الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R BS.1660-8

(2019/06)

الأساس التقني لتخطيط الإذاعة الصوتية الرقمية للأرض العاملة في نطاق الموجات المترية (VHF)

السلسلة BS

الخدمة الإذاعية (الصوتية)

الاتحاد الدولي للاتصالات ITU

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 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 القرار 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	العنوان
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 الاستدلال الراديوي وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة
P	انتشار الموجات الراديوية
RA	علم الفلك الراديوي
RS	أنظمة الاستشعار عن بُعد
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، 2020

© ITU 2020
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 BS.1660-8*

الأساس التقني لتخطيط الإذاعة الصوتية الرقمية للأرض العاملة في نطاق الموجات المترية (VHF)

(المسألة ITU-R 56-3/6)

(2019-2015-2012-2011/12-2011/05-2006-2005/11-2005/02-2003)

مجال التطبيق

تصف هذه التوصية معايير التخطيط الممكن استعمالها لتخطيط الإذاعة الصوتية الرقمية للأرض العاملة في نطاق الموجات المترية (VHF)، بخصوص الأنظمة الرقمية A وF وG وC الموصوفة في التوصية ITU-R BS.1114.

مصطلحات أساسية

الإذاعة الصوتية الرقمية، الإذاعة السمعية الرقمية (DAB)، الإذاعة الرقمية متكاملة الخدمات – الإذاعة الصوتية للأرض ($ISDB\text{-}T_{SB}$)، تكنولوجيا الإرسال في نفس النطاق ونفس القناة (IBOC)، الراديو الرقمي الهجين (HD)، الراديو الرقمي العالمي (DRM)

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) التوصية ITU-R BS.774 والتوصية ITU-R BS.1114؛

ب) دليل الإذاعة الصوتية الرقمية الذي وضعه قطاع الاتصالات الراديوية (ITU-R) بعنوان – الإذاعة الصوتية الرقمية من محطات أرضية وساتلية إلى مستقبِلات منصوبة على مركبات أو محمولة أو ثابتة، في النطاقات VHF/UHF؛

ج) التقرير ITU-R BS.2214 – معلمات التخطيط لأنظمة الإذاعة الصوتية الرقمية للأرض في نطاقات الموجات المترية (VHF)،

توصي بما يلي

يمكن استعمال معايير التخطيط الموصوفة في الملحق 1 بخصوص النظام الرقمي A، وفي الملحق 2 بخصوص النظام الرقمي F، وفي الملحق 3 بخصوص النظام الرقمي G، وفي الملحق 4 بخصوص النظام الرقمي C، من أجل تخطيط الإذاعة الصوتية الرقمية للأرض، العاملة في النطاق VHF.

* ليست إدارة الجمهورية العربية السورية في موقع يمكّنها من قبول محتوى هذه التوصية ولا اتخاذها أساساً تقنياً لتخطيط إذاعة صوتية في نطاق الموجات VHF، أثناء المؤتمرات الإقليمية للاتصالات الراديوية المقبلة بشأن تخطيط الخدمة الإذاعية الرقمية للأرض في أنحاء من الإقليمين 1 و3.

الملحق 1

الأساس التقني لتخطيط النظام A للإذاعة السمعية الرقمية للأرض (DAB) العاملة في نطاق الموجات VHF

1 اعتبارات عامة

يصف هذا الملحق معايير التخطيط التي يمكن استخدامها لتخطيط نظام الإذاعة السمعية الرقمية (DAB). ويقدم التقرير ITU-R BS.2214 مزيداً من الإرشادات بشأن العناصر الرئيسية الضرورية لتخطيط شبكة الإذاعة السمعية الرقمية وتصميمها.

ولا تغطي آخر نسخة صادرة من المعيار ETSI EN 300 401 V2.1.1 للإذاعة السمعية الرقمية سوى نطاق الموجات المترية (VHF) الذي يشمل النطاقات I وII وIII. ولا تأخذ هذه التوصية في الاعتبار سوى النطاق III الذي يُستخدم من أجله التردد المرجعي 200 MHz

وينطبق استخدام المصطلح 'DAB' في هذه التوصية على النظامين DAB و+DAB. وسيشار إلى أي اختلاف بين النظامين من حيث تأثيرهما على معايير التخطيط.

ويكون هوائي الاستقبال، المفترض أن يصلح للاستقبال من على متن مركبة متحركة وبواسطة جهاز محمول، مرتفعاً حتى 1,5 m فوق مستوى الأرض، وشامل الاتجاه، وكسبه أقل بقليل من كسب الهوائي الثنائي القطب.

وتعتمد طريقة التنبؤ بشدة المجال على المنحنيات بخصوص 50% من المواقع، و50% من الوقت بخصوص الإشارة المطلوبة؛ و50% من المواقع، و1% من الوقت بخصوص الإشارة غير المطلوبة.

وفيما يخص حساب التداخل التروبوسفيري (1% من الوقت) والتداخل المستمر (50% من الوقت)، يُرجَع إلى التوصية ITU-R BT.655.

وتتوقف نسبة المواقع المطلوبة لتوفير خدمات DAB على أسلوب الاستقبال المعني.

وتتعلق منحنيات الانتشار المستعملة في التخطيط بهوائي استقبال ارتفاعه 10 m فوق سوية الأرض، في حين أن خدمة DAB ستخطَّط بالدرجة الأولى تبعاً لمستقبِلات متنقلة، أي أن الارتفاع الفعلي لهوائي الاستقبال يبلغ نحو 1,5 m. ومن الضروري إتاحة هامش للخسارة الناجمة عن الارتفاع، لجعل الحد الأدنى المطلوب من شدة المجال لخدمة DAB بهوائي منصوب على مركبة بارتفاع 1,5 m مكافئاً لقيمة شدة المجال في حالة هوائي ارتفاعه 10 m.

2 أساليب الاستقبال وقيم النسبة *C/N* المرتبطة بها

تُخطَّط الشبكات الراديوية عادةً بالاستناد إلى الاستقبال الثابت على السقف باستخدام هوائي استقبال منصوب على ارتفاع 10 m فوق مستوى الأرض. بيد أن هذا السيناريو لا يعتبر عموماً سيناريو استقبال لتخطيط شبكات DAB. ففي معظم الحالات، تخطَّط شبكات DAB من أجل الاستقبال المحمول أو المتنقل، وضمن منطقة الخدمة التي يعمل فيها الجهاز المحمول أو المتنقل، يكون الاستقبال الثابت على السقف مضموناً. ولذلك، لا ترد في هذه التوصية معلمات الاستقبال الثابت على السقف.

وتتناول هذه التوصية ستة أساليب للاستقبال. ويُدرج الجدول 1 أساليب الاستقبال هذه التي تغطي سيناريوهات الاستقبال المحمول والمتنقل نحو الأجهزة المحمولة باليد وأجهزة المطبخ الراديوية والأجهزة المثبتة في المركبات. ويُفترض في جميع هذه السيناريوهات أن الاستقبال يتم على ارتفاع لا يقل عن 1,5 m فوق مستوى الأرض.

وترد في الجدول 1 أيضاً قيمة النسبة *C/N* المرتبطة بكل سيناريو من سيناريوهات الاستقبال. وحُددت قيم *C/N* لمجموعات DAB التي تهدف إلى تنفيذ القنوات الفرعية المحمية بنظام الحماية المتساوية من الأخطاء (EEP) من خلال إجراء مجموعة من القياسات استناداً إلى مستقبِلات +DAB التي تم اختيارها عشوائياً ومجموعتين مختلفتين من خصائص الاستقبال المتنقل والمحمول. ومجموعتا الخصائص الرايلية هما: حضري نمطي 12، TU 12 (السرعة 25 km/h، اثنا عشر قياساً)، ومنطقة ريفية 6، RA 6 (السرعة 120 km/h، ستة قياسات).

الجدول 1

أساليب الاستقبال وقيم النسبة *C/N* المرتبطة بها

	أسلوب الاستقبال	(dB) *C/N*	نموذج القناة
1	استقبال متنقل/حضري (MO)	12,6	RA 6
2	استقبال محمول خارج المباني/شبه حضري (PO)	11,9	TU 12
3	استقبال محمول داخل المباني/حضري (PI)	11,9	TU 12
4	استقبال محمول بواسطة جهاز محمول باليد خارج المباني/شبه حضري/هوائي خارجي (PO-H/Ext)	11,9	TU 12
5	استقبال محمول بواسطة جهاز محمول باليد داخل المباني/حضري/هوائي خارجي (PI-H/Ext)	11,9	TU 12
6	استقبال متنقل بواسطة جهاز محمول باليد/بيئة ريفية/هوائي خارجي (MO-H/Ext)	12,6	RA 6

3 كسب الهوائي

يلخص الجدول 2 كسوب الهوائي للمستقبِلات DAB في النطاق III لأساليب الاستقبال المدرجة في الفقرة 2:

- استقبال متنقل (سيارة) باستخدام هوائي مدمج منصوب خارج السيارة؛
- استقبال محمول باستخدام مستقبِل قائم بذاته (راديو على الطاولة أو في المطبخ) مدعم بهوائي مدمج (مطوي أو تلسكوبي)؛
- استقبال بواسطة جهاز محمول باليد باستخدام هوائي خارجي (مثلاً سماعات رأس سلكية أو هوائي تلسكوبي)؛
- استقبال بواسطة جهاز محمول باليد في مركبة متحركة باستخدام هوائي خارجي (مثلاً هوائي تلسكوبي أو سماعات رأس سلكية).

الجدول 2

كسوب الهوائي G_D

MHz 200		
أسلوب الاستقبال	نوع الهوائي	كسب الهوائي G_D
استقبال متنقل (سيارة) (MO)	هوائي مكيَّف	dBd 5– إلى dBd 10–
استقبال محمول (PO، PI)	مدمَج	dBd 8– إلى dBd 10–
استقبال محمول ومتنقل بواسطة جهاز محمول باليد (PO-H، PI-H، MO-H)	خارجي*	dBd 13–

(*) تلسكوبي أو باستعمال سماعات رأس سلكية

4 خسارة التغذية

عادةً ما تكون خسارة التغذية بسيطة في حالات الاستقبال التي تهم الإذاعة DAB. ويُقترح استخدام خسارة بمقدار 0 dB في حالات الاستقبال المحمول والاستقبال بواسطة جهاز محمول باليد والاستقبال المتنقل.

5 هامش الضوضاء الاصطناعية (MMN)

من الضروري أن يؤخذ في الاعتبار تأثير الضوضاء الاصطناعية (MMN) التي يستقبلها الهوائي على أداء النظام لأنها تؤثر على حساب القيم المستهدَفة لشدة مجال التغطية. ويقدم الجدول 3 قيم مختلف كسوب الهوائي وسيناريوهات الاستقبال النمطية.

الجدول 3

P_{mmn} بالوحدة dB كدالة لكسب الهوائي (f= 200 MHz ،F_r= 6 dB)

كسب الهوائي (dBd)	–5	–8	–13
بيئة ريفية	0,9	**0,5**	0,2
منطقة سكنية/شبه حضرية	2,5	**1,5**	0,5
منطقة حضرية داخل المباني	7,6	**5,3**	2,4

خلال السنوات الأخيرة، لوحظت زيادة في الضوضاء الاصطناعية ويمكن توقع زيادات أخرى مع دخول أجهزة إلكترونية جديدة ولا سيما أجهزة الإنارة LED. ونتيجة لهذه التغييرات المستمرة، أصبح من الضروري مراقبة مستويات الضوضاء الاصطناعية؛ وينبغي مواصلة الدراسات والقياسات المتعلقة بالضوضاء الاصطناعية.

6 الارتفاع اللازم للتنبؤ بالتغطية

يتراوح عامل تصحيح الخسارة الناجمة عن الارتفاع بين 10 m و1,5 m ويمكن أن يستمد مباشرة من الوثائق الختامة للاتفاق GE06، الفقرة 1.2.2.3 من الفصل 3 للملحق 2 (اعتبارات بشأن الخسارة الناجمة عن الارتفاع). ويرتبط هذا العامل بالتردد وبيئة الاستقبال.

ولأغراض التخطيط، يمكن حساب قيم الخسارة الناجمة عن الارتفاع باستخدام ارتفاعات الجلبة ذات الصلة للبلد أو المنطقة المعنية واستناداً إلى طريقة الاتحاد المبينة في التوصية ITU-R P.1546.

7 الخسارة الناجمة عن دخول المباني

يمكن أن يحدث الاستقبال المحمول داخل المباني وخارجها على السواء. وفيما يتعلق بالاستقبال داخل المباني، يمكن تخفيف شدة المجال بشكلٍ كبير حسب المواد وأسلوب البناء واتجاه المبنى. ومتوسط الخسارة الناجمة عن دخول المباني هي النسبة بين متوسط شدة المجال داخل مبنى معين وعلى ارتفاع معين فوق سطح الأرض ومتوسط شدة المجال خارج نفس المبنى وعلى نفس الارتفاع فوق سطح الأرض، ويعبَّر عنه بالديسيبل (dB).

ومؤخراً، أثيرت من جديد مسألة الخسارة الناجمة عن دخول المباني. وتتمثل إحدى النتائج الرئيسية التي توصلت إليها البحوث الأخيرة في ملاحظة ضرورة التمييز بشكل رئيسي بين المباني المجهزة بنوافذ معدنية وتجهيزات أخرى من أجل تحقيق الكفاءة الحرارية والمباني غير المجهزة بذلك. ويتلخص ذلك في القيم الواردة في الجدول 4.

الجدول 4

مثال لحساب متوسط الخسارة الناجمة عن دخول المباني
قيم المعاملَيْن *u* و*v* واردة في الجدول 1 من التوصية ITU-R P.2109

	مبنى تقليدي	مبنى يتسم بالكفاءة حرارياً
التردد f	GHz 0,2	GHz 0,2
معامل النموذج r	12,64	28,19
معامل النموذج s	3,72	3,00–
معامل النموذج t	0,96	8,48
الخسارة المتوسطة للمسيرات الأفقية $L_h = r + s \log(f) + t [\log(f)]^2$	10,5	34,4
تصحيح زاوية ارتفاع المسير عند واجهة المبنى $L_e = 0{,}212 \lvert\theta\rvert$ حيث θ هي زاوية الارتفاع	0 ~	0 ~
الخسارة المتوسطة الناجمة عن دخول المباني $L_h + L_e$	dB 10,5	dB 34,4
$\sigma_1 = u + v \log(f)$	dB 8,2	dB 10,8

8 الخسارة الناجمة عن دخول المركبات (سيارة)

تظهر دراسة[1] أن الخسارة الناجمة عن دخول السيارة تبلغ dB 8 مع انحراف معياري مصاحب بمقدار dB 2، استناداً إلى قياسات أجريت في التردد MHz 800. ونظراً لانعدام البحوث المتعلقة بالخسارة الناجمة عن دخول السيارة وتغيرها مع التردد، تُستخدم القيمة نفسها في النطاق III. وعلاوة على ذلك، يتوقع أن قيمة dB 8 لن تكون كافية لتقدير الخسارة الناجمة عن دخول القطارات.

9 النسب المئوية للمواقع

1.9 عامل تصحيح الموقع

للحصول على مستويات الإشارة من أجل التخطيط، أي شدة المجال الدنيا اللازمة لتوفير الاستقبال في نسبة مئوية عالية من المواقع، يتعين تطبيق عامل تصحيح الموقع C_l. وعند حساب عامل تصحيح الموقع، يُفترض توزيع لوغاريتمي طبيعي للإشارة المستقبَلة بدلالة الموقع.

ويمكن حساب عامل تصحيح الموقع C_l عن طريق المعادلة (1):

$$C_l = \mu \times \sigma \quad (1)$$

حيث:

σ: الانحراف المعياري لتوزيع شدة المجال

μ: عامل التوزيع الطبيعي.

وترد أدناه القيم المقابلة لبعض الحالات المستخدمة غالباً:

---

[1] خصائص قياسات الخسارة الناجمة عن ركوب المركبات في التردد MHz 800. *الندوة الثامنة والأربعون لمعهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات بشان تكنولوجيا المركبات، مايو 1998.*

الجدول 5

قيم عامل التوزيع الطبيعي المقابلة للقيم المستخدمة عادةً للنسب المئوية للمواقع

عامل التوزيع الطبيعي μ	النسب المئوية للمواقع
0,00	50
0,52	70
1,28	90
1,64	95
2,33	99

ويمكن الاطلاع على قيم μ المقابلة للنسب المئوية الأخرى للمواقع[2] في جدول التوزيع الطبيعي الوارد في التوصية ITU-R P.1546.

ويتعين تطبيق قيم مختلفة للعاملين μ وσ ، حسب أسلوب الاستقبال.

2.9 عوامل تصحيح الموقع لأساليب الاستقبال المختلفة

تعرَّف في الفقرة 2 أساليب الاستقبال المختلفة:

MO: استقبال متنقل معياري؛

PO: استقبال محمول معياري خارج المباني؛

PI: استقبال محمول معياري داخل المباني؛

PO-H/Ext: استقبال محمول بواسطة جهاز محمول باليد خارج المباني، باستخدام هوائي خارجي؛

PI-H/Ext: استقبال محمول بواسطة جهاز محمول باليد داخل المباني، باستخدام هوائي خارجي؛

MO-H/Ext: استقبال متنقل بواسطة جهاز محمول باليد، باستخدام هوائي خارجي.

في العديد من الحالات، لا يتأثر عامل تصحيح الموقع بتغير الموقع فحسب، بل أيضاً بالانحراف المعياري لخسارات إضافية من قبيل الخسارة الناجمة عن دخول المباني أو عن دخول المركبات. وفي هذه الحالة، يمكن حساب الانحراف المعياري الناتج باستخدام المعادلة التالية:

$$\sigma_{res} = \sqrt{(\sigma_{LV}^2 + \sigma_{OL}^2)} \quad (2)$$

القيم المستخدمة لمختلف أساليب الاستقبال مبينة في الجدول 6. وفيما يتعلق بالاستقبال داخل مبنى، تستند القيم إلى الخسارة الناجمة عن الدخول المقيسة في المباني التقليدية (انظر الفقرة 7).

[2] تقدم الدالة Excel = normsinv(x) حيث x = قيمة أكبر من 0 وأصغر من 1 قيماً للعامل μ.

الجدول 6

حسابات قيم تصحيح الموقع لأساليب الاستقبال المختلفة

أسلوب الاستقبال	جودة الخدمة	تغير الموقع σ_{LV} (dB)	تغير الخسارات الأخرى σ_{OL} (dB)	الانحراف المعياري المركّب للموقع σ_{res} (dB)	احتمال الموقع %	قيمة عامل التوزيع μ	عامل تصحيح الموقع [3](dB) C_i	تعليقات
MO. 1 (ريفي)	جيدة	4,0	0	4,0	99	2,33	9,32	
	مقبولة	4,0	0	4,0	90	1,28	5,12	
PO .2 (شبه حضري)	جيدة	4,0	0	4,0	95	1,64	6,56	
	مقبولة	4,0	0	4,0	70	0,52	2,08	
PI .3 (حضري)	جيدة	4,0	8,2	9.12	95	1,64	14,96	BEL
	مقبولة	4,0	8,2	9.12	70	0,52	4,74	BEL
PO-H/Ext .4 (شبه حضري)	جيدة	4,0	0	4.0	95	1,64	6,56	
	مقبولة	4,0	0	4.0	70	0,52	2,08	
PI-H/Ext .5 (حضري)	جيدة	4,0	8,2	9.12	95	1,64	14,96	BEL
	مقبولة	4,0	8,2	9.12	70	0,52	4,74	BEL
MO-H/Ext .6 (ريفي)	جيدة	4,0	2	4.47	99	2,33	10,42	VEL
	مقبولة	4,0	2	4.47	90	1,28	5,72	VEL

BEL = خسارة ناجمة عن دخول المباني VEL = خسارة ناجمة عن دخول المركبات

3.9 هامش تصحيح الموقع

عند تحديد شدة المجال القصوى المسموح بها لإشارة مسببة للتداخل، ينبغي أن يؤخذ في الحسبان تغير الموقع لكلٍّ من الإشارة المطلوبة والإشارة المسببة للتداخل. ويرتبط مستوى الحماية الذي يتم تحقيقه لإشارة مطلوبة معينة بالمقارنة مع إشارة معينة مسببة للتداخل بالفرق بين شدة المجال المطلوبة وشدة المجال المسببة للتداخل. ويعتبر هذا الفرق متغيراً إحصائياً يرتبط بما يلي:

– القيم المتوسطة للمجالين،

– الانحرافان المعياريان للموقع الخاصان بالمجالين.

ولهذا المتغير الإحصائي انحراف معياري يمكن حسابه على النحو التالي:

$$\sigma_{res} = \sqrt{(\sigma_{wanted})^2 - 2\rho \times \sigma_{wanted} \times \sigma_{interferer} + (\sigma_{interferer})^2} \quad (3)$$

ويُفترض أن الإشارة المطلوبة والإشارة المسببة للتداخل موزعتان توزيعاً لوغاريتمياً طبيعياً وغير مترابطتين، أي أن عامل الترابط ρ=0. وإذا كان لهما انحرافان معياريان مماثلان، فسيكون $\sigma_{wanted} = \sigma_{interferer}$ و $\rho = 0$، وبالتالي فإن:

$$\sigma_{res} = (\sigma_{wanted}) \times \sqrt{2} \quad (4)$$

[3] القيم الواردة في عمود عامل تصحيح الموقع لا تخضع لأي تقريب على النحو الممكن الحصول عليه باستخدام الأرقام الأساسية في هذا الجدول التي تظهر على أنها تحتوي على خانتين عشريتين فقط

ويُستخدم الانحراف المعياري المركّب الناتج للموقع لتحديد هامش تصحيح الموقع (LCM).

ويتم الحصول على قيمة LCM من خلال النسبة المئوية لتيسر شدة المجال المطلوبة، μ، والانحراف المعياري المركّب لتغير الموقع على النحو التالي:

$$\text{LCM} = \mu \times \sigma_{res} \tag{5}$$

ويمكن استنتاج القيمة القصوى لمتوسط شدة المجال المسببة للتداخل من المعادلة التالية:

$$E_I^{Max} = E_W^{Min} - \text{PR} - \text{LCM} \tag{6}$$

حيث E_I^{Max} هي القيمة القصوى لشدة المجال المسببة للتداخل، وE_W^{Min} هي القيمة الدنيا لمتوسط شدة المجال المطلوبة، وPR هي نسبة الحماية.

وتُحسب حالات التداخل عادةً من أجل شدة المجال الدنيا المحمية؛ ويتعلق الأمر غالباً بأسلوب الاستقبال المتنقل خارج المباني (MO). وتبلغ نسبة التيسر (النسبة المئوية للمواقع التي تغطيها الخدمة) لهذا الأسلوب من الاستقبال 99% وقيمة μ الناتجة عن ذلك هي 2,33، وبالتالي فإن $\text{LCM} = 2{,}33\sigma_{res}$. وإذا استُخدمت القيمة 4,0 dB للقيمة $\sigma_{wanted} = \sigma_{interferer}$ فإن قيمة σ_{res} الناتجة عن ذلك هي 5,66 dB وقيمة LCM هي 13,19 dB.

10 خصائص المستقبِل

1.10 عامل ضوضاء المستقبِل

يُقترح أن يُستخدم من أجل التخطيط عامل ضوضاء يساوي 6 dB.

2.10 المستويات الدنيا لإشارة دخل المستقبِل

لتوضيح كيف تؤثر النسبة *C/N* على المستوى الأدنى لإشارة دخل المستقبِل، جرى حساب هذا المستوى لقيمة نموذجية للنسبة *C/N*، بما في ذلك هامش التنفيذ. وفيما يخص القيم الأخرى، يمكن إجراء استكمال داخلي خطي بسيط.

وتم اختيار القيمة 6 dB كعامل لضوضاء المستقبل (انظر الفقرة 1.10). ويعيَّن عامل الضوضاء لجميع الترددات داخل النطاق III وبالتالي فإن المستوى الأدنى لإشارة دخل المستقبِل مستقل عن تردد المرسِل. وإذا استُخدمت عوامل ضوضاء أخرى في الممارسة العملية، فإن المستوى الأدنى لإشارة دخل المستقبِل سيتغير بنفس النسبة طبقاً لذلك.

والمستويات الدنيا لإشارة دخل المستقبِل المحسوبة هنا تُستخدم في الفقرة 1.11 لاستخلاص الحد الأدنى لقيم كثافة تدفق القدرة وما يقابلها من قيم دنيا لمتوسط شدة المجال المكافئة بالنسبة لأساليب الاستقبال المختلفة.

التعاريف:

B: عرض نطاق ضوضاء المستقبِل (Hz)

C/N: نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء، التي يقتضيها النظام (dB)

F_r: عامل ضوضاء المستقبِل (dB)

P_n: قدرة ضوضاء دخل المستقبِل (dBW)

$P_{s\,min}$: القدرة الدنيا لإشارة دخل المستقبِل (dBW)

$U_{s\,min}$: الجهد الأدنى المكافئ لدخل المستقبِل في Z_i (dBμV)

Z_i: معاوقة دخل المستقبِل (75Ω).

الثوابت:

k: ثابت بولتزمان = $1{,}38 \times 10^{-23}$ Ws/K

T_0: درجة الحرارة المطلقة = 290 K.

المعادلات المستخدمة:

$$P_n \text{ (in dBW)} = F_r + 10 \log (k \times T_0 \times B)$$

$$P_{s\,min} \text{ (in dBW)} = P_n + C/N$$

$$U_{s\,min} \text{ (in dB}\mu\text{V)} = P_{s\,min} + 120 + 10 \log (Z_i).$$

الجدول 7

المستويات الدنيا المطلوبة لإشارة الدخل لمختلف قيم النسبة *C/N*

النطاق III – قنوات بتردد 7 MHz			
نموذج القناة		**TU 12**	**RA 6**
عرض نطاق الضوضاء المكافئ	(Hz) B	$1{,}536 \times 10^6$	$1{,}536 \times 10^6$
عامل ضوضاء المستقبِل	(dB) F_r	6	6
قدرة ضوضاء دخل المستقبِل المقابلة	(dBW) P_n	136,10–	136,10–
نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء	(dB) C/N	11,9	12,6
القدرة الدنيا لإشارة دخل المستقبِل	(dBW) $P_{s\,min}$	124,20–	123,50–
الجهد الأدنى المكافئ لدخل المستقبِل، 75 ohm	(dBµV) $U_{s\,min}$	14,55	15,25

11 حساب مستويات الإشارة ونسبة الحماية

1.11 مستويات الحماية من أجل التخطيط

ترد في الفقرة 2.10 المستويات الدنيا للإشارة اللازمة للتغلب على الضوضاء بوصفها القدرة الدنيا لدخل المستقبِل والجهد الأدنى المقابل لها لدخل المستقبِل المكافئ. ولا تؤخذ في الاعتبار أي تأثيرات للانتشار. ومع ذلك، لا بد أن تراعى هذه التأثيرات لدى النظر في الاستقبال في بيئة عملية.

وعند تحديد التغطية، يشار إلى أنه نظراً لشدة سرعة الانتقال من الاستقبال شبه الكامل إلى الاستقبال المنعدم تماماً، لذا فإن من الضروري الوصول إلى المستوى الأدنى اللازم للإشارة في نسبة مئوية عالية من المواقع. وتحدَّد أن تبلغ هذه النسبة المئوية 95% ليكون الاستقبال المحمول "جيداً" و70% ليكون "مقبولاً". وفيما يتعلق بالاستقبال المتنقل، كانت النسب المئوية المحددة هي 99% و90% على التوالي.

وتعرض الفقرة 1.11 القيم الدنيا لمتوسط كثافة تدفق القدرة وقيم شدة المجال المكافئة اللازمة للنظر في التخطيط العملي.

ولحساب الحد الأدنى لمتوسط كثافة تدفق القدرة (pfd) أو شدة المجال المكافئة اللازمة لضمان إمكانية تحقيق القيم الدنيا لمستوى الإشارة عند النسبة المئوية المطلوبة من المواقع، تُستخدم المعادلات التالية:

$\varphi_{min} = L_f + A_a - P_{s\,min}$

$E_{min} = 145{,}8 + \varphi_{min} = (\pi 120)\ {}_{10}\log 10 + 120 + \varphi_{min}$

$\varphi_{med} = C_l + P_{mmn} + \varphi_{min}$ (فيما يتعلق بالاستقبال المحمول خارج المباني، والاستقبال المتنقل، والاستقبال المحمول بواسطة جهاز محمول باليد خارج المباني، والاستقبال المتنقل بواسطة جهاز محمول)

$\varphi_{med} = L_b + C_l + P_{mmn} + \varphi_{min}$ (فيما يتعلق بالاستقبال المحمول داخل المباني، والاستقبال المحمول بواسطة جهاز محمول باليد داخل المباني)

$\varphi_{med} = L_v + C_l + P_{mmn} + \varphi_{min}$ (فيما يتعلق بالاستقبال المتنقل بواسطة جهاز محمول باليد)

$E_{med} = 145{,}8 + \varphi_{med} = (\pi 120)\ {}_{10}\log 10 + 120 + \varphi_{med}$

حيث:

C/N: نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء، التي يقتضيها النظام (dB)

φ_{min}: الحد الأدنى لكثافة تدفق القدرة في موقع الاستقبال (dBW/m^2)

E_{min}: شدة المجال الدنيا المكافئة في موقع الاستقبال (dBµV/m)

L_f: خسارة التغذية (dB)

L_b: الخسارة الناجمة عن دخول المباني (dB)

L_v: الخسارة الناجمة عن دخول المركبات (dB)

P_{mmn}: هامش الضوضاء الاصطناعية (dB)

C_l: عامل تصحيح الموقع (dB)

φ_{med}: الحد الأدنى لمتوسط كثافة تدفق القدرة، قيمة التخطيط (dBW/m^2)

E_{med}: الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال المكافئة، قيمة التخطيط (dBµV/m)

A_a: الفتحة الفعالة للهوائي (dBm^2) $[A_a = G_{iso} + 10\log_{10}(\lambda^2/4\pi)] \times G_{iso}$ وهي كسب الهوائي نسبةً إلى هوائي متناحٍ

$P_{s\,min}$: القدرة الدنيا لدخل المستقبِل (dBW).

ولحسات عامل تصحيح الموقع C_l، يُفترض توزيع لوغاريتمي طبيعي للإشارة المستقبَلة.

$$C_l = \mu \times \sigma$$

حيث:

μ: عامل التوزيع. انظر الفقرة 1.9

σ: انحراف معياري محدد بقيمة 4,0 dB للاستقبال خارج المباني. انظر الفقرة 2.9 للاطلاع على قيم σ المناسبة للاستقبال داخل المباني.

ولئن كانت المسائل التي تم تناولها في هذا القسم قابلة للتطبيق بشكلٍ عام، فإن الحاجة تدعو إلى اعتبارات خاصة إضافية في حالة الشبكات وحيدة التردد (SFN) حيث يوجد أكثر من مساهمة واحدة للإشارة المطلوبة.

1.1.11 أمثلة عن مستويات الإشارة من أجل التخطيط

يقدم هذا القسم تفاصيل حساب الحالات المدرجة في الجدول 1.

وفي الجدول 8، يبلغ ارتفاع الاستقبال 1,5 m فوق مستوى الأرض بالنسبة إلى جميع أساليب الاستقبال. وتُجرى الحسابات من أجل تردد واحد يمثل النطاق III (200 MHz) وعرض نطاق يبلغ 1,7 MHz.

الجدول 8
+DAB في النطاق III

				1. (MO) متنقل/ريفي	2. (PO) محمول داخل المباني/شبه حضري	3. (PI) محمول داخل المباني/حضري	4. (PO-H/Ext) محمول بواسطة جهاز محمول اليد خارج المباني/شبه حضري/هوائي خارجي	5. (PI-H/Ext) محمول بواسطة جهاز محمول اليد داخل المباني/ حضري/هوائي خارجي	6. (MO-H/Ext) متنقل بواسطة جهاز محمول اليد/ريفي/هوائي خارجي
التردد	Freq	MHz		200	200	200	200	200	200
قيم النسبة *C/N* الدنيا التي يقتضيها النظام	*C/N*	dB		12,6	11,9	11,9	11,9	11,9	12,6
عامل ضوضاء المستقبِل	F_r	dB		6	6	6	6	6	6
عرض نطاق الضوضاء المكافئ	B	MHz		1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
قدرة دخل ضوضاء المستقبِل	P_n	dBW		136,10-	136,10-	136,10-	136,10-	136,10-	136,10-
القدرة الدنيا لدخل إشارة المستقبِل	$P_{s\ min}$	dBW		123,50-	124,20-	124,20-	124,20-	124,20-	123,50-
الحد الأدنى لجهد دخل المستقبِل المكافئ، 75 Ω	U_{min}	dBµV		15,25	14,55	14,55	14,55	14,55	15,25
خسارة التغذية	L_f	dB		0	0	0	0	0	0
كسب الهوائي نسبة إلى نصف ثنائي الأقطاب	G_d	dB		5-	8-	8-	13-	13-	13-
الفتحة الفعالة للهوائي	A_a	dBm^2		10,32-	13,32-	13,32-	18,32-	18,32-	18,32-
كثافة تدفق القدرة الدنيا عند موقع الاستقبال	F_{min}	$dB(W)/m^2$		113,18-	110,88-	110,88-	105,88-	105,88-	105,18-
شدة المجال الدنيا المكافئة عند موقع الاستقبال	E_{min}	dBµV/m		32,62	34,92	34,92	39,92	39,92	40,62
هامش الضوضاء الاصطناعية	P_{mmn}	dB		0,90	1,50	5,30	0,50	2,40	0,20
الخسارة الناجمة عن الدخول (إلى مبنى أو مركبة)	L_b, L_v	dB		0	0	10,50	0	10,50	8
الانحراف المعياري للخسارة الناجمة عن الدخول		dB		0	0	8,20	0	8,20	2
احتمال الموقع		%		90	70	70	70	70	90
عامل الانتشار				1,28	0,52	0,52	0,52	0,52	1,28
الانحراف المعياري4				4	4	9,12	4	9,12	4,47
عامل تصحيح الموقع	C_l	dB		5,12	2,08	4,74	2,08	4,74	5,72
الحد الأدنى لمتوسط كثافة تدفق القدرة عند ارتفاع m1,5 فوق مستوى الأرض؛ 50% من الوقت و50% من المواقع (بالنسبة لاحتمال للموقع يبلغ 90 أو 70% على النحو المبين)	Φ_{med}	$dB(W)/m^2$		107,16-	107,30-	90,34-	103,30-	88,24-	91,26-
الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال عند ارتفاع m1,5 فوق مستوى الأرض؛ 50% من الوقت و50% من المواقع (بالنسبة لاحتمال للموقع يبلغ 90 أو 70% على النحو المبين)	E_{med}	dBµV/m		**38,64**	**38,50**	**55,46**	**42,50**	**57,56**	**54,54**

4 تستعمل القيم المحسوبة لمتوسط شدة المجال الدنيا قيمة للانحراف المعياري تبلغ 4 dB باعتبارها قيمة تمثيلية. ومع ذلك، عند إجراء تنبؤات بشأن شدة المجال من أجل بيكسل معين، يُقترح إضافة خطأ التنبؤ، وبالتالي استعمال قيمة للانحراف المعياري تبلغ 5,5 dB (انظر الفقرة 2.9).

الجدول 8
DAB+ في النطاق III

				1. (MO) متنقل/ريفي	2. (PO) محمول داخل المباني/شبه حضري	3. (PI) محمول داخل المباني/حضري	4. (PO-H/Ext) محمول بواسطة جهاز محمول اليد خارج المباني/شبه حضري/هوائي خارجي	5. (PI-H/Ext) محمول بواسطة جهاز محمول اليد داخل المباني/ حضري/هوائي خارجي	6. (MO-H/Ext) متنقل بواسطة جهاز محمول اليد/ريفي/هوائي خارجي
احتمال الموقع		%		99	95	95	95	95	99
عامل الانتشار				2,33	1,64	1,64	1,64	1,64	2,33
الانحراف المعياري				4	4	9,12	4,00	9,12	4,47
عامل تصحيح الموقع	C_l	dB		9,32	6,56	14,96	6,56	14,96	10,42
الحد الأدنى لمتوسط كثافة تدفق القدرة عند ارتفاع m1,5 فوق مستوى الأرض؛ 50% من الوقت و50% من المواقع (بالنسبة لاحتمال للموقع يبلغ 99 أو 95% على النحو المبين)	Φ_{med}	$dB(W)/m^2$		102,96-	102,82-	80,12-	98,82-	78,02-	86,57-
الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال عند ارتفاع m1,5 فوق مستوى الأرض؛ 50% من الوقت و50% من المواقع (بالنسبة لاحتمال للموقع يبلغ 99 أو 95% على النحو المبين)	E_{med}	dBµV/m		**42,84**	**42,98**	**65,68**	**46,98**	**67,78**	**59,23**

2.11 نِسب الحماية

1.2.11 النظام DAB مقابل النظام DAB

1.1.2.11 نِسب الحماية في نفس القناة

تُستخدم نسبة الحماية (PR) من التداخل في نفس القناة (CCI) لتخطيط خدمات الإذاعة DAB على نفس فدرة أو تردد القناة. وتتراوح نسبة الحماية المطلوبة بين 10 و14 dB مع متوسط يساوي 12 dB.

2.1.2.11 الحماية في القناة المجاورة

تكتسي نِسب الحماية في القناة المجاورة أهمية كبيرة لأنها ستؤثر بشكل كبير على تصميم شبكة الإذاعة DAB، خاصةً عند إضافة خدمات أخرى غير متشاركة في الموقع على تردد مجاور. وينطوي إدخال مرسِل جديد في الشبكة على إمكانية التسبب في تداخل ليس فقط على مستوى الاستخدام في نفس القناة في أماكن أخرى، وإنما أيضاً على مستوى التداخل في القناة المجاورة (ACI) في محيطه القريب.

وفي حالة استخدام قناع الطيف الحرج، ينبغي أن تستند نسب الحماية في القناة المجاورة من أجل التخطيط إلى القيم الواردة في الجدول 9.

الجدول 9

نسب الحماية المقترحة في القناة المجاورة (إلى جانب القناع الحرج)

فدرة DAB المسببة للتداخل	نسبة الحماية (dB)
1 ± N	40-
2 ± N	45-
3 ± N	45-

2.2.11 النظام DAB مقابل الأنظمة الأخرى الإذاعية وغير الإذاعية

1.2.2.11 ملاحظات عامة

يرد في العديد من وثائق قطاع الاتصالات الراديوية وصف مستفيض لنسب حماية النظام DAB مقابل الأنظمة الأخرى الإذاعية وغير الإذاعية. وفيما يتعلق بأوروبا، يمثل النظام DVB-T2 استثناءً هاماً لأن نظام جديد نسبياً والقياسات التي أجريت بشأنه منعدمة أو قليلة جداً.

والوضع مختلف فيما يتعلق بالنظام DAB+. وبصرف النظر عن القياسات داخل النظام (DAB+ مقابل DAB+)، تكاد لا تتوفر أي أرقام لنسب حماية النظام DAB+ مقابل الأنظمة الأخرى الإذاعية وغير الإذاعية.

ومع ذلك فإن هذا ليس وضعاً بالغ الحرج لأن من الممكن في معظم الحالات القيام باستكمال من النظام DAB إلى النظام DAB+ واستكمال من النظام DVB-T إلى النظام DVB-T2. وتتلخص المبادئ الأساسية لهذين الاستكمالين فيما يلي:

أ) جميع الحالات التي يسبب فيها النظام DAB+ تداخلاً على الأنظمة الأخرى الإذاعية أو غير الإذاعية يمكن معالجتها بنفس الطريقة التي يعالج بها النظام DAB، لأن النظامين DAB و+DAB يتميزان بنفس خصائص التردد الراديوي، أي مصادر التداخل OFDM، بنفس عرض النطاق ونفس هيكل الموجة الحاملة، إلخ.

ب) في حالة تعرض النظام DVB-T2 لتداخل ناجم عن النظام DAB/DAB، يُقترح استخدام نسب الحماية لأسلوب مقابل للنظام DVB-T (مخطط التشكيل + معدل الشفرة)؛ وفي هذه الحالة، يُقصد من مصطلح "مقابل" أن النظامين لهما نفس قيمة النسبة *C/N* (أو قيمة مماثلة).

ج) في حالة تعرض النظام +DAB لتداخل ناجم عن النظام DVB-T2/DVB-T، يُقترح استخدام النسبة *C/N* للنظام +DAB مقابل النظام +DAB بقيمة –6 dBلأن نسبة عروض النطاق بين النظامين +DAB وDVB-T/T2 هي 1/4.

وينبغي معالجة قنوات +DAB وDVB-T/T2 غير المتراكبة تماماً بالاستناد إلى الجدول 3.3.A–14/13 من الاتفاق GE06.

د) في حالة تعرض النظام +DAB لتداخل ناجم عن خدمات أخرى، يُقترح اتباع الإجراء التالي:

نسبة حماية النظام DAB مقابل الخدمة الأخرى (OS) هي: $PR_{DAB\text{-}OS}$، والنسبة *C/N* للنظام DAB هي: C/N_{DAB}

ويمكن استخلاص هاتين القيمتين من الاتفاق GE06؛ وعادةً ما يتم اختيار "مستوى الحماية 3" لأسلوب النظام DAB.

ويتم تحديد المقدار $\Delta_{OS} = C/N_{DAB} - PR_{DAB\text{-}OS}$.

ويُفترض أن Δ_{OS} يمثل جميع مستويات الحماية، حتى المتعلقة منها بالنظام +DAB.

وبالتالي، تُحسب نسبة الحماية للنظام +DAB الذي يتعرض لتداخل ناجم عن الخدمة الأخرى من خلال المعادلة التالية:

$$PR_{DAB+\text{-}OS} = C/N_{DAB+} - \Delta_{OS}$$

وهذا الإجراء نهج عملي ولكن نوعي، بالنظر إلى انعدام نتائج القياس. ويمكن استبداله في المستقبل عندما تصبح نتائج قياسات النظام +DAB متوفرة.

2.2.2.11 النظام DAB مقابل النظام DVB-T/T2

ترد نِسب الحماية للنظام DAB مقابل النظام DVB-T في التذييل 3.3 للملحق 2 للاتفاق GE06، الجداول من 3.3.A–13 إلى 3.3.A–22.

ويمكن استخلاص نِسب الحماية للنظام DAB مقابل النظام DVB-T2 والنظام +DAB مقابل النظام DVB-T/T2 من خلال تطبيق الإجراء الوارد وصفه في الفقرة 1.2.11.

3.2.2.11 النظام DAB مقابل الخدمات الأخرى

ترد نِسب الحماية للنظام DAB مقابل الخدمات الأخرى في التذييل 3.4 للملحق 2 للاتفاق GE06، الجداول من 3.4.A–2 إلى 3.4.A–5.

ويمكن استخلاص نِسب الحماية للنظام +DAB مقابل الخدمات الأخرى من خلال تطبيق الإجراء الوارد وصفه في الفقرة 1.2.2.11.

12 البث غير المطلوب

1.12 أقنعة الطيف من أجل البث خارج النطاق للنظام T-DAB

خارج طيف تعدد الإرسال التعامدي المشفَّر بتقسيم التردد (COFDM) بعرض MHz 1,5، تتضمن الإشارة نطاقات جانبية طبيعية تخضع، مقارنةً بالإشارة الرئيسية، لتوهين بحوالي 40-50 dB. وعلى الرغم من استخدام درجة عالية من الخطية، فإن مضخمات القدرة الشائعة الاستخدام تصدر منتجات تشكيل بيني تزيد من مستوى النطاقات الجانبية لتصل في بعض الحالات إلى 30 dB فقط دون مستوى الإشارة الرئيسية. وهذه النطاقات الجانبية غير مطلوبة وتُعتبر إشارات هامشية وينبغي إزالتها قدر الإمكان لكي يتسنى استخدام الطيف الترددي على النحو الأمثل. وهذا التوهين (المسمى أيضاً التوهين عند الحواف) مهم لأنه يسمح باستخدام الفدرات المجاورة لترددات الإذاعة DAB في مناطق الخدمة المجاورة.

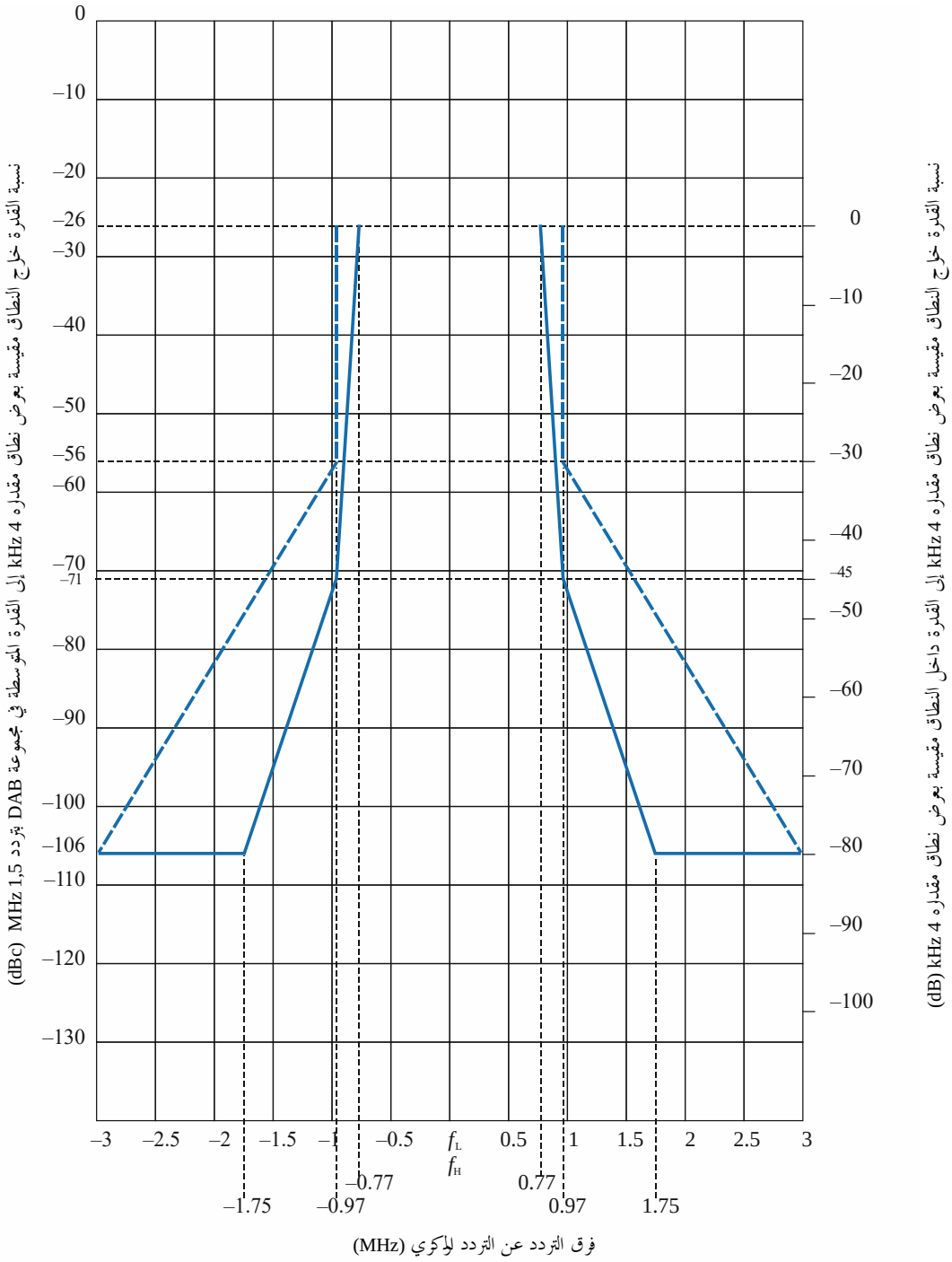
ويقاس طيف الإشارة DAB في عرض نطاق قدره 4 kHz. وداخل الفدرة البالغ عرضها MHz 1,5، ينخفض مستوى القدرة إذاً بمقدار dB 26– = dB (10 × log10(4 / 1536)) بالنسبة إلى القدرة الإجمالية للإشارة. ويعبَّر عن التوهين (عند الحواف) للنطاقات الجانبية (الإشارات خارج النطاق) بالديسيبل (dB) بالنسبة إلى هذه القيمة.

ويجب أن يتقيد طيف الإشارة المشعة خارج النطاق في أي نطاق مقداره 4 kHz بأحد الأقنعة الواردة في الشكل 1 والجدول 10. وينطبق قناع الخط المتواصل على مرسِلات الإذاعة DAB في المناطق الحرجة في حالة التداخل في القناة المجاورة. وينطبق قناع الخط المنقط على مرسِلات الإذاعة DAB في الظروف الأخرى من أجل إزالة التداخل في القناة المجاورة.

ملاحظة – يزداد التوهين مع زيادة فرق التردد. ومع ذلك فإن من الصعب قياس قيم التوهين العالية هذه. وتيسيراً للقياسات، قد تدعو الضرورة إلى استخدام مراشيح لمنع النطاقات (في نطاق الاستغاثة البالغ 243 MHz مثلاً).

الشكل 1

أقنعة الطيف من أجل الإشعاع خارج النطاق للنظام DAB



الجدول 10

نقاط الانقطاع لأقنعة الطيف الواردة في الشكل 1

التردد منسوباً إلى التردد المركزي للمجموعة (MHz)	الحالة 1 (الحالات الحرجة) المستوى النسبي (dB)	الحالة 2 (الحالات غير الحرجة) المستوى النسبي (dB)
±0,77	–26	–26
±0,97	–71	–56
±1,75	–106	لا ينطبق
±3,00	–106	–106

بيبليوغرافيا

مواصفة المعيار ETSI EN 300 401 – أنظمة الإذاعة الراديوية؛ الإذاعة السمعية الرقمية (DAB) الموجهة إلى المستقبِلات المتنقلة والمحمولة والثابتة.

الملحق 2

الأساس التقني لتخطيط النظام F للإذاعة الصوتية الرقمية للأرض (ISDB-T_{SB}) العاملة في النطاق VHF

1 اعتبارات عامة

يصف هذا الملحق معايير تخطيط النظام الإذاعي الرقمي F (ISDB-T_{SB}) العامل في النطاق VHF. فهذا النظام F يمكن تخصيصه لشبكة مسح القنوات التلفزيونية المشتغلة بالترددات التالية 6 MHz أو 7 MHz أو 8 MHz. وبما أن عرض نطاق القطعة مُعرَّف بأنه جزء من 14 من عرض نطاق القناة، فهذه الترددات تساوي على التوالي: 429 kHz (6/14 MHz) أو 500 kHz (7/14 MHz) أو 571 kHz (8/14 MHz). إلا أن عرض نطاق القطعة ينبغي اختياره بصورة منسجمة مع ظروف الترددات في كل بلد.

2 أقنعة الطيف من أجل عمليات البث خارج النطاق

ينبغي أن يكون طيف الإشارة المشِعَّة مقيَّداً بقناع الطيف. ويحدد الجدول 11 نقاط الانقطاع في قناع الطيف بالنسبة لإرسال قِطَعه *نونية* العدد، في نظام قطع الترددات 6/14 MHz و7/14 MHz و8/14 MHz. ويُعرَّف قناع الطيف بأنه القيمة النسبية إلى متوسط قدرة كل تردد. ويبيّن الشكل 2 قناع الطيف بخصوص إرسال ثلاثي القطع في نظام قطع الـ 6/14 MHz.

الجدول 11

نقاط الانقطاع في قناع الطيف

(عرض نطاق القطعة (BW) = 6/14 أو 7/14 أو 8/14 MHz)

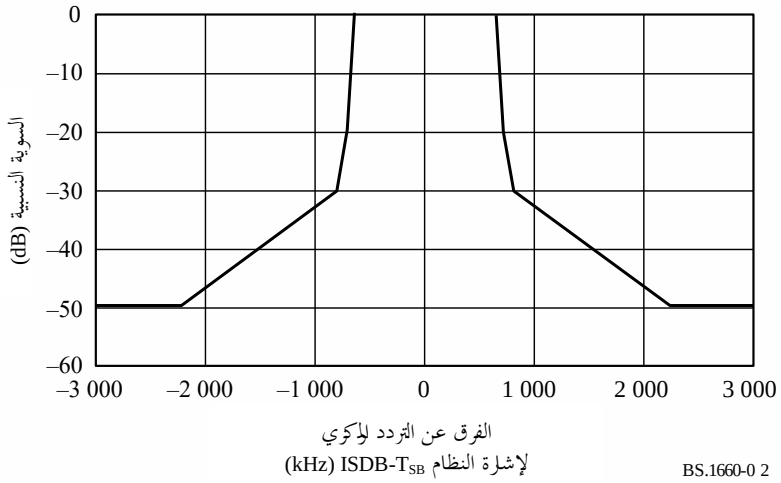
السوية النسبية (dB)	الفرق عن التردد المركزي للإشارة الصوتية الرقمية للأرض
0	$\pm\left(\frac{BW\times n}{2}+\frac{BW}{216}\right)$ MHz
20–	$\pm\left(\frac{BW\times n}{2}+\frac{BW}{216}+\frac{BW}{6}\right)$ MHz
30–	$\pm\left(\frac{BW\times n}{2}+\frac{BW}{216}+\frac{BW}{3}\right)$ MHz
50–	$\pm\left(\frac{BW\times n}{2}+\frac{BW}{216}+\frac{11\times BW}{3}\right)$ MHz

n: عدد القطع المتتابعة.

الشكل 2

أقنعة الطيف من أجل إرسال الإشارة في النظام $ISDB\text{-}T_{SB}$

(3 = n ،MHz 6/14 = BW)



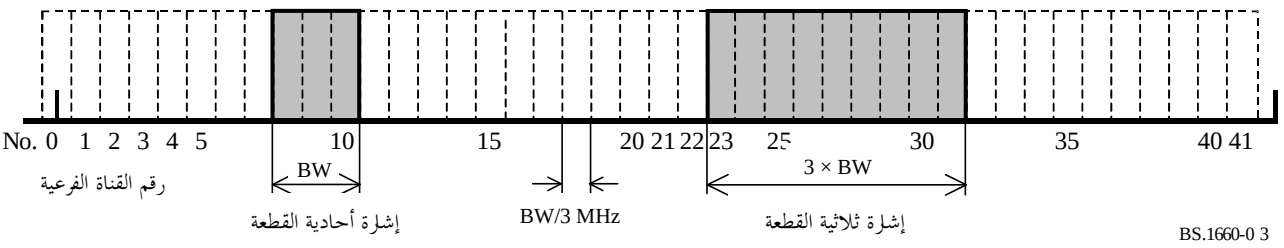
3 ظروف الترددات

1.3 تعريف القناة الفرعية

حرصاً على الدلالة على موقع تردد إشارة $ISDB\text{-}T_{SB}$، تُرقَّم كل قطعة برقم من 0 إلى 41. وتُعرَّف القناة الفرعية بأنها ثلث عرض النطاق (BW) (انظر الشكل 3). وعلى سبيل المثال، تُعرَّف مواقع ترددات الإشارة الأحادية القطعة والإشارة الثلاثية القطع، كما هو مبيَّن في الشكل 3، بأنها على التوالي القناة الفرعية التاسعة والقناة الفرعية السابعة والعشرون من قناة تلفزة تماثلية.

الشكل 3

تعريف القناة الفرعية

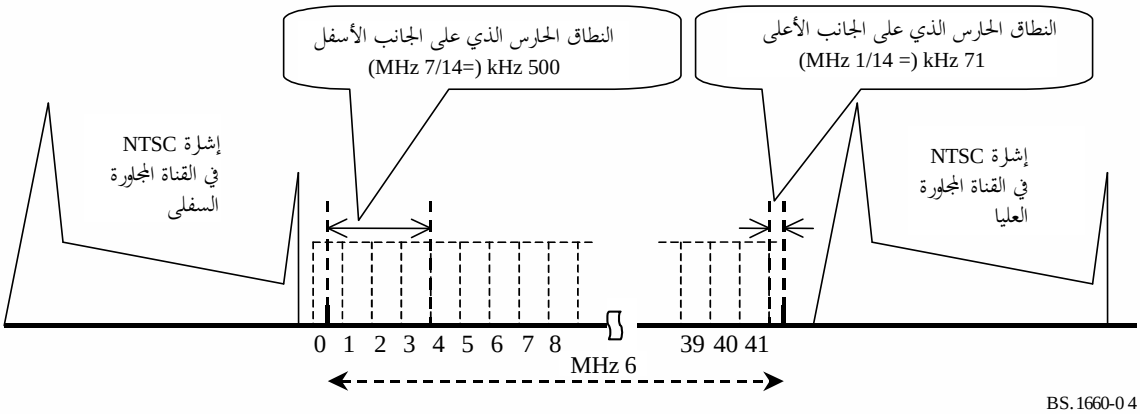


3.2 النطاقان الحارسان

انطلاقاً من نتائج التقييم الشخصي للتداخل الذي تسببه الخدمة ISDB-T_{SB} في التلفزيون التماثلي (NTSC)، يجري تحديد النطاقين الحارسين على جانبي إشارة NTSC. والنطاقان الحارسان، كما يبيّن الشكل 4، هما 500 kHz (= 7/14 MHz) على الجانب الأسفل داخل القناة، و71 kHz (=1/14 MHz) على الجانب الأعلى. ووفقاً لذلك، تكون القنوات الفرعية الممكن استعمالها للإذاعة الصوتية الرقمية هي المرقمة من 4 إلى 41. وعليه فإن أقصى عدد من القطع يمكن توزيعه داخل قناة تلفزيونية ترددها 6 MHz هو 12 قطعة عدا النطاقين الحارسين.

الشكل 4

النطاقان الحارسان المتواجدان مع إشارة تلفزيون تماثلي



4 شدة المجال الدنيا الممكن استعمالها

يعرض الجدول 12 موازنات الوصلة في حالات الاستقبال الثلاث: مستقبِل ثابت، ومستقبل محمول، ومستقبل متنقل على الترددين 100 MHz و200 MHz. وشدة المجال المطلوبة في حالة قناة فرعية أحادية القطعة، وفي حالة قناة فرعية ثلاثية القطع، يرد بيانها على التوالي في الصف 22 والصف 24 من الجدول المذكور. والقيم المثبتة في الجدول هي لحالة نظام قطعة ترددها 6/14 MHz ويمكن تحويلها في حالة نظام قطعة 7/14 MHz أو نظام قطعة 8/14 MHz، تبعاً لعرض النطاق.

الجدول 12

موازنات الوصلة في الخدمة ISDB-T_{SB}

(أ) التردد 100 MHz

	العنصر	مستقبِل متنقل			مستقبِل محمول			مستقبِل ثابت		
	التردد (MHz)	100			100			100		
	نمط التشكيل	QPSK	QPSK	16-QAM	QPSK	QPSK	16-QAM	QPSK	QPSK	16-QAM
	معدل تشفير الشفرة الداخلية	1/2	2/3	1/2	1/2	2/3	1/2	1/2	2/3	1/2
1	نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء المطلوبة (C/N) (QEF شبه خالية من الخطأ بعد تصحيح الخطأ) (dB)	4,9	6,6	11,5	4,9	6,6	11,5	4,9	6,6	11,5
2	الانحطاط الملازم للتنفيذ (dB)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	هامش التداخل (dB)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	هامش تعدد المسيرات (dB)	–	–	1	1	1	1	1	1	1
5	هامش الحماية من الخبو (تصحيح التراوح المؤقت) (dB)	9,4	9,4	8,1	–	–	–	–	–	–
6	نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء، المطلوب توفرها في المستقبِل (dB)	18,3	20	23,6	9,9	11,6	16,5	9,9	11,6	16,5
7	سوية الضوضاء في المستقبِل (dB)	5	5	5	5	5	5	5	5	5
8	عرض نطاق الضوضاء (قناة فرعية أحادية القطعة) B (kHz)	429	429	429	429	429	429	429	429	429
9	قدرة الضوضاء الملازمة للمستقبِل N_r (dBm)	112,7–	112,7–	112,7–	112,7–	112,7–	112,7–	112,7–	112,7–	112,7–
10	قدرة الضوضاء الخارجية في مطراف دخل المستقبِل N_0 (dBm)	98,1–	98,1–	98,1–	98,1–	98,1–	98,1–	99,1–	99,1–	99,1–
11	قدرة ضوضاء المستقبل الكلية N_t (dBm)	98,0–	98,0–	98,0–	98,0–	98,0–	98,0–	98,9–	98,9–	98,9–
12	خسارة التغذية، L (dB)	1	1	1	1	1	1	2	2	2
13	قدرة دخل المستقبِل الدنيا الممكن استعمالها (dBm)	79,7–	78,0–	74,4–	88,1–	86,4–	81,5–	89,0–	87,3–	82,4–
14	كسب هوائي المستقبل G_r (dBi)	0,85–	0,85–	0,85–	0,85–	0,85–	0,85–	0,85–	0,85–	0,85–
15	الفتحة الفعالة للهوائي (dB/m^2)	2,3–	2,3–	2,3–	2,3–	2,3–	2,3–	2,3–	2,3–	2,3–
16	شدة المجال الدنيا الممكن استعمالها، E_{min} (dB(μV/m))	39,4	41,1	44,7	31,0	32,7	37,6	31,1	32,8	37,7
17	تصحيح المعدل الزمني (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	4,3	4,3
18	تصحيح المعدل المكاني (dB)	12,8	12,8	12,8	2,9	2,9	2,9	–	–	–
19	قيمة الخسارة في اختراق جدار (dB)	–	–	–	10,1	10,1	10,1	–	–	–
20	شدة المجال المطلوبة (قناة فرعية أحادية القطعة) في الهوائي، E (dB(μV/m))	52,2	53,9	57,5	44,0	45,7	50,6	35,4	37,1	42,0
	الارتفاع المفترض للهوائي h_2 (m)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	4,0	4,0	4,0
21	تصحيح الارتفاع إلى 10 m (dB)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	7,0	7,0	7,0

الجدول 12 (*تابع*)

	العنصر	مستقبِل متنقل			مستقبِل محمول			مستقبِل ثابت		
22	شدة المجال المطلوبة (قناة فرعية أحادية القطعة (h_2 = 10 m)، E (dB(μV/m))	62,2	63,9	67,5	54,0	55,7	60,6	42,4	44,1	49,0
23	التحويل من أحادية القطعة إلى ثلاثية القطع (dB)	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
24	شدة المجال المطلوبة (قناة فرعية ثلاثية القطع (h_2 = 10 m)، E (dB(μV/m))	67,0	68,7	72,3	58,8	60,5	65,4	47,2	48,9	53,8

(ب) التردد 200 MHz

	العنصر	مستقبِل متنقل			مستقبِل محمول			مستقبِل ثابت		
	التردد (MHz)	200			200			200		
	نمط التشكيل	DQPSK	16-QAM	64-QAM	DQPSK	16-QAM	64-QAM	DQPSK	16-QAM	64-QAM
	معدل تشفير الشفرة الداخلية	1/2	1/2	7/8	1/2	1/2	7/8	1/2	1/2	7/8
1	نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء المطلوبة (C/N) (QEF شبه خالية من الخطأ بعد تصحيح الخطأ) (dB)	6,2	11,5	22,0	6,2	11,5	22,0	6,2	11,5	22,0
2	الانحطاط الملازم للتنفيذ (dB)	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	3,0
3	هامش التداخل (dB)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
4	هامش تعدد المسيرات (dB)	–	–	–	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
5	هامش الحماية من الخبو (تصحيح التراوح المؤقت) (dB)	9,5	8,1	(1)	–	–	–	–	–	–
6	نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء، المطلوب توفرها في المستقبِل (dB)	19,7	23,6	(1)	11,2	16,5	28,0	11,2	16,5	28,0
7	سوية الضوضاء في المستقبِل، NF (dB)	5	5	–	5	5	5	5	5	5
8	عرض نطاق الضوضاء (قناة فرعية أحادية القطعة)، B (kHz)	429	429	–	429	429	429	429	429	429
9	قدرة الضوضاء الملازمة للمستقبِل، N_r (dBm)	112,7–	112,7–	–	112,7–	112,7–	112,7–	112,7–	112,7–	112,7–
10	قدرة الضوضاء الخارجية في مطراف دخل المستقبِل، N_0 (dBm)	107,4–	107,4–	–	107,4–	107,4–	107,4–	107,4–	107,4–	107,4–
11	قدرة ضوضاء المستقبل الكلية، N_t (dBm)	106,3–	106,3–	–	106,3–	106,3–	106,3–	106,3–	106,3–	106,3–
12	خسارة التغذية، L (dB)	2,0	2,0	–	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
13	قدرة دخل المستقبِل الدنيا الممكن استعمالها (dBm)	86,6–	82,7–	–	95,1–	89,8–	78,3–	95,1–	89,8–	78,3–
14	كسب هوائي المستقبل، G_r (dBi)	0,85–	0,85–	–	0,85–	0,85–	0,85–	0,85–	0,85–	0,85–
15	الفتحة الفعالة للهوائي (dB/m^2)	8,3–	8,3–	–	8,3–	8,3–	8,3–	8,3–	8,3–	8,3–
16	شدة المجال الدنيا الممكن استعمالها، E_{min} (dB(μV/m))	39,5	43,4		31,0	36,3	47,8	31,0	36,3	47,8

الجدول 12 (*تتمة*)

	العنصر	مستقبِل متنقل			مستقبِل محمول			مستقبِل ثابت		
17	تصحيح المعدل الزمني (dB)	0,0	0,0	–	0,0	0,0	0,0	6,2	6,2	6,2
18	تصحيح المعدل المكاني (dB)	12,8	12,8	–	2,9	2,9	2,9	–	–	–
19	قيمة الخسارة في اختراق جدار (dB)	–	–	–	10,1	10,1	10,1	–	–	–
20	شدة المجال المطلوبة (قناة فرعية أحادية القطعة) في الهوائي، E (dB(μV/m))	52,3	56,2		60,8	49,3	44,0	54,0	42,5	37,2
	الارتفاع المفترض للهوائي، h_2 (m)	1,5	1,5	–	1,5	1,5	1,5	4	4	4
21	تصحيح الارتفاع إلى 10 m (dB)	12	12	–	12	12	12	10	10	10
22	شدة المجال المطلوبة (قناة فرعية أحادية القطعة (h_2 = 10 m)، E (dB(μV/m))	64,3	68,2	–	72,8	61,3	56,0	64,0	52,5	47,2
23	التحويل من أحادية القطعة إلى ثلاثية القطع (dB)	4,8	4,8	–	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
24	شدة المجال المطلوبة (قناة فرعية ثلاثية القطعة (h_2 = 10 m)، E (dB(μV/m))	69,1	73,0		77,6	66,1	60,8	68,8	57,3	52,0

(1) غير قابل للاستعمال في بيئة الخبو.

1) نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء المطلوبة (*C/N*)

يبيّن الجدول 13 النسبة *C/N* المطلوبة من أجل أنماط التشكيل ومعدلات التشفير.

الجدول 13

النسبة *C/N* المطلوبة

التشكيل	معدل التشفير في التشفير التلافيفي				
	1/2	2/3	3/4	5/6	7/8
DQPSK	dB 6,2	dB 7,7	dB 8,7	dB 9,6	dB 10,4
QPSK	dB 4,9	dB 6,6	dB 7,5	dB 8,5	dB 9,1
16-QAM	dB 11,5	dB 13,5	dB 14,6	dB 15,6	dB 16,2
64-QAM	dB 16,5	dB 18,7	dB 20,1	dB 21,3	dB 22,0

2) الانحطاط الملازم للتنفيذ

هو مقدار الانحطاط المكافئ في النسبة *C/N* المتوقع في تنفيذ التجهيزات.

3) هامش التداخل

هو هامش الانحطاط المكافئ في النسبة *C/N* الناجم عن تداخل إذاعة تماثلية وغير ذلك.

الملاحظة – الانتشار لمسافات بعيدة فوق مسيرات بحرية أو أي بيئات أخرى قد يؤدي إلى تداخل في بعض الظروف. وعلى الرغم من أنه ليس عملياً إدراج مثل هذه الحالات الخاصة في حساب موازنات الوصلات، فإنه ينبغي مراعاة هذا النمط من التداخل.

4) هامش تعدد المسيرات لمستقبل محمول أو ثابت

هو هامش الانحطاط المكافئ في النسبة *C/N* الناجم عن تداخل متعدد المسيرات.

5) هامش الحماية من الخبو بخصوص مستقبل متنقل

هو هامش الانحطاط المكافئ في النسبة *C/N* الناجم عن تقلب وقتي في شدة المجال.

يبيّن الجدول 14 النسبة *C/N* المطلوبة في قناة الخبو. ويبيّن الجدول 15 هوامش الحماية من الخبو.

الجدول 14

النسبة *C/N* المطلوبة
(الأسلوب 3، النطاق الحارس 1/16، النموذج النمطي للخبو في البيئات الحضرية في النظام العالمي للاتصالات المتنقلة (GSM))

		التردد الدوبلري الأعلى (f_D)[1]			
التشكيل	**معدل التشفير**	**الضوضاء الغوسية (dB)**	Hz 2	Hz 7	Hz 20
DQPSK	1/2	6,2	dB 15,7	dB 11,4	dB 9,9
QPSK	1/2	4,9	dB 14,3	dB 10,8	dB 10,4
16–QAM	1/2	11,5	dB 19,6	dB 17,4	dB 19,1
64–QAM	1/2	16,5	dB 24,9	dB 22,9	dB 35<

[1] حين تكون سرعة المركبة 100 km/h، يصل التردد الدوبلري الأعلى حتى 20 Hz في القناة العليا العاملة بالموجات المترية (VHF) (170-220 MHz).

الجدول 15

هوامش الحماية من الخبو
(هامش التقلب الوقتي في شدة المجال)

التشكيل	**معدل التشفير**	**قناة عليا في نطاق الموجات المترية (حتى f_D = 20 Hz) (dB)**
DQPSK	1/2	9,5
QPSK	1/2	9,4
16-QAM	1/2	8,1
64-QAM	1/2	–

6) النسبة *C/N* المطلوب توفرها في المستقبِل

= (1: النسبة المطلوبة *C/N*) + (2: الانحطاط الملازم للتنفيذ) + (3: هامش التداخل) + (4: هامش تعدد المسيرات) + (5: هامش الحماية من الخبو).

7) سوية الضوضاء في المستقبِل *NF*

= 5 dB.

8) عرض نطاق الضوضاء B

= عرض نطاق إرسال إشارة في قناة أحادية القطعة.

9) قدرة الضوضاء الحرارية الملازمة للمستقبِل N_r

$= NF + \log (k\,T\,B) \times 10$

$k = 1{,}38 \times 10^{-23}$ (ثابت بولتزمان)، $T = 290$ K.

10) قدرة الضوضاء الخارجية N_0

بالاستناد إلى القيم الوسطية لقدرة الضوضاء الاصطناعية لفئة الأعمال (المنحني A) الواردة في التوصية ITU-R P.372، تكون قدرة الضوضاء الخارجية (حالة هوائي بلا خسارة) على كل من الترددين 100 MHz و200 MHz كالتالي:

$N_0 = -96{,}3$ dBm – (12: feeder loss) + G_{cor} for 100 MHz,

$N_0 = -104{,}6$ dBm – (12: feeder loss) + G_{cor} for 200 MHz,

$G_{cor} = G_r\ (G_r < 0)$, $0\ (G_r > 0)$.

ملاحظة – G_{cor} عامل تصحيح لقدرة الضوضاء الخارجية المستقبلة بهوائي استقبال. وهوائيات الاستقبال ذات الكسب السالب ($G_r < 0$)، تستقبل الإشارات المرغوبة والضوضاء الخارجية بالكسب السالب ($G_{cor} = G_r$). ومن جهة أخرى، يستقبل هوائي الاستقبال ذو الكسب الموجب ($G_r > 0$) الإشارات المرغوبة في اتجاه الحزمة الرئيسية بالكسب الموجب، ولكنه يستقبل الضوضاء الخارجية من أي اتجاه بدون كسب ($G_{cor} = 0$).

11) القدرة الكلية للضوضاء المستقبَلَة N_t

= مجموع القدرتين (9: قدرة الضوضاء الملازمة للمستقبِل) و(10: قدرة الضوضاء الخارجية في مطراف دخل المستقبِل)

$= \log (10^{(N_r/10)} + 10^{(N_0/10)}) \times 10$

12) خسارة التغذية L

L = 1 dB عند التردد 100 MHz في الاستقبال المتنقل والمحمول

L = 2 dB عند التردد 100 MHz في الاستقبال الثابت

L = 2 dB عند التردد 200 MHz في الاستقبال المتنقل والمحمول والثابت.

13) قدرة دخل المستقبل الدنيا الممكن استعمالها

= (6: النسبة C/N المطلوب توفرها في المستقبِل) + (11: قدرة ضوضاء المستقبل الكلية)

$= N_t + C/N$

14) كسب هوائي المستقبِل G_r

= −0,85 dBi، على افتراض أن الهوائي أحادي القطب من نمط $\lambda/4$.

15) الفتحة الفعالة للهوائي

$= 10 \times \log (\lambda^2/4\pi)$ + (14: كسب هوائي المستقبِل) (dBi).

16) شدة المجال الدنيا الممكن استعمالها (E_{min})

= (12: خسارة التغذية) + (13: قدرة دخل المستقبِل الدنيا) – (15: الفتحة فعالة للهوائي) + 115,8 (تحويل كثافة تدفق القدرة (dBm/m^2) إلى شدة مجال (dB(μV/m))).

17) تصحيح المعدل الزمني

في حالة مستقبِل ثابت، تخضع قيمة التصحيح الزمني لما حددته التوصية ITU-R P.1546. القيمة من 50% إلى 1% هي 4,3 dB عند التردد 100 MHz و6,2 dB عند التردد 200 MHz، على التوالي. وتكون ظروف الانتشار كما يلي:

- المسير: مسيرات برية
- ارتفاع الهوائي الأساسي للإرسال: 250 m
- المسافة: 70 km.

18) تصحيح المعدل المكاني

بخصوص إشارة البث الرقمية، يساوي الانحراف المعياري الناجم عن تغير الموقع: σ = 5,5 dB، طبقاً للتوصية ITU-R P.1546.

ففي حالة مستقبِل متنقل، تكون قيمة تصحيح المعدل المكاني من 50% إلى 99%[5] هي 12,9 dB (2,33 σ).

وفي حالة مستقبِل محمول، تكون قيمة تصحيح المعدل المكاني من 50% إلى 70%[1] هي 2,9 dB (0,53 σ).

19) الخسارة في اختراق الجدران

في حالة الاستقبال داخل المباني، تراعى خسارة الإشارة في اختراق الجدران. وتكون قيمة خسارة الاختراق هي 8 dB في حالة انحراف معياري بقيمة 4 dB. ومع افتراض أن قيمة تصحيح المعدل المكاني هي 70% (0,53 σ) في حالة مستقبلات محمولة، تحسب قيمة خسارة الاختراق كما يلي:

= 8 dB + 0,53 × 4 dB = 10,1 dB.

20) شدة المجال المطلوبة في الهوائي

= (16: شدة المجال الدنيا الممكن استعمالها، E_{min}) + (17: تصحيح المعدل الزمني) + (18: تصحيح المعدل المكاني) + (19: الخسارة في اختراق الجدران).

21) تصحيح الارتفاع

طبقاً للتوصية ITU-R P.1546، تُستخرَج قيم تصحيح الارتفاع كما يبيّنه الجدول 16 التالي.

الجدول 16

قيم تصحيح الارتفاع

(أ) في ضواحي المدن، التردد 100 MHz

	ارتفاع الهوائي 4 m فوق سوية الأرض (dB)	ارتفاع الهوائي 1,5 m فوق سوية الأرض (dB)
الفرق في شدة المجال عن ارتفاع 10 m فوق سوية الأرض	7–	10–

[5] يمكن استعمال نسب مئوية مختلفة طبقاً لمعايير الخدمة في كل بلد.

(ب) في ضواحي المدن، التردد 200 MHz

	ارتفاع الهوائي 4 m فوق سوية الأرض (dB)	ارتفاع الهوائي 1,5 m فوق سوية الأرض (dB)
الفرق في شدة المجال عن ارتفاع 10 m فوق سوية الأرض	10–	12–

22) شدة المجال المطلوبة لهوائي استقبال ارتفاعه 10 m فوق سوية الأرض

= (20: شدة المجال المطلوبة في الهوائي) + (21: تصحيح ارتفاع الاستقبال).

23) التحويل من إشارة أحادية القطعة إلى إشارة ثلاثية القطع

قيمة تحويل عرض نطاق الضوضاء

$= 10 \times \log (3/1) = 4{,}8$ dB.

24) شدة المجال المطلوبة (h_2 = 10 m) لإشارة ثلاثية القطع

= (22: شدة المجال المطلوبة h_2 = 10 (m)) + (23: التحويل من إشارة أحادية القطعة إلى إشارة ثلاثية القطع).

5 نسب الحماية للخدمة ISDB-T_{SB}

1.5 تداخل في الخدمة ISDB-T_{SB} من خدمة ISDB-T_{SB} أخرى

1.1.5 النسبة *D/U* المطلوبة في حالة مستقبل ثابت

تُحسب النسبة بين الإشارات المرغوبة وغير المرغوبة (*D/U*) في الخدمة ISDB-T_{SB} الأحادية القطعة، بعد فك التشفير الداخلي، وفقاً لمعدل خطأ في البتات (BER) قيمته حاصل الصيغة التالية: 2×10^{-4}، ويبيّنها الجدول 15 بخصوص كل من النطاقات الحارسة. والنطاق الحارس يعني ترداداً يفصل بين حواف الأطياف.

ومتى تراكبت الأطياف اعتُبر التداخل تداخلاً في نفس القناة.

الجدول 17

النسبة *D/U* (dB) المطلوبة بين الإشارات في الخدمة ISDB-T_{SB} الأحادية القطعة (المستقبل ثابت)

التشكيل	معدل التشفير	نفس القناة	النطاق الحارس (MHz)							
			0/7	1/7	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	7/7 أو أكثر
DQPSK	1/2	4	15–	21–	25–	28–	29–	36–	41–	42–
16-QAM	1/2	11	6–	12–	21–	24–	26–	33–	38–	39–
64-QAM	7/8	22	4–	10–	10–	11–	13–	19–	23–	24–

2.1.5 النسبة *D/U* المطلوبة في حالة مستقبل متنقل

في حالة مستقبِل متنقل، يساوي الانحراف المعياري للإشارة الرقمية الناجم عن تغير الموقع 5,5 dB، طبقاً للتوصية ITU-R P.1546. ويُفترض أن قيم شدة المجال بخصوص الإشارات المطلوبة وغير المطلوبة لا تكون مترابطة. فلحماية الإشارات المطلوبة في الخدمة ISDB-T_{SB} في 99% من المواقع، من التداخل الناشئ عن إرسال خدمة ISDB-T_{SB} أخرى، يلزم إدخال تصحيح للانتشار بقيمة 18 dB (≈ 2,33 × 5,5 × 1,414). ويعرض الجدول 18 قيم النسبة *D/U* متضمنةً الهوامش الكلية.

الجدول 18

النسبة *D/U* (dB) المطلوبة بين الإشارات في الخدمة ISDB-T_{SB} الأحادية القطعة (المستقبل متنقل)

التشكيل	معدل التشفير	نفس القناة	النطاق الحارس (MHz)							
			0/7	1/7	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	7/7 أو أكثر
DQPSK	1/2	22	3	3–	7–	10–	11–	18–	23–	24–
16-QAM	1/2	29	12	6	3–	6–	8–	15–	20–	21–

3.1.5 محصَّلة نسب الحماية بخصوص الخدمة ISDB-T_{SB} المعرضة للتداخل من خدمة ISDB-T_{SB} أخرى

تُعرَّف هنا نسب الحماية بأنها القيم الأعلى المأخوذة من الجدولين 17 و18 لتنطبق على ظروف الاستقبال كافة. ويعرض الجدول 19 محصلة نسب الحماية هذه.

الجدول 19

نسب الحماية بخصوص الخدمة ISDB-T_{SB} المعرضة للتداخل من خدمة ISDB-T_{SB} أخرى

الإشارة المرغوبة	التداخل		نسبة الحماية
	الإشارة المتداخلة	فرق التردد	
ISDB-T_{SB} (أحادية القطعة)	ISDB-T_{SB} (أحادية القطعة)	نفس القناة	dB 29
		القناة المجاورة	الجدول 14
	ISDB-T_{SB} (ثلاثية القطع)	نفس القناة	dB 24
		القناة المجاورة	الجدول 14
ISDB-T_{SB} (ثلاثية القطع)	ISDB-T_{SB} (أحادية القطعة)	نفس القناة	dB 34
		القناة المجاورة	الجدول 14
	ISDB-T_{SB} (ثلاثية القطع)	نفس القناة	dB 29
		القناة المجاورة	الجدول 14

الملاحظة – في نسب الحماية للخدمة ISDB-T_{SB}، رُوعي هامش الحماية من الخبو في حالة مستقبل متنقل. وتتضمن القيم المعروضة في الجدول هامش حماية من الخبو بقيمة 18 dB.

الجدول 20

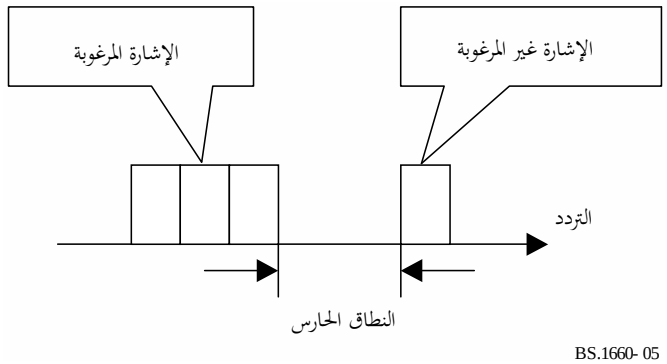
نسب الحماية (dB) تبعاً للنطاقات الحارسة

الإشارة المرغوبة	الإشارة المتداخلة	النطاق الحارس (MHz)							
		0/7	1/7	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	7/7 أو أكثر
ISDB-T_{SB} (أحادية القطعة)	ISDB-T_{SB} (أحادية القطعة)	12	6	3–	6–	8–	15–	20–	21–
	ISDB-T_{SB} (ثلاثية القطع)	7	1	8–	11–	13–	20–	25–	26–
ISDB-T_{SB} (ثلاثية القطع)	ISDB-T_{SB} (أحادية القطعة)	17	11	2	1–	3–	10–	15–	16–
	ISDB-T_{SB} (ثلاثية القطع)	12	6	3–	6–	8–	15–	20–	21–

الملاحظة 1 – تتضمن القيم المعروضة في الجدول هامش حماية من الخبو بقيمة 18 dB. أما النطاق الحارس بين إشارات الخدمة ISDB-T_{SB} فهو كما يعرضه الشكل 5 أدناه.

الشكل 5

النطاق الحارس وترتيب الإشارات



BS.1660- 05

2.5 تداخل في الخدمة ISDB-T_{SB} من خدمة تلفزيونية تماثلية (NTSC)

1.2.5 النسبة *D/U* المطلوبة في حالة مستقبِل ثابت

يبيّن الجدول 21 قيم النسبة *D/U* المطلوبة لإشارات الخدمة ISDB-T_{SB} الأحادية القطعة المعرضة لتداخل من خدمة تلفزيونية تماثلية NTSC. وتُحسب النسبة بين الإشارات المرغوبة وغير المرغوبة (*D/U*) في الخدمة ISDB-T_{SB} الأحادية القطعة، بعد فك التشفير الداخلي، وفقاً لمعدل خطأ في البتات (BER) قيمته حاصل الصيغة التالية: 2×10^{-4} أما النطاقات الحارسة المطلوبة بين إشارة الخدمة ISDB-T_{SB} والإشارة NTSC المتداخلة في القناة المجاورة فهي معروضة في الشكل 4.

الجدول 21

النسبة *D/U* (dB) المطلوبة بين الإشارات في الخدمة ISDB-T_{SB} الأحادية القطعة المعرضة لتداخل من تلفزيون تماثلي (NTSC) (المستقبل ثابت)

التشكيل	معدل التشفير	التداخل		
		نفس القناة (dB)	القناة المجاورة الدنيا (dB)	القناة المجاورة العليا (dB)
DQPSK	1/2	2	57–	60–
16-QAM	1/2	5	54–	56–
64-QAM	7/8	29	38–	38–

2.2.5 النسبة *D/U* المطلوبة في حالة مستقبِل متنقل

في حالة مستقبِل متنقل، تتعرض الإشارات المطلوبة وغير المطلوبة لتقلبات في شدة المجال بسبب خبو رايلي. وطبقاً للتوصية ITU-R P.1546، يساوي الانحراف المعياري لإشارة الإذاعة الرقمية الناجم عن تغير الموقع: 5,5 dB، بينما يساوي 8,3 لإشارة الإذاعة التماثلية. ويفترض أن قيم شدة المجال بخصوص الإشارات المطلوبة وغير المطلوبة لا تكون مترابطة. فلحماية الإشارات المطلوبة في الخدمة ISDB-T_{SB} في 99% من المواقع، من التداخل الناشئ عن إشارة تلفزيونية تماثلية (NTSC)، يلزم إدخال تصحيح للانتشار بقيمة 23 dB.

ويعرض الجدول 22 قيم النسبة *D/U* متضمنةً الهوامش المطلوبة في حالة مستقبِل متنقل.

الجدول 22

النسبة *D/U* (dB) المطلوبة بين الإشارات في الخدمة ISDB-T_{SB} الأحادية القطعة المعرضة لتداخل من تلفزيون تماثلي (NTSC) (المستقبِل متنقل)

التشكيل	معدل التشفير	التداخل		
		نفس القناة (dB)	القناة المجاورة الدنيا (dB)	القناة المجاورة العليا (dB)
DQPSK	1/2	25	34–	37–
16-QAM	1/2	28	31–	33–

3.2.5 محصَّلة نسب الحماية بخصوص الخدمة ISDB-T_{SB} المعرضة للتداخل من تلفزيون تماثلي (NTSC)

تُعرَّف هنا نسب الحماية بأنها القيم الأعلى المأخوذة من الجدولين 21 و22 لتنطبق على ظروف الاستقبال كافة. وفي حالة الإرسال بالقنوات الفرعية الثلاثية القطع، يكون من الضروري إدخال تصحيح على نسب الحماية بقيمة 5 dB (≈ 4,8 dB = 10 × (3/1) log) ويعرض الجدول 23 محصلة نسب الحماية هذه.

الجدول 23

نسب الحماية بخصوص الخدمة ISDB-T_{SB} المعرضة للتداخل من تلفزيون تماثلي (NTSC)

الإشارة المرغوبة	التداخل		نسبة الحماية (dB)
	الإشارة المسببة للتداخل	فرق التردد	
ISDB-T_{SB} (أحادية القطعة)	NTSC	نفس القناة	29
		القناة المجاورة الدنيا	31–
		القناة المجاورة العليا	33–
ISDB-T_{SB} (ثلاثية القطع)		نفس القناة	34
		القناة المجاورة الدنيا	26–
		القناة المجاورة العليا	28–

ملاحظة – في نسب الحماية للخدمة ISDB-T_{SB}، روعي هامش الحماية من الخبو في حالة مستقبل متنقل. وتتضمن القيم المعروضة في الجدول هامش حماية من الخبو بقيمة 23 dB.

3.5 تداخل في خدمة تلفزيونية تماثلية (NTSC) من الخدمة ISDB-T_{SB}

تُعرَّف هنا نسب الحماية بأنها نسب *D/U* يسفر معها التقييم الشخصي عن نتيجة انحطاط بدرجة 4 (على سلم خماسي الدرجات لقياس الانحطاط). وقد أُجريت تجارب تقييم وفقاً لطريقة سلم قياس الانحطاط الثنائية الحافز، الموصوفة في التوصية ITU-R BT.500.

في حالة تداخل من قناة مجاورة، تكون النطاقات الحارسة المطلوبة بين إشارة الخدمة ISDB-T_{SB} والإشارة NTSC كما هو معروض في الشكل 4. وفي حالة الإرسال بالقنوات الفرعية الثلاثية القطع، يكون من الضروري إدخال تصحيح على نسب الحماية بقيمة 5 dB (≈ 4,8 dB = 10 × (3/1) log). ويعرض الجدول 24 محصّلات نسب الحماية هذه.

الجدول 24

نسب الحماية بخصوص تلفزيون تماثلي (NTSC) معرض للتداخل من الخدمة ISDB-T_{SB}

الإشارة المرغوبة	التداخل		نسبة الحماية (dB)
	الإشارة المسببة للتداخل	فرق التردد	
NTSC	ISDB-T_{SB} (أحادية القطعة)	نفس القناة	57
		القناة المجاورة الدنيا	11
		القناة المجاورة العليا	11
		قناة الصور	9–
	ISDB-T_{SB} (ثلاثية القطع)	نفس القناة	52
		القناة المجاورة الدنيا	6
		القناة المجاورة العليا	6
		قناة الصور	14–

4.5 الخدمة ISDB-T_{SB} المعرضة للتداخل من خدمات أخرى خلاف الخدمة الإذاعية

فيما يلي الكثافة القصوى لشدة المجال المتداخل دون 108 MHz لتفادي التداخلات من خدمات أخرى خلاف الخدمة الإذاعية.

الجدول 25

الكثافة القصوى لشدة المجال المتداخل من خدمات أخرى خلاف الخدمة الإذاعية

المعلمة	القيمة	الوحدة
الكثافة القصوى لشدة المجال المتداخل	4,6	dB(μV/(m • 100 kHz))

الملاحظة – انظر المرفق 1 بالملحق 2، للاطلاع على خطوات الاشتقاق.

المرفق 1
بالملحق 2

اشتقاق الكثافة القصوى لشدة المجال المتداخل من خدمات أخرى خلاف الخدمة الإذاعية

المعلمة	الرمز	القيمة	الوحدة
التردد	f	108	MHz
عرض النطاق	B	429×10^3	Hz
كسب هوائي المستقبِل	Gr	0,85–	dBi
خسارة التغذية	L	1	dB
عامل الضوضاء	NF	5	dB
قدرة الضوضاء المتأصلة	Nr	112,7–	dBm
القيمة المتوسطة لقدرة الضوضاء الاصطناعية كما هو موضح في الفقرة 5 من التوصية ITU-R P.372-10	F_{am}	20,5	dB
النسبة بين قدرة الضوضاء الخارجية وقدرة دخل المستقبِل	N_0	99,0–	dBm
قدرة الضوضاء الإجمالية للمستقبِل	N_t	98,8–	dBm
الفتحة الفعالة للهوائي	A_{eff}	3,0–	dB • m^2
شدة مجال الضوضاء الإجمالية	E_t	21,0	dB(µV/m)
شدة المجال القصوى للتداخل (في نطاق عرض 429 kHz)	E_i	11,0	dB(µV/m)
الكثافة القصوى لشدة المجال المسببة للتداخل	E_{is}	4,6	dB(µV/(m • 100 kHz))

قدرة الضوضاء المتأصلة في المستقبِل:

$$N_r = 10 \times \log (k\ T\ B) + NF + 30 \qquad \text{(dBm)}$$

القيمة المتوسطة لقدرة الضوضاء الاصطناعية كما هو موضح في الفقرة 5 من التوصية ITU-R P.372-9:

$$F_{am} = c - d \times \log f \qquad \text{(dB)}$$

(حيث c = 76,8 وd = 27,7 في منطقة حضرية)

النسبة بين قدرة الضوضاء الخارجية وقدرة دخل المستقبِل:

$$N_o = 10 \times \log (k\ T\ B) - L + 30 + F_{am} + G_{cor} \qquad \text{(dBm)}$$

$$G_{cor} = G_r\ (G_r < 0),\ 0\ (G_r > 0)^6$$

---

6 G_{cor} عامل تصحيح لقدرة الضوضاء الخارجية المستقبلة بهوائي استقبال. وهوائيات الاستقبال ذات الكسب السالب ($G_r < 0$)، تستقبل الإشارات المرغوبة والضوضاء الخارجية بالكسب السالب ($G_{cor} = G_r$). ومن جهة أخرى، يستقبل هوائي الاستقبال ذو الكسب الموجب ($G_r > 0$) الإشارات المرغوبة في اتجاه الحزمة الرئيسية بالكسب الموجب، ولكنه يستقبل الضوضاء الخارجية من أي اتجاه بدون كسب ($G_{cor} = 0$).

قدرة الضوضاء الإجمالية للمستقبِل:

$$N_t = 10 \times \log\left(10^{(N_r/10)} + 10^{(N_0/10)}\right) \quad \text{(dBm)}$$

الفتحة الفعالة للهوائي:

$$A_{eff} = 10 \times \log(\lambda^2/4\pi) + G_r \ (\text{dB} \cdot \text{m}^2)$$

شدة مجال الضوضاء الإجمالية:

$$E_t = L + N_t - A_{eff} + 115{,}8 \ (\text{dB}(\mu\text{V/m}))$$

شدة المجال القصوى للتداخل:

$$E_i = E_t + I/N \ (\text{dB}(\mu\text{V/m}))$$

البيانات:

k: ثابت بولتزمان = $1{,}38 \times 10^{-23}$ J/K

T: الحرارة المطلقة = 290 K

I/N: نسبة تداخل إلى ضوضاء بالنسبة إلى حالات التقاسم بين الخدمات = –10 (dB).

الملحق 3

الأساس التقني لتخطيط النظام G (الراديو الرقمي العالمي (DRM)) للإذاعة الصوتية الرقمية للأرض في نطاق الموجات VHF

1 اعتبارات عامة

يحتوي هذا الملحق على معلمات النظام DRM ذات الصلة والمفاهيم الخاصة بالشبكات من أجل التخطيط للشبكات الإذاعية العاملة بنظام الراديو العالمي في جميع نطاقات الموجات VHF، على اعتبار أن الحد العلوي الدولي لطيف الإذاعة في نطاق الموجات VHF يبلغ 254 MHz[7].

ولحساب معلمتي التخطيط المتعلقتين بالحد الأدنى لمتوسط شدة المجال ونسب الحماية، تحدد أولاً خصائص المستقبِل والمرسِل ومعلمات النظام وجوانب الإرسال باعتبارها أساساً مشتركاً من أجل تخطيط متماسك لشبكة إرسال DRM.

[7] في لوائح الراديو، في الإقليم 1، الحاشية **252.5**: يوزع النطاقان 230-238 MHz و246-254 MHz للخدمة الإذاعية على أساس أولي في بوتسوانا وليسوتو وملاوي وموزامبيق وناميبيا وجمهورية جنوب إفريقيا وسوازيلاند وزامبيا وزيمبابوي، شريطة الحصول على الموافقة بموجب الرقم **21.9**.

2 أساليب الاستقبال

1.2 الاستقبال الثابت

يُعرّف الاستقبال الثابت (FX) بأنه الاستقبال الذي يُستخدم له هوائي استقبال مثبّت على مستوى السطح. ويُفترض أن تحدث ظروف استقبال قريبة من الاستقبال الأمثل (في نطاق مساحة من السطح صغيرة نسبياً) عندما يكون الهوائي منصوباً. وعند حساب قيم شدة المجال لاستقبال الهوائي الثابت، يُفترض أن الارتفاع المناسب لهوائي الاستقبال فوق مستوى الأرض بالنسبة إلى الخدمة الإذاعية يساوي 10 m.

وتُفترض نسبة لاحتمال الموقع مقدارها 70% للحصول على استقبال جيد.

2.2 الاستقبال المحمول

يُعنى بالاستقبال المحمول عامة الاستقبال عند استعمال مستقبِل محمول خارج أو داخل المباني على ارتفاع لا يقل عن 1,5 m فوق مستوى الأرض. وتُفترض نسبة لاحتمال الموقع مقدارها 95% في منطقة شبه حضرية للحصول على استقبال جيد.

وسيتم التمييز بين حالتين لموقع الاستقبال:

- **الاستقبال داخل المباني**، يُعرف بمستقبل محمول بمصدر قدرة ثابت وهوائي مُدمج (مطوي) أو قابس من أجل هوائي خارجي. ويُستعمل المستقبل داخل المباني على ارتفاع لا يقل عن 1,5 m فوق مستوى الأرض في غرف الطابق الأرضي مع وجود نافذة على جدار خارجي. ويُفترض أن شروط الاستقبال المثلى تتحقق بتحريك الهوائي حتى 0,5 m في أي اتجاه مع تثبيت المستقبِل المحمول خلال الاستقبال وعدم تحريك الأجسام الكبيرة القريبة من المستقبِل.
- **الاستقبال خارج المباني**، ويُعرف بالاستقبال بمستقبِل محمول ببطارية كمصدر للقدرة مع هوائي ملحق أو مدمج بحيث يستخدم خارج المباني على ارتفاع لا يقل عن 1,5 m فوق مستوى الأرض.

وفي إطار هاتين الحالتين لموقع الاستقبال، يتم التمييز بين حالتي استقبال متقابلتين نتيجة للتغاير الكبير في حالات الاستقبال المحمول بأنماط مستقبلات/هوائيات مختلفة وكذلك ظروف الاستقبال المختلفة التي تطبق كذلك وتحتاج إلى مزيد من البحث:

- **الاستقبال المحمول خارج المباني (PO) والاستقبال المحمول داخل المباني (PI)**: تصف هذه الحالة حالة الاستقبال في منطقة شبه حضرية تتسم بظروف استقبال جيدة لحالتي الاستقبال داخل وخارج المباني، على التوالي، ومستقبل بمخطط إشعاع هوائي شامل الاتجاهات في نطاق الموجات VHF.
- **الاستقبال المحمول خارج المباني بجهاز محمول باليد (PO-H) والاستقبال المحمول داخل المباني بجهاز محمول باليد (PI-H)**: تصف هذه الحالة حالة الاستقبال في منطقة حضرية تتسم بظروف استقبال رديئة، ومستقبل بهوائي خارجي (هوائيات تلسكوبية أو كبل سماعات الأذن السلكية مثلاً).

3.2 الاستقبال المتنقل

يُعرف الاستقبال المتنقل (MO) بأنه الاستقبال في منطقة ريفية أراضيها تلالية مرتفعة بمستقبل متحرك بسرعة عالية بهوائي متوائم مثبّت على ارتفاع لا يقل عن 1,5 m فوق مستوى الأرض أو الأرضية.

3 عوامل التصحيح لتنبؤات شدة المجال

قيم مستويات شدة المجال المطلوبة المتنبّأ بها باستخدام التوصية ITU-R P.1546-4 تشير عادة إلى القيمة المتوسطة عند موقع الاستقبال بهوائي استقبال على ارتفاع 10 m فوق مستوى الأرض. وخلاف ذلك، يتنبأ بقيم شدة المجال المطلوبة عند متوسط ارتفاع المبنى أو الحيّز النباتي عند موقع الاستقبال. ولمراعاة أساليب الاستقبال المختلفة والظروف المعروفة عند تخطيط الشبكات، يتعيّن مراعاة عوامل للتصحيح لرفع المستوى الأدنى لشدة المجال فوق القيمة الدنيا لمتوسط شدة المجال للتنبؤات باستخدام التوصية ITUR P.1546-4.

1.3 الترددات المرجعية

معلمات التخطيط وعوامل التصحيح الواردة في هذه الوثيقة محسوبة للترددات المرجعية المدرجة في الجدول 26.

الجدول 26

الترددات المرجعية من أجل الحسابات

النطاق VHF (مدى الترددات)	I (MHz 68-47)	**II** (MHz 108-87,5)	**III** **(MHz 230-174)**
التردد المرجعي (MHz)	65	100	200

2.3 كسب الهوائي

يشير كسب الهوائي G_D (dBd) إلى ثنائي أقطاب نصف موجة ويرد في الجدول 27 لأساليب الاستقبال المختلفة.

الجدول 27

قيم كسب الهوائي G_D

التردد (MHz)		65	100	200
كسب الهوائي G_D	للاستقبال الثابت (FX) (dBd)	0	0	0
	للاستقبال المحمول والمتنقل (PO وPI وMO) (dBd)	2,2–	2,2–	2,2–
	للاستقبال المحمول بجهاز محمول باليد (PO-H وPI-H) (dBd)	22,76–	19,02–	13,00–

3.3 خسارة التغذية

تعبر خسارة التغذية L_f عن توهين الإشارة من هوائي الاستقبال إلى الدخل RF للمستقبِل. وتعطي قيمة خسارة التغذية L_f بمقدار 2 dB لكبل طوله 10 m. ويمكن هنا حساب توهين الكبل المتوقف على التردد لكل وحدة أطوال L'_f، وترد هذه القيم في الجدول 28.

الجدول 28

خسارة التغذية L'_f لكل وحدة أطوال

التردد (MHz)	65	100	200
خسارة التغذية L'_f لكل وحدة أطوال (dB/m)	0,11	0,14	0,2

ويبين الجدول 29 طول الكبل l لأساليب الاستقبال المختلفة، فيما ترد قيم خسارة التغذية L_f المحسوبة عند ترددات مختلفة وأساليب استقبال مختلفة في الجدول 30.

الجدول 29

طول الكبل لأساليب الاستقبال المختلفة

أسلوب الاستقبال	الاستقبال الثابت (FX)	الاستقبال المحمول (PO وPI وPO-H وPI-H)	الاستقبال المتنقل (MO)
طول الكبل l (m)	10	0	2

الجدول 30

خسارة التغذية L_f لأساليب الاستقبال المختلفة

التردد (MHz)		65	100	200
خسارة التغذية L_f	للاستقبال الثابت (FX) (dB)	1,1	1,4	2,0
	للاستقبال المحمول (PO وPI وPO-H وPI-H) (dB)	0,0	0,0	0,0
	للاستقبال المتنقل (MO) (dB)	0,22	0,28	0,4

4.3 عامل تصحيح الخسارة الناجمة الارتفاع

بالنسبة إلى الاستقبال المحمول والاستقبال المتنقل، يُفترض ارتفاع مقداره 1,5 m لهوائي الاستقبال. وتُعطي طريقة التنبؤ بالانتشار قيم شدة المجال عادة عند ارتفاع مقداره 10 m. ولتصحيح القيمة المتنبأ بها من 10 m إلى 1,5 m فوق مستوى الأرض، يتعيّن تطبيق عامل تصحيح للخسارة الناجمة عن الارتفاع L_h (dB) على النحو المبين في الجدول 31.

الجدول 31

عامل تصحيح الخسارة الناجمة عن الارتفاع L_h، لأساليب الاستقبال المختلفة

التردد (MHz)		65	100	200
عامل تصحيح الخسارة الناجمة عن الارتفاع L_h	للاستقبال الثابت (FX) (dB)	0	0	0
	للاستقبال المحمول والمتنقل (PO وPI وMO) (dB)	8	10	12
	للاستقبال المحمول بجهاز محمول باليد (PO-H وPI-H) (dB)	15	17	19

5.3 الخسارة الناجمة عن اختراق المباني

متوسط الخسارة الناجمة عن اختراق المباني هي النسبة بين متوسط شدة المجال داخل مبنى معين وعلى ارتفاع معين فوق سطح الأرض ومتوسط شدة المجال خارج المبنى وعلى نفس الارتفاع بوحدات (dB). ويعرض الجدول 32 متوسط الخسارة الناجمة عن اختراق المباني L_b والانحراف المعياري σ_b.

الجدول 32

الخسارة الناجمة عن اختراق المباني L_b والانحراف المعياري σ_b

التردد (MHz)	65	100	200
متوسط الخسارة الناجمة عن اختراق المباني L_b (dB)	8	9	9
الانحراف المعياري للخسارة الناجمة عن اختراق المباني، σ_b (dB)	3	3	3

6.3 هامش الضوضاء الاصطناعية

يراعي هامش الضوضاء الاصطناعية، MMN (dB)، تأثير الضوضاء الاصطناعية التي يستقبلها الهوائي على أداء النظام. وعامل الضوضاء المكافئة للنظام، F_s (dB)، الواجب استعماله في حسابات التغطية يُحسب من عامل ضوضاء المستقبِل F_r (dB) وهامش الضوضاء الاصطناعية، MMN (dB).

وتعطي التوصية ITU-R 372-8 القيم المطابقة لحساب هامش الضوضاء الاصطناعية في مناطق مختلفة وعلى ترددات مختلفة مع تعاريف لعامل ضوضاء الهوائي وقيمه المتوسطة، $F_{a,med}$ وقيم التغايرات العشرية (10% و90%) مقاسة في مناطق مختلفة. وتفترض منطقة سكنية بالنسبة إلى جميع أساليب الاستقبال (المنحني B).

ومع أخذ قيمة لعامل ضوضاء المستقبل، F_r، مقدارها 7 dB لنظام الراديو الرقمي العالمي (DRM)، يمكن حساب الهامش MMN لحالات الاستقبال الثابت والمحمول والمتنقل. وتُعرض النتائج في الجدول 33.

الجدول 33

هامش الضوضاء الاصطناعية للاستقبال الثابت والمحمول والمتنقل

التردد (MHz)	65	100	200
هامش الضوضاء الاصطناعية (dB) للاستقبال الثابت (FX) والمحمول (PO وPI) والمتنقل (MO) (F_r = 7 dB)	15,38	10,43	3,62

وتُقدر قيمة التغايرات العشرية للموقع (10% و90%) في المنطقة السكنية بما يساوي 5,8 dB. وبناءً عليه، فإن الانحراف المعياري للماسح MMN للاستقبال الثابت والمحمول والمتنقل σ_{MMN} = 4,53 dB، انظر الجدول 34.

الجدول 34

الانحراف المعياري للهامش MMN، σ_{MMN}، للاستقبال الثابت والمحمول والمتنقل

التردد (MHz)	65	100	200
الانحراف المعياري للهامش MMN، σ_{MMN} (dB)، للاستقبال الثابت (FX) والمحمول (PO وPI) والمتنقل (MO)	4,53	4,53	4,53

ونتيجة لكسب الهوائي الصغير جداً في الاستقبال المحمول بجهاز محمول باليد، تُهمل قيمة الهامش MMN في أسلوب الاستقبال هذا ويُفترض أنها تساوي 0 (dB)، انظر الجدول 35.

الجدول 35

هامش الضوضاء الاصطناعية للاستقبال المحمول بجهاز محمول باليد

التردد (MHz)	65	100	200
الهامش MMN (dB) للاستقبال المحمول بجهاز محمول باليد (PO-H وPI-H)	0	0	0

7.3 عامل خسارة التنفيذ

تُراعى خسارة التنفيذ الناجمة عن تنفيذ مستقبل غير نموذجي في حساب الحد الأدنى لمستوى قدرة دخل المستقبل مع عامل خسارة تنفيذ إضافية، L_i، قيمتها 3 dB، انظر الجدول 36.

الجدول 36

عامل خسارة التنفيذ، L_i

التردد (MHz)	65	100	200
عامل خسارة التنفيذ، L_i (dB)	3	3	3

8.3 عوامل التصحيح من أجل تغاير الموقع

تُحسب قيمة شدة المجال، $E(p)$ (dB(μV/m))، المستخدمة في تنبؤات التغطية والتداخلات في أساليب الاستقبال المختلفة، والتي سيتم تجاوزها لنسبة p (%) من المواقع لموقع استقبال هوائي بري/متنقل بالمعادلة التالية:

$$E(p)\ (\mathrm{dB}(\mu\mathrm{V/m})) = E_{med}\ (\mathrm{dB}(\mu\mathrm{V/m})) + C_l(p)\ (\mathrm{dB}) \qquad \text{من أجل } 50\% \le p \le 99\% \tag{7}$$

حيث:

$C_l(p)$: عامل تصحيح الموقع

E_{med} (dB(μV/m)): قيمة شدة المجال لنسبة 50% من المواقع و50% من الوقت.

ويعتمد عامل تصحيح الموقع $C_l(p)$ (dB) على ما يُطلق عليه الانحراف المعياري المركب، σ_c (dB)، لقيمة شدة المجال المطلوبة، والذي هو مجموع الانحرافات المعيارية الفردية لكافة أجزاء الإشارة التي يتعيّن أخذها في الاعتبار وما يطلق عليه عامل التوزيع $\mu(p)$ ويُعبر عنه تحديداً كالتالي:

$$C_l(p)\ (\mathrm{dB}) = \mu(p) \cdot \sigma_c\ (\mathrm{dB}) \tag{8}$$

1.8.3 عامل التوزيع

يعرض الجدول 37 عوامل التوزيع $\mu(p)$ لاحتمالات الموقع المختلفة مع مراعاة أساليب الاستقبال المختلفة (انظر الفقرة 2).

الجدول 37

عامل التوزيع μ

نسبة مواقع الاستقبال، p (%)	70	95	99
أسلوب الاستقبال	ثابت (FX)	محمول (PO وPI وPO-H وPI-H)	المتنقل (MO)
عامل التوزيع μ	0,524	1,645	2,326

2.8.3 الانحراف المعياري المركب

حيث إن إحصاءات قيمة شدة المجال المطلوبة المستقبلة مأخوذة على نطاق واسع، لذا، يُفترض أن تكون إحصاءات الانحراف المعياري للهامش MMN، σ_{MMN} (dB) وإحصاءات التوهين الناجم عن اختراق المباني غير مترابطة إحصائياً، ومن ثم، يُحسب الانحراف المعياري المركب لها، σ_c (dB) كالتالي:

$$\sigma_c \text{ (dB)} = \sqrt{\sigma_m^2 + \sigma_b^2 + \sigma_{MMN}^2} \quad (9)$$

وتعتمد قيم الانحراف المعياري لشدة المجال المطلوبة، σ_m (dB)، على التردد والبيئة، وقد أظهرت الدراسات التجريبية انتشاراً واسعاً. وترد في التوصية ITU-R P.1546-4 القيم التمثيلية والمعادلة المستخدمة في حساب الانحراف المعياري σ_m (dB) لشدة المجال المطلوبة. وعند حساب الانحراف المعياري σ_m (dB) لقيم شدة المجال المطلوبة، تؤخذ في الاعتبار تأثيرات الخبو البطيء فقط دون تأثيرات الخبو السريع. وبالنسبة إلى نظام الراديو الرقمي العالمي (DRM)، تم التأكد من أن تحديد الحد الأدنى لقيمة نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء *(C/N)* للنظام DRM يأخذ في الاعتبار تأثيرات الخبو السريع، وبالتالي، لا توجد حاجة هنا إلى تطبيق هامش تصحيح إضافي.

والقيم الثابتة التالية مأخوذة من التوصية ITU-R P.1546-4:

إذاعة تماثلية (أي، تشكيل تردد عند 100 MHz): σ_m = 8,3 dB

إذاعة رقمية (عرض نطاق أكبر من 1 MHz، أي إذاعة صوتية رقمية عند 200 MHz): σ_m = 5,5 dB

ويعرض الجدول 38 قيم الانحراف المعياري المركب σ_m dB المحسوبة باستخدام المعادلات الواردة في التوصية ITU-R P.1546-4 لنظام الراديو الرقمي العالمي في البيئات الحضرية وشبه الحضرية والريفية.

الجدول 38

الانحراف المعياري لنظام الراديو الرقمي العالمي (DRM)، $\sigma_{m,DRM}$

التردد (MHz)		65	100	200
الانحراف المعياري للنظام DRM، $\sigma_{m,DRM}$	في البيئات الحضرية وشبه الحضرية (dB)	3,56	3,80	4,19
	في البيئات الريفية (dB)	2,86	3,10	3,49

ولحساب الانحراف المعياري المركب لأساليب الاستقبال المختلفة، يتعيّن أن يؤخذ في الاعتبار أجزاء، صَغُرَت أم كَبُرت، من القيم المحددة للانحراف المعياري σ_c (dB). وترد قيم الانحراف المعياري للخسارة الناجمة عن اختراق المباني في الفقرة 5.3، وقيم الانحراف المعياري للهامش MMN في الفقرة 6.3 وقيم الانحراف المعياري لشدة المجال، σ_m (dB) في الجدول 36.

وتعرض في الجدول 39 نتائج حساب الانحراف المعياري المركب σ_c (dB) لأساليب الاستقبال المحددة.

الجدول 39

الانحراف المعياري المركب σ_c لأساليب الاستقبال المختلفة

التردد (MHz)		65	100	200
الانحراف المعياري المركب، σ_c لأساليب الاستقبال	ثابت (FX) ومحمول خارج المباني (PO) (dB)	5,76	5,91	6,17
	محمول بجهاز محمول باليد خارج المباني (PO-H) (dB)	3,56	3,80	4,19
	متنقل (MO) (dB)	5,36	5,49	5,72
	محمول داخل المباني (PI) (dB)	6,49	6,63	6,86
	محمول بجهاز محمول باليد داخل المباني (PI-H) (dB)	4,65	4,84	5,15

3.8.3 عامل التصحيح المركب للموقع من أجل نسب الحماية

الحماية المطلوبة لإشارة مرغوبة من إشارة تداخل تُقدم كنسبة حماية أساسية، PR_{basic} (dB) لاحتمال مواقع بنسبة 50%. وبالنسبة لحالات القيم الأكبر لاحتمال الموقع، كما هو الحال بالنسبة إلى جميع أساليب الاستعمال، يستعمل ما يعرف بعامل التصحيح المركب للموقع CF بوحدات (dB) كهامش يتعين إضافته إلى نسبة الحماية الأساسية PR_{basic}، الصالحة بالنسبة لقيم شدة المجال المطلوبة وقيم شدة المجال غير المطلوبة، لنسبة الحماية $PR(p)$ المقابلة للنسبة p (%) المطلوبة من المواقع للخدمة المطلوبة.

$$PR(p)\ (\text{dB}) = PR_{basic}\ (\text{dB}) + CF(p)\ (\text{dB}) \qquad \text{من أجل } 50\% \le p \le 99\% \tag{10}$$

مع:

$$CF(p)\ (\text{dB}) = \mu(p)\sqrt{\sigma_w^2 + \sigma_n^2}\ (\text{dB}) \tag{11}$$

حيث σ_w وσ_n، وهما بوحدات (dB)، تشيران للانحراف المعياري لتغاير الموقع بالنسبة إلى الإشارتين المطلوبة وغير المطلوبة، على التوالي. وترد قيم σ_m وσ_n في الفقرة 2.8.3 لأنظمة إذاعية مختلفة باعتبارها σ_m.

9.3 تمييز الاستقطاب

لا يؤخذ في الاعتبار تمييز الاستقطاب بالنسبة لإجراءات التخطيط لأنظمة الإذاعة الصوتية الرقمية في نطاقات الموجات VHF لجميع أساليب الاستقبال.

4 معلمات نظام الراديو الرقمي العالمي (DRM) من أجل تنبؤات شدة المجال

يشير وصف معلمات النظام DRM إلى الأسلوب E من النظام DRM.

1.4 الأساليب ومعدلات الشفرة الخاصة بالحسابات

يعتمد العديد من المعلمات المشتقة على خصائص إشارة النظام DRM المرسلة. وللحد من عدد الاختيارات، تم اختيار مجموعتين نمطيتين من المعلمات كمجموعتين أساسيتين، انظر الجدول 40:

- **نظام DRM بالتشفير 4-QAM** كإشارة محمية حماية كبيرة بمعدل بيانات أقل يلائم إشارة صوتية قوية مع خدمة بيانات ذات معدل بيانات منخفض.
- **نظام DRM بالتشفير 16-QAM** كإشارة محمية حماية ضعيفة بمعدل بيانات عال يلائم العديد من الإشارات الصوتية أو لإشارة صوتية مع خدمة بيانات ذات معدل بيانات عالي.

الجدول 40

معدلات الشفرة MSC الخاصة بالحسابات

أسلوب الشفرة MSC	11 – 4-QAM	00 – 16-QAM
مستوى حماية الشفرة MSC	1	2
معدل الشفرة MSC (R)	1/3	1/2
أسلوب الشفرة SDC	1	1
معدل الشفرة SDC (R)	0,25	0,25
معدل البتات بالتقريب	kbit/s 49,7	kbit/s 149,1

2.4 معلمات تعدد الإرسال OFDM المتعلقة بالانتشار

ترد في الجدول 41 OFDM للنظام DRM.

الجدول 41

معلمات تعدد الإرسال OFDM

الفترة الزمنية الأساسية T	µs 83 1/3
فترة الجزء المفيد (التعامدي) $T_u = 27 \cdot T$	ms 2,25
فترة الفاصل الحارس $T_g = 3 \cdot T$	ms 0,25
فترة الرمز $T_s = T_u + T_g$	ms 2,5
T_g/T_u	1/9
فترة رتل الإرسال T_f	ms 100
عدد الرموز في الرتل N_s	40
عرض نطاق القناة B	kHz 96
المباعدة بين الموجات الحاملة $1/T_u$	Hz 444 4/9
مسافة رقم الموجة الحاملة	$K_{min} = -106$ و $K_{max} = 106$
الموجات الحاملة غير المستعملة	لا يوجد

3.4 إمكانية التشغيل بتردد وحيد

يمكن لمرسل النظام DRM العمل في شبكات وحيدة التردد (SFN). وتعتمد المسافة القصوى للمرسل التي يتعين عدم تجاوزها لتفادي التداخلات الذاتية على طول الفاصل الحارس OFDM. وحيث إن الطول T_g للفاصل الحارس للنظام DRM يساوي ms 0,25، فإن القيمة القصوى لتأخير الصدى، وبالتالي المسافة القصوى للمرسل تساوي km 75.

5 الحد الأدنى لمستوى قدرة دخل المستقبِل

للحصول على حلول فعالة من حيث التكلفة فيما يتعلق بمستقبلات النظام DRM، يفترض قيمة F لعامل ضوضاء المستقبل F_r تساوي dB 7.

وبفرض B = kHz 100 وT = K 290، تبلغ قيمة مستوى قدرة دخل الضوضاء الحرارية للمستقبل بالنسبة للأسلوب E من النظام DRM، Pn = −146,98 (dBW).

ويعطي المعيار DRM القيمة المطلوبة الدنيا للنسبة موجة حاملة إلى ضوضاء $(C/N)_{min}$ لتحقيق متوسط معدل خطأ في البتات مشفر BER بقيمة $1 \cdot 10^{-4}$ (bit) بعد مفكك شفرة القناة للنماذج المختلفة للقنوات. وتندرج تأثيرات النظام ضيق النطاق، مثل الخبوّ السريع، ضمن نماذج القنوات، وتدخل بالتبعية في القيم المحسوبة للنسبة $(C/N)_{min}$.

وهناك ثلاثة نماذج لقنوات خصصت لأساليب الاستقبال المعنية توفر الحد الأدنى اللازم للنسبة $(C/N)_{min}$، انظر الجدول 42.

الجدول 42

قيمة النسبة $(C/N)_{min}$ مع النماذج المختلفة للقنوات

أسلوب الاستقبال	نموذج القناة	قيمة النسبة $(C/N)_{min}$ من أجل (dB)	
		4-QAM و R = 1/3	16-QAM و R = 1/2
الاستقبال الثابت (FX)	القناة 7 (AWGN)	1,3	7,9
الاستقبال المحمول (PO وPI وPO-H وPI-H)	القناة 8 (urban@60 km/h)	7,3	15,4
الاستقبال المتنقل (MO)	القناة 11 (أراض جبلية)	5,5	12,8

واستناداً إلى القيم الواردة أعلاه، وبإدراج عامل خسارة التنفيذ، تم حساب الحد الأدنى لمستوى قدرة دخل المستقبل عند موقع الاستقبال للمخططين 4-QAM و16-QAM، انظر الجدولين 43 و44.

الجدول 43

الحد الأدنى لمستوى قدرة دخل $P_{s,\,min}$، للمخطط 4-QAM وR = 1/3

أسلوب الاستقبال		ثابت	محمول	متنقل
عامل ضوضاء المستقبل	(dB) F_r	7	7	7
مستوى قدرة دخل ضوضاء المستقبل	(dBW) P_n	146,98−	146,98−	146,98−
القيمة الدنيا التمثيلية للنسبة C/N	(dB) $(C/N)_{min}$	1,3	7,3	5,5
عامل خسارة التنفيذ	(dB) L_i	3	3	3
الحد الأدنى لقدرة دخل المستقبل	(dBW) $P_{s,\,min}$	142,68−	136,68−	138,48−

الجدول 44

الحد الأدنى لمستوى قدرة دخل المستقبل $P_{S,min}$ للمخطط 16-QAM وR = 1/2

أسلوب الاستقبال		ثابت	محمول	متنقل
عامل ضوضاء المستقبل	(dB) F_r	7	7	7
مستوى قدرة دخل ضوضاء المستقبل	(dBW) P_n	146,98−	146,98−	146,98−
القيمة الدنيا التمثيلية للنسبة C/N	(dB) $(C/N)_{min}$	7,9	15,4	12,8
عامل خسارة التنفيذ	(dB) L_i	3	3	3
الحد الأدنى لقدرة دخل المستقبل	(dBW) $P_{s,\,min}$	136,08−	128,58−	131,18−

6 الحد الأدنى لشدة المجال المطلوبة المستعملة في التخطيط

1.6 حساب الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال

يُحسب الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال على ارتفاع 10 m فوق مستوى الأرض لنسبة 50% من الوقت و50% من المواقع بالخطوات من 1 إلى 5 التالية:

1) تحديد مستوى قدرة دَخْل ضوضاء المستقبل P_n

$$P_n\ (\text{dBW}) = F\ (\text{dB}) + 10 \log_{10} (k \cdot T_0 \cdot B) \tag{12}$$

حيث:

F: عامل ضوضاء المستقبل (dB)

k: ثابت بولتزمان $k = 1{,}38 \times 10^{-23}$ (J/K)

T_0: درجة الحرارة المطلقة (K)

B: عرض نطاق ضوضاء المستقبل (Hz).

2) تحديد الحد الأدنى لمستوى قدرة دخل المستقبل $P_{s,\,min}$

$$P_{s,\,min}\ (\text{dBW}) = (C/N)_{min}\ (\text{dB}) + P_n\ (\text{dBW}) \tag{13}$$

حيث:

$(C/N)_{min}$: القيمة الدنيا للنسبة موجة حاملة إلى ضوضاء عند دخل مفكك مشفرة النظام DRM بوحدات (dB).

3) تحديد الحد الأدنى لكثافة تدفق القدرة (أي قيمة متجه بوينتنغ) عند مكان الاستقبال φ_{min}

$$\varphi_{min}\ (\text{dBW/m}^2) = P_{s,\,min}\ (\text{dBW}) - A_a\ (\text{dBm}^2) + L_f\ (\text{dB}) \tag{14}$$

حيث:

L_f: خسارة التغذية (dB)

A_a: الفتحة الفعالة للهوائي (dBm^2).

$$A_a\ (\text{dBm}^2) = 10 \cdot \log\left(\frac{1{,}64}{4\pi}\left(\frac{300}{f\ (\text{MHz})}\right)^2\right) + G_D\ (\text{dB}) \tag{15}$$

4) تحديد الحد الأدنى لجذر متوسط تربيع شدة المجال عند موقع هوائي الاستقبال E_{min}

$$E_{min}\ (\text{dB}(\mu\text{V/m})) = \varphi_{min}\ (\text{dBW/m}^2) + 10\log_{10}(Z_{F0})\ (\text{dB}\Omega) + 20\log_{10}\left(\frac{1V}{1\mu V}\right) \tag{16}$$

حيث:

$$Z_{F0} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} \approx 120\pi\ (\Omega)$$ (17)

المعاوقة المميزة في الفضاء الحر

ينتج عنها:

$$E_{min}\,(\mathrm{dB}\mu\,\mathrm{V/m}) = \varphi_{min}\,(\mathrm{dBW/m^2}) + 145.8\ \ (\mathrm{dB}\Omega)$$ (18)

5) تحديد الحد الأدنى لمتوسط جذر متوسط تربيع شدة المجال E_{med}

بالنسبة إلى سيناريوهات الاستقبال المختلفة، يُحسب الحد الأدنى لمتوسط جذر متوسط تربيع شدة المجال كالتالي:

للاستقبال الثابت: $$E_{med} = E_{min} + P_{mmn} + Cl$$ (19)

للاستقبال المحمول خارج المباني والمتنقل: $$E_{med} = E_{min} + P_{mmn} + C_l + L_h$$ (20)

للاستقبال المحمول داخل المباني: $$E_{med} = E_{min} + P_{mmn} + C_l + L_h + L_b$$ (21)

واستناداً إلى هذه المعادلات، تم حساب الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال لأساليب الاستقبال المحددة للمخططين 16-QAM و4-QAM بالنسبة إلى النطاقات VHF وI وII وIII، انظر الجداول من 43 إلى 48.

2.6 الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال بالنسبة للنطاق I من النطاق VHF

الجدول 45

الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال E_{med} للمخطط 4-QAM، R = 1/3 في النطاق I من النطاق VHF

تشكيل النظام DRM		4-QAM وR = 1/3					
حالة الاستقبال		FX	PI	PI-H	PO	PO-H	MO
الحد الأدنى لقدرة دخل المستقبل	(dBW) $P_{s,\,min}$	142,68−	136,68−	136,68−	136,68−	136,68−	138,48−
كسب الهوائي	(dBd) G_D	0,00	2,20−	22,76−	2,20−	22,76−	2,20−
الفتحة الفعالة للهوائي	(dBm^2) A_a	4,44	2,24	18,32−	2,24	18,32−	2,24
خسارة التغذية	(dB) L_c	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
القيمة الدنيا لكثافة تدفق القدرة في مكان الاستقبال	(dBW/m^2) φ_{min}	146,02−	138,92−	118,36−	138,92−	118,36−	140,50−
الحد الأدنى لشدة المجال عند هوائي الاستقبال	(dB(μV/m)) E_{min}	0,25−	6,85	27,41	6,85	27,41	5,27
هامش الضوضاء الاصطناعية	(dB) P_{mmn}	15,38	15,38	0,00	15,38	0,00	15,38
خسارة ارتفاع الهوائي	(dB) L_h	0,00	8,00	15,00	8,00	15,00	8,00
الخسارة الناتجة عن اختراق المباني	(dB) L_b	0,00	8,00	8,00	0,00	0,00	0,00
احتمال الموقع	%	*70*	*95*	*95*	*95*	*95*	*99*
عامل التوزيع	μ	*0,52*	*1,64*	*1,64*	*1,64*	*1,64*	*2,33*
الانحراف المعياري لشدة مجال النظام DRM	(dB) σ_m	*3,56*	*3,56*	*3,56*	*3,56*	*3,56*	*2,86*
الانحراف المعياري لهامش الضوضاء الاصطناعية	(dB) σ_{MMN}	*4,53*	*4,53*	*0,00*	*4,53*	*0,00*	*4,53*
الانحراف المعياري لقيمة الخسارة الناجمة عن اختراق المباني	(dB) σ_b	*0,00*	*3,00*	*3,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
عامل تصحيح الموقع	(dB) C_l	3,02	10,68	7,65	9,47	5,85	12,46
الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال	(dB(μV/m)) E_{med}	18,15	48,91	58,06	39,71	48,26	41,11

الجدول 46

الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال E_{med} للمخطط 16-QAM، R = 1/2 في النطاق I من النطاق VHF

تشكيل النظام DRM		16-QAM و R = 1/2					
حالة الاستقبال		FX	PI	PI-H	PO	PO-H	MO
الحد الأدنى لقدرة دخل المستقبل	(dBW) $P_{s,\,min}$	136,08−	128,58−	128,58−	128,58−	128,58−	131,18−
كسب الهوائي	(dBd) G_D	0,00	2,20−	22,76−	2,20−	22,76−	2,20−
الفتحة الفعالة للهوائي	(dBm^2) A_a	4,44	2,24	18,32−	2,24	18,32−	2,24
خسارة التغذية	(dB) L_c	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
القيمة الدنيا لكثافة تدفق القدرة في مكان الاستقبال	(dBW/m^2) φ_{min}	139,42−	130,82−	110,26−	130,82−	110,26−	133,20−
الحد الأدنى لشدة المجال عند هوائي الاستقبال	(dB(μV/m)) E_{min}	6,35	14,95	35,51	14,95	35,51	12,57
هامش الضوضاء الاصطناعية	(dB) P_{mmn}	15,38	15,38	0,00	15,38	0,00	15,38
خسارة ارتفاع الهوائي	(dB) L_h	0,00	8,00	15,00	8,00	15,00	8,00
الخسارة الناتجة عن اختراق المباني	(dB) L_b	0,00	8,00	8,00	0,00	0,00	0,00
احتمال الموقع	%	*70*	*95*	*95*	*95*	*95*	*99*
عامل التوزيع	μ	*0,52*	*1,64*	*1,64*	*1,64*	*1,64*	*2,33*
الانحراف المعياري لشدة مجال النظام DRM	(dB) σ_m	*3,56*	*3,56*	*3,56*	*3,56*	*3,56*	*2,86*
الانحراف المعياري لهامش الضوضاء الاصطناعية	(dB) σ_{MMN}	*4,53*	*4,53*	*0,00*	*4,53*	*0,00*	*4,53*
الانحراف المعياري لقيمة الخسارة الناجمة عن اختراق المباني	(dB) σ_b	*0,00*	*3,00*	*3,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
عامل تصحيح الموقع	(dB) C_l	3,02	10,68	7,65	9,47	5,85	12,46
الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال	(dB(μV/m)) E_{med}	24,75	57,01	66,16	47,81	56,36	48,41

3.6 الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال للنطاق II من النطاق VHF

الجدول 47

الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال E_{med} للمخطط 4-QAM، R = 1/3 في النطاق II من النطاق VHF

تشكيل النظام DRM		4-QAM و R = 1/3					
حالة الاستقبال		FX	PI	PI-H	PO	PO-H	MO
الحد الأدنى لقدرة دخل المستقبل	(dBW) $P_{s,\,min}$	−142,68	−136,68	−136,68	−136,68	−136,68	−138,48
كسب الهوائي	(dBd) G_D	0,00	−2,20	19,02−	−2,20	19,02−	−2,20
الفتحة الفعالة للهوائي	(dBm^2) A_a	0,70	−1,50	18,32−	−1,50	18,32−	−1,50
خسارة التغذية	(dB) L_c	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
القيمة الدنيا لكثافة تدفق القدرة في مكان الاستقبال	(dBW/m^2) φ_{min}	−141,97	−135,17	−118,35	−135,17	−118,35	−136,69
الحد الأدنى لشدة المجال عند هوائي الاستقبال	(dB(μV/m)) E_{min}	3,79	10,59	27,41	10,59	27,41	9,07
هامش الضوضاء الاصطناعية	(dB) P_{mmn}	10,43	10,43	0,00	10,43	0,00	10,43
خسارة ارتفاع الهوائي	(dB) L_h	0,00	10,00	17,00	10,00	17,00	10,00
الخسارة الناتجة عن اختراق المباني	(dB) L_b	0,00	9,00	9,00	0,00	0,00	0,00
احتمال الموقع	%	*70*	*95*	*95*	*95*	*95*	*99*
عامل التوزيع	μ	*0,52*	*1,64*	*1,64*	*1,64*	*1,64*	*2,33*
الانحراف المعياري لشدة مجال النظام DRM	(dB) σ_m	*3,80*	*3,80*	*3,80*	*3,80*	*3,80*	*3,10*
الانحراف المعياري لهامش الضوضاء الاصطناعية	(dB) σ_{MMN}	*4,53*	*4,53*	*0,00*	*4,53*	*0,00*	*4,53*
الانحراف المعياري لقيمة الخسارة الناجمة عن اختراق المباني	(dB) σ_b	*0,00*	*3,00*	*3,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
عامل تصحيح الموقع	(dB) C_l	3,10	10,91	7,96	9,73	6,25	12,77
الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال	(dB(μV/m)) E_{med}	17,32	50,92	61,37	40,74	50,66	42,27

الجدول 48

الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال E_{med} للمخطط 16-QAM، R = 1/2 في النطاق II من النطاق VHF

تشكيل النظام DRM		16-QAM و R = 1/2					
حالة الاستقبال		FX	PI	PI-H	PO	PO-H	MO
الحد الأدنى لقدرة دخل المستقبل	(dBW) $P_{s,\,min}$	136,08−	128,58−	128,58−	128,58−	128,58−	131,18−
كسب الهوائي	(dBd) G_D	0,00	2,20−	19,02−	2,20−	19,02−	2,20−
الفتحة الفعالة للهوائي	(dBm^2) A_a	0,70	1,50−	18,32−	1,50−	18,32−	1,50−
خسارة التغذية	(dB) L_c	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
القيمة الدنيا لكثافة تدفق القدرة في مكان الاستقبال	(dBW/m^2) φ_{min}	135,37−	127,07−	110,25−	127,07−	110,25−	129,39−
الحد الأدنى لشدة المجال عند هوائي الاستقبال	(dB(μV/m)) E_{min}	10,39	18,69	35,51	18,69	35,51	16,37
هامش الضوضاء الاصطناعية	(dB) P_{mmn}	10,43	10,43	0,00	10,43	0,00	10,43
خسارة ارتفاع الهوائي	(dB) L_h	0,00	10,00	17,00	10,00	17,00	10,00
الخسارة الناتجة عن اختراق المباني	(dB) L_b	0,00	9,00	9,00	0,00	0,00	0,00
احتمال الموقع	%	*70*	*95*	*95*	*95*	*95*	*99*
عامل التوزيع	μ	*0,52*	*1,64*	*1,64*	*1,64*	*1,64*	*2,33*
الانحراف المعياري لشدة مجال النظام DRM	(dB) σ_m	*3,80*	*3,80*	*3,80*	*3,80*	*3,80*	*3,10*
الانحراف المعياري لهامش الضوضاء الاصطناعية	(dB) σ_{MMN}	*4,53*	*4,53*	*0,00*	*4,53*	*0,00*	*4,53*
الانحراف المعياري لقيمة الخسارة الناجمة عن اختراق المباني	(dB) σ_b	*0,00*	*3,00*	*3,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
عامل تصحيح الموقع	(dB) C_l	3,10	10,91	7,96	9,73	6,25	12,77
الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال	(dB(μV/m)) E_{med}	23,92	59,02	69,47	48,84	58,76	49,57

4.6 الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال للنطاق III من النطاق VHF

الجدول 49

الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال E_{med} للمخطط 4-QAM وR = 1/3 في النطاق III من النطاق VHF

تشكيل النظام DRM		4-QAM وR = 1/3					
حالة الاستقبال		FX	PI	PI-H	PO	PO-H	MO
الحد الأدنى لقدرة دخل المستقبل	(dBW) $P_{s,\,min}$	142,68−	136,68−	136,68−	136,68−	136,68−	138,48−
كسب الهوائي	(dBd) G_D	0,00	2,20−	13,00−	2,20−	13,00−	2,20−
الفتحة الفعالة للهوائي	(dBm^2) A_a	5,32−	7,52−	18,32−	7,52−	18,32−	7,52−
خسارة التغذية	(dB) L_c	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
القيمة الدنيا لكثافة تدفق القدرة في مكان الاستقبال	(dBW/m^2) φ_{min}	135,35−	129,15−	118,35−	129,15−	118,35−	130,55−
الحد الأدنى لشدة المجال عند هوائي الاستقبال	(dB(μV/m)) E_{min}	10,41	16,61	27,41	16,61	27,41	15,21
هامش الضوضاء الاصطناعية	(dB) P_{mmn}	3,62	3,62	0,00	3,62	0,00	3,62
خسارة ارتفاع الهوائي	(dB) L_h	0,00	12,00	19,00	12,00	19,00	12,00
الخسارة الناتجة عن اختراق المباني	(dB) L_b	0,00	9,00	9,00	0,00	0,00	0,00
احتمال الموقع	%	*70*	*95*	*95*	*95*	*95*	*99*
عامل التوزيع	μ	*0,52*	*1,64*	*1,64*	*1,64*	*1,64*	*2,33*
الانحراف المعياري لشدة مجال النظام DRM	(dB) σ_m	*4,19*	*4,19*	*4,19*	*4,19*	*4,19*	*3,49*
الانحراف المعياري لهامش الضوضاء الاصطناعية	(dB) σ_{MMN}	*4,53*	*4,53*	*0,00*	*4,53*	*0,00*	*4,53*
الانحراف المعياري لقيمة الخسارة الناجمة عن اختراق المباني	(dB) σ_b	*0,00*	*3,00*	*3,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
عامل تصحيح الموقع	(dB) C_l	3,24	11,29	8,48	10,15	6,89	13,31
الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال	(dB(μV/m)) E_{med}	17,26	52,52	63,89	42,38	53,30	44,13

الجدول 50

الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال E_{med} للمخطط 16-QAM، R = 1/2 في النطاق III من النطاق VHF

تشكيل النظام DRM		16-QAM و R = 1/2					
حالة الاستقبال		FX	PI	PI-H	PO	PO-H	MO
الحد الأدنى لقدرة دخل المستقبل	(dBW) $P_{s,\ min}$	136,08−	128,58−	128,58−	128,58−	128,58−	131,18−
كسب الهوائي	(dBd) G_D	0,00	2,20−	13,00−	2,20−	13,00−	2,20−
الفتحة الفعالة للهوائي	(dBm^2) A_a	5,32−	7,52−	18,32−	7,52−	18,32−	7,52−
خسارة التغذية	(dB) L_c	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
القيمة الدنيا لكثافة تدفق القدرة في مكان الاستقبال	(dBW/m^2) φ_{min}	128,75−	121,05−	110,25−	121,05−	110,25−	123,25−
الحد الأدنى لشدة المجال عند هوائي الاستقبال	(dB(μV/m)) E_{min}	17,01	24,71	35,51	24,71	35,51	22,51
هامش الضوضاء الاصطناعية	(dB) P_{mmn}	3,62	3,62	0,00	3,62	0,00	3,62
خسارة ارتفاع الهوائي	(dB) L_h	0,00	12,00	19,00	12,00	19,00	12,00
الخسارة الناتجة عن اختراق المباني	(dB) L_b	0,00	9,00	9,00	0,00	0,00	0,00
احتمال الموقع	%	*70*	*95*	*95*	*95*	*95*	*99*
عامل التوزيع	μ	*0,52*	*1,64*	*1,64*	*1,64*	*1,64*	*2,33*
الانحراف المعياري لشدة مجال النظام DRM	(dB) σ_m	*4,19*	*4,19*	*4,19*	*4,19*	*4,19*	*3,49*
الانحراف المعياري لهامش الضوضاء الاصطناعية	(dB) σ_{MMN}	*4,53*	*4,53*	*0,00*	*4,53*	*0,00*	*4,53*
الانحراف المعياري لقيمة الخسارة الناجمة عن اختراق المباني	(dB) σ_b	*0,00*	*3,00*	*3,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
عامل تصحيح الموقع	(dB) C_l	3,24	11,29	8,48	10,15	6,89	13,31
الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال	(dB(μV/m)) E_{med}	23,86	60,62	71,99	50,48	61,40	51,43

7 وضع ترددات النظام DRM

صُمّم النظام DRM لكي يُستعمل على أي تردد مع قيود متغيّرة بشأن ترتيب القنوات وشروط الانتشار عبر كامل هذه النطاقات.

فبالنسبة إلى النطاقين I وII من النطاق VHF، توضع الترددات المركزية للنظام DRM على مسافة 100 kHz فيما بينها طبقاً لشبكة تردد تشكيل التردد (FM) في النطاق II من النطاق VHF. وتكون الترددات الاسمية للموجات الحاملة مبدئياً المضاعفات الصحيحة للقيمة 100 kHz. والنظام DRM مصمم للاستعمال بهذا النمط.

وبالنسبة إلى النطاق III من النطاق VHF، توضع الترددات المركزية للنظام DRM على مسافة 100 kHz فيما بينها بحيث تبدأ من 174,05 MHz مع المضاعفات الصحيحة للقيمة 100 kHz حتى نهاية النطاق III من النطاق VHF.

8 الإرسالات غير المطلوبة

1.8 القناع الطيفي خارج النطاق

من المهم وجود طيف كثافة القدرة عند خرج المرسل لتحديد التداخل من القناة المجاورة.

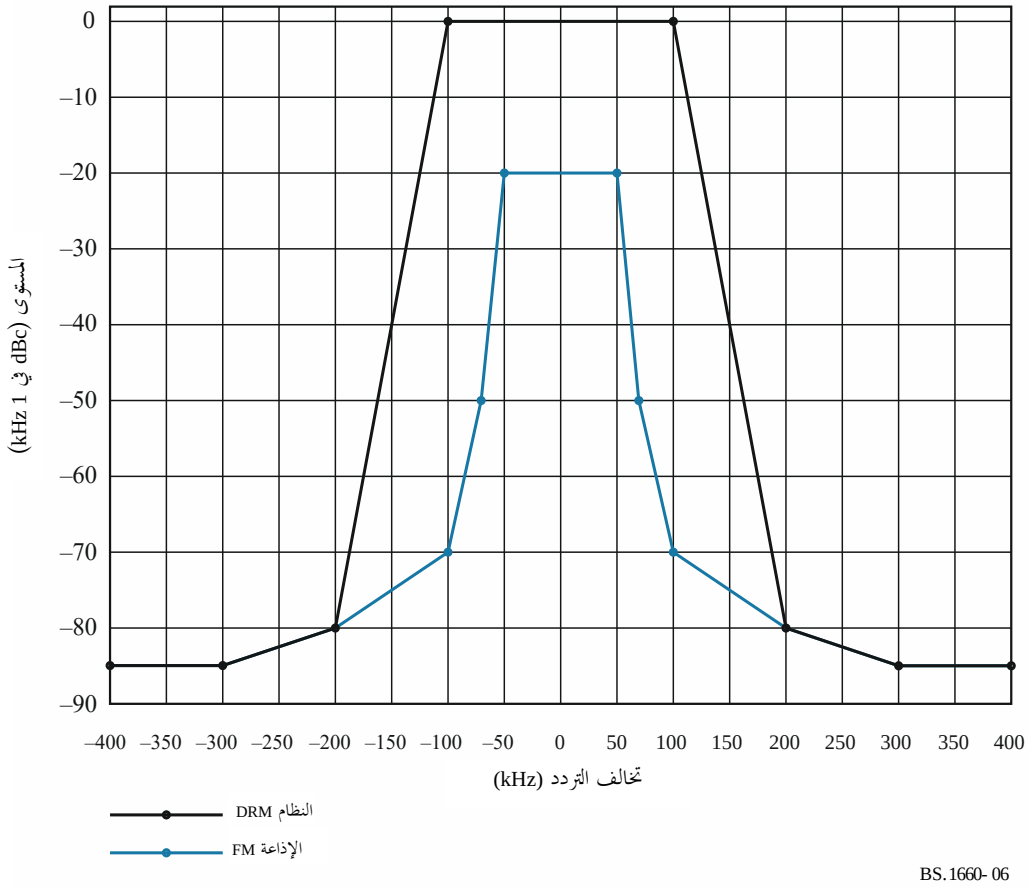
1.1.8 النطاقان I وII من النطاق VHF

يبين الشكل 6 والجدول 49 القناع الطيفي خارج النطاق للنظام DRM في النطاقين I وII من النطاق VHF، على التوالي، إلى جانب رؤوس القناع الطيفي المتماثل خارج النطاق لمرسِلات الإذاعة بتشكيل التردد (FM)[8] كشرط أدنى للمرسل، يحدد بالنسبة إلى عرض نطاق استبانة (RBW) مقداره 1 kHz.

[8] يرد في المعيار ETSI EN 302 018-2؛ مسائل التوافق الكهرمغنطيسي والطيف الراديوي (ERM)؛ معدات الإرسال للخدمة الإذاعية الصوتية بتشكيل التردد (FM).

الشكل 6

القناع الطيفي خارج النطاق للإذاعة بتشكيل التردد في النطاق II من النطاق VHF وللنظام DRM في النظامين I وII من النطاق VHF



الجدول 51

القناعان الطيفيان خارج النطاق للإذاعة FM في النطاق II من النطاق VHF وللنظام DRM في النطاقين I وII من النطاق VHF

القناع الطيفي (قناة kHz 100)/المستوى النسبي للإذاعة FM	
تخالف التردد (kHz)	المستوى (kHz 1)/(dBc)
0	0
50±	0
70±	0
100±	0
200±	80–
300±	85–
400±	85–

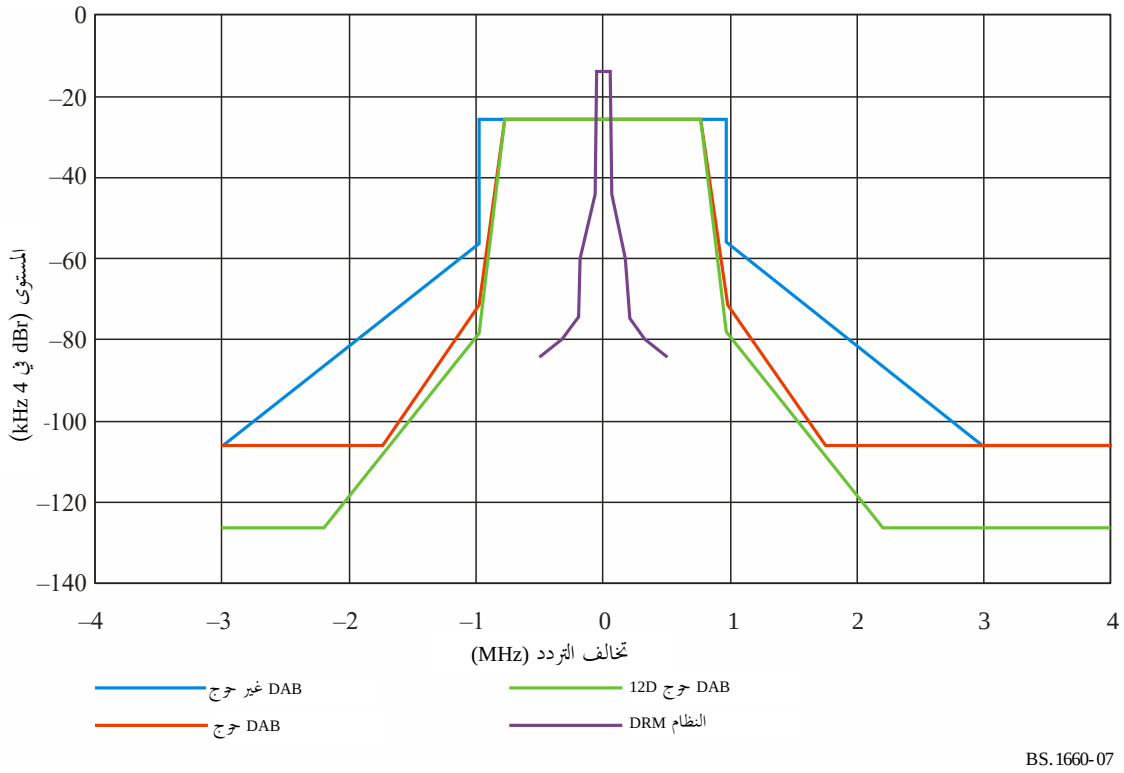
القناع الطيفي (قناة kHz 100)/المستوى النسبي للإذاعة DRM	
تخالف التردد (kHz)	المستوى (kHz 1)/(dBc)
0	20–
50±	20–
70±	50–
100±	70–
200±	80–
300±	85–
400±	85–

2.1.8 النطاق III من النطاق VHF

يعرض في الشكل 7 والجدول 52 قناع طيف خارج النطاق للنظام DRM في النطاق III من النطاق VHF، إلى جانب رؤوس القناعات الطيفية المتماثلة لمرسلات الإذاعة DAB[9] كشرط أدنى للمرسل، يحدد بالنسبة لعرض نطاق واستبانة (RBW) مقداره 4 kHz. ومن ثم تنتج القيمة −14 dBr للنظام DRM.

الشكل 7

الأقنعة الطيفية خارج النطاق للإذاعة DAB والنظام DRM في النطاق III من النطاق VHF



الجدول 52

الأقنعة الطيفية خارج النطاق للإذاعة DAB والنظام DRM في النطاق III من النطاق VHF

القناع الطيفي (قناة 1,54 MHz)/المستوى النسبي للإذاعة DAB (في 4 kHz)			
تخالف التردد (MHz)	المستوى (dBc) (حالات غير حرجة)	المستوى (dBc) (حالات حرجة)	المستوى (dBc) (حالات حرجة/12D)
0,77±	–	26–	26–
0,97± >	26–	–	–
0,97±	56–	71–	78–
1,75±	–	106–	–
2,2±	–	–	126–
3,0±	106–	106–	126–

القناع الطيفي (قناة 100 kHz)/المستوى النسبي للإذاعة DRM (في 4 kHz)	
تخالف التردد (kHz)	المستوى (dBc)
0	14–
50±	14–
60±	44–
181,25±	59–
200±	74–
300±	79–
500±	84–

[9] يرد في التوصية ITU-R BS.1660-3 – الأساس التقني لتخطيط الإذاعة الصوتية الرقمية للأرض في النطاق VHF.

2.8 نسب الحماية

تعرّف القيمة الدنيا المقبولة للنسبة بين الإشارة المطلوبة وإشارات التداخل اللازمة لحماية استقبال الإشارة المطلوبة بنسبة الحماية *PR* (dB). وتحدد قيم نسب الحماية كالتالي:

- نسبة الحماية الأساسية PR_{basic} لإشارة مطلوبة تتعرض للتداخل من إشارة غير مطلوبة في نسبة 50% من احتمال الموقع.
- عامل التصحيح المركب للموقع *CF* (dB)، كهامش يتعيّن إضافته إلى نسبة الحماية الأساسية بالنسبة إلى إشارة مطلوبة تتعرض للتداخل من إشارة غير مطلوبة وذلك من أجل حساب نسب الحماية عند قيمٍ لاحتمال الموقع تزيد عن 50%. وترد المعادلة المستخدمة في الحساب في الفقرة 3.8.3.
- نسبة الحماية المقابلة *PR*(*p*) لإشارة رقمية مطلوبة تتعرض للتداخل من إشارة غير مطلوبة عند قيمٍ لاحتمال الموقع تزيد عن 50%، مع مراعاة قيم احتمال الموقع الخاصة بأساليب الاستقبال المقابلة التي تفرض متطلبات حماية أكبر نتيجة للقيم الأعلى لاحتمال الموقع المطلوب حمايتها وعامل التصحيح المركب للموقع *CF* (dB) الذي سيكون مطلوباً بناءً على ذلك.

1.2.8 نسب الحماية للنظام DRM

1.1.2.8 نظام DRM يتعرض للتداخل من نظام DRM آخر

تسري نسبة الحماية الأساسية PR_{basic} للنظام DRM لجميع نطاقات النطاق VHF، انظر الجدول 53. وبالنسبة للحالات التي يختلف فيها الانحراف المعياري للنظام DRM في النطاقات المختلفة من النطاق VHF، فإن نسب الحماية المقابلة *PR*(*p*) تختلف في هذه النطاقات، انظر الجدول 54 للمخطط 4-QAM والجدول 53 للمخطط 16-QAM.

الجدول 53

نسب الحماية الأساسية PR_{basic} لنظام DRM يتعرض للتداخل من نظام DRM آخر

تخالف التردد (kHz)		0	100±	200±
نظام DRM (4-QAM وR = 1/3)	(dB) PR_{basic}	4	16−	40−
نظام DRM (16-QAM وR = 1/2)	(dB) PR_{basic}	10	10−	34−

الجدول 54

نسب الحماية المقابلة *PR*(*p*) لأساليب الاستقبال لنظام DRM (4-QAM و*R* = 1/3) يتعرض للتداخل من نظام DRM آخر

نطاق التردد المرجعي		MHz 65 النطاق I من النطاق VHF		
تخالف التردد (kHz)		0	100±	200±
استقبال ثابت (FX)	(dB) *PR*(*p*)	6,64	13,36−	37,36−
استقبال محمول (PO وPI وPO-H وPI-H)	(dB) *PR*(*p*)	12,27	7,73−	31,73−
استقبال متنقل (MO)	(dB) *PR*(*p*)	13,40	6,60−	30,60−

نطاق التردد المرجعي		MHz 100 النطاق II من النطاق VHF		
تخالف التردد (kHz)		0	100±	200±
استقبال ثابت (FX)	(dB) *PR*(*p*)	6,82	13,18−	37,18−
استقبال محمول (PO وPI وPO-H وPI-H)	(dB) *PR*(*p*)	12,84	7,16−	31,16−

استقبال متنقل (MO)	(dB) *PR*(*p*)	14,20	5,80−	29,80−

نطاق التردد المرجعي		MHz 200 النطاق III من النطاق VHF		
تخالف التردد (kHz)		0	100±	200±
استقبال ثابت (FX)	(dB) *PR*(*p*)	7,11	12,89−	36,89−
استقبال محمول (PO وPI وPO-H وPI-H)	(dB) *PR*(*p*)	13,75	6,25−	30,25−
استقبال متنقل (MO)	(dB) *PR*(*p*)	15,49	4,51−	28,51−

الجدول 55

نسب الحماية المقابلة (*PR*(*p*) لأساليب الاستقبال لنظام DRM (16-QAM و*R* = 1/2)
يتعرض للتداخل من نظام DRM آخر

نطاق التردد المرجعي		MHz 65 النطاق I من النطاق VHF		
تخالف التردد (kHz)		0	100±	200±
استقبال ثابت (FX)	(dB) *PR*(*p*)	12,64	7,36−	31,36−
استقبال محمول (PO وPI وPO-H وPI-H)	(dB) *PR*(*p*)	18,27	1,73−	25,73−
استقبال متنقل (MO)	(dB) *PR*(*p*)	19,40	0,60−	24,60−

نطاق التردد المرجعي		MHz 100 النطاق II من النطاق VHF		
تخالف التردد (kHz)		0	100±	200±
استقبال ثابت (FX)	(dB) *PR*(*p*)	12,82	7,18−	31,18−
استقبال محمول (PO وPI وPO-H وPI-H)	(dB) *PR*(*p*)	18,84	1,16−	25,16−
استقبال متنقل (MO)	(dB) *PR*(*p*)	20,20	0,20	23,80−

نطاق التردد المرجعي		MHz 200 النطاق III من النطاق VHF		
تخالف التردد (kHz)		0	100±	200±
استقبال ثابت (FX)	(dB) *PR*(*p*)	13,11	6,89−	30,89−
استقبال محمول (PO وPI وPO-H وPI-H)	(dB) *PR*(*p*)	19,75	0,25−	24,25−
استقبال متنقل (MO)	(dB) *PR*(*p*)	21,49	1,49	22,51−

2.1.2.8 نظام DRM يتعرض للتداخل من نظام إذاعة FM في النطاق II من النطاق VHF

ترد في الجدول 56 نسبة الحماية الأساسية PR_{basic} لنظام DRM يتعرض للتداخل من نظام إذاعة FM في النطاق II من النطاق VHF. وترد قيم نسب الحماية المقابلة *PR*(*p*) في الجدول 57 للمخطط 4-QAM وفي الجدول 58 للمخطط 16-QAM، على التوالي.

الجدول 56

نسب الحماية الأساسية PR_{basic} لنظام DRM يتعرض للتداخل من نظام إذاعة FM

تخالف التردد (kHz)		0	100±	200±
نظام DRM (4-QAM وR = 1/3) يتعرض للتداخل من نظام إذاعة FM (مجسم)	(dB) PR_{basic}	11	13−	54−
نظام DRM (16-QAM وR = 1/2) يتعرض للتداخل من نظام إذاعة FM (مجسم)	(dB) PR_{basic}	18	9−	49−

الجدول 57

نسب الحماية المقابلة $PR(p)$ لأساليب الاستقبال لنظام DRM (4-QAM وR = 1/3) يتعرض للتداخل من نظام إذاعة FM مجسّم

تخالف التردد (kHz)		0	100±	200±
الاستقبال الثابت (FX)	(dB) $PR(p)$	15,79	8,21−	49,21−
الاستقبال المحمول (PO وPI وPO-H وPI-H)	(dB) $PR(p)$	26,02	2,02	38,98−
الاستقبال المتنقل (MO)	(dB) $PR(p)$	31,61	7,61	33,39−

الجدول 58

نسب الحماية $PR(p)$ المقابلة لنظام DRM (16-QAM وR = 1/2) يتعرض للتداخل من نظام إذاعة FM مجسّم

تخالف التردد (kHz)		0	100±	200±
الاستقبال الثابت (FX)	(dB) $PR(p)$	22,79	4,21−	44,21−
الاستقبال المحمول (PO وPI وPO-H وPI-H)	(dB) $PR(p)$	33,02	6,02	33,98−
الاستقبال المتنقل (MO)	(dB) $PR(p)$	38,61	11,61	28,39−

3.1.2.8 نظام DRM يتعرض للتداخل من نظام DAB في النطاق III من النطاق VHF

يعرض الجدول 59 نسبة الحماية الأساسية PR_{basic} لنظام DRM يتعرض للتداخل من نظام DAB في النطاق III من النطاق VHF. فيما ترد قيم نسب الحماية المقابلة $PR(p)$ في الجدول 60 للمخطط 4-QAM والجدول 61 للمخطط 16-QAM، على التوالي.

الجدول 59

نسب الحماية الأساسية PR_{basic} لنظام DRM يتعرض للتداخل من نظام DAB

تخالف التردد (kHz)		0	100±	200±
نسب الحماية الأساسية لنظام DRM (4-QAM وR = 1/3)	(dB) PR_{basic}	7−	36−	40−
نسب الحماية الأساسية لنظام DRM (16-QAM وR = 1/2)	(dB) PR_{basic}	2−	18−	40−

الجدول 60

نسب الحماية المقابلة (*PR*(*p*)) لأساليب الاستقبال لنظام DRM (4-QAM و*R* = 1/3) يتعرض للتداخل من نظام DAB

تخالف التردد (kHz)		0	100±	200±
الاستقبال الثابت (FX)	(dB) *PR*(*p*)	3,37–	32,37–	50,37–
الاستقبال المحمول (PO وPI وPO-H وPI-H)	(dB) *PR*(*p*)	4,37	24,63–	42,63–
الاستقبال المتنقل (MO)	(dB) *PR*(*p*)	8,16	20,84–	38,84–

الجدول 61

نسب الحماية المقابلة (*PR*(*p*)) لأساليب الاستقبال لنظام DRM (16-QAM و*R* = 1/2) يتعرض للتداخل من نظام DAB

تخالف التردد (kHz)		0	100±	200±
الاستقبال الثابت (FX)	(dB) *PR*(*p*)	1,63	14,37–	45,37–
الاستقبال المحمول (PO وPI وPO-H وPI-H)	(dB) *PR*(*p*)	9,37	6,63–	37,63–
الاستقبال المتنقل (MO)	(dB) *PR*(*p*)	13,16	2,84–	33,84–

4.1.2.8 نظام DRM يتعرض للتداخل من نظام DVB-T في النطاق III من النطاق VHF

حيث إن آلية التأثير الخاصة بالنظام DAB تجاه النظام DRM مماثلة للآلية الخاصة بالنظام DVB-T، يُرى أنه يمكن افتراض نفس نسب الحماية الخاصة بنظام DRM يتعرض للتداخل من نظام DAB تنطبق على نظام DRM يتعرض للتداخل من نظام DVB-T، وذلك في النطاق III من النطاق VHF.

ومن أجل التصحيح للكثافة الطيفية للقدرة الأدنى لإشارة DVB–T لها نفس شدة المجال مقارنة بإشارة DAB، ينبغي استعمال عوامل التصحيح التالية على القدرة e.r.p. لإشارات التداخل قبل حساب شدة مجالها:

- 6,4 dB لإشارة DVB–T بعرض نطاق 7 MHz؛
- 6,9 dB لإشارة DVB–T بعرض نطاق 8 MHz.

2.2.8 نسب الحماية للأنظمة الإذاعية التي تتعرض للتداخل من نظام DRM

1.2.2.8 نسب الحماية لنظام الإذاعة FM في النطاق II من النطاق VHF

ترد معلمات إشارة النظام الإذاعي FM في التوصية ITU-R BS.412-9. ويشار في الملحق 5 بهذه التوصية إلى أن التداخلات يمكن أن تحدث من عمليات التشكيل البيني للإشارات FM القوية عند قيمٍ لتخالف التردد تزيد عن 400 kHz. وهذا التأثير الخاص بالتشكيل البيني من إشارة تداخل قوية في مدى يصل إلى 1 MHz بالنسبة للمباعدة الترددية، يتعين أخذه في الاعتبار عند تخطيط الأنظمة OFDM في النطاق II من النطاق VHF. وبالتالي، فإنه لا يدرج في الجدول 62 نسب الحماية الأساسية PR_{basic} في المدى من 0 kHz إلى ±400 kHz فقط، بل تدرج أيضاً نسب الحماية للمدى ±500 kHz والمدى ±1000 kHz، ويمكن اشتقاق هذه النسب للمدى من 600 إلى 900 kHz من خلال عملية استكمال داخل للقيم المدرجة في الجدول.

الجدول 62

نسب الحماية الأساسية PR_{basic} لنظام إذاعة FM يتعرض للتداخل من نظام DRM

تخالف التردد (kHz)		0	±100	±200	±300	±400	±500	±1000
نسبة الحماية الأساسية لنظام إذاعة FM (مجسم)	(dB) PR_{basic}	49	30	3	−8	−11	−13	−21

2.2.2.8 نسب الحماية لنظام DAB في النطاق III من النطاق VHF

ترد معلمات إشارة النظام DAB في التوصية ITU-R BS.1660-3. وينبغي لعملية التخطيط للنظام T-DAB أن تكون قادرة على معالجة الاستقبال المتنقل باحتمال موقع يبلغ 99% والاستقبال المحمول داخل المباني باحتمال موقع قيمته 95%، على التوالي[10]. وإضافة إلى ذلك، ترد قيم الاستقبال الثابت باحتمال موقع قيمته 70%.

وترد في الجدول 63 نسبة الحماية الأساسية PR_{basic} لنظام DAB يتعرض للتداخل من نظام DRM في النطاق III من النطاق VHF. وترد في الجدول 64 قيم نسب الحماية المقابلة $PR(p)$.

الجدول 63

نسب الحماية الأساسية PR_{basic} لنظام DAB يتعرض للتداخل من نظام DRM

تخالف التردد (kHz)		0	±100	±200
نسبة الحماية الأساسية للنظام T-DAB	(dB) PR_{basic}	10	−40	−40

الجدول 64

نسب الحماية المقابلة $PR(p)$ لأساليب الاستقبال المختلفة لنظام DAB يتعرض للتداخل من نظام DRM

تخالف التردد (kHz)		0	±100	±200
الاستعمال الثابت للنظام DAB	(dB) $PR(p)$	13,63	−36,37	−36,37
الاستعمال المحمول للنظام DAB	(dB) $PR(p)$	21,37	−28,63	−28,63
الاستقبال المتنقل للنظام DAB	(dB) $PR(p)$	25,16	−24,84	−24,84

بيبليوغرافيا

المعيار ETSI EN 201 1980؛ الراديو الرقمي العالمي (DRM)؛ مواصفة النظام.

[10] الوثائق الختامية للمؤتمر الإقليمي للاتصالات الراديوية المعني بتخطيط خدمة الإذاعة الرقمية للأرض في أجزاء من الإقليمين 1 و3 في نطاقي التردد 174-230 MHz و470-862 MHz (RRC-06).

الملحق 4

الأساس التقني لتخطيط النظام C للإذاعة الصوتية الرقمية للأرض (الراديو الرقمي الهجين) العاملة في النطاق II من نطاق الموجات المترية (VHF)

1 مقدمة

تستفيد التشكيلة الهجينة لنظام الراديو الهجين (HD) من التوزيعات القائمة للنطاق II من الموجات المترية وتدمج الخدمات السمعية وخدمات البيانات الجديدة مع للإذاعة التماثلية FM القائمة. ويحافظ تنفيذ تكنولوجيا IBOC على البث التماثلي بتردد يقع ضمن التخصيص الترددي الرئيسي، ويضيف إشارات رقمية متدنية المستوى مجاورة للإشارة التماثلية بشكل مباشر. ويمكن أن تكون هذه الإشارات الرقمية، المجاورة مباشرة للإشارة التماثلية، على أي من جانبي الإشارة التماثلية أو على كليهما. ويُعرف هذا النهج المشار إليه سابقاً باسم "تكنولوجيا الإرسال في نفس النطاق ونفس القناة (IBOC)"، وهو معرف في التوصية ITU-R BS.1114 بأنه النظام C.

وتحتفظ تكنولوجيا IBOC التي ينفذها نظام الراديو HD بقدرة الإشارة التماثلية وتضيف في الوقت نفسه موجات حاملة رقمية في عرض نطاق متحكم فيه وعلى مستويات متدنية للقدرة. ويسمح هذا التصميم بضبط عرض نطاق الإشارة الرقمية وقدرتها، مما يمكّن من إجراء تسويات قابلة للتحكم بين تغطية الإشارة الرقمية وتوفر القناة المجاورة.

ولأغراض نشر نظام الإذاعة FM باستخدام الراديو HD في النطاق II من الموجات المترية، ينبغي مراعاة بعض جوانب أداء الاستقبال.

ويقدم هذا الملحق ملخصاً للمتطلبات التي تسمح بالحصول على أداء مناسب للاستقبال. ويتبع التحليل التوجيهات الواردة في وثائق المتطلبات المطبقة. وكتدبير تكميلي وحيثما ينطبق ذلك، يتبع التحليل وثائق وممارسات توجيهية مطبقة أخرى واردة من أقاليم الاتحاد 1 و2 و3 ومن الولايات المتحدة الأمريكية.

2 التشكيلات والتعاريف

صُمم نظام الراديو HD بطريقة تسمح بتشكيلات عديدة. وتتيح هذه التشكيلات حالات مختلفة لعرض النطاق وموقع الترددات ودمج النطاقات والصبيب. وترد هذه التشكيلات في وثائق معيارية من قبيل المعيار NRSC-5-D أو في وثائق تصميم أخرى. وعلى الرغم من أن هذا النظام يتيح تشكيلات متعددة، فإن مجموعة فرعية فقط تنفَّذ تنفيذاً أولياً ويُقترح نشرها في أقاليم الاتحاد 1 و2 و3. ومع ذلك، قد تنفَّذ في المستقبل تشكيلات إضافية في مكان أو في آخر، وفقاً لما هو مناسب. ويرد في هذا الملحق وصف موجز لمجموعة فرعية من هذه التشكيلات إلى جانب معلمات التخطيط وجوانب النشر المقدمة.

1.2 تشكيلات نظام الراديو الرقمي الهجين (HD)

يشمل هذا التحليل التشكيلات التي تُعتبر مناسبة للنشر الأولي في أقاليم الاتحاد 1 و2 و3. وقد يُنظر مستقبلاً في نشر تشكيلات إضافية في أقاليم الاتحاد 1 و2 و3. وبالتالي، يمكن توسيع نطاق التحليل ليشمل هذه التشكيلات الإضافية.

ويمكن أن يكون الهدف من تشكيل النظام هو استخدام فدرة واحدة من الترددات تستعمل عرض نطاق للإشارة الرقمية مقداره 70 kHz، أو فدرة واحدة من الترددات تستعمل عرض نطاق للإشارة الرقمية مقداره 100 kHz. وتحدَّد التشكيلة بأساليب النظام وتتيح توليفات متنوعة للقنوات المنطقية ومعدلات البتات ومستويات الحماية.

وعندما يكون الهدف من تشكيل النظام هو استخدام فدرة واحدة من الترددات تستعمل عرض نطاق للإشارة الرقمية مقداره 70 kHz، فإن من الممكن تشكيل هذا النظام بالأسلوب MP9. وبالتالي، يستعمل النظام القناة المنطقية P1 ويوفر صبيباً (معدل بتات صافياً) بمقدار 98,3 kbit/s. والتشكيل المستعمل في هذه الحالة هو QPSK.

وعندما يكون الهدف من تشكيل النظام هو استخدام فدرة واحدة من الترددات تستعمل عرض نطاق للإشارة الرقمية مقداره 100 kHz، فإن من الممكن تشكيل هذا النظام بالأسلوب MP12 أو الأسلوب MP19، مما يسمح بالموازنة بين الصبيب (معدل البتات الصافي) والمقاومة. وعندما يشكَّل النظام بالأسلوب MP12، فإنه يستعمل القناة المنطقية P1 ويوفر صبيباً (معدل بتات صافياً) بمقدار 98,3 kbit/s. وعندما يشكَّل بالأسلوب MP19، فإنه يستعمل القناتين المنطقيتين P1 وP3 ويوفر صبيباً (معدل بتات صافياً) بمقدار 122,9 kbit/s. والتشكيل المستعمل في هذه الحالة هو QPSK.

ويدعم نظام الراديو HD التشكيلات المشتركة لنطاقين رقميين. ويعامل هذان النطاقان الرقميان كإشارتين مستقلتين في سياق التخطيط والتقاسم والتوافق فيما يتعلق بالنطاق II. وتتيح التشكيلات المشتركة مزيداً من المقاومة أو تدعم صبيباً (معدل بتات صافياً) أعلى. وعندما يكون الهدف من تشكيل النظام هو استخدام عرضيْ نطاق مقدار كلٍّ منهما 70 kHz، فإن من الممكن تشكيل هذا النظام بالأسلوب MP1. وبالتالي، يستعمل النظام القناة المنطقية P1 ويوفر صبيباً (معدل بتات صافياً) بمقدار 98,3 kbit/s. وعندما يكون الهدف من تشكيل النظام هو استخدام عرضيْ نطاق مقدار كلٍّ منهما 100 kHz، فإن من الممكن تشكيل هذا النظام بالأسلوب MP11. وبالتالي، يستعمل النظام القنوات المنطقية P1 وP3 وP4 ويوفر صبيباً (معدل بتات صافياً) بمقدار 147,5 kbit/s.

وتلخَّص الخصائص الأساسية لتشكيلات نظام الراديو HD (أساليب التشغيل) في الجدول 65.

الجدول 65

خصائص أساليب التشغيل المختلفة لنظام الراديو HD

أسلوب النظام	عرض النطاق المستعمل (kHz)	معدل البتات الإجمالي[1]	القناة P1		القناة P3		القناة P4		تعليقات
			معدل الشفرة	معدل البتات[1]	معدل الشفرة	معدل البتات[1]	معدل الشفرة	معدل البتات[1]	مدة المشذر
MP9	70	98,3	4/5	98,3	–	–	–	–	P1: ~1,5 s
MP12	100	98,3	4/7	98,3	–	–	–	–	P1: ~1,5 s؛ تأخير إضافي ناجم عن التنوع
MP19	100	122,9	4/5	98,3	1/2	24,6	–	–	P1: ~1,5 s؛ P3: ~3 s
MP1[2]	70 × 2	98,3	2/5	98,3	–	–	–	–	P1: ~1,5 s
MP11[2]	100 × 2	147,5	2/5	98,3	1/2	24,6	1/2	24,6	P1: ~1,5 s؛ P4/P3: ~3 s

[1] تشير معدلات البتات إلى الصبيب (معدل البتات "الصافي") في طبقة التطبيق ولا تشمل الصبيب الإضافي المستعمل في الطبقة المادية.

[2] تشكيل مشترك لفدرتين من الإشارات الرقمية لتحسين الأداء أو الخصائص الوظيفية. ويمكن ضبط الفدرتين الرقميتين بشكل مستقل فيما يتعلق بمستوى القدرة.

وترد في الجدول 66 معلمات إضافية لإشارات نظام الراديو HD (الطبقة المادية) فيما يتعلق بالنطاق II من الموجات المترية.

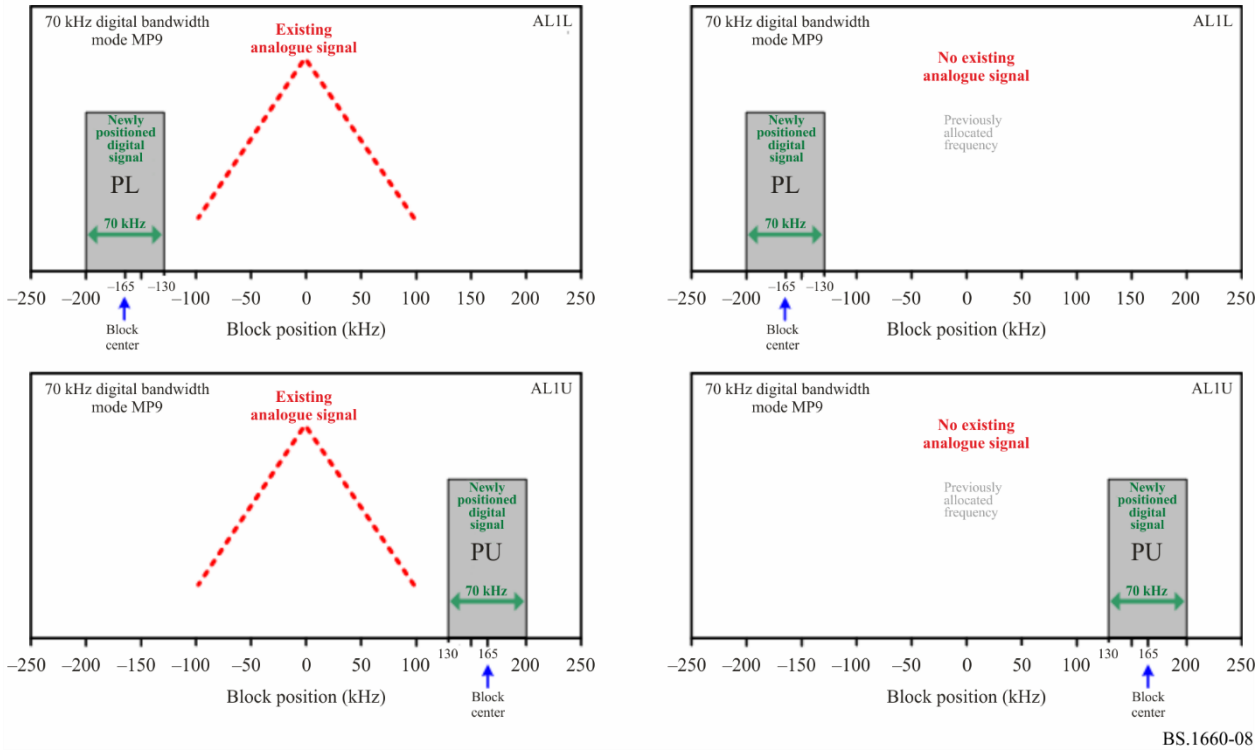
الجدول 66

معلمات الطبقة المادية لنظام الراديو HD

اسم المعلمة	القيمة المحسوبة (مقرَّبة)
عرض السابقة الدورية α	ms 0,1586
مدة الرمز (مع السابقة) *Ts*	ms 2,902
عدد الرموز في الفدرة	32
مدة الفدرة Tb	ms 9,288
عدد الفدرات في الإطار	16
مدة الإطار T_f	s 1,486
المباعدة بين الموجات الحاملة الفرعية Δf	Hz 363,4
عدد الموجات الحاملة	النطاق 70 kHz: 191 النطاق 100 kHz: 267
عرض النطاق المستعمل	النطاق 70 kHz: kHz 69,4 النطاق 100 kHz: kHz 97,0

الشكل 8

أمثلة عن موقع الفدرة الرقمية باستخدام عرض نطاق مقداره 70 kHz لنظام الراديو HD



ملاحظة – يُستخدم الرمزان PL وPU للإشارة إلى الموقعين الأدنى والأعلى (على التوالي) للفدرة الرقمية. وهذا الاستخدام لأغراض عملية فقط ولا يشير إلى أي اختلاف فعلي في الإشارة.

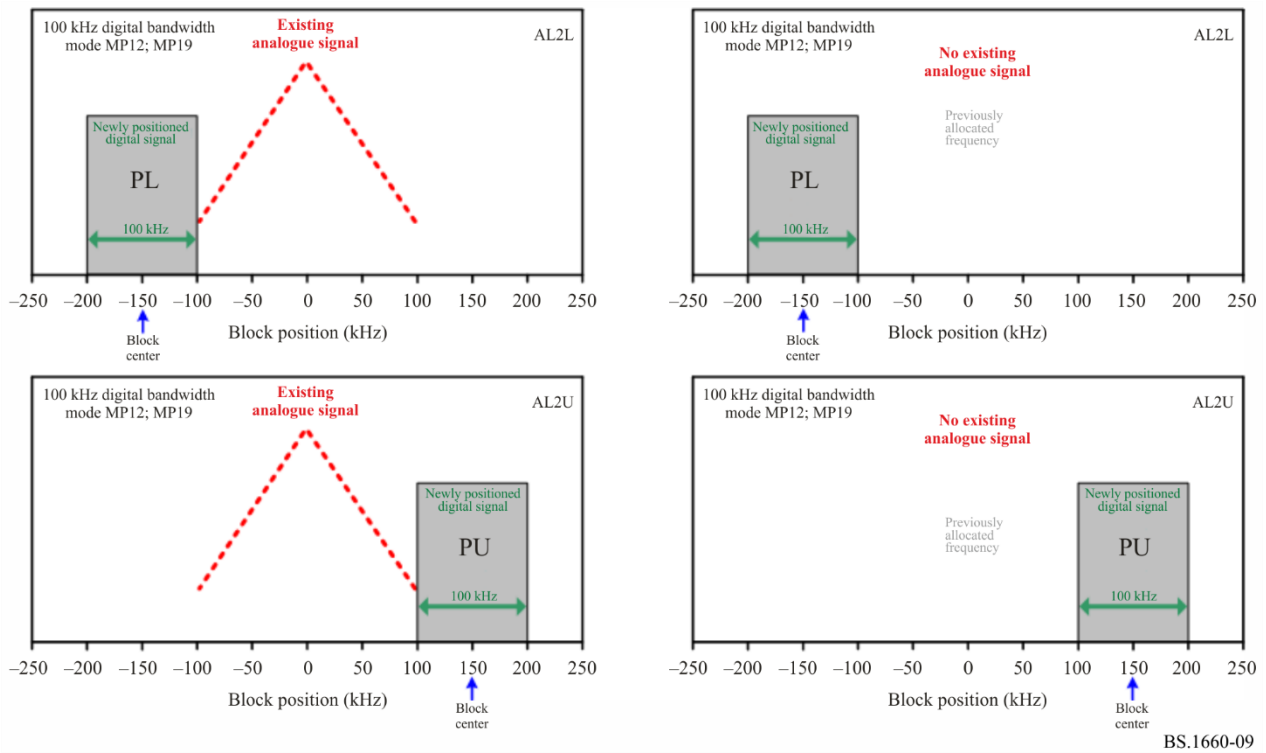
في الولايات المتحدة الأمريكية، يستند ترتيب القنوات الأساسية في النطاق II للموجات المترية إلى مباعدة قدرها 200 kHz.ويفترض نظام الراديو HD أن فدرات الإشارة الرقمية توجد في مواقع محددة مسبقاً. وكما يتضح من المخططات الواردة في الشكلين 8 و9، لا تتمركز هذه المواقع في 200 kHz وإنما توجد ضمن هذه المباعدة. ويجدر بالإشارة أن موقع الفدرة عند 0 kHz في الأشكال الواردة أدناه يقابل التردد التماثلي المرجعي لإشارة الراديو HD.

ويمكن أن يمثّل التردد التماثلي المرجعي إشارة مضيفة تماثلية فعلية عند التشغيل بتشكيلة هجينة واستخدام تركيبة إما من إشارتين (نطاق تماثلي ونطاق رقمي) أو من ثلاث إشارات (نطاق تماثلي ونطاقان رقميان). ويمكن أن يمثّل التردد المرجعي التماثلي التردد المركزي لنطاقٍ خالٍ أو لإشارة تماثلية مضيفة موجودة سابقاً بينما يعمل النظام بجميع التشكيلات الرقمية. وهذا يبين أيضاً أن انتقالاً من التشكيلة الهجينة إلى جميع التشكيلات الرقمية لا يغير بالضرورة توزيع الإشارة الرقمية أو تشكيلتها. ومن المتوقع عملياً أن يؤدي ذلك إلى تزايد قدرة الإشارة الرقمية.

وتسمح التشكيلات الإضافية بتوسيع تركيبة الإشارة حيث فدرتان رقميتان عرض نطاق كل منهما 70 kHz كما هو مبين في الشكل 10، أو فدرتان للإشارة الرقمية عرض نطاق كلٍّ منهما 100 kHz كما هو مبين في الشكل 11 تُستخدمان معاً لإتاحة مزيد من الخيارات للموازنة بين الصبيب (معدل البتات الصافي) والمقاومة.

الشكل 9

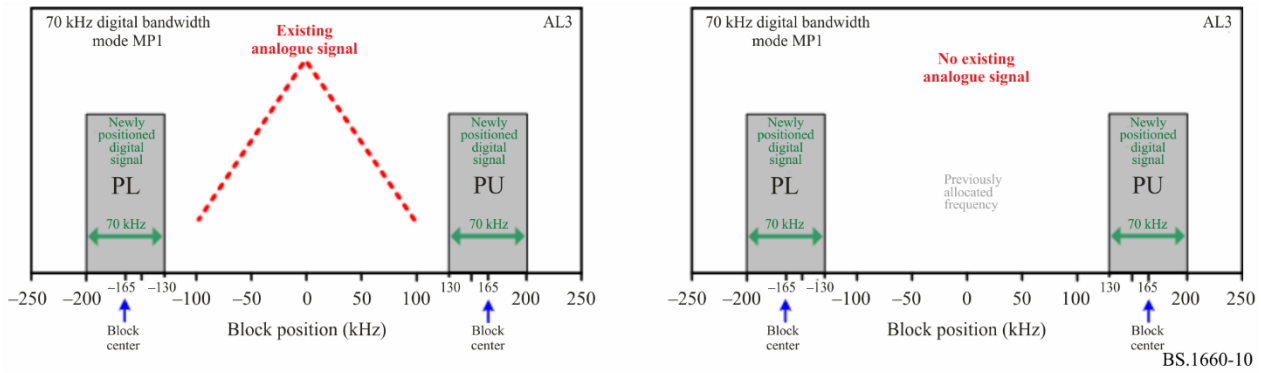
أمثلة عن موقع الفدرة الرقمية باستخدام عرض نطاق مقداره 100 kHz لنظام الراديو HD



ملاحظة – يُستخدم الرمزان PL وPU للإشارة إلى الموقعين الأدنى والأعلى (على التوالي) للفدرة الرقمية. وهذا الاستخدام لأغراض عملية فقط ولا يشير إلى أي اختلاف فعلي في الإشارة.

الشكل 10

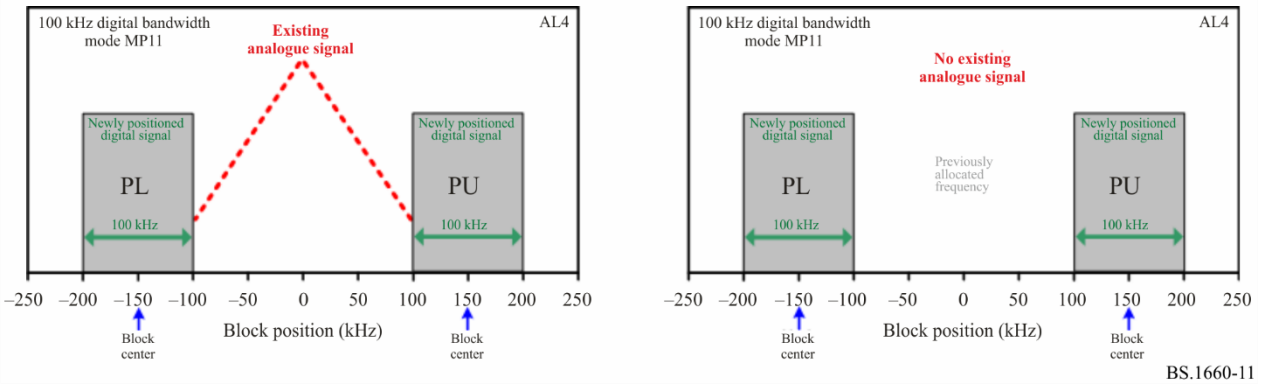
أمثلة عن موقع الفدرة الرقمية باستخدام عرضيْ نطاق مقدار كلٍّ منهما 70 kHz لنظام الراديو HD



ملاحظة – يُستخدم الرمزان PL وPU للإشارة إلى الموقعين الأدنى والأعلى (على التوالي) للفدرة الرقمية. وهذا الاستخدام لأغراض عملية فقط ولا يشير إلى أي اختلاف فعلي في الإشارة.

الشكل 11

أمثلة عن موقع الفدرة الرقمية باستخدام عرضيْ نطاق مقدار كلٍّ منهما 100 kHz لنظام الراديو HD



ملاحظة – يُستخدم الرمزان PL وPU للإشارة إلى الموقعين الأدنى والأعلى (على التوالي) للفدرة الرقمية. وهذا الاستخدام لأغراض عملية فقط ولا يشير إلى أي اختلاف فعلي في الإشارة.

3 معلمات التحليل

يقدَّم الأداء في سيناريوهات وظروف استقبال عديدة. وتتعلق الظروف بمسير الإشارة وسيناريو الاستقبال المحدَّد وفئة جهاز الاستقبال.

ويقتضي التحليل الصحيح لأداء الاستقبال في مختلف أساليب الاستقبال وظروفه تطبيق بعض عوامل التصحيح على حسابات الحد الأدنى (المتوسط) المطلوب لشدة المجال، مع أخذ قدرة الإشارة المستقبَلة في الاعتبار. وترد أسس هذه التصحيحات في المرجع [5]. ومع ذلك، تُسنبط بعض التعديلات المتعلقة بالسيناريوهات التي لا يغطيها المرجع [5] من التكنولوجيات والبيئات ذات الصلة، على النحو المشار إليه حسب الاقتضاء.

ويمكن تقسيم عوامل التصحيح إلى مجموعتين. تتعلق المجموعة الأولى بمسير الإشارة ومكان الاستقبال، وهي مستقلة عن التنفيذ المحدَّد للمستقبِل. ويمكن أن تتعلق المجموعة الثانية بمنهجية محددة لتصميم المستقبِل والحاجة إلى تحليله وفقاً لذلك.

1.3 أساليب الاستقبال

يمكن التمييز إجمالاً بين ستة أساليب استقبال تشمل الاستقبال الثابت والاستقبال المحمول والاستقبال المتنقل، ويخضع الاستقبال المحمول بدوره لتقسيم فرعي.

ويراعي توفر الاستقبال على النحو الذي يتناوله الاتحاد في المرجعين [5] و[2] بعض المديات المئوية للوقت والأمكنة ولكنه لا يحاول معالجة الأساليب العملية أو سيناريوهات الاستعمال بجزء مئوي محدَّد أو متطلبات دنيا. لذلك، يستمد التحليل متطلبات التوفر من مناطق البث وتكنولوجياته الأخرى ذات الصلة، وأفضل الممارسات المعترف بها على نطاق واسع.

1.1.3 الاستقبال الثابت (FX)

يُعرّف الاستقبال الثابت بأنه الاستقبال الذي يُستخدم فيه هوائي استقبال مثبّت على مستوى السطح (أي استقبال بهوائي ثابت). وعند حساب مستويات شدة المجال المطلوبة لاستقبال الهوائي الثابت، يُفترض أن ارتفاع هوائي الاستقبال يساوي 10 m فوق مستوى الأرض، وفقاً للمرجعين [5] و[2]. ومع ذلك، تُعتبر نسبة 50% المشار إليها غالباً في المرجع [5] كاحتمال للموقع غير كافية. وبدلاً من ذلك، يُفترض احتمال للموقع بنسبة 70% للحصول على استقبال "مقبول" على النحو المقترح في المرجعين [13] و[12].

2.1.3 الاستقبال المحمول

يُعرَّف الاستقبال المحمول بأنه الاستقبال الذي يُستخدم فيه جهاز استقبال محمول. ويمكن أن يكون هذا الجهاز المحمول أيضاً جهازاً محمولاً باليد. وهذا يعني استخدام هوائي محمول صغير وذي أداء محدود على ارتفاع محدود فوق مستوى الأرض. وكما أشير في المرجعين [13] و[12]، يمكن أن تؤدي توليفات مختلفة للهوائي والمواقع إلى أساليب استقبال مختلفة.

بدلالة الموقع، وفيما يتعلق بالسرعة والهوائي المستخدم، يمكن تمييز الأساليب التالية:

- الاستقبال المحمول/بجهاز محمول باليد خارج المباني
  - على ارتفاع لا يقل عن 1,5 m فوق مستوى الأرض، في حالة سكون أو بسرعة منخفضة جداً
  - باستعمال هوائي خارجي (أي هوائي تلسكوبي، سماعات رأس سلكية، إلخ.)
- الاستقبال المحمول/بجهاز محمول باليد داخل المباني
  - على ارتفاع لا يقل عن 1,5 m فوق مستوى الأرض، ساكن أو بسرعة منخفضة جداً
  - باستعمال هوائي خارجي (أي هوائي تلسكوبي أو سماعات رأس سلكية، إلخ.) أو هوائي مُدمج
  - في الطابق الأرضي، في غرفة توجد فيها نافذة على جدار خارجي
- بدلالة الموقع وجودة الاستقبال المتصورة/المرغوبة، يمكن تمييز الأساليب التالية:
- شبه ساكن
  - حوالي 0,5 m x 0,5 m، باستعمال هوائي يتحرك ضمن مسافة تصل إلى 0,5 m
  - استقبال بنسبة 99%
- منطقة صغيرة
  - حوالي 100 m x 100 m
  - استقبال بنسبة 95%
- منطقة كبيرة
  - تتكون من مجموع المناطق الصغيرة

3.1.3 الاستقبال المتنقل

يُعرَّف الاستقبال المتنقل بأنه الاستقبال باستخدام مستقبِل متحرك بسرعات تتراوح تقريباً بين 2 km/h و300 km/h.وتحظى السرعات المتراوحة بين 50 km/h و60 km/h باهتمام خاص لأنها قد تمثل حركة المركبات الحضرية. وفيما يتعلق بفئة الاستقبال هذه، يُعتبر الهوائي متوائماً ومثبَّتاً على ارتفاع لا يقل عن 1,5 m فوق مستوى الأرض. وعلى الرغم من عدم تناول المرجع [5] بشكل محدد لاحتمال الموقع وإن كان يسمح به ويقدم إرشادات صالحة للحسابات، فإنه يُفترض احتمال لموقع الاستقبال بنسبة 99% لضمان استقبال "جيد". ويحظى هذا الخيار بتأييد في المرجعين [13] و[12] أيضاً.

وبهدف تغطية جميع التوليفات المشار إليها باستعمال أقل عدد ممكن من الحالات وتقديم سيناريوهات استقبال واقعية في نفس الوقت، تحلَّل ستة أساليب استقبال فقط، على النحو المبين في الجدول 67.

الجدول 67

تعريف أساليب الاستقبال من أجل تحليل الأداء

أسلوب الاستقبال	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
نوع الهوائي	ثابت	مثبَّت	خارجي	خارجي	مُدمَج	مُدمَج
الموقع	خارج المباني	خارج المباني	خارج المباني	داخل المباني	خارج المباني	داخل المباني
السرعة (km/h)	0 (سكون)	2-150	2 (مشي)	0 (شبه سكون)	2 (مشي)	0 (شبه سكون)
نسبة الاستقبال	%70	%99	%95	%99	%95	%99

2.3 عوامل التصحيح المتعلقة بموقع الاستقبال

يقدم هذا القسم الأساس لحسابات عوامل التصحيح المتعلقة فقط بمسير الإشارة وموقع الاستقبال.

1.2.3 التردد المرجعي

تقدَّم عوامل التصحيح والتحليل المتعلق بها من أجل تردد مرجعي f = 100 MHz.

2.2.3 خسارة التغذية

تمثل خسارة التغذية L_f توهين الإشارة من هوائي الاستقبال إلى دخل التردد الراديوي للمستقبِل. ولا يتناول المرجع [5] هذه الخسارة ولكنها ترد تحديداً في المرجع [13] من أجل التردد المرجعي f = 200 MHz. وبما أن هذه الخسارة متناسبة مع f_2، فإنها تعدَّل وفقاً للتردد المرجعي على النحو المبين في الجدول 68.

الجدول 68

خسارة التغذية مقابل أسلوب الاستقبال

	FX	MO	PO، PI، H-PO، H-PI
طول الكبل (m)	10	2	0
خسارة التغذية، L_f (dB)	1,4	0,3	0

3.2.3 الخسارة الناجمة عن الارتفاع

يرتبط الارتفاع الفعلي لهوائي الاستقبال بأسلوب الاستقبال. فيما يتعلق بالاستقبال المتنقل والاستقبال المحمول، يُفترض ارتفاع لهوائي الاستقبال مقداره 1,5 m فوق مستوى الأرض (خارج المباني) أو فوق مستوى الطابق (داخل المباني). وتُعطي الطرق المستخدمة للتنبؤ بالانتشار قيم شدة المجال عادة عند ارتفاع مقداره 10 m. ولتصحيح القيمة المتنبأ بها من 10 m إلى 1,5 m فوق مستوى الأرض، يتعيّن تطبيق عامل تصحيح للخسارة الناجمة عن الارتفاع L_h (dB). ويمكن حساب الخسارة الناجمة عن الارتفاع في النطاق II للموجات المترية باستخدام المرجع [5]. ومع ذلك، يمكن أن ينطبق التصحيح المقترح على هوائي في وضع محدد قد يُعتبر مقبولاً في بعض حالات الاستقبال المحمول. وقد لا يمثل هذا بشكل صحيح حالات أخرى مثل حالات الأجهزة المحمولة باليد حيث يتغير وضع الهوائي (الاتجاه المكاني) ويؤثر على الارتفاع الفعلي. ويشير المرجع [12] إلى سيناريوهات أكثر واقعية وخسارات قابلة للتطبيق في النطاق II للموجات المترية. ويرد في الجدول 69 عامل تصيح الخسارة الناجمة عن الارتفاع الناتج L_h لجميع أساليب الاستقبال.

الجدول 69

عامل تصحيح الخسارة الناجمة عن الارتفاع

	FX، MO، PO، PI	**H-PO، H-PI**
الخسارة الناجمة عن الارتفاع، L_h (dB)	10	17

4.2.3 الخسارة الناجمة عن اختراق المباني

تشير الخسارة الناجمة عن اختراق المباني إلى النسبة المتوسطة بين متوسط شدة المجال داخل مبنى معين ومتوسط شدة المجال خارج المبنى، على نفس الارتفاع فوق مستوى الأرض. ولم يقدم الاتحاد أي توصيات مباشرة بشأن قيم الخسارة الناجمة عن الاختراق المطبقة في النطاق II للموجات المترية. وأدت أنشطة ووثائق حديثة (المرجعان [13] و[12]) إلى تحديد قيم موصى بها من أجل النطاق III للموجات المترية. وكما أشير في المرجع [13]، تنطبق هذه القيم على مجموعة الترددات الواسعة في النطاق III للموجات المترية. ولذلك، يُفترض أن هذه القيم تنطبق أيضاً على النطاق II للموجات المترية، وهي ترد في الجدول 70.

الجدول 70

عوامل تصحيح الخسارة الناجمة عن اختراق المباني

الخسارة الناجمة عن اختراق المباني، L_b (dB)	**الانحراف المعياري للخسارة الناجنة عن اختراق المباني، σ_b (dB)**
9	3

5.2.3 خسارة التنفيذ

تشير خسارة التنفيذ، على النحو المبين في هذه التوصية، إلى عامل التصحيح المطبق على الحد الأدنى لقدرة الدخل للتعويض عن المستقبِل غير النموذجي. ويمكن يتم اختيار هذا العامل بشكل غير موضوعي. فبالنسبة للمستقبلات المتسعة من الداخل (أي دارات الاستقبال غير المحدودة كثيراً بحجم الجهاز) وغير المقيَّدة من حيث القدرة (أي يمكنها النفاذ بشكل ثابت أو متواتر إلى مصدر طاقة مستدام)، عادةً ما تكون قيمة هذه الخسارة هي 3 dB.

ويمكن أن تتعرض المستقبلات الصغيرة المتقدمة والمدمجة بدرجة عالية، من قبيل الأجهزة المحمولة باليد ولا سيما المستقبلات المدمجة في الهواتف الذكية، لخسارات تنفيذ أعلى. وقد تعزى هذه الخسارات إلى الأبعاد المادية الصغيرة والسعة المحدودة للبطارية والتعايش مع العديد من الوظائف الإضافية القائمة على العتاد والموجات الراديوية. وبالتالي، تُعتبر خسارة التنفيذ، Lim، لهذه المستقبلات هي 5 dB. وترد في الجدول 71 خسارات التنفيذ لكل أسلوب استقبال.

الجدول 71

عامل خسارة التنفيذ

	PI ،PO ،MO ،FX	H-PI ،H-PO
خسارة التنفيذ، L_{im} (dB)	3	5

6.2.3 عامل تصحيح تغاير الموقع

تُعرَّف خسارة تغاير الموقع عادةً بأنها تجسد خسارة المسير الزائدة في كامل منطقة الخدمة لمرسل ما، نتيجة للآثار والحواجز الناجمة عن تضاريس الأرض إضافةً إلى الحجب المحلي. وتشير مناقشات التغاير إلى التضاريس على أنها منطقة محدودة تمثَّل عادةً بمربع يتراوح طول ضلعه بين 100 m و1 km.

وتقدَّم تنبؤات شدة المجال عادةً للحالات التي تكون فيها نسبة الوقت 50% ونسبة المواقع 50%. ومن أجل استخلاص قيمة شدة المجال المطلوبة من أجل احتمال أعلى للموقع، تم تطبيق عامل تصحيح للموقع، وفقاً لتوصيات الاتحاد الواردة في المرجع [5].

1.6.2.3 الانحراف المعياري للموقع

كما أشير في المرجع [5]، تعتمد قيم الانحراف المعياري لشدة الإشارة في موقع معين على التردد والبيئة، وقد أظهرت الدراسات التجريبية انتشاراً كبيراً. وتعطى القيم التمثيلية للمناطق التي تبلغ 500 m x 500 m من خلال المعادلة التالية:

$$\sigma_L = K + 1.3\log(f) \quad (22)$$

حيث:

σ_L: الانحراف المعياري للتوزيع الغوسي للمتوسطات المحلية في منطقة الدراسة (dB)

K= 1,2 في المستقبلات التي تقع هوائياتها تحت ارتفاع الجلبة في البيئات الحضرية أو شبه الحضرية بالنسبة إلى الأنظمة المتنقلة المصحوبة بهوائيات شاملة الاتجاهات بارتفاع سيارة

K= 1,0 في المستقبلات التي تقارب هوائياتها على السطوح ارتفاع الجلبة

K= 0,5 في مستقبلات البيئات الريفية

f: التردد المطلوب (MHz).

وتم حساب الانحراف المعياري للموقع وفقاً للمعادلة (22).وتؤخذ الآثار الزائدة التي قد تختلف باختلاف سيناريوهات التنقلية وقد يتم تخفيفها من خلال مستقبلات مختلفة في الاعتبار عن طريق حساب منفصل لكل نموذج قناة، وبالتالي لا تتم إضافتها هنا. ويرد الانحراف المعياري المحسوب في الجدول 72.

الجدول 72

الانحراف المعياري للموقع

الانحراف المعياري للإذاعة الرقمية، σ_L (dB)	
في المواقع الحضرية وشبه الحضرية	3,8
في المواقع الريفية	3,1

2.6.2.3 عامل توزيع الموقع

يعرَّف عامل التوزيع بأنه "توزيع طبيعي تراكمي تكميلي عكسي بدلالة الاحتمال". ويُستخدم هذا العامل لتصحيح الانحراف المعياري لاحتمال الموقع المرغوب. وفيما يتعلق باحتمالات الموقع المشار إليها لكل أسلوب استقبال، يرد في الجدول 73 عامل التوزيع المطبق على النحو الموصى به في المرجع [5].

الجدول 73

عامل توزيع الموقع

	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
نسبة الاستقبال	%70	%99	%95	%99	%95	%99
عامل التوزيع، μ	0,52	2,33	1,64	2,33	1,64	2,33

يلاحَظ أن نهج نظام الراديو الرقمي الهجين (HD) إزاء استقبال الإشارة يعتبر الاستقبال داخل المباني "جيداً" عندما يكون بنسبة 99%، في حين قد لا تتطلب بعض النُهج الأخرى سوى 95%. ويؤدي تشديد هذا الشرط (المتمثل في 99%) إلى عامل توزيع أعلى بقيمة 2,33 بالمقارنة مع عامل توزيع بقيمة 1,64 فقط لاستقبال داخل المباني بنسبة 95%.

3.6.2.3 الانحراف المعدَّل للموقع

كان من اللازم تعديل انحراف الموقع التي تم حسابه لمواقع الاستقبال خارج المباني من أجل احتمال الموقع المرغوب ومن أجل أي بيئة أخرى غير بيئة الاستقبال خارج المباني.

وتشمل أساليب الاستقبال بيئة الاستقبال داخل المباني. ويُفترض أن التغيرات الزائدة للإشارة (أي غير تغير موقع الاستقبال خارج المباني) التي تعرقل الهوائي شبه الساكن داخل المباني لا تتأثر إلاّ بانحراف الخسارة الناجمة عن اختراق المباني؛ وبالتالي يُفترض أن يكون انحراف موقع الهوائي متساوياً مع انحراف الخسارة الناجمة عن اختراق المباني. ويُفترض أن تكون شدة المجال خارج المباني والخسارة الناجمة عن اختراق المباني قيمتين مستقلتين إحصائياً وتخضعان لتوزيع لوغاريتمي طبيعي. وعلى غرار الحسابات الواردة في المرجع [13]، يمكن حساب انحرافهما المركب على النحو التالي المبين في المعادلة (23):

$$\sigma_C = \sqrt{(\sigma_L^2 + \sigma_b^2)} \tag{23}$$

حيث:

σ_c: الانحراف المعياري المركَّب (dB).

وبعد ذلك، يمكن حساب الانحراف المعدَّل باستعمال عامل التوزيع وفقاً للمرجع [5] على النحو التالي المبين في المعادلة (24):

$$\sigma_S = \mu \cdot \sqrt{(\sigma_L^2 + \sigma_b^2)} \tag{24}$$

حيث:

σ_S: الانحراف المعدَّل للموقع (dB)

σ_L: انحراف الموقع خارج المباني (dB)

σ_r: انحراف موقع الهوائي (dB). بالنسبة للاستقبال خارج المباني $\sigma_r = 0$. وبالنسبة للاستقبال داخل المباني $\sigma_b = \sigma_r$.

بهدف الحد من عدد الحسابات، تحدد جميع أساليب الاستقبال إما في البيئات الحضرية وشبه الحضرية أو فيما عدا ذلك، يُفترض أن يحظى الأداء في هذه البيئات باهتمام أكبر منه في البيئات الريفية. وبالتالي، يستخدم تصحيح للموقع σ_L = 3,8 dB في جميع الحالات، مع تجاهل التصحيح "المنخفض" بقيمة 3,1 dB الذي ينطبق فقط على البيئات الريفية، وفقاً للمرجع [5]. ويرد الانحراف المعدَّل المحسوب للموقع في الجدول 74.

الجدول 74

الانحراف المعدَّل للموقع

أسلوب الاستقبال	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
نسبة الاستقبال	%70	%99	%95	%99	%95	%99
عامل التوزيع، μ	0,52	2,33	1,64	2,33	1,64	2,33
الانحراف المعياري، σ_L	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
الانحراف المحدَّد لموقع الهوائي، σ_r	0	0	0	3	0	3
الانحراف المعدَّل للموقع، σ_s، (dB)	**2**	**8,8**	**6,2**	**11,3**	**6,2**	**11,3**

يلاحَظ أن نهج نظام الراديو الرقمي الهجين (HD) إزاء استقبال الإشارة يعتبر الاستقبال داخل المباني "جيداً" عندما يكون بنسبة 99%، في حين قد لا تتطلب بعض النُهج الأخرى سوى 95%. ويؤدي تشديد هذا الشرط (المتمثل في 99%) إلى مراعاة انحراف معدَّل أعلى للموقع بقيمة 11,3 dB بالمقارنة مع انحراف معدَّل للموقع بقيمة 7,9 dB فقط لاستقبال داخل المباني بنسبة 95%.

7.2.3 الخسارة المعدَّلة الناجمة عن موقع الاستقبال

تشمل الخسارة الإجمالية الناجمة عن موقع الاستقبال خسارة مسير الإشارة وتغاير إشارة موقع الاستقبال.ويعتمد هذان الأخيران على أساليب الاستقبال. وتجرى الحسابات على النحو التالي:

$$L_{rl} = \sigma_s + L_h + L_f + L_b \quad (25)$$

حيث:

L_{rl}: الخسارة الإجمالية المعدَّلة الناجمة عن موقع الاستقبال (dB).

وتلخَّص النتائج في الجدول 75.

الجدول 75

الخسارة المعدَّلة الناجمة عن الموقع

أسلوب الاستقبال	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
موقع هوائي الاستقبال	خارج المباني	خارج المباني	خارج المباني	داخل المباني	داخل المباني	داخل المباني
الانحراف المعدَّل للموقع، σ_s، (dB)	2	8,8	6,2	11,3	6,2	11,3
الخسارة الناجمة عن الارتفاع، L_h	0	10	10	10	17	17
الخسارة في كبل التغذية L_f	1,4	0,3	0	0	0	0
الخسارة الناجمة عن اختراق المباني L_b	**0**	**0**	**0**	**9**	**0**	**9**
الخسارة الإجمالية الناجمة عن موقع الاستقبال، L_{rl}، (dB)	**3,4**	**19,1**	**16,2**	**30,3**	**23,2**	**37,3**

يلاحَظ أن نهج نظام الراديو الرقمي الهجين (HD) إزاء استقبال الإشارة يعتبر الاستقبال داخل المباني "جيداً" عندما يكون بنسبة 99%، في حين قد لا تتطلب بعض النُهج الأخرى سوى 95%. ويؤدي تشديد هذا الشرط (المتمثل في 99%) إلى مراعاة زيادة في الخسارة الإجمالية الناجمة عن الموقع بقيمة 3,4 dB بالمقارنة مع الخسارة الإجمالية الناجمة عن الموقع لاستقبال داخل المباني بنسبة 95% فقط.

3.3 عوامل التصحيح المتعلقة بالتصميم

يقدم هذا القسم أساس النهج المتبع في حسابات عوامل التصحيح المتعلقة بمنهجية تصميم المستقبِل.

وفي السياق المحدد لمواءمة الإشارة المستقبَلة على النحو الأفضل من أجل التقليل من خسارة المسير المتعلق بالهوائي، قد تختلف نُهج تصميم المستقبِل عبر الأنظمة المختلفة. وتتميز هذه النُهج عادةً بمنهجية مختلفة في تحليل وتصميم نظام الهوائي والطرف الأمامي للتردد الراديوي. وقد أُرسي نهج موزَّع قديم تناولته الوثائق المرجعية بشكل واسع ولكن غير كامل. ومع ذلك فإن نهجاً متكاملاً أكثر حداثةً يُستخدم أيضاً ويحتاج إلى التكييف.

ويتناول النهج الموزَّع الهوائي والطرف الأمامي للتردد الراديوي بشكل منفصل. وبالنسبة لكل أسلوب استقبال وهيكل الهوائي المطبَّق فيه، يقدَّم التحليل والمراجع العددية عن طريق الحسابات أو القياسات. ونتيجة لذلك، قُدمت مجموعة من كسوب الهوائي المختلفة تلتها مجموعات مختلفة من خسارات المواءمة (أو عدم المواءمة)، وتلتها بعد ذلك الضوضاء الاصطناعية المسموح بها مقترنةً بعامل منفضل (مقدَّم بشكل منفصل) لضوضاء المستقبِل.

ويتّبع النهج المتكامل منهجية تصميم أكثر حداثةً حيث يُدمج كلياً أو جزيئاً هوائي متبوعاً (بشكل اختياري) بدارات مواءمة قابلة للتعديل بشكل دينامي ثم بمكبِّر دارئ منخفض الضوضاء.وسواء كان الهوائي مُدمجاً أم لا، فإن من الممكن مواءمته باستمرار (أي بشكل دينامي)، وبالتالي يمكن اعتبار أن السلسلة بأكملها لديها قيمة كسب واحدة ولكن مع عامل ضوضاء إجمالي مختلف. وتُستخدم الحسابات المطبقة والقيم المحدَّدة لهذا النهج في هذه الوثيقة من أجل حساب متوسط الحد الأدنى لشدة المجال.

1.3.3 عوامل التصحيح من أجل المنهجية المتكاملة

لأغراض حسابات الحساسية، تمثَّل الهوائيات غالباً بالكسوب وتُربط بعد ذلك بمستقبِلات ذات عامل ضوضاء محسوب بشكل منفصل. وتشير عدة نُهج قديمة للتصميم والتحليل وكذلك بعض القياسات إلى الكسب الكامل من خلال عامل واحد. وبالتالي، وحده عامل ضوضاء المكبِّر منخفض الضوضاء (المشار إليه بعامل ضوضاء المستقبِل) ينطبق على حسابات الكسب الإجمالي والضوضاء. ومع ذلك، يتكون كسب الهوائي من كسب الهيكل المادي الثابت، الذي يمكن حسابه، ومن عنصر كسب إضافي (التوهين عادةً) يعتمد على الدارات ذات الصلة. ولئن كان الكسب المادي الإيجابي الذي يزيد على 0 dBi (–2,2 dBd) يوافق مخططات الإشعاع، فإن الكسوب السلبية تتعلق بالكفاءة الضعيفة للهوائي، التي تُعزى عادةً إلى عدم المواءمة بين الهوائي والمستقبِل، على النحو الوارد وصفه في المرجع [12].

وقد تستخدم التقنيات المتقدمة لتنفيذ المستقبِل دارات قابلة للتعديل بشكل دينامي يمكنها تحسين شبكة دخل المستقبِل، بما في ذلك المكبر منخفض الضوضاء (LNA). ولذلك، قد يكون من المفيد في عمليات التنفيذ هذه حساب عامل ضوضاء نظام المستقبِل المركَّب كناتج عن شبكة دخل المستقبِل مع فصله عن كسب الهوائي المادي. ويُستخدم بالتالي كسب مادي مرجعي للهوائي (الكسب الواقعي الأدنى عادةً)، ويعبَّر عن أي توهين إضافي للهوائي بعامل ضوضاء مركَّب. وعندما يتوفر كسب مادي أعلى للهوائي، فسيكون من الممكن استخدامه لضبط الحسابات دون التأثير على حسابات عامل الضوضاء المركَّب.

ويمكن استخلاص آثار دارات المواءمة على الضوضاء الإجمالية أو على كسب الهوائي المدمج من المرفق 1. ويرد في هذا القسم وصف تفصيلي للتعديلات اللازمة فيما يتعلق بكسب الهوائي المادي.

1.1.3.3 تعديل كسب الهوائي

تفترض الحساسية (شدة المجال المطلوبة) القائمة على عامل الضوضاء الإجمالي لنظام المستقبِل بالفعل أن كسب الهوائي هو 1,5 (عنصر متناحٍ مادي صافٍ بقيمة 1,8 dBi/–0,4 dBd، منفصل لخسارة المواءمة)، كما هو مبين في المرفق 1. وبالتالي، ينطبق عامل تصحيح كسب الهوائي Δ_{AG} في الحالات التي يكون فيها العنصر المادي مختلفاً (أكبر بشكل ملحوظ). وفيما يتعلق بالاستقبال الثابت، يُستخدم كسب هوائي بقيمة 4 dBd، على النحو الموصى به في المرجع [14]. وفي جميع أساليب الاستقبال الأخرى، لا تتاح أي كسوب مادية للهوائي، ويُفترض بالتالي عدم وجود أي كسب على الهوائي المرجعي.

ويرد في الجدول 76 التصحيح المطبق لكسب الهوائي في جميع أساليب الاستقبال.

الجدول 76

تصحيح الكسب المادي للهوائي

	FX	MO، PO، PI، H-PO، H-PI
تصحيح كسب الهوائي، Δ_{AG}، (dB)	4,4	0

2.1.3.3 هامش الضوضاء الاصطناعية

يأخذ هامش الضوضاء الاصطناعية، P_{mmn} (dB)، في الاعتبار تأثير الضوضاء الاصطناعية التي يستقبلها الهوائي على أداء النظام.

ويرد النهج القديم لحساب ضوضاء الهوائي، Fa، في المرجع [15]، وهو مبين أيضاً في المرجع [13]. بيد أن هذه القيم تستند إلى قياسات أُخذت في عام 1974، في إطار بيئات مختلفة تماماً للترددات الراديوية ونُهج مختلفة لتنفيذ نظام الهوائي، وقد لا تُعتبر هذه القيم واقعية بعد الآن؛ ولا يمكن بالتالي تطبيقها لإجراء حساب موثوق لهامش الضوضاء الصناعية.

ويَعتبر النهج الوارد في المرجع [15] عاملاً للضوضاء الخارجية للهوائي وعاملاً لضوضاء المستقبِل بشكل منفصل (خلافاً للأنظمة المتكاملة). ويأخذ هذا النهج في الاعتبار كسب الهوائي لحساب P_{mmn}. وعلى الرغم من أن هذا النهج قابل للتطبيق على الكسوب الإيجابية المتعلقة بمخططات إشعاع الهوائي، فإنه قد لا يكون مناسباً لكسوب الهوائي السلبية المتعلقة عادةً بالمواءمة بين الهوائي والمستقبِل (قسم المكبِّر منخفض الضوضاء عادةً). وتخفف منهجية نظام المستقبل المتكاملة من هذه المشكلة.

وتُظهر دراسات أكثر حداثةً (2001-2003) أجراها مكتب تنظيم الاتصالات بالمملكة المتحدة (OFCOM)، على النحو المبين في المرجعين [16] و[17]، وأجرتها جهات أخرى على النحو الوارد في المرجع [18]، أن الضوضاء الواقعية يمكن أن تكون أعلى بكثير. فعلى سبيل المثال، لأغراض حساب هامش الضوضاء الاصطناعية (MMN)، تُستخلص قيمة مرجعية F_a تساوي 21 dB (مكافئة لدرجة حرارة للضوضاء تساوي تقريباً 360 000 K) من أجل 100 MHz من دراسة المكتب الواردة في المرجع [17] وتوافق بيئة ريفية "هادئة". وأسفرت القياسات المتعلقة بهذه البيئة عن أدنى انحراف معياري ويمكن اعتبارها الأكثر تكراراً. واتسع مجال استخدام هذه القيمة الأعلى والأكثر واقعية ليشمل أساليب الاستقبال.

ويُستخدم في المرجع [12] وفي هذا الملحق نهج مماثل لتعديل هامش الضوضاء الاصطناعية في الحالات التي تكون فيها خسارات الهوائي مهمة (أي عامل الضوضاء المتكاملة مرتفع).

ويؤدي تطبيق المنهجية الواردة في المرجع [12] على هوائي كسبه أعلى من –2,2 dBd إلى هامش للضوضاء الاصطناعية (P_{mmn}) بقيمة 14,1 dB. ويُعتبر هذا قابلاً للتطبيق على الحالات حيث يمكن التحكم مادياً وبشكل معقول في هيكل نظام المستقبِل، مثل حالات التركيب الثابت وفي السيارات والأجهزة المحمولة الأكبر حجماً.

ولا يمكّن تطبيق المهجية المعدَّلة الواردة في المرجع [12] على الأجهزة المحمولة باليد التي تستخدم نظام هوائي ذا كسب أقل بكثير أو عامل ضوضاء أعلى يعادله (على النحو المطبَّق على منهجية الأنظمة المتكاملة) من الحصول على هامش P_{mmn} واقعي كبير.

ويرد الهامش P_{mmn} المطبق في الجدول 77.

الجدول 77

هامش الضوضاء الاصطناعية للتصميم المتكامل

	FX، MO، PO، PI	H-PO، H-PI
هامش الضوضاء الاصطناعية، P_{mmn}، (dB)	14,1	0

4.3 نماذج القنوات وهوامش الخبو

ترد في المرفق 2 النماذج المحددة للقنوات (الخبو) المعتمدة من رابطة الصناعات الإلكترونية (EIA) والمستخدمة في هذا التحليل. ويمكن أن تؤدي محاولة تناول جميع أساليب الاستقبال إلى جانب نماذج القنوات الممكنة إلى عدد كبير من التوليفات، وبالتالي إطالة عمل التحليل. ولتحقيق الغرض المحدد المتمثل في توفير معلمات التخطيط وبهدف التطرق إلى جميع التوليفات باستخدام أقل عدد ممكن من حالات التحليل، يعرض التحليل الحالات الأكثر تطلباً (من حيث نسبة *C/N* المطلوبة وشدة المجال الناتجة عنها)، مع افتراض أن الحالات الأقل تطلباً مأخوذة في الاعتبار أيضاً. فعلى سبيل المثال، قد يُفترض أن الاستقبال في ظروف الخبو البطيء في البيئات الحضرية أكثر تطلباً من الاستقبال في ظروف الخبو البطيء في البيئات شبه الحضرية؛ لذا، يجب تحليل حالة استخدام نموذج الخبو البطيء في البيئات الحضرية فقط. وفي مثال آخر، عند النظر في المواصفات الحضرية المتعددة المسيرات بالمقارنة مه المواصفات شبه الحضرية المتعددة المسيرات، قد يُفترض أن الاستقبال في ظروف الخبو السريع (60 km/h) في البيئات الحضرية أكثر تطلباً من الاستقبال في ظروف الخبو السريع (150 km/h) في البيئات شبه الحضرية؛ لذا، وحدها حالة استخدام نموذج الخبو السريع في البيئات الحضرية تُحلَّل لأغراض التخطيط.

ووفقاً لتحليل عدد محدود من الحالات، ترد في الجدول 78 توليفات أساليب الاستقبال ونماذج القنوات لأغراض التخطيط (يشار إليها بالرموز الخاصة بها في المرفق 2).

الجدول 78

تعريف أساليب الاستقبال ونماذج القنوات

أسلوب الاستقبال	FX	MO	PO	PI	H-PO	H-PI
نوع الهوائي	خارجي	خارجي	خارجي	خارجي	مُدمج	مُدمج
موقع الهوائي	خارج المباني	خارج المباني	خارج المباني	داخل المباني	خارج المباني	داخل المباني
البيئة	شبه حضرية /حضرية	شبه حضرية /حضرية	شبه حضرية /حضرية	شبه حضرية /حضرية	حضرية	حضرية
نسبة الاستقبال	%70	%99	%95	%99	%95	%99
سرعة التحليل (km/h)	0 (سكون)	60 (قيادة)	2 (مشي)	0 (شبه سكون)	2 (مشي)	0 (شبه سكون)
نموذج قناة التحليل	FXWGN	UFRM	USRM	FXWGN	USRM	FXWGN

4 تحليل متطلبات شدة المجال

1.4 الحد الأدنى لنسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء (*C/N*)

تستخدم حسابات النسبة *C/N* لمختلف سيناريوهات الاستقبال نماذج قنوات مختلفة. وبعد تجربة طويلة مع المستقبلات التجارية للراديو الرقمي الهجين (HD)، لوحظ الترابط بين النماذج وظروف الاستقبال الفعلية. ونتيجة لذلك، تقدَّم النماذج ذات الأداء الأكثر تأثيراً (أي التي تتطلب نسبة *C/N* أعلى) لأغراض التخطيط.

وتُعطى قيم النسبة C/N (f = 100 MHz) من أجل متوسط معدل خطأ في البتات (BER) بعد فك التشفير بقيمة $0{,}5 \times 10^{-4}$ كنقطة تشغيل مرجعية لتقديم الخدمات.

وعند النظر في نهج معلمات التخطيط على النحو المبين في المرجع [12] واستناداً إلى سيناريوهات الاستخدام المحتملة (والفعلية) لمختلف أنواع مستقبلات الراديو HD، يفترض ما يلي من أجل التخطيط:

1 يمكن استخدام مستقبلات محمولة بجهاز محمول باليد عند المشي أو القيادة. ومن المرجح أن تؤثر ظروف الخبو البطيء (سرعة أقصاها 2 km/h) على الاستقبال بسرعة المشي، في حين يُحتمل أن تؤثر ظروف الخبو السريع (60 km/h) على الاستقبال أثناء القيادة. ومن المتوقع أن يكون لظروف الخبو البطيء في البيئات الحضرية تأثير على الاستقبال أشد بكثير بالمقارنة مع ظروف الخبو السريع، ولذلك ستُستخدم لأغراض التخطيط.

2 يمكن استخدام مستقبلات محمولة في الظروف شبه الساكنة (0 km/h) أو أثناء القيادة. ونظراً لعامل الشكل الكبير بالمقارنة مع المستقبِلات المحمولة، يُفترض أن من المرجح استخدامها للاستقبال شبه الساكن. ولذلك، يُستخدم الاستقبال شبه الساكن مقترناً بمستقبِلات محمولة لأغراض التخطيط.

3 فيما يتعلق بالمستقبِلات المتنقلة، من الأرجح أن يكون الاستخدام النمطي في البيئات الحضرية. وإضافةً على ذلك، لم تُظهر الحسابات والاختبارات الفعلية اختلافاً كبيراً بين الظروف الحضرية (60 km/h) والظروف الريفية (150 km/h) في التأثير على الاستقبال. ولذلك، يُستخدم تحليل ظروف الاستقبال في البيئات الحضرية، الذي يستعمل مواصفات متعددة المسيرات أكثر صرامةً.

ويرد في الجدول 79 الحالات (والنماذج) ونسبة القدرة الرقمية إلى كثافة الضوضاء (Cd/N_0) المطلوبة المرتبطة بها على النحو المحلَّل لأغراض التخطيط.

الجدول 79

النسبة C/N التي يقتضيها مستقبل الراديو HD من أجل أساليب الاستقبال المختلفة

أسلوب الاستقبال	FX	MO	PO	PI	H-PO	H-PI
رمز نموذج القناة	FXWGN	UFRM	USRM	FXWGN	USRM	FXWGN
البيئة	ثابتة	حضرية	حضرية	داخل المباني	حضرية	داخل المباني
السرعة (km/h)	0	60	2 (مشي)	0 (شبه سكون)	2 (مشي)	0 (شبه سكون)
MP9 النسبة Cd/N_0 المطلوبة (dB-Hz)	55,3	59,7	64,3	55,3	64,3	55,3
MP12 النسبة Cd/N_0 المطلوبة (dB-Hz)	54,4	58,5	62,5	54,4	62,5	54,4
MP19 النسبة Cd/N_0 المطلوبة (dB-Hz)	56,8	61,2	65,8	56,8	65,8	56,8
MP1 النسبة Cd/N_0 المطلوبة (dB-Hz)	53,8	57,2	61,3	53,8	61,3	53,8
MP11 النسبة Cd/N_0 المطلوبة (dB-Hz)	56,3	58,7	62,8	56,3	62,8	56,3

2.4 عامل الضوضاء المتكاملة للمستقبِل

استناداً إلى الحسابات وبعض عمليات الاستخدام، يبين الجدول 80 عامل الضوضاء (NF) لنظام المستقبِل للراديو HD لأغراض حسابات موازنة الوصلة. وبالنظر إلى تقليص حجم الأجهزة ودمجها بشكل مستمر، يُرى أنه ينبغي، في سياق الاستقبال بجهاز محمول باليد، أن يؤخذ في الاعتبار الهوائي الخارجي (سماعة أذن برعمية) والهوائي الداخلي المُدمج على السواء، لأغراض التخطيط.

وتستخدم حسابات عامل الضوضاء المتكاملة قيماً عملية تحفظية، وفقاً لمنهجية الهوائي من أجل نقل الجهد الأقصى (إلى المكبّر منخفض الضوضاء (LNA))، على النحو المبين في المرفق 1 وفي المرجع [19].

وفي الأجهزة المحمولة، يُفترض أن قيود القدرة تؤدي إلى عوامل ضوضاء للمكبّر LNA قد تكون أعلى بقليل (1 dB تقريباً) من عوامل ضوضاء المكبر LNA الخاصة بالاستقبال الثابت أو في السيارة والتي قد لا تخضع لقيود القدرة.

وفي الأجهزة المحمولة باليد، قد تتأثر أفضل مواءمة تم تحقيقها للهوائي بالأبعاد المحدودة للعناصر المشعة والعناصر المتغيرة والاتجاه المكاني المتغير، التي قد تؤدي مجتمعةً إلى عوامل ضوضاء متكاملة عالية نسبياً. وفي جميع الحالات (حيث يمكن اعتبار الهوائي المادي وهيكل المستقبِل والاتجاه المكاني لكلٍّ منهما ثابتاً ومحدَّداً بطريقة معقولة)، يُفترض أن تحقق شبكة مواءمة الهوائي أفضل مواءمة مطلوبة من أجل نقل الجهد الأقصى؛ مما يولِّد قيماً قد تكون مشتركة مع قيم المستقبِل فقط، على النحو المبين في المرجع [12].

الجدول 80

عامل ضوضاء نظام المستقبِل الإجمالي للراديو HD

أسلوب الاستقبال	FX	MO	PO	PI	H-PO	H-PI
نوع الهوائي	خارجي ثابت	معدَّل	خارجي تلسكوبي/سماعة أذن برعمية	خارجي تلسكوبي/سماعة أذن برعمية	داخلي	داخلي
عامل ضوضاء نظام المستقبِل (dB)	7	7	8	8	25	25

تفترض الحساسية (شدة المجال المطلوبة) المستندة إلى عامل ضوضاء نظام المستقبِل الإجمالي بالفعل أن كسب الهوائي هو 1,5 (عنصر متناح "مادي صاف"، منفصل عن خسارة المواءمة)، بينما تُدرج جميع الخسارات في عامل الضوضاء. وبالتالي، لا تنطبق عامل تصحيح كسب الهوائي Δ_{AG} إلاّ في الحالات التي يكون فيها العنصر المادي مختلفاً (أكبر بشكل ملحوظ).

1.2.4 قدرة دخل ضوضاء المستقبِل

لا يشمل هذا القسم أي قيم تشغيلية ويقدَّم فقط كحيز للتأكيد على أن هذا النهج القديم غير ذي صلة بحسابات شدة مجال الراديو HD نظراً لاستخدام نهج متكامل عامل الضوضاء.

3.4 الحد الأدنى لشدة المجال المطلوبة المستعملة في التخطيط

تُجرى حسابات الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال المطلوبة وفقاً للنهج المتكامل الوارد وصفه في المرفق 1.

وفي بعض التشكيلات (أي أساليب النظام) التي تكون فيها القنوات P1 وP4/P3 نشطة ومتطلبات شدة المجال للقناة P1 مختلفة عن متطلبات شدة المجال للقناتين P4/P3، تُستخدم المتطلبات الأكثر إلحاحاً (نسبة *C/N* أعلى) لأغراض التخطيط، وتقدَّم في الجداول الواردة في هذا القسم.

ويرد الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال E_{med} لنظام الراديو HD في الجداول من 81 إلى 85.

ويلاحَظ أن الحسابات تتبع المبادئ التوجيهية للاتحاد على النحو المبين في كلٍّ من الأقسام الواردة في هذا الملحق، بيد أن الهدف من القيم المختارة هو ضمان الاستقبال الملائم في الظروف الواقعية. ويلاحَظ تحديداً ما يلي:

- أن نهج نظام الراديو HD إزاء استقبال الإشارة يعتبر الاستقبال داخل المباني "جيداً" عندما يكون بنسبة 99%، في حين قد لا تتطلب بعض النُهج الأخرى سوى 95% فيما يتعلق بالاستقبال داخل المباني، مما قد يؤدي إلى استقبال غير ملائم. ويؤدي تشديد هذا الشرط (المتمثل في 99%) إلى مراعاة زيادة في متطلبات شدة المجال بقيمة 3,4 dB بالمقارنة مع شدة المجال لاستقبال داخل المباني بنسبة 95% فقط. ويتعلق هذا الأمر بأسلوبي الاستقبال PI وPI-H (ويتجلى في ارتفاع إجمالي الخسارات الناجمة عن موقع الاستقبال لهذين الأسلوبين).

- أن التجربة الطويلة للصناعة مع المستقبلات الصغيرة المتقدمة والمدمجة بدرجة عالية، من قبيل المستقبلات المدمجة في الأجهزة المحمولة باليد ولا سيما المدمجة منها في الهواتف الذكية، تبين أن الحاجة قد تدعو إلى مراعاة خسارات تنفيذ أعلى من خسارات التنفيذ المتعلقة بفئات المستقبِلات المنفصلة (أي السيارات والأجهزة المحمولة). ويؤدي ارتفاع هذه الخسارات إلى مراعاة زيادة في متطلبات شدة المجال بقيمة 2 dB بالمقارنة مع شدة المجال لفئات المستقبِلات المنفصلة فقط. ويتعلق هذا الأمر بأسلوبي الاستقبال PO-H وPI-H.

- أن التقدم التكنولوجي خلال السنوات العشر الأخيرة أدى إلى زيادة الضوضاء الاصطناعية، كما أشير إلى ذلك في بعض الوثائق المرجعية المنشورة. ويَستخدم نهج تحليل نظام الراديو HD بيانات هذه الضوضاء الاصطناعية لعام 2000 أو ما بعده، في حين قد تأخذ نُهج أخرى للنظام في الاعتبار بيانات مستمدة من وثائق مرجعية أُعدت في عام 1974 أو قبله. ويعتبر منهج نظام الراديو HD هذه البيانات القديمة لاغية ومن المحتمل أن تؤدي إلى استقبال غير ملائم. وتؤدي مراعاة بيانات زيادة الضوضاء الاصطناعية إلى النظر في زيادة متطلبات شدة المجال بقيمة 6,2 dB بالمقارنة مع شدة المجال المأخوذة في الاعتبار من أجل الضوضاء الاصطناعية الأقل وغير الواقعية على الأغلب. ويتعلق هذا الأمر بجميع أساليب الاستقبال خارج المباني: FX وMO وPO وPI.

- أن نهج تحليل نظام الراديو HD يراعي الاستخدام خارج المباني غالباً للمستقبلات بواسطة جهاز محمول باليد والمستقبلات المحمولة أثناء التنقل بسرعة المشي وسرعة القيادة على السواء. وتُعتبر ظروف الاستقبال غير المؤاتية أثناء التنقل بسرعة المشي أكثر تطلباً بكثير (تقتضي نسبة C/N أعلى) نظراً لتأثيرات الخبو البطيء. ولئن كانت بعض نهج الأنظمة الأخرى تعتبر التحليل أثناء التنقل بسرعة القيادة غير كافٍ، فإن نظام الراديو HD يعتبر متطلبات شدة المجال لسرعة المشي ملائمة للتخطيط. وتؤدي مراعاة الاستقبال أثناء التنقل بسرعة المشي إلى النظر في زيادة متطلبات شدة المجال بقيمة تصل إلى 4,6 dB بالمقارنة مع شدة المجال المأخوذة في الاعتبار من أجل القيادة. ويتعلق هذا الأمر بجميع أساليب الاستقبال خارج المباني: PO وPO-H.

ويراعي تحليل نظام الراديو HD من أجل استخلاص متطلبات شدة المجال سيناريوهات الاستخدام الأكثر احتمالاً إلى جانب الافتراضات التحفظية فيما يتعلق بظروف القناة غير المؤاتية والضوضائ البيئية (الاصطناعية) وهوامش النشر. وقد تؤدي مراعاة معلمات أقل تحفظاً أو بيانات لاغية إلى انخفاض في متطلبات شدة المجال بقيمة تزيد على 10 dB، مما قد يؤدي إلى تخطيط غير ملائم ومن ثم استقبال غير ملائم.

الجدول 81

الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال مقابل أساليب الاستقبال فيما يتعلق بالأسلوب MP9 للراديو HD

أسلوب الاستقبال	FX	MO	PO	PI	H-PO	H-PI
MP9 نسبة Cd/N_0 المطلوبة (Hz-dB)	55,3	59,7	64,3	55,3	64,3	55,3
تصحيح كسب الهوائي، Δ_{AG} (dB)	4,4	0	0	0	0	0
الخسارات الناجمة عن موقع الاستقبال، L_{rl} (dB)	3,4	19,1	16,2	30,3	23,2	37,3
خسارة التنفيذ، L_{im} (dB)	3	3	3	3	5	5
عامل ضوضاء نظام المستقبِل (dB)	7	7	8	8	25	25
هامش الضوضاء الاصطناعية، P_{mmn} (dB)	14,1	14,1	14,1	14,1	0	0
الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال (dBµV/m)	19,9	44,4	47,1	52,2	59,0	64,1

الجدول 82

الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال مقابل أساليب الاستقبال فيما يتعلق بالأسلوب MP12 للراديو HD

أسلوب الاستقبال	FX	MO	PO	PI	H-PO	H-PI
MP12 نسبة Cd/N_0 المطلوبة (Hz-dB)	54,4	58,5	62,5	54,4	62,5	54,4
تصحيح كسب الهوائي، Δ_{AG} (dB)	4,4	0	0	0	0	0
الخسارات الناجمة عن موقع الاستقبال، L_{rl} (dB)	3,4	19,1	16,2	30,3	23,2	37,3
خسارة التنفيذ، L_{im} (dB)	3	3	3	3	5	5
عامل ضوضاء نظام المستقبِل (dB)	7	7	8	8	25	25
هامش الضوضاء الاصطناعية، P_{mmn} (dB)	14,1	14,1	14,1	14,1	0	0
الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال (dBµV/m)	19,0	43,2	45,3	51,3	57,3	63,2

الجدول 83

الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال مقابل أساليب الاستقبال فيما يتعلق بالأسلوب MP19 للراديو HD

أسلوب الاستقبال	FX	MO	PO	PI	H-PO	H-PI
MP19 نسبة Cd/N_0 المطلوبة (Hz-dB)	56,8	61,2	65,8	56,8	65,8	56,8
تصحيح كسب الهوائي، Δ_{AG} (dB)	4,4	0	0	0	0	0
الخسارات الناجمة عن موقع الاستقبال، L_{rl} (dB)	3,4	19,1	16,2	30,3	23,2	37,3
خسارة التنفيذ، L_{im} (dB)	3	3	3	3	5	5
عامل ضوضاء نظام المستقبِل (dB)	7	7	8	8	25	25
هامش الضوضاء الاصطناعية، P_{mmn} (dB)	14,1	14,1	14,1	14,1	0	0
الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال (dBµV/m)	21,4	45,9	48,6	53,7	60,5	65,6

الجدول 84

الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال مقابل أساليب الاستقبال فيما يتعلق بالأسلوب MP1 للراديو HD

أسلوب الاستقبال	FX	MO	PO	PI	H-PO	H-PI
MP1 نسبة Cd/N_0 المطلوبة (Hz-dB)	53,8	57,2	61,3	53,8	61,3	53,8
تصحيح كسب الهوائي، Δ_{AG} (dB)	4,4	0	0	0	0	0
الخسارات الناجمة عن موقع الاستقبال، L_{rl} (dB)	3,4	19,1	16,2	30,3	23,2	37,3
خسارة التنفيذ، L_{im} (dB)	3	3	3	3	5	5
عامل ضوضاء نظام المستقبِل (dB)	7	7	8	8	25	25
هامش الضوضاء الاصطناعية، P_{mmn} (dB)	14,1	14,1	14,1	14,1	0	0
الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال (dBµV/m)	18,4	41,9	44,1	50,7	56,0	62,6

الجدول 85

الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال مقابل أساليب الاستقبال فيما يتعلق بالأسلوب MP11 للراديو HD

أسلوب الاستقبال	FX	MO	PO	PI	H-PO	H-PI
MP11 نسبة Cd/N_0 المطلوبة (Hz-dB)	56,3	58,7	62,8	56,3	62,8	56,3
تصحيح كسب الهوائي، Δ_{AG} (dB)	4,4	0	0	0	0	0
الخسارات الناجمة عن موقع الاستقبال، L_{rl} (dB)	3,4	19,1	16,2	30,3	23,2	37,3
خسارة التنفيذ، L_{im} (dB)	3	3	3	3	5	5
عامل ضوضاء نظام المستقبِل (dB)	7	7	8	8	25	25
هامش الضوضاء الاصطناعية، P_{mmn} (dB)	14,1	14,1	14,1	14,1	0	0
الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال (dBµV/m)	20,9	43,4	45,6	53,2	57,5	65,1

المرفق 1
بالملحق 4

حساب الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال – المنهجية المتكاملة

فيما يتعلق بالأنظمة التي تستخدم المنهجية المتكاملة لحساب الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال، يقدم هذا المرفق معلومات أساسية من أجل الحسابات المرجعية تليها الخطوات والصيغ اللازمة.

معلومات أساسية من أجل الحد الأدنى المرجعي لشدة المجال

يُعبَّر عن حساسية المستقبِل، وهي الحد الأدنى لشدة مجال الإشارة المطلوبة في هوائي المستقبِل كدالة لنسبة C/N_0 المطلوبة قبل الكشف، والضوضاء، والطول الفعلي h_e للهوائي (h_e هي دالة لمقاومة الإشعاع)، ودارة مواءمة الهوائي $H_a(f)$. وبالنسبة لشدة مجال إشارة معينة E (µV/m) تؤثر على الهوائي، يُعبَّر عن النسبة C/N_0 كدالة لشدة المجال، والطول الفعلي للهوائي $h_e(f)$، ودالة نقل مرشاح الهوائي (المتوائم) $H_a(f)$، ومجموع مصادر الضوضاء بما فيها N_0.

ملاحظة – تقدَّم الصيغة من أجل الهوائي ذي الاتجاهية الواقعية الأقل، الذي لديه ثنائي أقطاب قصير (الطول $\lambda >> l$) وقيمة كسبه هي 1,5 (1,76 dBi؛ –0,4 dBd). ويجب أن ينطبق أي كسب أعلى من –0,4 dBd بشكل منفصل على حسابات موازنة الوصلة. ويُفترض أن أي كسب أدنى من –0,4 dBd يكون ناتجاً عن انخفاض الكفاءة بسبب عدم مواءمة الشبكة، ويُدرج بالفعل في الحسابات، على النحو الوارد في هذا القسم.

تُحسب قدرة الإشارة C (V^2) المطبقة على دخل المكبِّر منخفض الضوضاء (LNA) من خلال الصيغة التالية:

$$C = \left[E(\mu V/m) \cdot 10^{-6} \cdot h_e(f) \cdot \left| H_a(f) \right| \right]^2 \quad (26)$$

وتُحسب الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء (PSD) عند دخل المكبِّر LNA (بالنسبة لهوائي متوائم ترافقياً) كدالة للضوضاء المحيطة وعامل ضوضاء المكبِّر LNA (NFLNA) من خلال الصيغة التالية:

$$No = \kappa \cdot T_0 \cdot R_{LNA} \cdot 10^{NF_{LNA}/10} + \kappa \cdot \left(T_{amb} - T_0\right) \cdot R_{LNA} \tag{27}$$

ولمناقشة درجة الحرارة المرجعية (T_0)، يُفترض أن $T_{amb} = T_0$. وبالإضافة إلى ذلك، يرتبط دخل المكبِّر LNA بالتردد وقد لا يكون متوائماً ترافقياً. وتُحسب الكثافة PSD للضوضاء المركَّبة من خلال الصيغة التالية:

$$No(f) = \kappa \cdot T_0 \cdot \left[R_{LNA} \cdot \left(10^{NF_{LNA}/10} - 2\right) + 4 \cdot \mathrm{Re}\left\{Z_{in}(f)\right\} \right] \tag{28}$$

حيث القيمة Z_{in} تمثل معاوقة الدخل المسجلة عند دخل المكبِّر LNA، بما في ذلك معاوقة دخل المكبِّر LNA، وNFLNA يمثل عامل ضوضاء المكبِّر LNA. وعامل ضوضاء نظام المستقبِل هو نسبة الضوضاء الإجمالية (بالوحدة dB) إلى الضوضاء الناتجة عن مقاومة إشعاع الهوائي:

$$NF = 10 \cdot \log\left(\frac{\kappa \cdot T_0 \cdot \left[R_{LNA} \cdot \left(10^{NFlna/10} - 2\right) + 4 \cdot \mathrm{Re}\left\{Z_{in}\right\} \right]}{4 \cdot \kappa \cdot T_0 \cdot R_a(f) \cdot \left|H_a(f)\right|^2} \right) \tag{29}$$

أو ما يعادل:

$$NF = 10 \cdot \log(No) + 204 - 10 \cdot \log\left(4 \cdot R_a(f) \cdot \left|H_a(f)\right|^2\right) \tag{30}$$

وتُحسب نسبة كثافة الضوضاء عند خرج المكبِّر LNA من خلال الصيغة التالية:

$$\frac{C}{No} = \frac{\left[E\left(\mu V/m\right) \cdot 10^{-6} \cdot h_e(f) \cdot \left|H_a(f)\right|\right]^2}{No} \tag{31}$$

ويعبَّر عنها بالوحدة dB على النحو التالي:

$$C/No = 10 \cdot \log\left(\frac{C}{No}\right) = E(dBu) - 120 + 10 \cdot \log\left(h_e(f)^2 \cdot \left|H_a(f)\right|^2\right) - 10 \cdot \log(No) \tag{32}$$

أو ما يعادل:

$$C/No = E(dBu) + 78 + 10 \cdot \log\left(\frac{h_e(f)^2}{R_a(f)}\right) - NF \tag{33}$$

وبالتالي، تُحسب شدة المجال المطلوبة E (dBu) كدالة لنسبة C/N المطلوبة من خلال الصيغة التالية:

$$E(dBu) = C/No - 78 - 10 \cdot \log\left(\frac{h_e(f)^2}{R_a(f)}\right) + NF \tag{34}$$

ويمكن استخدام طول الهوائي الفعلي h_e من حيث صلته بمقاومة الإشعاع R_a من خلال الصيغة التالية:

$$h_e = 2 \cdot \sqrt{\frac{R_a \cdot A_e}{Z_0}} \tag{35}$$

حيث $A_e = \frac{\lambda^2}{4 \cdot \pi} \cdot G$ ، و $Z_0 = 120 \cdot \pi$ ، و $G = 1{,}5$ (dBi 1,8؛ –dBd 0,4) هي الاتجاهية الثابتة للهوائيات الصغيرة ($h_e << \lambda$):

$$10 \cdot \log\left(\frac{h_e(f)^2}{R_a(f)}\right) = 10 \cdot \log\left(\frac{\lambda^2}{120 \cdot \pi^2} \cdot G\right) = 20 \cdot \log(\lambda) - 29 \quad (36)$$

وبالتالي، تُحسب شدة المجال المطلوبة بدلالة λ وعامل ضوضاء نظام المستقبِل من خلال الصيغة التالية:

$$E(dBu) = C/No - 49 - 20 \cdot \log(\lambda) + NF \quad (37)$$

تحديد الحد الأدنى لشدة المجال المطلوبة

في كل تشكيلة نظام وكل أسلوب استقبال، تطبَّق النسبة C/N والعامل NF، حيث NF هو عامل الضوضاء المتكاملة لنظام المستقبِل ويعبّر عنه بالوحدات dB، وC/N_0 هي نسبة الموجة الحاملة إلى كثافة الضوضاء ويعبّر عنها بالوحدات dB-Hz.

ويمكن استخدام العلاقة التالية لأغراض التسهيل:

$$C/No = 10 \cdot \log\left(\frac{C}{No}\right) = SNR + 10 \cdot \log(BWn) \quad (38)$$

حيث BWn هو عرض نطاق ضوضاء المستقبِل (عرض نطاق الإشارة في الحالة المثلى).

وعند استخدام $\lambda = 3$ m لعرض نطاق مقداره 100 MHz، يُحسب الحد الأدنى لشدة المجال المطلوبة E_r من خلال الصيغة التالية:

$$E_r(dBu) = C/No - 58.5 + NF \quad (39)$$

تعديل كسب الهوائي المادي

بما أن الحساب المرجعي في المعادلة (39) يستخدم الكسب الواقعي الأدنى، البالغ –dBd 0,4، فإن الفرق مع أي كسب مادي آخر أعلى يشار إليه ينبغي أن يُحسب على النحو التالي:

$$\Delta_{AG}\,[dB] = Ag\,[dB] + 0.4 \quad (40)$$

حيث Δ_{AG} هو تصحيح كسب الهوائي بالوحدة dB.

تحديد الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال المطلوبة

يُحسب الحد الأدنى لمتوسط شدة المجال المطلوبة على النحو التالي:

$$E_{med} = E_r + MMN - \Delta_{AG} + L_{rl} + L_{im} \quad (41)$$

أو:

$$E_{med} = C/N_0 - 58.5 + NF + MMN - \Delta_{AG} + L_{rl} + L_{im} \quad (42)$$

حيث:

L_{rl}: الخسارة الناجمة عن موقع الاستقبال (dB)

L_{im}: خسارة التنفيذ (dB)

MMN: هامش الضوضاء الاصطناعية، ويُحسب وفقاً للمنهجية الموصر بها في المرجع [12]، ولكن استناداً إلى عامل الضوضاء المتكاملة بدلاً من كسب الهوائي.

المرفق 2
بالملحق 4

نماذج القنوات

يمكن أن تنطبق نماذج القنوات الواردة في هذا المرفق على أساليب الاستقبال.

الجدول 86

نموذج قنوات الاستقبال الثابت في ظروف الضوضاء الغوسية البيضاء (FXWGN)

الشعاع	التأخير (µsec)	التوهين (dB)	التردد الدوبلري (Hz)
1	0,0	0,0	0

الجدول 87

نموذج القنوات متعددة المسيرات في ظروف الخبو الرايلي البطيء في بيئة حضرية (USRM)

الشعاع	التأخير (µsec)	التوهين (dB)	التردد الدوبلري (Hz)
1	0,0	2,0	0,174 (يقابل ~2 km/h)
2	0,2	0,0	
3	0,5	3,0	
4	0,9	4,0	
5	1,2	2,0	
6	1,4	0,0	
7	2,0	3,0	
8	2,4	5,0	
9	3,0	10,0	

الجدول 88

نموذج القنوات متعددة المسيرات في ظروف الخبو الرايلي السريع في بيئة حضرية (UFRM)

الشعاع	التأخير (µsec)	التوهين (dB)	التردد الدوبلري (Hz)
1	0,0	2,0	5,231 (يقابل ~60 km/h)
2	0,2	0,0	
3	0,5	3,0	
4	0,9	4,0	
5	1,2	2,0	
6	1,4	0,0	
7	2,0	3,0	
8	2,4	5,0	
9	3,0	10,0	

الجدول 89

نموذج القنوات متعددة المسيرات في ظروف الخبو الرايلي السريع في بيئة ريفية (RFRM)

الشعاع	التأخير (µsec)	التوهين (dB)	التردد الدوبلري (Hz)
1	0,0	4,0	13,08 (يقابل ~150 km/h)
2	0,3	8,0	
3	0,5	0,0	
4	0,9	5,0	
5	1,2	16,0	
6	1,9	18,0	
7	2,1	14,0	
8	2,5	20,0	
9	3,0	25,0	

الجدول 90

نموذج القنوات متعددة المسيرات في ظروف الخبو الرايلي السريع في بيئة ذات عوائق تضاريسية (TORM)

الشعاع	التأخير (µsec)	التوهين (dB)	التردد الدوبلري (Hz)
1	0,0	10,0	5,231 (يقابل ~60 km/h)
2	1,0	4,0	
3	2,5	2,0	
4	3,5	3,0	
5	5,0	4,0	
6	8,0	5,0	
7	12,0	2,0	
8	14,0	8,0	
9	16,0	5,0	

المرفق 3
بالملحق 4

تحويل النسبة C/N_0 إلى النسبة S/N باستخدام تكنولوجيا IBOC

نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء، التي غالباً ما تُكتب *CNR* أو *C/N*، هي نسبة الإشارة إلى الضوضاء (*S/N*) لإشارة مشكَّلة. وتعرَّف قدرة الضوضاء *N* عادةً في عرض نطاق معالجة (استقبال) الإشارة.

وتتشابه نسبة الموجة الحاملة إلى كثافة الضوضاء (C/N_0) مع نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء، باستثناء أن الضوضاء N_0 محددة لكل وحدة Hz لعرض النطاق.

ولأغراض التحليل، غالباً ما تُميَّز قدرة التشكيل الرقمي للإشارة *Cd* عن قدرة الإشارة الإجمالية *C*. ويُستخدم ذلك مثلاً في حالة إشارة هجينة بتشكيل التردد (FM) لتكنولوجيا IBOC حيث القدرة الرقمية فقط *Cd* تُميَّز عن القدرة التماثلية *C* بتشكيل التردد.

مثال عن تحويل النسبة Cd/N_0 إلى النسبة الرقمية C/N أو S/N باستخدام تكنولوجيا IBOC FM

من أجل تشكيلة واحدة لنظام عرض نطاق إشارة رقمية بمقدار 70 kHz،

$$SNR_{dB} \equiv (Cd / N)_{dB} = Cd_{dB} - N_{dB}$$
$$N_{dB} = No_{dB} + 10 \cdot \log(70\,\text{kHz}) = No_{dB} + 48.45\,\text{dB}$$

وبالتالي:

$$SNR_{dB} \equiv (Cd / No)_{dB} - 48.45\,\text{dB}$$

بيبليوغرافيا

[1] Recommendation ITU-R BS.1114-7 – Systems for terrestrial digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed portable, and fixed receivers in the frequency range 30-3000 MHz.

[2] Recommendation ITU-R BS.412-9 – Planning standards for terrestrial FM sound broadcasting at VHF.

[3] Recommendation ITU-R BS.704 – Characteristics of FM sound broadcasting reference receivers for planning purposes.

[4] Recommendation ITU-R BS.415-2 – Minimum performance specifications for low-cost sound-broadcasting receivers.

[5] Recommendation ITU-R P.1546 – Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz.

[6] U.S.A FCC Title 47, Part 73, Section 73.215: Contour Protection for Short Spaced Assignment.

[7] U.S. National Radio System Committee NRSC-5-D: In-Band/On-Channel Digital Radio Broadcasting Standard.

[8] iBiquity Digital Corporation. Document Number SY_IDD_1011s. HD Radio Air Interface Design Description – Layer 1 FM.

[9] U.S.A FCC MM Docket No. 99-325, 17 FCC RCD 19990: Digital Audio Broadcasting System and Impact on the Terrestrial Radio Broadcast Service, First Report and Order. October 10, 2002.

[10] U.S.A FCC MM Docket No. 99-325, DA 10-208, FCC RCD 10344: Digital Audio Broadcasting System and Impact on the Terrestrial Radio Broadcast Service, Order, Released January 29, 2010. Digital Power Increase for FM Stations Approved.

[11] ITU RRC-84: Final Acts of the Regional Administrative Conference for the Planning of VHF Sound Broadcasting. Geneva, 1984.

[12] EBU-TECH 3317: Planning parameters for hand held reception.

[13] GE-06: Final Acts of the Regional Radio Communication Conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174- 230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06) Annex 3: Technical basis and characteristics.

[14] Recommendation ITU-R BS.599 – Directivity of antennas for the reception of sound broadcasting in band 8 (VHF).

[15] Recommendation ITU-R P.372-9 – Radio Noise.

[16] RA(OfCom) AY 3952: Feasibility Study into the Measurement of Man-Made Noise. 2001.

[17] RA(OfCom) AY4119: Man-Made Noise Measurement Programme. 2003.

[18] J. Rantakko, E. Lofsved, and M. Alexandersson. Measurement of Man-Made Noise at VHF. EMC Europe Workshop. 2005.

[19] Brian Kroeger and Paul Peyla: Adaptive impedance matching (AIM) for electrically small radio receiver antennas. NAB. April 8, 2013.

_____