التوصيـــة ITU-R SA.609-2 *

معايير الحماية لوصلات الاتصالات الراديوية بسواتل البحث** المسكونة أو غير المسكونة القريبة من الأرض***

(2006-1992-1986)

مجال التطبيق

تحدد هذه التوصية معايير الحماية اللازمة للتمكن بنجاح من ضبط وتسيير وتشغيل سواتل البحث المسكونة أو غير المسكونة القريبة من الأرض.

إن جمعية الاتصالات الراديوية في الاتحاد،

إذ ترى

أ) أن معايير الحد من تداخل وصلات الاتصالات الراديوية مع سواتل البحث القريبة من الأرض تستند إلى الاعتبارات التقنية الواردة في الملحق 1؛

ب) أن الخبرة المكتسبة تشير إلى إمكانية وضع عدد من سواتل البحث بالقرب من الأرض قد يبلغ مائة ساتل فعال أو أكثر في نفس الوقت؛

ج) أن عدد مهمات البحث في الفضاء القريب التي تتم عن طريق السواتل المسكونة أو غير المسكونة يتزايد باستمرار؛

د) أنه يجب تأمين الاتصالات الراديوية في اتجاهين للعديد من المهمات القريبة من الأرض وأن لهذه الاتصالات أهمية حيوية للمهمات التي تستعمل مركبات فضائية مسكونة؛

هـ) أن القيم النمطية لحرارة الضوضاء أثناء تشغيل المحطات الأرضية يمكن أن تنخفض إلى 70 K (ما يعادل -210 dB(W/Hz)) في مدى التردد من 1 إلى 30 GHz؛

و) أن القيم النمطية لحرارة الضوضاء أثناء تشغيل المحطات الفضائية تقترب من 600 K (ما يعادل -171 dB(W/KHz)) في مدى الترددات الأدنى من 30 GHz تقريباً؛

ز) أن هوامش الوصلات النمطية فضاء – أرض أو فضاء – فضاء ضيقة وتكون محصورة عادة بين 3 و6 dB؛

ح) أن زيادة ضوضاء النظام بحوالي 1 dB من الضوضاء الإجمالية للنظام بسبب التداخل تؤدي إلى آثار ضارة؛

ط) أن نسبة الضوضاء إلى التداخل البالغة حوالي 6 dB تؤدي إلى زيادة بحوالي 1 dB في الحرارة الكلية لأداء الأنظمة؛

ي) أن القيود التقنية يمكن أن تحد من زيادة قدرة المركبات الفضائية كوسيلة للحد من التداخل؛

---

* ينبغي إحاطة لجان الدراسة 1 و4 و6 و8 و9 علماً بهذه التوصية.

** الفضاء القريب من الأرض هو الفضاء المحيط بالأرض حتى مسافة 2×10^6 km.

*** يرد في التوصية ITU-R SA.1157 معايير الحماية للبحث في الفضاء (الفضاء البعيد).

ك) أن تقاسم الترددات بين السواتل القريبة من الأرض لخدمة البحث الفضائي ومحطات الخدمات الأخرى يمكن أن يؤدي إلى بعض المشاكل،

توصي

1 بأن تكون معايير الحماية للمحطات الأرضية لخدمة البحث الفضائي (انظر الملحق 1) كما يلي:

1.1 –216 dB(W/Hz) عند حدود دخل المستقبل لنطاقات مدى التردد 1 إلى 20 GHz و–156 dB(W/MHz) لنطاقات مدى التردد 20-30 GHz. وفي حالة الترددات الأدنى من 1 GHz يمكن زيادة المستوى المقبول بحوالي 20 dB لكل عشرة ترددات في اتجاه التناقص؛

2.1 أن يستند حساب التداخل الذي يمكن أن ينتج عن الأحوال الجوية والأمطار إلى إحصاءات الأحوال الجوية لمدة 0,001% من الوقت في حالة المهام التي تقوم بها مركبات فضائية مسكونة ومدة 0,1% من الوقت عندما تكون المركبات غير مسكونة[1]؛

2 أن يكون معيار الحماية للمحطات الفضائية للبحث القريبة من الأرض (انظر الملحق 1) بقيمة -177 dB(W/KHz) عند حدود دخل المستقبل لمدة 0,1% من الوقت للمركبات الفضائية المسكونة وغير المسكونة على السواء لنطاقات مدى الترددات من 100 MHz إلى 30 GHz؛

3 أن يصمم تقاسم الترددات إلى أقصى حد ممكن بين السواتل القريبة من الأرض لخدمة البحث الفضائي؛

4 أن تراعى المشاكل التي يحتمل أن تنجم عن تقاسم الترددات بين السواتل القريبة من الأرض لخدمة البحث الفضائي وبين بعض أنماط محطات الخدمات الأخرى؛

5 أن تراعى المشاكل التي قد تنجم عن تقاسم الترددات بين محطات المركبات الفضائية القريبة من الأرض والمركبات الفضائية في الفضاء البعيد في خدمة البحث الفضائي.

الملحـــق 1

معايير الحماية المتعلقة بأنظمة البحث الفضائي القريبة من الأرض

1 مقدمة

إن جزءاً كبيراً من طيف الترددات الملائمة لأنظمة البحث الفضائي موزع أيضاً لخدمة أو لعدة خدمات أخرى، لذلك ينبغي تصور إمكانية تقاسم الترددات بين هذه الخدمات. ويتناول هذا الملحق العوامل التي تؤثر على حساسية أنظمة خدمة البحث الفضائي للتداخل ويضع معايير الحماية المناسبة لهذه الخدمة في نطاقات الترددات حتى نحو 30 GHz. وسوف تستعمل هذه المعايير في تحليل التداخل في حالة عدم وجود معطيات خاصة بهذه الأنظمة.

2 اعتبارات عامة

يحتاج الأمر إلى الاتصالات الراديوية في البحث الفضائي لأداء أربع وظائف إرسال مختلفة: التحكم عن بعد والقياس عن بعد للصيانة وتخزين المعطيات العلمية وإرسال المعطيات العلمية بالوقت الفعلي.

---

[1] في حالة الإرسالات النبضية ينبغي ألا تؤخذ في الحسبان دورة واجب المرسِل لدى حساب النسبة المئوية من الزمن التي يجري فيها تجاوز سوية التداخل.

وفيما يتعلق بالتحكم عن بعد هناك مبدأ أساسي لتصميم معظم مركبات البحث الفضائي يقضي بألا يؤدي أي أمر خاطئ في التحكم إلى فشل أي مهمة فشلاً تاماً وبأن يؤدي أي أمر تحكم إلى التوصل إلى حالة مستقرة. وبما أنه من المهم بل من المحتم الاعتماد على نظام التحكم في المركبة في المراحل الحساسة للمهمة، أثناء مراحل إطلاق المركبة وتثبيتها على المدار أو في حالات الطوارئ مثلاً، فإن أي تداخل أثناء أي من هذه المراحل الحساسة يمكن أن يعرّض المهمة لخطر الفشل.

ويمكن تخزين معطيات القياس عن بعد للصيانة أو استخراج عينات منها وإرسالها بالوقت الفعلي. ويمكن لنظام إرسال هذه المعطيات أن يتعرض لبعض التوقف أو التداخل دون أن يضر ذلك بالمهمة فيما عدا الفترات الحرجة مثل عمليات إطلاق وتثبيت المركبة في المدار وفي حالات الطوارئ أو عند إرسال معطيات طبية حيوية خاصة بالطاقم. ففي الساعات الحرجة طبعاً لا بد من أن يكون بالإمكان التعديل على دقة المعطيات. ومن الواضح أن استعمال هذه المعطيات لأغراض التشخيص يتطلب فترات طويلة (قد تستغرق عدة ساعات) أثناء المراحل الحرجة من المهمة حيث يجب حماية نظام القياس عن بعد للصيانة من التداخلات الضارة. أي أثناء فترات أخرى من المهمة فيمكن أن تستوعب هذه الوظيفة مدة توقف محدودة دون أن يترتب على ذلك عواقب خطيرة.

كما أنه يمكن قراءة المعطيات العلمية المخزنة عدة مرات للتعرف على ما إذا كانت تحتوي على أخطاء. وتعتبر هذه الفئة من المعطيات أكثر الفئات تحملاً للتداخل لفترات محدودة.

إن المعطيات غير المخزنة التي يفترض أن تستعمل بالوقت الفعلي هي أكثر المعطيات حساسية للتداخل بما أنها لا ترسل إلا مرة واحدة ولا يمكن تكرارها. وقد تمثل هذه المعطيات نصيباً لا بأس به من قيمة أي مركبة فضائية ولذلك لا بد من ضمان حماية هذه المعطيات حماية جيدة من الانقطاع أو التدهور. وبصفة عامة، تكون لحظة إرسال المعطيات الهامة غير المخزنة معروفة قبل إرسالها بعدة ساعات.

وهناك أنظمة مختلفة للبحث الفضائي تستعمل تقنيات التشكيل PCM-PSK-PM ودارات عروية محكمة الطور من أجل إزالة التشكيل من الموجات الحاملة والموجات الفرعية بالنظام. ويكون الإرسال عادة بمعدل بتة عال بتشكيل 2-PSK أو 4-PSK. كما تستعمل الدارات العروية محكمة الطور أثناء عمليات البحث والحيازة والتتبع. وهي تستعمل في كل من المستقبلات الأرضية والمستقبلات المحمولة على متن المركبات.

3 معايير الحماية

يمكن تحديد القيمة المقبولة لنسبة التداخل إلى الضوضاء بالنظام عند وصلة اتصالات راديوية على أساس جزء من الهامش الاسمي المخصص للتداخل الخارجي أثناء التصميم. وبالنسبة للوصلات فضاء – فضاء وفضاء – أرض يكون الحافز هو تخفيض هذا الهامش إلى الحد الأدنى للتوفير في الوزن والطاقة بغية الامتثال إلى حدود الإرسال ومراعاة للاعتبارات الاقتصادية. وعند التصميم تكون الهوامش النمطية لتعويض آثار الظروف غير المواتية بين 3 و6 dB في حالة المركبات الفضائية المشغلة بترددات أدنى من نحو 10 GHz. وبالنسبة للترددات الأعلى من ذلك، فقد يلزم تخصيص هوامش أكبر لتعويض آثار الأحوال الجوية.

وبما أن قيم هوامش التوصيل ضئيلة فإن التداخل يمكن أن يكون ضاراً بالأنظمة النمطية للبحث الفضائي إذا تم تخفيض العتبة لخصائص أداء الوصلة بما يزيد عن 1 dB. ويقابل ذلك القيمة المطلوبة لنسبة الكثافة الطيفية لضوضاء النظام إلى الكثافة الطيفية للتداخل (*N/I*) المحددة بنحو 6 dB.

1.3 عرض النطاق المرجعي

يتوقف عرض النطاق المرجعي حيث يجب تحديد مستوى الحماية على أقل عرض نطاق يمكن استخدامه. وفي حالة مستقبلات المحطات الأرضية يمكن للدارات العروية محكمة الطور أن تستعمل عرض نطاق قدره بضعة هرتزات لنطاقات التردد دون 20 GHz. أما بالنسبة لنطاقات التردد فوق 20 GHz فإن إرسال البيانات بمعدل عال على أساس تشكيل 4-PSK

يرتأى في عرض نطاقات في حدود 1 MHz. ويكون عرض نطاق المحطة الفضائية عادة أكبر من ذلك (1 KHz أو أكثر) بسبب ضرورة إجراء الحيازة سريعاً وتلقائياً للإشارات القادمة من الأرض.

وفيما يلي قيم عرض النطاق المرجعي التي يوصى بها:

- مستقبلات المحطات الأرضية: 1 Hz لنطاقات التردد دون 20 GHz

1 MHz لنطاقات التردد فوق 20 GHz

- مستقبلات المحطات الفضائية: 1 kHz.

2.3 النسبة المئوية المرجعية من الوقت

فيما يتعلق بالتداخل الذي تتعرض له المحطات الأرضية للبحث الفضائي، يلاحظ أن التداخل يمكن أن يحدث بين وقت وآخر من مصادر اصطناعية بسبب الانتشار عبر الأفق والأحوال الجوية المتغيرة وتغير الكسب على الوصلة بين المحطة مصدر التداخل والمحطة المستقبلة على أثر تحرك الهوائيات إلخ. لذلك ينبغي أن يكون معيار التداخل صارماً بحيث يخفض إلى الحد الأدنى هذا النوع من التداخل.

وعلاوة على ذلك، وبما أن معطيات الانتشار تعرض عادة في صيغة نسبة مئوية من الوقت الذي يتم فيه تجاوز بعض الشروط، فإنه يجب إقامة العلاقة بين مدة الانقطاع ومعطيات الانتشار. وفي حالة المهمات الفضائية التي تستعمل مركبات مسكونة، فإن فقدان الاتصال الراديوي لمدة تتجاوز 5 دقائق في الفترات الحرجة يمكن أن يضر بحسن أداء المهمة. غير أن ظروف الانتشار تؤدي إلى استمرار أي فقدان للإرسال بين محطتين لمدد أطول كثيراً من 5 دقائق. لذلك، وحرصاً على توفير الحماية التي تمنع استمرار التداخل لمدة تزيد عن 5 دقائق، لا يكفي أن تؤخذ في الاعتبار أسوأ ساعات السنة فحسب بل كذلك أسوأ 5 دقائق في تلك الساعة. ويكون ذلك نحو 0,001% من الوقت. وفي حالة المهمات في مركبات غير مسكونة وعندما لا يوجد خطر على الحياة البشرية تكون النسبة المئوية المرجعية من الوقت 0,1%.

3.3 مستويات الحماية المطلوبة

1.3.3 مستقبلات المحطات الأرضية

بين 1 و30 GHz تبلغ عادة حرارة الضوضاء الكلية في المحطات الأرضية للاستقبال حوالي 70 K أو أكثر حسب مساهمة الهوائي. وتتوقف هذه المساهمة على التردد وعلى زاوية الارتفاع والأحوال الجوية وإشعاع الأرض والإشعاع الحراري في الفصوص الجانبية والفصوص الخلفية للهوائي. وتحت 1 GHz تزيد الضوضاء الكونية من حرارة ضوضاء أداء النظام بحوالي 20 dB لكل عشرية ترددات في الاتجاه التنازلي. وعليه، استناداً إلى نسبة الضوضاء إلى التداخل المحددة في الفقرة 3 بمقدار 6 dB وكذلك على حرارة ضوضاء تبلغ 70 K عند الاستقبال، يكون المعيار التالي أنسب معيار لحماية المحطات الأرضية.

يمكن أن يحدث تداخل ضار في مدى الترددات 1-20 GHz عندما تتجاوز المدة الكلية التي تكون فيها كثافة قدرة التداخل بالضوضاء أو القدرة الإجمالية للتداخل من نمط الموجة المستمرة في نطاق كامل مفرد أو في جميع النطاقات بعرض 1 Hz أعلى من −216 dB(W/Hz) عند مطاريف دخل المستقبلات مقدار 0,001% من الوقت بالنسبة لمهمات المركبات المسكونة و0,1% من الوقت بالنسبة لجميع المهمات الأخرى للبحث الفضائي القريبة من الأرض وفي مدى الترددات 20-30 GHz يتعين ترجمة المعيار آنف الذكر إلى عرض نطاق مرجعي بمقدار 1 MHz مما يفضي إلى −156 dB(W/MHz). وفي حالة الترددات دون 1 GHz يمكن تجاوز مستوى التداخل المقبول بحوالي 20 dB لكل عشرية ترددات في الاتجاه التنازلي. وينطبق هذا المعيار على وظائف الاتصالات الراديوية الثلاث على الوصلة الهابطة حسب ما جاء في الفقرة 2.

2.3.3 مستقبلات المحطات الفضائية

تبلغ عادة حرارة الضوضاء الكلية للمستقبلات النمطية للمحطات الفضائية 600 K أو أكثر. وتحدد هذه المستويات، إلى حد ما، بضرورة أن يكون تسديد هوائي المركبة في اتجاه الأرض (290 K). وبنفس الطريقة إذا استندنا إلى النسبة المطلوبة بين الضوضاء والتداخل المحددة بقدار 6 dB، فإن أفضل معيار لحماية المحطات الفضائية هو المعيار التالي.

في مدى الترددات من 100 MHz إلى 30 GHz يمكن للتداخل الضار أن يحدث إذا كانت كثافة قدرة التداخل الشبيه بالضوضاء أو القدرة الكلية للتداخل من نمط موجة مستمرة في أي نطاق مفرد أو في جميع النطاقات بعرض 1 kHz تتجاوز −177 dB(W/KHz) عند مطاريف دخل المستقبل.

وبالنظر إلى تحرك المركبات الفضائية في المدار المنخفض حيث يمكن ملاحظة هذا المستوى من التداخل فإن مدة التعرض للتداخل مقصورة على 0,1% من الوقت في حالة المركبات المسكونة وغير المسكونة، على السواء.

_____