**السلسلة M**

**الخدمة المتنقلة وخدمة التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة**

**معايير حماية مطاريف المستعمل المحلي   
في النظام الساتلي Cospas-Sarsat  
في النطاق MHz 1 545-1 544**

**التوصيـة ITU-R  M.1731-2  
(2012/01)**

**تمهيـد**

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** | **العنـوان** |
| **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 التحديد الراديوي للموقع 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، 2012

© ITU 2012

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).

التوصيـة [[1]](#footnote-1)\*ITU‑R  M.1731-2

معايير حماية مطاريف المستعمل المحلي في النظام الساتلي Cospas-Sarsat  
في النطاق MHz 1 545‑1 544

(2012-2011-2010‑2005)

مجال التطبيق

تضع هذه التوصية معايير حماية مطاريف المستعمل المحلي في النظام الساتلي Cospas-Sarsat التي تستقبل في النطاق MHz 1 545‑1 544 وصلات هابطة من سواتل تعمل في مدارات مستقرة بالنسبة الأرض ومدارات أرضية منخفضة ومتوسطة. ويتولى برنامج Cospas-Sarsat استقبال ومعالجة الإشارات التي ترسلها المنارات الراديوية لتحديد الموقع في حالات الطوارئ (EPIRB)ومنارات الاستغاثة الأخرى التي تعمل بتردد MHz 406. وفي بعض الحالات تُرسل الإشارات إلى المحطات الأرضية عبر الوصلة الهابطة التي تعمل في النطاق MHz 1 545‑1 544.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ ) أن التوصية ITU‑R SM.1535 تدعو إلى حماية خدمات السلامة من الإرسالات غير المرغوب فيها؛

ب) أن النظام العالمي الساتلي للبحث والإنقاذ (Cospas-Sarsat) يعمل داخل النطاق MHz 1 545‑1 544 الذي يقتصر بموجب الرقم 356.5 من لوائح الراديو (RR) على اتصالات الاستغاثة والسلامة، اتصالات راديوية من الفضاء إلى الأرض؛

ج) أن التداخل الضار الذي تتعرض له خدمات السلامة قد يؤدي إلى خسائر في الأرواح والممتلكات؛

د ) أن مطاريف المستعمل المحلي المرتبطة بسواتل تعمل في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض (GEOLUT) في النظام Cospas-Sarsat تستقبل في النطاق MHz 1 545‑1 544 إشارات المنارات الراديوية لتحديد الموقع في حالات الطوارئ (EPIRB) المرّحلة من سواتل تعمل في مدارات مستقرة بالنسبة إلى الأرض (GOES وإلكترو) وسواتل Meteo-Sat من الجيل الثاني (MSG)؛

ﻫ ) أن مطاريف المستعمل المحلي المرتبطة بسواتل تعمل في مدارات أرضية منخفضة (LEOLUT) في النظام Cospas-Sarsat تستقبل في النطاق MHz 1 545‑1 544 إشارات المنارات الراديوية لتحديد الموقع في حالات الطوارئ (EPIRB) المرحّلة من مكرّرات البحث والإنقاذ (SARR) في سواتل Cospas وSarsat؛

و ) أن مطاريف المستعمل المحلي المرتبطة بسواتل تعمل في مدارات أرضية منخفضة (LEOLUT) في النظام Cospas-Sarsat تستقبل في النطاق MHz 1 545‑1 544 تدفق معطيات معالجة عالمياً وآتية من المنارات الراديوية لتحديد الموقع في حالات الطوارئ (EPIRB) وهي معالجة في وحدات البحث والإنقاذ (SARP) في سواتل Cospas وSarsat.

ز ) أن مطاريف المستعمل المحلي المرتبطة بسواتل تعمل في مدارات أرضية متوسطة (MEOLUT) في النظام Cospas-Sarsat تستقبل في النطاق MHz 1 545‑1 544 إشارات المنارات الراديوية لتحديد الموقع في حالات الطوارئ (EPIRB) المرحّلة من أنظمة الملاحة الساتلية العاملة في مدارات أرضية متوسطة (GALILEO وGLONSS)؛

ح) أن الملحق 6 يتضمن موازنات الوصلة Cospas-Sarsat فيما يتعلق بالتشغيل على مدارات أرضية منخفضة (LEO) ومتوسطة (MEO) وعلى مدار سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض (GEO) على أساس قيم قريبة من قيم أسوأ حالة مشار إليها في الملحق في العمود "حالة مستوى منخفض"،

توصي

**1** بأن يكون تحليل التداخل الذي تتعرض له مطاريف GEOLUT في النظام Cospas-Sarsat التي تستخدم السواتل GOES على أساس الملحق 1؛

**2** بأن يكون تحليل التداخل الذي تتعرض له مطاريف LEOLUT في النظام Cospas-Sarsat التي تستقبل تدفق معطيات معالجة عالمياً آتية من مناراتEPIRB ، على أساس الملحق 2؛

**3** بأن يكون تحليل التداخل الذي تتعرض له مطاريف LEOLUT في النظام Cospas-Sarsat التي تستقبل إشارات EPIRB بتردد MHz 406 المرحلة من سواتل تعمل في مدارات أرضية منخفضة في النظام Cospas-Sarsat على أساس الملحق 3؛

**4** بأن يكون تحليل التداخل الذي تتعرض له مطاريف GEOLUT في النظام Cospas-Sarsat التي تستخدم السواتل MSG، على أساس الملحق 4؛

**5** بأن يكون تحليل التداخل الذي تتعرض له مطاريف MEOLUT في النظام Cospas-Sarsat التي تستخدم السواتل GALILEO، على أساس الملحق 5؛

**6** بأن يكون تحليل التداخل على مطاريف GEOLUT في النظام Cospas-Sarsat التي تعمل مع سواتل إلكترو على أساس الملحق 6؛

**7** أن يكون تحليل التداخل على مطاريف MEOLUT في النظام Cospas-Sarsat التي تعمل مع سواتل GLONASS على أساس الملحق 7.

الملحق 1

معايير حماية مطاريف GEOLUT في النظام Cospas-Sarsat، التي تستقبل إشارات  
المنارات الراديوية لتحديد الموقع في حالات الطوارئ EPIRB المرحلة بواسطة   
السواتل GOES في النطاق MHz 1 545-1 544

# 1.1 مقدمة

تكون سواتل GOES مزوّدة بمكرّرات البحث والإنقاذ في نظام Cospas-Sarsat، وتستقبل هذه المكررات إشارات صادرة عن المنارات EPIRB بتردد MHz 406 وتُرحلها إلى مطاريف GEOLUT في النظام Cospas-Sarsat على ترددات الوصلة الهابطة في النطاق MHz 1 545‑1 544. وعملاً بأحكام لوائح الراديو (RR)، فإن النطاق MHz 1 545‑1 544 مخصص إلى الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS)، من الفضاء إلى الأرض، وهو يقتصر بموجب الرقم 356.5 من لوائح الراديو (RR) على اتصالات الاستغاثة والسلامة. ويحدد التحليل في هذا الملحق معايير الحماية من التداخل بشأن مطاريف GEOLUT التي تستقبل إشارات على الوصلة الهابطة لسواتل GOES في النطاق MHz 1 545‑1 544.

# 2.1 الحد الأدنى المقبول من الأداء للكشف عن إشارات المنارات EPIRB المرحَّلة بواسطة سواتل GOES

تشترط دقة الكشف المضمون عن منارات الاستغاثة بتردد MHz 406 باستعمال مكررات سواتل GOES بتردد MHz 406، ألا يتجاوز معدل الخطأ في البتات (BER) في القناة مقدار5  5−10 ×.

# 3.1 تحليل كثافة تدفق القدرة الطيفية (spfd) للتداخل

معدل الخطأ في البتات (BER) لقناة اتصالات هو نسبة الطاقة في كل بتة معطيات، *Eb*، إلى كثافة الضوضاء. وتتكون كثافة الضوضاء الكلية من الضوضاء التي تسببها تجهيزات Cospas-Sarsat، *N*0، والضوضاء الناجمة عن التداخل الذي تسببه أنظمة أخرى، *I*0. ويوضح الشكل 1 قناة SARR بتردد406 MHz لسواتل GOES في حالة تداخل في الوصلة الهابطة.

الشـكل 1

قناة مكررات البحث والإنقاذ SARR في سواتل GOES في حالة تداخل في الوصلة الهابطة



كثافة تدفق القدرة  
الطيفية (spfd) للتداخل

منارات الاستغاثة

LNA: مضخّم الضوضاء المنخفضة

إشارة الوصلة  
الهابطة

الكسب = dB 33,3

مزيل التشكيل/  
وحدة المعالجة

ويكون معدل الخطأ في البتات (BER) بمقدار 5 × 5−10، عندما تكون نسبة الطاقة في كل بتة بالنسبة إلى الضوضاء، زائداً كثافة التداخل (*Eb*/(*N*0 + *I*0)) عند مزيل تشكيل مطراف GEOLUT، مساوية أو أعلى من dB 8,8. ويحدد هذا التحليل الكمية القصوى من التداخل من قبيل ضوضاء النطاق العريض مقدرة في شكل كثافة تدفق القدرة الطيفية spfd نسبة إلى دخل هوائي مطراف GEOLUT التي يمكن تحملها دون انحطاط الوصلة الإجمالية *Eb*/(*N*0 + *I*0) إلى ما دون 8,8 dB.

وكما يبدو في الشكل 1، فإن مكررات البحث والإنقاذ SAAR في سواتل GOES تستقبل إشارات منارات الاستغاثة بتردد 406 MHz وتشكلها في أطوار على الموجة الحاملة للوصلة الهابطة بتردد MHz 1 544,5 لكي تتمكن مطاريف GEOLUT من الكشف عنها ومعالجتها. ويكون كسب الهوائي وحرارة ضوضاء النظام في مطاريف GEOLUT المرتبطة بسواتل GOES بمقدار dB 33,3 و165,96 K على التوالي.

وتبلغ زاوية ارتفاع إشارة المنارات الراديوية EPIRB بالنسبة إلى المركبة الفضائية مقدار °5. وفي حال عدم وجود مصادر خارجية للتداخل، تكون النسبة الإجمالية *C*/*N*0 بمقدار dB-Hz 31,1، أي أن *Eb*/*N*0 تساوي dB 5,1. وعندما تؤخذ في الحسبان خسائر التنفيذ وإزالة تشكيل معطيات المنارة وكذلك مقدار كسب المعالجة عند مطراف GEOLUT تكون النسبة الفعلية *Eb*/*N*0 بمقدار dB 10,1. وبما أن القناة تستوجب أن تكون النسبة الإجمالية *Eb*/(*N*0 + *I*0) بمقدار dB 8,8 على الأقل، لضمان الحد الأدنى من شروط الأداء فمن الضروري ألاّ يؤدي مجموع التداخل عريض النطاق في الوصلة الهابطة إلى تخفيض مجموع نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء ونسبة كثافة التداخل بأكثر من dB 1,3.

وبما أن النسبة الإجمالية *C*/*N*0 في غياب أي تداخل تساوي dB-Hz 31,1، فإن التداخل من قبيل ضوضاء النطاق العريض الذي يتسبب في انحطاط الوصلة الهابطة بمقدار dB 1,3 يؤدي إلى مجموع نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء ونسبة كثافة التداخل (*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* كما يلي:

(*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* = (*C*/*N*0)*overall* – 1,3 dB

= 31,1 dB‑Hz – 1,3 dB

= 29,8 dB‑Hz

تحسب النسبة (*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* بإضافة نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء إلى نسبة كثافة التداخل للوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة كما يلي:

(*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* = ((*C*/(*N*0 + *I*0))−1↑ + (*C*/(*N*0 + *I*0))−1↓)−1

وبماأن هذا التحليل لا يتناول سوى تداخل الوصلة الهابطة، تصبح المعادلة كما يلي:

(*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* = ((*C*/*N*0)−1↑ + (*C*/(*N*0 + *I*0))−1↓)−1

فإذا كانت (*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* تساوي 29,8  dB-Hz وكانت (*C*/*N*0)↑ تساوي dB‑Hz 31,3 عندئذ تبلغ نسبة (*C*/(*N*0 + *I*0))↓ مقدارdB‑Hz 35,1 *(انظر أدناه):*

*C*/(*N*0 + *I*0)↓ = ((*C*/(*N*0 + *I*0))*overall*−1 – (*C*/*N*0)↑−1)−1

أو

*C*/(*N*0 + *I*0)↓ = 10 log ((10–29,8/10 – 10–31,3/10)–1)

وبالتالي

*C*/(*N*0 + *I*0)↓ = 35,1 dB‑Hz

وتكون الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء في الوصلة الهابطة دون تداخل عند دخل مضخم الضوضاء المنخفضة (LNA) هي *k T* = *N*0*،* حيث *k* هي ثابت بولتزمان. وبالتالي،dB(W/Hz) 206,4– = 22,2 + 228,6– = *N*0 .

وبما أن (*C*/*N*0)↓ تساوي 43,8 dB و(*N*0)↓ *تساوي* dB(W/Hz) 206,4–، فإن C↓ تساوي 162,6− dBW.

ويكون الحد الأقصى من الكثافة الطيفية لقدرة التداخل المسموح به في الوصلة الهابطة من مجموع المرسلات المسببة للتداخل، *I*0(max)، مقيسة عند دخل المضخم (LNA) لمستقبل المطراف GEOLUT في النطاق 1 544,5 kHz 100 ± MHz:

*I*0, *max* = 10 log (10(*C*↓– (*C*/(*N*0 + *I*0)↓))/10 – 10(*N*0)↓/10)

*أو*

*I*0, *max* = 10 log (10(–162,6 – 35,1)/10 – 10–206,4/10)

*وبالتالي*

*I*0, *max* = –198,3 dB(W/Hz)

ويُستحسن وصف معايير الحماية في شكل عتبة تداخل كثافة تدفق القدرة الطيفية spfd المعبر عنها في شكل dB(W/(m2 ∙ Hz)) عند دخل هوائي المطراف GEOLUT*. وتكون الفتحة الفعلية لهوائي،* *Ae*، له كسب *G* كما يلي: *Ae* = *G*2/4. ويكون لهوائي المطراف GEOLUT *كسب* *قدره* dB 33,3، *بحيث تبلغ الفتحة الفعلية مقدار* 6,42  2m. ويكون الحد الأقصى لمجموع التداخل المسموح به المقدر في شكل spfd:

*spfd* = *I*0, *max* – *LLine* – *Ae*

*لنفترض أن LLine* = 0.

*spfd* = –198.3– 0 – 10 log (6.42)

= –206.4 dB(W/(m2 ∙ Hz))

لذلك يجب ألا يتجاوز الحد الأقصى للتداخل من قبيل ضوضاء النطاق العريض في قناة المطراف GEOLUT في نطاق 1 544,5 kHz 100 ± MHz مقدار 206,4–  dB(W/(m2 ∙ Hz)).

# 4.1 طريقة حساب سوية التداخل في الوصلة الهابطة لقناة مكررات البحث والإنقاذ SARR بتردد406 MHz في سواتل GOES

يتأتى التداخل الذي يتعرض إليه النظام Cospas-Sarsat في غالب الأحيان من الإرسالات خارج النطاق التي ترسلها الخدمات في النطاقات المجاورة أو شبه المجاورة مثل توزيعات الخدمة المتنقلة الساتلية MSS من الفضاء إلى الأرض.

وينبغي النظر في عرض نطاق الإرسال لمعرفة ما إذا كانت الطاقة ترسل في مدى الترددات 1 544,5 kHz 100 ± MHz مع إيلاء عناية خاصة، عند تحليل تأثير الأنظمة المتنقلة (مثل السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض والمرسلات المحمولة جواً)، لمراعاة آثار زحزحة دوبلر التي تنشأ بفعل دورانها.

وتُحسب سوية التداخل الناجم عن جميع المصادر المرسلة للطاقة في النطاق معبراً عنها في شكل سوية الكثافة spfd عند هوائي المطراف GEOLUT. وينبغي ألا يتجاوز مجموع السويات لكل المصادر المسببة للتداخل مقدار 206,4−  dB(W/(m2∙Hz)) في أي مكان من هذا المدى.

وهذا المقدار محسوب على أساس كسب محور هوائي مطراف GEOLUT قدره dBi 33,3. وتبعاً للأنظمة ينبغي، عند تحديد تأثير التداخل، مراعاة اعتبارات تمييز الهوائي والاستقطاب وغير ذلك من الاعتبارات الهندسية.

الملحق 2

معايير حماية مطاريف LEOLUT، التي تستقبل معطيات معالجة بمعدل kbit/s 2,4   
في وحدات البحث والإنقاذ SARP من السواتل Cospas وSarsat،  
من التداخل في النطاق MHz 1 545‑1 544

# 1 مقدمة

تقع قناة وحدات معالجة البحث والإنقاذ (SARP) بمعدل kbit/s 2,4 في نظام Cospas-Sarsat في نطاق kHz 5 ± 1 544,5 على الوصلات الهابطة للحمولة النافعة لنظام البحث والإنقاذ في مدارات أرضية منخفضة (LEOSAR). وبسبب انتشار الترددات التي تسببها عملية التشكيل وزحزحة دوبلر الناجمة عن حركة الساتل تستقبل قناة (SARP) بمعدل kbit/s 2,4 عند مطاريف LEOLUT على مدى الترددات 1 544,5 kHz 50 ± MHz.

يحدد الجدول 1 ميزانيات القدرة الموصى بها في الوصلات الهابطة للقنوات SARP في السواتل Cospas وSarsat والتي أعدت لمساعدة الإدارات في تصميم مطاريف LEOLUT كي تستعمل في النظام Cospas-Sarsat. وتبين ميزانية الوصلات أن القناة SARP في نظام Cospas لها وصلة اتصال أقوى من وصلة القناة SARP في نظامSarsat ، وبالتالي فإن معايير الحماية الملائمة للقناة SARP في نظام Sarsat ستتيح أيضاً حماية ملائمة للقناة SARP في نظام Cospas.

# 2 الحد الأدنى المقبول من الأداء بالنسبة إلى تدفق معطيات معالجة PDS بمعدل 2,4 kbit/s في قناة معالجة وحدات البحث والإنقاذ SARP

تشترط دقة الكشف المضمون عن منارات الاستغاثة بتردد 406 MHz وتحديد موقعها ألا يتجاوز معدل الخطأ في البتات (BER) في الوصلة الهابطة لقناة SARP مقدار 1  × 6–10 (انظر الجدول 1).

# 3 تحليل كثافة تدفق القدرة الطيفية spfd المسببة للتداخل

معدل الخطأ في البتات (BER) لقناة اتصالات هو نسبة الطاقة في كل بتة معطيات، *Eb*، إلى كثافة الضوضاء. وتتكون كثافة الضوضاء الكلية من الضوضاء التي تسببها تجهيزات Cospas-Sarsat، *N*0، والضوضاء الناجمة عن التداخل الذي تسببه أنظمة أخرى، *I*0.

ومن شأن هذا التحليل أن يحدد سوية التداخل، المعبر عنها في شكل كثافة spfd عند هوائي مطراف LEOLUT، التي قد تؤدي إلى انحطاط معدل الخطأ في البتات للوصلة الهابطة للقناة SARP بمقدار بتة واحدة في كل مليون (1 × 6–10).

الجـدول 1

معلمات ميزانية القدرة في الوصلة الهابطة من أجل تدفق المعطيات المعالجة (PDS) في وحدات البحث  
والإنقاذ (SARP) في كل من سواتل Cospas وSarsat

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **المعلمة** | **Cospas اسمي** | **Sarat اسمي** | **المصدر** |
| تردد الموجة الحاملة (MHz) | 1 544,5 | |  |
| استقطاب (دائري مياسر) | LHCP | |  |
| زاوية الارتفاع (بالدرجات) | 5 | |  |
| ارتفاع الساتل (km) | 1 000 | 850 |  |
| القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) للساتل(1) (dBW) | 6,2 | 7,1 |  |
| المسافة المائلة عند °5 (km) | 3 200 | 2 900 | محسوبة هندسياً |
| خسارة مسير الفضاء الحر (*Lp*) (dB) | 166,3 | 165,5 | محسوبة بواسطة صيغة قياسية |
| خسارة الخبو قصير الأجل (*Lf*) (dB) | 10 | |  |
| خسائر أخرى (*Lo*) (dB) | (2)3,6 | | تبعاً لتصميم المطراف (LUT) وللموقع |
| هوائي (3)(*G/T*) (dB/K) | 4,3 | | dB 26,7 = *G*، dB(K) 22,4  = *T* |
| ثابت بولتزمان، *k* (dB(W/(K Hz))) | 228,6− | | ثابت مادي |
| عامل معدل المعطيات عند kbit/s 2,4، *r* (dB-Hz) | 33,8 | |  |
| خسارة التشكيل (dB) | 12,1− | 14,1− |  |
| أقصى معدل BER مرغوب فيه | 6−10 | |  |
| محسوب (*Eb*/*N0*) (dB) | 13,3 | 13,0 | باستعمال المعلمات الواردة أعلاه |
| رتبة (*Eb*/*N*0) النظرية فيما يتعلق بمعدل BER قدره 6−10 (dB) | 10,6 | | *Eb*/*N*0 من أجل معدل BER المطلوب |
| هامش وصلة PDS (dB) | 2,7 | 2,4 |  |
| LUT: مطراف المستعمل المحلي  (1) القدرة المشعة المكافئة المتناحية.  (2) خسائر ناجمة عن عدم مواءمة الاستقطاب وتوجه الهوائي وتشغيل مزيل التشكيل.  (3) نسبة كسب الهوائي إلى حرارة الضوضاء لكي تشمل خسائر قباب هوائي الرادار عند الاقتضاء وخسائر الكبل *G/T* مطاريف LUT في الولايات المتحدة الأمريكية = dB 4,3. | | | |

يبين الجدول 1 ميزانية القدرة الموصى بها في الوصلة الهابطة للقناة SARP. وقد وضعت ميزانية الوصلة على أساس معلمات LEOLUT نموذجية. وتبين ميزانية الوصلة أن المعدل BER 1  × 6−10 المطلوب يتحقق مع هامش قدره dB 2,4 لسواتل التعقب Sarsat. وينبغي أن تنطوي الوصلة على هامش موجب لكي تحافظ على المعدل BER المطلوب. ومن ثم لا ينبغي لمجموع أسباب التداخل أن يؤدي إلى انحطاط في الوصلة بأكثر من dB 2,4. وفي هذه الحالة يكون مجموع الكثافة الطيفية لقدرة التداخل، *I*0، عند مستقبل المطراف LEOLUT كما في المعادلة التالية (كميات رقمية):

*N*0 + *I*0 ≤ 10(2,4/10) × *N*0

أو

(رقمية) *I*0/*N*0 ≤ ((2,4/10)10 – 1) = 0,738

وعندئذ

*I*0/*N*0 = –1,3 dB

وعليه، ينبغي ألا يتجاوز التأثير المتراكم لكافة مسببات التداخل نسبة *I*0/*N*0 = dB 1,3–

أما بالنسبة إلى مطاريف LEOLUT التي لها كسب هوائي *G* قدره 26,7 dB وحرارة ضوضاء للنظام، *T*، قدرها dBK 22,4 عند مضخم الضوضاء المنخفضة (LNA) للمطراف LEOLUT، فتكون الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء دون التداخل، *N*0، حصيلة ثابت بولتزمان، *k*، وحرارة الضوضاء *T*، أو *k T* = *N*0، وتُعطى في شكل dB على نحو ما يلي:

*N*0 = –228,6 + 22,4 = –206,2 dB(W/Hz)

ولذلك ينبغي ألا يتجاوز الحد الأقصى للكثافة الطيفية لقدرة التداخل من مجموع المرسلات المُسببة للتداخل، *I*0(max) عند المضخم (LNA) للمطراف LEOLUT في النطاق 1 544,5 kHz 100 ± MHz ما يلي:

*I*0, *max* = *N*0 – 1,3 = –207,5 dB(W/Hz)

ويستحسن وصف معايير الحماية في شكل عتبة تداخل الكثافة spfd المعبر عنها في شكل dB(W/m2∙Hz) عند دخل هوائي المطراف LEOLUT. وتكون الفتحة الفعلية لهوائي *Ae* له كسب G كما يلي: *Ae* *G*λ2/4 =. ويكون لهوائي المطراف LEOLUT كسب قدره 26,7 dB بحيث تصبح2m 1,4 = *Ae* . وبالتالي، تكون السوية القصوى لجميع التداخلات في الوصلة الهابطة ما يلي:

spfd = *I*0/*Ae* = –207,5 – 10 log (1,4)

= –209,0 dB(W/(m2 ∙ Hz))

لذلك ينبغي ألا تتجاوز السوية القصوى للتداخل من قبيل ضوضاء النطاق العريض في نطاق القناة 1 544,5 kHz 50 ± MHz مقدار 209,0– dB(W/(m2 ∙ Hz)).

# 4 طريقة حساب سوية التداخل في قناة وحدات معالجة البحث والإنقاذ SARP لنظام البحث والإنقاذ في مدارات أرضية منخفضة LEOSAR

ينجم التداخل الذي يتعرض له النظام Cospas-Sarsat في غالب الأحيان عن الإرسالات خارج النطاق التي ترسلها الخدمات في النطاقات المجاورة أو شبه المجاورة مثل توزيعات الخدمة المتنقلة الساتلية MSS من الفضاء إلى الأرض.

ويجب النظر في عرض نطاق الإرسال لمعرفة ما إذا كانت الطاقة ترسل في مدى الترددات 1 544,5 kHz 50 ± MHz، مع إيلاء عناية خاصة، عند تحليل تأثير الأنظمة المتنقلة (مثل السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض والمرسلات المحمولة جواً(، لمراعاة آثار زحزحة دوبلر التي تنشأ بفعل دورانها.

تُحسب سوية الكثافة spfd عند هوائي المطراف LEOLUT. وينبغي ألا يتجاوز مجموع السويات لكافة مصادر التداخل مقدار209,0–  dB(W/(m2 ∙ Hz)) في أي مكان من المدى 1 544,5 kHz 50 ± MHz.

الملحق 3

معايير حماية مكررات البحث والإنقاذ (SARR) بتردد MHz 406  
في نظام Sarsat في النطاق 1 545-1 544  MHz من التداخل  
الناجم عن الإرسالات في النطاق العريض

# 1 مقدمة

تشغل القناة SARR بترددMHz 406 في نظام Sarsat حوالي kHz 100 من الطيف ابتداء من kHz 120 فوق الموجة الحاملة MHz 1544,5 وتحتها؛ إلا أنه نظراً لانسياق التردد المسموح به نتيجة تقادم مرسل الساتل، وزحزحة دوبلر بفعل حركة الساتل Sarsat، ونطاق الحراسة الأدنى، وانتشار الإشارة بسبب عملية التشكيل، فإن مطاريف LEOLUT تحتاج إلى kHz 220 من الطيف تبدأ عند kHz 80 فوق الموجة الحاملة MHz 1 544,5 وتحتها وذلك لمعالجة القناة SARR بتردد MHz 406.

يوضح الشكل 2 التردد الذي تشغله القناة SARR.

الشـكل 2

طيف إشارة الوصلة الهابطة 1 544,5 MHz في نظام Sarsat



# 2 الحد الأدنى المقبول من الأداء للكشف عن إشارات المنارات الراديوية لتحديد الموقع في حالات الطوارئ EPIRB المرحلة بواسطة قناة مكررات البحث والإنقاذ SARR بتردد MHz 406 في النظام SARSAT

تشترط دقة الكشف المضمون عن منارات الاستغاثة بتردد MHz 406 وتحديد موقعها باستخدام مكررات سواتل Sarsat بتردد MHz 406، ألا يتجاوز معدل الخطأ في البتات (BER) للقناة SARR بترددMHz 406 في النظام Sarsat مقدار 5 5−10 ×.

# 3 تحليل كثافة تدفق القدرة الطيفية spfd المسببة للتداخل

معدل الخطأ في البتات (BER) لقناة اتصالات هو نسبة الطاقة في كل بتة معطيات، *Eb*، إلى كثافة الضوضاء. وتتكوَّن كثافة الضوضاء الكلية من الضوضاء التي تسببها تجهيزات Cospas-Sarsat، *N*0، والضوضاء الناجمة عن التداخل من أنظمة أخرى، *I*0. ويوضح الشكل 3 قناة SARR بتردد406  MHz في حالة تداخل في الوصلة الهابطة.

الشـكل 3

**قناة مكررات البحث والإنقاذ SARR بتردد 406 MHz في نظام Sarsat في حالة تداخل في الوصلة الهابطة**



ويكون معدل الخطأ في البتات (BER) بمقدار 5 × 5−10، عندما تكون نسبة الطاقة في كل بتة بالنسبة إلى الضوضاء، زائد كثافة التداخل (*Eb*/(*N*0 + *I*0)) عند مزيل تشكيل مطراف LEOLUT مساوية أو أعلى من dB 8,8. ويحدد هذا التحليل الكمية القصوى من التداخل من قبيل ضوضاء النطاق العريض مقدرة في شكل كثافة spfd نسبة إلى دخل هوائي مطراف LEOLUT التي يمكن تحملها دون انحطاط الوصلة الإجمالية *Eb*/(*N*0 + *I*0) إلى ما دون dB 8,8.

تكون القناة SARR بتردد 406 MHz في الشكل 3 مشكّلة الطور على موجة حاملة للوصلة الهابطة 1 544,5 MHz لكي تتمكن مطاريف LEOLUT من الكشف عنها ومعالجتها. ويكون كسب الهوائي وحرارة ضوضاء النظام في المطراف LEOLUT بمقدار dB 26,7 وK 173,8 على التوالي.

تبلغ زاوية ارتفاع إشارة المنارات الراديوية EPIRB مقدار °5 بالنسبة إلى المركبة الفضائية. وفي حال عدم وجود مصادر خارجية للتداخل، تكون النسبة الإجمالية *C*/*N*0 بمقدار 38,8  dB‑Hz، أي أن *Eb*/*N*0 تساوي 12,8 dB. وعندما تؤخذ في الحسبان خسائر التنفيذ وإزالة تشكيل معطيات المنارة وكذلك مقدار كسب المعالجة تكون النسبة الفعلية *Eb*/*N*0 بمقدار dB 10,8. وبما أن القناة تستوجب أن تكون النسبة الإجمالية *Eb*/(*N*0 + *I*0) بمقدار 8,8 dB على الأقل لضمان الحد الأدنى من شروط الأداء فمن الضروري ألاّ يؤدي أي تداخل عريض النطاق في الوصلة الهابطة إلى تخفيض نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء ونسبة كثافة التداخل (*C*/(*N*0 + *I*0)*overall*) بأكثر من 2,0 dB.

وبما أن النسبة الإجمالية *C*/*N*0 في غياب أي تداخل تساوي dB-Hz 38,8، فإن التداخل من قبيل ضوضاء النطاق العريض الذي يتسبب في انحطاط الوصلة الهابطة بمقدار dB 2,0 يؤدي إلى النسبة (*C*/(*N*0 + *I*0))*overall*:

(*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* = (*C*/*N*0)*overall* – 2,0 dB

= 38,8 dB‑Hz – 2,0 dB

= 36,8 dB‑Hz

يمكن حساب النسبة (*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* بإضافة نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء إلى نسبة كثافة التداخل والوصلة الصاعدة للوصلة الهابطة كما يلي:

(*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* = ((*C*/(*N*0 + *I*0))–1↑+ (*C*/(*N*0 + *I*0))–1↓)–1

وبما أن هذا التحليل لا يتناول سوى التداخل في الوصلة الهابطة، تُصبح المعادلة كما يلي:

(*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* = ((*C*/*N*0)–1↑+ (*C*/(*N*0 + *I*0))–1↓)–1

فإذا كانت (*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* تساوي dB-Hz 36,8 وكانت (*C*/*N*0)↑ تساوي41,3 dB-Hz عندئذ تبلغ نسبة (*C*/(*N*0 + *I*0))↓ *مقدار* 38,7dB‑Hz *(انظر أدناه):*

*C*/(*N*0 + *I*0)↓ = ((*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* –1 – (*C*/*N*0)↑–1)–1

أو

*C*/(*N*0 + *I*0)↓ = 10 log ((10–36,8/10 – 10–41,3/10)–1)

وبالتالي

*C*/(*N*0 + *I*0)↓= 38,7 dB‑Hz

وتكون الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء في الوصلة الهابطة دون تداخل عند دخل مضخم الضوضاء المنخفضة (LNA) هي *k T = N*0*،* حيث *k* هي ثابت بولتزمان. وبالتالي، dB(W/Hz) 206,2− = 22,4 + 228,6− = *N*0.

وبما أن (*C*/*N*0)↓ تساوي dB 42,5 و(*N*0)↓ *تساوي* 206,2–  dB(W/Hz)، فإن *C*↓ تساوي 163,7−  dBW.

ويكون الحد الأقصى من الكثافة الطيفية لقدرة التداخل المسموح به في الوصلة الهابطة من مجموع المرسلات المسببة للتداخل، *I*0(max)، مقيسة عند دخل المضخم (LNA) لمستقبل المطراف LEOLUT في النطاق 1 545-1 544  MHz الذي يستعمل للوصلة الهابطة للقناة SARR بتردد 406 MHz:

*I*0, *max* = 10 log (10(*C*↓–(*C*/(*N*0 + *I*0)↓))/10 – 10(*N*0)↓/10)

أو

*I*0, *max* = 10 log (10(–163,7–38,7)/10 – 10–206,2/10)

وبالتالي

*I*0, *max* = –204,7 dB(W/Hz)

يستحسن وصف معايير الحماية في شكل عتبة تداخل الكثافة spfd المعبر عنها في شكل dB(W/m2 ∙ Hz) عند دخل هوائي المطراف LEOLUT. وتكون الفتحة الفعلية لهوائي، *Ae* ، له كسب G كما يلي: *G*2/4 = *Ae*. وبالنسبة إلى هوائيات مطاريف LEOLUT التي لها كسب قدره dB 26,7 تكون الفتحة الفعلية بمقدار 1,4 2m. ولذلك يكون الحد الأقصى لمجموع التداخل المسموح به المقدر في شكل spfd:

spfd = *I*0, *max* – *LLine* – *Ae*

لنفترض أن *LLine* = 0.

*spfd* = *–*204,7 – 0 – 10 log (1,4) = –206,2 dB(W/(m2 ∙ Hz))

لذلك ينبغي ألا تتجاوز السوية القصوى للتداخل من قبيل ضوضاء النطاق العريض في النطاقات التي تعالجها مطاريف LEOLUT بالنسبة إلى القناة SARR بتردد MHz 406 مقدار 206,2− dB(W/(m2 ∙ Hz)).

# 4 طريقة حساب سوية التداخل في النطاق MHz 1 545‑1 544 في مطاريف LEOLUT التي تستقبل القناة SARR بتردد MHz 406

ينبغي النظر في عرض نطاق الإرسال لمعرفة ما إذا كانت الطاقة ترسل في مدى الترددات التي تعالجها مطاريف LEOLUT بالنسبة إلى القناة SARR بتردد MHz 406 (أيMHz 1 544,80‑1 544,58  وMHz 1 544,42‑1 544,20) مع إيلاء عناية خاصة، عند تحليل تأثير الأنظمة المتنقلة (مثل السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض والمرسلات المحمولة جواً)، لمراعاة آثار زحزحة دوبلر التي تنشأ بفعل دورانها.

وتحسب سوية التداخل من جميع المصادر التي ترسل الطاقة في النطاق معبراً عنها في شكل سوية الكثافة spfd عند هوائي المطراف LEOLUT. وينبغي ألا يتجاوز مجموع السويات لكل مصادر التداخل مقدار 206,2−  dB(W/(m2 ∙ Hz)) في أي مكان من هذا المدى.

وقد حُدد هذا المقدار باستعمال هوائي مطراف LEOLUT ذي استقطاب دائري مُياسِر (LHCP) له كسب محوري قيمته26,7  dBi. وتبعاً للأنظمة ينبغي، عند تحديد تأثير التداخل، مراعاة اعتبارات تمييز الهوائي والاستقطاب وغير ذلك من الاعتبارات الهندسية.

الملحق 4

معايير حماية مطاريف GEOLUT في نظام Cospas-Sarsat التي تستقبل  
إشارات المنارات الراديوية EPIRB المرحلة بواسطة سواتل Meteo-Sat   
من الجيل التالي MSG من التداخل في النطاق MHz 1 545‑1 544

# 1 مقدمة

تكون سواتل MSG مزوّدة بمكرّرات البحث والإنقاذ في نظام Cospas-Sarsat، وتستقبل هذه المكرّرات إشارات صادرة عن المنارات EPIRB بتردد MHz 406 وترحلها إلى مطاريف GEOLUT في النظام Cospas-Sarsat على ترددات الوصلة الهابطة في النطاق MHz 1 545-1 544. وعملاً بأحكام لوائح الراديو (RR) فإن النطاق MHz 1 545-1 544 مخصص إلى الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS)، من الفضاء إلى الأرض، ويقتصر تحديداً بموجب الرقم 356.5 من لوائح الراديو (RR) على اتصالات الاستغاثة والسلامة. ويحدد التحليل في هذا الملحق معايير الحماية من التداخل بشأن المطاريف GEOLUT التي تستقبل إشارات في الوصلة الهابطة لسواتل MSG في النطاق MHz 1 545‑1 544.

# 2 الحد الأدنى المقبول من الأداء للكشف عن إشارات المنارات EPIRB المرحّلة بواسطة سواتل MSG

تشترط دقة الكشف المضمون عن منارات الاستغاثة بتردد MHz 406 باستعمال مكررات لسواتل MSG بتردد 406 MHz، ألا يتجاوز معدل الخطأ في البتات (BER) في القناة مقدار5  × 5−10.

# 3 تحليل كثافة تدفق القدرة الطيفية (spfd) للتداخل

معدل الخطأ في البتات (BER) لقناة اتصالات هو نسبة الطاقة في كل بتة معطيات، *Eb*، إلى كثافة الضوضاء. وتتكون كثافة الضوضاء الكلية من الضوضاء التي تسببها تجهيزات Cospas-Sarsat، *N*0، والضوضاء الناجمة عن التداخل الذي تسببه أنظمة أخرى، *I*0. ويوضح الشكل 4 قناة SARR بتردد MHz 406 لسواتل MSG في حالة تداخل في الوصلة الهابطة.

ويكون معدل الخطأ في البتات (BER) بمقدار 5  × 5−10، عندما تكون نسبة الطاقة في كل بتة بالنسبة إلى الضوضاء، زائد كثافة التداخل (*Eb*/(*N*0 + *I*0)) عند مزيل تشكيل مطراف GEOLUT، مساوية أو أعلى من dB 8,8. ويحدد هذا التحليل الكمية القصوى من التداخل من قبيل ضوضاء النطاق العريض مقدرة في شكل كثافة تدفق القدرة الطيفية spfd نسبة إلى دخل هوائي مطراف GEOLUT التي يمكن تحملها دون انحطاط الوصلة الإجمالية *Eb*/(*N*0 + *I*0) إلى ما دون dB 8,8.

وكما يبدو في الشكل 4، فإن مكررات البحث والإنقاذ SARR في سواتل MSG تستقبل إشارات منارات الاستغاثة بتردد MHz 406 وترحلها في وصلة هابطة بتردد 1 544,5 kHz 100 ± MHz لكي تتمكن مطاريف GEOLUT من الكشف عنها ومعالجتها. ويكون كسب الهوائي وحرارة ضوضاء النظام في مطاريف GEOLUT المرتبطة بسواتل MSG بمقدار dB 35,7 و105,0 K على التوالي.

الشـكل 4

قناة مكررات البحث والإنقاذ SARR في سواتل MSG في حالة تداخل في الوصلة الهابطة



تبلغ زاوية ارتفاع إشارة المنارات EPIRB مقدار °5 بالنسبة إلى المركبة الفضائية. وفي حال عدم وجود مصادر خارجية للتداخل، تكون النسبة الإجمالية *C*/*N*0 بمقدار 27,4  dB‑Hz، أي أن *Eb*/*N*0 تساوي dB 1,4. وعندما تؤخذ في الحسبان خسائر التنفيذ وإزالة تشكيل معطيات المنارة وكذلك مقدار كسب المعالجة عند مطراف GEOLUT تكون النسبة الفعلية *Eb*/*N*0 بمقدار 8,9 dB. وبما أن القناة تستوجب أن تكون النسبة الإجمالية *Eb*/(*N*0 + *I*0) بمقدار dB 8,8 على الأقل لضمان الحد الأدنى من شروط الأداء فمن الضروري ألاّ يؤدي مجموع التداخل عريض النطاق في الوصلة الهابطة إلى تخفيض مجموع نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء ونسبة كثافة التداخل بأكثر من dB 0,1.

وبما أن النسبة الإجمالية *C*/*N*0 في غياب أي تداخل تساوي dB-Hz 27,4، فإن التداخل من قبيل ضوضاء النطاق العريض الذي يتسبب في انحطاط الوصلة الهابطة بمقدار 0,1 dB يؤدي إلى مجموع نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء ونسبة كثافة التداخل (*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* كما يلي:

(*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* = (*C*/*N*0)*overall* – 0,1 dB

= 27,4 dB‑Hz – 0,1 dB

= 27,3 dB‑Hz

تحسب (*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* بإضافة نسبة الموجة الحاملة للضوضاء، إلى نسبة كثافة التداخل للوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة كما يلي:

(*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* = ((*C*/(*N*0 + *I*0))–1↑+ (*C*/(*N*0 + *I*0))–1↓)–1

وبما أن هذا التحليل لا يتناول سوى التداخل في الوصلة الهابطة، تُصبح المعادلة كما يلي:

(*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* = ((*C*/*N*0)–1↑ + (*C*/(*N*0 + *I*0))–1↓)–1

فإذا كانت (*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* تساوي 27,3  dB‑Hz وكانت (*C*/*N*0)↑ تساوي 27,3 dB‑Hz عندئذ تبلغ نسبة (*C*/(*N*0 + *I*0))↓ *مقدار* 35,0dB‑Hz *(انظر أدناه):*

*C*/(*N*0 + *I*0)↓= ((*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* –1 – (*C*/*N*0)↑–1)–1

أو

*C*/(*N*0 + *I*0)↓= 10 log ((10–27,3/10 – 10–28,1/10)–1)

وبالتالي

*C*/(*N*0 + *I*0)↓= 35,0 dB‑Hz

وتكون الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء في الوصلة الهابطة دون تداخل عند دخل مضخم الضوضاء المنخفضة (LNA) هي  
*k T = N*0، حيث *k* هي ثابت بولتزمان. وبالتالي،*N*0  dB(W/Hz)  208,4− = 20,2 + 228,6− =.

وبما أن(*C*/*N*0)↓ تساوي dB 33,5 و(*N*0)↓ تساوي208,4–  dB(W/Hz)، فإن *C*↓ تساوي 171,0−dBW.

ويكون الحد الأقصى من الكثافة الطيفية لقدرة التداخل المسموح به *في الوصلة الهابطة من مجموع المرسلات المسببة للتداخل، I*0, *max، مقيسة عند دخل المضخم* (LNA) *لمستقبل المطراف* GEOLUT *في النطاق* 1 544,5 kHz 100 ± MHz :

*I*0, *max* = 10 log (10(*C*↓– (*C*/(*N*0 + *I*0)↓))/10 – 10(*N*0)↓/10)

*أو*

*I*0, *max* = 10 log (10(–171,0 – 35,0)/10 – 10–208,4/10)

*وبالتالي*

*I*0, *max* = –209,7 dB(W/Hz)

يُستحسن وصف معايير الحماية في شكل عتبة تداخل الكثافة spfd المعبر عنها في شكلdB(W/(m2 ∙ Hz)) عند دخل هوائي المطراف GEOLUT*. وتكون الفتحة الفعلية لهوائي،* *Ae*، له كسب *G* كما يلي: *G*2/4 = *Ae*. ويكون لهوائي المطراف GEOLUT *كسب* *قدره* dB 35,7، *بحيث تبلغ الفتحة الفعلية* مقدار 2m 12,0 . ويكون الحد الأقصى لمجموع التداخل المسموح به المقدر في شكل spfd:

spfd = *I*0*max* – *LLine* – *Ae*

لنفترض أن *LLine* = 0:

spfd = –209,7– 0 – 10 log (12,0)

= –220,5 dB(W/(m2 ∙ Hz))

لذلك ينبغي ألا تتجاوز السوية القصوى للتداخل من قبيل ضوضاء النطاق العريض في قناة المطراف GEOLUT في نطاق 1 544,5 kHz 100 ± MHz مقدار220,5–  dB(W/(m2 ∙ Hz)).

# 4 طريقة حساب سوية التداخل في الوصلة الهابطة لقناة مكررات البحث والإنقاذ SARR بتردد 406 MHz في سواتل MSG

يتأتى التداخل الذي يتعرض إليه النظام Cospas-Sarsat في غالب الأحيان من الإرسالات خارج النطاق التي ترسلها الخدمات في النطاقات المجاورة أو شبه المجاورة مثل توزيعات الخدمة المتنقلة الساتلية MSS من الفضاء إلى الأرض.

وينبغي النظر في عرض نطاق الإرسال لمعرفة ما إذا كانت الطاقة ترسل في مدى الترددات kHz 100 ± MHz 1 544,5، مع إيلاء عناية خاصة، عند تحليل تأثير الأنظمة المتنقلة (مثل السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض وأجهزة الإرسال المحمولة جواً)، لمراعاة آثار زحزحة دوبلر التي تنشأ بفعل دورانها.

وتحسب سوية التداخل من جميع المصادر التي ترسل الطاقة في النطاق معبراً عنها في شكل سوية الكثافة spfd عند هوائي المطراف GEOLUT. وينبغي ألا يتجاوز مجموع السويات لكل المصادر المسببة للتداخل مقدار -220,5 dB(W/(m2 ∙ Hz)) في أي مكان من هذا المدى.

وهذا المقدار محسوب على أساس كسب محور هوائي مطراف GEOLUT قدره dBi 35,7. وتبعاً للأنظمة ينبغي، عند تحديد تأثير التداخل، مراعاة اعتبارات تمييز الهوائي والاستقطاب وغير ذلك من الاعتبارات الهندسية.

الملحق 5

معايير حماية مطاريف MEOLUT في النظام Cospas-Sarsat، التي تستقبل  
إشارات المنارات الراديوية للاستغاثة العاملة بتردد MHz 406  
المرحّلة بواسطة السواتل GALILEO

# 1 مقدمة

السواتل GALILEO مجهزة بمكرّرات البحث والإنقاذ Cospas-Sarsat. وتستقبل هذه المكررات إشارات من منارات الاستغاثة بتردد MHz 406 وترحّلها إلى المطاريف MEOLUT في النظام Cospas-Sarsat على ترددات الوصلة هابطة في النطاق MHz 1 545-1 544. ويضع التحليل المقدم في هذا الملحق معايير الحماية من التداخل فيما يتعلق بالمطاريف MEOLUT التي تستقبل إشارات على الوصلة الهابطة للسواتل GALILEO في النطاق MHz 1 545-1 544.

# 2 الحد الأدنى المقبول من الأداء لكشف إشارات منارات للاستغاثة العاملة بتردد MHz 406 المرحّلة بواسطة السواتل GALILEO

لكي يتم كشف منارات الاستغاثة بصورة موثوقة على التردد MHz 406 باستعمال مكررات ساتلية GALILEO على التردد MHz 406، ينبغي ألا يتجاوز معدل الخطأ في البتات للقناة 5 × 5-10.

# 3 تحليل كثافة تدفق القدرة الطيفية (spfd) للتداخل

يُشتق معدل الخطأ في البتات لقناة اتصال من نسبة الطاقة المتضمنة في كل بتة بيانات، *Eb* إلى كثافة الضوضاء. وتتكون كثافة الضوضاء الإجمالية من الضوضاء الحرارية، *N0*، والضوضاء التي يسببها التداخل الناتج عن أنظمة أخرى، *I*0. ويوضح الشكل 5 قناة الحمولة النافعة SAR بتردد MHz 406 للسواتل GALILEO مع وجود تداخل على الوصلة الهابطة.

للحصول على معدل خطأ في البتات بمقدار 5 × 5-10، ينبغي أن تكون نسبة الطاقة لكل بتة إلى الضوضاء زائداً كثافة التداخل (*Eb*/(*N*0 + *I*0)) عند مزيل التشكيل للمطراف MEOLUT مساوية أو أعلى من dB 8,8. ويحدد هذا التحليل أقصى قدر للتداخل الشبيه بضوضاء النطاق العريض مقدرة في شكل كثافة تدفق القدرة الطيفية بالنسبة إلى دخل هوائي المطراف MEOLUT التي يمكن تحملها دون انحطاط الوصلة الإجمالية *Eb*/(*N*0 + *I*0) إلى ما دون dB 8,8.

والنسبة الإجمالية *C*/(*N*0 + *I*0) المطلوبة عند 400 بتة/ثانية (dB/s 26) هي كالتالي:

Overall *C*/(*N*0 + *I*0) = 8,8 + 10 log10(400) = 34,8 dB-Hz

كما يظهر من الشكل 5، تستقبل الحمولة النافعة SAR للسواتل GALILEO إشارات المنارات الراديوية للاستغاثة بتردد MHz 406 التي تحول إلى وصلة هابطة تبلغMHz 1 544,1 ± kHz 100 لأغراض الكشف والمعالجة بواسطة مطاريف MEOLUT. ويكون كسب الهوائي ودرجة حرار الضوضاء للنظام بمقدار dBi 27 وK 253 (24 dB(K)) على التوالي فيما يتعلق بمطراف MEOLUT للساتل SAR/Galileo. وتبلغ النسبة *G*/*T* مقدار dB/K 3.

الشـكل 5

سيناريو وصلة مع مكررات للساتل GALILEO SAR

الحمولة لنافعة SAR  
للسواتل GALILEO

وصلة صاعد

*I*0 = 0

MHz 40

منارات SAR

مرسل (مرسلات)  
مسبب (مسببة) للتداخل

M.1731-05

وصلة هابطة *I*0

كسب = dBi 27

هوائي المطراف

MEOLUT

إشارة تبلغ MHz 0,100 ± MHz 1 554,1

مطاريف MEOLUT (مطراف المستعمل المحلي)

مزيل التشكيل/معالج

مضخم الضوضاء المنخفضة (LNA)

dB/K 24 = *Tsys*

تبلغ زاوية ارتفاع إشارة المنارات الراديوية بالنسبة إلى المركبة الفضائية 5 درجات. وفي حال عدم وجود مصادر خارجية للتداخل ووفقاً للملحق 6 (حساب موازنات وصلة Cospas-Sarsat) تكون النسبة الإجمالية *C*/*N*0 بمقدار 35,4 dB-Hz، أي أن *Eb*/*N*0 تساوي 9,4 dB في حالة 400 بتة/ثانية. وعندما تؤخذ في الحسبان خسائر التنفيذ (dB 0,5) وإزالة تشكيل بيانات المنارة (dB 1,0) وكسب المعالجة (dB 2,0) عند مطراف GEOLUT تكون النسبة الفعلية *Eb*/*N*0 بمقدار dB 9,9. وبما أن القناة تستوجب أن تكون النسبة الإجمالية *Eb*/(*N*0 + *I*0) بمقدار dB 8,8 على الأقل لضمان الحد الأدنى من شروط الأداء فإن مجموع التداخل عريض النطاق في الوصلة الهابطة الذي يؤدي إلى تخفيض مجموع نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء ونسبة كثافة التداخل بأكثر من 1,1 dB، لا يمكن تحمله.

وبما أن النسبة الإجمالية *C*/*N*0 في غياب أي تداخل تساوي dB-Hz 35,4، فإن التداخل الشبيه بضوضاء النطاق العريض الذي يتسبب في انحطاط الوصلة الهابطة بمقدار dB 1,1 يؤدي إلى مجموع نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء ونسبة كثافة التداخل (*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* بمقدار dB-Hz 34,3 كما يلي:

(*C*/(*N*0 + *I*0))*overall*  = ((*C*/(*N*0 + *I*0))−1↑+ (*C*/(*N*0 + *I*0))−1↓)−1

وبماأن هذا التحليل لا يتناول سوى تداخل الوصلة الهابطة، تصبح المعادلة كما يلي:

(*C*/(*N*0 + *I*0))*overall*  = ((*C*/*N*0)−1↑ + (*C*/(*N*0 + *I*0))−1↓)−1

فإذا كانت (*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* تساوي 34,3  dB-Hz وكانت (*C*/*N*0)↑ تساوي 35,7 dB‑Hz عندئذ تبلغ نسبة (*C*/(*N*0 + *I*0))↓ مقدار39,9dB‑Hz *(انظر أدناه):*

*C*/(*N*0 + *I*0)↓= ((*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* −1 − (*C*/*N*0)↑−1)−1

أو

*C*/(*N*0 + *I*0)↓= 10 log ((10−**34,3**/10 − 10−**35,7**/10)−1)

وبالتالي

*C*/(*N*0 + *I*0)↓= 39,9 dB‑Hz

وتكون الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء في الوصلة الهابطة دون تداخل عند دخل مضخم الضوضاء المنخفضة (LNA) هي *k T* = *N*0*،* حيث *k* هي ثابت بولتزمان. وبالتالي،dB(W/Hz) 204,6– = 24 + 228,6– = *N*0 .

وبما أن (*C*/*N*0)↓ تساوي 46,7 dB و(*N*0)↓ *تساوي* dB(W/Hz) 204,6–، فإن *C*↓ تساوي 157,9− dBW.

*ويكون الحد الأقصى من الكثافة الطيفية لقدرة التداخل المسموح به في الوصلة الهابطة من مجموع المرسلات المسببة للتداخل، I*0, *max، مقيسة عند دخل المضخم* (LNA) *لمستقبل المطراف* GEOLUT *في النطاق* 1 544,5 kHz 100 ± MHz:

*I*0, *max* = 10 log (10(*C*↓− (*C*/(*N*0 + *I*0)↓))/10 − 10(*N*0)↓/10)

أو

*I*0, *max* = 10 log (10(−157,9 – 39,9)/10 − 10−204,6/10)

وبالتالي

*I*0, *max* = −198,8 dB(W/Hz)

ويستحسن وصف معايير الحماية في شكل عتبة تداخل كثافة تدفق القدرة الطيفية المعبر عنها في شكل dB(W/(m2 ∙ Hz)) عند دخل هوائي المطراف MEOLUT*. وتكون الفتحة الفعلية لهوائي،* *Ae*، له كسب *G* كما يلي: *G*2/4*Ae*. ويكون لهوائي المطراف MEOLUT *كسب* *قدره* dBi 27، *بحيث تبلغ الفتحة الفعلية مقدار* 1,5  2m. ويكون الحد الأقصى لمجموع التداخل المسموح به المقدر في شكل spfd:

*spfd* = *I*0, *max* − *LLine*  − *Ae*

*لنفترض أن LLine* = 0:

*spfd* = −200,6 dB(W/(m2 ∙ Hz))

*لذلك يجب ألا يتجاوز الحد الأقصى للتداخل الشبيه بضوضاء النطاق العريض في قناة المطراف* GEOLUT *في النطاق* 1 544,1 kHz 100 ± MHz مقدار 200,6–  dB(W/(m2 ∙ Hz)).

# 4 طريقة حساب سوية التداخل في الوصلة الهابطة لقناة مكررات البحث والإنقاذ بتردد 406 MHz في سواتل GALILEO

يتأتى التداخل الذي يتعرض إليه النظام Cospas-Sarsat في غالب الأحيان من الإرسالات خارج النطاق التي ترسلها الخدمات في النطاقات المجاورة أو شبه المجاورة.

وينبغي النظر في عرض نطاق الإرسال لمعرفة ما إذا كانت الطاقة ترسل في مدى الترددات 1 544,5 kHz 100 ± MHz. وينبغي إيلاء عناية خاصة عند تحليل تأثير الأنظمة المتنقلة (مثل السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض والمرسلات المحمولة جواً)، لمراعاة آثار زحزحة دوبلر التي تنشأ بفعل دورانها.

وتُحسب سوية التداخل الناجم عن جميع المصادر المرسلة للطاقة في النطاق معبراً عنها في شكل سوية الكثافة spfd عند هوائي المطراف MEOLUT. وينبغي ألا يتجاوز مجموع السويات لكل المصادر المسببة للتداخل مقدار200,6−  dB(W/(m2∙Hz)) في أي مكان من هذا المدى.

وهذا المقدار محسوب على أساس كسب محور هوائي مطراف MEOLUT قدره dBi 27. وتبعاً للأنظمة ينبغي، عند تحديد تأثير التداخل، مراعاة اعتبارات تمييز الهوائي والاستقطاب وغير ذلك من الاعتبارات الهندسية.

الملحق 6

معايير الحماية في النطاق MHz 1 545‑1 544 للمطاريف GEOLUT   
في النظام Cospas-Sarsat، التي تستقبل إشارات منارات الاستغاثة  
الراديوية التي تعمل على التردد MHz 406 المرحّلة بواسطة  
السواتل إلكترو (SAR Electro)

# 1 مقدمة

تكون سواتل إلكترو مزوّدة بمكرّرات البحث والإنقاذ في نظام Cospas-Sarsat، وتستقبل هذه المكررات إشارات صادرة عن منارات الاستغاثة بتردد MHz 406 وتُرحلها إلى مطاريف GEOLUT في النظام Cospas-Sarsat على ترددات الوصلة الهابطة في النطاق MHz 1 545‑1 544. ويحدد التحليل في هذا الملحق معايير الحماية من التداخل بشأن مطاريف GEOLUT التي تستقبل إرسالات الوصلة الهابطة للسواتل إلكترو.

# 2 الحد الأدنى المقبول من الأداء للكشف عن منارات الاستغاثة الراديوية العاملة على التردد MHz 406 والمرحَّلة بواسطة سواتل إلكترو

تشترط دقة الكشف المضمون عن منارات الاستغاثة بتردد MHz 406 باستعمال مكررات السواتل إلكترو، ألا يتجاوز معدل الخطأ في البتات (BER) في القناة مقدار5  5−10 ×.

# 3 تحليل كثافة تدفق القدرة الطيفية (spfd) للتداخل

يُشتقّ معدل الخطأ في البتات (BER) لقناة اتصالات من نسبة الطاقة في كل بتة معطيات، *Eb*، إلى كثافة الضوضاء. وتتكون كثافة الضوضاء الكلية من الضوضاء التي تسببها تجهيزات Cospas-Sarsat، *N*0، والضوضاء الناجمة عن التداخل الذي تسببه أنظمة أخرى، *I*0. ويوضح الشكل 7 قناة حمولة نافعة SAR بتردد406  MHz لسواتل إلكترو في حالة تداخل على الوصلة الهابطة.

الشـكل 6

مكرِّر SAR للسواتل إلكترو في حالة تداخل على الوصلة الهابطة



MHz 406

إشارة الوصلة  
الهابطة

الكسب = dB 34,7

K 187 = *Tsys*

مزيل التشكيل/  
وحدة المعالجة

منارات الاستغاثة

MHz 1 544,5

التداخل

Electro SARR

مضخم الضوضاء المنخفضة

ولتحقيق معدل الخطأ في البتات (BER) بمقدار 5 × 5−10، يجب أن تكون نسبة الطاقة في كل بتة بالنسبة إلى الضوضاء، زائداً كثافة التداخل (*Eb*/(*N*0 + *I*0)) عند مزيل تشكيل مطراف GEOLUT، مساوية أو أعلى من dB 8,8. ويحدد هذا التحليل الكمية القصوى من التداخل من قبيل ضوضاء النطاق العريض مقدرة في شكل كثافة تدفق القدرة الطيفية spfd نسبة إلى دخل هوائي مطراف GEOLUT التي يمكن تحملها دون انحطاط الوصلة الإجمالية *Eb*/(*N*0 + *I*0) إلى ما دون 8,8 dB.

وكما يبدو في الشكل 6، فإن مكررات البحث والإنقاذ (SAR) في سواتل إلكترو تستقبل إشارات منارات الاستغاثة بتردد 406 MHz وتشكلها في أطوار على الموجة الحاملة للوصلة الهابطة بتردد MHz 1 544,5 لكي تتمكن مطاريف GEOLUT من الكشف عنها ومعالجتها. ويكون كسب الهوائي وحرارة ضوضاء النظام في مطاريف GEOLUT المرتبطة بسواتل SAR/Electro بمقدار dBi 34,7 و187 K (dB-k 22,7) على التوالي. والنسبة *G/T* المقابلة تساوي dB/K 11,9.

وتبلغ زاوية ارتفاع إشارة المنارات بالنسبة إلى المركبة الفضائية مقدار °5. وفي حال عدم وجود مصادر خارجية للتداخل وطبقاً للملحق 8 (حساب ميزانيات وصلات النظام Cospas-Sarsat)، تكون النسبة الإجمالية *C*/*N*0 بمقدار dB-Hz 32,2، أي *Eb*/*N*0 تساوي dB 6,2 عند المعدل bit/s 400. وعندما تؤخذ في الحسبان خسائر التنفيذ (dB 1,0) وتشكيل معطيات المنارة (dB 1,0) وكذلك مقدار كسب المعالجة (dB 7,0) عند مطراف GEOLUT تكون النسبة الفعلية *Eb*/*N*0 بمقدار dB 11,2. وبما أن القناة تستوجب أن تكون النسبة الإجمالية *Eb*/(*N*0 + *I*0) بمقدار dB 8,8 على الأقل، لضمان الحد الأدنى من شروط الأداء فمن الضروري ألاّ يؤدي مجموع التداخل عريض النطاق على الوصلة الهابطة إلى تخفيض مجموع نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء زائد نسبة كثافة التداخل بأكثر من dB 2,4.

وبما أن النسبة الإجمالية *C*/*N*0 في غياب أي تداخل تساوي dB-Hz 32,2، فإن التداخل من قبيل ضوضاء النطاق العريض الذي يتسبب في انحطاط الوصلة الهابطة بمقدار dB 2,4 يؤدي إلى مجموع نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء زائد نسبة كثافة التداخل (*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* كما يلي:

(*C*/(*N*0 + *I*0))*overall*  = (*C*/(*N*0)*overall* − 2,4 dB

= 32,2 dB-Hz − 2,4 dB

= 29,8 dB-Hz

تُحسب النسبة (*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* بإضافة نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء إلى نسبة كثافة التداخل للوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة كما يلي:

(*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* = ((*C*/(*N*0 + *I*0))−1↑ + (*C*/(*N*0 + *I*0))−1↓)−1

وبماأن هذا التحليل لا يتناول سوى تداخل الوصلة الهابطة، تصبح المعادلة كما يلي:

(*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* = ((*C*/*N*0)−1↑ + (*C*/(*N*0 + *I*0))−1↓)−1

وبالتعويض عن (*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* بالقيمة 29,8 dB-Hz وعن (*C*/*N*0)↑ بالقيمة dB‑Hz 32,3 عندئذ تبلغ نسبة (*C*/(*N*0 + *I*0))↓ مقدارdB‑Hz 33,4 *(انظر أدناه):*

*C*/(*N*0 + *I*0)↓ = ((*C*/(*N*0 + *I*0))*overall*−1 – (*C*/*N*0)↑−1)−1

أو

*C*/(*N*0 + *I*0)↓ = 10 log ((10–29,8/10 – 10–32,3)–1)

وبالتالي

*C*/(*N*0 + *I*0)↓ = 33,4 dB‑Hz

وتكون الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء في الوصلة الهابطة دون تداخل عند دخل مضخم الضوضاء المنخفضة (LNA) هي *k T* = *N*0*،* حيث *k* هي ثابت بولتزمان. وبالتالي،dB(W/Hz) 205,9– = 22,7 + 228,6– = *N*0 .

وبما أن (*C*/*N*0)↓ تساوي 48,5 dB و(*N*0)↓ *تساوي* dB(W/Hz) 205,9–، فإن C↓ تساوي 157,4− dBW.

ويكون الحد الأقصى من الكثافة الطيفية لقدرة التداخل المسموح به في الوصلة الهابطة من مجموع المرسلات المسببة للتداخل، *I*0(max)، المقيسة عند دخل المضخم (LNA) لمستقبل المطراف GEOLUT في النطاق 1 544,5 kHz 100 ± MHz:

*I*0, *max* = 10 log (10(*C*↓– (*C*/(*N*0 + *I*0)↓))/10 – 10(*N*0)↓/10)

*أو*

*I*0, *max* = 10 log (10(−157.4 − 33.4)/10 − 10−205.9/10)

*وبالتالي*

*I*0, *max* = –190,9 dB(W/Hz)

ويُستحسن وصف معايير الحماية في شكل عتبة تداخل كثافة تدفق القدرة الطيفية spfd المعبر عنها في شكل dB(W/(m2 ∙ Hz)) عند دخل هوائي المطراف GEOLUT*. وتكون الفتحة الفعلية لهوائي،* *Ae*، له كسب *G* كما يلي: *G*2/4*Ae*. ويكون لهوائي المطراف GEOLUT *كسب* *قدره* dBi 34,7، *بحيث تبلغ الفتحة الفعلية مقدار*8,8  2m. ويكون الحد الأقصى لمجموع التداخل المسموح به المقدر في شكل spfd:

spfd = *I*0, *max* – *LLine* – *Ae*

*لنفترض أن LLine* = 0.

*spfd* = −190,9 − 0 − 10 log (8,8)

*spfd* = −200,3 dB(W/(m2 ∙ Hz))

لذلك يجب ألا يتجاوز الحد الأقصى للتداخل من قبيل ضوضاء النطاق العريض في قناة المطراف GEOLUT مع الساتل SAR/Electro في النطاق 1 544,5 kHz 100 ± MHz مقدار 200,3–  dB(W/(m2∙ Hz)).

## 4.1 طريقة حساب سوية التداخل على مطاريف GEOLUT تستقبل إشارات من منارات استغاثة راديوية بتردد406 MHz في مرحلة عبر سواتل إلكترو (Electro)

يتأتى التداخل الذي يتعرض إليه النظام Cospas-Sarsat في غالب الأحيان من الإرسالات خارج النطاق التي ترسلها الخدمات في النطاقات المجاورة أو شبه المجاورة.

ويتعيّن فحص عرض نطاق الإرسال لمعرفة ما إذا كانت الطاقة ترسل في مدى الترددات 1 544,5 kHz 100 ± MHz، مع إيلاء عناية خاصة، عند تحليل تأثير الأنظمة المتنقلة (مثل السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض والمرسلات المحمولة جواً)، لمراعاة آثار زحزحة دوبلر التي تنشأ بفعل حركتها.

وتُحسب سوية التداخل الناجم عن جميع المصادر المرسلة للطاقة في النطاق معبراً عنها في شكل سوية الكثافة spfd عند هوائي المطراف GEOLUT. ويتعين ألا يتجاوز مجموع السويات لكل المصادر المسببة للتداخل مقدار 200,3−  dB(W/(m2∙Hz)) في أي مكان من هذا المدى.

وهذا المقدار محسوب على أساس كسب محور هوائي مطراف GEOLUT قدره dBi 34,7. وتبعاً للأنظمة ينبغي، عند تحديد تأثير التداخل، مراعاة اعتبارات تمييز الهوائي والاستقطاب وغير ذلك من الاعتبارات الهندسية.

الملحق 7

معايير حماية مطاريف MEOLUT في النظام Cospas-Sarsat، التي تستقبل إشارات منارات  
الاستغاثة الراديوية (السواتل SAR/GLONASS) التي تعمل على تردد MHz 406  
المرحَّلة بواسطة السواتل GLONASS في النطاق MHz 1 545‑1 544

# 1 مقدمة

تحمل السواتل GLONASS على متنها مكررات البحث والإنقاذ في نظام Cospas-Sarsat، وتستقبل هذه المكررات إشارات صادرة عن منارات الاستغاثة بتردد MHz 406 وتُرحلها إلى مطاريف MEOLUT في النظام Cospas-Sarsat على ترددات الوصلة الهابطة في النطاق MHz 1 545‑1 544. ويحدد التحليل في هذا الملحق معايير الحماية من التداخل بشأن مطاريف MEOLUT التي تستقبل إشارات على الوصلة الهابطة لسواتل GLONASS في النطاق MHz 1 545‑1 544.

# 2 الحد الأدنى المقبول من الأداء للكشف عن إشارات منارات الاستغاثة ذات التردد MHz 406 المرحَّلة بواسطة سواتل GLONASS

تشترط دقة الكشف المضمون عن منارات الاستغاثة بتردد MHz 406 باستعمال مكررات سواتل GLONASS بتردد MHz 406، ألا يتجاوز معدل الخطأ في البتات (BER) في القناة مقدار5  5−10 ×.

# 3 تحليل كثافة تدفق القدرة الطيفية (spfd) للتداخل

معدل الخطأ في البتات (BER) لقناة اتصالات هو نسبة الطاقة في كل بتة معطيات، *Eb*، إلى كثافة الضوضاء. وتتكون كثافة الضوضاء الكلية من الضوضاء التي تسببها تجهيزات Cospas-Sarsat، *N*0، والضوضاء الناجمة عن التداخل الذي تسببه أنظمة أخرى، *I*0. ويوضح الشكل 7 قناة حمولة نافعة SAR بتردد406  MHz لسواتل GLONASS في حالة تداخل في الوصلة الهابطة.

الشـكل 7

قناة مكرِّرات البحث والإنقاذ (SAR) في سواتل GLONASS في حالة تداخل في الوصلة الهابطة



MHz 406

إشارة الوصلة  
الهابطة

الكسب = dB 26,2

K 166 = *Tsys*

مزيل التشكيل/  
وحدة المعالجة

منارات الاستغاثة

MHz 1 544,9

التداخل

ولتحقيق معدل الخطأ في البتات (BER) بمقدار 5 × 5−10، يتعيّن أن تكون نسبة الطاقة في كل بتة بالنسبة إلى الضوضاء، زائداً كثافة التداخل (*Eb*/(*N*0 + *I*0)) عند مزيل تشكيل مطراف MEOLUT، مساوية أو أعلى من dB 8,8. ويحدد هذا التحليل الكمية القصوى من التداخل من قبيل ضوضاء النطاق العريض مقدرة في شكل كثافة تدفق القدرة الطيفية spfd نسبة إلى دخل هوائي مطراف MEOLUT التي يمكن تحملها دون انحطاط الوصلة الإجمالية *Eb*/(*N*0 + *I*0) بأقل من 8,8 dB.

وكما يبدو في الشكل 7، فإن الحمولة النافعة لمكررات البحث والإنقاذ (SAR) في سواتل GLONASS تستقبل إشارات منارات الاستغاثة بتردد MHz 406 وتنقلها للوصلة الهابطة على موجة حاملة بتردد MHz 1 544,9 لكي تتمكن مطاريف MEOLUT من الكشف عنها ومعالجتها. ويكون كسب الهوائي ودرجة حرارة ضوضاء النظام في مطاريف MEOLUT المرتبطة بمكررات SAR على سواتل GLONASS مساويان للقيمتين 26,2 dBi وk 166 (dB-k 22,2)، على التوالي. وتبلغ قيمة النسبة *G/T* المقابلة dB/k 4.

وتبلغ زاوية ارتفاع إشارة المنارات بالنسبة إلى المركبة الفضائية مقدار °5. وفي حال عدم وجود مصادر خارجية للتداخل، فإنه طبقاً للملحق 8 (حساب ميزانيات الوصلات Cospas-Sarsat)، تكون النسبة الإجمالية *C*/*N*0 بمقدار dB-Hz 35,5، أي أن *Eb*/*N*0 تساوي dB 9,5 (dB/s 26 − dB Hz 35,5)، لمعدل 400 bit/s. وعندما تؤخذ في الحسبان خسائر التنفيذ (بمقدار dB 1,0) وإزالة تشكيل معطيات المنارة (بمقدار dB 1,0) وكذلك مقدار كسب المعالجة (بمقدار dB 2,0) عند مطراف MEOLUT تكون النسبة الفعلية *Eb*/*N*0 بمقدار dB 9,5. وبما أن القناة تستوجب أن تكون النسبة الإجمالية *Eb*/(*N*0 + *I*0) بمقدار dB 8,8 على الأقل، لضمان الحد الأدنى من شروط الأداء فمن الضروري ألاّ يؤدي مجموع التداخل عريض النطاق في الوصلة الهابطة إلى تخفيض مجموع نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء ونسبة كثافة التداخل بأكثر من dB 0,7.

وبما أن النسبة الإجمالية *C*/*N*0 في غياب أي تداخل تساوي dB-Hz 35,5، فإن التداخل من قبيل ضوضاء النطاق العريض الذي يتسبب في انحطاط الوصلة الهابطة بمقدار dB 0,7 يؤدي إلى مجموع نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء ونسبة كثافة التداخل (*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* كما يلي:

(*C*/(*N*0 + *I*0))*overall*  = (*C*/(*N*0)*overall* − 0,7 dB

= 35,5 dB-Hz − 0,7 dB

= 34,8 dB-Hz

تُحسب النسبة (*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* بإضافة نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء إلى نسبة كثافة التداخل للوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة كما يلي:

(*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* = ((*C*/(*N*0 + *I*0))−1↑ + (*C*/(*N*0 + *I*0))−1↓)−1

وبماأن هذا التحليل لا يتناول سوى تداخل الوصلة الهابطة، تصبح المعادلة كما يلي:

(*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* = ((*C*/*N*0)−1↑ + (*C*/(*N*0 + *I*0))−1↓)−1

وبالتعويض عن (*C*/(*N*0 + *I*0))*overall* بالقيمة 34,8  dB-Hz وعن (*C*/*N*0)↑ بالقيمة dB‑Hz 35,8 عندئذ تبلغ نسبة (*C*/(*N*0 + *I*0))↓ مقدارdB‑Hz 41,7 *(انظر أدناه):*

*C*/(*N*0 + *I*0)↓ = ((*C*/(*N*0 + *I*0))*overall*−1 – (*C*/*N*0)↑−1)−1

أو

*C*/(*N*0 + *I*0)↓= 10 log ((10−34,8/10 − 10−35,8/10)−1)

وبالتالي

*C*/(*N*0 + *I*0)↓= 41,7 dB‑Hz

وتكون الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء في الوصلة الهابطة دون تداخل عند دخل مضخم الضوضاء المنخفضة (LNA) هي *k T* = *N*0*،* حيث *k* هي ثابت بولتزمان. وبالتالي،dB(W/Hz) 206,4– = 22,2 + 228,6– = *N*0 .

وبما أن (*C*/*N*0)↓ تساوي 47,6 dB و(*N*0)↓ *تساوي* dB(W/Hz) 206,4–، فإن C↓ تساوي 158,8− dBW.

ويكون الحد الأقصى من الكثافة الطيفية لقدرة التداخل المسموح به في الوصلة الهابطة من مجموع المرسلات المسببة للتداخل، *I*0, *max* ، مقيسة عند دخل المضخم (LNA) لمستقبل المطراف MEOLUT في النطاق 1 544,9 kHz 50 ± MHz:

*I*0, *max* = 10 log (10(*C*↓− (*C*/(*N*0 + *I*0)↓))/10 − 10(*N*0)↓/10)

*أو*

*I*0, *max* = 10 log (10(−158,8 − 41,7)/10 − 10−206,4/10)

*وبالتالي*

*I*0, *max* = −201,8 dB(W/Hz)

ويُستحسن وصف معايير الحماية في شكل عتبة تداخل كثافة تدفق القدرة الطيفية spfd المعبر عنها في شكل dB(W/(m2 ∙ Hz)) عند دخل هوائي المطراف MEOLUT*. وتكون الفتحة الفعلية لهوائي،* *Ae*، له كسب *G* كما يلي: *G*2/4*Ae*. ويكون لهوائي المطراف MEOLUT *كسب* *قدره* dBi 26,2، *بحيث تبلغ الفتحة الفعلية مقدار* 1,26  2m. ويكون الحد الأقصى لمجموع التداخل المسموح به المقدر في شكل spfd:

*spfd* = *I*0, *max* − *LLine* − *Ae*

*لنفترض أن LLine* = 0.

*spfd* = −201,8 − 0 − 10 log (1,26)

*spfd* = −202,8 dB(W/(m2 ∙ Hz))

لذلك يجب ألا يتجاوز الحد الأقصى للتداخل من قبيل ضوضاء النطاق العريض في قناة المطراف MEOLUT الذي يعمل مع مكرِّرات SAR للسواتل GLONASS في النطاق 1 544,9 kHz 50 ± MHz مقدار 202,8–  dB(W/(m2 ∙ Hz)).

# 4.1 طريقة حساب سوية التداخل على مطاريف MEOLUT التي تستقبل إشارات من منارات الاستغاثة الراديوية التي تعمل على تردد MHz 406 والمرحَّلة عبر سواتل GLONASS

يتأتى التداخل الذي يتعرض إليه النظام Cospas-Sarsat في غالب الأحيان من الإرسالات خارج النطاق التي ترسلها الخدمات في النطاقات المجاورة أو شبه المجاورة.

ويتعيّن فحص عرض نطاق الإرسال لمعرفة ما إذا كانت الطاقة ترسل في مدى الترددات kHz 50 ± 1 544,9 مع إيلاء عناية خاصة، عند تحليل تأثير الأنظمة المتنقلة (مثل السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض والمرسلات المحمولة جواً)، لمراعاة آثار زحزحة دوبلر التي تنشأ بفعل حركتها.

وتُحسب سوية التداخل الناجم عن جميع المصادر المرسلة للطاقة في النطاق معبراً عنها في شكل سوية الكثافة spfd عند هوائي المطراف MEOLUT. ويتعيّن ألا يتجاوز مجموع السويات لكل المصادر المسببة للتداخل مقدار 202,8−  dB(W/(m2∙Hz)) في أي مكان من هذا المدى.

وهذا المقدار محسوب على أساس كسب محور هوائي مطراف MEOLUT قدره dBi 26,2. وتبعاً للأنظمة ينبغي، عند تحديد تأثير التداخل، مراعاة اعتبارات تمييز الهوائي والاستقطاب وغير ذلك من الاعتبارات الهندسية.

الملحق 8

الجـدول 2

موازنات وصلة النظام Cospas-Sarsat

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | LEOSAR | | | GEOSAR | | | MEOSAR | |
| Sarsat PDS | Sarsat SARR | Cospas SARR | GOES SARR | MSG SARR | ELECTRO SARR | GALILEO SARR | GLONASS SARR |
| الوحدة، المعلمة | انظر الملاحظة | حالة مستوى منخفض | حالة مستوى منخفض | **حالة مستوى منخفض** | **حالة** **مستوى منخفض** | **حالة** **مستوى منخفض** | **حالة مستوى منخفض** | **حالة** **مستوى منخفض** | **حالة مستوى منخفض** |
| **منار راديوي للاستدلال على موقع الطوارئ** إلى الوصلة الصاعدة للمركبة الفضائية |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| عرض نطاق الترددات SAR (kHz) | 1 |  | 80,0 | | | 100,0 | 80 | 80,0 | 80,0 |
| معدل البيانات، Rb (Hz) |  |  | 400,0 | | | | 400 | 400,0 | 400,0 |
| التردد (MHz) | 2 |  | 406,05 | | | | 406,05 | 406,05 | 406,05 |
| قدرة الإرسال (dBW) | 3 |  | 5,0 | | | | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| كسب هوائي الإرسال (dBi) | 4 |  | –2,0 | | | | 2,0– | 2,0– | 2,0– |
| القدرة المشعة المكافئة المتناحية (dBW) |  |  | 3,0 | | | | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| زاوية الارتفاع (بالدرجات) | 5 |  | 5,0 | | | | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| مسافة المسير (km) |  |  | 2 900,0 | 3 200,0 | 41 126,3 | | 41 126,3 | 28 354,4 | 24 158,0 |
| خسارة المسير (dB) |  |  | 153,8 | 154,7 | 176,9 | | 176,9 | 173,7 | 172,3 |
| خسارة الاستقطاب (dB) | 6 |  |  |  | 4,9 | 4,5 | 4,9 | 4,0 | 4,0 |
| خسارة الخبو (dB) | 6a |  | 2,5 | |  |  | - | 2,5 | 2,5 |
| النسبة *G*/*T* لهوائي الإرسال للساتل (dB/K) | 7 |  | 34,0– | | 18,5– | 22,1– | 17,5– | 15,7– | 17,0– |
| ثابت بولتزمان (dB(J/K)) |  |  | 228,6– | | | | 228,6– | 228,6– | 228,6– |
| النسبة *C*/*N*0 على الوصلة الصاعدة (dBHz) |  |  | 41,3 | 40,4 | 31,3 | 28,1 | 32,3 | 35,7 | 35,8 |
| **الوصلة الهابطة فضاء-أرض** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| تردد الوصلة الهابطة (MHz) | 8 | 1 544,5 | 1 544,5 ± 40 kHz | | | 1 544,5 ± 50 kHz | 1 544,5 ± 100 kHz | 1 544,5 ± 40 kHz | 1 544,9 ± 50 kHz |
| القدرة المشعة المكافئة المتناحية للإرسال (dBW) | 9 | 7,1 | | 6,2 | 15,0 | 18,9– | 18 | 1,6 | 15,0 |
| خسارة بسبب تقاسم القدرة (dB) | 10 |  | 15,3 | 15,5 | 18,3 |  | 17,4 | / | 14,8 |

الجـدول 2 ( *تتمة*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | LEOSAR | | | GEOSAR | | | MEOSAR | |
| Sarsat PDS | Sarsat SARR | Cospas SARR | GOES SARR | MSG SARR | ELECTRO SARR | GALILEO SARR | GLONASS SARR |
| الوحدة، المعلمة | انظر الملاحظة | حالة مستوى منخفض | حالة مستوى منخفض | **حالة مستوى منخفض** | **حالة** **مستوى منخفض** | **حالة مستوى منخفض** | **حالة مستوى منخفض** | **حالة مستوى منخفض** | **حالة مستوى منخفض** |
| **الوصلة الهابطة فضاء-أرض** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| خسارة التشكيل (dB) | 11 | 14,1 | | 6,0 | 3,54 |  | 3,54 | / |  |
| زاوية الارتفاع (بالدرجات) | 12 | 5,0 | | | | | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| طول المسير (km) |  | 2 900,0 | | 3 200,0 | 41 126,3 | |  | 28 354,4 |  |
| خسارة على طول المسير(dB) |  | 165,5 | | 166,4 | 188,46 | | 188,46 | 185,3 | 183,9 |
| النسبة *G*/*T* لهوائي الاستقبال للمطراف LUT (dB/K) | 13 | 4,3 | | | 11,0 | 15,5 | 11,9 | 3,0 | 4,0 |
| خسارة الاستقطاب (dB) | 14 |  |  |  | 0,35 | 0,2 | 0,35 | 0,2 | 0,35 |
| خسائر أخرى (dB) |  | 2,6 | | |  |  | – | 1,0 | 1,0 |
| خسارة التسديد (dB) | 15 |  |  |  | 0,20 | 1,0 | 0,20 | 0,1 | 0,2 |
| خسارة التوهين قصير المدى (dB) | 16 | 10,0 |  |  |  |  |  |  |  |
| النسبة *C*/*N*0 على الوصلة الهابطة (dBHz) |  | 47,8 | 42,5 | 48,6 | 43,8 | 35,5 | 48,5 | 46,7 | 47,6 |
| النسبة *C*/*N*0 الإجمالية (dBHz) |  |  | 38,8 | 39,8 | 31,1 | 27,4 | 32,2 | 35,4 | 35,5 |
| معدل البيانات، (Hz) Rb | 17 | 33,8 | 26,0 | | | | 26 | 26 | 26 |
| *Eb*/*N*0 (dB) |  | 14,0 | 12,8 | 13,8 | 5,1 | 1,4 | 6,18 | 9,4 | 9,5 |
| خسارة التنفيذ (dB) |  | 1,0 | | | | 0,5 | 1,0 | | 0,5 |
| خسارة تشكيل بيانات المنارة، b  = (dB) rad 1,1 | 18 |  | 1,0 | | | | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| كسب التشفير (dB) |  | 0,0 | | | | 2,0 | 0,0 | | 2,0 |
| كسب المعالجة (5 رشقات) (dB) | 19 |  |  |  | 7,0 | | 7,0 | 7,0 | 0,0 |
| النسبة *Eb*/*N*0 متاحة (dB) |  | 13,0 | 10,8 | 11,8 | 10,1 | 8,9 | 11,2 | 9,9 | 9,5 |
| *Eb*/*N*0)) نظري من أجل معدل الخطأ في البتات بمقدار 6−10 و5 × 5−10 (dB) | 20 | 10,6 | 8,8 | | | | 8,8 | 8,8 | 8,8 |
| هامش (dB) | 21 | 2,4 | 2,0 | 3,0 | 1,3 | 0,1 | 2,4 | 1,1 | 0,7 |

*ملاحظات تتعلق بالجدول 2:*

1 يتمركز عرض النطاق الاسمي dB 1 لمستقبل الساتل عند MHz 406,05.

2 تتراوح الترددات التي تستخدمها المنارة بين 406,022 وMHz 406,079.

3 يمكن أن تتراوح قدرة مرسل المنارة بين 5 وdBW 9، وبالتالي تستعمل أضعف قدرة (dBW 5) لحساب موازنة الوصلة. ومن جهة أخرى، يفترض وجود منارتين تعملان بشكل اسمي بتردد MHz 406 وترسلان في آن واحد رشقات بيانات وتبلغ زاوية ارتفاع كل واحدة منهما 40 درجة بالنسبة للساتل، وقدرة الإرسال dBW 7، وكسب الهوائي dB 0، وخسارة الإرسال dB 1، وبالتالي، تُستعمل قدرة مشعة مكافئة متناحية بمقدار dBW 6 على الوصلة الصاعدة (إن استعمال هاتين المنارتين الإضافيتين يؤثر على قيمة تقاسم قدرة مرسل الساتل).

4 يكون هوائي الإرسال مستقطب خطياً.

5 تقابل زاوية الارتفاع التي تبلغ 5 درجات انطلاقاً من المنارة إلى الساتل الحدود الاسمية لمنطقة التغطية ويبلغ الارتفاع الاسمي 35 786 كلم فيما يتعلق بالسواتل GEOSAR و850 km فيما يتعلق بالسواتل Sarsat (بين 830 و870 km) و1 000 فيما يتعلق بالسواتل Cospas.

6 خسارة الاستقطاب بسبب الاستقطاب الاسمي لهوائي المنارة وتوهين الإشارة على الوصلة الصاعدة. وتندرج خسارة الاستقطاب على الوصلة LEOSAR في كسب الهوائي وبالتالي تؤخذ في الحسبان في النسبة *G/T* لهوائي الإرسال للساتل.

a6 يُسمح بتفاوت قدره dB 2,5 لتوهين الإشارة (بسبب التلألؤ أساساً) للوصلة (انظر الوثيقة C/S R.012، الملحق J. ويمكن الحصول مجاناً على نسخة من هذه الوثيقة من الموقع الإلكتروني لأمانة النظام Cospas-Sarsat (البريد الإلكتروني: ([mail@cospas-sarsat.int](mailto:mail@cospas-sarsat.int.) http://www.cospas-sarsat.org/)).

7 النسبة *G/T* لمستقبل الساتل بتردد MHz 406 بالنسبة لدخل مكبر منخفض الضوضاء، حيث يكون الكسب الاسمي ودرجة حرارة الضوضاء على النحو التالي:

GOES: dB 7,05 = G ودرجة حرارة الضوضاء = K 359.

MSG: dB 3,0 = G ودرجة حرارة الضوضاء = K 326.

Sarsat: dB 4,0− = G ودرجة حرارة الضوضاء = K 1 000.

Cospas: dB 4,0− = G ودرجة حرارة الضوضاء = K 1 000.

8 نطاق التردد MHz 1 545-1 544 هو الموزع للوصلات الهابطة من أجل الاستغاثة والسلامة.

9 تحسب القدرة المشعة المكافئة المتناحية على أساس قدرة مرسل الهوائي وكسب هوائي الإرسال. وفي حالة الساتلين MSG وGalileo، تكون القدرة المشعة المكافئة المتناحية للمنارة المعنية معروفة (وبالتالي، يكون إجمالي القدرة المتقاسمة مع المنارات الأخرى ودرجة حرارة الضوضاء مشمولاً بذلك).

10 تقابل الخسارة بسبب تقاسم القدرة جزء القدرة المشعة المكافئة المتناحية للإرسال الموزعة لإشارة منارة الاستغاثة. أدرج التعبير "توهين بسبب تقاسم القدرة" في المعلمة "القدرة المشعة المكافئة المتناحية للإرسال" في حالات السواتل MSG وGALILEO.

11 تقابل خسارة التشكيل القدرة المشعة المكافئة المتناحية للإرسال الموزعة للمكرر على التردد MHz 406 على متن الساتل على النحو المحدد بمؤشر تشكيل الطور (لا يتعلق بالساتل MSG والسواتل MEOSAR التي لديها تحويل تردد مباشر).

12 تقابل زاوية الارتفاع التي تبلغ 5 درجات انطلاقاً من المطراف LUT باتجاه الساتل الحدود الاسمية لمنطقة التغطية.

13 تستعمل النسبة *G/T* القيم الاسمية لكل نمط من أنماط المطراف LUT.

14 خسارة الاستقطاب لكل نمط من أنماط هوائي المطراف LUT.

15 خسارة التسديد بسبب تسديد هوائي المطراف LUT.

16 ينخفض مستوى الموجة الحاملة بمقدار dB 10 خلال فترة قصيرة بسبب التشكيل المرتفع في قنوات أخرى قبل أن يستجيب التحكم الأوتوماتي في كسب الهوائي.

17 يبلغ معدل البيانات bit/s 400 فيما يتعلق بإرسال المنارة و2 400 بتة/ثانية فيما يتعلق بالقناة PDS.

18 خسارة تشكيل بيانات المنارة، نظراً لاستبقاء بعض القدرة عن قصد في الموجة الحاملة علماً أن مؤشر التشكيل محدد عند 0,1 ± 1,1 راديان.

19 كسب المعالجة بسبب دمج عدة رشقات لبيانات المنارة عند المطراف LUT. في حالة السواتل MEOSAR، يفترض تشكيل برشقة واحدة (انظر الوثيقة C/S R.012، الملحق J. ويمكن الحصول مجاناً على نسخة من هذه الوثيقة من الموقع الإلكتروني لأمانة النظام Cospas-Sarsat البريد الإلكتروني: ([mail@cospas-sarsat.int](mailto:mail@cospas-sarsat.int.) http://www.cospas-sarsat.org/)).

20 يبلغ معدل الخطأ في البتات للقناة التي تستعملها المكررات 5 × 5−10 كما جاء في التوصية ITU-R M.1478، في حين يبلغ 1,0 × 6−10 بالنسبة لقناة PDS.

21 يقابل الهامش الإشارة الإضافية المتبقية التي يمكن استخدامها في حالة التداخل.

1. \* ينبغي إحاطة برنامج Cospas-Sarsat ومنظمة الطيران المدني الدولي (ICAO) و المنظمة البحرية الدولية (IMO)، علماً بهذه التوصية. [↑](#footnote-ref-1)