التوصيـــة ITU-R S.1340 *، **

التقاسم بين وصلات التغذية في الخدمة المتنقلة الساتلية وخدمة الملاحة الراديوية للطيران في الاتجاه أرض–فضاء في النطاق GHz 15,7-15,4

(المسألة ITU-R 243/4)

(1997)

إن جمعية الاتصالات الراديوية التابعة للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن القرار (WRC-95) 117 الصادر عن المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية (جنيف، 1995) يدعو قطاع الاتصالات الراديوية إلى إجراء دراسات لحالة التقاسم بين وصلات التغذية (أرض–فضاء) في الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) وخدمة الملاحة الراديوية للطيران في النطاق GHz 15,65-15,45؛

ب) أن النطاق GHz 15,7-15,4 موزع على خدمة الملاحة الراديوية للطيران على أساس أولي وأن الرقم S4.10 من لوائح الراديو ينطبق؛

ج) أن المؤتمر WRC-95 أضاف توزيعاً إلى الخدمة الثابتة الساتلية (FSS) في النطاق GHz 15,65-15,45 لوصلات التغذية في الشبكات غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض (non-GSO) في الخدمة MSS في الاتجاه أرض–فضاء؛

د) أن متطلبات وصلات التغذية (أرض–فضاء) للأنظمة الساتلية non-GSO في الخدمة MSS يجب أن تُستوفى في هذا النطاق؛

هـ) أن الإرسالات من المحطات في خدمة الملاحة الراديوية للطيران يمكن أن تسبب تداخلاً غير مقبول للسواتل؛

و) أن الإدارات التي تشغل محطات في خدمة الملاحة الراديوية للطيران تُحث على الحد من متوسط القدرة e.i.r.p. وجعله dBW 42 بغية الحد من التداخل المتسبب للسواتل non-GSO؛ وتبقى هذه القيمة قابلة للمراجعة والدراسة من قبل قطاع الاتصالات الراديوية (انظر الرقم S5.511C من لوائح الراديو)؛

ز) أن تنسيق الإرسالات من محطات الملاحة الراديوية للطيران مع المحطات الفضائية في وصلة التغذية لا يُعتبر عملياً؛

ح) أن الإرسالات من المحطات الأرضية في وصلة التغذية المنتشرة على سطح الأرض يمكن أن تسبب تداخلاً ضاراً لمحطات الملاحة الراديوية للطيران؛

ط) أن بعض الحدود فُرِضت على الخدمة الثابتة الساتلية لحماية خدمة الملاحة الراديوية للطيران، طبقاً للرقم S5.511C من لوائح الراديو؛

ي) أن المحطات المحمولة جواً والمحطات البرية والبحرية في خدمة الملاحة الراديوية للطيران تستعمل هذا النطاق بصورة مكثفة نسبياً؛

ك) أن المحطات المحمولة على متن طائرة لا يسمح لها بالبث في النطاق GHz 16,45-15,45، طبقاً للرقم S5.511B من لوائح الراديو؛

---

* يجب أن تُرفع هذه التوصية إلى علم لجنة الدراسات 8 للاتصالات الراديوية.

** أدخلت لجنة الدراسات 4 للاتصالات الراديوية عام 2001 تعديلات صياغية في هذه التوصية طبقاً لأحكام القرار ITU-R 44 (RA-2000).

ل) أن الخصائص التقنية والتشغيلية لمحطات الملاحة الراديوية للطيران معروفة معرفة كافية؛

م) أن الخصائص التقنية والتشغيلية لوصلات التغذية ليست محددة بدقة؛

ن) أن من الضروري وضع طرائق لتحديد مسافات التنسيق والفصل المطلوبة بين المحطات الأرضية في وصلة التغذية ومحطات الملاحة الراديوية للطيران لحماية محطات الملاحة الراديوية للطيران؛

س) أن دراسات قد سبق أن كُرِّست للمسائل السابقة،

توصـــي

1 أن تقصر وصلات تغذية الخدمة MSS على النطاق GHz 15,63-15,43 (انظر الملاحظة 1)؛

2 ألا تتجاوز الإرسالات المعبر عنها بالقدرة e.i.r.p. الفعالة (E_{eff}) الصادرة من محطات الملاحة الراديوية للطيران ما يلي:

1.2 بالنسبة لأنظمة مساعدة هبوط الطائرات ووصلات التغذية التي يفوق عرض نطاقها MHz 3:

$$E_{eff} = \begin{cases} 53 & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 0 \le \varphi < 8 \\ 53 - 0.833\,(\varphi - 8) & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 8 \le \varphi < 14 \\ 48 & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 14 \le \varphi < 32 \\ 48 - 9\,(\varphi - 32) & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 32 \le \varphi < 34 \\ 30 & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 34 \le \varphi < 40 \\ 30 - 0.2\,(\varphi - 40) & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 40 \le \varphi \le 90 \end{cases}$$

2.2 بالنسبة لرادارات الطائرات متعددة الأغراض ووصلات التغذية التي يزيد عرض نطاقها على MHz 1:

$$E_{eff} = \begin{cases} 62 & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 0 \le \varphi < 20 \\ 62 - 0.56\,(\varphi - 20)^2 & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 20 \le \varphi < 25 \\ 48 & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 25 \le \varphi < 29 \\ 71.86 - 25 \log (\varphi - 20) & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 29 \le \varphi < 68 \\ 29.8 & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 68 \le \varphi \le 90 \end{cases}$$

حيث:

$$E_{eff} = E_p - 15 \log (1 + 5/PW) \qquad \text{dBW}$$

E_{eff}: القدرة e.i.r.p. التي تسبب نفس سوية التداخل للإشارة المشكلة بالطور وللإشارة شبه الضوضاء المستمرة

E_p: القيمة النبضية لقدرة الذروة e.i.r.p. (dBW) المتولدة من محطة الملاحة الراديوية للطيران

PW: مدة (µs) النبضات التي ترسلها محطة الملاحة الراديوية للطيران

φ: زاوية الارتفاع (بالدرجات) بالنسبة لمستوي الأفق؛

3 أن تكون وصلات التغذية في الاتجاه أرض–فضاء مصممة لتشتغل في بيئة التداخل المحددة في الفقرة "*توصـــي* 2"؛

4 بأنه، في ظروف الفقرتين "*توصـــي* 2 و3"، ليس هناك حاجة إلى تنسيق إرسالات من محطات الملاحة الراديوية للطيران مع محطات الاستقبال الساتلية؛

5 ألا تتجاوز القدرة .e.i.r.p المرسلة نحو المستوي الأفقي المحلي من محطة أرضية في وصلة تغذية القيمة 54 dB(W/MHz) (انظر الملاحظة 2)؛

6 أن رادارات سطح الأرض الموصوفة في الملحق 1 يجب ألا تشتغل في النطاق GHz 15,63-15,43؛

7 أن تكون مسافات التنسيق المطلوبة لحماية محطات الملاحة الراديوية للطيران من التداخل غير المقبول الصادر من إرسالات المحطات الأرضية لوصلات التغذية مساوية:

- 515 km من مكان هبوط الطائرة لأنظمة مساعدة هبوط الطائرات (ALS)؛
- 600 km من طائرة تستعمل رادارات متعددة الأغراض (MPR)؛
- 270 km من مكان هبوط الطائرة لأنظمة التحسس والقياس الرادارية؛

8 بمراعاة المعلومات الإضافية الواردة في الملحقات 1 و2 و3.

الملاحظة 1 – إن نطاق الترددات الوارد في الفقرة "*توصي* 1" يختلف قليلاً عن النطاق الموزع من قبل المؤتمر WRC-95. وهذا الاختلاف موصى به لتسهيل التقاسم بين وصلات التغذية في الخدمة non-GSO MSS وخدمة الملاحة الراديوية للطيران. سوف يتم مراجعة الفقرة "*توصي* 1" في تاريخ لاحق وفقاً لنتائج مؤتمر قادم للاتصالات الراديوية.

الملاحظة 2 – قد تخضع وصلات التغذية أرض – فضاء في الخدمة MSS إلى قيود تصميمية وتشغيلية إضافية لكي تؤخذ في الحسبان سويات العتبات المنطبقة على خدمة الفلك الراديوي والواردة في التوصية ITU-R RA.769.

الملحـــق 1

أنظمة الملاحة الراديوية للطيران في النطاق GHz 15,7-15,4

1 رادارات سطح الأرض

تُستعمل رادارات سطح الأرض المقامة في البر أو على متن السفن لكشف وتتبع وتحديد مواقع حركة الطائرات ومركبات السطح المستعملة في المطارات وفي أماكن أخرى لهبوط الطائرات.

1.1 مخططات الهوائي

- فتحة الحزمة الاسمية عند 3 dB: <3,5° رأسياً، قاطع التمام المقلوب عند –31° 0,35° أفقياً
- مدى الترددات: GHz 16,7-15,65
- الاستقطاب: دائري
- الكسب النمطي: 43 dBi
- السوية القصوى للفص الجانبي: 25 dB تحت كسب الذروة
- السوية القصوى للفص الخلفي: 35 dB تحت كسب الذروة
- مدى الميل الرأسي: ± 1,5°
- المدى الأقصى للمسح الأفقي: 360°.

1.1.1 مخطط غلاف الكسب مع زاوية ارتفاع الهوائي

استناداً إلى المعطيات المقيسة ومواصفات سوية الفصوص الجانبية وكسب الذروة الموجه إلى +1,5°، يُعرّف مخطط غلاف كسب مع زاوية الارتفاع على النحو التالي، حيث φ هي زاوية الارتفاع (بالدرجات):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 43 & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 0 \le \varphi < 4 \\ 43 - 5\,(\varphi - 4) & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 4 \le \varphi < 9 \\ 18 & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 9 \le \varphi < 16 \\ 43.2 - 21 \log \varphi & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 16 \le \varphi < 48 \\ 8 & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 48 \le \varphi \le 90 \end{cases}$$

2.1.1 مخطط غلاف الكسب مع زاوية سمت الهوائي

استناداً إلى المعطيات المقيسة ومواصفات سوية الفصوص الجانبية، يُعرّف مخطط الكسب مع زاوية السمت على النحو التالي، حيث φ هي زاوية السمت النسبية (بالدرجات):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 43 - 110\,\varphi^2 & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 0 \le \varphi < 0.4767 \\ 18 & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 4.4767 \le \varphi < 0.72 \\ 17.07 - 6.5 \log \varphi & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 0.72 \le \varphi < 48 \\ 8 & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 48 \le \varphi \le 180 \end{cases}$$

2.1 خصائص أخرى

1.2.1 في الإرسال

- القدرة e.i.r.p. للذروة: 86 dBW
- تردد تكرار النبضات: 192 8 Hz
- مدة النبضة: 0,04 µs
- عرض نطاق النبضات عند 3,5 dB: 25 MHz.

2.2.1 في الاستقبال

- كسب الهوائي النمطي: 43 dBi
- عامل الضوضاء النمطية: 6,2-6,9 dB.

2 أنظمة مساعدة هبوط الطائرات (ALS)

إن الأنظمة ASL أنظمة متعددة الأغراض وتُستعمل على متن السفن، كأنظمة تُحمل أو تركيبات مقامة على البر دائمة وكذلك لهبوط المكوكات الفضائية. ونظام الهبوط بحزم مسح بالموجات الصغرية (MSBLS) هو أحد هذه الأنظمة. وتختلف بعض خصائصها حسب التطبيقات الخاصة.

1.2 مخططات الهوائي لمحطة سطح الأرض

إن مخططات الهوائي متشابهة لكل التطبيقات بما في ذلك النظام MSBLS. وتختلف مديات المسح مع التطبيقات. وتغطي مديات المسح الواردة أدناه جميع التطبيقات.

يتكون نظام الهوائي ALS من هوائي ارتفاع وهوائي سمت.

يُستعمل جزء هوائي الارتفاع للنظام ALS لإرسال معطيات بزاوية رأسية إلى الطائرة.

- فتحة الحزمة الاسمية عند 3 dB: 1,3° رأسياً، 40° أفقياً
- مدى الترددات: 15,4-15,7 GHz
- الاستقطاب: أفقي ورأسي
- الكسب النمطي: 28 dBi
- السوية القصوى للفص الجانبي: 17 dB تحت كسب الذروة في كلا المستويين
- المدى الأقصى للمسح الرأسي: 0 إلى 30°.

يُستعمل جزء هوائي السمت للنظام ALS لإرسال معلومات سمتية إلى الطائرة.

- فتحة الحزمة الاسمية عند 3 dB: 2,0° أفقياً، 6,5° رأسياً
- يشوّه المخطط الرأسي لتحقيق كسب قدره 20 dBi على الأقل عند 20° فوق الأفق
- مدى الترددات: 15,4-15,7 GHz
- الاستقطاب: أفقي ورأسي
- الكسب النمطي: 33 dBi
- السوية القصوى للفص الجانبي: 17 dB تحت كسب الذروة في كلا المستويين
- المدى الأقصى للمسح الأفقي: ±35°.

1.1.2 مخطط مختلط لغلاف ارتفاع الهوائي

إن المخطط المختلط لكسب الغلاف العمودي القائم على معطيات مقيسة يُعرّف على النحو التالي، حيث φ هي زاوية الارتفاع (بالدرجات):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 33 & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 0 \le \varphi < 8 \\ 33 - 0.833\,(\varphi - 8) & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 8 \le \varphi < 14 \\ 28 & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 14 \le \varphi < 32 \\ 28 - 9\,(\varphi - 32) & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 32 \le \varphi < 34 \\ 10 & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 34 \le \varphi < 40 \\ 10 - 0.2\,(\varphi - 40) & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 40 \le \varphi \le 90 \end{cases}$$

2.1.2 مخططات هوائي السمت

يُعرّف مخطط غلاف السمت لهوائي الارتفاع على النحو التالي، حيث φ هي زاوية السمت النسبية (بالدرجات):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 28 - 0.0062\,\varphi^2 & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 0 \le \varphi < 70 \\ -2.37 & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 70 \le \varphi \le 180 \end{cases}$$

يُعرّف مخطط غلاف السمت لهوائي السمت على النحو التالي، حيث φ هي زاوية السمت النسبية (بالدرجات):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 33 - 2\,\varphi^2 & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 0 \le \varphi < 3 \\ 15 & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 3 \le \varphi < 5 \\ 32.5 - 25 \log \varphi & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 5 \le \varphi < 48 \\ -9.53 & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 48 \le \varphi \le 180 \end{cases}$$

2.2 خصائص أخرى

1.2.2 في الإرسال

- القدرة e.i.r.p. للذروة: 71 dBW
- تردد تكرار النبضات: 334 3 Hz
- مدة النبضة: 0,333 µs
- عرض نطاق النبضات عند 3,5 dB: 3 MHz.

2.2.2 في الاستقبال

- كسب الهوائي النمطي: 8 dBi
- عامل الضوضاء النمطية: 8 dB.

3 رادارات الطائرات متعددة الأغراض (MPR)

إن رادارات الطائرات MPR هي رادارات تقوم بوظائف الملاحة الراديوية والتحديد الراديوي للموقع والأرصاد الجوية.

1.3 مخططات الهوائي

إن الهوائي مكافئي قطره يبلغ تقريباً 0,3 m ذو مسح رأسي وأفقي بالنظر إلى وجهة الطائرة ووضعيتها:

- فتحة الحزمة الاسمية عند 3 dB: 4,5°
- مدى الترددات: 15,7-15,4 GHz
- الاستقطاب: رأسي
- الكسب النمطي: 30 dBi
- المدى الأقصى للمسح الأفقي: ±45°
- المدى الأقصى للمسح الرأسي: ±20°.

يُعرّف مخطط غلاف الهوائي على النحو التالي، حيث φ هي زاوية السمت النسبية (بالدرجات):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 30 & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 0 \le \varphi < 20 \\ 30 - 0.56\,(\varphi - 20)^2 & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 20 \le \varphi < 25 \\ 16 & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 25 \le \varphi < 29 \\ 39.86 - 25 \log (\varphi - 20) & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 29 \le \varphi < 68 \\ -2.17 & \text{dBi} \quad \text{for} \quad 68 \le \varphi \le 180 \end{cases}$$

2.3 خصائص أخرى

1.2.3 في الإرسال

- القدرة e.i.r.p. للذروة: 70 dBW
- تردد تكرار النبضات: 800 Hz
- مدة النبضة: 2 µs
- عرض نطاق النبضات عند 3,5 dB: 0,5 MHz.

2.2.3 في الاستقبال

- كسب الهوائي النمطي: 30 dBi
- عامل الضوضاء النمطية: 8 dB.

4 نظام التحسس والقياس الراداري (RSMS)

تلائم تقنيات القياس التي تستعمل تكنولوجيا الرادار عند التردد 15 GHz الطائرات الصغرى على الخصوص، بما في ذلك الطائرات المروحية، لأنها توفر فوائد التجهيزات المتراصة الخفيفة مع اتجاهية جيدة للهوائي وأداء أكثر من مناسب لكثير من تطبيقات الملاحة الراديوية التشغيلية التي لا تنطبق عند ترددات أدنى نظراً للانتشار أو أسباب أخرى. فيما يخص قياسات الارتفاع، إن نطاق الترددات هذا المرتفع نسبياً ذو أهمية خاصة على مستوى تصميم الأنظمة، خاصة بفضل الاقتران الأدنى وغياب آثار التثليث، التي تعد ذات أهمية خاصة للقياس الدقيق مع استبانة جيدة (مترية). فيما يخص بعض التطبيقات التشغيلية، يمثل نطاق الترددات هذا التقنية الوحيدة الممكنة تقنياً.

تُستعمل الأنظمة التي تستخدم هذه التقنيات على نطاق واسع في بعض أنحاء العالم حيث تساهم كثيراً في سلامة الطائرات. إن قياس الارتفاع ووجود مناطق منكشفة هو أحد أحرج المعلمات في تشغيل الطائرة عندما يُستعمل لتسهيل المراحل الأخيرة من الهبوط. والدقة العالية والتشغيل الخالي من التداخلات حيويان للنجاح وتعزيز السلامة.

يُستعمل النظام RSMS أساساً في أطوار الطيران على علو منخفض (علو نسبي يبلغ حوالي 1 500 m). في الغالبية العظمى من التطبيقات، يستخدم النظام هوائياً يشتغل بإرسال–استقبال عمودي نحو الأسفل. ولتخفيض آثار الانتثار وآثار أخرى غير مرغوب فيها، يُستعمل تحكم لتخفيض القدرة بدلالة الارتفاع فوق الأرض.

1.4 خصائص النظام RSMS

1.1.4 المرسل

- مدى الترددات: 15,63-15,65 GHz
- قدرة الذروة: 30 dBmW
- كسب الهوائي: 13 dBi، الفصوص الخلفية < 5 dBi
- تردد تكرار النبضات: 58 kHz
- مدة النبضة (القصوى): 500 ns
- معامل الاستعمال (الأقصى): 3%
- عرض نطاق النبضات عند 3,5 dB: 2 MHz.

2.1.4 المستقبل

- كسب الهوائي: 13 dBi، الفصوص الخلفية < 5 dBi
- عامل الضوضاء: 6 dB.

الملحـــق 2

معايير الإرسال المنطبقة على خدمة الملاحة الراديوية للطيران وإمكانيات التقاسم مع وصلات التغذية (أرض – فضاء) في الخدمة MSS في النطاق 15,4-15,7 GHz

1 مدخل

تتمثل إحدى الطرائق الأساسية لحماية السواتل non-GSO من التداخلات غير المقبولة في وضع حدود قصوى للقدرة e.i.r.p. الصادرة من محطات الملاحة الراديوية للطيران وحدود e.i.r.p. دنيا للإرسالات الصادرة من المحطات الأرضية في وصلات التغذية.

كما يمكن كذلك الاكتفاء بوضع حدود قصوى لقيم e.i.r.p. تنطبق على محطات الملاحة الراديوية للطيران لتحديد ظروف التداخل التي يجب أن تكون فيها وصلات التغذية قادرة على الاشتغال. يبدو هذا البديل أهم لأنه أبسط ويسمح بحرية قصوى على مستوى تصميم وتشغيل وصلات التغذية. وهذه الطريقة بالذات هي موضوع الفقرات التالية.

تمثل كل من هاتين الطريقتين وسيلة فعالة لإزالة الحاجة إلى التنسيق. وفي هذه الحالة ليس التنسيق عملياً.

2 خصائص أنظمة الملاحة الراديوية للطيران

تم تعرّف عدة أنظمة تشتغل في هذا النطاق. وهي تشمل رادارات سطح الأرض (SBR) المقامة في البر وعلى السفن لكشف وتتبع وتحديد مواقع حركة الطائرات ومركبات السطح الأخرى المستعملة في أماكن هبوط الطائرات وأنظمة مساعدة هبوط الطائرات (ALS) ورادارات الطائرات متعددة الأغراض (MPR) ونظام التحسس والقياس الراداري (RSMS). ومخططات هوائي هذه الأنظمة عنصر مهم في تحديد القدرة e.i.r.p. بدلالة زاوية الارتفاع. يقدم الملحق 1 مخططات كسب غلاف الهوائي وخصائص أخرى ذات صلة.

3 التحاليل

1.3 التداخلات النبضية المسببة للموجات الحاملة الرقمية

درس فريق المهام 4/4 التداخل المتسبب من الرادارات في الموجات الحاملة الرقمية. وتمت قياسات على مدى واسع من ترددات تكرار النبضات (PRF)، (1-100 kHz) وعوامل الاستعمال، d، (0,01%-100%) للرادارات، ومعدلات المعطيات المحصورة بين 2 Mbit/s و45 Mbit/s للموجات الحاملة الرقمية QPSK المشفرة ذات المعدل 3/4 وتصحيح الخطأ الأمامي

(FEC) المشتغلة عند معدل للخطأ في البتات (BER) يبلغ 1×10^{-6}. تم تطوير معادلة تجريبية انطلاقاً من معطيات القياس يمكن استعمالها لإقامة علاقة بين القدرة e.i.r.p. لذروة النبضات الرادارية، E_p، وقيمة e.i.r.p. فعالة، E_{eff}، أي قدرة e.i.r.p. تسبب نفس سوية التداخل (انظر التوصية ITU-R S.1068). إن متوسط e.i.r.p. الفعالة، E_{ave}، يساوي ذروة e.i.r.p. مضروبة في عامل الاستعمال. في هذه الظروف، تكون المعادلة التجريبية هي:

$$E_{eff} = E_p - 15 \log (1 + 0{,}5(PRF / d)) \quad \text{dBW} \tag{1}$$

حيث يُعبر عن PRF بالوحدة Hz وعن d بالنسبة المئوية.

بما أن عرض النبضة، PW، يساوي (d/PRF)، يمكن التعبير عن المعادلة (1) على النحو التالي:

$$E_{eff} = E_p - 15 \log (1 + 5 / PW) \quad \text{dBW} \tag{2}$$

حيث يُعبر عن PW بالميكروثانية.

مع دالة كثافة طيفية للقدرة بشكل $[(\sin x)/x]^2$]، تكون كثافة قدرة الذروة أكبر بحوالي 3,5 dB من متوسط كثافة القدرة لعرض نطاق $2/PW$. وعرض النطاق عند 3,5 dB (MHz) هو حوالي $1/PW$. هكذا فإن كثافة القدرة e.i.r.p. الفعالة، E_{eff}/MHz، لعروض نطاق (MHz) الموجة الحاملة لوصلة التغذية (BW) (MHz) الأدنى من $1/PW$ تُكتب على النحو التالي:

$$E_{eff}/\text{MHz} = E_p - 10 \log (2 / PW) + 3{,}5 - 15 \log (1 + 5 / PW) \quad \text{dBW} \tag{3}$$

وفيما يخص عروض النطاق (BW) التي تساوي أو تفوق $(1/PW)$ يكون متوسط المعلمة، E_{eff}/MHz، على عرض النطاق المعني:

$$E_{eff}/\text{MHz} = E_p - 10 \log (2/PW) + 3.5 - 15 \log (1 + 5/PW) - 10 \log [(BW)\,(PW)] \quad \text{dBW} \tag{4}$$

2.3 حدود البث المنطبقة على محطات الملاحة الراديوية للطيران

قد يصلح النطاق GHz 15,7-15,63 لرادارات سطح الأرض. بزحزحة النطاق GHz 15,65-15,45 إلى GHz 15,63-15,43، لا تعود هناك حاجة للاهتمام بالتداخلات التي يمكن أن تُسبب لوصلات التغذية (أرض–فضاء).

تُستعمل الرادارات متعددة الأغراض أساساً فوق المحيطات، أي في أغلب الحالات فوق مسافات تنسيق المحطات الأرضية في وصلة التغذية، بحيث لا تعود هناك حاجة إلى التنسيق مع هذه الأخيرة. ونتيجة لذلك، فإن تشغيل هذه الأنظمة يكون مسموحاً به في النطاق GHz 15,7-15,4 على الرغم من بعض القيود الجغرافية (انظر الملحق 3). وتشتغل أنظمة التحسس والقياس الرادارية حالياً في النطاق GHz 15,7-15,4 ويمكن أن تنطبق كذلك قيود جغرافية.

تُعطى في الملحق 1 قيم معلمات المعادلات (2) و(3) و(4) لأنظمة مساعدة هبوط الطائرات (ALS) ورادارات الطائرات متعددة الأغراض (MPR) ونظام التحسس والقياس الراداري (RSMS) في أنظمة الملاحة الراديوية للطيران، مع وظائف كسب غلاف الهوائي. ومع هذه المعلومات يمكن حساب قيم E_{eff} بدلالة زاوية الارتفاع. تُحد القدرة e.i.r.p. للذروة وPW بواسطة المعادلات (2) و(3) و(4). ويُعبر عن زاوية الارتفاع، φ، بالدرجات.

1.2.3 حدود المعلمة E_{eff}، ALS

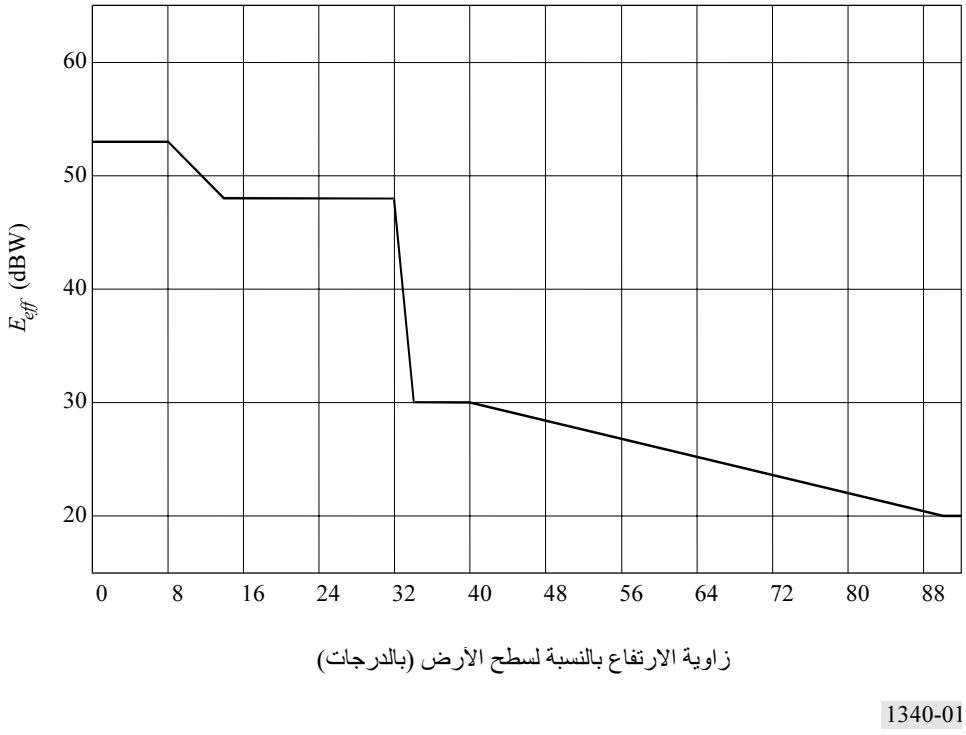
بالنسبة لعروض نطاق الموجة الحاملة لوصلة التغذية التي تزيد على 3 MHz:

$$E_{eff} = \begin{cases} 53 & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 0 \le \varphi < 8 \\ 53 - 0.833\,(\varphi - 8) & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 8 \le \varphi < 14 \\ 48 & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 14 \le \varphi < 32 \\ 48 - 9\,(\varphi - 32) & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 32 \le \varphi < 34 \\ 30 & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 34 \le \varphi < 40 \\ 30 - 0.2\,(\varphi - 40) & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 40 \le \varphi \le 90 \end{cases}$$

هذه الدالة مبينة في الشكل 1.

الشكل 1

حدود e.i.r.p. الفعالة، E_{eff} للنظام ALS



1340-01

2.2.3 حدود المعلمة E_{eff}، MPR

بالنسبة لعروض نطاق الموجة الحاملة لوصلة التغذية التي تزيد على 1 MHz:

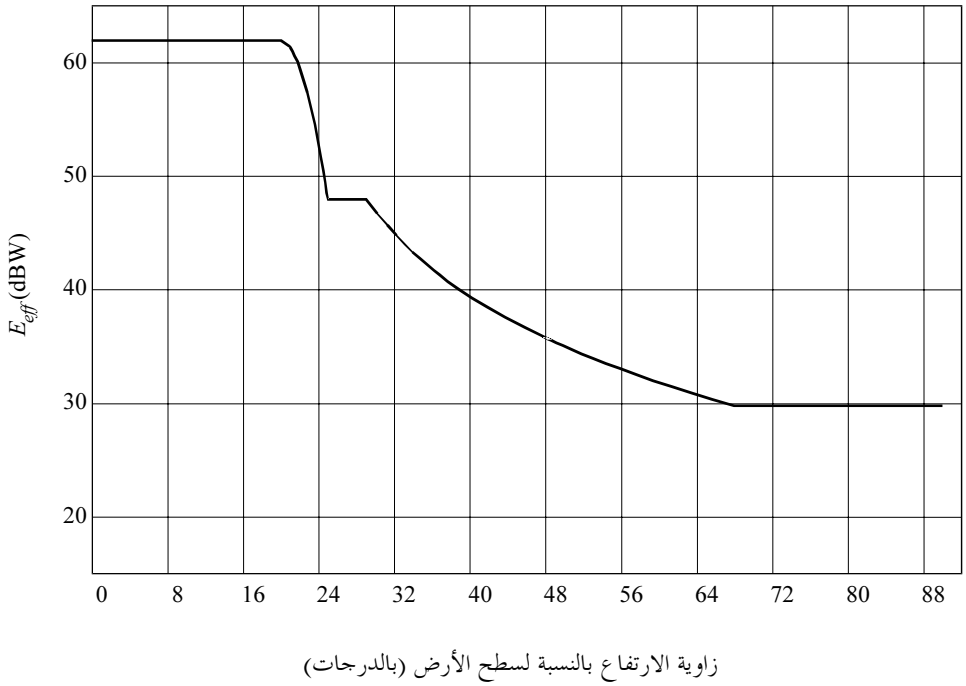
$$E_{eff} = \begin{cases} 62 & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 0 \le \varphi < 20 \\ 62 - 0.56\,(\varphi - 20)^2 & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 20 \le \varphi < 25 \\ 48 & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 25 \le \varphi < 29 \\ 71.86 - 25 \log (\varphi - 20) & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 29 \le \varphi < 68 \\ 29.8 & \text{dBW} \quad \text{for} \quad 68 \le \varphi \le 90 \end{cases}$$

هذه الدالة مبينة في الشكل 2.

إن قيم المعلمة E_{eff} من أجل أنظمة التحسس والقياس الرادارية، في حالة زوايا الارتفاع التي تزيد على 0°، تبلغ –13,1 dBW.

الشكل 2

حدود e.i.r.p. الفعالة، E_{eff} للرادار MPR



1340-02

3.3 الأثر على القدرة e.i.r.p. في المسير الصاعد من وصلات التغذية

يمكن تحقيق الحماية من التداخلات الناتجة عن محطات الملاحة الراديوية للطيران على الوصلات الصاعدة بتثبيت قيمة مناسبة للقدرة e.i.r.p. للمحطات الأرضية العاملة في هذه الوصلات.

في حالة التداخلات المسببة على موجة حاملة QPSK ذات معدل 3/4 وتصحيح FEC، كانت النسبة *C/I* (موجة حاملة/تداخل) المقابلة لمعدل BER قدره 1×10^{-6} تبلغ حوالي 9 dB للقيم المبينة في الفقرة 1.3. تقابل هذه القيمة تشكيلة تكون فيها التداخلات القادمة من مصادر أخرى لا مغزى لها. بما أن النسبة المئوية من الوقت التي تكون خلالها محطة الملاحة الراديوية نشيطة، ويكون فيها كفاف هوائيها عند –3 dB المجتمع مع الساتل منخفضة جداً، يُفترض أن نسبة *C/I* قدرها 9 dB يمكن السماح بها لهذه النسبة المئوية الصغيرة من الوقت. وفي حالة موجة حاملة QPSK غير مشفرة تكون النسبة *C/I* حوالي 12 dB.

إن قيمة e.i.r.p. الضرورية، على وصلة صاعدة، للتغلب على غلاف هذه التداخلات بدلالة عرض نطاق الموجة الحاملة لوصلة التغذية، يمكن أن تُحسب بافتراض أن إشارة واحدة من نمط معين سوف تحدث في لحظة ما *T*. على العموم، قد تكون هناك حاجة إلى قيم e.i.r.p. تتراوح بين 60 و70 dBW.

4 ملخص

- إن حدود القدرة .e.i.r.p المعطاة في الفقرة 2.3 تلائم تشغيل أنظمة الملاحة الراديوية للطيران الحالية.
- يسمح تحديد الشروط القصوى للتداخل التي يجب أن تقبلها وصلة التغذية في الخدمة MSS، لمصممي ومشغلي وصلات التغذية بمرونة قصوى لتلبية متطلبات خدمتهم وإزالة أي حاجة لتحديد ارتفاعات المدار ومخطط إشعاع هوائي الساتل، إلخ، التي قد تصاحب تحديد القيم الدنيا المحتملة للقدرة .e.i.r.p.
- من السهل مراعاة القدرة .e.i.r.p الدنيا المطلوبة من محطة أرضية في وصلة التغذية المدعوة إلى الاشتغال في ظروف التداخل القصوى المحددة في الفقرة 3.3، في الاتجاه أرض – فضاء.

الملحـــق 3

مسافات التنسيق بين المحطات الأرضية لوصلة التغذية في الخدمة MSS العاملة في الاتجاه أرض–فضاء والمحطات في خدمة الملاحة الراديوية للطيران في النطاق GHz 15,7-15,4

1 خصائص نظام الملاحة الراديوية للطيران

تم تحديد عدة أنظمة تشتغل في هذا النطاق. يتعلق الأمر بأنظمة مساعدة هبوط الطائرات (ALS) والرادارات متعددة الأغراض (MPR) المحمولة جواً. تُعطى الخصائص والتحاليل الضرورية لتحديد مسافات التنسيق في الأقسام التالية.

2 مسافات التنسيق

1.2 التحاليل

إن مسافة التنسيق، D_c، الضرورية لضمان الحماية من التداخل غير المقبول المحتمل أن تسببه المحطات الأرضية في وصلات التغذية في الخدمة MSS للمحطات المشتغلة في خدمة الملاحة الراديوية للطيران، تُحسب كما هو مبين في الفقرات التالية.

$$D_c = D_{fsl} + D_{oth} + D_{as} \quad \text{km} \tag{5}$$

حيث:

D_{fsl}: المسافة الإجمالية للمسير الراديوي في خط البصر (km)

D_{oth}: المسافة ما بعد الأفق المقابلة للخسارة الضرورية ما بعد الأفق (km)

D_{as}: المسافة من الطائرة إلى سطح الهبوط (km) (تنطبق على النظامين ALS و RSMS)

$$D_{fsl} = (2r\,h_1)^{0,5} + (2r\,h_2)^{0,5} \quad \text{km} \tag{6}$$

حيث:

r: نصف قطر الأرض مأخوذاً على أنه 4/3 قيمته الهندسية، لمراعاة الانكسار الجوي (km 8 500)

h_1: ارتفاع محطة الملاحة الراديوية للطيران (ARNS) (km)

h_2: ارتفاع المحطة الأرضية في وصلة التغذية (km)

$$L_{oth} = E_{esd} + 168{,}6 - L_{fsl} + G / T - I / N \quad \text{dB} \tag{7}$$

حيث:

L_{oth}: خسارة الانتشار فيما وراء الأفق مضافة إلى L_{fsl} (dB) (هذه الدالة مبينة فيما بعد، وفي الشكل 1، مشتقة من الدوال 5% من أجل GHz 15 المعطاة في التوصية ITU-R P.528، أي من أجل خسارة يتم تجاوزها خلال 95% من الوقت)

E_{esd}: أقصى كثافة للقدرة e.i.r.p. للمحطة الأرضية في وصلة التغذية نحو الأفق (تُؤخذ على أنها 54 dB(W/MHz))

L_{fsl}: الخسارة في الفضاء الحر محسوبة من أجل D_{fsl} (dB)

G/T: نسبة الكسب/درجة حرارة الضوضاء للمحطة ARNS (dB)

I/N: نسبة التداخل/الضوضاء المقبولة للمحطة ARNS (dB).

تكون قيم L_{oth} بدلالة المعلمة D_{oth} كما هي مبينة في الجدول 1.

الجدول 1

L_{oth} (dB)	D_{oth} (km)	L_{oth} (dB)	D_{oth} (km)	L_{oth} (dB)	D_{oth} (km)
104	350	78	175	0	0
107	375	82	200	24	25
110	400	86	225	45	50
113	425	90	250	57	75
116	450	94	275	64	100
118	475	98	300	69	125
120	500	101	325	74	150

إن قيم D_{oth} المقابلة لقيم L_{oth} الموجودة بين القيم المذكورة يمكن أن تُستقرأ بواسطة:

$$D_{oth} = D_{ith} + 25[(L_{oth} - L_{ith}) / (L_{jth} - L_{ith})] \quad \text{km} \tag{8}$$

حيث:

L_{ith}: القيمة التي تقل مباشرة عن L_{oth} في الجدول 1، بالنسبة للقيمة L_{oth} المحددة حسب المعادلة (7)

L_{jth}: القيمة التي تفوق مباشرة L_{oth} في الجدول 1، بالنسبة للقيمة L_{oth} المحددة حسب المعادلة (7).

2.2 مسافات التنسيق المحسوبة

نظراً للمعادلات وطرائق الحساب مع بعض قيم المعلمات الواردة في الفقرة 1.2 وقيم المعلمات الضرورية الأخرى، تحسب قيم مسافات التنسيق كما هو مبين في الجدول 2:

الجدول 2

RSMS	MPR	ALS	المعلمة
1,5	15	7,6	h_1 (km)
0,01	0,01	0,01	h_2 (km)
172,7	518	372	D_{fsl} (km)
40	0	100	D_{as} (km)
160,9	170,6	167,7	L_{fsl} (dB)
24,4–	2,0–	22,7–	T (dB) / G
10–	10–	10–	N (dB) / I
47,3	60	42,2	L_{oth} (dB)
54,8	85,7	46,7	D_{oth} (km)
267,5	603,7	518,7	D_c (km)

يمكن استعمال مسافة تنسيق تبلغ 600 km للرادارات MPR. وأسلوب التشغيل الأساسي لهذا النمط من التجهيز هو المجال البحري، مما يعنى أنه، في معظم الحالات، ستبعد مسافة 600 km وراء محطة أرضية في وصلة التغذية ولذلك لن تكون هناك حاجة للتنسيق. في الحالة التي تكون فيها المحطات الأرضية في وصلة التغذية تقع في البر، فإن مناطق التشغيل فوق المحيطات تتوسع.

3.2 تخفيض حدود المحطات الأرضية

مع تخفيض حد الكثافة القصوى للقدرة e.i.r.p. للمحطات الأرضية لوصلة التغذية باتجاه الأفق، يجب كذلك تخفيض مسافة التنسيق. واستناداً إلى الدالة الموضحة في الشكل 3، يتم إنشاء مسافات التنسيق بدلالة المعلمة E_{esd} كما هو مبين في الجدول 3:

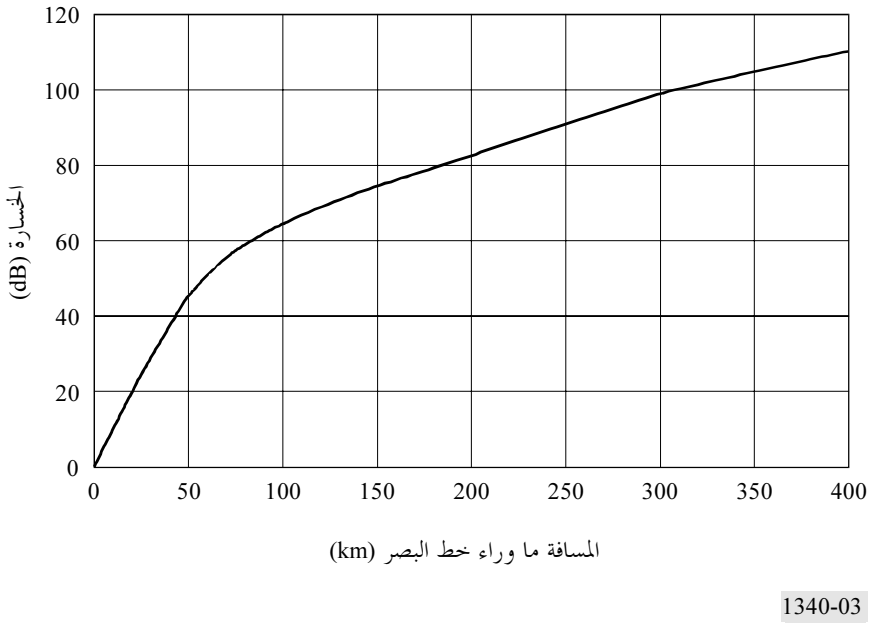
الجدول 3

RSMS (km)	MPR (km)	ALS (km)	E_{esd} (dB(W/MHz))
268	604	519	54
254	573	507	44
242	561	495	34
231	549	485	24

من الواضح أن مسافة التنسيق، في حالة الأنظمة ALS والرادارات MPR والأنظمة RSMS، حيث تعتبر المسافات أساساً هي المسيرات في خط البصر، ليست حساسة لكثافة القدرة .e.i.r.p المشعة نحو الأفق.

الشكل 3

الخسارة المضافة إلى الخسارة في الفضاء الحر عند خط البصر



3 ملخص

- يجب أن تُحد القيم القصوى للإرسال من محطة أرضية في وصلة التغذية في المستوي الأفقي المحلي بالقيمة dB(W/MHz) 54.
- مع هذا الحد، هناك حاجة إلى مسافة تنسيق عتبة تبلغ حوالي 515 km لحماية المحطات ALS العاملة في خدمة الملاحة الراديوية للطيران من التداخلات غير المقبولة التي تولدها إرسالات المحطات الأرضية في وصلات التغذية. تبلغ المسافة المقابلة حوالي 600 km للرادار MPR و270 km للنظام RSMS.
- إن مسافة عتبة التنسيق للنظام ALS والرادار MPR والنظام RSMS لا تُخفَّض كثيراً بتخفيض الإرسالات القصوى المسموح بها من المحطات الأرضية في وصلات التغذية.

يمكن أن تُستعمل الطريقة السابقة مقترنة بتقنيات تخفيف أخرى لتخفيض مسافات الفصل إلى أدنى حد خلال التنسيق.

4 عوامل تخفيض مسافة الفصل بمراعاة مسافة التنسيق

يجب أن تُؤخذ الاعتبارات التالية في الحسبان عندما يكون من الضروري تحديد موقع محطة أرضية في وصلة التغذية تشتغل (في الاتجاه أرض – فضاء) داخل مسافة التنسيق:

- تكون المحطات الأرضية في وصلات التغذية مجهزة بصورة عامة بهوائيات فتحة حزمتها تقل عن 1° وتشتغل عند زوايا ارتفاع تفوق 5°، مما يخفض القدرة e.i.r.p. المشعة نحو محطة الملاحة الراديوية للطيران ومن ثم يخفض مسافة الفصل.
- عندما تكون حدود المسح الأفقي للنظام ALS لا تشمل السمت نحو المحطة الأرضية في وصلة التغذية، فإن الفضاء الجوي المصاحب لنظام مساعدة هبوط الطائرات لا يكون "مرئياً" من المحطة الأرضية لوصلة التغذية، بحيث يمكن في هذه الحالة التفكير في تخفيض مسافة الفصل بقيمة يمكن أن تبلغ 100 km.
- استعمال أكمة تراب مبنية خصيصاً حول هوائي (هوائيات) المحطة الأرضية لوصلة التغذية لتوفير عزل إضافي باتجاه محطة الملاحة الراديوية للطيران.
- يمكن انتقاء الموقع الجغرافي للمحطة الأرضية في وصلة التغذية بحيث يستفاد من الحجب الطبيعي للتضاريس الأرضية، مما يزيد الخسارة في مسير الانتشار.
- يمكن أخيراً استغلال ظواهر فك اقتران الهوائيات التي يمكن ملاحظتها عندما تكون الطائرة في الفضاء الجوي لنظام هبوط الطائرات وتكون تستعمل هذا النظام.

_____