الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصيـــة ITU-R F.339-7

(2006/02)

عروض النطاق ونسب الإشارة إلى الضوضاء وهوامش الخبو في الأنظمة الكاملة

السلسلة F

الخدمة الثابتة

تمهيـــد

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	العنـــوان
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 التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة
P	انتشار الموجات الراديوية
RA	علم الفلك الراديوي
RS	أنظمة الاستشعار عن بعد
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، 2011

© ITU 2011

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).

التوصيـــة ITU-R F.339-7*

عروض النطاق ونسب الإشارة إلى الضوضاء وهوامش الخبو في الأنظمة الكاملة

(2006-1986-1982-1978-1974-1970-1966-1963-1956-1953-1951)

مجال التطبيق

ثمة أنواع عديدة من أنظمة الخدمة الثابتة بالموجات الديكامترية (HF) تعمل حالياً أو يتم تطويرها بهدف أن تسد احتياجات لاحقة. وبناءً على ذلك، لا يحبذ افتراض استخدام نظام "نمطي" وحيد كنموذج عام.

وتعرض هذه التوصية أنظمة مختلفة للخدمة الثابتة HF المستخدمة حالياً، وتشير إلى المعلمات الأساسية (عرض النطاق، نسب الإشارة إلى الضوضاء (SNR) وهوامش الخبو) في هذه الأنظمة. وينبغي استخدام هذه المعلمات من أجل إعداد أنظمة الخدمة الثابتة HF.

إن جمعية الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أنه يستحسن تصنيف النقاط المهمة التي ستعالجها الدراسات المستقبلية؛

ب) أن ثمة حاجة إلى القيم الرقمية التي تراعي الخبو والتغيرات في شدة المجال؛

ج) أن المعلومات التي يتضمنها الملحق 1 بالتوصية ITU-R P.313 تعطي بالرغم من ذلك، بعض النتائج التي يمكن منها استنتاج معطيات مؤقتة بشأن ظروف الخبو،

توصي

1 باستخدام القيم المبينة في الجدول 1 كقيم لنسبة الإشارة بالنسبة إلى الضوضاء المطلوبة من أجل صنف الإرسال المعني؛

2 باستخدام القيم الواردة في الأعمدة الخاصة بشروط الخبو في جداول الملحق 1 مع تقدير عامل تراوح الشدة الوارد في الملاحظة 4 من هذه الجداول من أجل تيسير تقدير القيم الشهرية المتوسطة لقيم الشدة المتوسطة في الساعة الضرورية لمختلف أنماط ونوعيات الخدمة؛

3 باعتبار الملاحظة 1 الواردة أدناه جزءاً أساسياً من هذه التوصية.

الملاحظة 1 – لا يؤدي استخدام القيم الموصى بها إلاّ إلى قيم تقديرية قد تحتاج إلى تعديلات فيما يتعلق بالدارات الراديوية مختلفة الأطوال تبعاً لنوعية الخدمة المطلوبة.

* أدخلت لجنة الدراسات 9 للاتصالات الراديوية تعديلات على صياغة هذه التوصية عام 2000 طبقاً لأحكام القرار ITU-R 44.

الملحق 1

الجـــدول 1

نسب الإشارة إلى الضوضاء المطلوبة

صنف الإرسال	عرض نطاق المستقبل قبل الكشف (Hz)	عرض نطاق المستقبل بعد الكشف (Hz)	نوعية الخدمة	نسبة الإشارة إلى الضوضاء السمعية (1) (dB)	نسبة كثافة الإشارة إلى الضوضاء للتردد RF (dB) (3) (2)		
					حالة مستقرة	حالة الخبو (4)	
						عدم التنوعية	التنوعية المزدوجة (5)
إبراق A1 A Bd 8	3 000	1 500	استقبال سمعي (6)	4–	31	38	
إبراق A1 B طابعة، Bd 50	250	250	نوعية تجارية (7)	16	40		58
إبراق A1 B جهاز تموج، Bd 120	600	600		10	38		49
إبراق A2 A Bd 8	3 000	1 500	استقبال سمعي (19) (6)	4–	35	38	
إبراق A2 B Bd 24	3 000	1 500	استقبال تجاري (19) (7)	11	50	56	
إبراق F1 B طابعة، Bd 50 $2D = 200$ Hz إلى 400 Hz	1 500	100	$P_C = 0.01$ $P_C = 0.001$ $P_C = 0.0001$ (8)		45 51 56 (9)	53 63 74 (9)	45 52 59 (9)
إبراق F1 B طابعة، Bd 100 $2D = 170$ Hz, ARQ	300	300	(10)		43	52	
إبراق F1 B طابعة، Bd 200 $2D = 400$ Hz، ARQ			(10)				
إبراق F1B 33 MFSK–نغمة 10 ITA2 سمة (سمات)	400	400	$P_C = 0.01$ $P_C = 0.001$ $P_C = 0.0001$ (8)		23 24 26	37 45 52 (25)	29 34 39
إبراق F1B 12 MFSK–نغمة 10 ITA5 سمة (سمات)	300	300	$P_C = 0.01$ $P_C = 0.001$ $P_C = 0.0001$ (8)		26 27 29	42 49 56 (25)	32 36 42
إبراق F1B 6 MFSK–نغمة 10 ITA2 سمة (سمات)	180	180	$P_C = 0.01$ $P_C = 0.001$ $P_C = 0.0001$ (8)		25 26 28	41 48 55 (25)	31 35 41
إبراق F7B							
فاكس R3C 60 rpm	3 000	3 000			50	59	
فاكس R3C 60 rpm	1 100	3 000	تجاري بصعوبة (22) نوعية تجارية جيدة (22)	15 20	50 55	58 65	
مهاتفة A3E نطاق جانبي مزدوج	6 000	3 000	مقبول (11) تجاري بصعوبة (12) نوعية تجارية جيدة (13)	6 15 33 (18)	50 59 67(14)	51 64 75(14) (20)	48 60 70(14) (15) (20)
مهاتفة H3E نطاق جانبي وحيد موجة حاملة كاملة	3 000	3 000	مقبول (11) تجاري بصعوبة (12) نوعية تجارية جيدة (13)	6 15 33 (18)	53 62 70(14) (23)	54 67 78(14) (20)	51 63 73(14) (15) (20)
مهاتفة R3E نطاق جانبي وحيد موجة حاملة مصغرة	3 000	3 000	مقبول (11) تجاري بصعوبة (12) نوعية تجارية جيدة (13)	6 15 33 (18)	48 57 65(14) (24)	49 62 73(14) (20)	46 58 68(14) (15) (20)
مهاتفة J3E نطاق جانبي منفصل موجة حاملة ملغاة	3 000	3 000	مقبول (11) تجاري بصعوبة (12) نوعية تجارية جيدة (13)	6 5 33 (18)	47 56 64(14)	48 61 72(14) (20)	45 57 67(14) (15) (20)
مهاتفة B8E نطاق جانبي منفصل قناتان	6 000	3 000 لكل قناة	مقبول (11) تجاري بصعوبة (12) نوعية تجارية جيدة (13)	6 15 33 (18)	49 58 66(14)	50 63 74(14) (20)	47 59 69(14) (15) (20)

الجـــدول 1 (*تتمة*)

صنف الإرسال	عرض نطاق المستقبل قبل الكشف (Hz)	عرض نطاق المستقبل بعد الكشف (Hz)	نوعية الخدمة	نسبة الإشارة إلى الضوضاء السمعية (1) (dB)	نسبة كثافة الإشارة إلى الضوضاء للتردد RF (dB) (2) (3)		
					حالة مستقرة	حالة الخبو (4)	حالة الخبو (5)
						عدم التنوعية	التنوعية المزدوجة
B8E مهاتفة نطاق جانبي منفصل 4 قنوات	12 000	3 000 لكل قناة	مقبول (11) تجاري بصعوبة (12) نوعية تجارية جيدة (13)	6 15 33 (18)	50 59 67(14)	51 64 75(14) (20)	48 60 70(14) (15) (20)
J7B تعدد قنوات إبراق V.F. 16 قناة سرعة كل منها Bd 75	3 000	110 لكل قناة	$P_C = 0.01$ $P_C = 0.001$ $P_C = 0.0001$ (8)		59 65 69 (21)	67 77 87 (21)	59 66 72 (21)
J7B تعدد قنوات إبراق V.F. 15 قناة سرعة كل منها Bd 100 مع ARQ	3 000	110 لكل قناة	(10)				
R7B تعدد قنوات إبراق V.F. موجة حاملة مصغرة							
B7W إرسال مركب 16 قناة سرعة كل منها Bd 75 1 قناة هاتفية (16)	6 000	إبراق 110 لكل قناة هاتفية 3 000 لكل قناة هاتفية	$P_C = 0.01$ $P_C = 0.001$ $P_C = 0.0001$ (8)		60 66 70 (17)	68 78 88 (17)	60 67 73 (17)

(1) عرض نطاق الضوضاء مساوٍ لعرض نطاق المستقبل بعد الكشف. وفيما يتعلق بالمهاتفة بنطاقات جانبية مستقلة، يساوي عرض نطاق الضوضاء عرض نطاق قناة واحدة بعد الكشف.

(2) تمثل الأرقام في هذا العمود نسبة ذروة قدرة تشكيل الإشارة إلى متوسط قدرة الضوضاء في عرض نطاق يبلغ 1 Hz باستثناء الإرسال A3E بنطاق جانبي مزدوج حيث تمثل الأرقام نسبة قدرة الموجة الحاملة إلى متوسط قدرة الضوضاء في عرض نطاق يبلغ 1 Hz.

(3) إن قيم نسبة الإشارة الراديوية في المهاتفة الواردة في هذا العمود تنطبق حين تستعمل المطاريف التقليدية. ويمكن أن تخفض بشكل كبير (بقيم لم تحدد بعد) حين تستعمل المطاريف من النمط الذي يستخدم ضاغطات–ممدات مقرونة (Lincompex) (انظر التوصية ITU-R F.1111). ولوحظ أن نسبة الإشارة إلى الضوضاء في تردد سمعي قدره 7 dB (قيمة فعلية) مقيسة في نطاق قدره 3 kHz تقابل نوعية مهاتفة مقبولة تجارياً نظراً إلى التحسين الناجم عن استخدام الضاغطات–الممدات.

(4) تمثل القيم الواردة في هذه الأعمدة القيم المتوسطة لقدرة الإشارة المتأثرة بالخبو الضرورية للحصول على نوعية خدمة مكافئة ولا تتضمن عامل تراوح مجال الشدة (هامش التغيرات من يوم إلى يوم). ويمكن عموماً إضافة 11,5 dB إلى قيم هذه الأعمدة للحصول على قيم تقديرية مؤقتة للقيم الكاملة المطلوبة لنسب الإشارة إلى الضوضاء. ويجوز استعمال هذه القيم التقديرية كدليل لتقدير القيم المطلوبة لمتوسط شدة المجال الشهري أو في الساعة. وقد تم التوصل إلى القيم 11,5 dB كما يلي:

إن عامل تراوح شدة الإشارة بالنسبة إلى الضوضاء المستمرة يبلغ 10 dB. وهي قيمة تقدم حماية خلال 90%. ويفترض أن تراوحات شدة تبلغ 10 dB خلال 90% من الأيام. وبافتراض أنه ليس هناك علاقة تربط بين تراوحات الضوضاء وتراوح الإشارة، يمكن تقدير القيمة المجمعة لعامل تراوح شدة الإشارة وشدة الضوضاء كالتالي:

$$10 \log\left(\sqrt{10^2 + 10^2}\right) = 11.5 \text{ dB}$$

(5) لدى إجراء نسب الإشارة الراديوية إلى شدة الضوضاء المتصلة بالخبو السريع أو خلال فترة قصيرة تم تقسيم لوغاريتمي عادي لقيم اتساع الإشارة المستقبلة (باستخدام 7 dB نسبة السوية المتوسطة للسوية المتخطاة خلال 10% أو 90% من الوقت) باستثناء خدمات الإبراق الأوتوماتية عالية السرعة حيث حسبت الحماية حسب فرضية توزيع رايلي. وتشير الملاحظات من (6) إلى (25) إلى الحماية من الخبو السريع أو خلال فترة قصيرة.

(6) للحماية خلال 90% من الوقت.

(7) الإبراق Bd 50 A1B طابعة من أجل الحماية خلال 99,99% من الوقت. الإبراق Bd 24 A2B: من أجل الحماية خلال 98% من الوقت.

(8) يشير الرمز PC إلى إمكانية الخطأ في السمة.

(9) تفترض الضوضاء الجوية (Vd = 6 dB).

(10) قائمة على 90% من فعالية الحركة.

(11) من أجل فهم 90% من الجمل.

(12) حين توصل بشبكة الخدمة العمومية: تقوم على حماية بنسبة 80% من الوقت.

(13) حين توصل بشبكة الخدمة العمومية: تقوم على حماية بنسبة 90% من الوقت.

(14) بافتراض أن هناك تحسناً يبلغ 10 dB يعود إلى استعمال مخفضات الضوضاء.

(15) تحسن التنوعية القائم على تنوعية المكان مع تباعد كبير (عدة كيلومترات).

(16) بافتراض أن حمولة المرسل في كل إشارة إبراق متعددة القنوات تبلغ 80% من القيمة الاسمية لذروة قدرتها.

(17) تستند القيمة المطلوبة لنسبة الإشارة/الضوضاء إلى نوعية أداء قنوات الإبراق.

(18) من أجل المهاتفة، تحيل الأرقام في هذا العمود إلى نسبة إشارة التردد السمعي إلى متوسط الجذر التربيعي لقوة الضوضاء الراديوية في عرض نطاق يبلغ 3 kHz، علماً بأن الإشارة الراديوية قيست بواسطة مقياس VU: وبذلك تكون ذروة الإشارة في تشكيل يبلغ 100% من المرسل للتردد الصافي أعلى من هذه القيمة بمقدار 6 dB.

(19) يفترض أن إجمالي قدرة النطاقات الجانبية بالإضافة إلى الموجة الحاملة المستخدمة تترك أثراً تنوعياً جزئياً (عنصرين)، وهناك هامش حماية يبلغ 4 dB خلال 90% من الوقت (8 Bd) و6 dB للحماية خلال 98% من الوقت (24 Bd).

(20) تنخفض هذه القيم في حال استعمال مطاريف Lincompex بمقدار يحدد لاحقاً.

(21) تختلف هذه القيم عندما يكون عدد القنوات أقل. وينبغي أيضاً تحديد العلاقة بين عدد القنوات والقيمة المطلوبة لنسبة الإشارة إلى الضوضاء.

(22) نوعية مقدرة طبقاً لأحكام التوصية ITU-T T.22 "مخططات الاختبار المعيارية لإرسال الوثائق بالفاكس".

(23) من أجل صنف الإرسال H3E يبلغ كل من سويات إشارات في النطاق الجانبي والموجة الحاملة الدليلة التي تقابل 100% –6 dB بالنسبة إلى القدرة p.e.p. ويستخدم المستقبل SSB لأغراض الاستقبال.

(24) من أجل صنف الإرسال R3E تستعمل سوية الموجة الحاملة الدليلة –20 dB بالنسبة إلى القدرة p.e.p، وتكون سوية الإشارة في النطاقات الجانبية المقابلة لـــ 100% من التشكيل أقل بمقدار 1 dB من القدرة p.e.p.

(25) القيم الواردة تمثيلية وتتوقف حقيقةً على وتيرة الخبو.

الجـــدول 2

النسب SNR المطلوبة في مودم QDPSK HF يضم 39 نغمة (صنف الإرسال J2D)

أ)

نسب الإشارة (1) (2) (3) (dB)	معدل خطأ البتات			
	معدل معطيات 2400 bit/s		معدل معطيات 1 200 bit/s	
	قناة AWGN	ظروف الخبو	قناة AWGN	ظروف الخبو
5		$8{,}6 \times 10^{-2}$		$6{,}4 \times 10^{-2}$
10		$3{,}5 \times 10^{-2}$		$4{,}4 \times 10^{-3}$
15		$1{,}0 \times 10^{-2}$		$3{,}4 \times 10^{-4}$
20		$1{,}0 \times 10^{-3}$		$9{,}0 \times 10^{-6}$
30		$1{,}8 \times 10^{-4}$		$2{,}7 \times 10^{-6}$

ب)

نسب الإشارة (1) (2) (3) (dB)	معدل خطأ البتات			
	معدل معطيات 300 bit/s		معدل معطيات 75 bit/s	
	قناة AWGN	ظروف الخبو	قناة AWGN	ظروف الخبو
0		$1{,}8 \times 10^{-2}$		$4{,}4 \times 10^{-4}$
2		$6{,}4 \times 10^{-3}$		$5{,}0 \times 10^{-5}$
4		$1{,}0 \times 10^{-3}$		$1{,}0 \times 10^{-6}$
6		$5{,}0 \times 10^{-5}$		$1{,}0 \times 10^{-6}$
8		$1{,}5 \times 10^{-6}$		$1{,}0 \times 10^{-6}$

(1) تمثل الأرقام نسبة قدرة الموجة الحاملة إلى متوسط قدرة الضوضاء في عرض نطاق يبلغ 3 kHz.

(2) مساران منفصلان بقدرة متوسطة متساوية مع قيم خبو رايلي ومدة تأخير ثابتة قدرها 2 ms بين المسارين وقيمة خبو قدرها 1 Hz.

(3) القيم الواردة في هذه الأعمدة هي متوسط قيم قدرة الإشارة المتأثرة بالخبو وهي القيم المطلوبة لتقديم نوعية خدمة مكافئة. وهي لا تتضمن عامل تراوح مجال الشدة (هامش التراوح من يوم إلى آخر). وعموماً يمكن إضافة 11,5 dB إلى القيم المبينة في هذه الأعمدة من أجل الحصول على قيم تقديرية مؤقتة للقيم الإجمالية المطلوبة للنسب الإشارة/الضوضاء. ويمكن استخدام هذه القيم التقديرية كدليل يساعد على تقدير القيم المطلوبة لمتوسطات مجال الشدة الشهرية ومتوسطاته في الساعة. وقد نتجت القيمة 11,5 كالتالي:

إن عامل تراوح شدة الإشارة بالنسبة إلى الضوضاء المستمرة يبلغ 10 dB. وهي قيمة تقدم حماية خلال 90%. ويفترض أن تراوحات شدة تبلغ 10 dB خلال 90% من الأيام. وبافتراض أنه ليس هناك علاقة تربط بين تراوحات الضوضاء وتراوح الإشارة، يمكن تقدير القيمة المجمعة لعامل تراوح شدة الإشارة وشدة الضوضاء كالتالي:

$$10 \log \left(\sqrt{10^2 + 10^2} \right) = 11{,}5 \text{ dB}$$

الجـــدول 3

النسب SNR المطلوبة في معدلات المعطيات والتشكيل (صنف الإرسال J2D)

أ)

معدل معطيات المستعمل (bit/s)	التشكيل	متوسط النسبة SNR[1] (dB)			
		المعدل BER $1,0 \times 10^{-4}$ [2]		المعدل BER $1,0 \times 10^{-5}$ [2]	
		قناة AWGN	ظروف الخبو[3]،[4]	قناة AWGN	ظروف الخبو[3]،[4]
12 800	64-QAM	27	–	28	–
9 600	64-QAM	21	30	22	32
8 000	32-QAM	19	26	19	28
6 400	16-QAM	16	23	16	24
4 800	8-PSK	13	20	14	21
3 200	QPSK	9	14	9	15

ب)

معدل معطيات المستعمل (bit/s)	التشكيل	متوسط النسبة SNR[1] (dB)			
		BER $<1,0 \times 10^{-2}$		BER $<1,0 \times 10^{-3}$	
		قناة AWGN	ظروف الخبو[3]،[4]	قناة AWGN	ظروف الخبو[3]،[4]
1 200	8-PSK	9		10	20
2 400	8-PSK	10	15	15	25
3 600	8-PSK	17	20	19	40

الملاحظة 1 – إن تقنيات تنفيذ الأنظمة المبينة في هذا الجدول سابقة للأنظمة الواردة في الجدولين 3 أ و2.

[1] تمثل الأرقام نسبة قدرة الموجة الحاملة إلى متوسط قدرة الضوضاء في عرض نطاق يبلغ 3 kHz.

[2] مشذِّر "طويل جداً" من 72 رتلاً.

[3] مساران منفصلان بقدرة متوسطة متساوية مع قيم خبو رايلي ومدة تأخير ثابتة قدرها 2 ms بين المسارين وقيمة خبو قدرها 1 Hz.

[4] القيم الواردة في هذه الأعمدة هي متوسط قيم قدرة الإشارة المتأثرة بالخبو وهي القيم المطلوبة لتقديم نوعية خدمة مكافئة. وهي لا تتضمن عامل تراوح مجال الشدة (هامش التراوح من يوم إلى آخر). وعموماً يمكن إضافة 11,5 dB إلى القيم المبينة في هذه الأعمدة من أجل الحصول على قيم تقديرية مؤقتة للقيم الإجمالية المطلوبة للنسب الإشارة/الضوضاء. ويمكن استخدام هذه القيم التقديرية كدليل يساعد على تقدير القيم المطلوبة لمتوسطات مجال الشدة الشهرية ومتوسطاته في الساعة. وقد نتجت القيمة 11,5 كالتالي:

إن عامل تراوح شدة الإشارة بالنسبة إلى الضوضاء المستمرة يبلغ 10 dB. وهي قيمة تقدم حماية خلال 90%. ويفترض أن تراوحات شدة تبلغ dB 10 خلال 90% من الأيام. وبافتراض أنه ليس هناك علاقة تربط بين تراوحات الضوضاء وتراوح الإشارة، يمكن تقدير القيمة المجمعة لعامل تراوح شدة الإشارة وشدة الضوضاء كالتالي:

$$10 \log \left(\sqrt{10^2 + 10^2} \right) = 11{,}5 \text{ dB}$$