الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R M.1462-1

(2019/01)

الخصائص ومعايير الحماية للرادارات العاملة في خدمة التحديد الراديوي للموقع في مدى الترددات MHz 450-420

السلسلة M

الخدمة المتنقلة وخدمة الاستدلال الراديوي وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة

الاتحاد الدولي للاتصالات

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، 2019

© ITU 2019
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).

التوصية ITU-R M.1462-1

الخصائص ومعايير الحماية للرادارات العاملة في خدمة التحديد الراديوي للموقع في مدى الترددات MHz 450-420

(2019-2000)

مجال التطبيق

تتضمن هذه التوصية الخصائص التقنية والتشغيلية لأنظمة التحديد الراديوي للموقع العاملة في مدى الترددات MHz 450-420. والهدف من المعلمات هو استخدامها كمبادئ توجيهية عند تحليل التوافق بين الرادارات العاملة في خدمة الاستدلال الراديوي والأنظمة العاملة في الخدمات الأخرى.

مصطلحات أساسية

رادار، خصائص، معايير الحماية

المختصرات/مسرد

IF: التردد المتوسط *(Intermediate frequency)*

I/N: نسبة التداخل إلى الضوضاء *(Interfering to noise ratio)*

RF: التردد الراديوي *(Radio Frequency)*

توصيات قطاع الاتصالات الراديوية وتقاريره ذات الصلة

التوصية ITU-R M.1372 – استخدام محطات رادار خدمة الاستدلال الراديوي للطيف الراديوي بكفاءة.

التوصية ITU-R M.1461 – إجراءات تحديد احتمالات التداخل بين الرادارات العاملة في خدمة الاستدلال الراديوي والأنظمة في الخدمات الأخرى.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن خصائص الهوائي وانتشار الإشارة وكشف الهدف وخصائص عرض النطاق اللازم العريض التي تحتاجها الرادارات لأداء وظائفها تكون هي المثلى في بعض نطاقات التردد؛

ب) أن الخصائص التقنية للرادارات العاملة في خدمة الاستدلال الراديوي تحددها مهمة النظام وتختلف اختلافاً كبيراً حتى داخل نفس النطاق؛

ج) أن خصائص الانتشار واكتشاف الأهداف اللازمة لتحقيق هذه الوظائف هي المثلى في بعض نطاقات التردد، وأن النطاق MHz 450-420 مفيد بوجه خاص لعمليات تحديد هوية الأجسام ذات المدى البعيد جداً (مثل الأجسام الموجودة في الفضاء) وتتبعها وتصنيفها من جانب رادارات الأرض،

وإذ تدرك

أ) أن نطاقات التردد 420-450 MHz، أو أجزاء منها، موزعة عالمياً للخدمة الثابتة وخدمة التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة وخدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) والخدمة المتنقلة باستثناء المتنقلة للطيران؛

ب) أن هناك العديد من التوزيعات الأخرى في مدى الترددات 420-450 MHz الواردة في حواشي جدول توزيع نطاقات التردد،

وإذ تلاحظ

أنه عندما تكون خدمة التحديد الراديوي للموقع موزعة على أساس ثانوي، فإن الحاجة قد تدعو إلى تطبيق تقنيات تخفيف أو تدابير تشغيلية لحماية الخدمات الموزعة على أساس أولي،

توصي

1 بأنه ينبغي أن تعتبر الخصائص التقنية والتشغيلية لأنظمة التحديد الراديوي للموقع المبينة في الملحق 1 تمثيلية للأنظمة العاملة في مدى الترددات 420-450 MHz؛

2 بأنه ينبغي أن تستخدم التوصية ITU-R M.1461 كمبادئ توجيهية في تحليل التوافق بين الرادارات العاملة في خدمة الاستدلال الراديوي والأنظمة العاملة في الخدمات الأخرى؛

3 بأنه ينبغي أن تستخدم القيمة –6 dB لنسبة قدرة الإشارة المسببة للتداخل إلى قدرة ضوضاء مستقبِل الرادار، *I/N*، كمستوى للحماية اللازمة لأنظمة التحديد الراديوي للموقع، وأن هذه النسبة *I/N* تمثل مستوى الحماية الإجمالية في حالة وجود مصادر تداخل متعددة (انظر الملاحظة 1)؛

4 بأنه ينبغي اعتبار الملاحظة التالية جزءاً من هذه التوصية.

الملاحظة 1 – ينبغي عدم تطبيق معيار الحماية الوارد في الفقرة 3 من *"توصي"* على رادارات تتبع الأجسام الفضائية الوارد وصفها في الملحق 1؛ فهذه الرادارات شديدة الحساسية ولا يمكنها تحمل ما ينتج عن ذلك من انحطاط بنسبة 6% في مدى الكشف (ما يقابل خسارة في حجم المراقبة بنسبة 19%). ومن اللازم إجراء دراسات متخصصة للتوافق مع هذه الرادارات.

الملحق 1

الخصائص التقنية والتشغيلية لأنظمة التحديد الراديوي للموقع العاملة في مدى الترددات 420-450 MHz

1 مقدمة

تعمل الرادارات المحمولة جواً والرادارات المحمولة على متن السفن والرادارات الموجودة على سطح الأرض عالية القدرة في مدى الترددات 420-450 MHz. ويرد في الأقسام التالية وصف للخصائص التشغيلية والتقنية لهذه الرادارات.

2 خصائص الرادارات العاملة في المدى 420-450 MHz

تتضمن الفقرات التالية الخصائص التمثيلية لأنظمة التحديد الراديوي للموقع العاملة في النطاق 420-450 MHz. والمعلومات المقدمة في هذا الملحق كافية لإجراء حسابات عامة لتقييم التوافق بين هذه الرادارات والأنظمة الأخرى.

1.2 الرادارات الموجودة على سطح الأرض

ينفرد نطاق التردد MHz 450-420 بخصائص نموذجية لعمليات كشف الأجسام ذات المدى البعيد وتحديد هويتها وتتبعها.

ويقوم الرادار A بتتبع الأجسام الفضائية وتصنيفها باستخدام قيم القدرة خرج المرسل تصل إلى MW 5 وقيم مرتفعة لكسب الهوائي. وتعمل الرادارات من هذا النوع بشكلٍ متواصل، على مدار الساعة وطوال السنة. وتقوم بعملية المسح من "سياج" للمراقبة بزاوية ارتفاع تتراوح بين حوالي 3° و60°، وبقطاعات سمتية تبلغ 120°. ومستقبلات الرادار حساسة جداً لكشف الإشارات المرتدة من افتراضي الأجسام الموجودة خارج الغلاف الجوي والأجسام الفضائية. ونظراً للوظيفة المتخصصة وخصائص التصميم المطلوبة (مثل صفائف الهوائيات الكبيرة جداً)، فإن هذه الرادارات قليلة العدد، ولكن حساسيتها ووظيفتها تجعلانها جديرة بالاهتمام والحماية بشكلٍ خاص. ويقدم الجدول 1 خصائص هذه الرادارات، ويقدم الجدول 2 المواقع المحددة للعديد من هذه الرادارات.

الرادار B هو نظام يؤدي وظائف المراقبة والتتبع على ارتفاع كبير، من مواقع ثابتة ويمكن نقله على متن المركبات.

الرادار C هو نظام قابل للنقل يُستخدم للبحث السطحي والجوي عن الأجسام المتحركة على مدى قريب حول موقع الرادار.

الجدول 1

خصائص الرادارات الموجودة على سطح الأرض والعاملة في المدى MHz 450-420

المعلمات	الرادار A	الرادار B	الرادار C
التطبيق	تتبع الأجسام الفضائية	المراقبة على ارتفاع كبير	البحث السطحي والجوي
منطقة النشر	جميع أنحاء العالم، موقع ثابت	جميع أنحاء العالم، من موقع ثابت وقابل للنقل	جميع أنحاء العالم، من موقع ثابت وقابل للنقل
نمط التوليف؛ المدى (MHz)	يتسم بالرشاقة من حيث التردد؛ 450-420	يتسم بالرشاقة من حيث التردد؛ 450-420	يتسم بالرشاقة من حيث التردد؛ 450-420
قدرة الخرج القصوى للتردد الراديوي (MW)	5-1	0,3	0,01
الاستقطاب	دائري	دائري	خطي
مدة النبضة (ms)	0,25، 0,5، 1، 2، 4، 8، 16	16-0,01	1-0,001
دورة التشغيل (في المتوسط) (%)	25	25-1	10-1
تشكيل النبضة بالتردد	البحث: نبضة مشكلة بالتردد kHz 350-100 التتبع: نبضة مشكلة خطياً بالتردد 1 أو MHz 5	نبضة مشكلة خطياً بالتردد MHz 2	نبضة مشكلة خطياً بالتردد 1 أو MHz 0,3
معدل تكرار النبضات (Hz)	يصل إلى 41	400-15	3 000-100
نوع الهوائي	صفيف مستوٍ؛ قطره أطول من 22 متراً	صفيف متطاور	صفيف متطاور
ارتفاع الرادار بالنسبة إلى سطح الأرض (m)	15	20-5	10-5
كسب الهوائي (dBi)	38,5	40-28	10

الجدول 1 (*تتمة*)

المعلمات	الرادار A	الرادار B	الرادار C
مسح الهوائي	3°–85° في زاوية الارتفاع؛ ±60° في السمت لكل واحد من الصفيفين المستويين لتحقيق مسح إجمالي بزاوية 240° في السمت	مسح بزاوية ±60° في القطاع السمتي، بأسلوب دوّار أو عشوائي وزارية ارتفاع 3°–85°	مسح في جميع الاتجاهات بزاوية 360° في السمت
عرض حزمة الهوائي في اتجاه زاوية السمت (بالدرجات)	2,2	عادةً 1,8	80
عرض حزمة الهوائي في اتجاه زاوية الارتفاع (بالدرجات)	2,2	عادةً 1,8	60
درجة حرارة ضوضاء المستقبِل (K)	450 ≥	435 ≥	435 ≥
عامل الضوضاء (dB)		2,5 ≥	2,5 ≥
عرض نطاق التردد الراديوي للمستقبِل (MHz)		30	30
عرض نطاق التردد المتوسط للمستقبِل (MHz)	1 أو 5 (انظر عرض تشكيل النبضة بالتردد)	2	1 أو 0,3

الجدول 2

مواقع رادارات تتبع الأجسام الفضائية والعاملة في المدى 420-450 MHz

موقع الرادار	خط العرض	خط الطول
ماساشوستس (الولايات المتحدة الأمريكية)	41,8° شمالاً	70,5° غرباً
تكساس (الولايات المتحدة الأمريكية)	31,0° شمالاً	100,6° غرباً
كاليفورنيا (الولايات المتحدة الأمريكية)	39,1° شمالاً	121,5° غرباً
جورجيا (الولايات المتحدة الأمريكية)	32,6° شمالاً	83,6° غرباً
فلوريدا (الولايات المتحدة الأمريكية)	30,6° شمالاً	86,2° غرباً
داكوتا الشمالية (الولايات المتحدة الأمريكية)	48,7° شمالاً	97,9° غرباً
ألاسكا (الولايات المتحدة الأمريكية)	64,3° شمالاً	149,2° غرباً
توليه (غرينلاند)	76,6° شمالاً	68,3° غرباً
فيلينغدايل مور (المملكة المتحدة)	54,5° شمالاً	4,0° غرباً

2.2 الرادارات المحمولة جواً

كانت هناك ثلاثة نطاقات منخفضة أساسية للتحديد الراديوي للموقع (420-450 MHz و215 1-400 1 MHz و100 3-700 3 MHz) من أجل تطور وتشغيل أنظمة المراقبة الرادارية المحمولة جواً وستظل كذلك. وتعمل هذه الأنظمة، فور وضعها في أماكن التشغيل المنشودة، في جميع أنحاء العالم لفترات طويلة (من عدة ساعات إلى عدة أيام). وتكتسي وظائف كشف الأجسام ذات المدى البعيد والتقاطها وتتبعها أهمية أساسية لمراقبة الحركة الجوية والتحكم فيها. والرادارات الموجودة على سطح الأرض مقيدة إلى حدٍ كبير بأفق الرادار، ويمثل استخدام الرادارات ذات المدى البعيد المنصوبة على منصات محمولة جواً طريقة ممتازة لزيادة قدرات أي رادار. وعلى غرار رادارات المراقبة الجوية الموجودة على سطح الأرض، تستخدم الرادارات المحمولة جواً عمليات المسح الدوّار في اتجاه السمت وتقوم بالمسح على مدى محدد من حيث زاوية الارتفاع إما إلكترونياً أو باستخدام عرض حزمة كبير نسبياً بالنسبة لزاوية الارتفاع. وسيعمل الرادار خلال صعود الطائرة وهبوطها وكذلك على ارتفاعات التشغيل؛ ويبلغ الارتفاع الأقصى للطائرة حوالي 9 km. ويقدم الجدول 3 خصائص نظام تمثيلي لرادار محمول جواً يعمل في نطاق التردد 420-450 MHz.

الجدول 3

خصائص الرادارات المحمولة جواً العاملة في المدى MHz 450-420

المعلمات	رادرا رقم 1	رادار رقم 2
نمط التوليف؛ المدى	ثابت أو مرن من حيث التردد؛ MHz 450-420	مرن من حيث التردد؛ MHz 450-420
قدرة الخرج القصوى للتردد الراديوي (MW)	2	2,5
الاستقطاب	أفقي	أفقي
مدة النبضة (µs)	1، 2، 4، 8	30، 35، 100
تشكيل النبضة	نبضات غير مشكّلة	تشكيل خطي بالتردد
معدل تكرار النبضات (kHz)	2-0,1	يصل إلى 3
نوع الهوائي	صفيف عنصر ياغي أو صفيف مستوٍ	صفيف خطي
كسب الهوائي (dBi)	22	19
مسح الهوائي	±60° في زاوية الارتفاع (موضوعة ميكانيكياً أو ممسوحة إلكترونياً)؛ 360° في اتجاه السمت بمعدل 3-7 دورات في الدقيقة	ثابت عند ±45° في زاوية الارتفاع (موضوعة ميكانيكياً أو ممسوحة إلكترونياً)؛ 360° في اتجاه السمت
عرض حزمة الهوائي	20-6° في اتجاه زاوية الارتفاع (حسب نوع المسح)؛ 6° في اتجاه السمت	تصل إلى 60° في اتجاه زاوية الارتفاع 7° في اتجاه السمت
عامل ضوضاء المستقبِل (dB)	5	3
عرض نطاق التردد المتوسط للمستقبِل (MHz)	1	33

3.2 الرادارات المحمولة على متن السفن

تعمل رادارات المراقبة المحمولة على متن السفن أيضاً في مدى الترددات MHz 450-420. وتعمل هذه الرادارات عادةً في البحر، ومع ذلك ينبغي توقع عمليات تشغيل في المياه الساحلية وكذلك في الموانئ البحرية. وكما هو الحال مع رادارات المراقبة، يقوم النظام بالمسح بزاوية 360° في اتجاه السمت ويعمل بصورة مستمرة. ويقدم الجدول 4 خصائص رادار تمثيلي محمول على متن سفينة يعمل في نطاق الترددات MHz 450-420.

الجدول 4

خصائص الرادارات المحمولة على متن السفن والعاملة في المدى MHz 450-420

المعلمات	القيم
نمط التوليف؛ المدى	ثابت من حيث التردد؛ MHz 450-420
قدرة الخرج القصوى للتردد الراديوي (MW)	2
تشكيل النبضة	نبضات غير مشكَّلة
كسب الهوائي (dBi)	30 (الحزمة الرئيسية) 0 (الفص الجانبي الوسطي)
منحنى بث الترددات الراديوية للمرسِل	MHz 2 dB 3– MHz 3 dB 20– MHz 20 dB 70–
انتقائية التردد المتوسط للمستقبِل	MHz 2 dB 3– MHz 20 dB 103–
مستوي ضوضاء المستقبِل (dBW)	136–
نوع الهوائي	عاكس مكافئي

3 معايير الحماية

إن أثر إزالة الحساسية في رادارات التحديد الراديوي للموقع الذي ينجم عن التشكيل الشبيه بالموجة المستمرة أو بالضوضاء والذي تسببه الخدمات الأخرى، مرتبط على الأرجح بشدة هذا التشكيل. وفي أي قطاع سمتي يحدث فيه هذا النمط من التداخل يكفي أن تضاف الكثافة الطيفية لقدرة هذا التداخل إلى الكثافة الطيفية للضوضاء الحرارية في مستقبِل الرادار. وإذا أشير إلى الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء في مستقبِل الرادار، في غياب التداخل بالرمز N_0 وإلى الكثافة الطيفية لقدرة التداخل من النمط ضوضاء بالرمز I_0، يمكن الحصول على الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء الفعلية عن طريق جمع I_0 وN_0. وتشكل زيادة قدرها 1 dB تقريباً انحطاطاً فعلياً يعادل انخفاضاً في الكشف نسبته 6%. وتقابل هذه الزيادة النسبة $(I + N)/N$ البالغة 1,26 أو النسبة I/N البالغة –6 dB تقريباً، وهذا يمثل الأثر المجمَّع لعدة مصادر مسببة للتداخل في حال وجودها: وتتوقف النسبة I/N المقبولة لمصدر تداخل واحد على عدد المصادر المسببة للتداخل وشكلها الهندسي، وينبغي تقديرها أثناء دراسة السيناريو. وإذا استقبل التداخل بالموجات المستمرة من معظم زوايا السمت فمن الضروري عندئذٍ إبقاء النسبة I/N منخفضة.

وقد يكون عامل التجميع بالغ الأهمية في بعض أنظمة الاتصالات التي قد يُستعمل فيها عدد كبير من المحطات.

وتحديد أثر التداخل النبضي كمياً أكثر صعوبة ويتوقف إلى حد بعيد على تصميم المستقبِل/المعالج وطريقة تشغيله. وبصورة خاصة، يكون لكسوب المعالجة التفاضلية لعودة هدف صالح ذي نبضات متزامنة، وللنبضات المسببة للتداخل، التي عادةً ما تكون غير متزامنة، آثار هامة على سويات معينة للتداخل النبضي. ويمكن أن ينتج عن إزالة الحساسية أشكال مختلفة من انحطاط الأداء. وتقييمها سيكون هدفاً لتحليل التفاعلات بين أنواع مختلفة من الرادارات. وبصورة عامة، يمكن أن يتوقع من خصائص عديدة في رادارات الاستدلال الراديوي أن تساعد على كبت التداخل النبضي في حالة ضعف دورة التشغيل، خاصةً من بعض المصادر المعزولة. وترد تقنيات كبت التداخل النبضي في حالة ضعف دورة التشغيل في التوصية ITU-R M.1372 – استخدام محطات رادار خدمة الاستدلال الراديوي للطيف الراديوي بكفاءة.