

# ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية **ITU-R SA.1160-3**  
(2017/07)

معايير التداخل التراكمي من أجل أنظمة إرسال  
البيانات في خدمة استكشاف الأرض الساتلية  
وخدمة الأرصاد الجوية الساتلية التي تستخدم  
سواتل في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض

السلسلة **SA**

التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية

## تمهيد

يضمّ 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 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 الكهروتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في القرار 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
<b>التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية</b>	<b>SA</b>
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، 2018

## التوصية ITU-R SA.1160-3

معايير التداخل التراكمي من أجل أنظمة إرسال البيانات  
في خدمة استكشاف الأرض الساتلية وخدمة الأرصاد الجوية الساتلية  
التي تستخدم سواتل في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض

(المسألة ITU-R 141/7)

(1995-1997-1999-2017)

## مجال التطبيق

الغرض من هذه التوصية هو تقديم معايير التداخل التراكمي من أجل وصلات إرسال البيانات لسواتل المدارات المستقرة بالنسبة إلى الأرض في خدمة استكشاف الأرض الساتلية وخدمة الأرصاد الجوية الساتلية.

## مصطلحات أساسية

EESS، METSAT، سواتل المدارات المستقرة بالنسبة إلى الأرض، إرسال البيانات، معايير التداخل

## التوصيات والتقارير ذات الصلة

التوصيات ITU-R SA.1022 و ITU-R SA.1159 و ITU-R SA.1161

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن ثمة حاجة إلى وضع معايير للتداخل لضمان إمكانية تصميم أنظمة تحقق الأداء المناسب؛

ب) أن معايير التداخل يمكن أن تتحدد باستخدام المنهجية الموصوفة في التوصية ITU R SA.1022 وأهداف الأداء الواردة في التوصية ITU-R SA.1159؛

ج) أن معايير التداخل تساعد على وضع معايير للتشارك في النطاقات بين الأنظمة ومنها تلك العاملة في خدمات أخرى؛

د) أن أنظمة خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) وخدمة الأرصاد الجوية الساتلية (MetSat) يجب أن توصف عتبات تداخل بمستويات أكبر من المستويات المسموح بها أو مساوية لها؛

هـ) أن الملحق يعرض معلمات لأنظمة ذات صفة تمثيلية توفر أساساً للمستويات المسموح بها للتداخل للإرسالات ذات الصلة في الخدمتين الساتليتين لاستكشاف الأرض والأرصاد الجوية في بعض نطاقات الترددات،

## توصي

بأن تستعمل مستويات التداخل لنطاقات الترددات المحددة في الجدول 1 كمستويات تراكمية مسموح بها لقدرة الإشارة المسببة للتداخل عند خرج هوائي المحطات الأرضية العاملة في الخدمتين الساتليتين لاستكشاف الأرض والأرصاد الجوية بالمدارات الأرضية المنخفضة.

الجدول 1

معايير التداخل للمحطات الأرضية في الخدمتين الساتليتين لاستكشاف الأرض والأرصاد الجوية التي تستعمل مركبات فضائية في مدار أرضي مستقر بالنسبة إلى الأرض

نطاق الترددات	قدرة الإشارة المسببة للتداخل (dBW) في عرض النطاق المرجعي التي ينبغي عدم تجاوزها خلال أكثر من 20% من الوقت	قدرة الإشارة المسببة للتداخل (dBW) في عرض النطاق المرجعي التي ينبغي عدم تجاوزها خلال أكثر من $p$ % من الوقت
1 710-1 670 فضاء-أرض	158,0- dBW لكل 1 MHz	152,8- dBW لكل 1 MHz $p = 0,025$
2 110-2 025 أرض-فضاء	139,9- dBW لكل 1 MHz	136,6- dBW لكل 1 MHz $p = 0,025$
27 000-25 500 فضاء-أرض	144,6- dBW لكل 10 MHz	133,0- dBW لكل 10 MHz $p = 0, 25$

**الملاحظة 1** - قدرات الإشارة المسببة للتداخل (dBW) في عرض النطاق المرجعي محددة للاستقبال عند زوايا ارتفاع تساوي أو تزيد عن 3°.

**الملاحظة 2** - يمكن تحديد المستوى التراكمي لقدرة الإشارة المسببة للتداخل الذي يمكن تجاوزه طوال مدة لا تزيد عن  $x$ % من الوقت حيث  $x$  أقل من 20% ولكنها أكبر من النسبة المئوية المحددة على الأجل القصير ( $p$ % من الوقت) بالاستكمال الداخلي بين القيم المحددة باستعمال جدول اللوغاريتمات (بأساس 10) للنسب المئوية من الوقت ومقياس خطي لكثافة قدرة الإشارة المسببة للتداخل (dB).

**الملاحظة 3** - يمكن التعبير عن معايير التداخل على أنها كثافات تدفق القدرة المسموح بها نحو الحزمة الرئيسية لهوائي الاستقبال بطرح  $10 \log(G \lambda^2/4\pi)$  من القيمة الواردة في الجدول 1، حيث  $G$  هو كسب هوائي الاستقبال و  $\lambda$  هو طول الموجة.

**الملاحظة 4** - على الرغم من أن معايير التداخل تستند إلى الأنظمة الموصوفة في الملحق، تنطبق معايير التداخل على جميع الأنظمة التي تعمل في نطاقات الترددات المذكورة والتي تقدم وظائف الخدمة المحددة.

## الملحق

### أساس تحديد معايير التداخل

يعرض هذا الملحق المعلمات المستعملة كمدخلات في منهجية التوصية ITU-R SA.1022 من أجل تحديد معايير التداخل في إرسالات الوصلة الهابطة لبيانات الأجهزة الخام إلى محطات الاستقبال الأرضية الرئيسية العائدة لمشغل الساتل ومن أجل نشر البيانات إلى محطات المستعملين.

#### 1 إرسالات الوصلة الهابطة لبيانات الأجهزة الخام إلى محطات الاستقبال الأرضية الرئيسية

يضع الجدول 2 هذه المعايير لإرسالات الوصلة الهابطة لبيانات الأجهزة الخام إلى محطات الاستقبال الأرضية الرئيسية، حيث يدخل كل التداخل إلى محطة الاستقبال الأرضية مباشرة، ولا يُستقبل أي منها في هذه المحطات عبر الساتل المصدر للبيانات.

ويمكن التعبير عن معايير التداخل على أنها كثافة تدفق القدرة المسموح بها نحو الحزمة الرئيسية لهوائي الاستقبال بطرح  $10 \log(G \lambda^2/4\pi)$  من القيم الواردة في الجدول 2، حيث  $G$  هو كسب هوائي الاستقبال و  $\lambda$  هو طول الموجة.

## الجدول 2

أداء إرسالات الوصلة الهابطة لبيانات الأجهزة الخام إلى محطات الاستقبال الأرضية الرئيسية المستعمل كأساس لمعايير التداخل للمحطات العاملة مع سواتل في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض

أ ( نطاق الترددات 1 710-1 670 MHz

ملاحظات	القيمة	معلمة الوصلة	
	dBW 16,1	e.i.r.p. في الوصلة الهابطة	
الفضاء الطلق والاستقطاب وتوجيه الهوائي	dB 190,1	خسارة الوصلة الهابطة	
	dB(K <sup>-1</sup> ) 24,4	G/T في الوصلة الهابطة	
	dB.Hz 79,0	C/N <sub>0</sub> في الوصلة الهابطة	
	Mbit/s 2,6	معدل البيانات	
BER = 1 × 10 <sup>-6</sup> خسارة التنفيذ بنسبة 2,2 dB خسارة التشكيل بنسبة 1 dB	dB.Hz 78,1	C/N <sub>0</sub> المطلوبة	
في الأجل الطويل والأجل القصير	dB 0,9	الهامش	
	dB <sub>i</sub> 45,1	كسب هوائي الاستقبال	
	dB(W/Hz) 207,9-	كثافة ضوضاء المستقبل	
M <sub>min</sub> = 1,2 dB و q = 1/3	dB(W/2.6 MHz) 153,9-	في الأجل الطويل	معايير التداخل
M <sub>min</sub> = 1,2 dB و q = 1	dB(W/2.6 MHz) 148,7-	في الأجل القصير	

ب ( نطاق الترددات 27,0-25,5 GHz

ملاحظات	القيمة	معلمة الوصلة	
	dBW 55,5	e.i.r.p. في الوصلة الهابطة	
الفضاء الطلق والمطر والغلاف الجوي والاستقطاب وتوجيه الهوائي	dB 227,9	في الأجل الطويل	خسارة الوصلة الهابطة
خسارة زائدة بنسبة 7,1 dB	dB 231,3	في الأجل القصير	
	dB(K <sup>-1</sup> ) 37,6	G/T في الوصلة الهابطة	
	dB.Hz 93,8	في الأجل الطويل	C/N <sub>0</sub> في الوصلة الهابطة
	dB.Hz 90,4	في الأجل القصير	
	Mbit/s 164	معدل البيانات	
BER = 1 × 10 <sup>-9</sup> خسارة التنفيذ بنسبة 1,5 dB خسارة التشكيل بنسبة 1,75 dB	dB.Hz 88,7	C/N <sub>0</sub> المطلوبة	
	dB 5,1	في الأجل الطويل	الهامش
	dB 1,7	في الأجل القصير	
بما في ذلك خسائر التوجيه	dB <sub>i</sub> 60,6	كسب هوائي الاستقبال	
	dB(W/Hz) 205,6-	كثافة ضوضاء المستقبل	
M <sub>min</sub> = 4,5 dB و q = 0,1	dB(W/10 MHz) 144,6-	في الأجل الطويل	معايير التداخل
M <sub>min</sub> = 4,5 dB و q = 1	dB(W/10 MHz) 133,0-	في الأجل القصير	

## 2 نشر البيانات إلى محطات المستعملين

يتأثر نشر البيانات المعالجة عالية الاستبانة بالتداخل المستقبل في المحطة عبر الساتل وكذلك بالتداخل المرسل مباشرة إلى المحطة في النطاق 1 670-1 710 MHz. وتوصّل البيانات المعالجة عالية الاستبانة صعوداً بالساتل في النطاق 2 025-2 110 MHz، وترجّل، إلى جانب الإشارات المسببة للتداخل التي تدخل الساتل في نفس النطاق، إلى مستقبلات المحطات الأرضية عن طريق مرسلات مستقبلات ساتلية ذات كسب ثابت.

وتكون نسب الموجة الحاملة إلى الضوضاء بالإضافة إلى كثافة التداخل على الوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة كما يلي على التوالي:

$$\left( \frac{C}{N_0 + I_0} \right)_{up} = \frac{(C/N_0)_{up}}{1 + \frac{I_{01}}{k T_1}}$$

و

$$\left( \frac{C}{N_0 + I_0} \right)_{down} = \frac{(C/N_0)_{down}}{1 + \frac{I_{02}}{k T_2}}$$

حيث:

$I_{01}$  و  $I_{02}$ : كثافتا التداخل المرسل إلى مستقبل الساتل ومستقبل المحطة

$T_1$  و  $T_2$ : حرارتا ضوضاء النظام في الساتل ومستقبلات المحطة

$k$ : ثابت بولتزمان

ونسبة كثافة التداخل إلى الضوضاء المركبة زائد كثافة التداخل هي:

$$\frac{C}{N_0 + I_0} = \left[ \left( \frac{C}{N_0 + I_0} \right)_{up}^{-1} + \left( \frac{C}{N_0 + I_0} \right)_{down}^{-1} \right]^{-1}$$

ومن التوصية ITU-R SA.1022، تمكن أيضاً كتابة ذلك كالتالي:

$$\frac{C}{N_0 + I_0} = M^{-q} \frac{C}{N_0}$$

حيث:

$M$ : الهامش الخالي من التداخل

$q$ : فعل الهامش الخالي من التداخل الذي يُسمح للتداخل باستهلاكه

$C/N_0$ : نسبة كثافة الموجة الحاملة المركبة إلى الضوضاء المعطاة كما يلي:

$$C/N_0 = \left[ (C/N_0)_{up}^{-1} + (C/N_0)_{down}^{-1} \right]^{-1}$$

ومن المعادلات السابقة:

$$M^q = 1 + \frac{\frac{I_{01}}{k T_1} (C/N_0)_{up} + \frac{I_{02}}{k T_2} (C/N_0)_{down}}{(C/N_0)_{up} + (C/N_0)_{down}}$$

ويُفترض أن التداخل في الوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة موزع بحيث يُستقبل الجزء  $p$  من التداخل المستقبَل في المحطة الأرضية عبر الساتل، وبأن جزءاً  $1-p$  يُرسَل مباشرة إلى المحطة. ويُستحسن أن يكون  $p$  قريباً من  $1/2$  لإقامة توازن معقول في التداخل الموزع على الوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة. وبالنسبة إلى مرسل مستجيب ثابت الكسب، يمكن بيان ما يلي:

$$\frac{I_{02}}{k T_2} = \frac{1-p}{p} \frac{I_{01}}{k T_1} \frac{(C/N_0)_{down}}{(C/N_0)_{up}}$$

بحيث إن:

$$M^q = 1 + \frac{1}{p} \frac{I_{01}}{k T_1} \left[ 1 + \frac{(C/N_0)_{up}}{(C/N_0)_{down}} \right]^{-1}$$

تبعاً لذلك، تصبح كثافة تداخل الوصلة الصاعدة المسموح بها:

$$M > M_{min} \text{ من أجل } I_{01} = 1 + p k T_1 \left[ 1 + \frac{(C/N_0)_{up}}{(C/N_0)_{down}} \right] (M^q - 1)$$

حيث  $M_{min}$ ، طبقاً للتوصية ITU-R SA.1022، هو أصغر هامش خالٍ من التداخل، ولا يستهلك التداخل إلا جزءاً قدره  $q$  من الهامش. وفي المقابل، تكون كثافة تداخل الوصلة الهابطة المسموح بها هي:

$$M > M_{min} \text{ من أجل } I_{02} = (1-p) k T_2 \left[ 1 + \frac{(C/N_0)_{down}}{(C/N_0)_{up}} \right] (M^q - 1)$$

ويلخص الجدول 3 حساب  $I_{01}$  و  $I_{02}$  باستبانة عالية، بافتراض أن  $p = 1/2$  و  $q = 1/3$  و  $M_{min} = 1,2$  dB للتداخل طويل الأجل، وأن  $p = 1/2$  و  $q = 1$  و  $M_{min} = 1,2$  dB للتداخل قصير الأجل.

ويمكن التعبير عن معايير التداخل على أنها كثافة تدفق القدرة المسموح بها نحو الحزمة الرئيسية لهوائي الاستقبال بطرح  $10 \log(G \lambda^2 / 4\pi)$  من القيم الواردة في الجدول 3، حيث  $G$  هو كسب هوائي الاستقبال و  $\lambda$  هو طول الموجة.

### الجدول 3

تحليل الأداء المستعمل كأساس لمعايير التداخل في نشر البيانات عالية الاستبانة  
لمحطات المستعملين باستخدام السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض

ملاحظات	القيمة	معلمة الوصلة
	dBW 72,1	e.i.r.p. في الوصلة الصاعدة
الفضاء الطلق والاستقطاب وتوجيه الهوائي	dB 191,7	خسارة الوصلة الصاعدة
قياس بعد الإطلاق	dB(K <sup>-1</sup> ) 17,5-	G/T في الوصلة الصاعدة
	dB/Hz 91,5	C/N <sub>0</sub> في الوصلة الصاعدة
	dBW 23,8	e.i.r.p. في الوصلة الهابطة
الفضاء الطلق والاستقطاب وتوجيه الهوائي	dB 190,1	خسارة الوصلة الهابطة
	dB(K <sup>-1</sup> ) 15,2	G/T في الوصلة الهابطة
	dB.Hz 77,5	C/N <sub>0</sub> في الوصلة الهابطة
	dB.Hz 77,3	C/N <sub>0</sub> المركبة
	Mbit/s 2,11	معدل البيانات

الجدول 3 (تتمة)

ملاحظات	القيمة	معلمة الوصلة
BER = $1 \times 10^{-6}$ خسارة التنفيذ بنسبة 1,9 dB	dB.Hz 75,9	C/N <sub>0</sub> المطلوبة
	dB 1,4	الهامش
	dBi 9,5	كسب استقبال الوصلة الصاعدة
T = 500 K	dB(W/Hz) 201,6-	كثافة ضوضاء الوصلة الصاعدة
q = 1/3	dB(W/2.11 MHz) 136,7-	في الأجل الطويل
q = 1	dB(W/2.11 MHz) 133,4-	في الأجل القصير
	dBi 39,5	كسب استقبال الوصلة الهابطة
T = 269 K	dB(W/Hz) 204,3-	كثافة ضوضاء الوصلة الهابطة
q = 1/3	dB(W/2.11 MHz) 153,4-	في الأجل الطويل
q = 1	dB(W/2.11 MHz) 148,1-	في الأجل القصير

### 3 استنتاجات

#### 1.3 نطاق الترددات MHz 1 710-1 670

تقدم التحليلات المذكورة أعلاه مجموعتين مختلفتين من معايير التداخل من أجل إرسالات الوصلة الهابطة لبيانات الأجهزة الخام إلى محطات الاستقبال الأرضية الرئيسية ومن أجل نشر البيانات إلى محطات المستعملين على التوالي.

ويُفترض أن إرسالات الوصلة الهابطة لبيانات الأجهزة الخام إلى محطات الاستقبال الأرضية الرئيسية هي أكثر الأنظمة تمثيلاً في النطاق. وتوخياً للتبسيط، يُقترح كذلك تقييس المعايير على عرض نطاق قدره 1 MHz، مما يؤدي إلى القيمتين التاليتين:

- في الأجل الطويل: dBW/MHz 158,0-
- في الأجل القصير: dBW/MHz 152,8-

#### 2.3 نطاق الترددات MHz 2 110-2 025

يقدم التحليل أعلاه مجموعة واحدة من معايير التداخل من أجل أنظمة نشر البيانات. وتوخياً للتبسيط، يُقترح كذلك تقييس المعايير على عرض نطاق قدره 1 MHz، مما يؤدي إلى القيمتين التاليتين:

- في الأجل الطويل: dBW/MHz 139,9-
- في الأجل القصير: dBW/MHz 136,6-

#### 3.3 نطاق الترددات GHz 27-25,5

يقدم التحليل أعلاه مجموعة واحدة من معايير التداخل من أجل إرسالات الوصلة الهابطة لبيانات الأجهزة الخام إلى نظام الاستقبال الرئيسي، وهي تمثل الجيل الجديد من الأنظمة التي تستخدم النطاق GHz 27-25,5 وتؤدي إلى القيمتين التاليتين:

- في الأجل الطويل: dBW/MHz 144,6-
- في الأجل القصير: dBW/MHz 133,0-