التوصية ITU-R BO.1443-2

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 73/6)

(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.

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؛

* 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.

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

توصـــي

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 $25{,}5 \le D/\lambda \le 11$ *عندئذ*

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

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

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

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

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

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

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

حيث:

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

حيث:

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

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

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

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

حيث:

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

حيث:

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

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

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

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

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: قطر الهوائي

λ: طول الموجة معبراً عنها بنفس الوحدة مثل القطر

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 $100 \le D/\lambda > 25{,}5$ *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	$\varphi_m \le \varphi < (95\lambda/D)$
$G(\varphi) = 29 - 25\log\varphi$	dBi	عندما	$(95\lambda/D) \le \varphi < 33{,}1°$
$G(\varphi) = -9$	dBi	عندما	$33{,}1° < \varphi \le 80°$
$G(\varphi) = -4$	dBi	عندما	$80° < \varphi \le 120°$
$G(\varphi) = -9$	dBi	عندما	$120° < \varphi \le 180°$

حيث:

$G_{max} = 20\log(D/\lambda) + 8.1$ dBi

$G_1 = 29 - 25\log(95\lambda/D)$ 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:

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

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

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

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

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 $\theta = 0$ 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

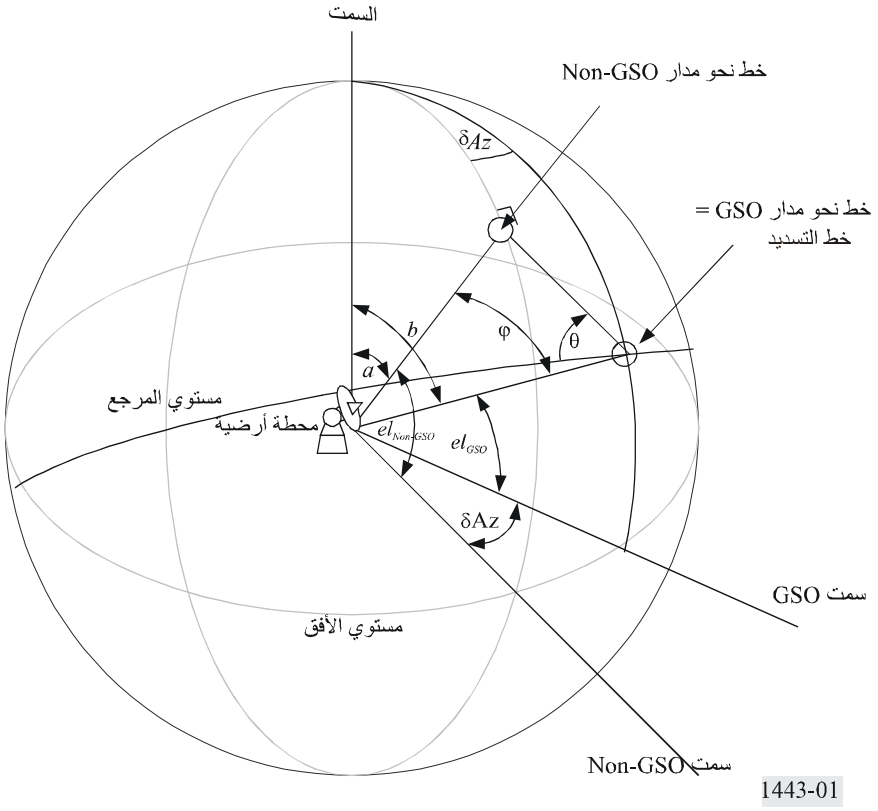
السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض (السمت، الارتفاع)

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



في الشكل 1:

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

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

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

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 ($\delta Az < 0$) 90 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.

_____