الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R
قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R M.1638-1
(2015/01)

الخصائص ومعايير الحماية المطبقة في دراسات التقاسم بين رادارات التحديد الراديوي للموقع (باستثناء رادارات الأرصاد الجوية المنصوبة على الأرض) ورادارات الملاحة الراديوية للطيران العاملة في نطاقات التردد بين 5 250 و5 850 MHz

السلسلة M

الخدمة المتنقلة وخدمة الاستدلال الراديوي
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 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	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، 2016

© ITU 2016

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.1638-1

الخصائص ومعايير الحماية المطبقة في دراسات التقاسم بين رادارات التحديد الراديوي للموقع (باستثناء رادارات الأرصاد الجوية المنصوبة على الأرض) ورادارات الملاحة الراديوية للطيران العاملة في نطاقات التردد بين 5 250 و5 850 MHz

(2015-2003)

مجال التطبيق

تصف هذه التوصية الخصائص التقنية والتشغيلية وكذلك معايير الحماية للرادارات العاملة في نطاق التردد 5 250-5 850 MHz، باستثناء رادارات الأرصاد الجوية المنصوبة على الأرض المدرجة في التوصية ITU-R M.1849. والهدف من هذه الخصائص هو استخدامها في تقييم تلاؤم هذه الأنظمة مع خدمات أخرى.

الكلمات الرئيسية

رادار، محمول على متن السفن، منصوب على الأرض، للطيران، الحماية، متعدد الوظائف

المختصرات/المسرد

ARNS خدمة الملاحة الراديوية للطيران *(Aeronautical radionavigation service)*

ECCM التدابير الإلكترونية المعاكسة *(Electronic counter measures)*

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 لرادارات التحديد الراديوي للموقع (باستثناء رادارات الأرصاد الجوية المنصوبة على الأرض)، ورادارات الملاحة الراديوية تحددها أهداف النظام وتختلف اختلافاً كبيراً، حتى داخل نفس النطاق؛

ج) أن خدمة الملاحة الراديوية تُعتبر خدمة للسلامة في مفهوم الرقم **10.4** من لوائح الراديو (RR) وتقتضي اتخاذ تدابير خاصة لضمان حمايتها من التداخلات الضارة؛

د) أن الخصائص التقنية والتشغيلية النموذجية لرادارات التحديد الراديوي للموقع (باستثناء رادارات الأرصاد الجوية المنصوبة على الأرض) ورادارات الملاحة الراديوية مطلوبة لمعالجة التقاسم والتوافق مع هذه الأنظمة حسب الحاجة؛

هـ) أن إجراءات ومنهجيات تحليل الملاءمة بين الرادارات والأنظمة في الخدمات الأخرى متيسرة في التوصية ITU-R M.1461؛

و) أن رادارات التحديد الراديوي للموقع ورادارات الملاحة الراديوية ورادارات الأرصاد الجوية تعمل في نطاقات التردد المحصورة بين 5 250 و5 850 MHz؛

ز) أن الرادارات المقامة على سطح الأرض المستعملة لأغراض الأرصاد الجوية يُرخص لها بالعمل في نطاق التردد 5 600-5 650 MHz على أساس التساوي في الحقوق مع محطات خدمة الملاحة الراديوية للطيران (ARNS) (انظر الرقم **452.5** من لوائح الراديو)؛

ح) أن التوصية ITU-R M.1849 تتضمن جوانب تقنية وتشغيلية لرادارات الأرصاد الجوية المنصوبة على الأرض وأن بالمستطاع استخدامها كخط توجيهي في تحليل التقاسم والتوافق بين رادارات الأرصاد الجوية المنصوبة على الأرض وأنظمة في خدمات أخرى،

توصي

1 بأنه ينبغي أن تعتبر الخصائص التقنية والتشغيلية لرادارات التحديد الراديوي للموقع (باستثناء رادارات الأرصاد الجوية المنصوبة على الأرض) ورادارات الملاحة الراديوية التي يرد وصف لها في الملحق 1 نموذجية للأنظمة العاملة في نطاقات الترددات الواقعة بين 5 250 و5 850 MHz؛

2 بأنه ينبغي أن تستخدم التوصية ITU-R M.1461 كخط توجيهي في تحليل التقاسم والتوافق بين رادارات التحديد الراديوي للموقع (باستثناء رادارات الأرصاد الجوية المنصوبة على الأرض) ورادارات الملاحة الراديوية مع أنظمة في خدمات أخرى؛

3 بأنه ينبغي أن تستخدم القيمة –6 dB لنسبة قدرة الإشارة المسببة للتداخل إلى قدرة الضوضاء (*I/N*) في المستقبل الراداري (باستثناء رادارات الأرصاد الجوية المنصوبة على الأرض)، كسوية تطلق الحماية اللازمة في إطار دراسة التقاسم بين خدمة الاستدلال الراديوي والخدمات الأخرى. ويمثل معيار الحماية هذا سوية الحماية الصافية في حالة وجود مسببات تداخل عديدة.

الملحق 1

خصائص رادارات التحديد الراديوي للموقع (باستثناء رادارات الأرصاد الجوية المنصوبة على الأرض) ورادارات الملاحة الراديوية للطيران

1 مقدمة

توزع نطاقات التردد المحصورة بين 5 250 و5 850 MHz على خدمات الملاحة الراديوية للطيران والملاحة الراديوية والتحديد الراديوي للموقع على أساس أولي كما هو مبين في الجدول 1.

الجدول 1

النطاق (MHz)	التوزيع
5 255-5 250	التحديد الراديوي للموقع
5 350-5 255	التحديد الراديوي للموقع
5 460-5 350	الملاحة الراديوية للطيران التحديد الراديوي للموقع
5 470-5 460	التحديد الراديوي للموقع الملاحة الراديوية
5 570-5 470	الملاحة الراديوية البحرية التحديد الراديوي للموقع[1]
5 650-5 570	الملاحة الراديوية البحرية التحديد الراديوي للموقع
5 725-5 650	التحديد الراديوي للموقع
5 850-5 725	التحديد الراديوي للموقع

[1] وفقاً للرقم **452.5** من لوائح الراديو يرخص للرادارات المقامة على سطح الأرض المستعملة لأغراض الأرصاد الجوية في النطاق 600 5-650 5 MHz، بأن تعمل على أساس التساوي في الحقوق مع محطات خدمة الملاحة الراديوية البحرية. وتتضمن التوصية ITU-R M.1849 خصائص رادارات الأرصاد الجوية المنصوبة على الأرض.

وتؤدي رادارات التحديد الراديوي للموقع مجموعة متنوعة من الوظائف مثل:

- تتبع مركبات الإطلاق الفضائية والمركبات الجوية التي تخضع لاختبارات تطوير وتشغيل؛
- المراقبة البحرية والجوية؛
- القياسات البيئية (مثل دراسة دورات الماء في المحيطات وظواهر الأرصاد الجوية كالأعاصير)؛
- تكوين صور للأرض؛
- الدفاع الوطني وحفظ السلام على الصعيد الدولي.

وتُستعمل رادارات الملاحة الراديوية للطيران في المقام الأول للكشف عن اضطرابات الظواهر الجوية وانقصاف الرياح بواسطة أجهزة محمولة جواً، وبذلك تؤدي خدمة للسلامة (انظر الرقم **10.4** من لوائح الراديو).

ويعرض الجدول 2 الرادارات متعددة الأغراض.

وبمقدور الرادار متعدد الأغراض القيام بوظائف البحث والتتبع والملاحة الراديوية بما في ذلك الكشف عن الأحوال الجوية، باستخدام الهوائي ذاته وفي نطاق تردد منفرد. وعلى سبيل المثال تُستعمل التطبيقات المحمولة على متن الطائرات، أو الهوائيات ذات التوجيه الميكانيكي، أو هوائيات الصفيف المطاور بصورة شائعة، وتشمل الوظائف عادة البحث والتتبع فيما يتعلق بالبحث عن الأهداف الجوية والسطحية، وتجنب الاصطدام بالأرض وتفادي اضطرابات الطقس.

وفي التطبيقات المحمولة على متن السفن فإن الهوائيات ذات التوجيه الميكانيكي أو هوائيات الصفيف المطاور تُستخدم بشكل شائع، وتشمل الوظائف في العادة البحث والتتبع فيما يتعلق بالبحث عن الأهداف الجوية والسطحية، وتجنب الاصطدام بالأرض وتفادي اضطرابات الطقس. وتحقق الرادارات ذات الوظائف المتعددة هذه وفورات في المساحة والوزن (وهو أمر أساسي في التطبيقات المحمولة على متن الطائرات)، وتوفر كذلك أساليب تشغيل قابلة للمواءمة تبعاً للمتطلبات المتغيرة.

2 الخصائص التقنية

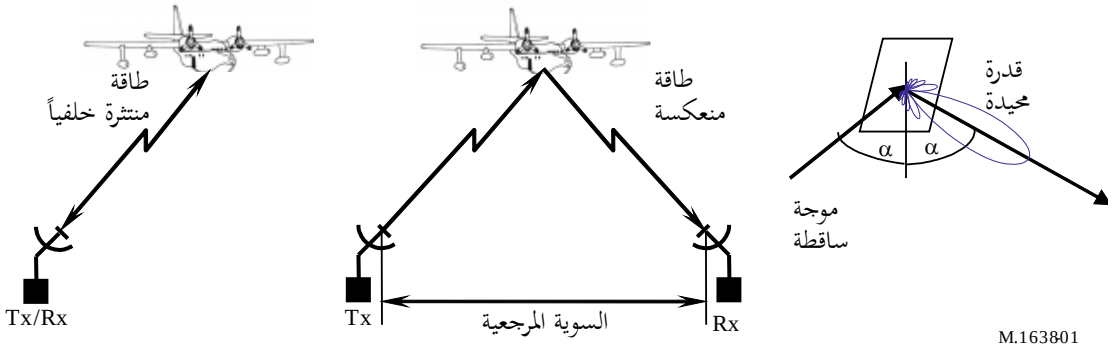
يستعمل نطاقات التردد المحصورة بين 250 5-850 5 MHz العديد من أنواع الرادارات المختلفة المقامة على منصات ثابتة في البر أو محمولة على السفن أو محمولة جواً أو قابلة للنقل. ويتضمن الجدول 2 الخصائص التقنية للأنظمة النموذجية المستعملة في هذه النطاقات. وتعتبر هذه المعلومات كافية عموماً لإجراء حسابات عامة لتقييم التلاؤم بين هذه الرادارات وأنظمة أخرى. ويجري تشغيل هذه الرادارات تقليدياً على أنها رادارات أحادية المحطة تضم المرسل والمستقبل في مكان واحد (الشكل 1أ). على أن الرادارين 10A و14A المدرجين في الجدول 2 يجري تشغيلهما بالإضافة إلى ذلك كرادارات ثنائية المحطة يُفصل فيها المركز والمستقبل مكانياً (الشكل 1ب).

وتكمن ميزة الفصل بين المرسل والمستقبل في التعزيز الممكن للمقطع العرضي الراداري لجسم ما. ويعرض الشكل 1ج تأثيراً نموذجياً لذلك على سطح مربع. ويتسم ذلك بأهمية خاصة إذا ما كان الجسم المراد كشفه لا يعكس الكثير من الطاقة في اتجاه الإشارة الرادارية الساقطة.

وفي العادة فإن المسافة بين المرسل والمستقبل (السوية المرجعية) هي في مدى 30-50 km. ويمكن تحقيق المزامنة بين المرسل والمستقبل عبر وصلة راديوية أو خدمة ساتلية ملاحية عالمية أو بمعايير التوقيت. وينبغي مراعاة أسلوب التشغيل هذا مع مستقبل منفعل في مكان آخر غير مكان المرسل في دراسات التوافق. وبما أن المستقبلات لا تتغير فإن معايير الحماية الخاصة بمستقبل الرادار أحادي المحطة أو ثنائي المحطة متكافئة.

الشكل 1

1أ: رادار أحادي المحطة؛ 1ب: رادار ثنائي المحطة؛ 1ج: القدرة المحيَّدة لسطح مربع بسيط



ويتضمن هذا الجدول خصائص بعض الرادارات العاملة بالقفز الترددي التي تُشغل في نطاق التردد هذا. وتقنية القفز الترددي هي من أكثر التدابير الإلكترونية المعاكسة (ECCM) شيوعاً. والأنظمة الرادارية المصممة لكي تشتغل في ظروف عدوانية تتعرض فيها لهجمات إلكترونية، تستعمل القفز الترددي باعتباره أحد تقنيات التدابير الإلكترونية المعاكسة. وهذا النوع من الرادارات يقسّم عموماً نطاقات التردد الموزعة عليه إلى قنوات. ثم يختار الرادار بشكل عشوائي قناة من بين جميع القنوات المتيسرة للإرسال. ويمكن أن يحدث هذا الشغل العشوائي لقناة ما على أساس موقع الحزمة حيث يتم إرسال العديد من النبضات على نفس القناة، أو على أساس كل نبضة. ويجب مراعاة هذا الجانب الهام للأنظمة الرادارية وأخذه في الحسبان عند دراسة التقاسم لمراعاة النتائج التي يمكن أن تترتب على وجود رادارات تعمل بالقفز الترددي.

الجدول 2

خصائص رادارات التحديد الراديوي للموقع (باستثناء رادارات الأرصاد الجوية المنصوبة على الأرض) ورادارات الملاحة الراديوية

الخصائص	الوحدات	رادار 1	رادار 2	رادار 3	رادار 4	رادار 5	رادار 6	رادار 7	رادار 8	رادار 9
الوظيفة		قياس	قياس	قياس	قياس	قياس	بحث سطحي وجوي	بحث سطحي وجوي متعدد الوظائف	بحث وتصوير الأرض	بحث
نوع المنصة (محمولة جواً، محمولة على سفينة، على البر)		على البر	على البر	على البر	على البر	على البر	محمولة على سفينة	محمولة على سفينة	محمولة جواً	محمولة جواً
مدى التوليف	MHz	5 300	5 850-5 350	5 850-5 350	5 900-5 400	5 900-5 400	5 300	5 825-5 450	5 300	5 725-5 250
التشكيل		غير متاح	غير متاح	غير متاح	نبضة/نبضة زقزقية	نبضة زقزقية	FM خطي	غير متاح	FM لا خطي/خطي	نبضة موجة مستمرة
قدرة إرسال الهوائي	kW	250	2 800	1 200	1 000	165	360	285	1 أو 16	4,0-0,1
عرض النبضة	µs	1,0	0,25، 1,0، 5,0	0,25، 0,5، 1,0	1-0,25 (غير مشكل) 50-3,1 (زقزقة)	100	20,0	1,0/0,25/1,0	7 أو 8	1,0
وقت صعود/هبوط النبضة	µs	0,2/0,1	0,5-0,02	0,05-0,02	0,1-0,02	0,5	0,5	0,1/0,05/0,03	0,5	0,05
معدل تكرار النبضات	pps	3 000	640 ،160	640 ،160	1 280-20	320	500	750/1 200/2 400	4 000-1 000	1 500-200
عرض النطاق الزقزقي	MHz	غير متاح	غير متاح	غير متاح	4,0	8,33	1,5	غير متاح	62، 124	غير متاح
عرض نطاق الإرسال الراديوي	MHz	4,0 (3- dB) 10,0 (20- dB)	5-0,5	3,6-0,9 18-6,4	3,6-0,9 18-6,4	8,33 9,9	1,5 1,8	1,2/4,0/5,0 7,0/12,5/16,5	62، 124 65، 130	4,0 10,0
نوع مخطط الهوائي (نقطي، مروحي، قاطع تمام مربع، إلخ.)		نقطي	نقطي	نقطي	نقطي	نقطي	تمام تربيعي	مروحي	مروحي	نقطي
نوع الهوائي (عاكس، صفيف مطاور، صفيف بشقوق، إلخ.)		عاكس مكافئي	مكافئي	مكافئي	صفيف مطاور	صفيف مطاور	مكافئي	صفيف تغذية بوقية ذات موجات مرتحلة	بوقا استقطاب مزدوجان يستندان إلى ركيزة وحيدة	صفيف بشقوق

الجدول 2 (*تابع*)

الخصائص	الوحدات	رادار 1	رادار 2	رادار 3	رادار 4	رادار 5	رادار 6	رادار 7	رادار 8	رادار 9
استقطاب الهوائي		رأسي/دائري مياسر	رأسي/دائري مياسر	رأسي/دائري مياسر	رأسي/دائري مياسر	رأسي/دائري مياسر	أفقي	أفقي	أفقي ورأسي	دائري
كسب الهوائي في الحزمة الرئيسية	dBi	38,3	54	47	45,9	42	28,0	30,0	26	40-30
عرض حزمة الهوائي بزاوية الارتفاع	بالدرجات	2,5	0,4	0,8	1,0	1,0	24,8	28,0	28,0	4-2
عرض حزمة الهوائي بزاوية السمت	بالدرجات	2,5	0,4	0,8	1,0	1,0	2,6	1,6	3,0	4-2
معدل المسح الأفقي للهوائي	بالدرجات/ثانية	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	36، 72	90	غير متاح	20
نمط المسح الأفقي للهوائي (متواصل، عشوائي، 360°، قطاعي، إلخ.)	بالدرجات	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	متواصل 360	قطاع 270-30	ثابت إلى مسار الطيران اليميني أو اليساري	متواصل
سرعة المسح الرأسي للهوائي	بالدرجات/ثانية	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح
نمط المسح الرأسي للهوائي (متواصل، عشوائي، 360°، قطاعي، إلخ.)	بالدرجات	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح	ثابت	ثابت في الارتفاع (−20 إلى −70)	غير متاح
سويات الفصوص الجانبية للهوائي (الفص الجانبي الأول، الفصوص الجانبية البعيدة)	dB	20–	20–	20–	22–	22–	20–	25–	22–	25–
ارتفاع الهوائي	m	20	20	20-8	20	20	40	40	إلى 8 000	9 000
عرض النطاق IF عند 3 dB للمستقبل	MHz	1	4,8، 2,4، 0,25	4، 2، 1	8-2	8	1,5	10 ،1,2	147 ،90	1
عامل ضوضاء المستقبل	dB	6	5	5	11	5	5	10	4,9	3,5
أدنى إشارة يمكن كشفها	dBm	105–	107–	100–	107–، 117–	100–	107–	94– (نبضة قصيرة/متوسطة) 102– (نبضة عريضة)	90–، 87–	110–

الجدول 2 (*تابع*)

الخصائص	الوحدات	رادار 10	رادار 10A	رادار 11	رادار 12	رادار 13	رادار 14	رادار 14A	رادار 15
الوظيفة		ملاحة راديوية، بحث سطحي وجوي	ملاحة راديوية، بحث سطحي وجوي	تحديد الموقع بالراديو	تحديد الموقع بالراديو	تحديد الموقع بالراديو	تحديد الموقع بالراديو	تحديد الموقع بالراديو	تحديد الموقع بالراديو
نوع المنصة (محمولة جواً، محمولة على سفينة، على البر)		محمولة على سفينة على البر	على البر (ثنائي المحطة)	على البر	محمولة على سفينة	على البر	على البر	على البر (ثنائي المحطة)	على البر
مدى التوليف	MHz	5 875-5 250	5 875-5 250	5 350-5 250	5 900-5 400	5 850-5 450	5 800-5 300	5 800-5 300	5 850-5 400
التشكيل		شفرة باركر ثنائية الطور	شفرة باركر ثنائية الطور	نبضة مشفرة	نبضة مشفرة	نبضي، غير متجانس	غير متاح	غير متاح	نبضة غير مشكلة
قدرة إرسال الهوائي	kW	90	90	0,400	25	750	50	50	1 000
عرض النبضة	us	14,0-0,30	14,0-0,30	0,08	0,32	1	غير متاح	غير متاح	1-.25
وقت صعود/هبوط النبضة	us	0,1-0,04	0,1-0,04	.03/.03	.035/.015	.216/.108	.100/.100	.100/.100	.200/.150
معدل تكرار النبضات	pps	5 000-4 000	5 000-4 000	5 000	8 000	1 280-160	غير متاح	غير متاح	640-160
عرض النطاق الزقزقي	MHz	1,5	1,5	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح
عرض نطاق الإرسال الراديوي	MHz	4 12 20 عند –40 dB	4 12 20 عند –40 dB	6 11	1,55 20	.8 4,1	470 490	470 490	1,8 10
نمط مخطط الهوائي (نقطي، مروحي، قاطع تمام مربع، إلخ.)		مروحي	مروحي	غير متاح	غير متاح	نقطي	نقطي	نقطي	غير متاح
نوع الهوائي (عاكس، صفيف مطاور، صفيف بشقوق، إلخ.)		صفيف مطاور منفعل	صفيف مطاور منفعل	صفيف مطاور	صفيف مطاور	مكافئي	صفيف مطاور	صفيف مطاور	بوقي

الجدول 2 (*تابع*)

الخصائص	الوحدات	رادار 10	رادار 10A	رادار 11	رادار 12	رادار 13	رادار 14	رادار 14A	رادار 15
استقطاب الهوائي		أفقي	أفقي	رأسي	رأسي	رأسي خطي	غير متاح	غير متاح	رأسي، خطي
كسب الحزمة الرئيسية لهوائي	dBi	33 (55>)	33 (55>)	16	25	42,94	40	40	42
عرض حزمة الهوائي بزاوية الارتفاع	بالدرجات	7	7	12,5	26	2,5	2,5	2,5	1,2
عرض حزمة الهوائي بزاوية السمت	بالدرجات	1,8	1,8	12,5	2	2,5	2,5	2,5	1,2
معدل المسح الأفقي للهوائي	بالدرجات/ثانية	60-6	60-6	غير متاح	غير متاح	25	30	30	متغير – 45
نمط المسح الأفقي للهوائي (متواصل، عشوائي، 360°، قطاعي، إلخ.)	بالدرجات	360	360	غير متاح	360	360	360	360	360
معدل المسح الرأسي للهوائي	بالدرجات/ثانية	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	25	غير متاح	غير متاح	متغير – 45
نمط المسح الرأسي للهوائي (متواصل، عشوائي، 360°، قطاعي، إلخ.)	بالدرجات	غير متاح	غير متاح	غير متاح	توجيه إلكتروني	غير متاح	توجيه إلكتروني	توجيه إلكتروني	غير متاح
سويات الفصوص الجانبية للهوائي (الفص الجانبي الأول، الفصوص الجانبية البعيدة)	dB	29–	29–	غير متاح	غير متاح	8,7–	40–	40–	22–
ارتفاع الهوائي	m	45	30	غير متاح	30	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح
عرض النطاق IF عند 3 dB للمستقبل	MHz	11	11	10	7	2,75	غير متاح	غير متاح	20
عامل ضوضاء المستقبل	dB	3	3	10	4	3	4	4	2,3
أدنى إشارة يمكن كشفها	dBm	115–	115–	111–	116–	107–	100–	100–	112–

الجدول 2 (*تابع*)

الخصائص	الوحدات	رادار 16	رادار 17	رادار 18	رادار 19	رادار 20	رادار 21	رادار 22	رادار 23
الوظيفة		ملاحة راديوية للطيران	وظائف متعددة	وظائف متعددة	وظائف متعددة	وظائف متعددة	وظائف متعددة	وظائف متعددة	وظائف متعددة
نوع المنصة (محمولة جواً، محمولة على سفينة، على البر)		محمولة جواً	محمولة جواً	على البر	على البر	محمولة على سفينة	على البر/محمولة على سفينة	بحث سطحي وجوي، منصوبة على الأرض على مركبة	بحث، منصوبة على الأرض على مركبة
مدى التوليف	MHz	5 440	5 370	5 650-5 600	5 700-5 300	5 700-5 400	5 750-5 300	5 850-5 400	5 850-5 250
التشكيل		غير متاح	غير متاح	غير متاح	نبضة غير مشكلة	نبضة غير مشكلة	غير متاح	نبضة مشفرة/شفرة باركر وقفزات التردد	نبضة مشفرة/شفرة باركر وقفزات التردد
قدرة إرسال الهوائي	kW	0,200 ذروة	70 ذروة	7,5	250	350	400-300 ذروة	12 ذروة	70
عرض النبضة	us	20-1	6,0	0,20-0,0005	0,8 إلى 2,0	2	4,0–0,05	20,0-4,0	1,0/6,0/3,5
وقت صعود/هبوط النبضة	us	0,1	0,6	0,0005/0,0005	0,08	0,33/,096	0,1	0,2	0,3
معدل تكرار النبضات	pps	1 440-180	200	3 000	1 180-250	500-250	1 300-200	7 800-1 000	3 750-2 500
عرض النطاق الزقزقي	MHz			غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح
عرض نطاق الإرسال الراديوي –3 dB –20 dB	MHz			2 15	1,25 8,3	0,4 2,88	غير متاح	5 غير متاح	5 غير متاح
نمط مخطط الهوائي (نقطي، مروحي، قاطع تمام مربع، إلخ)		نقطي	مروحي	نقطي	نقطي	نقطي	مخروطي	نقطي	نقطي
نوع الهوائي (عاكس، صفيف مطاور، صفيف بشقوق، إلخ)		صفيف بشقوق	مكافئي	عاكس مكافئي	عاكس مكافئي	عاكس مكافئي	مكافئي	صفيف مطاور	صفيف مطاور

الجدول 2 (*تتمة*)

الخصائص	الوحدات	رادار 16	رادار 17	رادار 18	رادار 19	رادار 20	رادار 21	رادار 22	رادار 23
استقطاب الهوائي		أفقي	أفقي	أفقي	أفقي	أفقي	رأسي	رأسي	أفقي
كسب الحزمة الرئيسية للهوائي	dBi	34	37,5	38,5	44,5	40	44,5	35	31,5
عرض حزمة الهوائي بزاوية الارتفاع	بالدرجات	3,5	4,1	2,2	1	1,7	2,0	30	30
عرض حزمة الهوائي بزاوية السمت	بالدرجات	3,5	1,1	2,2	1	1,7	2,0	2	2
معدل المسح الأفقي للهوائي	بالدرجات/ثانية	20	24	3,4	متغير	6	36	متغير	متغير
نمط المسح الأفقي للهوائي (متواصل، عشوائي، 360°، قطاعي، إلخ)	بالدرجات	متواصل	قطاع 180	360	غير متاح	360	360	360	قطاع 360
معدل المسح الرأسي للهوائي	بالدرجات	45	غير متاح	6,5	متغير	غير متاح	3	غير متاح	غير متاح
نمط المسح الرأسي للهوائي (متواصل، عشوائي، 360°، قطاعي، إلخ)	بالدرجات	قطاع	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	30	قطاع	قطاع
سويات الفصوص الجانبية للهوائي (الفص الجانبي الأول، الفصوص الجانبية البعيدة)	dB	31–	20–	31–	25–	29–	30–	40–	30–
ارتفاع الهوائي	m	ارتفاع الطائرة	ارتفاع الطائرة	10	10	10	40–10	10	13-6
عرض النطاق IF عند 3 dB للمستقبل	MHz	1,0	0,6	3	0,75	0,5	0,8	4	5
عامل ضوضاء المستقبل	dB	5	6	4	3	2	3	5	13
أدنى إشارة يمكن كشفها	dBm	109–	106–	123–	109–	115–	120–	103–	108–

3 الخصائص التشغيلية

1.3 رادارات الملاحة الراديوية للطيران

الرادارات العاملة في الملاحة الراديوية للطيران في نطاق التردد 350 5-460 5 MHz هي في المقام الأول أنظمة محمولة جواً تُستخدم لسلامة الرحلات الجوية. وإنها رادارات لكشف الأرصاد الجوية وتفادي التقلبات الجوية، تعمل بشكل دائم أثناء الطيران، وهناك رادارات للكشف عن انقصاف الرياح التي تعمل أوتوماتياً بمجرد هبوط الطائرة تحت 400 2 قدم (732 متراً). وللرادارين خصائص متماثلة وهما راداران جبهيان يمكنهما مسح مساحة حول مسار الطائرة. وهذه الأنظمة تقوم أوتوماتياً بالمسح في مدى سمت وارتفاع معين، وهما يضبطان يدوياً (ميكانيكياً) في الارتفاع من قبل الطيار (الذي قد يرغب في إجراء عدة "مقاطع" في الارتفاع لكي يتخذ قرارات تتعلق بالملاحة).

2.3 رادارات التحديد الراديوي للموقع

هناك أنواع عديدة من الرادارات تقوم بمهام متنوعة وتعمل ضمن خدمة التحديد الراديوي للموقع في كل نطاق التردد 250 5-850 5 MHz. ويعطي الجدول 2 الخصائص التقنية لعدة أنواع من الرادارات النموذجية التي تستعمل هذه الترددات والتي يمكن استعمالها لتقييم الملاءمة بين رادارات التحديد الراديوي للموقع والأنظمة الخاصة بخدمات أخرى. ويناقش الاستعمال التشغيلي لهذه الرادارات بإيجاز في النص التالي.

وتقدم رادارات قياس المدى المستعملة على منصات الرمي معطيات دقيقة للغاية بشأن مركبات الإطلاق الفضائية ومركبات الطيران التي تخضع لاختبارات التطوير والتشغيل. وتتميز هذه الرادارات بقدرة إرسال عالية وهوائيات مكافئية عاكسة عريضة الفتحة مزودة بحزم نقطية ضيقة للغاية.

ولهذه الرادارات هوائيات أوتوماتية للتتبع، تتبع الهدف عن طريق الصدى الطبيعي أو عن طريق صوّة للتتبع (والملاحظ أن صوة الرادار غير واردة في الجدول 2؛ وعادة ما تولّف في مدى التردد 400 5-900 5 MHz ولها قدرات إرسال تتراوح ما بين 50-200 W في ذروتها، وتستعمل في إعادة إرسال الإشارة الرادارية المستقبلة). ويمكن أن تمتد فترات التشغيل من عدة دقائق إلى 4-5 ساعات، ويتوقف ذلك على برنامج الاختبار. وتجرى الاختبارات على فترات مجدولة 24 ساعة يومياً و7 أيام في الأسبوع.

والرادارات المحمولة على متن السفن للمراقبة البحرية والجوية تستخدم لحماية السفن وتعمل بشكل متواصل طوال إبحار السفينة وكذلك عند دخولها مناطق الموانئ ومغادرتها. وهذه الرادارات تعمل على نحو مستمر خلال نشر السفينة استناداً إلى جدول السفينة الزمني وإتاحتها. وتؤدي الرادارات المذكورة مهمات مثل حماية البيئة البحرية؛ وإنفاذ القوانين في الموانئ والممرات المائية الداخلية والأمن الساحلي؛ والمساعدة الإنسانية و/أو الاستجابة للكوارث ومهمات البحث والإنقاذ التي تشمل أهدافاً ذات مقطع عرضي صغير مثل الطائرات الخفيفة وقوارب الإنقاذ والزوارق والزوارق الصغيرة والسابحين المرتدين لسترات النجاة. وتستعمل هذه الرادارات قدرات إرسال متوسطة الارتفاع وهوائيات تمسح إلكترونياً في زوايا الارتفاع وميكانيكياً في زوايا السمت كامل الدرجات 360°. وقد يحدث أن تستعمل عدة سفن هذه الرادارات في وقت واحد وفي منطقة جغرافية معينة.

وتستعمل رادارات أخرى من أجل تطبيقات خاصة في نطاق التردد 250 5-850 5 MHz. والرادار 7 (الجدول 2) هو رادار محمول جواً بفتحة تركيبية يستعمل في رسم الخرائط وتكوين صور الأرض، وفي الدراسات البيئية ودراسات استعمال الأراضي، وأنشطة بحث أخرى ذات صلة. وهي تُشغَّل بصورة متواصلة على ارتفاعات مختلفة وبزوايا رؤية هابطة لفترات من الوقت قد تصل إلى ساعات، ويتوقف ذلك على طبيعة كل حملة قياس.

4 معايير الحماية

أثر إزالة الحساسية عن الرادارات العاملة في هذا النطاق والمتولدة من تداخل من طراز الموجة المستمرة أو الشبيه بالضوضاء يمكن التنبؤ به حسب قدرته. وفي أي من قطاعات السمت التي يمكن أن يحدث فيها هذا التداخل، يمكن إضافة كثافته الطيفية للقدرة ببساطة إلى الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء الحرارية لمستقبِل الرادار، مع إجراء تقريب معقول. وإذا رُمز إلى الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء الحرارية لمستقبِل الرادار في غياب التداخل بالرمز N_0، ورُمز إلى التداخل الشبيه بالضوضاء بالرمز I_0، تصبح الكثافة الفعلية الطيفية لقدرة الضوضاء الحرارية الناتجة ببساطة $N_0 + I_0$. وزيادة قدرة قدرها نحو 1 dB لرادارات التحديد الراديوي للموقع باستثناء رادارات الأرصاد الجوية المنصوبة على الأرض من شأنها أن تشكل انحطاطاً محسوساً. وتقابل مثل هذه الزيادة نسبة $N/(N + I)$ قدرها 1,26 أو نسبة I/N قدرها نحو –6 dB. وبالنسبة لرادارات الملاحة الراديوية ورادارات الأرصاد الجوية[1]، التي وظيفتها سلامة الأرواح البشرية، تشكل الزيادة التي قدرها 0,5 dB انحطاطاً محسوساً. وتقابل مثل هذه الزيادة نسبة I/N قدرها نحو –10 dB. غير أنه ينبغي إكمال الدراسة الضرورية لإثبات صلاحية هذه القيمة. وتشكل معايير الحماية هذه الأثر الكلي لمجموعة مسببات التداخل، في حالة تعددها؛ ونسبة I/N المسموح بها لمسبب وحيد للتداخل تتوقف على عدد مسببات التداخل وهندستها، ويجب تقييمها في مجرى تحليل سيناريو معين.

ويمكن أن يتفاوت عامل التجميع تفاوتاً كبيراً في بعض أنظمة الاتصالات التي يمكنها أن تنشر عدداً كبيراً 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 عادة 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، خاصة من بعض المصادر المعزولة. وترد تقنيات كبت التداخل النبضي في حالة ضعف دورة التشغيل في التوصية ITU-R M.1372 – استعمال محطات الرادار الفعّال للطيف الراديوي في خدمة الاستدلال الراديوي.

5 تقنيات تخفيف التداخل

تسهل بصورة عامة الملاءمة المتبادلة بين رادارات التحديد الراديوي للموقع (باستثناء رادارات الأرصاد الجوية المنصوبة على الأرض) ورادارات الملاحة الراديوية للطيران عن طريق مسح حزم الهوائي الذي يحدّ من اقتران الحُزم الرئيسية. ويسمح بتخفيف إضافي عن طريق الاختلافات بين أشكال الموجات في نوعي الرادارات وما يرتبط به من نبذ النبضات غير المرغوبة عن طريق تقنيات الترشيح في المستقبل وتقنيات معالجة الإشارات مثل الحدّ من الإشارة، والتحكم الدوري للكسب وتكامل الإشارة. من ناحية أخرى، يمكن تخفيف التداخل عن طريق الفصل بين الترددات الحاملة أو التمييز في الوقت باستعمال تقنيات نبذ/كبت النبضات غير المتزامن. وفي التفاعلات المتبادلة من رادار إلى رادار، لا يكون الفصل في الترددات ضرورياً دائماً للحصول على الملاءمة، نظراً إلى أن الدرجات العالية من فك الاقتران في القدرة وفي الزمن يمكن أن تحدث بشكل طبيعي أو بوضع تصميمات جيدة مناسبة. وتوجد في التوصية ITU-R M.1372 تفاصيل إضافية عن تقنيات تخفيف التداخل التي تستعملها الرادارات.

---

1 ترد معايير الحماية الخاصة برادارات الأرصاد الجوية المنصوبة على الأرض في التوصية ITU-R M.1849.