

ITU-R M.1642-2 التوصية

منهجية تقييم كثافة تدفق القدرة المكافئة المجمعة القصوى
عند محطة لخدمة الملاحة الراديوية للطيران تنتجها جميع أنظمة خدمة الملاحة
الراديوية الساتلية العاملة في النطاق MHz 1 215-1 164

(2007-2005-2003)

مجال التطبيق

تحتوي هذه التوصية على منهجية وخصائص الهوائي المرجعي لتقييم سوية كثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd) المجمعة القصوى المنتجة عند دخل محطة الملاحة الراديوية للطيران (ARNS) بواسطة كافة أنظمة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) العاملة في أي جزء من النطاق MHz 1 215-1 164.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أنه وفقاً للوائح الراديو (RR)، يوزع النطاق MHz 1 215-960 على أساس أولي على خدمة الملاحة الراديوية للطيران (ARNS) في كافة أقاليم الاتحاد الدولي للاتصالات؛

ب) أن التحليلات قد أظهرت أنه يمكن توليد إشارات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) في النطاق MHz 1 215-1 164 بحيث لا تسبب أي تداخل لمستقبلات معدات قياس المسافة (DME)/نظام الملاحة الجوية التكتيكية (TACAN) لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS)، العاملة في هذا النطاق؛

ج) أنه قد تم وضع معيار حماية لمحطة خدمة الملاحة الراديوية للطيران يعبر عنه في شكل كثافة تدفق القدرة المكافئة، كما ورد بيانها في التوصية ITU-R M.1639،

يسلم بما يلي

أ) أن المؤتمر WRC-2000 قد وزع على أساس أولي مشترك النطاق MHz 1 215-1 164 لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) شريطة التقيد بالشروط التي تقتضي من هذه الخدمة (RNSS) حماية خدمة الملاحة الراديوية للطيران (ARNS) من التداخل الضار؛

ب) أن المؤتمر WRC-03 أكد أنه يمكن حماية الخدمة ARNS من الخدمة RNSS إذا كانت قيمة كثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd) التي تنتجها جميع المحطات الفضائية لأنظمة الخدمة RNSS (فضاء - أرض) في النطاق MHz 1 215-1 164 لا تتجاوز $-121,5 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ في أي نطاق يبلغ 1 MHz، وأنها اعتمدت القرار (WRC-03) 609 لضمان عدم تجاوز هذه السوية؛

ج) أن ARNS تمثل خدمة أمن وفقاً للرقم 59.1 من لوائح الراديو، وأنه ينبغي اتخاذ تدابير من طرف الإدارات لحماية هذه الخدمات، وفقاً لأحكام الرقم 10.4 من لوائح الراديو؛

توصي

1 بضرورة استعمال المنهجية الواردة في الملحق 1 وخصائص الخدمة ARNS المرجعية الواردة في الملحق 2 لحساب الكثافة epfd المجمعة القصوى التي تنتجها الإرسالات الصادرة عن كافة أنظمة RNSS عند أي محطة للملاحة الراديوية للطيران.

الملحق 1

منهجية تقييم الكثافة epfd الجمّعة القصوى المنتجة عند محطة ARNS بواسطة جميع أنظمة RNSS العاملة في النطاق 164-1 215 MHz

ملخص المنهجية

إن من الممكن، بفضل الطريقة الوارد بيانها في هذا الملحق، حساب سوية الكثافة epfd الجمّعة القصوى في جميع أنظمة RNSS في النطاق 164-1 215 MHz.

وتسمح هذه الطريقة بالجمع بين مختلف الأنظمة بسهولة، بحيث يمكن على سبيل المثال النظر في تأثير التغيرات الناشئة عن إدخال واستبعاد نظام أو عدة أنظمة أو تأثير تغير خصائص أنظمة محددة، خلال اجتماع استشاري.

وتنطبق هذه الطريقة على كل الأنظمة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض (non-GSO) التي تتكون من كواكب ساتلية توجد على مدارات دائرية مختلفة الميل، والأنظمة المستقرة بالنسبة إلى الأرض (GSO).

وتنقسم هذه الطريقة إلى مرحلتين:

المرحلة 1: حساب الكثافة epfd لكل نظام من أنظمة RNSS. ويمكن أداء هذه المرحلة من طرف أي مشغّل بصفة مستقلة قبل الاجتماع الاستشاري، بشرط أن تقدّم النتائج في نسق متلائم مع المواصفات (انظر الفقرة 3.1 فيما يتعلق بالأنظمة non-GSO، والفقرة 4.1 فيما يتعلق بالأنظمة GSO).

المرحلة 2: تجميع أقصى كثافة epfd لكل نظام من الأنظمة، من خلال تراكم خرائط الكثافة epfd، عند ترددات مختلفة إذا دعت الحاجة إلى ذلك، للحصول على أقصى كثافة epfd مجمعة (انظر الفقرة 2) في النطاق 164-1 215 MHz.

وصف الطريقة

1 طريقة حساب قيمة الكثافة epfd القصوى الناتجة عن سواتل نظام RNSS واحد

1.1 تعريف الكثافة epfd

يستند تعريف كثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd) إلى الرقم 1.5C.22 من لوائح الراديو كما أقره المؤتمر WRC-2000.

عندما يستقبل الهوائي، في عرض نطاقه المرجعي، قدرة صادرة في آن معاً عن أجهزة إرسال توجد على مسافات مختلفة، وفي اتجاهات مختلفة عند سويات مختلفة للكثافة pfd العارضة، تعادل الكثافة epfd الكثافة pfd التي، لو تم استقبالها من مرسل واحد في المجال البعيد للهوائي في اتجاه الكسب الأقصى، تنتج نفس القدرة عند دخل المستقبل كما يتم استقبالها فعلياً من مختلف أجهزة الإرسال المجمع.

وتُحسب الكثافة epfd الآنية باستعمال الصيغة التالية:

$$epfd = 10 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{10} \cdot \frac{P_i}{4\pi d_i^2} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{G_{r, max}} \right]$$

حيث تمثل:

N_a : عدد المحطات الفضائية التي يمكن رؤيتها انطلاقاً من المستقبل

i : دليل المحطة الفضائية المعنية

- P_i : قدرة التردد الراديوي RF (في عرض النطاق المرجعي) عند دخل الهوائي (أو القدرة RF المشعة في حالة الهوائي النشط) لمحطة الإرسال الفضائية (dB(W/MHz)).
- θ_i : زاوية الانحراف عن المحور الرئيسي (بالدرجات) بين اتجاه التسديد لمحطة الإرسال الفضائية واتجاه المستقبل (بالدرجات)
- $G_r(\theta_i)$: كسب هوائي الإرسال (في شكل نسبة) للمحطة الفضائية في اتجاه المستقبل
- d_i : المسافة (m) بين محطة الإرسال والمستقبل
- φ_i : زاوية الانحراف عن المحور الرئيسي (بالدرجات) بين موجه التسديد للمستقبل واتجاه محطة الإرسال (بالدرجات)
- $G_r(\varphi_i)$: كسب هوائي الاستقبال (في شكل نسبة) للمستقبل، في اتجاه محطة الإرسال الفضائية (انظر الملحق 2)
- $G_{r, max}$: الكسب الأقصى للمستقبل (في شكل نسبة)
- $epfd$: كثافة تدفق القدرة المكافئة الآنية (dB(W/(m² · MHz))) عند المستقبل.

الملاحظة 1 - يفترض أن يقع كل مرسل في المجال البعيد للمستقبل (أي على مسافة تتجاوز $2D^2/\lambda$ ، حيث تمثل D القطر الحقيقي لهوائي المستقبل وتمثل λ طول موجة الملاحظة في نفس الوحدة). وتتحقق هذه الفرضية دائماً في الحالة قيد النظر.

2.1 اعتبارات عامة

تُحسب في الخطوة الأولى من الطريقة، القيمة القصوى للكثافة $epfd$ التي تنتجها كل كوكبة سواتل RNSS بالنسبة إلى كل درجة من درجات خط العرض وخط الطول على مجمل مساحة الأرض بالنسبة إلى كل عرض نطاق يبلغ 1 MHz يشغله النظام.

ونظراً إلى أن المستقبل ARNS الذي لحقه التداخل قد تحمله طائرة تحلق على ارتفاع قد يصل 40 000 قدم (12 192 متراً) (انظر الفقرة 2 من الملحق 2)، ينبغي أن يشمل الحساب كافة السواتل بزوايا ارتفاع تتراوح بين 90° و-3,54°.

ويُعد حساب توزيع $epfd$ الخاص بكل نظام ضرورياً عند تردد مرجعي واحد، ومن الأفضل أن يكون عند التردد الذي تبلغ عنده قدرة الإشارة الحد الأقصى. وينبغي تقديم الشكل الطيفي للإشارة RNSS خلال اجتماع استشاري، بحيث يمكن عندئذ ضرب نتائج الحساب في عوامل تشكيل الطيف المناسبة للحصول على النتائج عند أي تردد آخر.

3.1 طريقة حساب أقصى كثافة $epfd$ بالنسبة إلى نظام non-GSO RNSS

يمكن لهذا الغرض استعمال منهجية المحاكاة الواردة في التذييل 1 بالملحق 1، التي تستند بالكامل إلى التوصية ITU-R S.1325. وتستند الطريقة الواردة في التذييل 2 بالملحق 1 بالكامل إلى تقنية تحليلية. ويمكن استعمال هذه الطريقة للحصول على تقديرات سريعة ولكنها لا تؤدي إلى الحصول على القيمة الصحيحة للحد الأعلى.

4.1 طريقة حساب أقصى كثافة $epfd$ بالنسبة إلى نظام GSO RNSS

يتعين حساب أقصى $epfd$ بالنسبة إلى كل ساتل GSO عند كل خطوط العرض والطول على كل مساحة الأرض بالنسبة إلى كل طيف (عرض نطاق) 1 MHz يشغله النظام.

وفي الحالة التي لا تعتمد فيها $epfd$ على الوقت، يمكن حساب جدول واحد من النتائج مباشرة.

2 طريقة حساب أقصى efd المجموعة التي تنتجها كافة الأنظمة RNSS

1.2 معطيات يُحتاج إليها بالنسبة إلى كل نظام

تبعاً للمنهجية التي ورد ذكرها في الفقرة 3.1، سيقدم كل نظام من الأنظمة non-GSO RNSS بدون فترة تزامن مع الأرض، في الاجتماع الاستشاري، قائمة بأقصى قيم efd بحسب خط العرض (تطبق على كافة خطوط العرض) وشكل طيف الإشارة. وتبعاً للمنهجية التي ورد ذكرها في الفقرة 3.1، سيقدم كل نظام من الأنظمة non-GSO RNSS التي تتوافر لها فترة تزامن مع الأرض، في الاجتماع الاستشاري، جدولاً بأقصى قيم efd بحسب خط العرض والطول وشكل طيف الإشارة. وتبعاً للمنهجية التي ورد ذكرها في الفقرة 4.1، سيقدم كل نظام من الأنظمة GSO RNSS، في الاجتماع الاستشاري، جدولاً بأقصى قيم efd بحسب خط العرض والطول وشكل طيف الإشارة.

2.2 تجميع الكثافات efd التي تنتجها أنظمة تستخدم إشارات ذات خصائص مماثلة

يمكن الحصول على قيمة efd المجموعة للأنظمة RNSS ذات التردد المشابه فيما يتعلق بأقصى إشارة الطيف على ثلاث مراحل:

المرحلة 1 (أ): جمع من نقطة إلى نقطة لأقصى قيم efd في عرض النطاق 1 MHz حيث تملك الإشارة أقصى قدرة عند كل خط عرض بالنسبة إلى جميع قوائم non-GSO (بدون فترة تزامن مع الأرض) للحصول على قائمة قيم efd (بدون فترة تزامن مع الأرض) التي تنتجها الأنظمة non-GSO بحسب خط العرض؛

المرحلة 1 (ب): جمع من نقطة إلى نقطة لأقصى قيم efd في عرض النطاق 1 MHz حيث تملك الإشارة أقصى قدرة عند كل خط عرض وخط طول بالنسبة إلى جميع قوائم non-GSO (بفترة تزامن مع الأرض) للحصول على قائمة قيم efd (بفترة تزامن مع الأرض) التي تنتجها الأنظمة non-GSO بحسب خط العرض وخط الطول؛

المرحلة 2: جمع من نقطة إلى نقطة لأقصى قيم efd في عرض النطاق 1 MHz حيث تملك الإشارة أقصى قدرة عند كل خط عرض وخط طول بالنسبة إلى جميع الجداول GSO للحصول على جدول قيم efd المجموعة التي تنتجها الأنظمة GSO بحسب خط العرض وخط الطول؛

المرحلة 3: جمع من نقطة إلى نقطة لأقصى قيم efd المجموعة التي تنتجها الأنظمة non-GSO (بدون فترة تزامن مع الأرض) بحسب خط العرض وقائمة قيم efd المجموعة التي تنتجها non-GSO (بفترة تزامن مع الأرض) بحسب خط العرض وخط الطول بأعمدة خطوط الطول بجدول قيم efd المجموعة التي تنتجها أنظمة GSO بحسب خط العرض وخط الطول للحصول على جدول القيم الإجمالية للقدرة efd بحسب خط العرض وخط الطول.

ومن شأن تحليل قيمة efd الأعلى الواردة في هذا الجدول أن تكشف عما إذا كان قد روعي أم لا معيار الحماية في التوصية ITU-R M.1639 في أي عرض نطاق 1 MHz.

3.2 تجميع الكثافات efd التي تنتجها أنظمة تستخدم إشارات ذات خصائص مختلفة

تجدر الإشارة إلى أن قيمة efd القصوى المجموعة ستعتمد على التردد. ويكفي إجراء تحليل واحد، إذا كان لكل أطيايف جميع الأنظمة RNSS، التي هي قيد الدراسة، قيم قصوى عند نفس التردد. وفي المقابل، إذا كان لبعض الأنظمة المختلفة قيم قصوى مختلفة، سواء لأنها تستعمل ترددات مركزية مختلفة مع تداخل الأطيايف أو لأنها تستعمل تقنيات تشكيل مختلفة، عندئذ يستدعي تحليل قيمة efd القصوى المجموعة مراعاة الترددات.

ويستدعي تحديد قيمة efd المجموعة القصوى للأنظمة RNSS ذات الترددات المركزية المختلفة، على الأقل، أداء الخطوات الثلاث الواردة أعلاه عند كل تردد يقدم عنده نظام واحد القيمة القصوى لطيفه، وقد يستدعي أيضاً تحليلاً عند الترددات الوسيطة.

وسيتم تغيير القوائم أو الجداول الخاصة بكل تردد من خلال عامل تشكيل الطيف المناسب قبل الجمع مع قوائم وجداول أخرى.

ومن شأن تحليل قيمة $epfd$ الأعلى الواردة في جميع الجداول التي تم الحصول عليها أن تكشف عما إذا كان قد روعي أم لا، معيار الحماية الوارد في التوصية ITU-R M.1639 في أي عرض نطاق يبلغ 1 MHz.

4.2 التحقق من النتائج

بعد تحديد قيمة $epfd$ المجموعة القصوى، يمكن إجراء محاكاة واحدة آنية لكافة الأنظمة RNSS عند موقع المحطة ARNS التي تم عندها تحديد قيمة $epfd$ المجموعة القصوى المطلقة، لإثبات صحة النتائج التي تم الحصول عليها باستعمال التذييل 1 أو 2 بالملحق 1.

1 التذييل

1 للملحق 1

منهجية محاكاة لتحديد قيمة $epfd$ القصوى فيما يتعلق بالنظام non-GSO RNSS

1 وصف طريقة المحاكاة

يهدف إطار هذه المنهجية التي تستند إلى التوصية ITU-R S.1325، إلى نمذجة كافة سواتل نظام RNSS عند تردد مرجعي محدد (عادة الجزء 1 MHz من عرض النطاق 164-1 215 MHz مصحوباً بالكثافة الطيفية القصوى لإشارة RNSS). وقد تم اعتيان محاكاة الكوكبة على فترة زمنية ذات معدلات صغيرة نسبياً. وعند كل اعتيان، يجري حساب قيمة $epfd$ بالنسبة إلى جميع نقاط خط العرض وخط الطول. ويمكن إغفال القيم الأخرى. وتكون النتيجة عبارة عن جدول، يمكن تمثيله على شكل خارطة كما يتضح في الشكلين 5 و6. وبعد ذلك، تُحدّد قيمة $epfd$ القصوى بالنسبة إلى كل خط عرض، وهو ما يسمح بحذف القيم التقريبية الناتجة عن المدة المحدودة للمحاكاة.

2 فرضيات المحاكاة

1.2 النموذج المداري

تتعلق النماذج المدارية المخصصة لمحاكاة المحطات الفضائية في مداراتها، بالمدارات الدائرية والإهليلجية ولا تأخذ في الاعتبار إلا الحركة البدارية لخط العُقد في المستوي الاستوائي بسبب الطابع اللادائري للأرض.

ويمثل النموذج المداري حركة الساتل في إحداثيات عطالة مركز الأرض للشكل 1. ويرجع مصدر إحداثيات العطالة هذه إلى مركز الأرض. ويشير المحور-x إلى اتجاه كوكبة أريس (Aries) (أي الاعتدال الربيعي (vernal equinox))، ويوجه المحور-z تبعاً لمحور الدوران المتوسط للأرض ويمثل المحور-y الناتج الإجمالي لمتجهات الوحدات في الاتجاهين z وx (أي $\vec{y} = \vec{z} \times \vec{x}$).

وتستند النماذج المدارية إلى معادلة نيوتن (Newton) التي تخص حركة ساتل في مدار دائري تماماً حول دائرة وإهليلج. وبالنسبة لنظام non-GSO يستخدم مداراً دائرياً تسهل نمذجة هذه الحركة لأن نصف قطر المدار وسرعة الساتل يعدان من الثوابت.

1.1.2 ثوابت تتعلق بالأرض

تمثل الثوابت العامة بالنسبة إلى الأرض فيما يلي:

- R_e : نصف قطر الأرض (km 6378,137)
- O: مركز الأرض
- μ : ثابت جاذبية الأرض ($10^5 \times 3,986005 \text{ km}^3/\text{s}^2$)
- J_2 : ثابت الثنائية المتناغمة لكمون الأرض ($10^{-6} \times 1082,63$)
- T_e : مدة دوران الأرض ($23 \text{ h } 56' 4,0989'' = 86\,164,0989 \text{ s}$)
- Ω_e : السرعة الزاوية لدوران الأرض $= 2\pi/T_e \cong 7,2921151467 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$
- t : الوقت المنقضي (s) منذ الفترة (الفترة) التي تمت محاكاتها.

2.1.2 ثوابت تخص محطات فضائية لنظام ساتلي Non-GSO

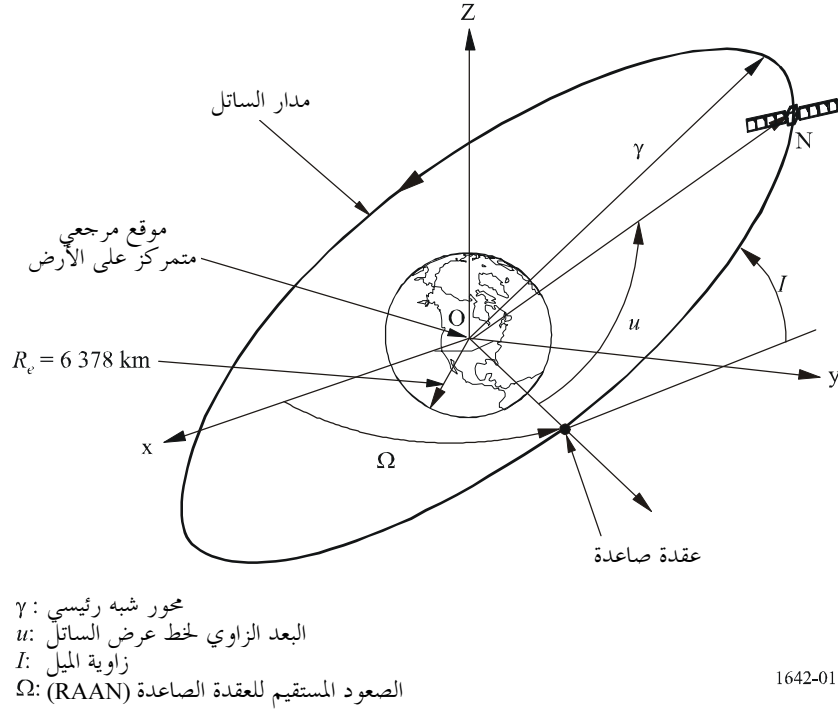
تمثل الثوابت المتعلقة بالمحطات الفضائية لنظام ساتلي non-GSO يستخدم مدارات دائرية (انظر الشكل 1) فيما يلي:

- N : عدد المحطات الفضائية لنظام non-GSO
- i : دالة السواتل non-GSO ($0 \leq i < N$)
- h_{sat} : ارتفاع الساتل فوق الأرض (km)
- r : نصف قطر مدار الساتل (km) $h_{sat} + R_e$
- I : زاوية ميل مستوي المدار فوق خط الاستواء (rad)
- RAAN: طالع مستقيم للعقدة الصاعدة
- $\Omega_{i,0}$: RAAN للسواتل- i في النظام non-GSO عند الوقت t (rad)
- $u_{i,0}$: زاوية العرض للسواتل- i في النظام non-GSO عند الوقت t (rad)
- T : الفترة المدارية للسواتل (s) $2\pi (r^3/\mu)^{1/2}$
- n : متوسط حركة الساتل (rad/s) $2\pi/T$
- $u_{i,t}$: زاوية العرض للسواتل- i عند وقت الحساب (rad) $u_{i,0} + n_t$
- Ω_r : ارتداد عقدي للعقدة الصاعدة (rad/s)
- $$= -\frac{3}{2} J_2 \cos(I) R_e^2 \frac{\sqrt{r\mu}}{r^4}$$
- $\Omega_{i,t}$: RAAN الساتل- i عند وقت الحساب (rad) t $\Omega_{i,0} + \Omega_r t$
- \vec{ON}_i : متجهة إحداثيات (نظام إحداثيات بالعطالة) ساتل non-GSO في رتل إحداثيات ثابت بالنسبة إلى مركز الأرض:

$$\vec{ON}_i = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} = r \begin{bmatrix} \cos(u_{i,t}) \cdot \cos(\Omega_{i,t}) - \cos(I) \cdot \sin(u_{i,t}) \cdot \sin(\Omega_{i,t}) \\ \cos(u_{i,t}) \cdot \sin(\Omega_{i,t}) + \cos(I) \cdot \sin(u_{i,t}) \cdot \cos(\Omega_{i,t}) \\ \sin(u_{i,t}) \cdot \sin(I) \end{bmatrix}$$

الشكل 1

المعلومات الهندسية للمدار الدائري



1642-01

بالنسبة إلى المحطات الفضائية للنظام الساتلي non-GSO التي تستخدم مدارات إهليلجية (انظر الشكلين 2 و 3)، تكون الثوابت كما يلي:

N : عدد المحطات الفضائية للنظام non-GSO

i : دليل لكل ساتل من سواتل النظام non-GSO ($0 \leq i < N$)

a_i : محور شبه رئيسي للساتل- i (km)

e_i : لا تمر كزوية الساتل- i (km)

$M_{i,0}$: متوسط الابتعاد المداري للساتل- i في النظام non-GSO عند الوقت المبدئي (rad)

T_i : الفترة المدارية للساتل (السواتل)- i : $2\pi(a_i^3/\mu)^{1/2}$

n_i : متوسط حركة الساتل- i (rad/s) $= 2\pi/T_i$

$v_{i,t}$: الابتعاد المداري الحقيقي للساتل- i عند الوقت $t = 2 \cdot \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{1+e_i}{1-e_i}} \tan \frac{E_{i,t}}{2} \right]$

$E_{i,t}$: الابتعاد المداري الشاذ للساتل- i عند الوقت $t = 2 \cdot \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{1-e_i}{1+e_i}} \tan \left(\frac{v_{i,t}}{2} \right) \right]$

$M_{i,t}$: متوسط الابتعاد المداري للساتل- i عند الوقت $t = M_{i,0} + n_i \cdot t = E_{i,t} - e_i \cdot \sin E_{i,t}$ *

* عندما تعطى القيمة $M_{i,t}$ ، تحدد $E_{i,t}$ بالتكرار، وعادة فيما يتعلق بالخطوات قصيرة الزمن، يمكن أن تُستخدم القيمة الأخيرة للقيمة $E_{i,t}$ كتقدير أولي.

I_i : زاوية ميل السطح المداري فوق خط الاستواء للساتل- i (rad)

RAAN: الصعود المستقيم للعقدة الصاعدة

$\Omega_{i,0}$: الصعود المستقيم للعقدة الصاعدة لكل ساتل من السواتل- i في النظام non-GSO عند الوقت المبدئي (rad)

$\omega_{i,0}$: زاوية الحضيض لكل ساتل من سواتل- i في النظام non-GSO عند الوقت المبدئي (rad)

$u_{i,t}$: الارتفاع الزاوي لخط عرض الساتل- i عند الوقت t (rad) $= \omega_{i,0} + v_{i,t}$

Ω_{ri} : الرجوع العقدي للعقدة الصاعدة للساتل- i (rad/s)

$$= -\frac{3}{2} J_2 \cos(I_i) R_e^2 \frac{\sqrt{a_i \mu}}{a_i^4 (1-e_i^2)^2}$$

$\Omega_{i,t}$: الصعود المستقيم للعقدة الصاعدة للساتل- i عند الوقت t (rad) $= \Omega_{i,0} + \Omega_{ri} t$

$\vec{ON}_{i,t}$: متجه الإحداثيات (نظام إحداثيات العطال) للساتل- i في النظام non-GSO في موقع العطال الثابت بالنسبة إلى مركز الأرض عند الوقت t

$$\vec{ON}_{i,t} = \text{rot3}(-\Omega_{i,t}) \cdot \text{rot1}(-I_i) \cdot \text{rot3}(-\omega_{i,0}) \cdot \vec{r}_{i,t}$$

$\text{rot1}(\alpha)$: الدوران حول المحور x

$$\text{rot1}(\alpha) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & \sin\alpha \\ 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

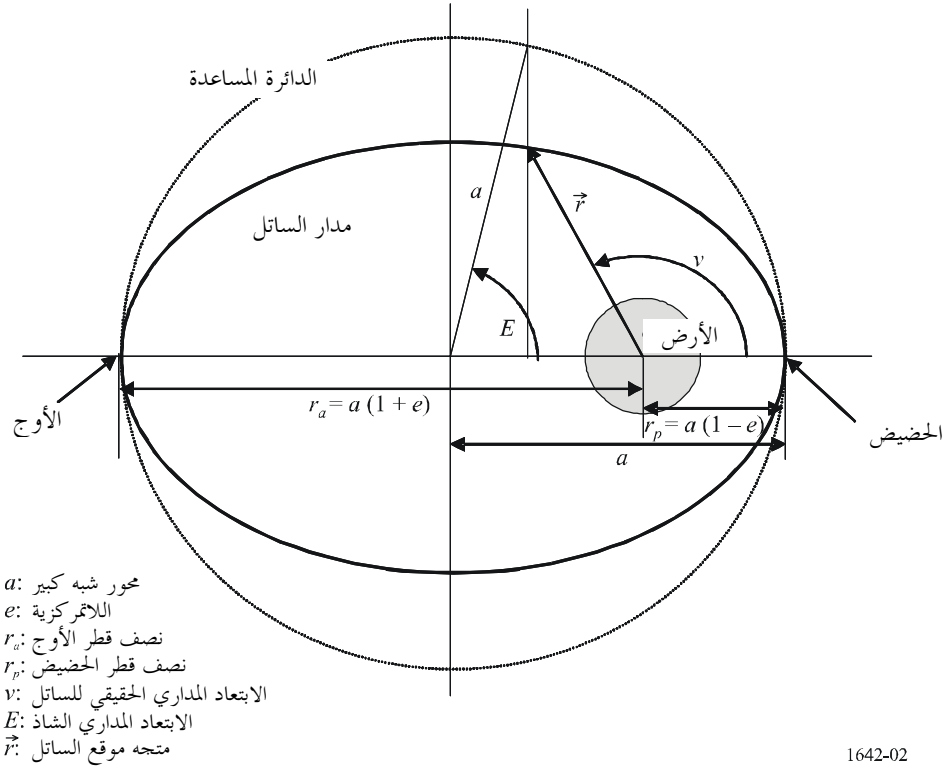
$\text{rot3}(\alpha)$: الدوران حول المحور z

$$\text{rot3}(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\vec{r}_{i,t} : \vec{r}_{i,t} = r_{i,t} \begin{bmatrix} \cos v_{i,t} \\ \sin v_{i,t} \\ 0 \end{bmatrix} = \frac{a(1-e^2)}{1+e_i \cdot \cos v_{i,t}} \cdot \begin{bmatrix} \cos v_{i,t} \\ \sin v_{i,t} \\ 0 \end{bmatrix}$$

الشكل 2

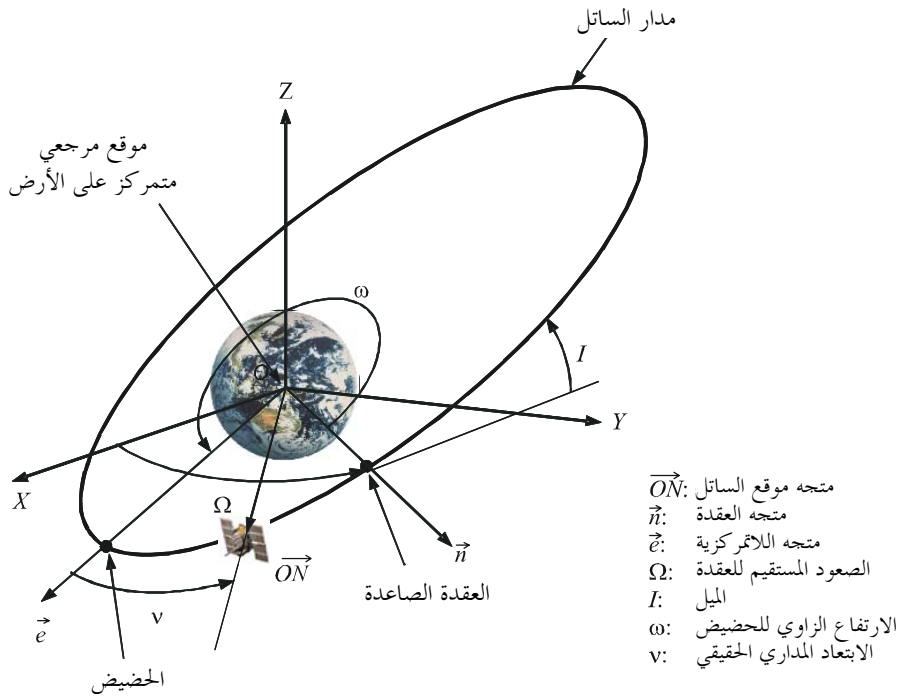
المعلومات الهندسية المرتبطة بالمدار الإهليلجي في المستوى البؤري



1642-02

الشكل 3

المعلومات الهندسية المرتبطة بالمدار الإهليلجي في إطار التنسيق ECI



1642-03

ويمكن الأخذ بالتشوش non-GSO في حساب الثوابت المتعلقة بالكوكبة non-GSO، طالما أن موقع السواتل قد يتغير عندما يؤخذ التشوش في الاعتبار.

3.1.2 ثوابت تتعلق بالمحطة ARNS

Lat: خط عرض المحطة ARNS (rad)

Lon: خط طول المحطة ARNS (rad)

h_{ARNS} : ارتفاع المحطة ARNS (km)

\vec{OM} : إحداثيات المحطة ARNS في نظام إحداثيات بالعطالة ممرکز حول الأرض

$$\vec{OM} = \begin{cases} X = (R_e + h_{ARNS}) \cos(\text{Lat}) \cos(\text{Lon} + \Omega_e t) \\ Y = (R_e + h_{ARNS}) \cos(\text{Lat}) \sin(\text{Lon} + \Omega_e t) \\ Z = (R_e + h_{ARNS}) \sin(\text{Lat}) \end{cases}$$

2.2 معلمات الهوائي

1.2.2 معلمات هوائي المحطة ARNS

يمثل مخطط إشعاع هوائي محطة ARNS معلمة دخل إلى المحاكاة (انظر الملحق 2).

2.2.2 معلمات هوائي المحطة الفضائية للنظام non-GSO

ينبغي، من أجل تحليل التداخلات، نمذجة هوائيات السواتل non-GSO، باستعمال أحد المخططات النموذجية التالية، وذلك حسب التيسر:

- مخطط هوائي مقيس؛
- مخططات هوائي مرجعي مقترح؛
- دالة تحليلية تقوم بنمذجة مخطط إشعاع هوائي ساتل في مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض (non-GSO).

3.2 حساب وقت المحاكاة

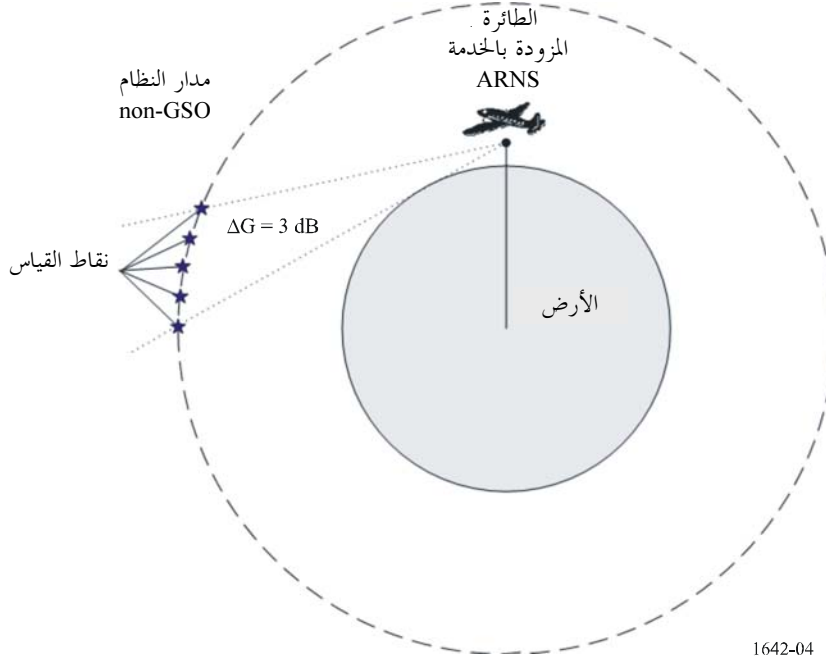
1.3.2 زيادة وقت المحاكاة

ينبغي أن يكون الوقت المخصص للمحاكاة، t_{inc} ، أقصر ما يمكن، وذلك للحصول على نتائج دقيقة. غير أنه ينبغي أن يكون الوقت الإجمالي المكرس للمحاكاة مقبولاً. وللحصول على الدقة المطلوبة، من الضروري حيازة عدد كاف من قياسات epfd (N_{hits}) عندما تكون المركبة الفضائية non-GSO RNSS قابلة للرؤية انطلاقاً من محطة فضائية ARNS في جزء مخطط إشعاع الهوائي الذي يشهد أقصى الكسب. وتعتبر القيمة $N_{hits} = 5$ كافية.

ويحدث أقصى الكسب الذي يمكن رؤيته انطلاقاً من محطة فضائية عند زاوية ارتفاع تتراوح بين $-3,54^\circ$ و $+3^\circ$ (انظر الملحق 2) بالنسبة إلى طائرة تحلق على ارتفاع 40 000 ft (12 192 m). ومن الضروري حيازة 5 N_{hits} داخل هذا المدى، وهو ما يعني أن زيادة المحاكاة بما قدره 1° يعد كافياً لنمذجة حركة سواتل الكوكبة.

الشكل 4

اعتبارات تتعلق بزيادة وقت المحاكاة



2.3.2 الوقت الإجمالي للمحاكاة

يحدد سائل ينتمي إلى الكوكبة non-GSO على أي مدار مسيراً على سطح الأرض. وبعد وقت قليل، يختلف بحسب خصائص النظام، يرجع السائل، أو سائل آخر ينتمي إلى الكوكبة، إلى نفس النقطة أو إلى نقطة تكاد تكون ماثلة لها. ويمثل الوقت بين هاتين الحالتين فترة تكرار الكوكبة. وتتراوح فترة تكرار الكوكبة بين بضعة أيام وعدة أشهر. ويرد توضيح النتائج النمطية لحساب epfd فيما يتعلق بنظام RNSS أثناء فترة تكرار الكوكبة في الشكل 5.

ويتأثر معدل حركة الدوران في خط الطول لسوائل كوكبة non-GSO بانحرافات خطوط الطول الناتجة عن أخطاء في استبقاء المحطة في موقعها. ويمكن نمذجة هذا التأثير وإدماجه في المحاكاة.

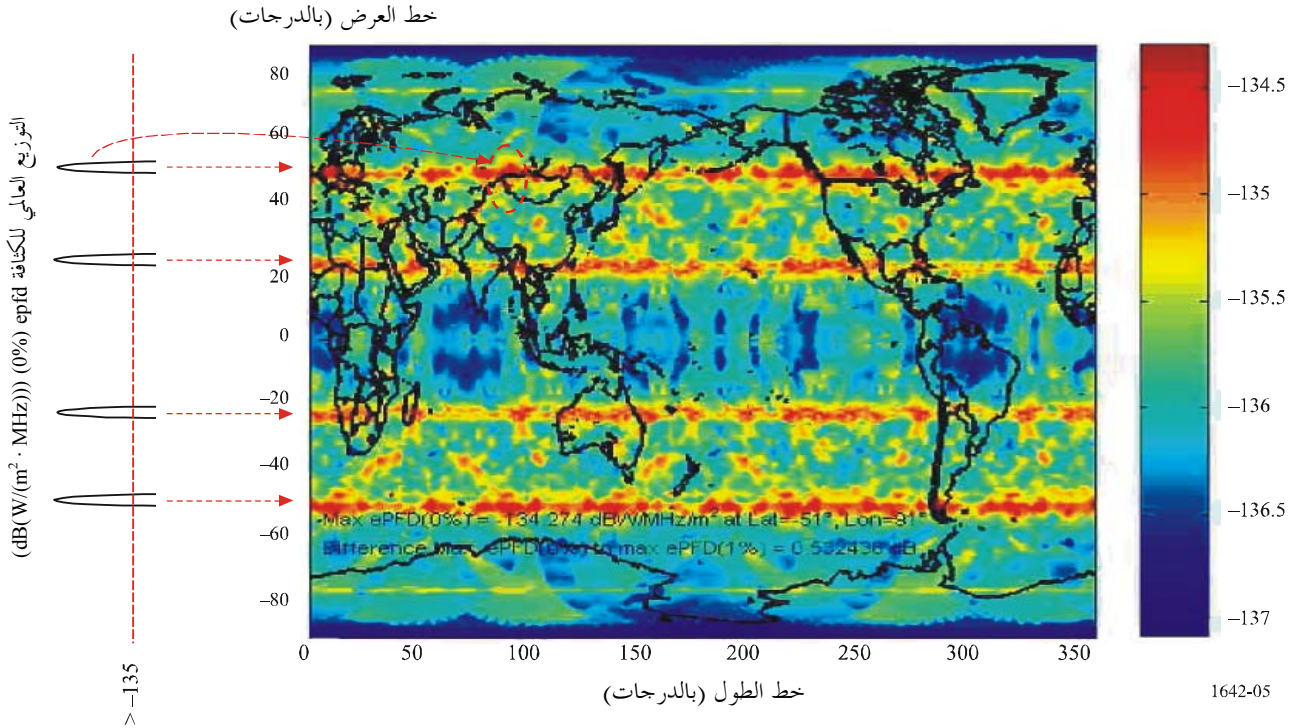
وبالنسبة إلى نظام non-GSO لا تتوفر له فترة تزامن مع الأرض، سيؤدي ذلك التأثير إلى أن تصبح قيمة epfd القصوى بالنسبة إلى خط الطول (بعبارة أخرى، إذا كان ينبغي تمديد المحاكاة كي تغطي كل الحالات الممكنة للكوكبة، ستنتشر "النقاط المرتفعة" لأقصى epfd في الخارطة التي يحتوي عليها الشكل 5 أفقياً لتصبح أحاديدي أفقية موحدة). وعليه، يبدو أكثر صحة، بالنسبة إلى كل خطوط العرض، اختيار أقصى epfd عند أي خط طول واستعماله بالنسبة إلى كل خطوط الطول الأخرى. وهذا من شأنه أن يحول الجدول الذي يحتوي على أقصى epfd بحسب خط العرض وخط الطول إلى مجرد قائمة تحتوي على أقصى قيم epfd بحسب خط الطول.

وإذا تم عمل ذلك، يمكن التقليل من وقت المحاكاة إلى مدار واحد بالنسبة إلى نظام non-GSO لا تتوفر له فترة تزامن مع الأرض. ولا تحتوي "الخارطة" المنتجة بواسطة هذه المحاكاة المحدودة إلا على عدد قليل من "النقاط المرتفعة"، غير أن قيمة "النقاط المرتفعة"، عند كل واحد من خطوط العرض، التي تمثل أقصى قيمة epfd عند أي خط من خطوط العرض، ستظل ثابتة.

وينتج عن ذلك، أن كمية المعلومات التي ينبغي تقديمها إلى الاجتماع الاستشاري، ستكون محدودة جداً.

الشكل 5

مثال على التوزيع العالمي لقيمة epfd القصوى

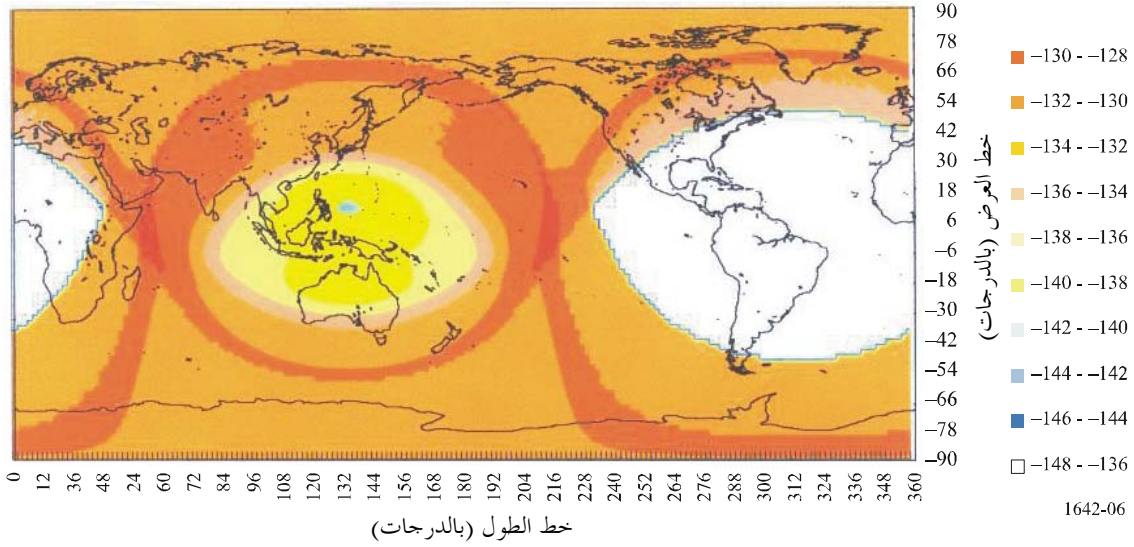


ومن جهة أخرى يُحدث النظام non-GSO الذي تتوافر لديه فترة تزامن مع الأرض آثاراً في الأرض تقتصر على مدى محدود من خطوط الطول فوق سطح الأرض. ونتيجة لذلك فإن "النقاط المرتفعة" من أقصى epfd ستظهر فقط في منطقة محدودة من سطح الأرض. (وبعبارة أخرى فإن "النقاط المرتفعة" من أقصى epfd على سطح الأرض لن تنتشر أفقياً). وبناء على ذلك فإن قيمة epfd المتجمعة التي تسببها الأنظمة non-GSO التي تتوافر لها فترة تزامن مع الأرض، ستحسب لنقاط خطوط العرض والطول داخل مدى الرؤية من النظام non-GSO.

وفي حالة نظام non-GSO تتوافر له فترة تزامن مع الأرض، يمكن إنجاز عملية الحساب استناداً إلى فترة مدارية واحدة. وترد في الشكل 6 النتائج النمطية لحساب epfd ينطبق على نظام non-GSO تتوافر له فترة تزامن مع الأرض.

الشكل 6

مثال للتوزيع العالمي للقيمة القصوى epfd بالنسبة إلى نظام non-GSO تتوافر له فترة تزامن مع الأرض



التذييل 2

للملحق 1

منهجية تحليلية لتقييم قيمة epfd القصوى

بالنسبة إلى نظام RNSS واحد يعمل في النطاق 1 164 - 1 215 MHz

1 مقدمة

تهدف هذه المنهجية إلى بيان كيفية تقييم أقصى كثافة epfd في حالة نظام RNSS واحد. يرد تعريف epfd في الفقرة 1.1 من الملحق 1.

2 وصف المنهجية

إذا افترضنا أن كواكب نظام non-GSO RNSS تشمل عدداً من المستويات المدارية، فإن من المرجح عندئذ أن يوجد، كحد أقصى في أي مستوى معين، ساتل واحد داخل زاوية ارتفاع تتراوح بين $-3,54^\circ$ و $+3^\circ$ لمخطط إشعاع هوائي للمحطة ARNS (انظر الملحق 2). ومن المرجح، علاوة على ذلك، بالنسبة إلى الأنظمة non-GSO، عندما يكون الكسب الأقصى لمخطط إشعاع هوائي المحطة ARNS مرئياً انطلاقاً من محطة فضائية، سيكون للسواتل الأخرى في نفس المستوى مساهمة محدودة الأهمية نسبياً فيما يتعلق بقيمة epfd. وبناء على ذلك فإن عدد السواتل التي يكون إسهامها ضئيلاً في قيمة epfd المتجمعة في نظام RNSS، سيرجح أن يكون أقل من عدد المستويات المدارية للنظام أو مساوياً له. وباستعمال هذه الفرضيات، يمكن للمرء أن يصوغ أقصى قيمة لقدرة epfd الناتجة عن طريق الكوكبة non-GSO RNSS ($epfd_{max}$) كما يلي:

$$epfd_{max} = 10 \log N_p + epfd_{i, max} \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$$

حيث:

N_p : العدد الأقصى للسواتل في الحزمة الرئيسية لهوائي الاستقبال للمحطة ARNS (وعادة ما يكون عدد المستويات المجارية في الكوكبة)

أقصى مساهمة epfd ينتجها ساتل واحد (dB(W/(m² · MHz))): $epfd_{i,max}$.

3 أمثلة للكوكبة non-GSO

إذا كانت القيمة القصوى للقدرة epfd التي ينتجها ساتل واحد -136,9 dB(W/(m² · MHz)) في حالة كوكبة RNSS non-GSO تحتوي على ستة مستويات، تعادل قيمة القدرة $epfd_{max}$ التي تم الحصول عليها باستعمال المعادلة الواردة في الفقرة 2 ما يلي:

$$epfd_{max} = (-136,9) + 10 \log 6 = -129,12 \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$$

وإذا كانت القيمة القصوى للقدرة epfd التي ينتجها ساتل واحد -130,24 dB(W/(m² · MHz)) في حالة كوكبة RNSS non-GSO (انظر المعادلة 2) تحتوي على ثلاثة مستويات، يؤدي حساب مماثل إلى أن تكون أقصى epfd مساوية للقيمة -125,47 dB(W/(m² · MHz)) باستعمال المعادلة الواردة في الفقرة 2.

وتعد هذه القيم قريبة جداً من القيم التي تم الحصول عليها باستعمال طريقة المحاكاة الواردة في التذييل 1 بالملحق 1، مع فارق لا يتجاوز 1,2 dB.

الملحق 2

خصائص الهوائي المرجعي لمخطة ARNS المستعملة لحساب الكثافة epfd

1 خصائص هوائي المخطة ARNS

يحتوي الجدول 1 على قيم كسب الهوائي الخاصة بزوايا ارتفاع تتراوح بين -90° و 90°. وينبغي، فيما يتعلق بالقيم التي توجد بين هذه الزوايا في الجدول 1، استعمال استكمال داخلي خطي. وتساوي قيمة G_r, max القيمة 3,4 dBi، وذلك طبقاً لمواصفات التوصية ITU-R M.1639، بما في ذلك القيمة 2 dB من عدم تواؤم الاستقطاب الدائري - الخطي. ويُفترض أن يكون مخطط الارتفاع والكسب متماثل بالنسبة إلى جميع زوايا السمات.

الجدول 1

زاوية الارتفاع (بالدرجات)	كسب الهوائي، بما في ذلك عدم تواؤم الاستقطاب الدائري - الخطي $G_r/G_r, max$ (dB)	زاوية الارتفاع (بالدرجات)	كسب الهوائي، بما في ذلك عدم تواؤم الاستقطاب الدائري - الخطي $G_r/G_r, max$ (dB)	زاوية الارتفاع (بالدرجات)	كسب الهوائي، بما في ذلك عدم تواؤم الاستقطاب الدائري - الخطي $G_r/G_r, max$ (dB)
-90	-17,22	22	-10,72	57	-15,28
-80	-14,04	23	-10,81	58	-15,49
-70	-10,51	24	-10,90	59	-15,67
-60	-8,84	25	-10,98	60	-15,82
-50	-5,40	26	-11,06	61	-16,29
-40	-3,13	27	-11,14	62	-16,74
-30	-0,57	28	-11,22	63	-17,19
-20	-1,08	29	-11,29	64	-17,63
-10	0,00	30	-11,36	65	-18,06
-5	-1,21	31	-11,45	66	-18,48
-3	-1,71	32	-11,53	67	-18,89
-2	-1,95	33	-11,6	68	-19,29
-1	-2,19	34	-11,66	69	-19,69

(يُقرأ هذا الجدول من اليسار إلى اليمين)

الجدول 1 (خاتمة)

زاوية الارتفاع (بالدرجات)	كسب الهوائي، بما في ذلك عدم توازن الاستقطاب الدائري - الخطي $G_r/G_{r,max}$ (dB)	زاوية الارتفاع (بالدرجات)	كسب الهوائي، بما في ذلك عدم توازن الاستقطاب الدائري - الخطي $G_r/G_{r,max}$ (dB)	زاوية الارتفاع (بالدرجات)	كسب الهوائي، بما في ذلك عدم توازن الاستقطاب الدائري - الخطي $G_r/G_{r,max}$ (dB)
0	-2,43	35	-11,71	70	-20,08
1	-2,85	36	-11,75	71	-20,55
2	-3,26	37	-11,78	72	-20,99
3	-3,66	38	-11,79	73	-21,41
4	-4,18	39	-11,80	74	-21,8
5	-4,69	40	-11,79	75	-22,15
6	-5,20	41	-12,01	76	-22,48
7	-5,71	42	-12,21	77	-22,78
8	-6,21	43	-12,39	78	-23,06
9	-6,72	44	-12,55	79	-23,30
10	-7,22	45	-12,70	80	-23,53
11	-7,58	46	-12,83	81	-23,44
12	-7,94	47	-12,95	82	-23,35
13	-8,29	48	-13,05	83	-23,24
14	-8,63	49	-13,14	84	-23,13
15	-8,97	50	-13,21	85	-23,01
16	-9,29	51	-13,56	86	-22,88
17	-9,61	52	-13,90	87	-22,73
18	-9,93	53	-14,22	88	-22,57
19	-10,23	54	-14,51	89	-22,40
20	-10,52	55	-14,79	90	-22,21
21	-10,62	56	-15,05		

2 موقع المحطة ARNS

ينبغي أن يؤخذ ارتفاع المحطة ARNS عند الحالة الأسوأ (40 000 قدم، أي 12 192 متراً)، أي عند الحالة القصوى لاحتمال حدوث تداخل نتيجة وجود هذه السواتل التي قد تسبب التداخل في مجال رؤية هوائي استقبال المحطة ARNS.