التوصيـــة ITU-R M.1463-1*

الخصائص ومعايير حماية رادارات في خدمة الاستدلال الراديوي العاملة في نطاق الترددات 215 1-400 1 MHz

(المسألة ITU-R 226/8)

(2007-2000)

مجال التطبيق

تعرض هذه التوصية الخصائص التقنية والتشغيلية ومعايير الحماية الخاصة بالرادارات المقامة على سطح الأرض والعاملة في نطاقات التردد 215 1-400 1 MHz. وتضم التوصية الخصائص الرئيسية لمكونات مرسلات هذه الرادارات ومستقبِلاتها وهوائياتها.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن خصائص الهوائي وانتشار الإشارة وكشف الأهداف وعرض النطاق الكبير اللازم التي تتيح للرادارات القيام بوظائفها هي الأمثل في بعض نطاقات الترددات؛

ب) أن الخصائص التقنية للرادارات العاملة في خدمة الاستدلال الراديوي تحددها أهداف النظام وتتغير تغيراً كبيراً حتى داخل النطاق الواحد؛

ج) أن خدمة الملاحة الراديوية هي خدمة في مجال السلامة بالمعنى الذي يرد في الرقم 10.4 من لوائح الراديو ولا يجوز التسامح بأي تداخل ضار بها؛

د) أن بعض لجان الدراسات في قطاع الاتصالات الراديوية تبحث إمكانية إدخال أنماط جديدة من الأنظمة (مثل أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت أو الأنظمة الثابتة أو المتنقلة عالية الكثافة) أو الخدمات في النطاقات الواقعة بين 420 MHz و34 GHz التي تستعملها رادارات خدمة الاستدلال الراديوي؛

هـ) أن الخصائص التقنية والتشغيلية المميزة للأنظمة العاملة في النطاقات الموزعة على خدمة الاستدلال الراديوي ضرورية لتحديد جدوى إدخال أنماط جديدة من الأنظمة؛

و) أن هناك حاجة لاعتماد الإجراءات والمنهجيات من أجل دراسة مواءمة الرادارات العاملة في خدمة الاستدلال الراديوي مع أنظمة الخدمات الأخرى؛

ز) أن نطاق الترددات 215 1-400 1 MHz موزع على أساس أولي لخدمة التحديد الراديوي للموقع؛

ح) أن نطاق الترددات 300 1-350 1 MHz موزع على أساس أولي لخدمة الملاحة الراديوية للطيران التي تقتصر على الرادارات على الأرض والمرسلات–المستجيبات المحمولة جواً المصاحبة لها؛

ط) أن نطاق الترددات 215 1-300 1 MHz موزع توزيعاً إضافياً على أساس أولي لخدمة الملاحة الراديوية في عدد كبير من البلدان؛

* ينبغي أن ترفع هذه التوصية إلى عناية لجنة الدراسات 7 لقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للطيران المدني (ICAO).

ي) أن نطاق الترددات 215 1-300 1 MHz موزع على أساس أولي لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية (فضاء – أرض)؛

ك) أن نطاق الترددات 215 1-300 1 MHz موزع على أساس أولي لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة) وخدمة الأبحاث الفضائية (النشيطة)؛

ل) أن نطاق الترددات 350 1-400 1 MHz موزع على أساس أولي للخدمتين الثابتة والمتنقلة في الإقليم 1 وأن نطاق الترددات 215 1-300 1 MHz موزع أيضاً على أساس أولي للخدمتين الثابتة والمتنقلة في البلدان المذكورة في الرقم 330.5 من لوائح الراديو،

توصـــي

1 أن تعتبر الخصائص التقنية والتشغيلية لرادارات الاستدلال الراديوي الواردة في الملحق 1 خصائص مميزة للأنظمة العاملة في النطاق 215 1-400 1 MHz؛

2 أن تستعمل التوصية ITU-R M.1461 كخطوط توجيهية لدراسة مواءمة الرادارات العاملة في خدمة الاستدلال الراديوي مع أنظمة الخدمات الأخرى؛

3 أن تستعمل في حالة التداخل المستمر (وليس التداخل النبضي)، نسبة قدرة الإشارة المسببة للتداخل/إلى سوية قدرة الضوضاء التي يسببها مستقبل الرادار *I/N* البالغة –6 dB كسوية الحماية المطلوبة في رادارات الاستدلال الراديوي وكسوية حماية صافية في حالة وجود عدة مصادر مسببة للتداخل؛

4 أن يستند المعيار المستعمل في حالة التداخل النبضي، إلى دراسة الحالات حالة حالة، مع مراعاة خصائص قطار النبضات غير المطلوبة ومعالجة الإشارة في المستقبل الراداري إن أمكن.

الملحق 1

الخصائص التقنية والتشغيلية لرادارات الاستدلال الراديوي العاملة في نطاق الترددات 215 1-400 1 MHz

1 مقدمة

ترد خصائص رادارات الاستدلال الراديوي العاملة في كل أرجاء العالم في النطاق 215 1-400 1 MHz في الجدول 1، وتعالج بدقة في الفقرات التالية. وتخصص الفقرة 4 من هذا الملحق لخصائص رادارات رصد خصائص الريح.

2 الخصائص التقنية

يستعمل النطاق 215 1-400 1 MHz من قبل عدة أنماط مختلفة من رادارات على منصات تنقل ورادارات ثابتة على الأرض. وتضم وظائف الاستدلال الراديوي التي تنفذ في نطاق الترددات هذا وظيفتي المراقبة والتتبع لمسافات بعيدة. ويفترض أن تتوزع ترددات التشغيل لهذه الرادارات بشكل منتظم في النطاق 215 1-400 1 MHz. ويشير الجدول 1 إلى الخصائص التقنية للرادارات النمطية في التحديد الراديوي للموقع والملاحة الراديوية العاملة في النطاق 215 1-400 1 MHz.

1.2 المرسلات

تستعمل الرادارات العاملة في النطاق 215 1-400 1 MHz أنماطاً مختلفة من التشكيل تضم النبضات بالموجات المستمرة (CW) وبتشكيل التردد وبتشفير الطور. وتستعمل أجهزة خرج متقاطعة المجالات وبحزمة خطية وبأشباه الموصلات في المراحل الأخيرة من المرسلات. وتتجه الأنظمة الرادارية الجديدة الآن إلى استخدام أجهزة خرج بالحزمة الخطية وبأشباه الموصلات بسبب متطلبات معالجة الإشارة الدوبلرية. كما أن الرادارات التي تستعمل أجهزة خرج بشبه موصل لها قدرة خرج ذروة في المرسل أضعف ودورة تشغيل نبضية أعلى تصل إلى 50% عند تشغيلها في قناة وحيدة (قد تتألف القناة الوحيدة من ثلاثة أو أربعة ترددات منفصلة في عرض نطاق قدره 10 MHz). والاتجاه السائد حالياً أيضاً يميل نحو استعمال أنظمة رادارية بتردد خفيف الحركة يتيح إلغاء التداخل أو تخفيفه.

وتقع عروض النطاق النمطية للإرسالات RF للرادارات العاملة في نطاق الترددات 215 1-400 1 MHz بين 0,5 و2,5 MHz. وتتراوح القدرة الذروة لخرج المرسلات بين 45 kW (76,5 dBm) بالنسبة إلى مرسلات أشباه الموصلات و5 MW (97 dBm) بالنسبة إلى رادارات القدرة العالية التي تستعمل الكلايسترون.

2.2 المستقبلات

تستعمل الأنظمة الرادارية من الجيل الجديد نظام معالجة إشارات رقمية بعد الكشف لمعالجة معطيات القياس عن بعد والمعطيات السمتية والدوبلرية. وتستعمل أنظمة معالجة الإشارات عادة تقنيات تتيح تحسين كشف الأهداف المطلوبة وعرض رموز الأهداف على الشاشة. وكذلك تتيح التقنيات المستعملة لمعالجة الإشارات فيما يخص إظهار الأهداف المطلوبة وتعرفها إلغاء التداخل بواسطة إشارات ذات دورة تشغيل ضعيفة (أقل من 5%) أي غير متزامنة مع الإشارة المطلوبة.

فضلاً عن ذلك، تتيح أنظمة معالجة الإشارات في رادارات الجيل الجديد التي تستعمل نبضات بتشكيل التردد وبتشكيل الطور، كسباً في معالجة الإشارة المطلوبة وإمكانية إلغاء الإشارات غير المطلوبة.

وتستعمل بعض المرسلات الحديثة بأشباه الموصلات وضعيفة القدرة نظام معالجة إشارات مع دورة تشغيل مرتفعة ومتعددة المستقبلات من أجل تحسين رجوع الإشارات المطلوبة. وباستطاعة بعض المستقبلات الرادارية أن تتعرف هوية القنوات RF التي تحتوي على إشارات ضعيفة مسببة للتداخل وأن تلزم المرسلات بالبث على هذه القنوات RF.

3.2 الهوائيات

تستعمل أنماط مختلفة من الهوائيات في الرادارات العامة في النطاق 215 1-400 1 MHz. وتمتلك رادارات الجيل الجديد المزودة بهوائي من النمط العاكس عدة أبواق. وتستعمل الأبواق المزدوجة عند الإرسال والاستقبال من أجل تحسين كشف الجلبة السطحية. وتستخدم الرادارات ثلاثية الأبعاد هوائيات ذات عاكس ومع حزم ببطارية وبأبواق متعددة. وتخفف هوائيات الأبواق المتعددة من سوية التداخل كما تستعمل صفيف هوائيات مطاورة موزعة في بعض الرادارات العاملة في النطاق 215 1-400 1 MHz. وإضافة إلى ذلك فإن الرادارات التي تستعمل هوائيات إلكترونية المسح عموماً لها سويات أقل في الفصوص الجانبية من سويات الهوائيات ذات العاكس وبحزمة مسح أضيق في الارتفاع.

وبما أن الرادارات العاملة في النطاق 215 1-400 1 MHz تؤدّي وظائف بحث وتتبع ومراقبة على مسافات بعيدة فإن الهوائيات تمسح بزاوية قدرها 360° في المستوي الأفقي. وتستعمل الاستقطابات الأفقية والرأسية والدائرية.

1.3.2 المخططات النمطية لتغطية الهوائي

العديد من رادارات التحكم في الحركة الجوية في النطاق 215 1-400 1 MHz مزود بمخطط هوائي بنمط التمام تربيعي يشع معظم طاقته في اتجاه الأعلى بزاوية تتراوح بين عدة درجات فوق الأفق إلى حوالي 40°. ونظراً لإمكانية استخدام عدد من الهوائيات المختلفة مع الرادارات المتنوعة في النطاق 215 1-400 1 MHz فإن هذه التوصية تزمع تقديم مخططات هوائيات للأنظمة الواردة في الجدول 1.

الجدول 1

خصائص أنظمة الاستدلال الراديوي في النطاق 1 215-1 400 MHz

المعلمة	نظام 1	نظام 2	نظام 3	نظام 4	نظام 5	نظام 6	نظام 7
القدرة الذروة في الهوائي (dBm)	97	80	76,5	80	73,9	96	93
مدى التردد (MHz)					1 400-1 215	1 350-1 280	1 350-1 215
مدة النبضة (µs)	2	58,8؛88,8 (الملاحظة 1)	0,4؛ 102,4؛ 409,6 (الملاحظة 2)	تردد وحيد قدرة 39 تردد مزدوج قدرة 26 و13 (الملاحظة 3)	2 لكل 51,2 2 لكل 409,6	2	6
معدل تكرار النبضات (pps)	380-310 مع تخالف	291,5 أو 312,5 وسطياً	272-200 للمدى الطويل 554-400 للمدى القصير	774 وسطياً	748-240	279,88 إلى 370,2	279,88 إلى 370,2
عرض النطاق للنبضات بتشكيل التردد	لا يوجد	770 kHz لكل عرض نبضة	2,5 MHz بالنسبة إلى 102,4 µs 625 kHz بالنسبة إلى 409,6 µs	لا يوجد	1,25 MHz	لا يوجد	لا يوجد
عرض النبضات الفرعية المشفرة بالطور (µs)	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	1	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد
نسبة الانضغاط	لا يوجد	1:68,3 و1:45,2	1:256 لكل نبضتين		1:46 و1:256	لا يوجد	لا يوجد
عرض نطاق الإرسال RF (MHz) (dB 3)	0,5	1,09	2,2؛ 2,3؛ 0,58	1	0,625 أو 1,25	1,2	1,3
جهاز الخرج	كلايسترون	ترانزيستور	ترانزيستور	مكبر متقاطع المجالات	ترانزيستور	منغيترون/أمبليترون	كلايسترون
نمط الهوائي	عاكس بمغذٍ بوقي	عاكس بحزم ببطاريات	ضعيف هوائيات مطاورة دوارة	مخروطي مكافئي	صفيف مستوي مع توجيه حزمة الارتفاع	صفيف 14,3) m × 7) '23 × '47 قاطع تمام تربيعي	صفيف 13,7) m × 5,8) '19 × '45 قاطع تمام تربيعي
استقطاب الهوائي	أفقي، رأسي، دائري مياسر، دائري ميامن	رأسي، دائري	أفقي	رأسي	أفقي	CP/LP	متعامدة خطية وCP
أقصى كسب للهوائي (dBi)	34,5 بالإرسال 33,5 بالاستقبال	34,2-32,4 بالإرسال 38,9-31,7 بالاستقبال	38,9 بالإرسال 38,2 بالاستقبال	32,5	38,5	34	35
فتحة زاوية ارتفاع حزمة الهوائي (بالدرجات)	3,6 بالتسديد إلى 44	5,61-3,63 بالإرسال 8,79-2,02 بالاستقبال	1,3	4,5 بالتسديد إلى 40	2	3,75 (قاطع تمام تربيعي)	3,75 (قاطع تمام تربيعي)
فتحة زاوية سمت حزمة الهوائي (بالدرجات)	1,2	1,4	3,2	3,0	2,2	1,2	1,3

الجدول 1 (*تتمة*)

المعلمة	نظام 1	نظام 2	نظام 3	نظام 4	نظام 5	نظام 6	نظام 7
خصائص المسح الأفقي للهوائي (rpm)	مسح ميكانيكي بزاوية 360° بمقدار 5 rpm	مسح ميكانيكي بزاوية 360° بمقدار 5 rpm	مسح ميكانيكي بزاوية 360° بمقدار 6 rpm لأنظمة المدى الطويل وبمقدار 12 rpm لأنظمة المدى القصير	كنس ميكانيكي بزاوية 360° بمقدار 6,12 أو 15 rpm	5	6	5
خصائص المسح الرأسي للهوائي (بالدرجات)	لا يوجد	7– إلى +30 في 12,8 أو 13,7 ms	1– إلى +19 في 73,5 ms	لا يوجد	6– إلى +20	4– إلى +20	4– إلى +20
عرض النطاق IF للمرسل	780 kHz	0,69 MHz	6,4-4,4 MHz	1,2 MHz	1,25 MHz 625 kHz	720 إلى 880 kHz (log) 1 080 إلى 1 320 kHz (MTI)	330-270 kHz (20 سلسلة log) 480-360 kHz (20 سلسلة MTI) 540 إلى 660 kHz (60 سلسلة log) 720 إلى 880 kHz (60 سلسلة MTI)
عامل الضوضاء في المستقبل (dB)	2	2	4,7	3,5	2,6	4,25	9
نمط المنصة	ثابتة	ثابتة	تُنقل	تُنقل	أرضي ثابت	أرضي ثابت	أرضي ثابت
النسبة المئوية للوقت الذي يعمل خلاله النظام (%)	100	100	100	100	100	100	100

الملاحظة 1 – للرادار 44 زوج من القنوات RF إحداها منتقاة بالأسلوب العادي. ويتألف شكل الموجة المرسلة من نبضة طولها 88,8 µs بتردد f_1 تتبعها نبضة طولها 58,8 µs بتردد f_2. والفرق بين f_1 وf_2 = 82,854 MHz.

الملاحظة 2 – للرادار 20 زوج من القنوات RF متدرجة بإضافة 8,96 MHz. وتتألف مجموعة أشكال الموجات المرسلة من نبضة P0 طولها 0,4 µs (خيارية) تليها نبضة مشكّلة خطياً بالتردد طولها 102,4 µs (إذا لم ترسل النبضة P0 البالغة 0,4 µs) وإشارات بتردد 2,5 MHz. وقد تلي هذه النبضة مجموعة تتراوح بين نبضة واحدة و4 نبضات مشكّلة خطياً بالتردد الطويل المدة (409,6 µs) مع العلم أن كلاً منها مشكّلة بتردد 625 kHz ومرسلة على موجات حاملة مختلفة يفصل بينها تردد قدره 3,75 MHz. ويستعمل الأسلوب العادي للتشغيل خفة حركة التردد تنتقى بواسطتها الترددات المختلفة لكل مجموعة أشكال الموجات بشكل شبه عشوائي من بين إحدى القنوات RF العشرين في النطاق 1 400-1 215 Mhz

الملاحظة 3 – قد يستعمل الرادار تردداً وحيداً أو تردداً مزدوجاً. ويفصل بين القنوات RF المزدوجة تردد قدره 60 MHz. ويستعمل أسلوب القناة الوحيدة عرض نبضة قدره 39 µs. وفي أسلوب القناة المزدوجة على النبضة البالغة 26 µs المرسلة بالتردد f، نبضة تبلغ 13 µs مرسلة بالتردد f + 60 MHz.

3 معايير الحماية

إن أثر إزالة الحساسية في رادارات الاستدلال الراديوي 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 مستقبل الرادار. وإذا أشير إلى الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء في مستقبل 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 N_0 وI_0 . وتشكل زيادة قدرها 1 dB تقريباً انحطاطاً فعلياً يعادل انخفاضاً في الكشف نسبته 6%. وتقابل هذه الزيادة النسبة $(N + I)/N$ 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 صدر التداخل بالموجات المستمرة عن 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.

أما أثر التداخل النبضي فأصعب على التكمية؛ فهو يرتبط ارتباطاً كبيراً بنمط المعالج الذي تستخدمه المستقبلات وبأسلوب تشغيل هذه المستقبلات. وبشكل خاص، فإن الكسوب الناتجة عن المعالجة التفاضلية لرجوع الهدف الذي يطلق بشكل تزامني ولنبضات التداخل غير التزامنية عادة، غالباً ما يكون لها آثار هامة على سويات التداخل النبضي. وقد تسبب إزالة الحساسية هذه أنواعاً مختلفة من انحطاط الأداء. وينبغي تقديرها أثناء دراسة التفاعلية بين بعض أنماط الرادار. ويتوقع عموماً أن تساهم الوظائف العديدة لرادارات الاستدلال الراديوي في إلغاء التداخل النبضي بدورة التشغيل الضعيفة وخاصة عندما يأتي من بعض المصادر المتفرقة. وترد تقنيات إلغاء التداخل النبضي بدورة تشغيل ضعيفة في التوصية ITU-R M.1372 – فعالية استعمال الطيف الراديوي في المحطات الرادارية لخدمة الاستدلال الراديوي.

4 رادارات رصد خصائص الريح

رادار رصد خصائص الريح هو رادار دوبلري يقيس سرعة الرياح من الأرض عن طريق الأصداء الرادارية للاضطرابات في جو صافٍ. ويسبب الاضطراب في جو صاف تراوحاً في دليل انكسار الهواء قدره نصف طول موجة الرادار (انتثار Bragg). ويستعمل رادار رصد خصائص الريح عدداً من حِزم الهوائي المسدَّدة باتجاه السماء. وتقاس سرعة الريح على مدى الحزمة الرادارية استناداً إلى تخالف دوبلر في اتجاه حزمة الهوائي. وإذا افترض أن مجال الريح متجانس أفقياً يمكن قياس المكونات الثلاث متجه الريح عن طريق ثلاث حزم مختلفة على الأقل. ويرتبط المدى الفعال للرادار بقدرة الإرسال وأبعاد الهوائي والتردد وكذلك بتغيرات انكسارية طبقة الجو.

وتستعمل رادارات رصد خصائص الريح حالياً عدة ترددات منها 50 MHz و400 MHz و900 MHz و1 300 MHz. ولكل من هذه الترددات فوائدها ومساوئها. وتستعمل عموماً الأنظمة ذات فتحة الهوائي الكبيرة العاملة قرب التردد 400 MHz في قياس سرعة الريح في التروبوسفير الأعلى والستراتوسفير الأدنى. أما الأنظمة العاملة في النطاقات الواقعة عند 900 MHz أو فوقه فلا يمكنها إجراء قياسات إلاّ على ارتفاع عدة كيلومترات ولكنها توفر الفائدتين التاليتين: هوائي متراص ومدى أقل من "عدم الرؤية". وهذان النظامان يناسبان بشكل أفضل قياسات سرعة الريح في طبقة محدودة وبتكاليف ضئيلة. ويشير الجدول 2 إلى خصائص رادارات رصد خصائص الريح العاملة خاصة في مدى الترددات 300 MHz 1-375 MHz 1. وتقدم التوصية ITU-R M.1227 معلومات إضافية عن رادارات رصد خصائص الريح العاملة في النطاقات الواقعة قرب التردد 000 1 MHz.

الجدول 2

خصائص رادارات رصد خصائص الريح العاملة في النطاق 300 1-375 1 MHz

المعلمة	القيمة
قدرة الذروة في الهوائي	1 kW (dBm 60)
مدة النبضة (µs)	0,5، 1، 2
معدل تكرار النبضات (kHz)	1-25
عرض نطاق الإرسال FR (MHz)	8
جهاز خرج المرسل	ترانزستور
نمط الهوائي	عاكس مكافئ
استقطاب الهوائي	أفقي
أقصى كسب للهوائي (dB)	33,5
فتحة حزمة الهوائي في زواية الارتفاع (بالدرجات)	3,9
فتحة حزمة الهوائي في زاوية السمت (بالدرجات)	3,9
المسح الأفقي للهوائي	لا تنطبق
المسح الرأسي للهوائي	–15° إلى +15° (15 s تقريباً)
عرض النطاق IF للمستقبل (MHz)	2,5
عامل الضوضاء في المستقبل (dB)	1,5
نمط المنصة	ثابت
النسبة المئوية للوقت الذي يعمل خلاله النظام (%)	100