

التوصية ITU-R SA.1157

معايير الحماية بشأن أبحاث الفضاء البعيد

(2006-1995)

مجال التطبيق

تحديد هذه التوصية معايير الحماية اللازمة للتمكّن من ضبط وتسيير وتشغيل سواتل البحث المسكونة وغير المسكونة في الفضاء البعيد أي السواتل التي تقوم بالمهام الموكولة إليها في الفضاء الذي يبعد أكثر من مليوني km عن الأرض.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن أبحاث الفضاء البعيد عن طريق مركبات مسكونة تتطلب، نظراً لطبيعتها الخاصة، اتصالات راديوية فائقة الاعتمادية لتأمين سلامة الحياة البشرية؛

ب) أن أبحاث الفضاء البعيد بمركبات مسكونة أو غير مسكونة تتطلب، نظراً لطبيعتها الخاصة، اتصالات راديوية فائقة الاعتمادية لتأمين استقبال جيد للمعطيات العلمية القيمة المجمعة في أوقات محددة بدقة وأنه من غير الممكن غالباً تكرار إرسال هذه المعطيات؛

ج) أن الحساسية الفائقة للمحطات الأرضية المخصصة لأبحاث الفضاء البعيد تجعلها لا تقبل إلا سويات التداخل الضئيلة جداً؛

د) أن معايير الحماية هذه قد حسبت كما هو مبين في الملحق 1 بالنسبة إلى المحطات الأرضية لأبحاث الفضاء البعيد والمحطات المستخدمة في الفضاء البعيد؛

هـ) أن الحساسية للتداخل قد حسبت كما هو مبين في الملحق 2،

توصي

1 بأن تكون معايير الحماية التالية في المحطات الأرضية لأبحاث الفضاء البعيد على الوجه التالي:

222- dB(W/Hz) في النطاقات المجاورة للنطاق 2 GHz،

221- dB(W/Hz) في النطاقات المجاورة للنطاق 8 GHz،

220- dB(W/Hz) في النطاقات المجاورة للنطاق 13 GHz،

217- dB(W/Hz) في النطاقات المجاورة للنطاق 32 GHz؛

2 بأن تكون معايير الحماية التالية في المحطات على متن المركبات الفضائية لأبحاث الفضاء البعيد على الوجه التالي:

193- dB(W/20 Hz) في النطاقات المجاورة للنطاق 2 GHz،

190- dB(W/20 Hz) في النطاقات المجاورة للنطاق 7 GHz،

186- dB(W/20 Hz) في النطاقات المجاورة للنطاق 17 GHz،

183- dB(W/20 Hz) في النطاقات المجاورة للنطاق 34 GHz؛

3 بأن يستند حساب التداخل الذي قد ينجم عن تغييرات جوية وهواطل إلى إحصاءات الأرصاد الجوية التي تطبق في 0,001% من الوقت (انظر الفقرة 3.2 من الملحق 1).

الملحق 1

معايير الحماية لأبحاث الفضاء البعيد

1 مقدمة

يضع هذا الملحق معايير الحماية لأبحاث الفضاء البعيد. وتستخدم هذه المعايير في حسابات مسافة التنسيق أو في حسابات أخرى. كما أنها تستخدم في دراسة إمكانيات التقاسم ضمن خدمة الأبحاث الفضائية. وهناك أيضاً اعتبارات عن أخطار التداخل على حساب خدمات أخرى ونتائج تتعلق بإمكانيات التقاسم. ولا يتعرض هذا الملحق إلى سواتل الترحيل التي ستستخدم مستقبلاً في الفضاء البعيد.

وتستند معايير الحماية إلى حساسية المستقبلات المستخدمة عموماً لأبحاث الفضاء البعيد كما يرد في الملحق 2.

1.1 آثار التداخل ونتائجه

قد تكون نتيجة التداخل الذي يؤثر على جودة الأداء لمستقبل ما في محطة أرضية أو في محطة فضائية نقصاً أو انقطاعاً لإمكانيات تسيير المركبة الفضائية أو التحكم فيها أو لإمكانية استقبال معطيات علمية وتقنية ترسلها مركبة فضائية.

ويضم المستقبل عدة عروات تزامن تلتقط كل منها مكونة إشارة ما وتتابعها. وعندما يكون التداخل قوياً تتوقف العروة أو العروات عن التقاط الإشارة المطلوبة. وقد يؤدي التداخل المؤقت أيضاً إلى وقف الالتقاط أو قد تنقضي مدة دقائق قبل أن تستعيد الإشارات الأكثر ضعفاً الالتقاط. وخلال الفترات الحرجة التي تنتج أثناء معظم المهمات في الفضاء البعيد، من الضروري أن ترسل بعض المعطيات العلمية وتستقبل دون حدوث خطأ أو انقطاع. ويؤدي فقدان الالتقاط خلال إحدى هذه الفترات إلى فقدان معلومات لا يمكنه تعويضها. ولهذا السبب فإن شروط الحماية ضد التداخل ينبغي أن تكون صارمة إلى حد كبير. وعلى العكس من ذلك، فإن المعطيات التي ترسلها خدمات راديوية أخرى غالباً ما تكون متاحة لإعادة الإرسال.

وبالنسبة إلى بعض أساليب الأداء غالباً ما يكون عرض نطاق العروة ضيقاً جداً. وهذه هي الحالة مثلاً بالنسبة إلى عروة تتبع الموجة الحاملة في مستقبل المحطة الأرضية حيث قد يكون عرض النطاق 1 Hz أو أقل من ذلك (300 MHz) في ظروف خاصة. ويستنتج من هذا أن احتمال وقوع إشارة مسببة للتداخل في مثل هذا النطاق هو احتمال ضئيل. ولكن ينبغي التذكر أن تردد الإشارة المطلوبة يقع تحت تأثير دوبلر بسبب دوران الأرض. وكمثال على ذلك تتخالف إشارة بتردد 8,4 GHz بمقدار ± 11 kHz عندما تستقبلها محطة أرضية واقعة على ارتفاع 35°. وقد تعترض إشارة مسببة للتداخل ذات تردد ثابت واقعة في مكان ما من النطاق المتخالف بتأثير دوبلر لإشارة المركبة الفضائية نطاق عروة التتبع مما قد يؤدي إلى فقدان التراصف. وإضافة إلى ذلك فمن غير الضروري أن يصبح التداخل تماماً في عرض نطاق العروة ليؤثر عليها. وطالما بقي التداخل قريباً من نطاق العروة وله قدرة كافية هنالك خطر حصول انحطاط شديد. كما أن تداخلاً بعيداً عن نطاق العروة قد يسبب أيضاً انحطاطاً عن طريق آليات أخرى كإشباع مازير مثلاً.

2.1 إعداد معايير الحماية

لضمان جودة الأداء لمجموع نظام الاستقبال، ينبغي حماية كل من الأنظمة الفرعية الأربعة ضد التداخل. ويحدد أحد معايير الحماية قدرة التداخل التي تؤدي إلى الانحطاط الأقصى المقبول في الجودة. ويشير الجدول 1 إلى الانحطاط الأقصى المقبول لكل من الأنظمة الفرعية الأربعة. ويمكن تحديد التداخل الأقصى المقابل باستخدام هذه القيم.

وسترد في الأجزاء التالية من هذا الملحق معايير الحماية. ويقابل كلاً من الأنظمة الفرعية للاستقبال انحطاط أقصى مقبول للجودة ينجم عن التداخل. ويشير الملحق 2 إلى سوية التداخل الكفيلة بتسبب هذا الانحطاط. ويحدد النظام الفرعي للاستقبال الأكثر

حساسية للتداخل التداخل الأقصى المقبول. وتقابل هذه القيمة معيار الحماية بالنسبة إلى المستقبل. وأي تداخل يتجاوز هذه القيمة هو تداخل ضار.

الجدول 1

أقصى انخراط مقبول لأنظمة الاستقبال الفرعية

الانخراط الأقصى المقبول	النظام الفرعي للاستقبال
1 dB كسب الانضغاط	مكبر مازير المتقدم
10° خطأ الطور السكوني أو ارتعاش طور الذروة	تتبع الموجة الحاملة
تنقيص مكافئ قدره 1 dB من نسبة الطاقة لكل رمز/كثافة طيفية للضوضاء ($\Delta E/N_0 = -1$ dB)	القياس عن بعد
تنقيص مكافئ قدره 1 dB من نسبة الطاقة لكل رمز/كثافة طيفية للضوضاء ($\Delta E/N_0 = -1$ dB)	قياس المدى

2 معايير الحماية للمحطات الأرضية لأبحاث الفضاء البعيد

هنالك أربع مجموعات فرعية حساسة للتداخل: مكبر مازير المتقدم وعروة تتبع الموجة الحاملة والنظام الفرعي للقياس عن بعد والقياس الفرعي لقياس المدى.

1.2 أقصى انخراط مقبول للجودة

ينقص كسب المكبر مازير تبعاً لقدرة دخل الإشارات أو التداخلات الشديدة. ويؤدي انضغاط الكسب هذا إلى أداء لا خطي. فقد يؤدي التداخل الشديد إلى آثار لا خطية على الإشارة المطلوبة بما في ذلك توليد إشارات هامشية. ويعتبر أن أقصى انضغاط كسب مقبول هو 1 dB. وكثيراً ما يستخدم انضغاط الكسب مقياس الآثار اللاخطية.

وتعني استجابة عروة التتبع للموجة الحاملة لتداخل ما زيادة في الخطأ وفي ارتعاش الطور. ومن شأن أي تداخل قوي أن يؤدي إلى انقطاع الالتقاط. وأقصى انخراط مقبول هو زيادة قدرها 10° من خطأ الطور السكوني أو زيادة قدرها 10° لذبذبة ارتعاش الطور. وقد يتم التعبير عن انخراط نسبة الخطأ للبتات في القياس عن بعد وفي دقة قياس المدى بعد حدوث تداخل ما على شكل نقص مقابل في نسبة الإشارة إلى الضوضاء. ويقابل أقصى انخراط مقبول بالنسبة إلى الأنظمة الفرعية للقياس عن بعد وقياس المدى نقصاً قدره 1 dB في نسبة الطاقة لكل رمز/شدة طيفية للضوضاء.

ويحسب أقصى تداخل مقبول بالنسبة إلى كل مجموعة فرعية للمستقبل تبعاً لأقصى انخراط مقبول مقابل. ومعيار الحماية بالنسبة إلى مجموع المستقبل هو أقصى تداخل مقبول بالنسبة للمجموعة الفرعية الأكثر حساسية. ويبين الجدول 1 أقصى انخراط مقبول للأداء بالنسبة إلى كل من الأنظمة الفرعية الأربعة للاستقبال.

2.2 سويات التداخل المقابلة لأقصى انخراط مقبول للأداء

1.2.2 مكبر مازير المتقدم

يبين الجدول 2 قدرة التداخل التي تنتج انضغاط كسب قدره 1 dB في مكبر مازير المتقدم. وترد مصادر هذه المعطيات في الملحق 2.

الجدول 2

أقصى قدرة تداخل مسموح بها لانضغاط كسب قدره 1 dB
في مكبر مازير المتقدم بتردد 8,4 GHz

تداخل لانضغاط كسب قدره 1 dB	مصدر المعطيات	نمط التداخل
dBW 114-	الشكل 2	الموجة CW
dB(W/Hz) 190-	الشكل 2	الضوضاء (عرض النطاق 40 MHz)

2.2.2 المجموعات الفرعية لتتبع الموجة الحاملة والقياس عن بعد وقياس المدى

1.2.2.2 نسب التداخل بالنسبة إلى تتبع الموجة الحاملة والقياس عن بعد وقياس المدى

يبين الجدول 3 نسبة التداخل/الموجة الحاملة (I/C)، أو نسبة التداخل/الإشارة (I/S)، أو نسبة التداخل/الضوضاء (I/N)، التي تقابل الانحطاط المقبول عند المجموعات الفرعية لتتبع الموجة الحاملة والقياس عن بعد وقياس المدى. ويتم الحصول على هذه النسب كما يلي:

بالنسبة إلى التداخل عن طريق الإشارات بموجات مستمرة (CW) تستنتج نسبة التداخل المقبولة لكل مجموعة فرعية مباشرة من المنحنيات الواردة في الملحق 2.

وبالنسبة إلى التداخل ذي الضوضاء الحاصلة في دائرة تتبع الموجة الحاملة يبين الشكل 8 أن التنقيص من 10 dB (النقطة النمطية للتشغيل الأدنى) إلى 5,5 dB من هامش الموجة الحاملة يعني 10° إضافة لارتعاش الطور. وتعطى النسبة I/N المقابلة بواسطة العلاقة التالية:

$$I_0/N_0 = 10 \log [10^{(CM_0/10)}/10^{(CM_i/10)} - 1] \quad \text{dB}$$

حيث:

I_0/N_0 : نسبة الكثافة الطيفية لضوضاء التداخل إلى الكثافة الطيفية لضوضاء المستقبل

CM_0 : هامش (dB) الموجة الحاملة دون تداخل

CM_i : هامش (dB) الموجة الحاملة مع تداخل.

وهامش الموجة الحاملة هو نسبة قدرة الموجة الحاملة إلى قدرة الضوضاء في عروة تتبع الموجة الحاملة.

وفيما يتعلق بتداخل الضوضاء في المجموعات الفرعية للقياس عن بعد وقياس المدى تعطى نسبة التداخل/الضوضاء في العلاقة التالية:

$$I_0/N_0 = 10 \log (10^{(\Delta E/N_0)/10} - 1) \quad \text{dB}$$

حيث:

I_0/N_0 : نسبة الكثافة الطيفية لضوضاء التداخل/الكثافة الطيفية لضوضاء الاستقبال

$\Delta E/N_0$: معيار معين في الجدول 1 وهو تنقيص لنسبة الطاقة لكل رمز/كثافة طيفية للضوضاء أو لنسبة الإشارة/الضوضاء.

الجدول 3

النسبة I/C أو I/S أو I/N القصوى المسموح بها للتداخل 1
للموجة المستمرة أو لتداخل الضوضاء

مصدر المعطيات	نمط التداخل	مجموعة فرعية (معياري)	نسبة التداخل الأقصى
الشكل 3	موجة مستمرة	تتبع الموجة الحاملة (10 درجات أعلى من ذروة ارتعاش الطور)	$I/C = 15$ dB -
الشكل 8 والحسابات	شبه ضوضاء		$I_0/N_0 = 2,6$ dB +
الشكل 5	موجة مستمرة	القياس عن بعد (تنقيص 1 dB من النسبة E/N_0 الناجمة عن التداخل في دائرة تتبع الموجة الحاملة)	$I/C = 1,5$ dB -
الشكل 4	موجة مستمرة	القياس عن بعد (تنقيص 1 dB من النسبة E/N_0 الناجمة عن التداخل في عرض نطاق كشف القياس عن بعد)	$I/S = 11$ dB -
حساب	شبه ضوضاء		$I_0/N_0 = 5,9$ dB -
الشكل 6	موجة مستمرة	قياس المدى (تنقيص 1 dB من النسبة E/N_0 الناجمة عن التداخل في دائرة تتبع الموجة الحاملة)	$I/C = 5$ dB -
الشكل 7	موجة مستمرة	قياس المدى (تنقيص 1 dB من النسبة E/N_0 الناجمة عن التداخل في عرض نطاق جهاز تقدير المدى)	$I/S = 7,1$ dB -
حساب	شبه ضوضاء		$I_0/N_0 = 5,9$ dB -

2.2.2.2 أقصى تداخل مسموح به لتتبع الموجة الحاملة في القياس عن بعد وقياس المدى

فيما يخص التداخل بالموجات CW يتوقف التداخل الأقصى المسموح به على النسبة I/C (I/S) والسوية الدنيا (الإشارة) للموجة الحاملة التي تحددها نقطة التشغيل الاسمية للمستقبل. وإذا افترض أن لإشارات الموجة الحاملة والقياس عن بعد وقياس المدى قدرة مماثلة فالجدول 3 يبين أن أقصى تداخل مسموح به للموجات المستمرة مشروط بعروة تتبع الموجة الحاملة لأنها تتطلب أضعف نسبة I/C .

وفيما يخص تتبع الموجة الحاملة، فإن النسبة الدنيا موجة حاملة/ضوضاء تبلغ 10 dB. وتكون أقصى قدرة مقابلة مسموح بها لتداخل شبه الضوضاء هي:

$$P_i = N_0 + 10 \log B + 10 + I/C$$

حيث:

P_i : قدرة التداخل القصوى المسموح بها بالنسبة إلى تتبع الموجة الحاملة (dBW)

N_0 : كثافة طيفية لضوضاء المستقبل، ترد في الجدول 4 (dB (W/Hz))

B : عرض نطاق عروة تتبع الموجة الحاملة وتقدر بـ 1 Hz

I/C : نسبة التداخل/الموجة الحاملة كما تظهر في الجدول 3 (dB).

ويقدم الجدول 4 موجزاً لنتائج هذه الحسابات.

الجدول 4

قدرة التداخل القصوى المقبول بما بالنسبة إلى مستقبلات المحطات الأرضية

النطاق (GHz)	الكثافة الطيفية لضوضاء المستقبل (dB(W/Hz))	القدرة القصوى للموجة المستمرة (dBW)	الكثافة الطيفية للقدرة القصوى لتداخل الضوضاء (dB(W/Hz))
2,30-2,29	216,6-	221,6-	222,5-
8,45-8,40	215,0-	220,0-	220,9-
13,25-12,75	214,6-	219,6-	220,5-
32,3-31,8	211,4-	216,4-	217,3-

3.2 معايير الحماية الخاصة بمستقبلات المحطات الأرضية لأبحاث الفضاء البعيد

يشير الجدول 5 إلى أقصى تداخل لا ينجم عنه انحطاط يفوق الانحطاط المقبول لجودة أداء مستقبلات المحطة الأرضية. وهذه القيم هي معايير الحماية بالنسبة إلى مستقبلات المحطة الأرضية لأبحاث الفضاء البعيد؛ وكل تداخل يتجاوز هذه القيم ضار. ويظهر هذا الجدول أيضاً كثافة تدفق القدرة الطيفية المقابلة لفتحة هوائي عاكس قطره 70 m. ويغطي هذا الهوائي مساحة قدرها حوالي 70% بالنسبة للنطاقات ذات الترددات الأضعف و40% بالنسبة للتردد 32 GHz.

الجدول 5

الحماية من التداخل في مستقبلات المحطات الأرضية لأبحاث الفضاء البعيد

النطاق (GHz)	كثافة طيفية لقدرة التداخل الأقصى المسموح به (dB(W/Hz))	كثافة تدفق القدرة الطيفية لأقصى تداخل مسموح به (dB(W/m ² · Hz))
2,30-2,29	222,5-	257,0-
8,45-8,40	220,9-	255,1-
13,25-12,75	220,5-	254,3-
32,3-31,8	217,3-	249,3-

ومن أجل حماية مستقبلات المحطة الأرضية ينبغي أن لا تتجاوز الكثافة الطيفية لقدرة تداخل الضوضاء أو القدرة الإجمالية لتداخل الإشارات بموجات مستمرة القيمة المشار إليها في الجدول 5.

ومن أجل تحديد منطقة التنسيق التي تحيط بالمحطة الأرضية، ينبغي معرفة آثار تغيرات الأحوال الجوية على الانتشار. ومن أجل الحد من انقطاعات الخدمة الناجمة عن تعزيزات الانتشار عبر الأفق بأقل من 5 دقائق لفترة 24 ساعة ينبغي معرفة شروط الانتشار خلال الساعة الأسوأ من السنة على صعيد الأحوال الجوية وكذلك فترة الخمس دقائق الأسوأ خلال هذه الساعة. ويعتبر أن هذه الظروف تحصل خلال 0,001% من الوقت.

ويبين التذييل 7 للوائح الراديو أن تطبيق هذه القيمة 0,001% يؤدي إلى زيادة طفيفة في مسافة التنسيق نسبة إلى المسافة اللازمة لخدمة قادرة على السماح بسوية أعلى من الانقطاعات.

3 معايير الحماية بالنسبة إلى المحطات الفضائية لأبحاث الفضاء البعيد

تعمل مستقبلات المحطات الفضائية ومستقبلات المحطات الأرضية لأبحاث الفضاء البعيد حسب مبدأ مماثل باستثناء أن مستقبل المحطة الفضائية لا يحتوي على مازير. وبالتالي فإن المحطات الفضائية معرضة للتداخلات بنفس الشكل الذي تتعرض فيه المحطات الأرضية.

وفيما يتعلق بحماية مستقبلات المحطات الفضائية لأبحاث الفضاء البعيد، يشترط المعيار المطبق أن لا تتجاوز قدرة التداخل قدرة ضوضاء المستقبل. ونسبةً إلى المعايير المطبقة في المحطات الأرضية لأبحاث الفضاء البعيد فإن هذا الشرط أقل صرامة مما يفسر هوامش الأداء الأكثر اتساعاً عادة على مسير الأرض - الفضاء. وفيما يتعلق بحماية المحطات الفضائية ينبغي أن لا تتجاوز الكثافة الطيفية لقدرة إشارات التداخل بالطيف العريض أو المقدرة الإجمالية لإشارات التداخل بالموجات المستمرة في أي نطاق عرضه 20 Hz، القيمة المشار إليها في الجدول 6 عند طرفي دخل الهوائي؛ وأي تداخل يزيد عن ذلك هو تداخل ضار. وعرض النطاق 20 Hz هو عرض نطاق عروة تتبع الموجة الحاملة لمرسل مستجيب المركبة الفضائية الذي يعمل على سوية عتبة الإشارة، وقيم حرارة الضوضاء المبينة في الجدول 6 هي تقديرات صحيحة بالنسبة إلى أنظمة عملية راهنة من الممكن استعمالها في الفضاء البعيد.

الجدول 6

الحماية ضد التداخل بالنسبة إلى المستقبلات على متن مركبات في الفضاء البعيد

النطاق (GHz)	حرارة ضوضاء المستقبل بوحدة كيلفن (K)	الكثافة الطيفية لقدرة التداخل القصوى المسموح بها (dB(W/20 Hz))
2,12-2,11	200	192,6-
7,190-7,145	330	190,4-
17,1-16,6	910	186,0-
34,7-34,2	2 000	182,6-

الملحق 2

الحساسية للتداخل في أنظمة الاستقبال لأغراض أبحاث الفضاء البعيد

1 مقدمة

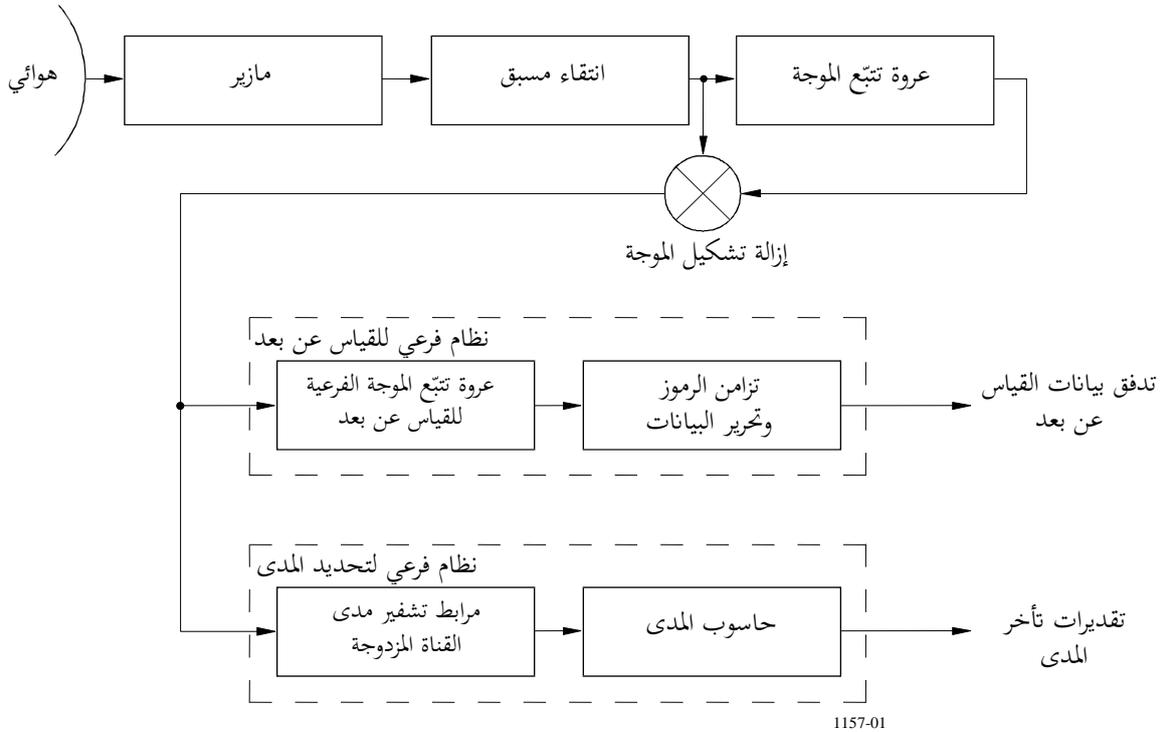
يضم هذا الملحق معلومات عن الحساسية للتداخل في أنظمة الاستقبال المستخدمة لأغراض الاتصالات الراديوية المصاحبة للأبحاث في الفضاء البعيد. وهناك صنفان للتداخل: تداخل الموجة المستمرة وتداخل الضوضاء. وأنظمة الاستقبال الخاصة التي تمت دراستها هي أنظمة شبكة الفضاء البعيد (DSN) التي تشغلها الولايات المتحدة الأمريكية.

2 نظام الاستقبال

يتألف نظام الاستقبال من أربعة عناصر رئيسية ينبغي حمايتها ضد التداخل: مكبر مازير المتقدم ودارة تتبع الموجة الحاملة ونظام الاستقبال الفرعي للقياس عن بعد ونظام الاستقبال الفرعي للقياس المدى. وستدرس حساسية كل من هذه الأنظمة الفرعية للتداخل في الفقرة 4 لاحقاً. ويقدم الشكل 1 مخططاً إجمالياً مبسطاً لنظام الاستقبال.

الشكل 1

مخطط إجمالي وظيفي مبسط لنظام الاستقبال النمطي في شبكة الفضاء البعيد



3 نتائج التداخل

قد ينتج عن التداخل المخطط في جودة الأداء أو عمليات لا خطية أو فقدان للمعطيات. ويتوقف أثر التداخل على قدرته وتباعد حدوثه بالنسبة إلى الإشارة المطلوبة.

وفي سويات القدرة الضعيفة والمتوسطة، قد يسبب تداخل ما في نفس القناة زيادة الخطأ في الطور السكوني وارتعاش طور عروة تتبع الموجة الحاملة أو زيادة في نسبة خطأ بتات القياس عن بعد أو نقصان نسبة إشارة قياس المدى/الضوضاء. وينعكس هذا الانحطاط في جودة الأداء عادة كنقصان مكافئ في نسبة الإشارة/الضوضاء وقد يعوّض نظرياً عن طريق زيادة في سوية قدرة الإشارة المطلوبة. وعلى الصعيد العملي لا يمكن عموماً ضبط قدرة الإشارة المطلوبة.

وقد يسبب التداخل القوي وفاصل التردد الكبير نسبة إلى الإشارة المطلوبة، انحطاطاً في جودة الأداء وينجم عنه في نفس الوقت عنصر أو عدة عناصر من المستقبل في منطقة لا خطية مما ينتج انضغاطاً في الكسب وتوليداً للتوافقيات وإشارات هامشية ونواتج تشكيل بيئي. وتسمى هذه الآثار اللاخطية بآثار التشبع. وعلى خلاف انحطاط جودة الأداء فإن آثار التشبع لا يمكن التعويض عنها عادة حتى ولو ازدادت سوية قدرة الإشارة المطلوبة.

وقد يسبب تداخل قوي مع فاصل تردد صغير نسبة إلى الإشارة المطلوبة فقدان الإحكام أو التزامن في نظام الاستقبال وبالتالي فقداناً كاملاً للمعطيات.

4 آثار تداخل الموجة المستمرة

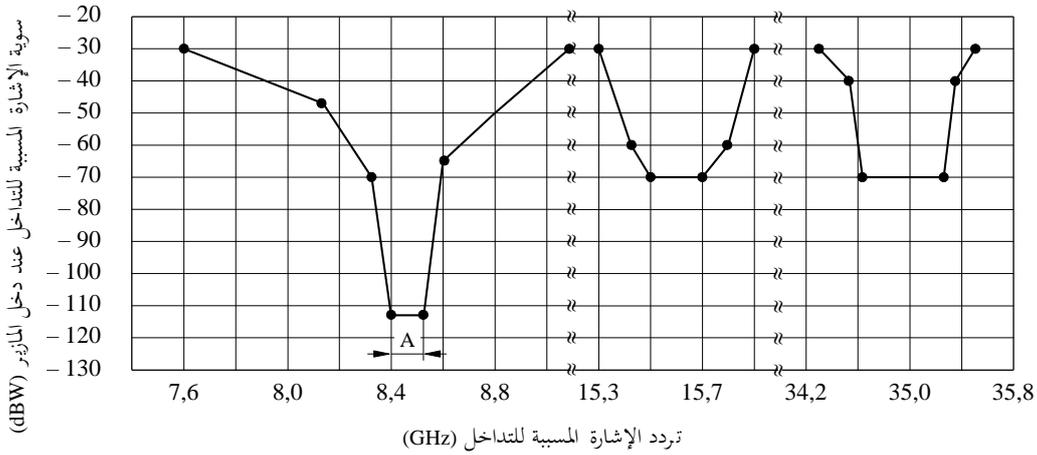
ستدرس آثار التداخل الخاص في الفقرات التالية وذلك لكل من أنظمة الاستقبال الفرعية الأربعة. وبالرغم من أن نظام الاستقبال حساس جداً للتداخل على نفس القناة إلا أن التداخل على القناة المجاورة وحتى التداخل خارج النطاق قد يكون لهما آثار ضارة. والتداخل في نفس القناة هو تداخل ذو تردد يقع في نطاق مرور النظام الفرعي. ويفترض أن يكون تردد التداخل ثابتاً إلا إذا أشير إلى عكس ذلك.

1.4 حساسية المكبر المتقدم مازير للتداخل

إن حساسية مازير الرئيسية للتداخل هي التشبع (انضغاط الكسب) عن طريق إشارات ذات كثافة عالية. والمازير حساس جداً للتداخلات ذات تردد يقع في نطاق تمريره (أو قريب منه) أو ترددات مرافقة. وقدرة التداخل الذي يسبب انضغاط كسب المازير بمقدار 1 dB مبيّنة في الشكل 2 بالنسبة إلى مازير نمطي يعمل في النطاق 8,4 GHz.

الشكل 2

سوية الإشارة الضرورية لإنقاص 1 dB من كسب مازير
بتردد 8,45 GHz حسب التردد



نقط التداخل RFI: موجة مستمرة (CW)
A: نطاق تمرير إشارة المازير

1157-02

2.4 الحساسية للتداخل CW RFI في عروة تتبع الموجة الحاملة

إن عروة تتبع الموجة الحاملة هي عروة تتبع تخفيفية مزدوجة تستخدم دائرة AGC (تحكم أوتوماتي بالكسب) بكاشف متزامن وعروة بطور محكوم من الرتبة الثانية يسبقها مرشاح تمرير النطاق.

وقد يزيل التداخل شديد الكثافة إحكام العروة مع الإشارة المطلوبة وقد يقوم بإحكامها مع التداخل. وينتج تداخل الموجة CW بالتردد ثابت أو بالكسب (تردد متغير) هذه الآثار. وقد يسبب تغيير تردد التداخل أولاً إزالة إحكام العروة مع الإشارة المطلوبة ثم إحكام على التداخل إلى درجة يتقارب فيها هذا التداخل من تردد الإشارة المطلوبة. وطالما أن التداخل يمر بهذا التردد ويتبع عنه

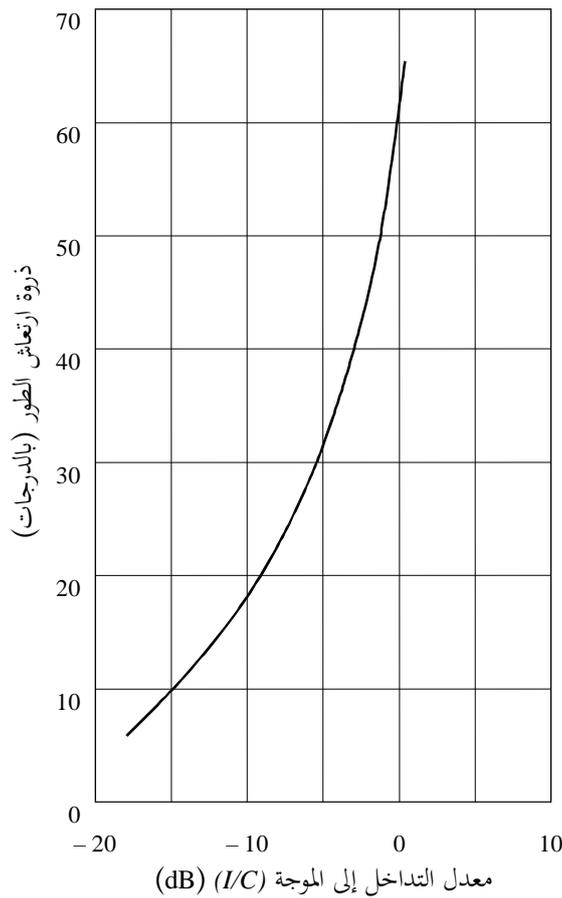
فيكون هنالك أولاً إزالة إحكام العروة ثم إعادة إحكامها على الإشارة المطلوبة. ويتوقف الوقت الذي تتطلبه العروة لإعادة إحكامها على الإشارة المطلوبة على قوة الإشارة وقوة التداخل ومعدل الكنس. ويتراوح هذا الوقت بين عدة ثوان وعدة دقائق. وإذا كان التداخل ثابتاً قد تكون إعادة الإحكام على الإشارة المطلوبة غير ممكن.

ويزيد التداخل الأضعف من الخطأ في الطور السكوني وارتعاش الطور في العروة. وينطبق ذلك أيضاً على التداخل الثابت وتداخل الكنس معاً.

ويبين الشكل 3 كيفية تغير ارتعاش الذروة تبعاً لنسبة تداخل الموجة المستمرة.

الشكل 3

ذروة ارتعاش الطور تبعاً لنسبة التداخل/الموجة الحاملة (I/C)



نمط CW :RFI

1157-03

3.4 حساسية النظام الفرعي للقياس عن بعد للتداخل CW RFI

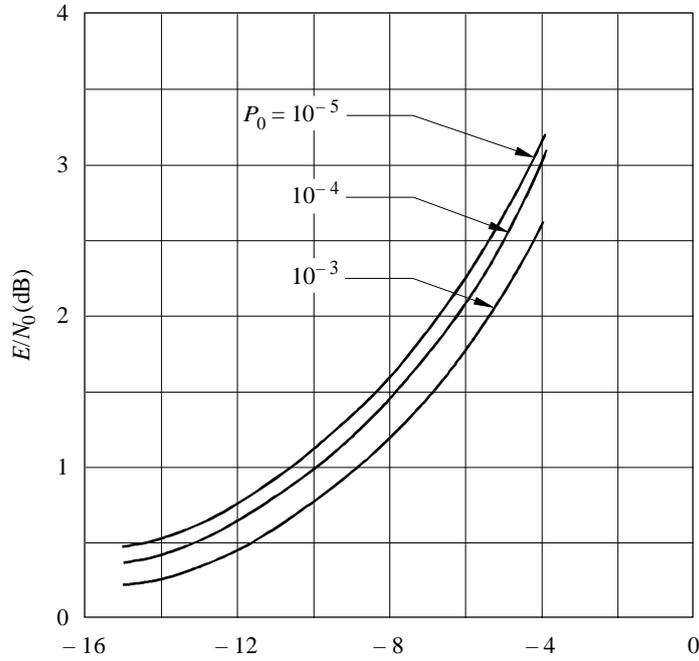
يعبر عن الانحطاط في القياس عن بعد كإنخفاض مكافئ لنسبة الطاقة عن طريق نسبة الرمز/الكثافة الطيفية للضوضاء، $\Delta E/N_0$ ، وهو يعرّف بأنه المقدار الذي ينبغي أن تطرح منه هذه النسبة في غياب التداخل للحصول على نفس نسبة الخطأ في الرموز بوجود التداخل.

ويبين الشكل 4 النسبة $\Delta E/N_0$ الناتجة عن تداخل الموجة المستمرة في عرض نطاق الكشف للقياس عن بعد.

وقد يحصل انحطاط في جودة أداء القياس عن بعد إذا وقع تداخل الموجة المستمرة في عرض نطاق عروة التتبع للموجة الحاملة. ويبين الشكل 5 النسبة $\Delta E/N_0$ الناتجة عن ارتعاش الطور لعروة تتبع الموجة الحاملة تبعاً للنسبة التداخل/الموجة الحاملة بالنسبة إلى تخالف ترددات قدره 10 Hz وإلى أسلوب استقبال نمطي في نطاق الترددات 8,4 GHz.

الشكل 4

انخفاض مكافئ في نسبة إشارة القياس عن بعد/الضوضاء $(E/N)_0$ ،
بعد تداخل في قناة القياس عن بعد، تبعاً لنسبة التداخل/الإشارة (I/S)
بالنسبة إلى قيم مختلفة لاحتمال الخطأ في الرموز P_0



نسبة التداخل إلى الإشارة (I/S) (dB)

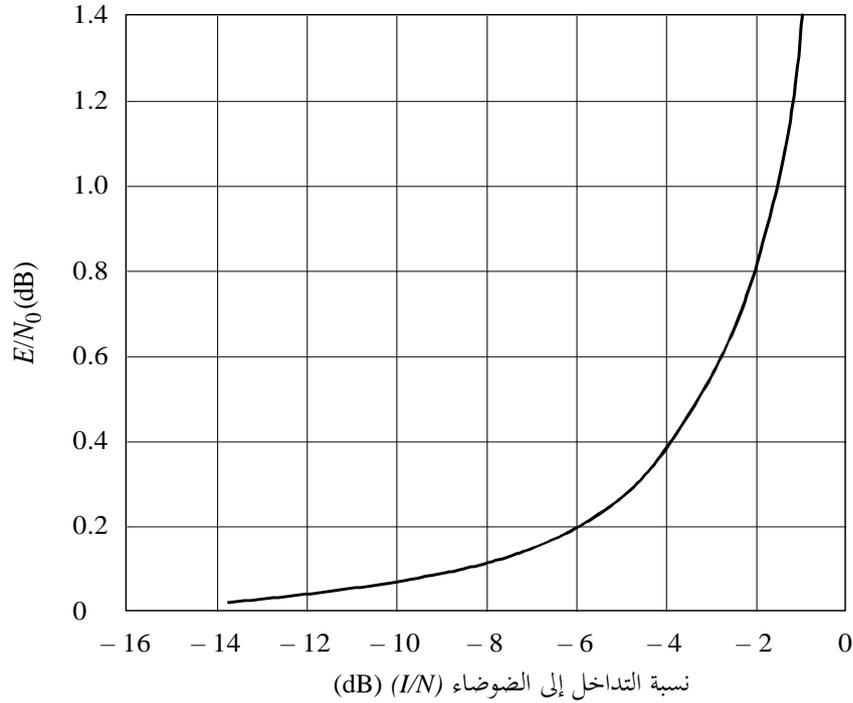
نمط RFI : CW

1157-04

P_0 : احتمال الخطأ في الرمز

الشكل 5

انخفاض مكافئ لنسبة إشارة القياس عن بعد/الضوضاء، (E/N_0) ،
الناتج عن خطأ الطور والارتعاش على الدارة
تبعاً لنسبة التداخل/الضوضاء (I/N)



نمط CW :RFI

النطاق: 8,45 GHz

تحالف التردد = 10 Hz

1157-05

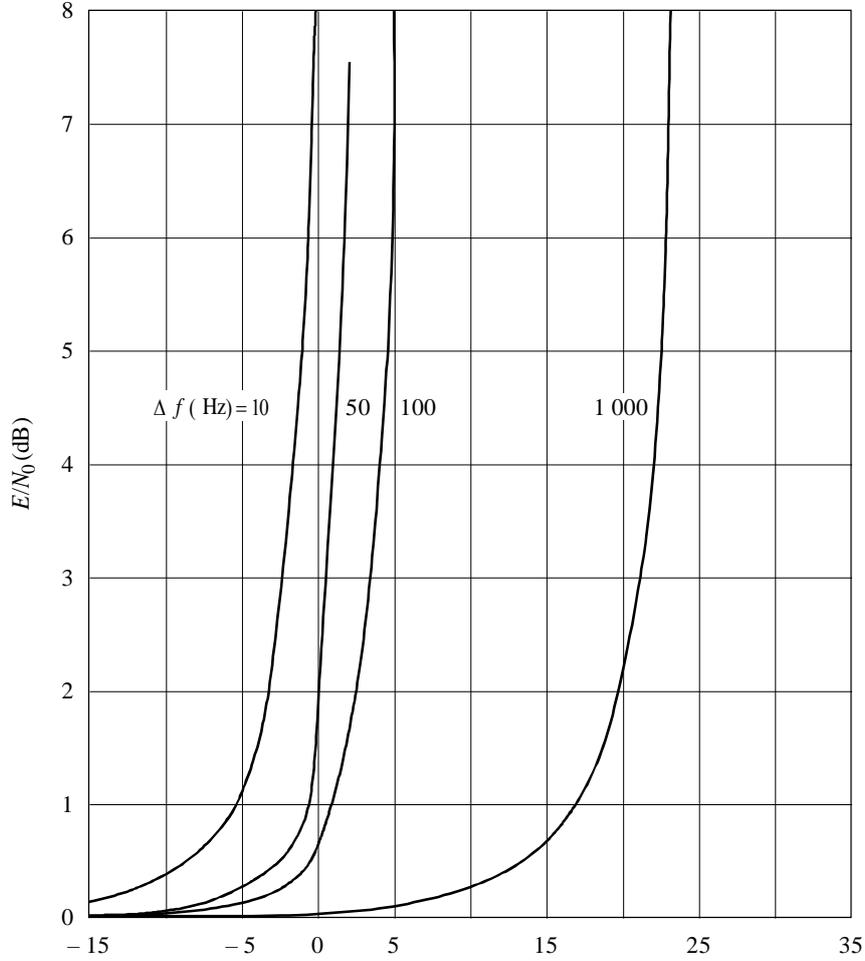
4.4 حساسية النظام الفرعي لقياس المدى للتداخل CW RFI

يسبب التداخل انخفاطاً في جودة أداء النظام الفرعي لقياس المدى بزيادة تغير تقديرات وقت الانتشار. ويعبر عن هذا الانخفاط في شكل انخفاض مكافئ في النسبة الفعلية لإشارة قياس المدى/الضوضاء.

ويؤثر التداخل CW RFI في عرض نطاق عروة تتبع الموجة الحاملة سلباً على جودة أداء نظام قياس المدى الفرعي كما هو مبين في الشكل 6. ويظهر تأثير هذا التداخل في عرض نطاق إشارة قياس المدى في الشكل 7. ويدل الرمز I/S على نسبة التداخل/إشارة قياس المدى.

الشكل 6

انخفاض مكافئ في نسبة إشارة قياس المدى/الضوضاء، (E/N_0) ، نتيجة الارتعاش وخطأ الطور تبعاً لنسبة التداخل/الموجة الحاملة (I/C) بالنسبة إلى مختلف قيم تخالف الترددات

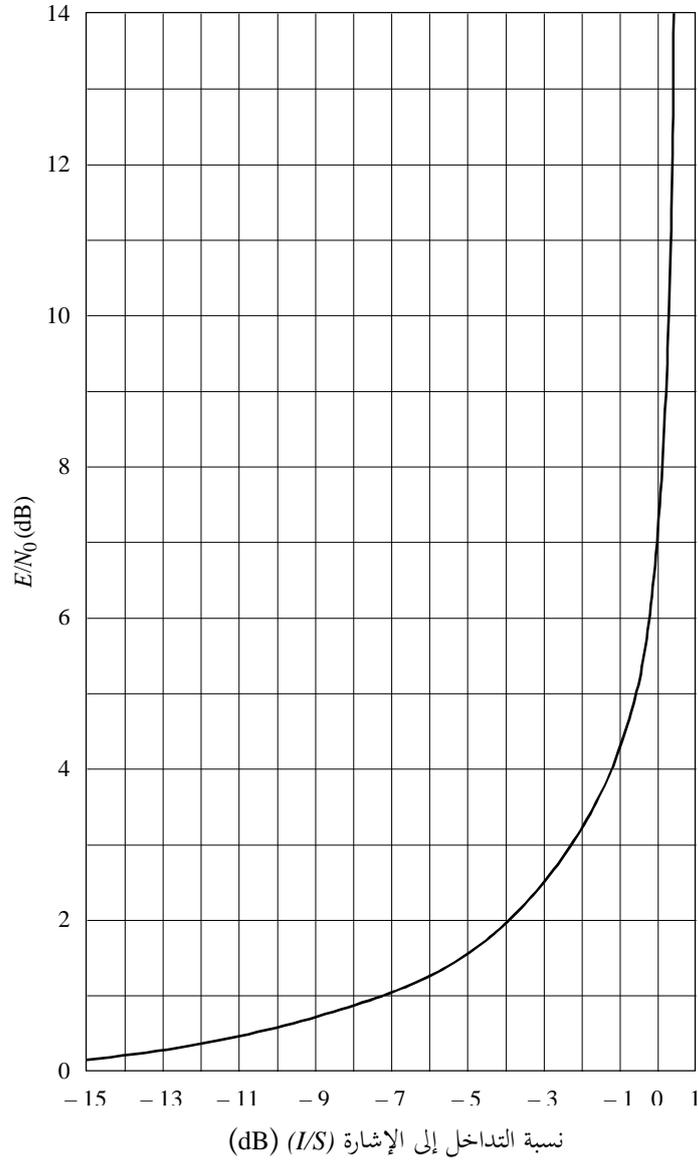


نسبة التداخل إلى الموجة الحاملة (I/C) (dB)

نمط RFI : CW
النطاق : 8,45 GHz
 Δf : تخالف التردد

الشكل 7

انخفاض مكافئ في نسبة إشارة قياس المدى/الضوضاء (E/N_0)
 نتيجة التداخل في قناة قياس المدى
 تبعاً لنسبة التداخل/الإشارة (I/S)



نمط RFI : CW

1157-07

5 آثار تداخل الضوضاء

يسبب تداخل الضوضاء تشبع مكبر مازير المتقدم وانحطاطاً في جودة أداء عروة التتبع في النظام الفرعي للقياس عن بعد والنظام الفرعي لقياس المدى. ومن أجل توليد انضغاط كسب قدره 1 dB في مكبر مازير، ينبغي أن تكون الكثافة الطيفية لتداخل الضوضاء، I_0 ، بمقدار -190 dB (W/Hz) مع افتراض أن للمكبر عرض نطاق يبلغ 40 MHz.

وفيما يتعلق بعروة التتبع للموجة الحاملة تتوقف ذروة ارتعاش الطور على هامش الموجة الحاملة (الشكل 8). وينقص تداخل الضوضاء هامش الموجة الحاملة ويزيد بمروره ارتعاش الطور. وتظهر العلاقة بين هامش الموجة الحاملة والنسبة I_0/N_0 في المعادلة التالية:

$$CM_i = CM_0 + 10 \log (1 + I_0/N_0)^{-1}$$

حيث:

CM_i : هامش الموجة الحاملة مع وجود تداخل

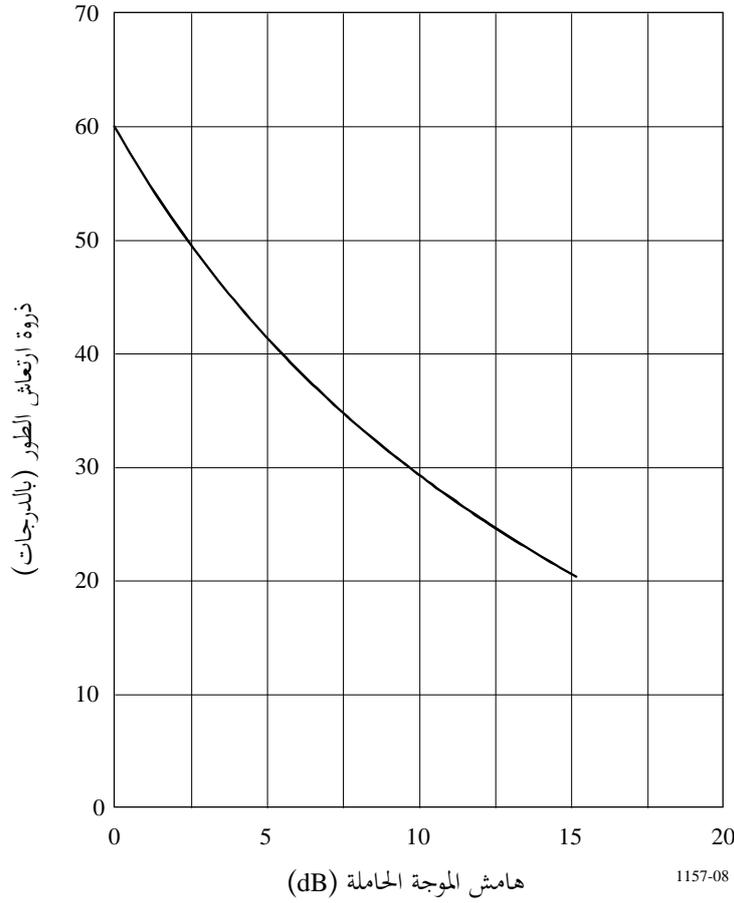
CM_0 : هامش دون تداخل

I_0/N_0 : نسبة الكثافة الطيفية للتداخل/الكثافة الطيفية للضوضاء.

وباستخدام هامش معين للموجة الحاملة دون تداخل وزيادة مقبولة لارتعاش الطور، يتيح الشكل 8 والمعادلة الواردة أعلاه حساب النسبة I_0/N_0 . وعلى سبيل المثال، فيما يخص هامشاً نمطياً قدره 10 dB يسبب تداخل ينقص هذا الهامش إلى 5,5 dB زيادة 10° على ذروة ارتعاش الطور. وفي مثل هذه الحالة تكون قيمة النسبة I_0/N_0 2,6 dB.

الشكل 8

ذروة ارتعاش الطور تبعاً لهامش الموجة الحاملة



ويسبب تداخل الضوضاء بالنسبة إلى النظامين الفرعيين للقياس عن بعد وقياس المدى انخفاضاً في النسبة الفعلية لطاقة الرمز/الكثافة الطيفية للضوضاء وبالتالي زيادة نسبة الخطأ في القياس عن بعد وتغير تقديرات وقت الانتشار. ويعبر عن انخفاض النسبة المكافئة لطاقة الرمز/الكثافة الطيفية للضوضاء $\Delta E/N_0$ عن طريق هذه العلاقة:

$$\Delta E/N_0 = 10 \log (1 + I_0/N_0) \quad \text{dB}$$

حيث I_0/N_0 هي نسبة الكثافة الطيفية للتداخل/الكثافة الطيفية للضوضاء. وإذا عرفت قيمة تخفيض النسبة E/N_0 المقبولة يمكن حساب النسبة I_0/N_0 المقابلة.