

الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R F.339-8
(2013/02)

عروض النطاق ونسب الإشارة إلى الضوضاء
وهوامش الخبو في أنظمة الاتصالات الراديوية
العاملة في الخدمة الثابتة وفي الخدمة المتنقلة البرية
في نطاق الموجات الديكامترية

السلسلة F
الخدمة الثابتة

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 مدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها. ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجميعيات 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 الكهترتقنية 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>)

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 التحديد الراديوي للموقع 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، 2014

© ITU 2014

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 F.339-8

عروض النطاق ونسب الإشارة إلى الضوضاء وهوامش الخبو في أنظمة الاتصالات الراديوية العاملة في الخدمة الثابتة وفي الخدمة المتنقلة البرية في نطاق الموجات الديكامترية

(1951-1953-1956-1963-1966-1970-1974-1978-1982-1986-2006-2013)

مجال التطبيق

تعرض هذه التوصية نماذج مختارة من أنظمة مختلفة عاملة في الخدمة الثابتة وفي الخدمة المتنقلة البرية في نطاق الموجات الديكامترية (3-30 MHz) مستخدمة حالياً، وتوضح العلامات الأساسية (عروض النطاقات، نسب كثافة الإشارة إلى الضوضاء وهوامش الخبو) لهذه الأنظمة. وينبغي استخدام معلمات الأنظمة في نشر الأنظمة العاملة في نطاق الموجات الديكامترية، كما يمكن استخدامها في دراسات التقاسم.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

- (أ) أنه يستحسن تصنيف الجوانب التقنية 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؛
- (د) أن هناك طائفة واسعة التنوع من الأنظمة العاملة في الخدمة الثابتة وفي الخدمة المتنقلة البرية في نطاق الموجات الديكامترية قيد التشغيل أو التطوير للوفاء بالمتطلبات المستقبلية، مما ينفي وجود نظام واحد "نمطي" يمكن اتخاذه نموذجاً للأغراض العامة،

توصي

- 1 باستخدام القيم المبينة في الجداول من 1 إلى 4 الواردة في الملحق 1 كقيم لنسبة كثافة الإشارة إلى الضوضاء (SNR) المطلوبة من أجل صنف الإرسال المعني؛
- 2 باستخدام القيم الواردة في الأعمدة الخاصة بشروط الخبو في الجدول 1 الوارد في الملحق 1 مع تقدير عامل تراوح الشدة الوارد في الملاحظة 4 على الجدول 1 من أجل تيسير تقدير القيم الشهرية المتوسطة لقيم الشدة المتوسطة في الساعة الضرورية لمختلف أنماط ونوعيات الخدمة؛
- 3 باعتبار الملاحظة الواردة أدناه جزءاً أساسياً من هذه التوصية.

ملاحظة - لا يؤدي استخدام القيم الموصى بها إلا إلى قيم تقديرية قد تحتاج إلى تعديلات فيما يتعلق بالدارات الراديوية مختلفة الأطوال تبعاً لنوعية الخدمة المطلوبة.

الملحق 1

الجدول 1

نسب الإشارة إلى الضوضاء المطلوبة

متوسط نسبة الإشارة إلى الضوضاء للتردد RF (⁽³⁾ (²)dB/Hz)		حالة مستقرة	نسبة الإشارة إلى الضوضاء السمعية ⁽¹⁾ (dB)	نوعية الخدمة	عرض نطاق المستقبل بعد الكشف (Hz)	عرض نطاق المستقبل قبل الكشف (Hz)	صنف الإرسال
حالة الخبو (⁽⁵⁾)							
التنوعية المزدوجة	عدم التنوعية						
	38	31	4-	استقبال سمعي ⁽⁶⁾	1 500	3 000	إبراق A1 A Bd 8
58		40	16	نوعية تجارية ⁽⁷⁾	250	250	إبراق A1 B طابعة، Bd 50
49		38	10		600	600	إبراق A1 B جهاز نموج، Bd 120
	38	35	4-	استقبال سمعي ⁽¹⁹⁾ (⁶)	1 500	3 000	إبراق A2 A Bd 8
	56	50	11	استقبال تجاري ⁽¹⁹⁾ (⁷)	1 500	3 000	إبراق A2 B Bd 24
45 } 52 } 59 } (⁹)	53 } 63 } 74 } (⁹)	45 } 51 } 56 } (⁹)		$P_C = 0.01$ $P_C = 0.001$ $P_C = 0.0001$ } (⁸)	100	1 500	إبراق F1 B طابعة، Bd 50، Hz 400 إلى Hz 200 = 2D
	52	43		⁽¹⁰⁾	300	300	إبراق F1 B طابعة، Bd 100، 2D = 170 Hz, ARQ
				⁽¹⁰⁾			إبراق F1 B طابعة، Bd 200، ARQ، Hz 400 = 2D
29 34 39	37 } 45 } 52 } (²⁵)	23 24 26		$P_C = 0.01$ $P_C = 0.001$ $P_C = 0.0001$ } (⁸)	400	400	إبراق F1B 33-نغمة MFSK 10 ITA2 سمّة (سمات)
32 36 42	42 } 49 } 56 } (²⁵)	26 27 29		$P_C = 0.01$ $P_C = 0.001$ $P_C = 0.0001$ } (⁸)	300	300	إبراق F1B 12-نغمة MFSK 10 ITA5 سمّة (سمات)
31 35 41	41 } 48 } 55 } (²⁵)	25 26 28		$P_C = 0.01$ $P_C = 0.001$ $P_C = 0.0001$ } (⁸)	180	180	إبراق F1B 6-نغمة MFSK 10 ITA2 سمّة (سمات)
							إبراق F7B
	59	50			3 000	3 000	R3C فاكس rpm 60
	58 65	50 55	15 20	تجاري بصعوبة ⁽²²⁾ نوعية تجارية جيدة ⁽²²⁾	3 000	1 100	R3C فاكس rpm 60
48 } 60 } 70 } (¹⁴)	51 } 64 } 75 } (¹⁴)	50 59 67 (¹⁴)	6 } 15 } 33 } (¹⁸)	مقبول ⁽¹¹⁾ تجاري بصعوبة ⁽¹²⁾ نوعية تجارية جيدة ⁽¹³⁾	3 000	6 000	مهاتفه A3E نطاق جانبي مزدوج

الجدول 1 (تتمة)

متوسط نسبة الإشارة إلى الضوضاء للتردد RF (dB/Hz) ⁽³⁾⁽²⁾		حالة مستقرة	نسبة الإشارة إلى الضوضاء السمعية ⁽¹⁾ (dB)	نوعية الخدمة	عرض نطاق المستقبل بعد الكشف (Hz)	عرض نطاق المستقبل قبل الكشف (Hz)	صنف الإرسال				
حالة الخبو											
التنوعية المزدوجة	عدم التنوعية										
51 } 63 } 73(14)	(15) } (20) }	54 } 67 } 78(14)	(20) }	53 } 62 } 70(14)	(23) }	6 } 15 } 33 }	(18) }	(11) مقبول (12) تجاري بصعوبة (13) نوعية تجارية جيدة	3 000	3 000	H3E مهاتفة نطاق جانبي وحيد موجة حاملة كاملة
46 } 58 } 68(14)	(15) } (20) }	49 } 62 } 73(14)	(20) }	48 } 57 } 65(14)	(24) }	6 } 15 } 33 }	(18) }	(11) مقبول (12) تجاري بصعوبة (13) نوعية تجارية جيدة	3 000	3 000	R3E مهاتفة نطاق جانبي وحيد موجة حاملة مصغرة
45 } 57 } 67(14)	(15) } (20) }	48 } 61 } 72(14)	(20) }	47 } 56 } 64(14)		6 } 15 } 33 }	(18) }	(11) مقبول (12) تجاري بصعوبة (13) نوعية تجارية جيدة	3 000	3 000	J3E مهاتفة نطاق جانبي منفصل موجة حاملة ملغاة
47 } 59 } 69(14)	(15) } (20) }	50 } 63 } 74(14)	(20) }	49 } 58 } 66(14)		6 } 15 } 33 }	(18) }	(11) مقبول (12) تجاري بصعوبة (13) نوعية تجارية جيدة	3 000 لكل قناة	6 000	B8E مهاتفة نطاق جانبي منفصل قناتان
48 } 60 } 70(14)	(15) } (20) }	51 } 64 } 75(14)	(20) }	50 } 59 } 67(14)		6 } 15 } 33 }	(18) }	(11) مقبول (12) تجاري بصعوبة (13) نوعية تجارية جيدة	3 000 لكل قناة	12 000	B8E مهاتفة نطاق جانبي منفصل 4 قنوات
59 } 66 } 72 }	(21) }	67 } 77 } 87 }	(21) }	59 } 65 } 69 }	(21) }	$\left. \begin{array}{l} P_C = 0.01 \\ P_C = 0.001 \\ P_C = 0.0001 \end{array} \right\} (8)$		110 لكل قناة	3 000	V.F. تعدد قنوات إبراق Bd 75 سرعة كل منها	
						(10)		110 لكل قناة	3 000	V.F. تعدد قنوات إبراق 15 قناة سرعة كل منها مع ARQ Bd 100	
											V.F. تعدد قنوات إبراق موجة حاملة مصغرة
60 } 67 } 73 }	(17) }	68 } 78 } 88 }	(17) }	60 } 66 } 70 }	(17) }	$\left. \begin{array}{l} P_C = 0.01 \\ P_C = 0.001 \\ P_C = 0.0001 \end{array} \right\} (8)$		إبراق 110 لكل قناة هاتفية 3 000 لكل قناة هاتفية	6 000	B7W إرسال مركب Bd 75 سرعة كل منها 1 قناة هاتفية (16)	

(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 المطاريق التقليدية. ويمكن أن تخفض بشكل كبير (بقيم لم تحدد بعد) حين تستعمل المطاريق 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 الناتج 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 بالخيو السريع أو خلال فترة قصيرة تم تقسيم لوغاريتمي عادي لقيم اتساع الإشارة المستقبلية (باستخدام 7 dB نسبة السوية المتوسطة للسوية المتخططة 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 الخيو السريع أو خلال فترة قصيرة.
- (6) للحماية خلال 90% من الوقت.
- (7) الإبراق A1B، Bd 50 طابعة من أجل الحماية خلال 99.99% من الوقت. الإبراق A2B، Bd 24: من أجل الحماية خلال 98% من الوقت.
- (8) يشير الرمز P_c إلى إمكانية الخطأ في السمة.
- (9) تفترض الضوضاء الجوية (dB) $(V_{d1} = 6)$.
- (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 التنوع القائم على تنوع 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 (Bd 8) و 6 dB للحماية خلال 98% من الوقت (Bd 24).
- (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 لـ 100% من التشكيل أقل بمقدار 1 dB من القدرة p.e.p.
- (25) القيم الواردة تمثيلية وتتوقف حقيقةً على وتيرة الخيو.

الجدول 2

متوسطات نسب SNR المطلوبة في مودم QPSK HF يضم 39 نغمة (صنف الإرسال J2D)

(أ)

معدل خطأ البتات				متوسط النسبة SNR (dB/Hz)
معدل معطيات 1 200 bit/s		معدل معطيات 2 400 bit/s		
ظروف الخبو ^(أ) (ب) (ج)	قناة AWGN ^(د)	ظروف الخبو ^(أ) (ب) (ج)	قناة AWGN ^(د)	
$2^{-10} \times 6,4$		$2^{-10} \times 8,6$		39
$3^{-10} \times 4,4$		$2^{-10} \times 3,5$		44
$4^{-10} \times 3,4$		$2^{-10} \times 1,0$		49
$6^{-10} \times 9,0$		$3^{-10} \times 1,0$		54
$6^{-10} \times 2,7$		$4^{-10} \times 1,8$		64

(ب)

معدل خطأ البتات				متوسط النسبة SNR (dB/Hz)
معدل معطيات 75 bit/s		معدل معطيات 300 bit/s		
ظروف الخبو ^(أ) (ب) (ج)	قناة AWGN ^(د)	ظروف الخبو ^(أ) (ب) (ج)	قناة AWGN ^(د)	
$4^{-10} \times 4,4$		$2^{-10} \times 1,8$		34
$5^{-10} \times 5,0$		$3^{-10} \times 6,4$		36
$6^{-10} \times 1,0$		$3^{-10} \times 1,0$		38
$6^{-10} \times 1,0$		$5^{-10} \times 5,0$		40
$6^{-10} \times 1,0$		$6^{-10} \times 1,5$		42

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

(ب) مشدّر "طويل جداً" من 72 رتلاً.

(ج) تمثل القيم الواردة في هذه الأعمدة قيم جذر متوسط التربيع (RMS) لقدرة إشارة الخبو اللازمة لتقديم نوعية خدمة مكافئة.

(د) "AWGN": قناة غير معرضة للخبو مع ضوضاء غوسية بيضاء إضافية (AWGN).

الجدول 3

متوسطات نسب SNR المطلوبة في معدلات المعطيات والتشكيل (صنف الإرسال J2D)

(أ)

متوسط النسبة SNR (dB/Hz)				التشكيل	معدل معطيات المستعمل (bit/s)
المعدل $10^{-5} \times 1,0$ BER		المعدل $10^{-4} \times 1,0$ BER			
ظروف الخبو ^(أ) (ب) (ج)	قناة AWGN ^(د)	ظروف الخبو ^(أ) (ب) (ج)	قناة AWGN ^(د)		
-	62	-	61	64-QAM	12 800
66	56	64	55	64-QAM	9 600
62	53	60	53	32-QAM	8 000
58	50	57	50	16-QAM	6 400
55	48	54	47	8-PSK	4 800
49	43	48	43	QPSK	3 200

(ب)

متوسط النسبة SNR (dB/Hz)				التشكيل	معدل معطيات المستعمل (bit/s)
المعدل $10^{-3} \times 1,0 > \text{BER}$		المعدل $10^{-2} \times 1,0 > \text{BER}$			
ظروف الخبو ^(أ) (ب) (ج)	قناة AWGN ^(د)	ظروف الخبو ^(أ) (ب) (ج)	قناة AWGN ^(د)		
54	44		43	8-PSK	1 200
59	49	49	44	8-PSK	2 400
74	53	54	51	8-PSK	3 600

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

(ب) مشدّر "طويل جداً" من 72 رتلاً.

(ج) تمثل القيم الواردة في هذه الأعمدة قيم جذر متوسط التربيع (RMS) لقدرة إشارة الخبو اللازمة لتقديم نوعية خدمة مكافئة.

(د) "AWGN": قناة غير معرضة للخبو مع ضوضاء غوسية بيضاء إضافية (AWGN).

الجدول 4 أ

معدلات المعطيات والتشكيل (صنف الإرسال J2D) في عروض النطاقات
من 3 إلى 24 kHz لنظام بتشكيل رقمي قابل للتوسع

معدل المعطيات (bit/s)								التشكيل	رقم شكل الموجة
24 (kHz)	21 (kHz)	18 (kHz)	15 (kHz)	12 (kHz)	9 (kHz)	6 (kHz)	3 (kHz)		
600	300	600	300	300	300	150	75	Walsh	0
1 200	600	1 200	600	600	600	300	150	BPSK	1
2 400	1 200	2 400	1 200	1 200	1 200	600	300	BPSK	2
4 800	2 400	4 800	2 400	2 400	2 400	1 200	600	BPSK	3
9 600	4 800	–	4 800	4 800	–	2 400	1 200	BPSK	4
12 800	9 600	9 600	8 000	6 400	4 800	3 200	1 600	BPSK	5
25 600	19 200	19 200	16 000	12 800	9 600	6 400	3 200	QPSK	6
38 400	28 800	28 800	24 000	19 200	14 400	9 600	4 800	8-PSK	7
51 200	38 400	38 400	32 000	25 600	19 200	12 800	6 400	16-QAM	8
64 000	48 000	48 000	40 000	32 000	24 000	16 000	8 000	32-QAM	9
76 800	57 600	57 600	48 000	38 400	28 800	19 200	9 600	64-QAM	10
96 000	76 800	72 000	57 600	48 000	36 000	24 000	12 000	64-QAM	11
120 000	115 200	90 000	76 800	64 000	48 000	32 000	16 000	256-QAM	12
							2 400	QPSK	13

الجدول 4 ب

نسب SNR (dB/Hz) المطلوبة في عروض النطاقات من 3 إلى 24 kHz
لنظام بتشكيل رقمي قابل للتوسع لمعدل خطأ بتات $BER = 10^{-5}$ (أ)

12 (kHz) (أ)		9 (kHz) (أ)		6 (kHz) (أ)		3 (kHz) (أ)		عرض النطاق
قناة الخبو (ج) (د)	قناة AWGN (ب)	قناة الخبو (ج) (د)	قناة AWGN (ب)	قناة الخبو (ج) (د)	قناة AWGN (ب)	قناة الخبو (ج) (د)	قناة AWGN (ب)	
40	35	40	34	37	32	34	29	0
44	38	43	37	41	35	38	32	1
46	41	45	40	43	38	40	35	2
48	44	48	44	45	41	42	38	3
51	46	–	–	48	43	45	40	4
52	47	51	46	49	44	46	41	5
55	50	54	49	52	47	49	44	6

الجدول 4ب (تتمة)

(i) 12 (kHz)		(i) 9 (kHz)		(i) 6 (kHz)		(i) 3 (kHz)		عرض النطاق
قناة الخبو (ج) (د)	قناة AWGN (ب)	قناة الخبو (ج) (د)	قناة AWGN (ب)	قناة الخبو (ج) (د)	قناة AWGN (ب)	قناة الخبو (ج) (د)	قناة AWGN (ب)	رقم شكل الموجة
60	54	59	53	57	51	54	48	7
64	57	63	56	61	54	58	51	8
68	60	67	59	65	57	62	54	9
72	62	71	61	69	59	66	56	10
-	65	-	64	-	62	-	59	11
-	71	-	70	-	68	-	65	12
-	-	-	-	-	-	46	41	13
43	38	42	37	42	37	41	36	0
47	41	46	40	46	40	45	39	1
49	44	48	43	48	43	47	42	2
51	47	50	46	50	46	49	45	3
54	49	53	48	-	-	52	47	4
55	50	54	49	54	49	53	48	5
58	53	57	52	57	52	56	51	6
63	57	62	56	62	56	61	55	7
67	60	66	59	66	59	65	58	8
71	63	70	62	70	62	69	61	9
78	65	74	64	74	64	73	63	10
-	68	-	67	-	67	-	66	11
-	74	-	73	-	73	-	72	12
-	-	-	-	-	-	-	-	13

(أ) تمثل الأرقام الواردة في أعمدة الجدول 4ب نسبة متوسط قدرة الإشارة إلى متوسط قدرة الضوضاء (dB) في عرض نطاق 1 Hz.

(ب) "AWGN": قناة غير معرضة للخبو مع ضوضاء غوسية بيضاء إضافية (AWGN).

(ج) "قناة الخبو": مساران منفصلان بقدرة متوسطة متساوية لخبو رايلي ومدة تأخير ثابتة قدرها 2 ms بين المسارين وقيمة خبو قدرها 1 Hz (تناظر "ظروف الجو السيئة" عند خطوط العرض الوسطى في التوصية ITU-R F.1487).

(د) تمثل القيم الواردة في أعمدة "قناة الخبو" في الجدول 4ب القيم المتوسطة لقدرة إشارة الخبو اللازمة لتقديم نوعية خدمة مكافئة.

(هـ) شكلا الموجات رقمي 11 و12 مناسبان لقنوات الموجات الأرضية وقيم الخبو للموجات الأيونوسفيرية غير متاحة. ولا يتاح شكل الموجة رقم 4 في قنوات 9 أو 18 kHz، كما لا يتاح شكل الموجة رقم 13 إلا في نظام بعرض نطاق 3 kHz.

يبين الجدول 4 التشكيل الرقمي لأنظمة الموجات الديكامترية ذات عرض النطاق الأوسع. ويجب استخدام الجدولين 4 أ و 4 ب معاً، حيث يحدد أولاً رقم شكل الموجة لعرض النطاق ومعدل المعطيات لنظام معين من الجدول 4 أ ثم يستخدم الجدول 4 ب للوقوف على نسبة الإشارة إلى الضوضاء المطلوبة.

وفيما يلي مثال لكيفية استخدام الجدولين المذكورين بالنسبة إلى معدل معطيات يبلغ 38 400 bit/s في عرض نطاق 24 kHz: (1) أوجد في الجدول 4 أ عمود عرض النطاق 24 kHz وحدد رقم شكل الموجة للمعدل 38 400 bit/s، وهو في هذه الحالة رقم شكل الموجة 7.

(2) أوجد الصف المناظر لشكل الموجة رقم 7 في الجدول 4 ب وانظر في تقاطعه مع عمود عرض النطاق 24 kHz.

(3) بالنسبة إلى نوعية خدمة بمعدل خطأ بتات (BER) 1×10^{-5} ، تكون نسبتا SNR المطلوبتان 57 و 63 dB/Hz في القنوات غير المعرضة للخبو وتلك المعرضة للخبو على الترتيب، على النحو المبين في الجدول 4 ب.