

الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية **ITU-R M.2057-0**
(2014/02)

خصائص أنظمة رادارات المركبات العاملة
في نطاق الترددات 81-76 GHz
في تطبيقات أنظمة النقل الذكية

السلسلة **M**

الخدمة المتنقلة وخدمة الاستدلال الراديوي
وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة



150
1865-2015

The logo for the ITU's 150th anniversary is located at the bottom right. It features the number '150' in a large, bold, sans-serif font, with the ITU logo (a globe with a lightning bolt) integrated into the zero. Below the number, the years '1865-2015' are written in a smaller, sans-serif font.

تمهيد

يوظف 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 مدى 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 يتبناها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقيس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهروتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستثمارات 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>)

| العنوان | السلسلة |
|--|----------|
| البث الساتلي | BO |
| التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية | BR |
| الخدمة الإذاعية (الصوتية) | BS |
| الخدمة الإذاعية (التلفزيونية) | BT |
| الخدمة الثابتة | F |
| الخدمة المتنقلة وخدمة الاستدلال الراديوي وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة | M |
| انتشار الموجات الراديوية | P |
| علم الفلك الراديوي | RA |
| أنظمة الاستشعار عن بُعد | RS |
| الخدمة الثابتة الساتلية | S |
| التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية | SA |
| تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة | SF |
| إدارة الطيف | SM |
| التجميع الساتلي للأخبار | SNG |
| إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت | TF |
| المفردات والمواضيع ذات الصلة | V |

ملاحظة: تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذه التوصية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.

النشر الإلكتروني
جنيف، 2015

© ITU 2015

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.2057-0

خصائص أنظمة رادارات المركبات العاملة في نطاق الترددات 81-76 GHz في تطبيقات أنظمة النقل الذكية

(2014)

مجال التطبيق

توصف هذه التوصية خصائص النظام لرادارات المركبات العاملة في خدمة التحديد الراديوي للموقع في نطاق الترددات 81-76 GHz. وينبغي استعمال هذه الخصائص التقنية والتشغيلية في دراسات التوافق بين رادارات المركبات العاملة في خدمة التحديد الراديوي للموقع والأنظمة العاملة في خدمات أخرى.

إن جمعية الاتصالات الراديوية التابعة للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن خصائص الهوائي وانتشار الإشارة وكشف الأهداف وعرض النطاق الواسع فيما يتعلق برادارات المركبات مطلوبة لأداء وظائفها على أمثل وجه في بعض نطاقات الترددات؛

ب) أن الخصائص التقنية للرادارات العاملة في خدمة الاستدلال الراديوي تحددها احتياجات النظام وقد تختلف كثيراً من نطاق إلى آخر؛

ج) أن الخصائص التقنية والتشغيلية التمثيلية للأنظمة العاملة في نطاقات الترددات الموزعة لخدمة الاستدلال الراديوي ضرورية لتحديد جدوى إدخال أنماط جديدة من الأنظمة؛

د) أن هناك حاجة إلى إجراءات ومنهجيات من أجل تحليل التوافق بين الرادارات العاملة في خدمة الاستدلال الراديوي والأنظمة العاملة في خدمات أخرى،

توصي

باستخدام خصائص النظام الموصوفة في الملحق لرادارات المركبات العاملة في نطاق الترددات 81-76 GHz من أجل تطبيقات أنظمة النقل الذكية (ITS) لأغراض دراسات التقاسم/التوافق.

الملحق

خصائص النظام لرادارات المركبات العاملة في نطاق الترددات GHz 81-76 من أجل تطبيقات أنظمة النقل الذكية

1 مقدمة

تُشغل أنظمة الرادارات في نطاق الترددات GHz 81-76 لدعم تعزيز السلامة على الطرق. وتقتضي الزيادة في الطلب على تطبيقات السلامة في المركبات بما فيها الحد من الوفيات وحوادث السير استبانة للمدى لأنظمة رادارات المركبات مما يؤدي إلى الحاجة إلى عرض نطاق لازم يصل حتى 4 GHz.

2 الخصائص التقنية لأنظمة رادارات المركبات العاملة في نطاق الترددات GHz 81-76

فيما يتعلق بالمتطلبات الوظيفية ومتطلبات السلامة، يمكن تقسيم أنظمة رادارات المركبات العاملة في المدى GHz 81-76 إلى فئتين:

- الفئة 1: رادار التحكم التكيّفي لضبط سرعة السير (ACC) وتفاذي التصادم (CA) من أجل قياس المدى حتى 250 متراً، وترد الخصائص التقنية النموذجية في الجدول 1 تحت الرادار A. وتتطلب هذه التطبيقات، توفر عرض نطاق مستمر أقصى يبلغ 1 GHz. وتعتبر هذه الرادارات أنها تضيف وظائف راحة إضافية للسائق، مما يدعم قيادة خالية من التوتر.
- الفئة 2: أجهزة استشعار لتطبيقات عالية الاستبانة مثل كشف المناطق العمياء (BSD) والمساعدة على التحول من ممر إلى آخر (LCA) وتنبهات عن حركة المرور خلف المركبة (RTCA) وكشف المشاة والدراجات الهوائية بالقرب من المركبة لقياس مديات تصل حتى 100 متر، وترد الخصائص التقنية النموذجية لهذه التطبيقات في الجدول 1 تحت الرادار B والرادار C والرادار D. وتقتضي هذه التطبيقات عالية الاستبانة توفر عرض نطاق لازم يبلغ 4 GHz. وتزيد هذه الرادارات من السلامة المنفعلة والنشطة للسيارة بشكل مباشر وبالتالي فهي إحدى الفوائد الأساسية نحو تحسين السلامة على الطرق. وتنعكس زيادة المتطلبات المتعلقة بسلامة المركبة النشطة والمنفعلة بالفعل في متطلبات اختبار المركبة. ويعمل الرادار E بمجال رؤية أكبر لتمكين التطبيقات عالية الاستبانة مثل كشف المشاة والمساعدة على صف المركبة والكبح في حالات الطوارئ عند السرعات المنخفضة (> 30 كلم/ساعة).

ويرد في الجدول 1 المعلمات التقنية لأنظمة رادارات التحديد الراديوي للموقع العاملة في نطاق الترددات GHz 77-76 و GHz 81-77.

الجدول 1

خصائص رادارات المركبات في نطاق الترددات 81-76 GHz

| الرادار E | الرادار D | الرادار C | الرادار B | الرادار A ⁽¹⁾ | المعلومات |
|--|---|---|---|---|--|
| رادار المركبة عالي الاستبانة تطبيقات قصيرة المدى جداً (مثل المساعدة على صف المركبة وتفاذي التصادم على السرعات المنخفضة للغاية) | رادار المركبة عالي الاستبانة | رادار المركبة عالي الاستبانة لتطبيقات الزوايا | رادار المركبة عالي الاستبانة للتطبيقات الأمامية | رادار المركبة للتطبيقات الأمامية مثل التحكم التكميلي لضبط سرعة السير | |
| 81-77 | 81-77 | 81-77 | 81-77 | 77-76 | النطاق الفرعي المستخدم (GHz) |
| حتى 50 | حتى 100 | حتى 100 | حتى 100 | حتى 250 | مدى التشغيل النموذجي (m) |
| 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 75 | استبانة المدى (cm) |
| موجة مستمرة مشكلة بالتردد- سريعة، FMCW | موجة مستمرة مشكلة بالتردد | موجة مستمرة مشكلة بالتردد- سريعة، FMCW | موجة مستمرة مشكلة بالتردد- سريعة، FMCW | موجة مستمرة مشكلة بالتردد (FMCW) سريعة، FMCW | نمط الإرسال النموذجي |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | عرض النطاق اللازم الأقصى (GHz) |
| 2 | 4-2 | 4-2 | 4-2 | 1 | عرض النطاق النبضي (GHz) |
| 10 000-40 000 من أجل موجة مستمرة مشكلة بالتردد 10-40 من أجل موجة مستمرة مشكلة بالتردد-سريعة | 2 000-20 000 من أجل موجة مستمرة مشكلة بالتردد | 10 000-40 000 من أجل موجة مستمرة مشكلة بالتردد 10-40 من أجل موجة مستمرة مشكلة بالتردد-سريعة | 10 000-40 000 من أجل موجة مستمرة مشكلة بالتردد 10-40 من أجل موجة مستمرة مشكلة بالتردد-سريعة | 10 000-40 000 من أجل موجة مستمرة مشكلة بالتردد 10-40 من أجل موجة مستمرة مشكلة بالتردد-سريعة | زمن الكسب النموذجي (μs) |
| 33 | 45 | 33 | 33 | 55 | القدرة المشعة المكافئة المتناحية القصوى (dBm) |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | قدرة الإرسال القصوى إلى الهوائي (dBm) |
| 30- | 13- ⁽²⁾ | 30- | 30- | 0 (76-73,5 GHz و 79,5-77 GHz) 30- أو خلاف ذلك | كثافة القدرة القصوى للبث غير المطلوب (dBm/MHz) |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 1-0,5 | عرض نطاق التردد IF للمستقبل (dB 3-)(MHz) |
| 15 | 15 | 15 | 15 | 20-0,5 | عرض نطاق التردد IF للمستقبل (dB 20-)(MHz) |

الجدول 1 (تتمة)

| المعلومات | الرادار A ⁽¹⁾ | الرادار B | الرادار C | الرادار D | الرادار E |
|--|--|---|---|--|--|
| المعلومات | الرادار A ⁽¹⁾ رادار المركبة للتطبيقات الأمامية مثل التحكم التكييفي لضبط سرعة السير | الرادار B رادار المركبة عالي الاستبانة للتطبيقات الأمامية | الرادار C رادار المركبة عالي الاستبانة لتطبيقات الزاوية | الرادار D رادار المركبة عالي الاستبانة | الرادار E رادار المركبة عالي الاستبانة تطبيقات قصيرة المدى جداً (مثل المساعدة على إيقاف المركبة وتفادي التصادم بسرعة منخفضة للغاية) |
| حساسية المستقبل (dBm) ⁽³⁾ | 115- | 120- | 120- | 120- | 120- |
| عامل ضوضاء المستقبل (dB) | 15 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| عرض نطاق الضوضاء المكافئ (kHz) | 25 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| كسب الهوائي في الحزمة الرئيسية (dBi) | نموذجية 30، 45 كحد أقصى | TX: 23 RX: 16 | TX: 23 RX: 13 | TX: 35 max. RX: 35 max | TX: 23 RX: 13 |
| ارتفاع الهوائي (m) | 1-0,3 فوق مستوى الطريق | 1-0,3 فوق مستوى الطريق | 1-0,3 فوق مستوى الطريق | 1-0,3 فوق مستوى الطريق | 1-0,3 فوق مستوى الطريق |
| زاوية المسح في سمت الهوائي (بالدرجات) | TX/RX: ±15 | TX: ±22,5 RX: ±25 | TX: ±23 RX: ±30 | TX: ±30 RX: ±30 | TX: ±50 RX: ±50 |
| فتحة نصف القدرة لحزمة ارتفاع الهوائي (بالدرجات) | TX/RX: ±3 | TX/RX: ±5,5 | TX/RX: ± 5,5 | TX/RX: ± 5,5 | TX/RX: ± 5,5 |

(1) يتعلق الرادار من النمط A بالتوصية ITU-R M.1452.

(2) تُحدد كثافة القدرة القصوى للبحث غير المطلوب عند طرف دخل الهوائي.

(3) تُحدد حساسية المستقبل باستعمال عرض نطاق الضوضاء المكافئ.

3 الخصائص التشغيلية لأنظمة رادارات المركبات العاملة في نطاق الترددات 76-77 GHz و 77-81 GHz

تتطور تطبيقات رادارات المركبات من توفير وظائف الراحة الإضافية مثل رادارات التحكم التكيّفي لضبط سرعة السير (ACC) وتفاذي التصادم (CA)، إلى وظائف تزيد بشكل كبير من السلامة المنفصلة والنشطة للمركبات. ويتطلب هذا الأمر أنظمة تستطيع كشف الأشياء بالقرب من المركبة (في حدود 15 متراً)، مثل المشاة أو الدراجات الهوائية. وتتطلب هذه التطبيقات أجهزة استشعار رادارية تتمتع بقدرة فصل بين الأهداف تبلغ أقل من 10 سنتيمترات. وتتطلب أجهزة الاستشعار الرادارية التي توفر هذه الاستبانة عرض نطاق تشغيل يبلغ 4 GHz.

وتكشف أجهزة الاستشعار الرادارية من النمط A حركة السير على الطرق ذات الصلة من أجل تكييف سرعة المركبة مع سرعة المركبات الأخرى في الأمام. ولتلبية الطلب على زيادة السلامة في السيارات، واعتماداً على التطبيق، يمكن الجمع بين نظام واحد أو أكثر من الأنظمة الرادارية من النمط A وأجهزة استشعار رادارية إضافية من الأنماط B و C و D و E في مركبة واحدة. وسيقوم نظام معالجة البيانات بتشغيل الرادار المناسب استناداً إلى معلومات جهاز الاستشعار.

تغطي أجهزة الاستشعار الرادارية من الأنماط B و C و D و E المحيط القريب من المركبة وستضيف وظائف إضافية للسلامة النشطة والمنفصلة، مثل الكبح الذاتي في حالات الطوارئ والمساعدة النشطة في المناطق العمياء والمساعدة في التحول من مر إلى آخر.

4 معايير الحماية

أثر إزالة الحساسية عن الرادارات العاملة في هذا النطاق الترددي التي تنجم عن خدمات أخرى تعمل بموجة مستمرة أو بموجة مستمرة مشكلة بالتردد الشبيه بالموجة المستمرة أو بتشكيل من النمط المماثل للضوضاء، يمكن التنبؤ به حسب شدته. وفي أي من قطاعات السمات التي يمكن أن يحدث فيها هذا التداخل، يمكن إضافة الكثافة الطيفية لقدرة هذا التداخل ببساطة إلى الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء الحرارية لمستقبل الرادار، مع إجراء تقريب معقول. وإذا رُمز إلى الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء الحرارية لمستقبل الرادار في غياب التداخل بالرمز N_0 ، ورُمز إلى التداخل الشبيه بالضوضاء بالرمز I_0 ، تصبح الكثافة الفعلية الطيفية لقدرة الضوضاء الحرارية الفعلية الناتجة ببساطة $N_0 + I_0$. وأي زيادة في هذا المقدار قدرها نحو 1 dB لرادارات المركبات من شأنها أن تشكل انحطاطاً كبيراً. وتقابل مثل هذه الزيادة نسبة $(I + N)/N$ قدرها 1,26 أو معيار حماية I/N مقداره نحو -6 dB.

ويمكن أن يتفاوت عامل التجميع تفاوتاً كبيراً في حالة بعض أنظمة الاتصالات التي يمكنها أن تنشر عدداً كبيراً من المحطات. وتحديد أثر التداخل النبضي كمياً أكثر صعوبة ويتوقف إلى حد بعيد على تصميم المستقبل/المعالج وطريقة تشغيله. وبصورة خاصة، يكون لكسب المعالجة التفاضلية للإشارة المرتدة من هدف صالح التي تكون عادة نبضات مترامنة، وللنبضات المسببة للتداخل، التي عادة ما تكون غير مترامنة، تأثيرات هامة على أثر سويات معينة للتداخل النبضي. ويمكن أن ينتج عن إزالة الحساسية أشكال مختلفة من انحطاط الأداء. وتقييمها سيكون هدفاً لتحليل التفاعلات بين أنواع محددة من الرادارات.