +180}

عندئذ يمكن حساب الزاوية φ خارج المحور (زاوية الفصل الموقعي بين الساتلين) باستخدام الهندسة الكروية:

$$\cos(c) = \cos(a)\cos(b) + \sin(a)\sin(b)\cos(C)$$

حيث $C = \delta Az$ و $c = \varphi$.

ويمكن استخدام الصيغة ذاتها لتحديد الزاوية B:

$$\cos(B) = \frac{\cos(b) - \cos(c)\cos(a)}{\sin(c)\sin(a)}$$

تشتق منها الزاوية المستوية θ:

إذا كانت ($\delta Az > 0$ و$B < 90$)	تكون	$\theta = 90 - B$
إذا كانت ($\delta Az > 0$ و$B > 90$)	تكون	$\theta = 450 - B$
إذا كانت 90 ($\delta Az < 0$)	تكون	$\theta = 90 + B$

إذا كان لكلا الساتلين نفس السمت ولذا $\delta Az = 0$، عندئذ

$$\varphi = \left| el_{GSO} - el_{non-GSO} \right|$$

وإذا كانت $el_{GSO} > el_{non-GSO}$ $\theta = 270$

وإلا $\theta = 90$

بيانات مثال

للمواقع التالية:

المحطة	خط العرض (بالدرجات)	خط الطول (بالدرجات)	الارتفاع (km)
محطة أرضية	10	20	0
ساتل GSO	0	30	35 786,055
ساتل Non-GSO	0	5–	1 469,200

عندئذ يمكن حساب قيم السمت/الارتفاع التالية للمحطة الأرضية (فيما يتعلق بأفق المحطة الأرضية واتجاه الشمال):

المحطة	السمت (بالدرجات)	الارتفاع (بالدرجات)
ساتل GSO	134,5615	73,4200
ساتل Non-GSO	110,4248–	10,0300

ومن ثم تكون الزاوية خارج المحور والزاوية المستوية:

المحطة	φ (خارج المحور) (بالدرجات)	θ (مستوية) (بالدرجات)
ساتل Non-GSO	87,2425	26,69746

حساب السمت والارتفاع

تتبع الخطوات التالية لحساب السمت والارتفاع من المتجهات المعنية.

بافتراض:

متجه موقع المحطة الأرضية: $\underline{r}_G$

متجه موقع الساتل GSO: $\underline{r}_S$

متجه موقع الساتل non-GSO: $\underline{r}_N$

يستخرج:

المتجه من المحطة الأرضية إلى الساتل GSO: $\underline{r}_{GS} = \underline{r}_S - \underline{r}_G$

المتجه من المحطة الأرضية إلى الساتل non-GSO: $\underline{r}_{GN} = \underline{r}_N - \underline{r}_G$

وحدة قياس متجه موقع المحطة الأرضية: $\hat{\underline{r}}_G$

عندئذ تكون زاويتا الارتفاع:

$$el_S = 90 - \angle(\underline{r}_{GS}, \underline{r}_G)$$
$$el_N = 90 - \angle(\underline{r}_{GN}, \underline{r}_G)$$

ولحساب الفرق من حيث السمت يتم تحويل المتجه من المحطة الأرضية إلى الساتل GSO وإلى الساتل non-GSO بحيث يكون كلاهما في المستوي الأفقي المتعامد مع متجه السمت، أي:

$$\underline{r}'_{GS} = \underline{r}_{GS} - (\hat{\underline{r}}_G \cdot \underline{r}_{GS})\hat{\underline{r}}_G$$
$$\underline{r}'_{GN} = \underline{r}_{GN} - (\hat{\underline{r}}_G \cdot \underline{r}_{GN})\hat{\underline{r}}_G$$

عندئذ:

$$\delta Az = \angle(\underline{r'_{GS}}, \underline{r'_{GN}})$$

وتكون علامة δAz رياضياً هي نفس علامة الفرق من حيث درجة خط العرض بين الساتلين.