الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R
قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R M.1903-1
(2019/09)

الخصائص ومعايير الحماية لمحطات الاستقبال الأرضية في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (فضاء–أرض) والمستقبِلات في خدمة الملاحة الراديوية للطيران العاملة في النطاق MHz 1 610-1 559

السلسلة M

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

الاتحاد الدولي للاتصالات ITU

تمهيد

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 القرار 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	العنوان
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 الاستدلال الراديوي وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة**
P	انتشار الموجات الراديوية
RA	علم الفلك الراديوي
RS	أنظمة الاستشعار عن بُعد
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، 2020

© ITU 2020
جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذا المنشور بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التوصية ITU-R M.1903-1

الخصائص ومعايير الحماية لمحطات الاستقبال الأرضية في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (فضاء–أرض) والمستقبِلات في خدمة الملاحة الراديوية للطيران[1] العاملة في النطاق 559 1-610 1 MHz

(المسألتان ITU-R 217-2/4 وITU-R 288/4)

(2019-2012)

مجال التطبيق

تتناول هذه التوصية الخصائص ومعايير الحماية لمحطات الاستقبال الأرضية في خدمة معينة للملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) ومحطات الاستقبال في خدمة الملاحة الراديوية للطيران (ARNS) العاملة في النطاق 559 1-610 1 MHz. والهدف من هذه المعلومات هو إجراء تحليلات بشأن التأثير في أنظمة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (فضاء–أرض) والمستقبلات في خدمة الملاحة الراديوية للطيران العاملة في هذا النطاق جراء تداخل الترددات الراديوية الناتج عن مصادر راديوية غير خدمة الملاحة الراديوية الساتلية.

كلمات أساسية

خدمة الملاحة الراديوية الساتلية، معايير الحماية، تأثير تداخل الترددات الراديوية

المختصرات/الأسماء المختصرة

AWGN ضوضاء غوسية بيضاء مضافة *(Additive white Gaussian noise)*

PDC دورة تشغيل النبضات *(Pulse duty cycle)*

PNT الموقع والملاحة والتوقيت *(Position, navigation and timing)*

PRF تردد تكرار النبضة *(Pulse repetition frequency)*

RHCP استقطاب دائري يميني *(Right-hand circular polarization)*

SQPN ضوضاء شبه عشوائية بطور رباعي متخالف *(Staggered quadrature pseudo-random noise)*

SQPSK إبراق تربيعي بزحزحة الطور *(Staggered quadrature phase-shift keying)*

SSC معامل الفصل الطيفي *(Spectral separation coefficient)*

توصيات وتقارير الاتحاد ذات الصلة

التوصية ITU-R M.1318-1 نموذج تقييم التداخل المستمر الذي تسببه مصادر راديوية غير المصادر في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية لأنظمة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية وشبكاتها العاملة في النطاقات 164 1-215 1 MHz و215 1-300 1 MHz و559 1-610 1 MHz و010 5-030 5 MHz

[1] انظر الملاحظة 3.

التوصية ITU-R M.1787-3 وصف الأنظمة والشبكات في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (فضاء-أرض وفضاء-فضاء) والخصائص التقنية لمحطات الإرسال الفضائية العاملة في النطاقات 164 1-215 1 MHz و215 1-300 1 MHz و559 1-610 1 MHz

التوصية ITU-R M.1901-2 إرشادات بشأن توصيات قطاع الاتصالات الراديوية المتصلة بأنظمة وشبكات في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية العاملة في نطاقات التردد 164 1-215 1 MHz و215 1-300 1 MHz و559 1-610 1 MHz و000 5-010 5 MHz و010 5-030 5 MHz

التوصية ITU-R M.1902-1 الخصائص ومعايير الحماية لمحطات الاستقبال الأرضية في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (فضاء–أرض) العاملة في النطاق 215 1-300 1 MHz

التوصية ITU-R M.1904-1 الخصائص ومتطلبات الأداء ومعايير الحماية لمحطات الاستقبال في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (فضاء–فضاء) العاملة في نطاقات التردد 164 1-1215 MHz و215 1-300 1 MHz و559 1-610 1 MHz

التوصية ITU-R M.1905-1 الخصائص ومعايير الحماية لمحطات الاستقبال الأرضية في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (فضاء–أرض) العاملة في النطاق .164 1-215 1 MHz

التوصية ITU-R M.1906-1 الخصائص ومعايير الحماية لمحطات الاستقبال الفضائية وخصائص محطات الإرسال الأرضية في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (أرض–فضاء) العاملة في النطاق 000 5-010 5 MHz

التوصية ITU-R M.2030-0 طريقة لتقييم التداخل النبضي من المصادر الراديوية ذات الصلة خلاف المصادر العاملة في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) على أنظمة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية وشبكاتها العاملة في نطاقات التردد 164 1-215 1 MHz و215 1-300 1 MHz و559 1-610 1 MHz

التوصية ITU-R M.2031-1 الخصائص ومعايير الحماية لمحطات الاستقبال الأرضية وخصائص محطات الإرسال الفضائية في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (فضاء–أرض) العاملة في النطاق 010 5-030 5 MHz

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تأخذ في اعتبارها

أ) أن الأنظمة والشبكات في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) توفر معلومات دقيقة على نطاق العالم من أجل العديد من تطبيقات تحديد الموقع والملاحة والتوقيت، بما في ذلك جوانب السلامة بالنسبة لبعض نطاقات التردد وفي ظروف وتطبيقات معينة؛

ب) أن بإمكان أي محطة أرضية مجهزة على نحو ملائم أن تستقبل معلومات ملاحية من أنظمة وشبكات في خدمة RNSS على أساس عالمي النطاق؛

ج) أن هنالك أنظمة وشبكات شتى عاملة ومخطط لها في خدمة RNSS؛

د) أن هنالك ضرورة أساسية لحماية الأنظمة والشبكات العاملة في خدمة RNSS في النطاق 559 1-610 1 MHz؛

هـ) أن خدمات سلامة RNSS متوفرة وأن استعمال هذه الخدمات سوف يتوسع في المستقبل؛

و) أن منظمة الطيران المدني الدولي (ICAO) وضعت معايير للنظام العالمي للملاحة الساتلية (GNSS) تشمل عناصرها الأنظمة والشبكات في الخدمة RNSS؛

ز) أن المنظمة البحرية الدولية (IMO) تشترط أن تكون السفن مجهزة بخدمة RNSS من أجل الملاحة في الممرات المائية الضيقة ومن أجل الرسو؛

ح) أن هنالك عدداً كبيراً من تطبيقات RNSS للطيران ولغير الطيران تستخدم أو تخطط لاستخدام النطاق 559 1-610 1 MHz؛

ط) أن التوصية ITU-R M.1787 توفر مواصفات تقنية للأنظمة والشبكات في الخدمة RNSS وخصائص تقنية لمحطات الإرسال الفضائية العاملة في النطاقات 164 1-215 1 MHz و215 1-300 1 MHz و559 1-610 1 MHz؛

ي) أن التوصية ITU-R M.1904 توفر خصائص تقنية ومعايير حماية لمحطات الاستقبال الفضائية العاملة في الخدمة RNSS (فضاء–فضاء) في النطاقات 164 1-215 1 MHz و215 1-300 1 MHz و559 1-610 1 MHz؛

ك) أن التوصية ITU-R M.1901 توفر الإرشاد في هذا الشأن وكذلك التوصيات الأخرى الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية التي تتناول الأنظمة والشبكات في الخدمة RNSS العاملة في نطاقات التردد 164 1-215 1 MHz و215 1-300 1 MHz و559 1-610 1 MHz و000 5-010 5 MHz و010 5-030 5 MHz،

وإذ تدرك

أ) أن النطاق 559 1-610 1 MHz موزع على أساس أولي للخدمة RNSS (فضاء–أرض) (فضاء–فضاء) والخدمة ARNS في الأقاليم الثلاثة جميعها؛

ب) أن هنالك عدداً من مستقبلات إشارات RNSS تستخدم في تطبيقات خدمة السلامة التي تعالج هذه الإشارات بأساليب مختلفة، كما هو موصوف في الملحق 2؛

ج) أن هنالك عدداً من مختلف الإضافات القائمة والمخطط لها في أنظمة وشبكات الخدمة RNSS التي تدعم خدمات السلامة،

وإذ تلاحظ

أن التوصية ITU-R M.1343 تحدد المتطلبات التقنية الأساسية للمحطات الأرضية المتنقلة (MES) لأنظمة الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) العالمية في مدارات ساتلية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض (non-GSO) في النطاق 1-3 GHz،

توصي

1 بأن تستخدم الخصائص ومعايير الحماية لمحطات الاستقبال الأرضية الواردة في الملحق 2 في إجراء تحليلات بشأن التأثير في مستقبلات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) (فضاء–أرض) ومستقبلات معينة للخدمة الملاحة الراديوية للطيران (ARNS) تعمل، كما هو مشار إليه في الملاحظة 3، في النطاق 559 1-610 1 MHz جراء تداخل الترددات الراديوية الناتج عن مصادر راديوية غير خدمة الملاحة الراديوية الساتلية؛

2 بتطبيق هامش سلامة، كما جاء في الملحق 1، من أجل حماية جوانب وتطبيقات السلامة في الخدمة RNSS والخدمة ARNS، لدى إجراء تحليلات التداخل؛

3 بأن تعتبر الملاحظتين التاليتين جزءاً من هذه التوصية.

الملاحظة 1 – ليس الغرض من هذه التوصية أن تستخدم لتكون أساساً لتعديلات في المستقبل في السويات القصوى للبث غير المطلوب للنطاق 559 1-610 1 MHz الواردة في ملحقات التوصيتين ITU-R M.1343-1 وITU-R M.1480 من أجل المحطات الأرضية المتنقلة (MES) في أنظمة الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS)، والتوصية ITU-R SM.1757 من أجل النطاق العريض جداً (UWB). وقد وضعت السويات القصوى للبث غير المطلوب للنطاق 559 1-610 1 MHz في التوصيتين ITU-R M.1343-1 وITU-R M.1480 بموجب سيناريو تداخل محدد، وليس الغرض منها أن تطبق في أي خدمة، عدا المحطات الأرضية المتنقلة (MES) في أنظمة الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) العاملة في النطاق 1-3 GHz، دون إجراء المزيد من الدراسة. وتختص السويات الواردة في التوصية ITU-R SM.1757 بتكنولوجيا النطاق العريض جداً.

الملاحظة 2 – وُضع هامش السلامة بمقدار 6 dB للملاحة الراديوية للطيران، كما جاء في البند 3 في الملحق 1، من أجل تطبيق محدد في الملاحة الراديوية للطيران في الخدمتين RNSS وARNS في النطاق 559 1-610 1 MHz، ولم يكن الغرض منه أن يطبق في تطبيقات غير الطيران. وأي سوية لهامش السلامة، إن وجدت، يتعين تطبيقها في تطبيقات السلامة في الخدمة RNSS غير الطيران ينبغي تحديدها بعد مزيد من الدراسة.

الملاحظة 3 – في حالات محدودة موصوفة في الملحق 2، تعمل أنواع معينة من المستقبلات مع المرسلات للأرض التي ترسل، باستخدام توزيع خدمة الملاحة الراديوية للطيران على أساس أولي مشترك، إشارة ملاحة راديوية شبيهة بالخدمة RNSS معدة للاستقبال من جانب مستقبلات محطات الطائرات تستقبل أيضاً إشارات RNSS (فضاء–أرض).

الملحق 1

هامش لتطبيقات السلامة في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS)

1 مقدمة

ثمة ممارسة طويلة العهد في الاتحاد الدولي للاتصالات ومنظمة الطيران المدني الدولي تقضي بالاحتفاظ بنصيب في ميزانية وصلات التداخل من أجل هامش لضمان حماية جوانب السلامة في خدمة الملاحة الراديوية. وتقع قيم الهامش هذه عموماً في مجال يتراوح من 6 إلى 10 dB، أو أكثر. وعلاوة على ذلك، هنالك سوابق لا بأس بها بشأن هامش السلامة لتطبيقات سلامة الملاحة الراديوية في القطاع ITU-R، من ذلك مثلاً:

"بصرف النظر عن الأغراض الأولى في أذهان مخططي الطيف الراديوي، ليس هنالك من شك من أن الضغط على الطيف الراديوي ابتغاء توزيعات إضافية لمختلف خدمات الاتصالات الراديوية يمكن أن يؤدي إلى اعتبار وضع معايير حماية للطيران في الواقع على أنها معايير تقاسم لغير الطيران. ونتيجة لذلك، يجب على أي خدمة للسلامة أن تتخذ قدراً كبيراً من تدابير الاحتراس للحرص على تقييد أي خدمة راديوية تتقاسم نفس النطاق الراديوي تقييداً كافياً بحيث تترك هامشاً وافياً في إطار كل الظروف المحتملة بحيث لا يتجاوز مقدار التداخل الكلي الضار مطلقاً معايير الحماية المطلوبة."[2]

وكذلك تحتوي التوصية ITU-R M.1318-1، في الملحق، على نموذج لتقييم التداخل في مستقبلات RNSS من الموارد الراديوية عدا الموارد في الخدمة RNSS. ويتضمن النموذج استخدام عامل يدعى "هامش الحماية (dB)". ويأتي في وصفه أنه يستخدم "لضمان الحماية كما نص عليها الرقم 10.4 من لوائح الراديو".

2 الغرض من هامش السلامة

هامش السلامة (وقد يدعى أحياناً عامل سلامة الجمهور) عنصر حاسم الأهمية في تطبيقات سلامة الحياة وذلك لكي يؤخذ في الحسبان الخطر الذي يتهدد الحياة بسبب تداخل التردد الراديوي وهو خطر حقيقي ولكن لا يمكن تقديره كمياً. ولدعم تطبيقات سلامة الحياة، يجب أن تؤخذ جميع مصادر التداخل في الحسبان.

3 تطبيقات هامش السلامة في الملاحة الراديوية للطيران

1.3 خلفية هامش السلامة في الملاحة الراديوية للطيران

إن استخدام هوامش السلامة في أنظمة الملاحة ممارسة مكرسة. إذ تحدد منظمة الطيران المدني الدولي (ICAO) هامش سلامة لنظام الهبوط بالموجات الصغرية (MLS) قدره 6 dB (الملحق 10 باتفاقية المنظمة: المعايير الدولية والممارسات الموصى بها في اتصالات الطيران، المجلد 1 – مساعِدات الملاحة الراديوية (المرفق G، الجدول G-2)). ويطبق نظام الهبوط بالأجهزة (ILS) هامش سلامة قدره 8 dB (انظر التوصية ITU-R SM.1009-1، التذييل 3 للملحق 2). وفي كل حالة يحدد الهامش بموجب قدرة الموجة الحاملة في نظام الملاحة.

[2] ورد هذا النص في الملحق 5 في التوصية ITU-R M.1477 (جنيف، 2000)، كما ورد في مواضع أخرى.

ولاختبار الأداء في هذه الأنظمة، يجري تخفيض قدرة الإشارة المطلوبة من السوية الإسمية بمقدار هامش السلامة، ثم تختبر لمعرفة ما إذا كان النظام يوفر الأداء المطلوب بوجود التداخل أم لا. بعبارة أخرى، يجب على المصنّع أن يصمم المعدات بحيث تتمكن من التعامل مع أعلى سوية متوقعة من التداخل بينما تستقبل سوية من الإشارة المطلوبة أخفض (بمقدار هامش السلامة) مما كانت سوف تستقبل خلاف ذلك.

وهذا النهج غير ممكن في النظام العالمي للملاحة الساتلية (GNSS)[3] لأن تخفيض قدرة الموجة الحاملة بمقدار 6 dB أو أكثر دون القدرة المصممة قد يؤدي إلى إغفال الساتل في خوارزمية التتبع في المستقبِل. ذلك لإن قدرة الساتل GNSS محدودة نسبياً، ومن ثم فإن مستقبلات GNSS تعمل على امتداد مجال دينامي ضئيل. وبالنسبة إلى مستقبلات GNSS، فإن مقياس نوعية الإشارة المستقبلة الرئيسي هو نسبة $C/N_{0,EFF}$، نسبة قدرة الموجة الحاملة المستعادة C، إلى الكثافة الطيفية الفعالة للضوضاء + التداخل، $N_{0,EFF} = N_0 + I_0$. ويجب أن تكون مستقبلات GNSS قادرة على التشغيل بالقرب من قيمة $C/N_{0,EFF}$ الدنيا، وهو مجال ترتفع فيه معلمات الأداء الهامة، مثل معدل خطأ الكلمات المكتشف أو خطأ طور الموجة الحاملة، بسرعة إزاء تخفيضات ضئيلة في معدل $C/N_{0,EFF}$ بسبب التداخل، مثلاً.

2.3 هامش الأمان للنظام GNSS في النطاق 559 1-610 1 MHz

على غرار الهبوط بالموجات الصغرية MLS وبالأجهزة ILS، فإن النهج المتبع في النظام GNSS هو تحديد سوية لتداخل الترددات الراديوية[4] (RFI) لغير الطيران يجب أن يكون المستقبل قادراً على قبولها وتفي في الوقت ذاته بمواصفات الأداء. وبالنسبة لنظام GNSS، تتجاوز حدود اختبار RFI في المستقبِل (أي عتبة التصميم) السوية القصوى للتداخل البيئي الكلي المسموح به في هامش الأمان. وعلى وجه التحديد، إذا كانت حدود اختبار التداخل الكلي المستمر لنظام GNSS هي $J_{agg,max}$ (dBW) واستخدم هامش الأمان M (dB)، عندئذ يكون الحد الأقصى المأمون للتداخل البيئي الكلي المستمر RFI، $J_{safe,max}$ (dBW)، هو:

$$J_{safe,\max} = J_{agg,\max} - M$$

وبالنسبة للنظام GNSS في النطاق 559 1-610 1 MHz، يكون هامش الأمان M (dB) هو 6 dB.

وقد استخدم هامش أمان قدره 5,6 dB في وضع حد البث عند –70dB(W/MHz) المعتمد في التوصية ITU-R M.1343-1. ولكن على صعيد التطبيق عموماً يتم تعديل هذا الهامش قليلاً إلى 6 dB، مما يدخله في مجال هوامش خدمة الأمان التي اعتمدها قطاع الاتصالات الراديوية لتطبيقات أمان أخرى، كما جاء في البند 1.3 أعلاه.

فهنالك مثلاً مستقبِل الملاحة الجوية SBAS نمط 1 بدقة اقتراب من الفئة I (انظر الجدول 2 في الملحق 2) يعمل في النطاق 575,42 1 ± 12 MHz قد تم تصميمه واختباره بحيث يتحمل سوية عتبة تداخل كلي في النطاق العريض بمقدار –140,5 dB(W/MHz) في أسلوب تتبع الإشارة. ويؤدي تطبيق هامش الأمان بمقدار 6 dB، كما جاء في المعادلة أعلاه، على العتبة الكلية إلى سوية الأمان المسموح بها في التعرض لتداخل بمقدار –146,5 dB(W/MHz).

ويُشترط توفر هامش أمان للطيران بما لا يقل عن 6 dB لحماية تطبيقات أمان النظام GNSS. وقد يُشترط توفر هوامش إضافية، وذلك يتوقف على ما يلي:

- آثار الإحصاءات على كل المعلمات المستخدمة في تحليلات التداخل ما لم تُفترض شروط أسوأ حالة؛
- مصادر التداخل RFI التي لا تدخل تحديداً في تحليل التداخل ولكن قد تنطوي على احتمال المساهمة في التداخل في نظام GNSS.

---

[3] النظام العالمي للملاحة الساتلية هو مجموعة من أنظمة RNSS توفر إشارات ساتلية للملاحة الراديوية حسبما تقره منظمة ICAO.

[4] يشير التداخل لغير الطيران إلى التداخل من مصادر أخرى غير أجهزة الطيران المركبة على متن الطائرة المجهزة بمستقبل GNSS.

3.3 توزيع خطر التداخل في الملاحة الراديوية للطيران والامتثال لهذا التوزيع

1.3.3 توزيع خطر التداخل

لا تنطبق تحليلات التداخل المستخدمة لشبكات الاتصالات التي تقوم على أساس عدم تيسر الخدمة في حالات خدمة سلامة الحياة لأن أي انقطاع لهذه الخدمة غير مقبول إن هو تجاوز معدل 1×10^{-6}/h (انظر أدناه). وعلاوة على ذلك، فإنها لا تعالج الآثار على البث الهامشي أو تقادم المعدات أو قصور عملها ولا تغيرات الأداء من وحدة إلى أخرى. وكذلك ثمة نزعة لإغفال أثر مصادر التداخل التي لا تحدث روتينياً. ولكن أوساط الطيران تسعى إلى تكمية المخاطر المرتبطة بأحداث من شأنها أن تتسبب في انقطاعات أو في معلومات مضللة، حتى الأحداث التي يمكن أن تعتبر بعيدة الاحتمال.

إذ يجب تصميم معدات الطيران بحيث تعالج أحداثاً نادرة الوقوع جداً على افتراض أنها تقع فعلاً. وبالنظر إلى ملايين ساعات الطيران التي تقوم بها الطائرات المدنية كل سنة، فإن احتمال وقوع حدث نادر جداً (1×10^{-6}/h) في مكان ما أثناء السنة يقين افتراضي. ومن المهم الإقرار بضرورة تقييم الخطر الناجم عن التداخل لدى القيام بتحليلات التداخل.

وتشترط معايير ICAO بخصوص المستقبلات المحمولة جواً، في نظام تكميلي في الساتل (SBAS) ونظام تكميلي على الأرض (GBAS) في خدمة GNSS، إطلاق إنذار ملاحة لدى تجاوز سوية التأثر في مستقبِل RFI. ويخصص تحليل الخطر في خدمة GNSS مقدار 1×10^{-5} لكل انقطاع في الاستمرارية لدى الاقتراب لتداخل غير GNSS بالنسبة لعمليات الاقتراب من الفئة I. والغرض من اشتراط الاستمرارية هو قصر أحداث RFI على واحد في كل 000 100 اقتراب. وفي أثناء عمليات الاقتراب الدقيقة قد يُستهلك هامش سلامة الطيران البالغ 6 dB بحكم التغيرات في $C/N_{0,EFF}$ ضمن الخدمة GNSS، كما جاء في البند 1.3. ولذلك فإن أي زيادة في التداخل الكلي لغير الطيران فوق حدود –146,5 dB(W/MHz) (من المثال المستخدم في البند 2.3) سوف تتسبب في إحداث فقدان استمرارية في مستقبِل GNSS. وثمة سابقة لهذا التفسير هي تعريف قطاع الاتصالات الراديوية للهامش في نظام الهبوط بواسطة الأجهزة (ILS) في البند 1.3. حيث جاء تقييم RFI في ظروف $C/N_{0,EFF}$ دنيا في نقاط فضائية مختارة في حجم التغطية الذي يشمله النظام ILS. بعبارة أخرى لا تُمنح إشارة التداخل أي مراعاة بسبب وجود هامش الأمان.

2.3.3 اعتبارات الامتثال

يجب أن يشتمل أي اقتراح بتقاسم نطاق الخدمتين ARNS/RNSS على أخذ أساليب الفشل في الخدمة المقترحة في عين الاعتبار. ويجب أن يحدد الاقتراح أي مواطن خلل قد تمثل تهديداً لخدمة السلامة الأصلية وأن يصف كيف يتم الكشف عن هذه الأساليب. كما يجب أن يبحث كيف سيتم إبلاغ مستعملي خدمة السلامة وأن تحلل مهلة الإنذار لهذا الإبلاغ. ويجب أن يصف المقترح أيضاً كيف ستتم أرشفة الملامح البارزة لأي حالة خلل ذي صلة لتحليلها في وقت لاحق. وينبغي أن تشمل أحوال الخلل هذه أي انزياح في مجال قدرة الإشعاع داخل النطاق أو خارجه. كما ينبغي أن تشمل أيضاً أي انحراف في الطيف المشع – النطاق الضيق مقابل النطاق العريض، مثلاً.

ويجب أن يحدد الاقتراح أيضاً بالتفصيل كيف سيتم الحفاظ على هامش الأمان المحدد في جميع السيناريوهات التشغيلية ذات الصلة. وينبغي أن تشمل هذه التحليلات حسابات الخسارة في المسير من الخدمة المقترحة إلى جميع مستعملي خدمة السلامة. ويتعين أن تنظر هذه التحليلات في كل أحوال المجاوَرة للخدمة المقترحة للطائرات والسفن ومستعملي خدمة السلامة في ظروف الطوارئ على الأرض.

ويتعين أن تنظر التحليلات أيضاً على نحو معقول في إمكانية تعدد مصادر التداخل. ويجب أن ينظر الاقتراح أيضاً في احتمال قرب الخدمة المقترحة من أصول راديوية ثابتة تستخدم في خدمة السلامة.

وأخيراً يتعين أن ينظر الاقتراح في التأثير على الإضافات الحديثة العهد أو المخطط لها في خدمة السلامة.

4.3 استنتاجات

1 يؤدي هامش الأمان بمقدار 6 dB في نظام GNSS إلى هامش $C/N_{0,EFF}$ أقل بكثير من 6 dB. وهذه القيمة $C/N_{0,EFF}$ الأخفض هي أقل من هوامش الأمان المحددة لأنظمة ملاحة أخرى حددتها المنظمة ICAO، ولكن ضمن مجال الهوامش المقبولة ضمن قطاع الاتصالات الراديوية من أجل خدمات السلامة.

2 يستوجب تقييم السلامة من جانب خدمات الملاحة الراديوية أن يكون احتمال تجاوز مصدر RFI لغير الطيران لحدود الحماية الخاصة به أقل من واحد في 000 100 اقتراب في الفئة I. وهذا الخطر في فقدان الاستمرارية غير مشمول في هامش أمان النظام GNSS.

3 السوية المسموح بها لتداخل غير الطيران هي رقم ثابت يمثل التداخل الكلي من كل المصادر المعروفة. وإذا أنشئت خدمات جديدة، يجب تقييد إرسالاتها لكي لا تتجاوز السوية الكلية المسموح بها.

الملحق 2

الخصائص التقنية ومعايير الحماية لمحطات الاستقبال الأرضية في الخدمة RNSS (فضاء–أرض) العاملة في النطاق 559 1-610 1 MHz

1 مقدمة

يرمي هذا الملحق إلى تقديم وصف لبعض تطبيقات الاستقبال في الخدمة RNSS، ووصف موجز لإشارات RNSS في النطاق 559 1-610 1 MHz، وسويات الحماية في مستقبِلات RNSS. وثمة معلومات أكثر تفصيلاً عن إشارات RNSS التي تستخدمها هذه المستقبلات في التوصية ITU-R M.1787. ويقدم القسم 2 أوصاف تطبيقات RNSS. ويصف القسمان 3 و4 استخدام العتبات القصوى لاستقبال طاقة التداخل الكلي من أجل حماية مستقبلات RNSS ويدرجان الخصائص التقنية ومعايير الحماية. والغرض من سويات الحماية المعروضة فيهما عموماً هو تناول مصادر التداخل المستمرة والنبضية[5] لغير خدمة RNSS.

وترد في الجدول 2 القيم العتبية للطاقة الكلية القصوى من التداخل الوارد من مصادر راديوية غير المصادر في خدمة RNSS. وبالنسبة للتداخل في النطاق الضيق، تستخدم قيمة القدرة المستقبلة إلى جانب سوية عليا بشأن عرض نطاق التداخل. وبالنسبة للتداخل في النطاق العريض، تستخدم الكثافة الطيفية للقدرة المستقبلة إلى جانب سوية دنيا بشأن عرض نطاق التداخل. والعتبات هي من أجل التداخل الكلي في خرج هوائي الاستقبال.

2 تطبيقات خدمة RNSS

يرد في هذا الملحق وصف عدة أنواع من مستقبلات RNSS من أجل تطبيقات معينة. وهنالك بضعة أنواع من مستقبلات الطيران تتوفر لها اشتراطات متطورة نسبياً. وفي هذا الوقت هنالك بعض التطبيقات لغير الطيران من المعروف أنها أكثر تأثراً نسبياً بالتداخل. ومردّ ذلك أساساً فرط الخسارة في المسير (أي إشارة مستقبَلة ضعيفة) في بعض الحالات، أو خسارة إضافية في معالجة الإشارة (أي في معالجة شبه عديمة التشفير) في حالات أخرى. وفي معرض استمرار تطور RNSS قد تدخل حيز الاستعمال تطبيقات في هذه الخدمة تستخدم مستقبلات أكثر تأثراً بالتداخل RFI، مما يتطلب تحديث هذه التوصية لكي تأخذها في الحسبان.

---

[5] يستخدم التداخل النبضي هنا للدلالة على التداخل الذي يتكون من رشقات إرسال تليها فترات عدم الإرسال. ويمثل التوافق مع خدمة الملاحة الراديوية الساتلية دالةً لقوة الرشقة ومدتها ودورة تشغيل الإرسال.

1.2 مستقبلات RNSS للطيران

1.1.2 مستقبِل اقتراب دقيق في الفئة I من نظام SBAS

النظام التكميلي في الساتل (SBAS) هو وسيلة لتصحيح خطأ قياس إقليمي في خدمة RNSS وتوفير بيانات سلامة من خلال إشارة ساتلية في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض.

النمط 1

هذا النمط من مستقبلات الطيران هو مستقبِل ملاحة محمول جواً مصمم من أجل اقتراب دقيق من الفئة I حسب ICAO. ويجب أن يفي بمتطلبات مواصفة النظام SBAS. وهو يتتبع إشارات كل من RNSS L1 C/A وSBAS L1 CDMA[6]. وتتسم إشارات SBAS L1 بشفرات مماثلة لشفرات إشارات L1 C/A المرسلة في نفس التردد المركزي (1 575,42 MHz). وخصائص هذا النمط من المستقبلات محددة في العمود 1 في الجدول 2.

النمط 2

هذا النمط من مستقبلات الطيران هو أيضاً مستقبِل ملاحة محمول جواً مصمم من أجل اقتراب دقيق من الفئة I حسب ICAO.

ولكن هذا النمط من المستقبلات يعمل بإشارات RNSS وFDMA SBAS[7] في عدة ترددات موجات حاملة في آنٍ واحد. وهو يتتبع إشارات كل من RNSS وSBAS التي قد تكون في ترددات موجات حاملة مختلفة. وخصائص هذا النمط من المستقبلات محددة في العمود 2 في الجدول 2.

2.1.2 مستقبِل اقتراب دقيق في الفئة II/III من النظام GBAS

النمط 1

هذا النمط من مستقبلات الطيران هو مستقبِل ملاحة محمول جواً مصمم من أجل اقتراب دقيق من الفئة II/III حسب ICAO. ويجب أن يتتبع الإشارات الساتلية RNSS (L1 C/A) وإشارات نطاق الموجات المترية (VHF) ووصلة بيانات GBAS. وهو يستقبل إشارات CDMA. وخصائص هذا النمط من المستقبلات محددة في العمود 3 في الجدول 2.

النمط 2

هذا النمط من مستقبلات الطيران هو أيضاً مستقبِل ملاحة محمول جواً مصمم من أجل اقتراب دقيق من الفئة II/III حسب ICAO. وهذا النمط من المستقبلات يعمل بإشارات FDMA RNSS في عدة ترددات موجات حاملة في آنٍ واحد. ويجب أن يتتبع الإشارات الساتلية RNSS وإشارات نطاق الموجات المترية (VHF) ووصلة بيانات GBAS. ويمكن أن يعمل هذا المستقبل أيضاً بمعلومات من المرسلات الأرضية لخدمة الملاحة الراديوية للطيران التي ترسل إشارات ملاحة راديوية مماثلة لإشارات RNSS (فضاء–أرض) على محطات الطائرات. وخصائص هذا النمط من المستقبلات محددة في العمود 4 في الجدول 2.

---

6 يشير مصطلح "CDMA" إلى استعمال أسلوب النفاذ المتعدد بتقسيم الشفرة والتشكيل ترسل فيه كل سواتل RNSS و/أو SBAS في نفس تردد الموجة الحاملة ولكن بشفرات تشكيل مختلفة. وثمة مزيد من تفاصيل الإشارات في الملحق 1 (GLONASS) وفي الملحق 2 (GPS) في التوصية ITU-R M.1787.

7 يشير مصطلح "FDMA" إلى أسلوب النفاذ المتعدد بتقسيم التردد تستخدم فيه كل سواتل RNSS نفس شفرة التشكيل ولكن كل ساتل يرسل في تردد موجة حاملة مختلفة. وثمة مزيد من تفاصيل الإشارات في الملحق 1 (GLONASS) في التوصية ITU-R M.1787.

3.1.2 المستقبِل المرجعي SBAS على الأرض

هذا النمط من مستقبلات الطيران هو مستقبِل مرجعي على الأرض يستخدم في عمليات شبكة SBAS على الأرض لتحديد التأخرات الأيونوسفيرية وسلامة إشارات RNSS. ويستخدم هذا المستقبِل أسلوباً شبه عديم الشفرة يستغل ميزة فريدة تمكنها معمارية إشارة RNSS المحددة حيث يتم تتبع إشارات الشفرة L1 وL2 P(Y)، تساعدها في ذلك معرفة طور موجة حاملة دينامية تُستمد من شفرة L1 C/A[8] وتتبع الموجة الحاملة، ومعرفة متوسط معدل توقيت التجفير. ويوفر أسلوب تقاطع الترابط هذا مقدرة قياس تأخر الإشارة في L2، مما يمكن من تحديد تغيرات تأخر الإشارات الناجمة عن الأيونوسفير. ومخطط تقاطع الترابط ممكن جزئياً لأن شفرات إشارات L1 وL2 P(Y) متماثلة. ويجب أن يلتقط هذا المستقبِل إشارات الساتل SBAS ويتتبعها بنفس التردد كما في الموجة الحاملة L1 C/A. والمستقبلات شبه عديمة الشفرة أكثر حساسية للتداخل لأنها تعمل دون ميزة معرفة الشفرة Y[9]. وتؤدي مستقبلات SBAS على الأرض أدواراً حاسمة الأهمية من قبيل رصد سلامة إشارات RNSS في محطات SBAS على الأرض في مواقع ثابتة معروفة. ومن ثم ينبغي أن يتوفر لهذه المستقبلات الحماية الملائمة لضمان النفاذ المستمر دون انقطاع إلى إشارات RNSS، من قبيل مناطق الدارئات المادية، دون أن يقتصر عليها. وخصائص هذا النمط من المستقبلات محددة في العمود 5 في الجدول 2.

تُستخدم المستقبلات المرجعية SBAS القائمة على الأرض للقيام بأدوار بالغة الأهمية مثل مراقبة سلامة أنظمة الخدمة RNSS في محطات الأرض SBAS في مواقع ثابتة معروفة. ومن ثم تتوفر الحماية المناسبة لهذه المستقبلات لضمان نفاذها المستمر غير المتقطع لإشارات الخدمة RNSS ، بما يشمل، على سبيل المثال لا الحصر، توفير مناطق دارئة مادية.

4.1.2 مستقبلات الاقتراب الدقيق في الملاحة الجوية

هذا النمط من المستقبلات هو مستقبِل ملاحة جوية مصمم لتوفير اقتراب دقيق. ويمكن أن يستخدم إشارات FDMA وCDMA على حد السواء في نظام RNSS، وأن يعمل في عدة ترددات موجات حاملة في آن واحد. وخصائص هذا النمط من المستقبلات محددة في العمود 6 في الجدول 2.

ويمكن أن تنطبق أيضاً خصائص مستقبلات الملاحة الجوية على مستقبلات طُورت من أجل تطبيقات برية وبحرية غير موصوفة في هذا الملحق.

2.2 المستقبلات عالية الدقة

تمثل الفئة عالية الدقة مستقبلات مصممة لكي توفر دقة تحديد موقع بمقدار سنتمتر واحد إلى سنتمترين في الوقت الفعلي في أسلوب دينامي، باستخدام أسلوب ثنائي التردد أو إشارات ثلاثية التردد وكذلك شبكات SBAS. وخصائصها مماثلة لخصائص المستقبلات المرجعية على الأرض شبه عديمة الشفرة للطيران SBAS الموصوفة أعلاه، ولكنها قد تكون في بعض التطبيقات أكثر حساسية من هذه التطبيقات للطيران لأن هذه المستقبلات عالية الدقة تعمل في بيئات مجهدة، تحت أوراق الشجر مثلاً. وتستخدم المستقبلات والأنظمة عالية الدقة في تطبيقات تتطلب دقة عالية في تحديد الموقع، مثل الزراعة والبناء والتعدين وإدارة الموارد الطبيعية والعلوم والمساحة.

وتستخدم المستقبلات RNSS عالية الدقة أسلوباً شبه عديم الشفرة حيث تُلتقط إشارتان أو ثلاث إشارات RNSS في موجات حاملة مختلفة ويتم تتبعها (مثل إشارات L1 وL2 P(Y)) وتستعين في ذلك بمعرفة طور الموجة الحاملة الدينامي المستمد من تتبع شفرة واحدة من الإشارات (L1 C/A مثلاً). وتتطلب هذه المستقبلات الحماية في جميع نطاقات RNSS المستعملة. وتستخدم طريقتان أساسيتان: 1) إشارات RNSS في مختلف النطاقات متقاطعة الترابط، أو 2) إشارات RNSS يتم تتبعها فعلاً بصورة مستقلة. وهنالك أيضاً متغايرات لهاتين الطريقتين أو توليفات منهما. وفي أي حال، فإن الغرض هو توفير تقدير للتأخر

---

[8] ترسل إشارات L1 C/A وL1 P(Y) في نطاق التردد 559 1-610 1 MHz في نظام RNSS بينما ترسل إشارات L2 P(Y) في نطاق التردد 215 1-300 1 MHz في نظام RNSS. وثمة مزيد من التفاصيل عن هذه الإشارات في الملحق 2 (GPS) في التوصية ITU-R M.1787.

[9] الشفرة Y هي شفرة P معدلة ومجفرة، لها نفس معدل الترقيق وخصائص التشكيل كما في الشفرة P.

الأيونوسفيري، أو مجموعة مستقلة من قياسات طور الموجة الحاملة، من شأنها أن تزيل بسرعة أحوال الغموض في طول الموجة. وتوفر هذه العملية تحسيناً في دقة تحديد الموقع، حتى عندما تكون المستقبلة في حالة الحركة. ويصبح مخطط تقاطع الترابط ممكناً إذا كان للإشارات شفرات متماثلة، متزامنة تقريباً. وتتعرض الإشارات في تردد موجة حاملة لزحزحة الطور والتأخر بفعل الأيونوسفير نسبة إلى الإشارات في تردد موجة حاملة أخرى من نفس الساتل. ومع ذلك، وعندما يكون للإشارات شفرة متماثلة وظاهرة دوبلر في الموجة الحاملة، قد تتوفر القدرة على المساعدة في عملية التتبع شبه عديم الشفرة باستخدام عرى تتبّع ضيقة النطاق جداً.

ويمكن أيضاً، في مستقبلات أحدث عهداً، تتبع الإشارة L2C[10] إذا تيسرت من ساتل معين، وفي هذه الحالة قد لا تعمل في أسلوب شبه عديم الشفرة بالنسبة لذلك الساتل. ومع ذلك، وبما أن هذه المستقبلات تعمل في شبكة على الأرض بالاقتران مع مستقبلات شبه عديمة الشفرة، وبالاقتران مع تتبع شبه عديم الشفرة لإشارات ساتلية دون L2C، فإن حساسيتها للتداخل لا تختلف عن حساسية المستقبلات شبه عديمة الشفرة للتداخل.

ويمكن أيضاً استخدام المستقبلات المتعددة النطاقات في الشبكات من الفئة التجارية. ويمكن في هذه التطبيقات معالجة إشارات RNSS بطرائق شبه عديمة الشفرة لتحديد التأخر الأيونوسفيري في الإشارات. وتستخدم الشبكة هذه المعلومات لتحسين الدقة فوق منطقة واسعة.

وتكون مستقبلات الشبكات التجارية المتعددة النطاقات على الأرض عموماً أكثر حساسية للتداخل من المستقبلات شبه عديمة الشفرة للطيران الموصوفة في البند 1.2 أعلاه، مع أنها يمكنها أيضاً أن تتتبع الإشارة L2C من فرادى السواتل. وهي مصممة عموماً لكي تعمل في بيئة دينامية ولا تستخدم عموماً مرجع تردد محدد بدقة. وتنطبق عتبات التداخل المبينة أدناه لمستقبلات RNSS عالية الدقة في الجدول 2 أيضاً على المستقبلات شبه عديمة الشفرة من الفئة التجارية.

ويلاحظ أن عتبات التتبع ذات الصلة لهذه المستقبلات شبه عديمة الشفرة (انظر عمود "الدقة العالية" في الجدول 2) محددة على أساس أكثر الإشارات المتتبعة حساسية. ففي بعض التطبيقات المتعددة النطاقات مثلاً التي تشمل مستقبلات تعمل في النطاق 559 1-610 1 MHz، قد تكون أكثر الإشارات حساسية في النطاق 215 1-300 1 MHz، وفي هذه الحالة ترد معايير الحماية ذات الصلة في التوصية ITU-R M.1902.

ثمة ثلاثة أنماط من المستقبلات في العمود 11 من الجدول 2 يستخدم كل منهما نمط إشارة ساتل RNSS مختلف (إما CDMA، لإشارات L1 P(Y) وC/A؛ أو CDMA و/أو FDMA لإشارات GLONASS) ومدى تردد مختلف وعرض نطاق مرشاح مختلف. أما معايير الحماية والخصائص المتبقية فهي نفسها.

3.2 مستقبلات RNSS المساعَدة (A-RNSS)

تشير المستقبلات A-RNSS إلى مستقبلات RNSS من الفئة التجارية محمولة يدوياً ومساعَدة. ويعمل هذا الصنف من المستقبلات ضمن بيئات "مجهدة"، تحت طبقة كثيفة من أوراق الشجر أو داخل المباني أو في أخاديد حضرية. وهي أحياناً "مساعَدة من هاتف خلوي"، إذ تتوفر المعلومات المساعِدة (بيانات دوبلر والتوقيت والملاحة) في الوقت الفعلي لتمكين التقاط إشارة RNSS وتتبعها عبر قدر لا بأس به من التوهين (بسبب جدران المباني مثلاً). ونظراً للتوهين بسبب كثافة أوراق الشجر أو الجدران، ليس من الملائم تحديد سويات معيارية لإشارة RNSS المستقبَلة. ومن ثم لا يمكن تحديد عتبات قدرة التداخل فيما يتعلق بسويات الإشارة المستقبَلة.

ولذلك فإن النهج المقبول هو تحديد عتبة كثافة قدرة التداخل الكلية عند سوية لا تؤدي إلى رفع مجموع أرضية الضوضاء بأكثر من 1 dB فوق أرضية الضوضاء البيئية. وهنا تكون أرضية الضوضاء البيئية هي أرضية ضوضاء البيئة داخل المباني (–144 dBW/MHz)، أي ما يقابل كثافة قدرة ضوضاء في مستقبِل بمقدار –141 dBW/MHz لمستقبِل له رقم ضوضاء قدره 3 dB، ما يؤدي إلى عتبة كثافة قدرة تداخل نطاق عريض كلية بمقدار –146,9 dBW/MHz عند خرج هوائي منفعل ذي استقطاب دائري بقيمة 0 dBi. وفي حالة التداخل ضيق النطاق الكلي (انظر الشكل 1)، تكون عتبة قدرة التداخل

10 ثمة مزيد من التفاصيل عن الإشارة L2C في الملحق 2 (GPS) في التوصية ITU-R M.1787.

عندئذ –156,9 dBW. ونظراً إلى أن هذه المستقبلات مساعدة بوجه عام، تكون العتبات الخاصة بالحيازة والتتبع متماثلة. وخصائص هذا النمط من المستقبلات موصوفة في العمود 7 من الجدول 2.

4.2 مستقبلات الأغراض العامة

تمثل فئة الأغراض العامة عدة أنماط من مستقبلات RNSS. وهذه المستقبلات مصممة من أجل التجول على متن المركبات والتجول سيراً على الأقدام وتحديد المواقع عموماً، وما شابه ذلك. وثمة ثلاثة أنماط من المستقبلات مدرجة في العمود 8، ونمط واحد في العمود 9 من الجدول 2. وتستخدم الأنماط الثلاثة رقم 1 من فئة الأغراض العامة في العمود 8 أنماط إشارات مختلفة (إما CDMA، لإشارة L1 C/A؛ أو CDMA و/أو FDMA لإشارات GLONASS)، ومدى تردد مختلف وعرض نطاق للترابط المسبق مختلف. أما معايير الحماية والخصائص المتبقية فهي نفسها. ويستخدم المستقبل من النمط رقم 2 من فئة الأغراض العامة (العمود 9) إشارات CDMA (B1-C)[11] وله خصائص ومعايير حماية مختلفة عن مستقبِل النمط رقم 1 من فئة الأغراض العامة.

5.2 تحديد الموقع داخل المباني

تمثل فئة تحديد الموقع داخل المباني مستقبلات RNSS التي يُقصد استخدامها داخل المباني والتي تتسم عموماً بمقدرة C/N_0 منخفضة (أي مستقبلات حساسة جداً). وبما أن تتبع الموجات الحاملة لا يمكن استخدامه بوجود إشارات قدرة منخفضة في بيئات داخل المباني، فإن الاستخدام يقتصر على تتبع الشفرة في هذا النمط من المستقبلات. وهنالك ثلاثة أنماط من المستقبلات في العمود 10 من الجدول 2، يستخدم كل منهما نمط إشارة ساتل RNSS مختلف (إما CDMA؛ أو CDMA و/أو FDMA لإشارات GLONASS) ومدى تردد مختلف وعرض نطاق مرشاح ترابط مسبق مختلف.

3 عتبات التداخل المستمرة في RNSS بشأن المصادر الراديوية غير RNSS

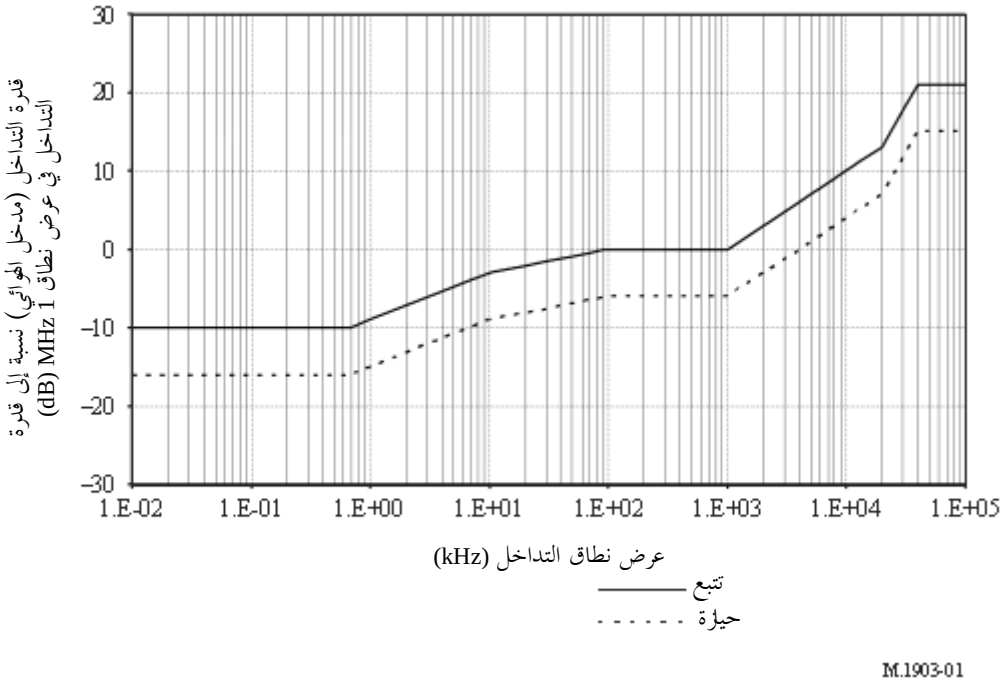
تشير مستويات القدرة المستقبلة في خرج الهوائي، في الأوصاف التالية، إلى سويات القدرة التي يعزى إليها القدر الأقصى من كسب الهوائي في اتجاه مصادر التداخل. وفي الشكل 1 مثال لمواصفة RNSS لسويات التداخل الكلية النسبية مقابل عرض نطاق مصادر التداخل للمستقبلات التي تستخدم الإشارة L1 C/A. وقد تم تقييس سويات التداخل في الشكل 1 نسبة إلى 1,0 MHz كسوية قدرة عتبية في أسلوب تتبع عرض نطاق التداخل المحددة لبعض أنماط مستقبلات L1 C/A في الجدول 2 (كما هو مبين في الملاحظة 1).

وينطبق منحنى أسلوب الحيازة في الشكل 1 على مستقبلات النمط 1 في SBAS وGBAS. ولا يختلف منحنى الالتقاط لمستقبلات A-RNSS والمستقبلات عالية الدقة عن منحنى أسلوب التتبع في الشكل 1. وترد في الجدول 1 النقاط العتبية لعرض النطاق وقيم السويات النسبية للمنحنيين في الشكل 1.

[11] ثمة مزيد من التفاصيل عن الإشارة B1-C في الملحق 7 (COMPASS) في التوصية ITU-R M.1787.

الشكل 1

عتبات قدرة التداخل المستمرة النسبية لأنماط معينة من المستقبلات التي تستخدم إشارة L1 C/A



الجدول 1

عتبات قدرة التداخل المستمرة النسبية لأنماط معينة من المستقبلات التي تستخدم إشارة L1 C/A

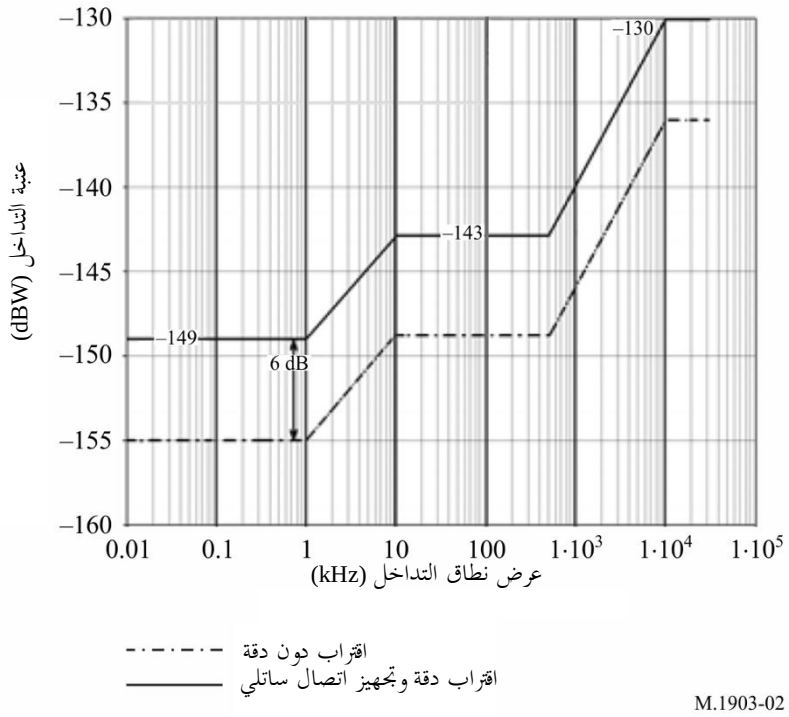
عرض النطاق	سوية التداخل النسبية
$0 \le BW_I \le 700$ Hz	–10 dB
700 Hz < $BW_I \le 10$ kHz	متزايدة خطياً من –10 dB إلى –3 dB
10 kHz < $BW_I \le 100$ kHz	متزايدة خطياً من –3 dB إلى 0 dB
100 kHz < $BW_I \le 1$ MHz	0 dB
1 MHz < $BW_I \le 20$ MHz	متزايدة خطياً من 0 dB إلى 13 dB[1]
20 MHz < $BW_I \le 30$ MHz	متزايدة خطياً من 13 dB إلى 19,4 dB[1]
30 MHz < $BW_I \le 40$ MHz	متزايدة خطياً من 19,4 dB إلى 21 dB[1]
40 MHz < BW_I	21 dB*

[1] بالنسبة لعرض نطاقات تزيد عن 1 MHz، يجب ألا تزيد الكثافة الطيفية لقدرة التداخل عن عتبة النطاق العريض ذات الصلة المدرجة في الجدول 2 على امتداد مدى التردد 1 575,42 ± 10 MHz.

يوضح الشكل 2 حالة مستقبلات الملاحة الجوية التي تتتبع إشارات FDMA RNSS ويبين سويات عتبة التداخل المصاحبة مقابل عرض نطاق مصدر التداخل. وجدير بالملاحظة أن القيم العتبية المبينة في الشكل 2 لا تأخذ في الحسبان هامش الأمان (حوالي 6 dB) الذي يطبق عادة في معايير ICAO ذات الصلة.

الشكل 2

القيم العتبية للتداخل في مستقبلات FDMA



4 الخصائص التقنية ومعايير الحماية في مستقبلات RNSS

يدرج الجدول 2 الخصائص التقنية ومعايير الحماية (عتبات التداخل الكلي القصوى) لعدد من تطبيقات RNSS التمثيلية في النطاق 1 559-1 610 MHz. وثمة المزيد من معلومات إشارة RNSS في التوصية ITU-R M.1787. ويرد في الملحق 1 إمكانية تطبيق هوامش الأمان في حماية مستقبلات RNSS.

ويقترح الجدول 2 سويات مختلفة من الحماية تبعاً لنمط مستقبلات RNSS أو تطبيقها. وقد وردت في الجدول مختلف المستقبلات والتطبيقات التالية:

– مستقبِل SBAS من الفئة I (نمطان) ومستقبل GBAS من الفئة II/III (نمطان) (انظر البندين 1.1.2 و2.1.2 أعلاه، والأعمدة 1 إلى 4 في الجدول 2 أدناه)
– مستقبِل SBAS مرجعي على الأرض (انظر البند 3.1.2 أعلاه والعمود 5 في الجدول 2).
– مستقبِل اقتراب دقيق للملاحة الجوية (انظر البند 4.1.2 أعلاه والعمود 6 في الجدول 2).
– دقة عالية (3 أنماط) (انظر البند 2.2 أعلاه والعمود 11 في الجدول 2).
– A-RNSS (انظر البند 3.2 أعلاه والعمود 7 في الجدول 2).
– الأغراض العامة رقم 1 (3 أنماط) (انظر البند 4.2 أعلاه والعمود 8 في الجدول 2).
– الأغراض العامة رقم 2 (انظر البند 4.2 أعلاه والعمود 9 في الجدول 2).
– تحديد الموقع داخل المباني (3 أنماط) (انظر البند 5.2 أعلاه والعمود 10 في الجدول 2).

الجدول 2

الخصائص التقنية ومعايير الحماية لمستقبلات RNSS (فضاء–أرض) العاملة في النطاق 559 1-610 1 MHz

	1	2	3	4	5	6		7	8			9	10			11		
معلمة التطبيق (انظر البند 4)	SBAS الفئة I النمط 1	SBAS الفئة I النمط 2	GBAS الفئة II/III النمط 1	GBAS الفئة II/III النمط 2	SBAS مستقبِل مرجعي على الأرض*	مستقبل اقتراب دقيق في الملاحة الجوية		A-RNSS	أغراض عامة رقم 1			أغراض عامة رقم 2	تحديد موقع داخل المباني			دقة عالية* (الملاحظة 11)		
مدى تردد الإشارة (MHz)	1 575,42 ± 15,345	1 602 + 0,5625K ± 5,11، حيث K = –7, …, +6 و 1 602 + 0,5625N ± 0,511، حيث N = +7, …, +12 (الملاحظة 12)	1 575.42 ± 15.345	1 602 + 0,5625K ± 5,11، حيث K = –7, …, +6 و 1 602 + 0,5625N ± 0,511، حيث N = –12, …, –8 (الملاحظة 15)	1 575,42 ± 15,345	1 602 + 0,5625K ± 5,11، حيث K = –7, …, +6 (الملاحظة 17)	1 600,995 ± 7,7	1 575,42 ± 15,345	1 575,42 ± 12	1 602 + 0.5625K ± 5,11، حيث K = –7, …, +6	1 600,995 ± 7,7	1 561,098 ± 2,046 1 589,742 ± 2,046	1 575,42 ± 12	1 602 + 0,5625K ± 5,11، حيث K = –7, …, +6	1 600,995 ± 7,7	1 602 +0.5625K ± 5,11، حيث K = –7, …, +6	1 575,42 ± 15,345	1 600,995 ± 7,7
الكسب الأقصى لهوائي المستقبِل في نصف الكرة الأعلى (dBi)	+3,0 (دائري) (الملاحظة5)	+7 (دائري) (الملاحظة 13)	3,0+ (دائري) (الملاحظة5)	+7 (دائري) (الملاحظتان 13 و16)	2,0– (دائري) (الملاحظة 6)	+7 (دائري) (الملاحظة 13)		0,0	6			3	6			3,0+		
الكسب الأقصى لهوائي المستقبِل في نصف الكرة الأدنى (dBi)	5,0– (خطي) (الملاحظة 7)	10– (دائري)	5,0– (خطي) (الملاحظة 8)	10– (دائري)	9,0– (دائري) (الملاحظة 6)	10– (دائري)		0,0	6 (الملاحظة 18)			10–	6 (الملاحظة 18)			5,0– (الملاحظة 10)		
مرشاح RF بمقدار 3 dB عرض نطاق (MHz)	24,0	30	24,0	30	24,0	30		30,69	32		30	4,196	32		30	30,69 أو 32		30
مرشاح ترابط مسبق بمقدار 3 dB عرض نطاق (MHz)	20,46	22	20,46	22	20,46	22	25	20,46	22	2	25	4,096	22	2	25	22	20,46	25
حرارة ضوضاء نظام المستقبِل (K)	513	400	513	400	513	400		513	645			330	645			513		

الجدول 2 (*تتمة*)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	SBAS الفئة I النمط 1	**SBAS الفئة I النمط 2**	**GBAS الفئة II/III النمط 1**	**GBAS الفئة II/III النمط 2**	**SBAS مستقبِل مرجعي على الأرض***	**مستقبل اقتراب دقيق في الملاحة الجوية**	**A-RNSS**	**أغراض عامة رقم 1**	**أغراض عامة رقم 2**	**تحديد موقع داخل المباني**	**دقة عالية* (الملاحظة 11)**	
عتبات التداخل المستمر												
سوية قدرة عتبة أسلوب التتبع لتداخل النطاق الضيق الكلي عند خرج الهوائي المنفعل (dBW)	–150,5 (الملاحظتان 01 و2)	–149 (الملاحظتان 3 و14)	–150,5 (الملاحظتان 1 و2)	–149 (الملاحظتان 3 و14)	–160,0 (الملاحظة 9)	–149 (الملاحظتان 3 و14)	–156,9 (الملاحظة 2)	–152 (الملاحظة 2) (CDMA) (الملاحظة 3 FDMA و CDMA (تردد موجة حاملة 1 600,995 MHz)	–150 (الملاحظة 4)	–184 (الملاحظة 2) (CDMA) (الملاحظة 3 FDMA و CDMA (تردد موجة حاملة 1 600,995 MHz)	157,4– (الملاحظة 2)	157,4– (الملاحظة 3)
سوية قدرة عتبة أسلوب الحيازة لتداخل النطاق الضيق الكلي عند خرج الهوائي المنفعل (dBW)	–156,5 (الملاحظتان 1 و2)	–155 (الملاحظتان 3 و14)	–156,5 (الملاحظتان 1 و2)	–155 (الملاحظتان 3 و14)	–157,4 (الملاحظة 9)	–155 (الملاحظتان 3 و14)	–156,9 (الملاحظة 2)	–158 (الملاحظة 2) (CDMA) (الملاحظة 3 FDMA و CDMA (تردد موجة حاملة 1 600,995 MHz)	–156 (الملاحظة 4)	–190 (الملاحظة 2) (CDMA) (الملاحظة 3 FDMA و CDMA (تردد موجة حاملة 1 600,995 MHz)	157,4– (الملاحظة 2)	157,4– (الملاحظة 3)
سوية كثافة قدرة عتبة أسلوب التتبع لتداخل النطاق العريض الكلي عند خرج الهوائي المنفعل (dB(W/MHz))	–140,5 (الملاحظتان 1 و2)	–140 (الملاحظتان 3 و14)	–140,5 (الملاحظتان 1 و2)	–140 (الملاحظتان 3 و14)	–146,0 (الملاحظة 9)	–140 (الملاحظتان 3 و14)	–146,9 (الملاحظة 2)	–136 (الملاحظة 2) (CDMA) (الملاحظة 3 FDMA و CDMA (تردد موجة حاملة 1 600,995 MHz)	–140 (الملاحظة 4)	–142 (الملاحظة 2) (CDMA) (الملاحظة 3 FDMA و CDMA (تردد موجة حاملة 1 600,995 MHz)	147,4– (الملاحظة 2)	147,4– (الملاحظة 3)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
معلمة التطبيق (انظر البند 4)	**SBAS الفئة I النمط 1**	**SBAS الفئة I النمط 2**	**GBAS الفئة II/III النمط 1**	**GBAS الفئة II/III النمط 2**	**SBAS مستقبِل مرجعي على الأرض***	**مستقبل اقتراب دقيق في الملاحة الجوية**	**A-RNSS**	**أغراض عامة رقم 1**	**أغراض عامة رقم 2**	**تحديد موقع داخل المباني**	**دقة عالية* (الملاحظة 11)**	
سوية كثافة قدرة عتبة أسلوب الحيازة لتداخل النطاق العريض الكلي عند خرج الهوائي المنفعل ((dB(W/MHz))	–146,5 (الملاحظتان 1 و2)	–146 (الملاحظتان 3 و14)	–146,5 (الملاحظتان 1 و2)	–146 (الملاحظتان 3 و14)	–147,4 (الملاحظة 9)	–146 (الملاحظتان 3 و14)	–146,9 (الملاحظة 2)	–142 (الملاحظة 2) (CDMA) (الملاحظة 3 FDMA و CDMA (تردد موجة حاملة 1 600,995 MHz)	–146 (الملاحظة 4)	–148 (الملاحظة 2) (CDMA) (الملاحظة 3 FDMA و CDMA (تردد موجة حاملة 1 600,995 MHz)	–147,4 (الملاحظة 2)	–147,4 (الملاحظة 3)
***عتبات التداخل النبضي** (انظر الملاحظة 22)*												
سوية ضغط دخل المستقبل (dBW) (الملاحظة 19) (الملاحظة 22)	–135 (الملاحظة 20)	–80	–135 (الملاحظة 20)	–80	–135 (الملاحظة 20)	–80		–70	–70	–100	–120	
سوية بقاء المستقبل (dBW) (الملاحظة 22)	–10 (الملاحظة 21)	–1	–10 (الملاحظة 21)	–1	–10 (الملاحظة 21)	–1		–20	–20	–17	–20	
زمن استعادة فرط الحمولة (s)	$25,0 \times 10^{-6}$	(1 إلى 5)$\times 10^{-6}$	$25,0 \times 10^{-6}$	(1 إلى 5)$\times 10^{-6}$	$25,0 \times 10^{-6}$	(1 إلى 5)$\times 10^{-6}$		30×10^{-6}	30×10^{-6}	30×10^{-6}	(1 إلى 30) $\times 10^{-6}$	

ملاحظات الجدول 2:

* تشمل أعمدة الجدول هذه خصائص وعتبات للمستقبلات التي تعمل في النطاق 559 1-610 1 MHz. (مستقبلات CDMA من هذا النمط تعمل بالإشارات الموصوفة في الملحق 2 في التوصية ITU-R M.1787) بالنسبة لخصائص وعتبات المستقبلات التي تحوز وتتتبع أيضاً إشارات RNSS في النطاق 215 1-300 1 MHz و/أو 164 1-215 1 MHz، راجع أيضاً التوصية ITU-R M.1903 و/أو ITU-R M.1905.

الملاحظة 1 – تدرج قيمة العتبة، عندما تستخدم في نموذج تقييم التداخل بحسب التوصية ITU-R M.1318-1، في الخط (a) وتدرج 6 dB (هامش الأمان، الموصوف في الملحق 1) في الخط (b) من نموذج التقييم المعياري.

الملاحظة 2 – يعتبر أن التداخل المستمر في النطاق الضيق له عرض نطاق أقل من 700 Hz. ويعتبر أن التداخل المستمر في النطاق العريض له عرض نطاق أكبر من 1 MHz. وعتبات التداخل لعروض النطاق ما بين 700 Hz و1 MHz واردة في البند 3 (انظر الشكل 1 والجدول 1). وهذه القيم هي من أجل شفرة L1 C/A ولا يتوخى استعمالها في بيئات يكثر فيها التداخل النبضي.

الملاحظة 3 – فيما يتعلق بمعالجة إشارة FDMA و CDMA (تردد موجة حاملة 600,995 1 MHz)، يعتبر أن التداخل المستمر في النطاق الضيق له عرض نطاق أقل من 1 kHz. ويعتبر أن التداخل المستمر في النطاق العريض له عرض نطاق أكبر من 500 kHz. وترد عتبات عروض نطاق التداخل بين 1 kHz و500 kHz في الشكل 2.

الملاحظة 4 – يعتبر أن التداخل المستمر في النطاق الضيق له عرض نطاق أقل من 700 Hz. ويعتبر أن التداخل المستمر في النطاق العريض له عرض نطاق أكبر من 1 MHz.

الملاحظة 5 – ينطبق كسب الهوائي الأقصى للمستقبل RHCP في نصف الكرة الأعلى على زاوية ارتفاع 75° أو أكثر نسبة إلى المستوى الأفقي للهوائي.

الملاحظة 6 – تنطبق قيمة الكسب الأقصى المدرجة لنصف الكرة الأعلى على زاوية ارتفاع 30° (زاوية وصول RFI المتوقعة القصوى). وتنطبق قيمة الكسب الأقصى المدرجة لنصف الكرة الأدنى على زاوية ارتفاع 5°.

الملاحظة 7 – تنطبق قيمة الكسب الأقصى المدرجة على زاوية ارتفاع 0°. وبالنسبة لزوايا ارتفاع ما بين 0° و–30° يتناقص الكسب الأعظمي إلى –10 dBi ويبقى ثابتاً عند –10 dBi لزوايا الارتفاع ما بين –30° و–90°.

الملاحظة 8 – تنطبق قيمة الكسب الأقصى المدرجة لنصف الكرة الأدنى على زاوية ارتفاع 0°. وبالنسبة لزوايا الارتفاع ما بين 0° و–30° يتناقص الكسب الأعظمي إلى –10 dBi ويبقى ثابتاً عند –10 dBi لزوايا الارتفاع ما بين –30° و–45°. وبالنسبة لزوايا الارتفاع ما بين –45° و–90° يكون حد الكسب الأعظمي هو –13 dBi.

الملاحظة 9 – تنطبق قيم التتبع على إشارة L1 SBAS. وتبنى عتبات التتبع على المواصفة FAA-E-2892B، التعديل رقم 0012. وتنطبق قيم الحيازة على إشارة L1 C/A حيث I/N هي –6 dB. وحدود عرض نطاق التداخل المستمر للنطاق الضيق والنطاق العريض هي 700 Hz (أقصى) و1 MHz (أدنى)، على التوالي. والعتبات من أجل عروض نطاق التداخل بين هذين الحدين غير محددة، وقد تتطلب مزيداً من الدراسة.

الملاحظة 10 – تنطبق قيمة الكسب الأقصى المدرجة لنصف الكرة الأدنى على زوايا ارتفاع أقل من +10°.

الملاحظة 11 – تنطبق الخصائص وسويات الحماية الواردة في هذا العمود أيضاً على مستقبلات RNSS المصممة للعمل في تطبيقات RNSS المتخصصة (مثل الشبكات الوحيدة التردد على الأرض، والملاحة الدقيقة). (انظر تعريف الدقة العالية في البند 2.2 أعلاه) وتخضع المعلمات المرتبطة بالاستجابة للتداخل النبضي الخاص بهذا النمط من المستقبلات لمزيد من الدراسة بالتزادف مع عمل قطاع الاتصالات الراديوية بشأن طريقة عامة لتقييم RFI ذات النبضات.

الملاحظة 12 – يعمل هذا النمط من المستقبلات في عدة ترددات موجات حاملة في آن واحد. وتحدد ترددات الموجات الحاملة بموجب العلاقة $f_c\,(\text{MHz}) = 1\,602 + 0{,}5625K$ حيث $K = -7, \ldots, +6$ (إشارات RNSS) والعلاقة $f_c\,(\text{MHz}) = 1\,602 + 0.5625N$ حيث $N = +7, \ldots, +12$ (إشارات SBAS).

الملاحظة 13 – كسب الهوائي الأدنى في المستقبِل عند زاوية ارتفاع 5° هو –5,5 dBi.

الملاحظة 14 – ينبغي أن تأخذ هذه العتبة في الحسبان مجموع التداخل الكلي. ولا تتضمن قيمة العتبة أي هامش أمان.

الملاحظة 15 – يعمل هذا النمط من المستقبلات في عدة ترددات موجات حاملة في آن واحد. وتحدد ترددات الموجات الحاملة بموجب العلاقة $f_c\,(\text{MHz}) = 1\,602 + 0{,}5625K$ حيث $K = -7, \ldots, +6$ (إشارات RNSS) والعلاقة $f_c\,(\text{MHz}) = 1\,602 + 0{,}5625N$ حيث $N = -12, \ldots, -8$ (إشارات ARNS).

الملاحظة 16 – كسب الهوائي الأدنى في المستقبِل عند زاوية ارتفاع 5° هو –21 dBi (إشارات ARNS).

الملاحظة 17 – يعمل هذا النمط من المستقبلات في عدة ترددات موجات حاملة في آن واحد. وتحدد ترددات الموجات الحاملة بموجب العلاقة $f_c\,(\text{MHz}) = 1\,602 + 0{,}5625K$ حيث $K = -7, \ldots, +6$. ومستقبلات الملاحة المصنعة قبل عام 2006 يمكن أن تعمل بإشارات الملاحة التي تتراوح أرقام تردد الموجة الحاملة فيها (K) من –7 إلى +12.

الملاحظة 18 – بما أن من الممكن توجيه الهوائي في بعض تطبيقات مستقبِل RNSS في أي اتجاه تقريباً، فإن من الممكن أن يكون الكسب الأقصى للهوائي في نصف الكرة الأدنى (في ظروف أسوأ حالة) مساوياً للكسب الأقصى للهوائي في نصف الكرة الأعلى.

الملاحظة 19 – ما لم ينص على خلاف ذلك، وفيما يتعلق بالمستقبلات التي تعمل على تردد الموجة الحاملة 1 575,42 MHz، تنطبق سوية تشبع دخل المستقبِل على امتداد عرض النطاق 3 dB المقابل في مرشاح RF في الصف 4 في هذا الجدول، شريطة ألا يتجاوز عرض النطاق 3 dB في مرشاح RF في المستقبل حدود النطاق 1 559-1 610 MHz. وفيما يتصل بترددات الموجة الحاملة، يجري حالياً دراسة عرض النطاق المقابل في مرشاح RF والخاص بسوية تشبع دخل المستقبِل.

الملاحظة 20 – تُخصص سويات تشبع دخل المستقبِل هذه للقدرة في عرض نطاق قدره 1 MHz.

الملاحظة 21 – سويات البقاء هي سوية ذروة القدرة لإشارة نبضية لها عامل تشغيل أقصى بنسبة 10%.

الملاحظة 22 – يتعين استخدام القيم الواردة في هذه الصفوف لتقييم التداخل الصادر عن المصادر النبضية بالاقتران مع المنهجية الواردة في التوصية ITU-R M.2030.