التوصيـــة ITU-R SM.1138-2

تحديد عروض النطاق اللازمة وأمثلة عن كيفية حسابها وأمثلة مصاحبة عن تسمية الإرسالات

(2008-2007-1995)

مجال التطبيق

تستخدم هذه التوصية كأساس لتحديد عروض النطاق اللازمة للإرسالات عند تشكيل الاتساع والتردد والنبض بأنواع مختلفة من الإشارات. وهي تتضمن أيضاً نماذج لكيفية حساب الإرسالات وتسميتها.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن تخصيص الترددات يتطلب تحديد عروض النطاق اللازمة للإرسالات؛

ب) أن عرض النطاق اللازم عنصر بيانات جوهري لجميع أنظمة إدارة الطيف الأوتوماتية؛

توصي

1 باستعمال المعادلات الواردة في الملحق 1 لحساب عرض النطاق اللازم عندما تقتضي لوائح الراديو ذلك.

الملحق 1

تحديد عروض النطاق اللازمة وأمثلة لكيفية حسابها وأمثلة مصاحبة عن تسمية البث

1 ليس عرض النطاق اللازم الخاصية الوحيدة للبث التي يجب أخذها في الاعتبار لدى تقييم التداخل الذي قد يسببه ذلك البث.

2 استعمل إعداد الجدول، المصطلحات التالية:

B_n: عرض النطاق اللازم (Hz)

B: معدل التشكيل (Bd)

N: أقصى عدد ممكن من العناصر "السوداء زائداً البيضاء" التي يجب إرسالها في الثانية، في الفاكس

M: أقصى تردد للتشكيل (Hz)

C: تردد الموجة الحاملة الفرعية (Hz)

D: انحراف الذروة، أي نصف الفرق بين القيمتين القصوى والدنيا للتردد الآني. والتردد الآني (Hz) هو معدل تغير الطور بالنسبة للزمن (rad) مقسوماً على 2π

t: مدة النبض (s) عند نصف الاتساع

t_r: زمن ارتفاع النبض بين 10% 90% من الاتساع (s)

K: عامل رقمي عام يتغير حسب البث ويتوقف على التشوه المسموح به للإشارة. وفي حالة الإشارة متعددة الموجات الحاملة لتعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد، تشير K إلى عدد الموجات الحاملة الفرعية الفعالة كما تعددها المعادلة (52) في التوصية ITU-R SM.328.

N_c: عدد القنوات في النطاق الأساسي في الأنظمة الراديوية التي تستعمل تعدد الإرسال متعدد القنوات

f_p: تردد الموجة الحاملة الفرعية الدليلة (Hz) للاستمرارية (إشارة مستمرة مستعملة للتحقق من أداء أنظمة تعدد الإرسال لتقسيم التردد).

N_s: فصل التردد بين موجتين حاملتين (kHz).

وصف البث	عرض النطاق اللازم		تسمية البث
	المعادلة	عينة من الحساب	
I. انعدام إشارة التشكيل			
بث موجة مستمرة	–	–	غير موجود
II. تشكيل الاتساع			
1. إشارة تتضمن معلومات مكماة أو رقمية			
إبراق بموجة مستمرة، شفرة مورس	$B_n = BK$ K = 5 من أجل الدارات المتأثرة من الخبو K = 3 من أجل الدارات غير المتأثرة بالخبو	25 كلمة في الدقيقة B = 20 وK = 5 عرض النطاق: 100 Hz	100HA1AAN
إبراق بمفتاح للتنشيط والإخماد لموجة حاملة مشكلة بالنغمة، إبراق مورس	$B_n = 2M + BK$ K = 5 من أجل الدارات المتأثرة بالخبو K = 3 من أجل الدارات غير المتأثرة بالخبو	25 كلمة في الدقيقة B = 20 وM = 1000 وK = 5 عرض النطاق: 2 100 Hz = 2,1 kHz	2K10A2AAN
إشارة نداء انتقائي تستعمل شفرة تتابعية وحيدة التردد، تردد جانبي وحيد وموجة حاملة تامة	$B_n = M$	أقصى تردد للشفرة = 2 110 Hz M = 2 110 عرض النطاق: 2 110 Hz = 2,11 kHz	2K11H2BFN
إبراق بطباعة مباشرة تستعمل حاملة فرعية مشكلة بزحزحة التردد وتصحيح الأخطاء ونطاق جانبي وحيد وموجة حاملة مكبوتة (قناة وحيدة)	$B_n = 2DK + 2M$ $M = \frac{B}{2}$	B = 50 D = 35 Hz (زحزحة 70 Hz) K = 1,2 عرض النطاق : 134 Hz	134HJ2BCN
إبراق متعدد القنوات بتردد الصوت وتصحيح الأخطاء وبعض القنوات معددة الإرسال بتقسيم الزمن ونطاق جانبي وحيد وحاملة مخفضة	B_n = أعلى تردد مركزي $+ DK + M$ $M = \frac{B}{2}$	15 قناة أعلى تردد مركزي = 2 805 Hz B = 100 D = 42,5 Hz (زحزحة 85 Hz) K = 0,7 عرض النطاق: 2 885 Hz = 2,885 kHz	2K89R7BCW

وصف البث	عرض النطاق اللازم		تسمية البث
	المعادلة	عينة من الحساب	
2. المهاتفة (نوعية تجارية)			
مهاتفة، نطاق جانبي مزدوج (قناة وحيدة)	$2M = B_n$	M = 3 000 عرض النطاق: 6 000 Hz = 6 kHz	6K00A3EJN
مهاتفة، نطاق جانبي وحيد، موجة حاملة تامة (قناة وحيدة)	$M = B_n$	M = 3 000 عرض النطاق: 3000 Hz = 3 kHz	3K00H3EJN
مهاتفة، نطاق جانبي وحيد، موجة حاملة مكبوتة (قناة وحيدة)	$M = B_n$ – أدنى تردد للتشكيل	M = 3 000 أدنى تردد للتشكيل = 300 Hz عرض النطاق: 2 700 Hz = 2,7 kHz	2K70J3EJN
مهاتفة بإشارات منفصلة مشكلة بالتردد للتحكم في سوية الإشارة الصوتية المشكلة نطاق جانبي وحيد، موجة حاملة مخفضة (Lincompex) (قناة وحيدة)	$M = B_n$	أقصى تردد للتحكم = 2 900 Hz M = 2 990 عرض النطاق: 2 990 Hz = 2,99 kHz	2K99R3ELN
مهاتفة بجهاز السرية، نطاق جانبي وحيد، موجة حاملة مكبوتة (قناتان أو أكثر)	$N_c M = B_n$ – أدنى تردد للتشكيل في القناة الأدنى	N_c = 2 M = 3 000 أدنى تردد للتشكيل = 250 Hz عرض النطاق: 5 750 Hz = 5,75 kHz	5K75J8EKF
المهاتفة، نطاق جانبي مستقل (قناتان أو أكثر)	B_n = مجموع M لكل نطاق جانبي	قناتان M = 3 000 عرض النطاق: 6 000 Hz = 6 kHz	6K00B8EJN
3. الإذاعة الصوتية			
الإذاعة الصوتية، نطاق جانبي مزدوج	$2M = B_n$ يمكن أن تتراوح M بين 4 000 و10 000 حسب النوعية المنشودة	الكلام والموسيقى M = 4 000 عرض النطاق: 8 000 Hz = 8 kHz	8K00A3EGN
الإذاعة الصوتية، نطاق جانبي وحيد، موجة حاملة مخفضة (قناة وحيدة)	$M = B_n$ يمكن أن تتراوح M بين 4 000 و10 000 حسب النوعية المنشودة	الكلام والموسيقى M = 4 000 عرض النطاق: 4 000 Hz = 4 kHz	4K00R3EGN
الإذاعة الصوتية، نطاق جانبي وحيد، حاملة مكبوتة	$M = B_n$ – أدنى تردد للتشكيل	الكلام والموسيقى M = 4 500 أدنى تردد للتشكيل = 50 Hz عرض النطاق: 4 450 Hz = 4,45 kHz	4K45J3EGN
4. التلفزيون			
التلفزيون، الصورة والصوت	انظر وثائق توصيات قطاع الاتصالات الراديوية ذات الصلة من أجل عروض نطاق أنظمة التلفزيون شائعة الاستعمال	عدد الخطوط: 625 عرض النطاق الفيديوي الاسمي = 5 MHz حاملة الصوت بالنسبة إلى حاملة الصورة: 5,5 MHz عرض النطاق الإجمالي للصورة: 6,25 MHz عرض النطاق الصوتي FM بما فيه النطاقات الحارسة: 750 kHz عرض نطاق القناة RF: 7 MHz	6M25C3F-- 750KF3EGN

وصف البث	عرض النطاق اللازم		تسمية البث
	المعادلة	عينة من الحساب	
5. الفاكس			
الفاكس التماثلي بتشكيل تردد الحاملة الفرعية لبث بنطاق جانبي وحيد، الموجة الحاملة مخفضة، غير ملون	$DK + \frac{N}{2} + C = B_n$ $1{,}1 = K$ (قيمة نمطية)	$N = 1\,100$ مما يقابل دليلاً للتعاون يبلغ 352 وسرعة لدوران الأسطوانة يبلغ 60 دورة في الدقيقة. ودليل التعاون هو ناتج قطر الإسطوانة وعدد خطوط طول كل وحدة. $C = 1\,900$ $D = 400$ Hz عرض النطاق: 2 890 Hz = 2,89 kHz	2K89R3CMN
الفاكس التماثلي؛ تشكيل تردد حاملة فرعية للتردد السمعي تشكل الموجة الحاملة الرئيسية، نطاق جانبي وحيد، موجة حاملة مكبوتة	$2DK + 2M = B_n$ $\frac{N}{2} = M$ $1{,}1 = K$ (قيمة نمطية)	$N = 1\,100$ $D = 400$ Hz عرض النطاق: 1 980 Hz = 1,98 kHz	1K98J3C --
6. بث مركب			
نطاق جانبي مزدوج، وصلة راديوية للتلفزيون	$2D + 2M + 2C = B_n$	ترددات فيديوية لا تتعدى 5 MHz، الصوت على موجة حاملة فرعية ذات 6,5 MHz مشكلة بالتردد، انحراف الحاملة الفرعية = 50 kHz $C = 6{,}5 \times 10^6$ $D = 50 \text{ Hz} \times 10^3$ $M = 15\,000$ عرض النطاق: ($13{,}3 \times 10^6$ Hz = 13,13 MHz)	13M1A8W --
نطاق جانبي مزدوج، نظام ترحيل راديوي، تعدد إرسال بتقسيم التردد	$2M = B_n$	10 قنوات صوتية تشغل النطاق الأساسي بين 1 kHz و164 kHz $M = 164\,000$ عرض النطاق: 328 000 Hz = 328 kHz	328KA8E --
نطاق جانبي مزدوج للمنار VOR بالمهاتفة (VOR: منار راديوي بموجات مترية في جميع الاتجاهات)	$2DK + 2M + 2C_{max} = B_n$ $1 = K$ (قيمة نمطية)	تشكل الحاملة الرئيسية بواسطة: – موجة حاملة فرعية ذات 30 Hz – موجة حاملة ناتجة عن تردد نغمة ذي 9 960 Hz – قناة هاتفية – نغمة ذات 1020 Hz مسخرة لتعرف الهوية المستمر بالمورس $C_{max} = 9\,960$ $M = 30$ $D = 480$ Hz عرض النطاق: 20 940 Hz = 20,94 kHz	20K9A9WWF

وصف البث	عرض النطاق اللازم		تسمية البث
	المعادلة	عينة من الحساب	
عروض نطاق مستقلة؛ عدة قنوات برقية مع تصحيح للأخطاء وعدة قنوات هاتفية بجهاز السرية؛ تعدد إرسال بتقسيم التردد	B_n = مجموع M لكل نطاق جانبي	في العادة، تشغل الأنظمة المركبة وفقاً للترتيبات المقيسة للقنوات (مثلاً التوصية ITU-R F.348) فيما يخص 3 قنوات هاتفية و15 قناة برقية، يكون عرض النطاق اللازم: kHz 12 = Hz 12 000	12K0B9WWF
7. بث إشارات التردد المعياري والتوقيت 1.7 الترددات العالية (الصوتية)			
إعلانات صوتية، نطاق جانبي مزدوج	$2M = B_n$	كلام M = 4 000 عرض النطاق: Hz 8 000 = kHz 8	8K00A3XGN
2.7 الترددات العالية (الشفرة الزمنية)			
شفرة زمنية مماثلة للإبراق	$2M + BK = B_n$	B = 1/s M = 1 K = 5 عروض النطاق: Hz 7	7H00A2XAN
3.7 الترددات المنخفضة (الشفرة الزمنية)			
شفرة زمنية مماثلة للإبراق	$2M + BK = B_n$	B = s/1 M = 1 K = 3 عروض النطاق: Hz 5	5H00A2XAN
A-III. تشكيل التردد			
1. إشارة تتضمن معلومات مكماة أو رقمية			
إبراق دون تصحيح الأخطاء (قناة وحيدة)	$2DK + 2M = B_n$ $M = \frac{B}{2}$ K = 1,2 (قيمة نمطية)	B = 100 D = 85 Hz (الزحزحة 170 Hz) عرض النطاق: Hz 304	304HF1BBN
إبراق بطباعة مباشرة ذات نطاق ضيق، مع تصحيح الأخطاء (قناة وحيدة)	$2DK + 2M = B_n$ $M = \frac{B}{2}$ K = 1,2 (قيمة نمطية)	B = 100 D = 85 Hz (الزحزحة 170 Hz) عرض النطاق: Hz 304	304HF1BCN
إشارة نداء انتقائي	$2DK + 2M = B_n$ $M = \frac{B}{2}$ K = 1,2 (قيمة نمطية)	B = 100 D = 85 Hz (الزحزحة 170 Hz) عرض النطاق: Hz 304	304HF1BCN
إبراق مزدوج رباعي الترددات	$2DK + 2M = B_n$ B: معدل تشكيل (Bd) أسرع قناة. إذا كانت القنوات متزامنة: $M = \frac{B}{2}$ (وإلا فإن $M = 2B$) K = 1,1 (قيمة نمطية)	التباعد بين الترددات المتجاورة = Hz 400 قنوات متزامنة B = 100 M = 50 D = Hz 600 عرض النطاق: kHz 1,42 = Hz 1 420	1K42F7BDX

وصف البث	عرض النطاق اللازم		تسمية البث
	المعادلة	عينة من الحساب	
2. المهاتفة (نوعية تجارية)			
المهاتفة التجارية	$2DK + 2M = B_n$ $1 = K$ (قيمة نمطية لكن، في بعض الحالات، قد تكون هناك حاجة إلى قيم K أعلى)	لحالة متوسطة للمهاتفة التجارية D = 5 000 Hz M = 3 000 عرض النطاق: 16 000 Hz = 16 kHz	16K0F3EJN
3. الإذاعة الصوتية			
الإذاعة الصوتية	$2DK + 2M = B_n$ $1 = K$ (قيمة نمطية)	غير مجسم D = 75 000 Hz M = 15 000 عرض النطاق: 180 000 Hz = 180 kHz	180KF3EGN
4. الفاكس			
فاكس بتشكيل مباشر لتردد الموجة الحاملة؛ غير ملون	$2DK + 2M = B_n$ $\frac{N}{2} = M$ $1{,}1 = K$ (قيمة نمطية)	N = 1 100 عنصر في الثانية D = 400 Hz عرض النطاق: 1 980 Hz = 1,98 kHz	1K98F1C --
الفاكس التماثلية	$2DK + 2M = B_n$ $\frac{N}{2} = M$ $1{,}1 = K$ (قيمة نمطية)	N = 1 100 عنصر في الثانية D = 400 Hz عرض النطاق: 1 980 Hz = 1,98 kHz	1K98F3C --
5. البث المركب (انظر الجدول III-B)			
نظام مرحل راديوي، تعدد إرسال بتقسيم التردد	$2DK + 2f_p = B_n$ $1 = K$ (قيمة نمطية)	60 قناة هاتفية تشغل النطاق الأساسي بين 60 kHz و300 kHz؛ القيمة الفعالة (rms) لانحراف كل موجة: 200 kHz؛ موجة الاستمرار الدليلة عند 331 kHz تؤدي إلى انحراف فعال للموجة الحاملة الرئيسية يبلغ 100 kHz. $D = 200 \times 10^3 \times 3{,}76 \times 2{,}02$ $= 1{,}52 \times 10^6$ Hz $f_p = 0{,}331 \times 10^6$ Hz عرض النطاق: $3{,}702 \times 10^6$ Hz = 3,702 MHz	3M70F8EJF

وصف البث	عرض النطاق اللازم		تسمية البث
	المعادلة	عينة من الحساب	
نظام مرحل راديوي، تعدد إرسال بتقسيم التردد	$2DK + 2M = B_n$ $1 = K$ (قيمة نمطية)	960 قناة هاتفية تشغل النطاق الأساسي بين 60 kHz و4 028 kHz؛ القيمة الفعالة (rms) لانحراف كل موجة: 200 kHz؛ موجة الاستمرار الموجة الدليلة عند 4 715 kHz تؤدي إلى انحراف فعال للموجة الحاملة الرئيسية يبلغ 140 kHz. $D = 200 \times 10^3 \times 3,76 \times 5,5$ $= 4,13 \times 10^6$ Hz $M = 4,028 \times 10^6$ $f_p = 4,715 \times 10^6$ $2 f_p < (2DK + 2M)$ عرض النطاق: $16,32 \times 10^6$ Hz = 16,32 MHz	16M3F8EJF
نظام مرحل راديوي، تعدد إرسال بتقسيم التردد	$2f_p = B_n$	600 قناة هاتفية تشغل النطاق الأساسي بين 60 kHz و2 540 kHz؛ القيمة الفعالة (rms) لانحراف كل موجة: 200 kHz؛ موجة الاستمرار الدليلة عند 8 500 kHz تؤدي إلى انحراف فعال للحاملة الرئيسية يبلغ 140 kHz. $D = 200 \times 10^3 \times 3,76 \times 4,36$ $= 3,28 \times 10^6$ Hz $M = 2,54 \times 10^6$ $K = 1$ $f_p = 8,5 \times 10^6$ $2f_p > (2DK + 2M)$ عرض النطاق: 17×10^6 Hz = 17 MHz	17M0F8EJF
الإذاعة الراديوية الصوتية المجسمة مع حاملة فرعية هاتفية مساعدة معددة الإرسال	$2DK + 2M = B_n$ $1 = K$ (قيمة نمطية)	نظام بتردد دليلي؛ $M = 75\,000$ $D = 75\,000$ Hz عرض النطاق: 300 000 Hz = 300 kHz	300KF8EHF

III-B. عامل الضرب الواجب استعماله لحساب D، انحراف تردد الذروة،
في البث متعدد القنوات بتشكيل التردد وتعدد الإرسال بتقسيم التردد (FM-FDM)

بالنسبة للأنظمة FM-FDM يكون عرض النطاق:

$$B_n = 2M + 2DK$$

تحسب قيمة D، أو انحراف تردد الذروة في المعادلات من أجل B_n بضرب القيمة الفعالة لانحراف كل موجة في "عامل الضرب" الوارد أدناه.

في حالة وجود موجة استمرار دليلة بتردد f_p فوق أقصى تردد للتشكيل M، تتخذ المعادلة العامة الشكل التالي:

$$B_n = 2f_p + 2DK$$

إذا كان دليل تشكيل الموجة الحاملة الرئيسية الناتج عن الموجة الدليلة يقل عن 0,25 وكانت القيمة الفعالة لانحراف تردد الحاملة الرئيسية الناتجة عن الموجة الدليلة أقل من 70% من القيمة الفعلية لانحراف كل قناة أو مساوية لها، تتخذ المعادلة العامة شكل المعادلة التي تعطي أكبر قيمة من بين المعادلتين التاليتين:

$$B_n = 2M + 2DK \quad \text{أو} \quad B_n = 2f_p$$

أيهما أكبر.

عدد القنوات الهاتفية N_c	عامل الضرب [1]
	(عامل الذروة) × antilog $\left[\frac{\text{القيمة بالوحدة dB فوق السوية مرجعية التشكيل}}{20}\right]$
$12 > N_c > 3$	antilog × 4,47 $\left[\frac{\text{قيمة بالوحدة dB يحددها صانع التجهيزات أو حامل رخصة المحطة، شرط موافقة الإدارة}}{20}\right]$
$60 > N_c \geq 12$	antilog × 3,76 $\left[\frac{2,6 + 2\log N_c}{20}\right]$

عدد القنوات الهاتفية N_c	عامل الضرب [2]
	(عامل الذروة) × مقابل اللوغاريتم $\left[\frac{\text{القيمة بالوحدة dB فوق السوية مرجعية التشكيل}}{20}\right]$
$240 > N_c \geq 60$	antilog × 3,76 $\left[\frac{-1 + 4\log N_c}{20}\right]$
$240 \geq N_c$	antilog × 3,76 $\left[\frac{-15 + 10\log N_c}{20}\right]$

[1] في هذا الجدول يقابل عاملا الضرب 3,76 و4,47 عوامل ذروة ذوي 11,5 و13,0 dB، على التوالي.

[2] في هذا الجدول يقابل عامل الضرب 3,76 عوامل ذروة ذوي 11,5 dB.

وصف البث	عرض النطاق اللازم		مقصد البث
	المعادلة	عينة من الحساب	
IV. التشكيل النبضي			
1. الرادار			
بث نبضي غير مشكل	$B_n = \frac{2K}{t}$ تتوقف K على نسبة مدة النبضة إلى وقت صعود النبضة. وتقع قيمتها على العموم بين 1 و10 وفي كثير من الحالات ليست بحاجة إلى تجاوز 6	رادار أولي درجة استبانة المسافة = 150 m K = 1,5 (نبضة مثلثة حيث $t \simeq t_r$، لا يؤخذ في الاعتبار سوى أقوى المكونات حتى 27 dB) ومن ثم" $t = \left[\frac{2 \times (\text{مدى الاستبانة})}{\text{سرعة الضوء}} \right]$ $= \frac{150 \times 2}{8 10 \times 3}$ 1×10^{-6} s عرض النطاق: 3×10^{6} Hz = 3 MHz	3M00P0NAN
2. البث المركب			
نظام مرحل راديوي	$B_n = \frac{2K}{t}$ K = 1,6	نبضات بتشكيل الموضع بنطاق أساسي ذي 36 قناة صوتية؛ مدة نبضة الاتساع النصفي = 0,4 µs عرض النطاق: 8×10^{6} Hz = 8 MHz (عرض النطاق المستقل عن عدد القنوات الهاتفية)	8M00M7EJT
3. الإشارات المعيارية للتردد والزمن 1.3 الترددات العالية (رشقة النغمة)			
العلامات المستخدمة لقياس الحقب الزمنية	$B_n = 2/t_R$	t_r = 1 ms عرض النطاق: 2 000 Hz = 2 kHz	2K00K2XAN
2.3 الترددات المنخفضة			
الحافة الأمامية للشفرة الزمنية المستخدمة في قياس الحقب الزمنية	$B_n = 2/t_R$	t_r = 1 ms عرض النطاق: 2 000 Hz = 2 kHz	2K00K2XAN
V. متفرقات			
تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDM) أو تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد المشفر (cOFDM)	$B_n = N_s \cdot K$	تستعمل 53 موجة حاملة فرعية فعالة، يفصل بينها 312,5 kHz باستثناء (K = 53 وN_s = 312,5 kHz). ويمكن أن تكون الموجات الحاملة الفرعية للبيانات عبارة عن تشكيل إبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة (BPSK) أو تشكيل تربيعي بزحزحة الطور (QPSK) أو تشغيل الاتساع التربيعي (QAM) B_n = 312,5 kHz × 53 = 16,6 MHz	16M6W7D