الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R SM.1875-4

(2022/09)

قياسات تغطية الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني (DVB-T/T2) والتحقق من معايير التخطيط

السلسلة SM

إدارة الطيف

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، 2023

© ITU 2023
جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذا المنشور بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التوصية ITU-R SM.1875-4

قياسات تغطية الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني (DVB-T/T2) والتحقق من معايير التخطيط

(2022-2019-2014-2013-2010)

مجال التطبيق

تصف هذه التوصية أساليب قياس وتقييم تغطية الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T) والجيل الثاني من الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T2). وتنطبق معظم المبادئ الموضحة أيضاً على أنظمة الإذاعة الرقمية الأخرى، خاصة تلك التي تستخدم تشكيل OFDM (مثل DAB)، لكن أمثلة القيم المستخدمة في هذه التوصية مأخوذة من أنظمة DVB-T/T2 حصراً.

كلمات رئيسية

القياس، التغطية، الخدمة، الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T)، الجيل الثاني من الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T2)، المراقبة، التوقعات للتغطية

المختصرات/مسرد المصطلحات

BER – معدل الخطأ في البتات *(Bit error ratio)*

C/N – نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء *(Carrier-to-noise ratio)*

C/I – نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل، ويشار إليها أيضاً في هذه التوصية بمصطلح "نسبة الحماية" *(Carrier-to-interference ratio)*

FEC – تصحيح أمامي للأخطاء *(Forward error correction)*

DVB-T/T2 – الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض *(Terrestrial Digital Video Broadcasting)*

FX – استقبال ثابت *(Fixed reception)*

الاتفاق GE06 – هو الاتفاق الإقليمي، بما فيه ملحقاته والخطط المرفقة به، الذي اعتمده في عام 2006 المؤتمر الإقليمي للاتصالات الراديوية المعني بتخطيط خدمة الإذاعة الرقمية للأرض في الإقليم 1 (أجزاء الإقليم 1الواقعة غرب دائرة الطول 170° شرقاً وشمال دائرة العرض 40° جنوباً، باستثناء أراضي منغوليا) وفي جمهورية إيران الإسلامية، في نطاقي التردد 174-230 MHz و470-862 MHz (جنيف، 2006) (الاتفاق GE06)

LDPC – شفرة اختبار التعادلية منخفض الكثافة *(Low Density Parity Check-code)*

MFN – شبكة متعددة الترددات *(Multi-frequency network)*

PI – استقبال محمول داخل المباني *(Portable indoor reception)*

PO – استقبال محمول في الخلاء *(Portable outdoor reception)*

QEF – بدون أخطاء تقريباً *(Quasi-error-free)*

QoS – جودة الخدمة *(Quality of service)*

RF – التردد الراديوي *(Radio frequency)*

SFN – شبكة وحيدة التردد *(Single frequency network)*

توصيات وتقارير قطاع الاتصالات الراديوية ذات صلة

التوصية ITU-R BT.419

التوصية ITU-R P.1546

التوصية ITU-R BT.1735

التوصية ITU-R P.1812

التقرير ITU-R BT.2254

التقرير ITU-R BT.2265

ملاحظة – ينبغي في جميع الأحوال استعمال أحدث طبعة سارية من التوصية/التقرير.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن اتفاق جنيف لعام 2006 (GE06) يحدد ظروف الاستقبال والقيم اللازمة للنسبة إشارة إلى ضوضاء والقيم الدنيا لشدة المجال لاستقبال الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض؛

ب) أن على خدمات المراقبة أن تقيس تغطية مرسلات وشبكات الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني (DVB-T/T2) للتحقق من تطابقها مع التوقعات للتغطية المستخدمة في عملية التخطيط أو لتقييم ظروف الاستقبال في موقع تُرصد فيه تداخلات،

وإذ تدرك

أ) أن التقرير ITU-R BT.2254 يحدد ظروف الاستقبال والقيم اللازمة للنسبة إشارة إلى ضوضاء والقيم الدنيا لشدة المجال لاستقبال الجيل الثاني من الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض؛

ب) أن التوصية ITU-R BT.1735 توفر أساليب تساعد في تقييم جودة استقبال خدمات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في النظام B (DVB-T)،

توصي

بأن تُستخدم الأساليب المبينة في المرفقات 1 و2 و3 و4 بالملحق لتقييم تغطية الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني (DVB-T/T2) ومقارنتها بالتوقعات للتغطية.

ملاحظة – يقدم القسم 3 من ملحق هذه التوصية إرشادات بشأن الطريقة التي ينبغي تطبيقها، حسب تصميم شبكة DVB-T/T2 وتضاريسها وهدف القياس.

الملحق

جدول المحتويات

الصفحة

الملحق 3

1 مقدمة 5

2 المصطلحات والتعاريف المستخدمة لأغراض هذه التوصية..... 6

1.2 مخطط هوائي للاستقبال الثابت..... 6

2.2 عامل الهوائي 6

3.2 معدل الخطأ في البتات 7

4.2 الخلية..... 8

5.2 نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء (*C/N*) 8

6.2 منطقة التغطية..... 8

7.2 منطقة الخدمة 9

8.2 التنبؤ بالتغطية..... 9

9.2 عامل الذروة 9

10.2 التمييز الاتجاهي 10

11.2 فترة الحراسة 10

12.2 الخسارة بسبب الارتفاع..... 10

13.2 شدة مجال التداخل 10

14.2 القيمة المتوسطة..... 11

15.2 القيمة الدنيا لمتوسط شدة المجال (E_{med}) 11

16.2 شبكة متعدّدة الترددات (MFN) 12

17.2 سوية الإشارة المكافئة الدنيا 12

18.2 شدة المجال الدنيا (المكافئة) المطلوبة (E_{min}) 12

19.2 كسب الشبكة..... 12

20.2 نسبة الحماية 13

21.2 الاستقبال من دون أخطاء تقريباً..... 13

22.2 شدة مجال الاستقبال..... 13

23.2 سيناريوهات الاستقبال 14

24.2 قناة الاستقبال..... 14

25.2 اتفاق جنيف لعام 2006 (GE06)..... 15

26.2 التداخل الذاتي داخل شبكة وحيدة التردد 16

الصفحة

27.2 شبكة وحيدة التردد 16
28.2 الانحراف المعياري 16
29.2 الانحراف المعياري للاتساعات الطيفية (σ_{sp}) 16
30.2 تصحيح الانحراف المعياري للاتساعات الطيفية (C_σ) 17
31.2 المنطقة الصغيرة 17
32.2 المرسل البديل 17
33.2 التزامن 18
34.2 صيغة النظام 18
35.2 شدة المجال المطلوبة 19
3 أساليب القياس 19
المرفق 1 بالملحق 1 – التحقق من التوقعات للتغطية في الاستقبال الثابت 22
1.A1 اختيار مواقع القياس 22
2.A1 أجهزة القياس اللازمة 23
3.A1 المعلومات المطلوبة 24
4.A1 تشكيلة القياس 24
5.A1 عملية القياس 25
6.A1 التداخل الخارجي 28
7.A1 تقييم النتائج 29
8.A1 عرض النتائج 31
9.A1 التحقق من التغطية المخطط لها 33
المرفق 2 بالملحق – التحقق من التنبؤ بالتغطية للاستقبال المحمول 33
1.A2 المبدأ الأساسي للقياس 33
2.A2 أجهزة القياس اللازمة 34
3.A2 عملية القياس 36
4.A2 تقييم النتائج 38
5.A2 عرض النتائج 39
المرفق 3 بالملحق – أسلوب بديل لتحديد حدود تغطية مرسلات وشبكات الإذاعة DVB-T/T2 في حالات معينة .. 41
1.A3 مقدمة 41
2.A3 المعلمات المقيسة للإشارة 42
3.A3 المتطلبات من حيث المعدات 42
4.A3 تخطيط القياس 43
5.A3 عملية القياس 44

الصفحة

6.A3 معالجة نتائج القياس..... 46
7.A3 القياسات في شبكة وحيدة التردد (SFN)..... 48
المرفق 4 بالملحق – أسلوب لقياس تغطية خدمة DVB-T/T2 لاستقبال ثابت في مناطق محددة..... 49
1.A4 مقدمة..... 49
2.A4 المتطلبات من حيث المعدات..... 49
3.A4 تخطيط القياس..... 51
4.A4 إجراءات القياس..... 52
5.A4 معالجة القياسات..... 53
6.A4 عرض نتائج القياس..... 53
المرفق 5 بالملحق – التصحيحات المطلوبة لنتائج القياس..... 54
1.A5 تصحيح قناة الاستقبال (تصحيح σ_{sp})..... 54
2.A5 تصحيح احتمال الموقع..... 55
3.A5 التصحيح الإجمالي للتغطية داخل المباني..... 55

1 مقدمة

يجب أن تقيِّم خدمات المراقبة تغطية شبكات الإذاعة لأغراض مختلفة:

- التحقق من تنبؤات الأدوات الحاسوبية المستخدمة في تخطيط الشبكة.
- التحقق من الالتزام بشروط الترخيص إذا كان جزء من ترخيص الإذاعة يقضي بأن تقوم خدمة الإذاعة بتغطية منطقة معينة أو نسبة مئوية من منطقة أو نسبة مئوية من السكان.
- تقييم ظروف الاستقبال في مواقع معينة تُرصد فيها تداخلات.

وينبغي قياس تغطية الشبكات التلفزيونية الرقمية الأرضية بطريقة تختلف عن الشبكات التماثلية، وذلك بسبب ظروف ومبادئ ملازمة لعملية استقبال النظم ذات التشكيل الرقمي.

وتصف هذه التوصية مبادئ القياس والخطوات والتجهيزات اللازمة لتقييم التغطية الثابتة والمتنقلة لمرسلات وشبكات الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني (DVB-T/T2). وهي موجَّهة لخدمات المراقبة. وقد يتعين على المذيعين، الذين يرغبون في ضمان إمكانية استقبال خدمتهم بالمعدات المتوفرة تجارياً داخل منطقة تغطيتهم المستهدفة، تضمين معايير إضافية لجودة الخدمة.

وعلى الرغم من أنها مصممة خصيصاً لإذاعة DVB-T/T2، فإن الكثير من المعلومات الواردة في هذه التوصية تصلح كذلك لقياسات الأنظمة الأخرى للإذاعة الرقمية للأرض.

ولا تشمل هذه التوصية القياسات الهادفة إلى التحقق من المعلمات التقنية للمرسل والشبكة.

2 المصطلحات والتعاريف المستخدمة لأغراض هذه التوصية

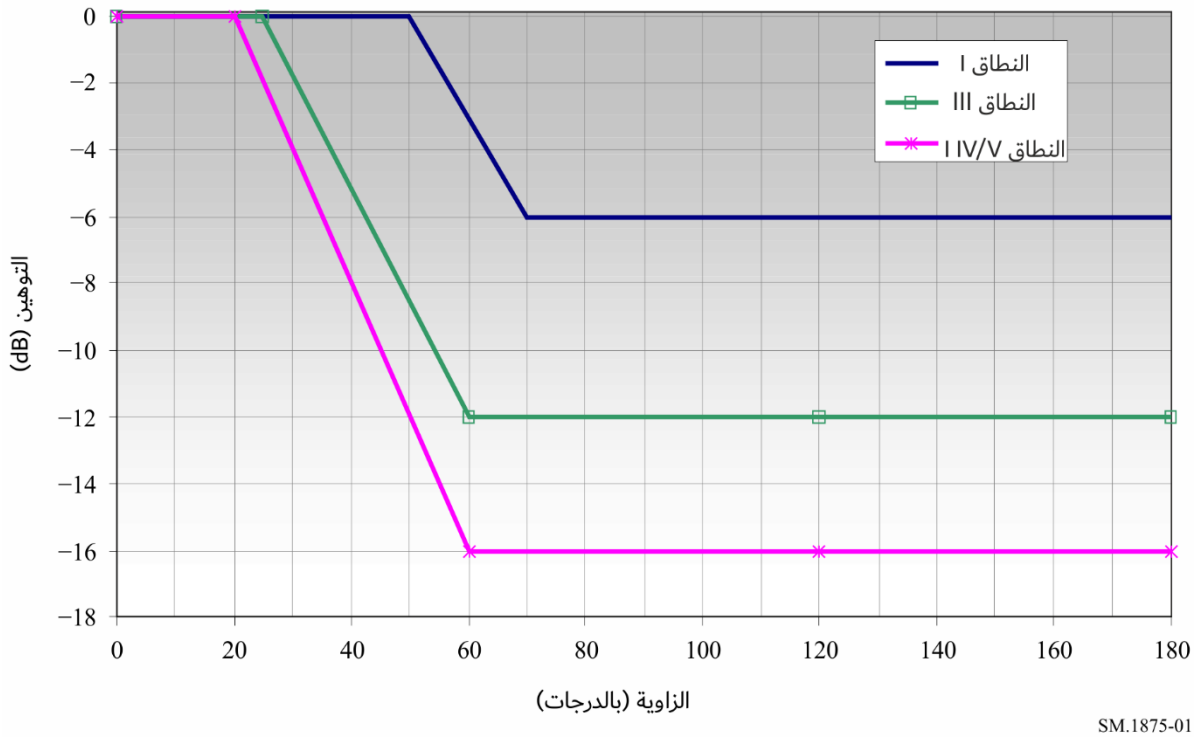
تستخدم المصطلحات والتعاريف التالية في هذه التوصية. وفي حال استخدام مصطلحات عامة في هذه التوصية، تؤول تعاريفها وتختص فقط بمسائل التغطية المرتبطة بنظام الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني (DVB-T/T2).

1.2 مخطط هوائي للاستقبال الثابت

يحدد مخطط الهوائي خصائص مستوى خرج الهوائي النسبي عند استقبال الإشارة من زوايا مختلفة. وتحدد التوصية ITU-R BT.419 اتجاهية هوائي مرجعي يستخدم للاستقبال الثابت للإذاعة كما هو مبين في الشكل 1. ويُستخدم هذا الهوائي في أدوات التنبؤ بالتغطية. وجدير بالذكر أن هذا الهوائي المرجعي نموذجي وأن الهوائيات الفعلية ليس لها نفس الخصائص تماماً. وينبغي إجراء قياسات التغطية الثابتة بواسطة هوائي قياس له نفس الاتجاهية والكسب كالهوائي المرجعي على أقل تقدير.

الشكل 1

الاتجاهية النسبية للهوائي المرجعي من أجل الاستقبال الثابت للإذاعة



وتُستخدم الهوائيات شاملة الاتجاهات النموذجية في الاستقبال المحمول والمتنقل في توصيات قطاع الاتصالات الراديوية وفي الاتفاق GE06 وكذلك كأدوات للتخطيط، ولكنها غير موجودة في الواقع. وينبغي أن تساوي الخسارة النسبية القصوى لأي هوائي قياس يُستخدم في قياسات التغطية المتنقلة في أي من الاتجاهات ±3 dB.

2.2 عامل الهوائي

يستخدم عامل الهوائي لحساب شدة المجال من سوية خرج الهوائي. وبما أن العامل يعبر عنه عادة بوحدة dB، تكون معادلة الحساب كالتالي:

$$E = U + K \qquad \text{dB}(\mu\text{V/m})$$

حيث:

E: شدة المجال الكهربائي عند الهوائي (dB(μV/m))

U: فلطية خرج الهوائي المقيسة (dB(µV))

K: عامل الهوائي (dB(1/m)).

ويعتمد عامل الهوائي على التردد والكسب وفقاً للمعادلة التالية:

$$K = 20\log(f) - G_i - 29.774 \qquad (for\ 50\ Ohm\ systems)$$

حيث:

f: التردد (MHz)

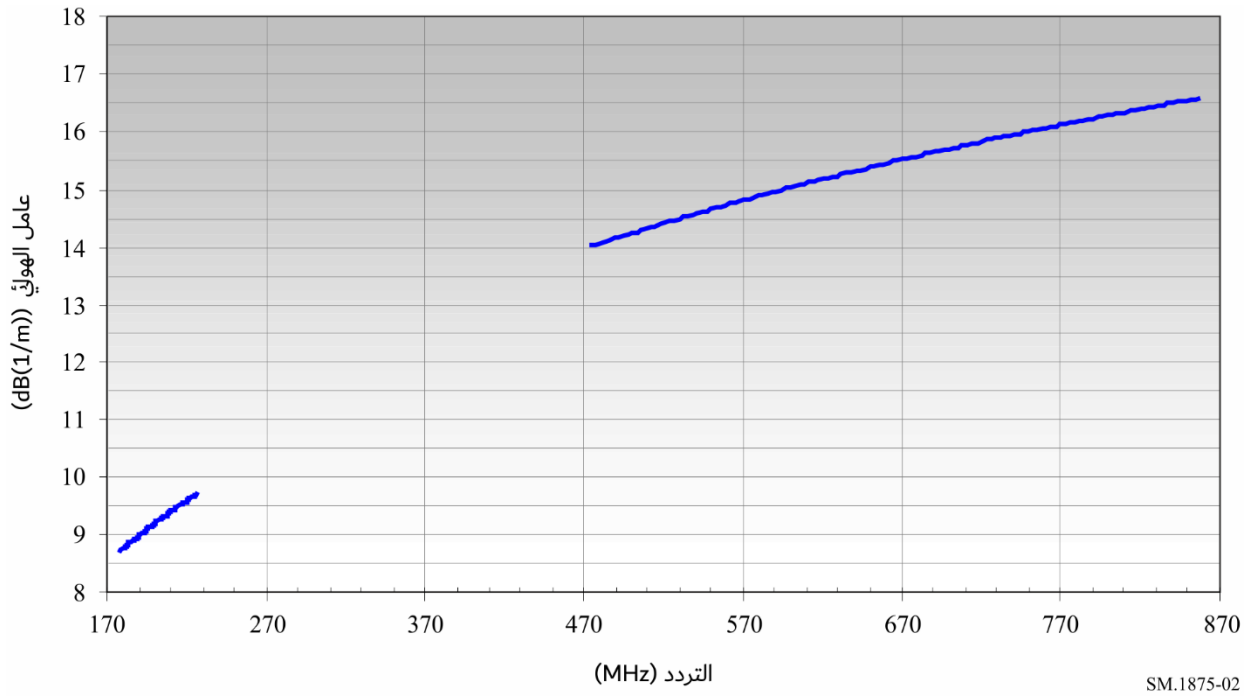
G_i: كسب الهوائي المتعلق بعنصر مشع متناحٍ (dB)

K: عامل الهوائي (dB(1/m)).

ويبين الشكل 2 عامل الهوائي الخاص بالهوائي المرجعي المستخدم لاستقبال الإذاعة الثابت وفقاً للتوصية ITU-R BT.419 باتجاه الحزمة الرئيسية.

الشكل 2

عامل الهوائي لاستقبال الإذاعة الثابت



3.2 معدل الخطأ في البتات

معدل الخطأ في البتات (BER) عامة، هو عدد البتات الزائفة مقسوماً على العدد الإجمالي للبتات المرسلة خلال فترة معينة. وهو عبارة عن قياس لجودة استقبال إشارة رقمية. وبما أن الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض تستخدم حماية داخلية وخارجية من الأخطاء، فمن الممكن تحديد معدل الخطأ في البتات بعد أن يكون مفكك الشفرة فايتربي (Viterbi) ومفكك الشفرة ريد سولومون (Reed-Solomon)، خارج البث.

ويعتبر معدل الخطأ في البتات البالغ 10^{-4} بعد مفكك الشفرة فايتربي كافياً لاستقبال الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض.

وفي الجيل الثاني من الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T2)، يُستخدَم مبدأ مختلف لتصحيح الخطأ. والمعلمة ذات الصلة في هذا النظام هي معدل الخطأ في البتات (BER) بعد مفكك شفرة اختبار التعادلية منخفض الكثافة (LDPC) (الداخلي). ويُعتبر معدل الخطأ في البتات (BER) بعد شفرة اختبار التعادلية منخفض الكثافة (LBER) بقيمة 10^{-7} كافياً للاستقبال شبه الخالي من الأخطاء في الجيل الثاني من الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T2).

4.2 الخلية

هي شبكة من المربعات أو المثلثات في المنطقة التي يساوي الانحراف المعياري لشدة المجال فيها 5,5 dB وفقاً للتوصية ITU-R P.1546، والقد القياسي للخلية 500 m.

5.2 نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء (*C/N*)

انظر نسبة الحماية.

6.2 منطقة التغطية

تعتبر منطقة معينة "مغطاة" بالإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني حين تكون شدة المجال المتوسطة لوضع الاستقبال الخاص على ارتفاع محدد عن الأرض (غالباً 10 m) ونسبة الحماية يصلان إلى القيم المبيّنة في وثائق التخطيط ذات الصلة (مثل الاتفاق GE06 بشأن الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيل الأول والتقرير ITU-R BT.2254 بشأن الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيل الثاني)، أو تفوقها.

ويتوقف كون منطقة معينة مغطاة أو غير مغطاة على عملية الحساب المنجزة بواسطة أداة التنبؤ بالتغطية التي تفترض ظروفاً و/أو قيماً محددة تخص:

- ظروف الاستقبال (على سبيل المثال، استقبال ثابت أو محمول)؛
- خسارة شدة المجال مع المسافة بفعل التضاريس والبنية؛
- خسارة شدة المجال من جراء خسارة الارتفاع و/أو خسارة اختراق المباني (حسب الاقتضاء)؛
- نموذج المستقبل (مثل الحساسية والانتقائية)؛
- هوائي الاستقبال (الارتفاع، الاستقطاب، الكسب والاتجاهية)؛
- قناة الاستقبال (غوسية، رايس، أو رايلي).

كما يرتبط بالنعت "مغطاة" بعض الاحتمال المتعلق بالوقت أو الموقع. وتُستخدم أدوات التخطيط لحساب منطقة التغطية لهذا الاحتمال (عادة، 99% من الوقت و95% من المواقع).

ولا يمكن بذلك افتراض أن استقبال الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني بواسطة مستقبل معياري وهوائي مرجعي ممكن في كل موقع داخل المنطقة المصنفة على أنها مغطاة.

ولا يمكن التحقق من التغطية بواسطة مستقبل معياري للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني بمجرد التحقق مما إذا كان يعمل في موقع ما من عدمه، لأن التغطية تُحدد باحتمالية عالية للاستقبال، سواء من حيث الوقت أو الموقع. وتُجرى القياسات نموذجياً في عدد من المواقع عبر كل بيكسل وخلال مدة زمنية طويلة بما يكفي لالتقاط احداث الانتشار الشاذة – عادة طوال عام. وحيث إن هذا الأمر غير ممكن عملياً، تُقاس المعلمات التقنية مثل شدة المجال، في ظروف استقبال يستحسن أن تكون مماثلة لتلك المفترضة في أداة التخطيط وبمعدات متساوية في الأداء، إلى جانب قيم مستقاة من نماذج تنبؤ حاسوبية.

ولأغراض هذه التوصية، يشبه تعريف التغطية مصطلح "التغطية الاسمية" في قاعدة بيانات مصطلحات وتعاريف الاتحاد.

7.2 منطقة الخدمة

يعتبر استقبال الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني ممكناً في موقع معين إذا استطاع مستقبل معياري تصحيح جميع الأخطاء (تقريباً) في 99% من الوقت وإنتاج صورة. وينبغي في شبكات الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيل الأول أن يكون معدل الخطأ في البتات بعد مفكك الشفرة فايتربي أقل من $2*10^{-4}$. وينبغي في شبكات الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيل الثاني، أن يكون معدل الخطأ في البتات بعد مفكك شفرة اختبار التعادلية منخفض الكثافة (LDPC) أقل من 10^{-7}.

وتتوقف شدة المجال الفعلية اللازمة لنجاح استقبال الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض على ما يلي:

- صيغة نظام الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني؛
- أداء المستقبل (عامل الضوضاء، استراتيجية التزامن، وما إلى ذلك)؛
- كسب وخصائص نظام هوائي الاستقبال؛
- نمط قناة الاستقبال (غوسية، رايس، أو رايلي).

ويمكن التحقق من إمكانية الاستقبال العام عبر قياس المعلمات التالية:

- شدة مجال الاستقبال؛
- شدة مجال التداخل؛
- نمط قناة الاستقبال.

ويمكن تحديد شدة مجال التداخل أو وجود نسبة *C/I* كافية بشكلٍ غير مباشر عن طريق قياس معدل الخطأ في البتات ومعدل الخطأ في التشكيل لمصادر التداخل الغوسية.

ويمكن بصورة بديلة، إجراء اختبار استقبال بواسطة مستقبل معياري للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض. وتبيّن نتائج هذه الاختبارات أنه، فيما يخص الاستقبال المحمول، هناك في بعض الأحيان، حاجة إلى قيم شدة مجال تفوق القيم المتوسطة المحددة في الاتفاقات ذات الصلة.

ولأغراض هذه التوصية، فإن منطقة الخدمة كما تعرَّف في قاعدة بيانات المصطلحات والتعاريف في الاتحاد تقابل المنطقة التي استوفيت فيها الشروط المذكورة أعلاه للاستقبال الممكن.

8.2 التنبؤ بالتغطية

إن التنبؤ بالتغطية خطوة ترمي إلى حساب المنطقة الجغرافية التي يمكن داخلها استقبال الخدمة. وتقوم هذه العملية على معلمات المرسل والتضاريس الأرضية وأنماط الانتشار وبعض نماذج/معلمات الاستقبال وتنجز بواسطة أدوات حاسوبية. وتمثل النتائج موقعاً محدداً واحتمالاً للوقت.

وينص الاتفاق GE06 والتقرير ITU-R BT.2254، على أن قيم شدة المجال الدنيا المرتبطة بالإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني الواجب الوصول إليها على حدود منطقة التغطية، تكون صالحة على ارتفاع 10 أمتار عن الأرض ويفترض إمكانية تحقيق استقبال ثابت بواسطة هوائي اتجاهي وفقاً للشكلين 1 و2، أو استقبال محمول بهوائي شامل الاتجاهات. وهذه القيم هي قيم متوسط شدة المجال الدنيا المكافئة وهي تتوقف على صيغة النظام وقناة الاستقبال.

9.2 عامل الذروة

عامل الذروة هو النسبة بين قيمة الذروة وقيمة جذر متوسط التربيع لبث من الترددات الراديوية. وتُعطى هذه النسبة عادة بوحدات dB وتشكل الفارق بين قيمتي الذروة وجذر متوسط التربيع (dB).

10.2 التمييز الاتجاهي

التمييز الاتجاهي هو الخسارة النسبية المعتمدة على الزاوية لمستوى استقبال أي إشارة تصل إلى هوائي القياس بزاوية مختلفة عن الاتجاه الرئيسي.

وفي حالة الشبكات أحادية التردد المختلطة الاستقطاب، تخضع الإشارات الصادرة من المرسل المتعامدة على استقطاب هوائي الاستقبال لتمييز إضافي في الاستقطاب. وفي هذه الحالة، ووفقًا للملاحظة 3 من التوصية ITU-R BT.419، يكون التمييز المجمع كما يلي:

الجدول 1

التمييز المجمع الناتج عن الاتجاهية والتعامد على الاستقطاب في النطاق III

زاوية التخالف نسبة إلى الاتجاه الرئيسي (α) (بالدرجات)	التمييز المجمع للهوائي المرجعي (dB)
0 إلى 26,5	10
26,5 إلى 43,25	16 * (α – 26,5) / 16,75
43,25 إلى 180	16

الجدول 2

التمييز المجمع الناتج عن الاتجاهية والتعامد على الاستقطاب في النطاق V/IV

زاوية التخالف نسبة إلى الاتجاه الرئيسي (α) (بالدرجات)	التمييز المجمع للهوائي المرجعي (dB)
0 إلى 20	9
20 إلى 37,5	16 * (α – 20) / 17,5
37,5 إلى 180	16

11.2 فترة الحراسة

للاستفادة من جميع مكونات الإشارة الواردة من عمليات الإرسال والانعكاس من نفس القناة التي تصل إلى المستقبل في أوقات مختلفة، وتجنب التداخل بين رمزين متلاحقين، يتم بث كل رمز لمدة أطول إلى أن يتم فك شفرة الإشارة. ويسمى الوقت الإضافي فترة الحراسة. ومن الممكن أن تبدأ عملية فك التشفير الفعلية داخل المستقبل بعد انقضاء فترة الحراسة. ويتوقف طول فترة الحراسة على صيغة النظام التي يتم اختيارها استناداً إلى المسافة القصوى بين المرسلات المتجاورة في شبكة ذات تردد واحد (SFN). والإشارات التي تصل خلال فترة الحراسة تساهم بشكل كامل في مستوى الإشارة المطلوبة. وعندما يتجاوز وقت وصول الإشارة فترة الحراسة، تقل المساهمة المطلوبة لتلك الإشارة وتزداد احتمالية التداخل لهذه الإشارة. وفي وقت وصول معين بعد فاصل الحراسة، تساهم الإشارة بشكل كامل في مستوى إشارة التداخل.

12.2 الخسارة بسبب الارتفاع

هي الفارق في شدة المجال على ارتفاع 10 m عن الأرض (الارتفاع المرجعي للتخطيط للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني) وشدة مجال الاستقبال عند هوائي يوجد على مسافة أقرب من الأرض (على ارتفاع 1,5 m للاستقبال المحمول مثلاً).

13.2 شدة مجال التداخل

تنتج شدة مجال التداخل عن الإشارات الآتية من مرسلات ترسل على نفس التردد، ولا تشكل جزءاً من الشبكة وحيدة التردد أو المرسل الجاري التحقق منهما، وعن الإشارات الآتية من مرسلات قناة مجاورة والجزء ذي الصلة من الإشارات الآتية من مرسلات

شبكة التردد الواحدة الجاري التحقق منها التي تُستقبل خارج فترة الحراسة (التداخل الذاتي). وتتشكل شدة مجال التداخل من خلال جمع لمكوّن الإشارة المستقبلة مباشرة من مصدر التداخل والانعكاسات الناجمة عن العوائق الموجودة في المنطقة. وتختلف شدة مجال التداخل حسب موقع المستقبل لأن العوائق العاكسة قد لا تكون ثابتة، وبسبب التأثيرات التروبوسفيرية، كما أنها تختلف حسب الوقت أيضاً. ولا يمكن بالتالي وصف شدة مجال التداخل الفعلية في منطقة معينة إلا إحصائياً بقيمة وسطية وانحراف معياري. ويجب النظر في إشارة التداخل عند احتمال 1% في الوقت.

وقد يكون القياس العملي لشدة مجال التداخل صعباً، لا سيما إذا كان مستوى التداخل أقل بكثير من مستوى الإشارة المطلوبة وكان مصدر التداخل والمرسل المطلوب يُستقبلان من نفس الاتجاه. ومن بين الأساليب المحتملة التي من شأنها تحسين ظروف قياس شدة مجال التداخل ما يلي:

- استخدام هوائي قياس ذي اتجاهية عالية للفصل بين الإشارات المطلوبة والمسببة للتداخل عبر تغيير السمت.
- قياس إشارة على تردد مختلف تُبث من نفس موقع المرسل المسبب للتداخل. وفي هذه الحالة، قد يكون من الضروري اللجوء إلى تصحيح لجبر خسارة التوهين المختلفة الناجمة عن فارق التردد وعن اختلاف خصائص الإرسال على تردد القياس.
- إبطال المرسل أو الشبكة وحيدة التردد المطلوبة أثناء القياس.

وبدلاً من ذلك، يمكن إجراء قياس معدل الخطأ في البتات ومعدل الخطأ في التشكيل عند نقاط الاستقبال التي يمكن فيها إجراء التزامن كتقييم غير مباشر للنسبة بين شدة المجال المطلوب وشدة المجال المسبب للتداخل *(C/I)*.

وحين تصل إشارة التداخل إلى أكثر من 30 dB دون شدة المجال المطلوبة، يمكن تجاهل تأثيرها على استقبال المرسل المطلوب أو الشبكة وحيدة التردد.

14.2 القيمة المتوسطة

تُحسب القيمة المتوسطة من مجموع عيّنات عدة (سلسلة من شدات المجال المقيسة مثلاً) بحيث تكون القيمة التي تزيد فيها قيمة 50% من جميع العيّنات هذه القيمة المتوسطة، وتكون قيمة 50% الأخرى أقل منها. والقيمة المتوسطة قيمة إحصائية وهي تحدد 50% من الثقة أو الاحتمال.

مثال: تُحسب شدة المجال في 100 موقع داخل منطقة معينة. وتبلغ القيمة المتوسطة لجميع قيم القياس 42 dB(μV/m). ويعني هذا أن احتمال أن تبلغ شدة المجال الفعلية في **أي** موقع في هذه المنطقة 42 dB(μV/m) على الأقل، هو 50%.

وتكمن ميزة استخدام القيمة المتوسطة عند تحديد شدة المجال بشكل إحصائي في أن القيم الفردية البعيدة عنها لا تؤثر على النتيجة بقدر تأثير الوسط الحسابي أو المتوسط.

15.2 القيمة الدنيا لمتوسط شدة المجال (E_{med})

هي قيمة شدة المجال المتوسطة اللازمة لاستقبال نمط معين من النظام والتي تقوم على حسابات لنسبة مئوية معينة من المواقع داخل منطقة استقبال. وتُعطى قيم هذه القيمة فيما يخص الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيل الثاني، في نصوص التخطيط ذات الصلة، مثل الاتفاق GE06 بشأن الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيل الأول والتقرير ITU-R BT.2254 بشأن الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيل الثاني، على ارتفاع 10 m عن سطح الأرض ولاحتمالية مواقع تصل إلى 50%.

ويضمن تخطيط الشبكة أن شدة المجال المطلوبة الدنيا على الأقل قد تحققت نظرياً في مجمل منطقة التغطية، استناداً، على سبيل المثال، إلى القدرة المشعة للمرسل، وارتفاع هوائي المرسل وتضاريس الأرض، وعلم التشكل (إن أمكن، للاستقبال المحمول على سبيل المثال) والافتراضات المتعلقة بخسارة اختراق المباني (الاستقبال المحمول داخل المباني).

16.2 شبكة متعدّدة الترددات (MFN)

المختصر MFN يرمز إلى الشبكة متعددة الترددات. وهي شبكة تستعمل فيها المرسلات عدداً من الترددات المختلفة، داخل منطقة التغطية.

17.2 سوية الإشارة المكافئة الدنيا

إن السوية الدنيا اللازمة عند دخل المستقبل لفك شفرة الإشارة المطلوبة هي القيمة الدنيا للنسبة (*S/N*) إشارة إلى ضوضاء المتوقفة على النظام مضاف إليها عامل ضوضاء المستقبل. وتتيح القيمة الدنيا للنسبة إشارة إلى ضوضاء للمستقبل فك شفرة الإشارة من دون أخطاء (QEF) تقريباً. وتتوقف هذه النسبة على صيغة النظام وقناة الاستقبال. ويفترض عامل ضوضاء المستقبل أداء معيناً للمستقبل وهو محدد بمقدار 7 dB لمستقبل معياري للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيل الأول (انظر الاتفاق GE06) و6 dB لمستقبل معياري للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيل الثاني (انظر التقرير ITU-R BT.2254).

18.2 شدة المجال الدنيا (المكافئة) المطلوبة (E_{min})

هي شدة المجال الدنيا لإشارة وحيدة مطلوبة تكون ضرورية لمستقبل معياري كي يقوم بفك شفرة الإشارة من دون أخطاء تقريباً، في ظل غياب أية إشارات تداخل. وتمثل مستوى الإشارة المكافئة الدنيا عند دخل المستقبل مضافاً إليها عامل الهوائي، وتصلح في موقع استقبال معيّن، أي من دون تصحيح لاحتمال الموقع والوقت.

19.2 كسب الشبكة

في حال إمكانية استقبال الإشارات من أجهزة إرسال مطلوبة متعددة داخل شبكة وحيدة التردد ضمن فترة الحراسة، يمكن عندها تحسين جودة الاستقبال وتخفيض شدة المجال الدنيا المطلوبة من كل مرسل. بيد أن كسب الهوائي لا يعادل مجموع شدات المجال المطلوبة من المرسلات التي يتم استقبال إشاراتها فحسب، بل هو يمثل أيضاً احتمالاً متنامياً لاستقبال إشارة من اتجاه إضافي بدلاً من مرسل وحيد فقط.

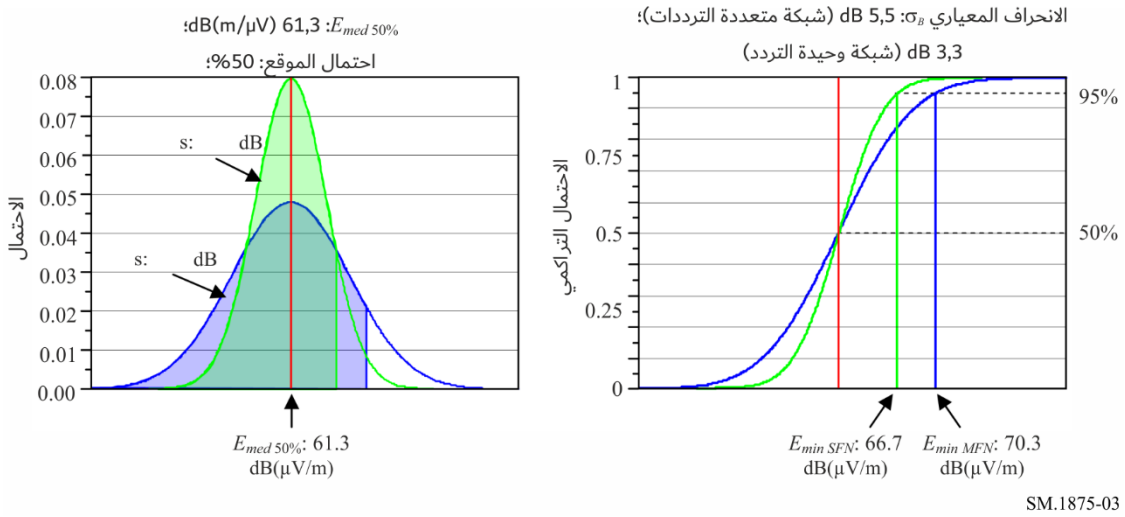
وكسب الشبكة هو الفارق بين شدات مجال الاستقبال داخل الشبكات وحيدة التردد والشبكات متعددة التردد، اللازمة لنفس احتمال الموقع.

وفي شبكة وحيدة التردد، يؤدي العدد المتنامي عادة من أجهزة الإرسال في نفس القناة إلى توزيع أكثر تجانساً لشدة المجال في منطقة التغطية. ويكون الانحراف المعياري σ لقيم شدة المجال أقل.

مثال (افتراضي، لشرح الإجراء فقط): قد تكون قيمة شدة المجال المتوسطة الدنيا (E_{med}) لصيغة معينة للنظام وفقاً للاتفاقات الدولية 61,3 dB(μV/m). وينطبق ذلك، من حيث التعريف، على احتمال للموقع يصل إلى 50%. وقد تصل شدة المجال الدنيا المطلوبة في شبكة وحيدة التردد (E_{min}) لاحتمال للموقع مقداره 95% إلى 66,7 dB(μV/m)، وإلى 70,3 dB(μV/m) في شبكة متعددة التردد. ويبلغ بذلك كسب الشبكة 3,6 dB (انظر الشكل 3).

الشكل 3

كسب الشبكة



20.2 نسبة الحماية

نسبة الحماية (*C/I*) هي الفارق بين مستوى الإشارة المطلوبة ومجموع كل مستويات الإشارات غير المطلوبة، وتقاس بوحدة dB، والمطلوبة كي يتسنى للمستقبل فك تشفير الإشارة بشكل صحيح. وفيما يخص الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض، يحدد الاتفاق GE06 نسب الحماية المطلوبة. وفيما يخص الجيل الثاني من الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T2)، ترد نسب الحماية المطلوبة في التقرير ITU-R BT.2254. وتتوقف هذه النسب، مثلاً، على صيغة النظام.

وفي غياب أية إشارات تداخل، يكون "عنصر التداخل" الوحيد هو الضوضاء وتصبح نسبة الحماية (*C/I*) مساوية للنسبة موجة حاملة إلى ضوضاء (*C/N*).

21.2 الاستقبال من دون أخطاء تقريباً

كما هو الحال في الكثير من الأنظمة الرقمية المتضمنة للتصحيح الأمامي للأخطاء، يُعرف الاستقبال من دون أخطاء تقريباً عند النقطة التي يقع فيها خطأ واحد غير مصحح فقط في الساعة (انظر قاعدة بيانات مصطلحات وتعاريف قطاع الاتصالات الراديوية). وفيما يخص أنظمة الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض، تكون معدلات الخطأ في البتات المقابلة كما يلي:

- $1*10^{-11}$ بعد مفكك الشفرة ريد – سولومون؛
- $2*10^{-4}$ بعد مفكك الشفرة فايتربي.

وفيما يخص الجيل الثاني من الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T2)، يكون معدل الخطأ في البتات المقابل 10^{-7}.

وتستخدم هذه القيم بشكل شائع في وثائق قطاع الاتصالات الراديوية (من قبيل الاتفاق GE06).

22.2 شدة مجال الاستقبال

تتكون شدة مجال الاستقبال من جمع مكونات الإشارة المستقبلة مباشرة والانعكاسات الناجمة عن العوائق المتواجدة في المكان. وتتغير شدة مجال الاستقبال وفقاً لموقع المستقبل، ولأن الحواجز العاكسة قد لا تكون ثابتة، فإنها تتغير مع الوقت كذلك. ولا يمكن إذن وصف شدة مجال الاستقبال الفعلية في منطقة معينة إلا إحصائياً بقيمة وسطية وانحراف معياري.

23.2 سيناريوهات الاستقبال

حُددت سيناريوهات الاستقبال التالية:

- الاستقبال الثابت (FX)
- الاستقبال المحمول خارج المباني (محمول من الفئة "A" أو PO)
- الاستقبال المحمول داخل المباني (محمول من الفئة "B" أو PI)
- الاستقبال المتنقل (MO).

ويعدد الجدول 3 الخصائص والمعلمات الرئيسية المستخدمة لسيناريوهات الاستقبال هذه.

الجدول 3

سيناريوهات ومعلمات استقبال الإذاعة الرقمية الفيديوية للأرض من الجيلين الأول والثاني

	الاستقبال الثابت (FX)	الاستقبال المحمول خارج المباني (PO)	الاستقبال المحمول داخل المباني (PI)	الاستقبال المتنقل (MO)
موقع المستقبل	خارج المباني	خارج المباني	داخل المباني	فوق سقف السيارات، متحرك
كسب الهوائي	اتجاهي 7 dBd عند عرض نطاق 200 MHz و10 dBd عند عرض نطاق MHz 500 و12 dBd عند عرض نطاق MHz 800	شامل الاتجاهات –2,2 dBi عند عرض النطاق 200 MHz و0 dBd عند ترددات النطاق UHF	شامل الاتجاهات –2,2 dBi عند عرض النطاق 200 MHz و0 dBd عند ترددات النطاق UHF	شامل الاتجاهات –2,2 dBi عند عرض النطاق 200 MHz و0 dBd عند ترددات النطاق UHF
ارتفاع الهوائي	10 m فوق سطح الأرض[1]	1,5 m فوق سطح الأرض	1,5 m فوق سطح الأرض	1,5 m فوق سطح الأرض
الاستقطاب	أفقي/رأسي	لا فك لاقتران الاستقطاب	لا فك لاقتران الاستقطاب	لا فك لاقتران الاستقطاب
خسارة الكبل	2 … 5 dB	0 dB	0 dB	0 dB
خسارة من جراء اختراق المباني	0 dB	0 dB	VHF: 9 dB UHF: 8 dB الانحراف المعياري: VHF: 3 dB UHF: 5,5 dB	0 dB

[1] تفترض أدوات التخطيط دائماً أن ارتفاع هوائي يبلغ 10 m فوق سطح الأرض للاستقبال الثابت. ولتحقيق تقييمات واقعية لاحتمال الاستقبال في المواقع التي يبلغ متوسط ارتفاع السقف فيها أكثر من 10 m، يمكن إجراء القياسات أيضاً على ارتفاع 5,1 m فوق متوسط مستوى السقف.

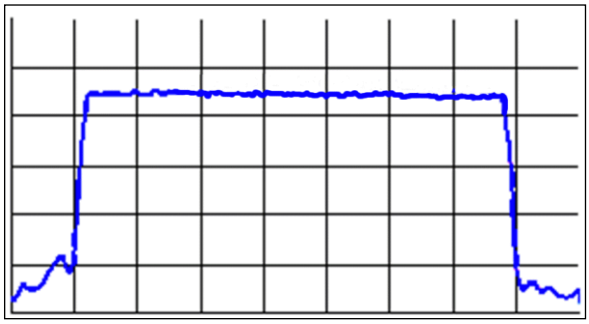
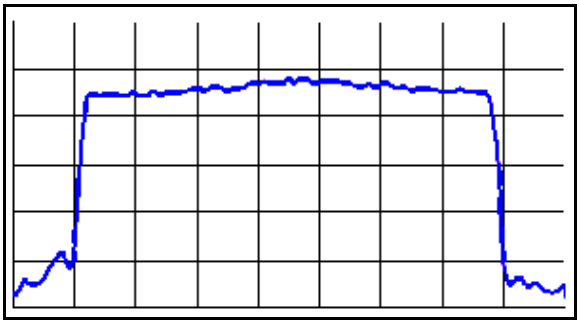
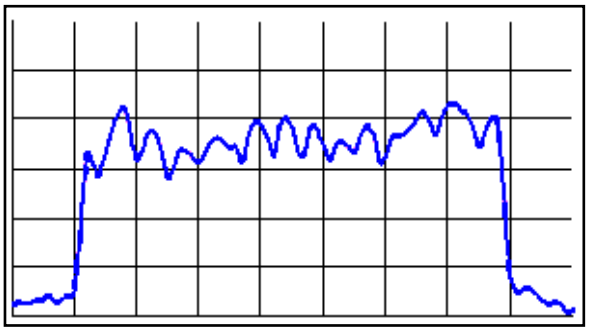
24.2 قناة الاستقبال

قناة الاستقبال النموذجية هي القناة الغوسية (انظر الجدول 4 أدناه) من الممكن أن يعاني الطيف المستقبل من الانحطاط بسبب الانعكاسات والحجب واستقبال الإشارات من أجهزة إرسال متعددة من شبكة وحيدة التردد، مقارنة بالقناة الغوسية. ويحدد مقدار هذا الانحطاط قناة الاستقبال المبينة في الجدول 4.

ويؤثر الانحراف المعياري للاتساعات الطيفية (σ_{sp}) على المستوى الأدنى لدخل المستقبل اللازم لفك شفرة إشارة الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني.

الجدول 4

قنوات استقبال الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني

	**قناة غوس:** تُستقبَل فقط الإشارة المباشرة الصادرة من مرسل على خط البصر. ولا تستقبل الانعكاسات ولا الإرسالات من نفس القناة. لذلك، يكون شكل طيف تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد مستطيلاً. ويتراوح الانحراف المعياري للاتساعات الطيفية (σ_{sp}) عبر عرض نطاق القناة بين 0 و1 dB.
	**قناة رايس:** بالإضافة إلى الإشارة المباشرة، يتم استقبال عدة إشارات وانعكاسات صغيرة من نفس القناة. ويبيّن طيف تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد تغييرات طفيفة في الاتساع مقارنة بالتردد. ويتراوح الانحراف المعياري للاتساعات الطيفية (σ_{sp}) عبر عرض نطاق القناة بين 1 و3 dB.
	**قناة رايلي:** لا يدخل في تكوين الإشارة المستقبلة إلا الانعكاسات ومكونات آتية من أجهزة إرسال متعددة من نفس القناة. ويُظهر طيف تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد تشوهات كبيرة. ويزيد الانحراف المعياري للاتساعات الطيفية (σ_{sp}) عبر عرض نطاق القناة 3 dB.

ومن الضروري تحديد نوع قناة الاستقبال عند قياس شدة مجال الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني لأن شدة المجال الدنيا المطلوبة تتوقف، وفقاً لمعايير التخطيط، على قناة الاستقبال. وتتطلب قنوات رايلي شدة المجال القصوى في حين تتطلب قنوات غوس شدة المجال الدنيا.

وأظهرت التجربة أن الأغلبية العظمى من حالات الاستقبال العملية ترجح قنوات رايس ورايلي. أما قنوات غوس فهي نادرة جداً.

25.2 اتفاق جنيف لعام 2006 (GE06)

هو الاتفاق الإقليمي ومرفقاته *والخطط* المرتبطة به كما صاغها المؤتمر الإقليمي للاتصالات الراديوية لعام 2006، المعني بتخطيط خدمة الإذاعة الرقمية للأرض في الإقليم 1 (أجزاء الإقليم 1 الواقعة غرب دائرة الطول 170° شرقاً وشمال دائرة العرض 40° جنوباً، باستثناء أراضي منغوليا) وفي جمهورية إيران الإسلامية، في نطاقي التردد MHz 230-174 وMHz 862-470 (جنيف، 2006) (الاتفاق GE06).

26.2 التداخل الذاتي داخل شبكة وحيدة التردد

في هذا السياق، يمثل التداخل الذاتي داخل شبكة وحيدة التردد تشوه الإشارة المستقبلة الناجم عن تجميع مكون الإشارة المستقبلة مباشرة مع:

- الإشارات الآتية من أجهزة إرسال أخرى تعمل على نفس القناة وتنتمي إلى نفس الشبكة وحيدة التردد؛
- انعكاسات الإشارة من نفس المرسل،

التي تُستقبل **خارج** فترة الحراسة.

27.2 شبكة وحيدة التردد

تتألف الشبكة وحيدة التردد من جهازين أو أكثر للإرسال تكون متزامنة في الوقت وتنقل نفس المحتوى من البرامج. ويجب أن يضمن تخطيط الشبكة وصول جميع إشارات أجهزة الإرسال المستقبلة المشاركة في الشبكة وحيدة التردد ذات المستوى الأكبر من النسبة *C/I* في التوقيت السليم إلى المستقبل بالنسبة إلى فترة الحراسة، (انظر الفقرة 11.2) وذلك في جميع مواقع الاستقبال داخل منطقة التغطية المستهدفة للشبكة وحيدة التردد. ويتم ذلك، مثلاً عن طريق:

- اختيار متغير النظام؛
- اختيار طول فترة الحراسة الذي يناسب أقصى مسافة بين أي جهازي إرسال متجاورين داخل الشبكة وحيدة التردد، أو اختيار أجهزة الإرسال التي تناسبها أقصى مسافة ضمن الحد الأقصى أو طول فترة الحراسة المقصودة؛
- ضبط القدرة المتناحية المكافئة و/أو مخطط الهوائي لواحد أو أكثر من أجهزة الإرسال (إذا لزم الأمر)؛
- التأخير الزمني المناسب، ويسمى أيضاً التأخير السكوني، لجهاز إرسال واحد أو أكثر (إذا لزم الأمر).

28.2 الانحراف المعياري

الانحراف المعياري الجذر التربيعي للتغيّر في سلسلة عيّنات. وهو يساوي متوسط انحراف جميع العيّنات من المتوسط الحسابي ويُحسب كالتالي:

المتوسط الحسابي:
$$\mu = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \ldots P_n}{n}$$

الانحراف المعياري:
$$\sigma = \sqrt{\frac{(P_1 - \mu)^2 + (P_2 - \mu)^2 + \ldots (P_n - \mu)^2}{n-1}}$$

حيث:

$P_n \ldots P_1$: تشكل قيّم العينات.

29.2 الانحراف المعياري للاتساعات الطيفية (σ_{sp})

أثبتت التجارب أن مستويات الانحراف المعياري للاتساعات الطيفية (انظر الفقرة 27.2) المقيسة بوحدات لوغاريتمية (dB(μV) أو dBm) تقابل القيم σ_{sp} الواردة في الفقرة 24.2 فيما يتعلق بقناة الاستقبال.

30.2 تصحيح الانحراف المعياري للاتساعات الطيفية (C_σ)

تتوقف النسبة موجة حاملة إلى ضوضاء (C/N) التي تشير إليها الوثائق الدولية من قبيل الاتفاق GE06 والتقرير ITU-R BT.2254، على قناة الاستقبال: فقنوات رايلي تتطلب قيمة مرتفعة للنسبة (C/N)، بينما تتطلب قنوات رايس قيمة متوسطة وقنوات غوس القيمة الدنيا. وتمثل القيمة النمطية التي تحدد قناة الاستقبال الانحراف المعياري للاتساعات الطيفية على مجمل عرض النطاق (σ_{sp}) للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني. واستناداً إلى النصوص الدولية، يُفترض هنا أن للانحراف المعياري للاتساعات الطيفية (σ_{sp}) القيم التالية:

الجدول 5

الانحراف المعياري للاتساعات الطيفية (σ_{sp})

قناة الاستقبال	σ_{sp}
غوس	$\sigma_{sp} \leq$ dB 1
رايس	dB 1 $< \sigma_{sp} <$ dB 3
رايلي	$\sigma_{sp} \geq$ dB 3

لكن القيمة الحقيقية للانحراف المعياري للاتساعات الطيفية في نقاط القياس الفعلية تكون في أغلب الأحيان مختلفة عن هذه القيم المتطرفة. وهي تتراوح عادة بين 1 و5 dB. ولمقارنة شدة المجال المقيسة بالنصوص الدولية، من الضروري تحديد قناة الاستقبال والانحراف المعياري للاتساعات الطيفية في كل عملية قياس. وتطرح قيمة تصحيح (C) من كل قيمة مقيسة وفقاً للمعادلة التالية:

$$C_\sigma = \frac{{}^{C}/_{N_{Rayleigh}} - {}^{C}/_{N_{Gauss}}}{2} \cdot (\sigma_{sp} - 3)$$

حيث تؤخذ قيمتا النسبة موجة حاملة إلى ضوضاء لقناة رايلي وقناة غوس من النصوص الدولية ذات الصلة، مثل الاتفاق GE06، حسب صيغة النظام المستخدم. وتسمى هذه العملية تصحيح الانحراف المعياري للاتساعات الطيفية (σ_{sp}).

وتنشئ المعادلة استكمالاً داخلياً خطياً بين قيم الانحراف المعياري للاتساعات الطيفية (σ_{sp}) وما بعدها على الحدود بين قناتي غوس/رايس (dB 1) وقناتي رايس ورايلي (dB 3). ويمكن أن تكون قيمة التصحيح سالبة حسب قناة الاستقبال.

وتُظهر الرسوم البيانية الواردة في المرفق 2 بعض الأمثلة على قيم تصحيح الانحراف المعياري للاتساعات الطيفية.

31.2 المنطقة الصغيرة

"المنطقة الصغيرة" هي منطقة يفترض أن تكون شدة المجال وحالة الاستقبال فيها متساوية (كأن لا يُراعى تغير الموقع وتُستخدم بدلاً من ذلك قيمة متوسطة). وهي تُستخدَم لتحويل القياسات التي تجرى في مواقع محددة إلى تقييم للموقف ضمن منطقة. وتجرى قياسات شدة المجال وقناة الاستقبال ومعدل الخطأ في البتات (BER) في موقع واحد أو أكثر داخل المنطقة الصغيرة. وإذا أُخذت القياسات في مواقع متعددة، تُحسب القيم المتوسطة. ويُفترض أن تصح النتائج في كامل المنطقة الصغيرة.

32.2 المرسل البديل

هو مرسل يعمل في نفس الموقع ويستخدم هوائي له نفس الاستقطاب ونفس الا رتفاع تقريباً للمرسل الذي يتعين قياسه ولكنه يعمل على تردد مختلف. ويمكن استخدام المرسل البديل للقياس في حال لم يكن المرسل الأساسي قد جُهز للاستخدام أو إذا كانت إشارته تتعرض لتدخلات قوية من إشارات غير مرغوب بها. وفي حال عدم وجود مرسل بديل، من الممكن استخدام مرسل اختبار يُجهز لإجراء القياسات فقط.

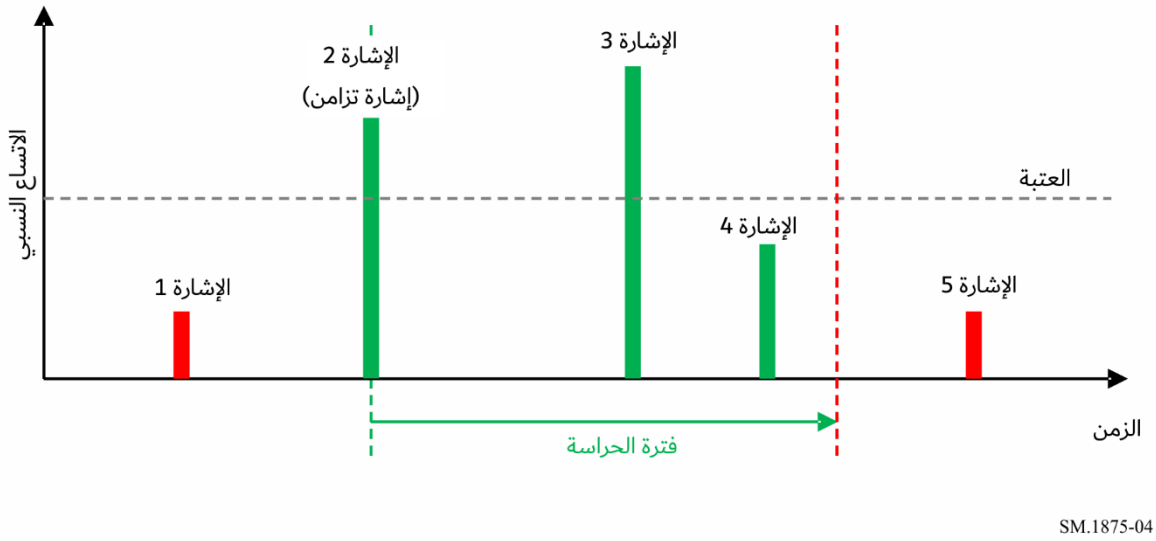
33.2 التزامن

نظراً لاختلاف المسافات، يصل رمز من أجهزة الإرسال المختلفة في أي شبكة وحيدة التردد إلى المستقبل مع تأخيرات زمنية مختلفة ومستويات مختلفة. ويمكن أن يحدث هذا التأثير أيضاً في الشبكات MFN بسبب الانعكاسات.

ولإزالة التشكيل، يتزامن جهاز الاستقبال مع واحدة من هذه الإشارات. وهناك استراتيجيات مختلفة ممكنة. ويُفترض، لأغراض هذه التوصية، أن المستقبل يتزامن مع الإشارة الأولى التي يتم استقبالها فوق عتبة معينة. ويرد أدناه مثال على ذلك.

الشكل 4

التزامن مع الإشارة الأولى فوق عتبة معينة



الإشارة المستخدمة للتزامن هي الإشارة 2. وتحدد هذه الإشارة أيضاً موضع فترة الحراسة. ويتم التعامل مع الإشارات 2 و3 و4 على أنها إشارات مطلوبة وتسهم في قدرة فك التشفير. وتصل الإشارتان 1 و5 خارج فترة الحراسة ويتم التعامل معهما على أنهما مسببتان للتداخل.

34.2 صيغة النظام

يمكن اختيار عدة معلمات من نظام للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني وفقاً لاحتياجات الخدمة المقدمة (مثل، معدل البيانات، أسلوب الاستقبال، وما إلى ذلك). وتُحدد مجموعة المعلمات المختارة صيغة النظام (باستثناء عرض النطاق RF). وترد المعلمات الأساسية المتغيرة في الجدول التالي:

الجدول 6

المعلمات الرئيسية المستخدمة في تحديد صيغة نظام DVB-T/T2

المعلمة	DVB-T	DVB-T2
عرض نطاق التردد الراديوي	MHz 6، MHz 7، MHz 8	MHz 1,7، MHz 5، MHz 6، MHz 7، MHz 8
عدد الموجات الحاملة الفرعية	2k، 8k	1k، 2k، 4k، 8k، 16k، 32k
تشكيل الموجات الحاملة الفرعية	QPSK، 16-QAM، 64-QAM	QPSK، 16-QAM، 64-QAM، 256-QAM
معدّل الشفرة	1/2، 2/3، 3/4	1/2، 3/5، 2/3، 3/4، 4/5، 5/6
فترة الحراسة	1/8، 1/4، 1/16، 1/32	1/128، 1/32، 1/16، 19/256، 1/8، 19/128، 1/4
دوران مخطط الكوكبة	لا	نعم
أسلوب الموجة الحاملة الموسعة	لا	نعم/لا
النموذج الدليلي	ثابت	متغير (من النموذج PP1 إلى النموذج PP8)

* لا يُنظر إلى عرض النطاق RF على أنه جزء من صيغة النظام.

35.2 شدة المجال المطلوبة

هي شدة المجال الإجمالية المستقبلة من مرسل أو شبكة مطلوبة في أي موقع استقبال. وعند مقارنة قيم شدة المجال المقيسة الخاصة بشبكة وحيدة التردد بقيم شدة المجال اللازمة، يمكن زيادة شدة المجال المطلوبة من خلال كسب الشبكة.

3 أساليب القياس

تصف المرفقات من 1 إلى 4 أساليب مختلفة لقياس وتقييم تغطية خدمة الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني (DVB-T/T2).

ويصف المرفق 1 أسلوباً للتحقق من مناطق التغطية المتوقعة للاستقبال الثابت. وهو يعتمد على مبدأ أن القياسات الفعلية لا تُجرى إلا في مناطق اختبار معينة. وتوضع مناطق الاختبار هذه في قرى أو مدن تقع على حدود التغطية المتوقعة. وبتقييم قياسات شدة المجال التي أجريت في عدد من المواقع داخل مناطق الاختبار، تقارَن حالة التغطية الفعلية بمنطقة التغطية المتوقعة. فإذا تطابقت التغطية المقيسة أو تجاوزت التنبؤ في مناطق الاختبار، يمكن أن يُفترض أن ذلك هو الحال في منطقة الخدمة بأكملها لمرسِل أو شبكة DVB-T/T2.

ويصف المرفق 2 أسلوباً للتحقق من مناطق التغطية المتوقعة للاستقبال المحمول. وهو يعتمد على مبدأ أخذ كمية كبيرة من عينات شدة المجال أثناء قيادة مركبة على طول معظم الطرق داخل مناطق اختبار معينة. وتوضع مناطق الاختبار في قرى أو مدن تقع في مناطق تكون فيها ظروف الاستقبال متغيرة، أي من "استقبال (جيد)" إلى "استقبال منعدم" (على حدود التغطية المتوقعة). وبعد تطبيق بضعة تصحيحات (لمسار الاستقبال على سبيل المثال ولواقع أن الاستقبال المحمول يقاس أثناء التنقل)، تقارَن النسبة المئوية لعينات شدة المجال المقيسة التي تتجاوز الحد الأدنى لشدة المجال المطلوبة مع النسبة المئوية المتوقعة للتغطية داخل منطقة الاختبار. فإذا تطابقت التغطية المقيسة أو تجاوزت التنبؤات في مناطق الاختبار، يمكن أن يُفترض أن ذلك هو الحال في منطقة الخدمة بأكملها لمرسِل أو شبكة DVB-T/T2.

ويصف المرفق 3 أسلوباً مبسطاً لتحديد حدود تغطية مرسِل أو شبكة DVB-T/T2 للاستقبال الثابت. وهو يعتمد على مبدأ أخذ قياسات شدة المجال في عدد من المواقع على طول الطرق المؤدية بعيداً عن أو قريباً إلى المرسل (المرسلات). ويُحسب منحنى شدة المجال مقابل المسافة بما يتطابق أفضل تطابق مع نتائج القياس. وتحدِد المسافة التي يصل فيها منحنى شدة المجال إلى الحد الأدنى لشدة المجال المطلوبة وفقاً لمعايير التخطيط، حدود تغطية مرسل أو شبكة DVB-T/T2. ويكون هذا الأسلوب أكثر فاعلية عندما

تتوفر التوقعات للتغطية لأن نقاط القياس لا يمكن اختيارها إلا حول حدود التغطية المتوقعة. ولكنه يصلح أيضاً من حيث المبدأ في حال عدم توفر معرفة مسبقة بمنطقة التغطية.

ويصف المرفق 4 أسلوباً للتحقق من التغطية الفعلية في مناطق محددة تسترعي الاهتمام. ويمكن أن تكون هذه المناطق، على سبيل المثال، مقاطعات ذات تضاريس غير متجانسة لا يمكن الاعتماد فيها على نماذج الانتشار، أو مستوطنات يبلَّغ فيها عن مشاكل في استقبال DVB-T/T2. ويعتمد ذلك على مبدأ أن قياسات شدة المجال ومعدل الخطأ في البتات تؤخذ في عدد من المناطق الصغيرة على شبكة القياس الموضوعة فوق منطقة تسترعي الاهتمام. وعند الوصول إلى الحد الأدنى المطلوب لشدة المجال أو تجاوزه وتكون نسبة الخطأ في البتات ذات الصلة منخفضة بما فيه الكفاية، تعتبر المنطقة الصغيرة مغطاة. وإذا استُخدم هذا الأسلوب لاستكشاف مناطق يبلَّغ فيها عن تداخل، فإنه لا يتطلب معرفة التوقعات للتغطية.

وفي حالة الاستقبال الثابت، لا يوجد أسلوب واحد أمثل لقياس التغطية في جميع ظروف القياس الممكنة. وحسب نوع شبكة DVB-T/T2 (SFN أو MFN)، وأبعاد منطقة التغطية، والتضاريس، ووجود أو غياب التداخلات والغرض من القياس، يمكن اعتبار أحد الأساليب من المرفقات 1 و3 و4 أكثر ملاءمة لقياس تغطية DVB-T/T2 ومقارنتها بالتوقعات للتغطية، مقارنةً بالأسلوبين الآخرين. ويحتوي الجدول التالي على معلومات لتقديم إرشادات بشأن قابلية تطبيق أساليب القياس المختلفة.

الجدول 7

مقارنة أساليب قياس الاستقبال الثابت

الموضوع/المسألة	أسلوب المرفق 1	أسلوب المرفق 3	أسلوب المرفق 4
التوقعات للتغطية	ضرورية	ليست ضرورية ولكنها تسهل القياسات إلى حد كبير.	ليست ضرورية دائماً، والأمر يتوقف على هدف القياس.
قابل للتطبيق في شبكات وحيدة التردد	نعم	نعم بالأساس، لكن جهد القياس يتزايد بتزايد عدد المرسلات في شبكة وحيدة التردد (SFN)	نعم
جهد القياس	عال للحصول على دقة جيدة، حسب عدد مناطق الاختبار	منخفض، خاصةً إذا أتيحت التوقعات للتغطية	عال
التضاريس من منطقة التغطية	أياً كانت	يفضَّل أن تكون مسطحة	أياً كانت

وتجب مراعاة المسائل التالية المرتبطة بأساليب القياس الموصى بها.

أ) يمكن أن لا يقيِّم تردي الاستقبال جراء التداخل الذاتي بشكل صحيح بالأساليب الواردة في المرفق 3 لأن الفصل بين شدتي المجال المطلوب وغير المطلوب غير ممكن دائماً. أما أسلوب المرفق 3 فهو يقيس بشكل غير مباشر شدة المجال المسبب للتداخل من خلال تقييم معدل الخطأ في البتات (BER). وإذا تعذر استقبال ما يكفي من شدة المجال المطلوب في مواقع معينة أو ارتفع معدل الخطأ في البتات أكثر من الحد المقبول، فقد يعود ذلك إلى إشارات التداخل الخارجي أو إلى التداخل الذاتي.

ب) يمكن أن يختلف كسب شبكة وحيدة التردد (SFN) المحسوب من توزع شدة المجال المقيسة بالأساليب لبواردة في المرفقين 1 و3 عن كسب الشبكة الذي تفترضه أدوات التخطيط.

ج) تعتمد قياسات معدل الخطأ في البتات (BER) بطبيعتها على مستقبل DVB-T/T2 المستخدم، وخاصةً على عامل الضوضاء. ولتقليل هذا التأثير إلى أدنى حد، يجب اتخاذ تدابير لحصر إجمالي عامل ضوضاء المستقبل الأقصى بما يتراوح بين 6 و7 dB كما يفترض التخطيط. ويمكن القيام بذلك على سبيل المثال بإدخال مكبر خارجي منخفض الضوضاء أمام مستقبل القياس.

د) لا تتوقع أدوات التخطيط انعكاسات الإشارة المطلوبة عند نقاط القياس، ولكنها ترد في نتيجة القياس. ويمكن أن تكون تأثيراتها بناءة أو مدمرة، حسب التأخير بالنسبة إلى الإشارة المباشرة أو الانعكاسات الأخرى.

وللأسباب المذكورة أعلاه، قد تختلف نتائج التغطية المقيسة في بعض نقاط أو مناطق الاستقبال عن منطقة التغطية المتوقعة، على الرغم من إمكانية اعتبار التنبؤ واقعياً.

المرفق 1
بالملحق 1

التحقق من التوقعات للتغطية في الاستقبال الثابت

1.A1 اختيار مواقع القياس

للتحقق بشكل دقيق من منطقة التغطية الفعلية ينبغي عملياً إجراء قياسات في جميع المواقع داخل المنطقة المعنية. وفي الإجراء الموصوف في هذا المرفق، تقتصر القياسات على عدد معيّن من مناطق القياس القريبة من حدود منطقة التغطية المتنبأ بها لمرسِل DVB-T/T2 أو شبكة وحيدة التردد (SFN)، وذلك للحفاظ على كمية القياسات ضمن المستوى المطلوب. وتُستكمل التغطية المقيسة خارجياً داخل مناطق الاختبار للتحقق من التغطية المتوقعة للشبكة بأكملها. وللحصول على الدقة المطلوبة للاستكمال الخارجي، ينبغي أن يكون عدد مناطق الاختبار كافياً.

ويُفَضَّل وضع مناطق الاختبار كما يلي:

- عند حدود منطقة التغطية المتوقعة؛
- في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية، وتجاوز المناطق التي لا يُتطلب فيها استقبال؛
- في المناطق ذات التضاريس المختلفة (كثيرة التلال والمسطحة)؛
- في اتجاهات مختلفة من مرسِل أو شبكة DVB-T/T2.

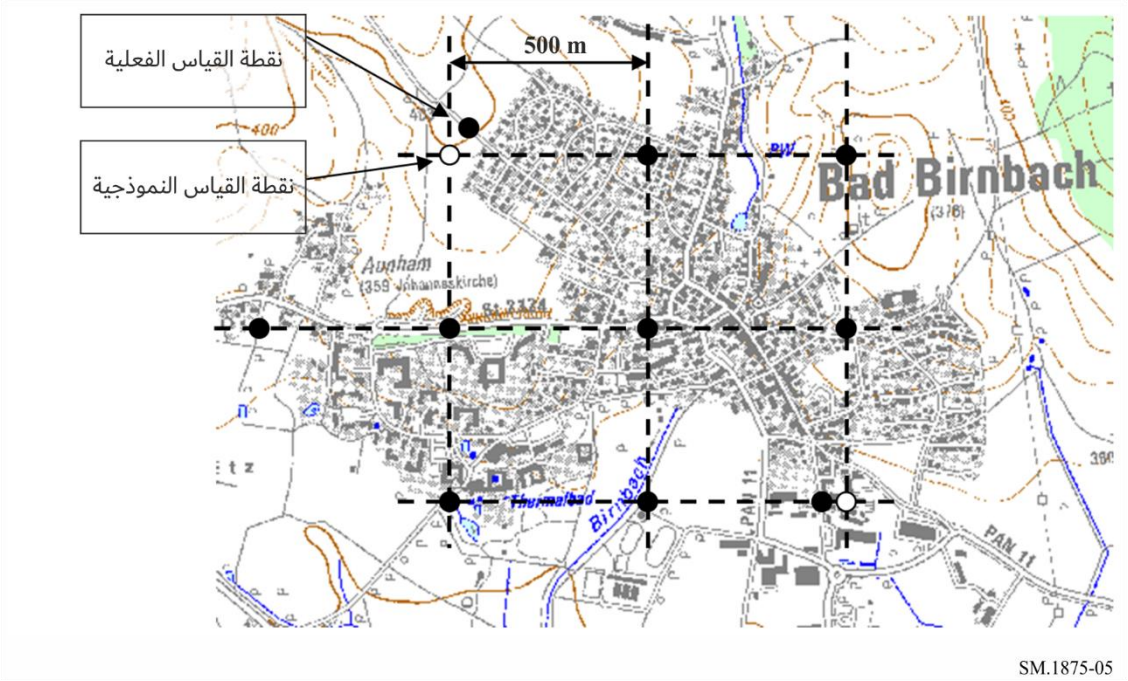
ويعتمد عدد مناطق الاختبار المنتقاة على التالي:

- الفرق في التضاريس داخل منطقة التغطية المخططة وحولها؛
- الدقة المطلوبة لتقييم التغطية؛
- أقصى جهد قياس مجدٍ.

وللعثور على مواقع القياس، توضع شبكة من المربعات أو المثلثات طول ضلعها 500 m فوق كل منطقة اختبار (انظر الشكل 5).

الشكل 5

نقاط القياس (الاستقبال الثابت)



لا يمكن الوصول في بعض الأحيان إلى نقطة القياس النموذجية بسبب المباني وعدم وجود طرق وغير ذلك من المشاكل. وفي هذه الحالة، يجب اختيار نقطة القياس الأقرب التي يمكن الوصول إليها، ومن المفضل أن تكون داخل مسافة 50 m تقريباً حول نقطة القياس النموذجية. وينبغي، إن أمكن، ألا تعاق نقاط القياس الفعلية بالمباني التي يتعدى ارتفاعها 10 m وإذا تعذّر تحقيق ذلك (لا سيما في المدن الكبيرة) وإذا تم القياس من أكثر من 30 موقعاً آخر للمنطقة، يمكن استبعاد نقطة القياس هذه. وإلا فيجب اختيار الحل الوسط الأفضل بين المسافة من نقطة القياس النموذجية والاستقبال بدون عوائق. ويمكن أن تكون النتيجة هي عدم تغطية نقطة القياس لكن هذه الحالة تبرز الحقيقة التي سيمر بها المستعمل أيضاً.

2.A1 أجهزة القياس اللازمة

للتحقق من التوقعات لتغطية الاستقبال الثابت للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني، تلزم الأجهزة التالية:

الجدول 8

الأجهزة اللازمة للتحقق من الاستقبال الثابت للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني

	نوع الأجهزة	الوظائف المطلوبة، الملاحظات
التجهيز العام	مركبة للقياس	برج هوائي دوار يمكن رفعه إلى ارتفاع 10 m فوق نظام أرضي لتحديد الموقع (مثل النظام العالمي لتحديد الموقع)
المستقبل 1	محلل الطيف	سطح بيني للبيانات متصل بالحواسيب (مثل شبكة محلية وIEEE488.2) إمكانية قياس قدرة القناة مكشاف عينة الوظيفة المفضلة: مكشاف لجذر متوسط التربيع
المستقبل 2	مستقبل قياس النظام DVB-T/T2	عامل ضوضاء يساوي من 6 إلى 7 dB* قادر على قياس مستويات من مخطط الاستجابة النبضي

الجدول 8 (*تتمة*)

	نوع الأجهزة	الوظائف المطلوبة، الملاحظات
هوائي	لوغاريتمي دوري أو ياغي	مركَّب على برج مركبة القياس الخصائص مماثلة لأقرب قدر من التوصية ITU-R BT.419 يجب أن يتيح كل من الاستقطاب الأفقي والرأسي يجب أن يكون عامل الهوائي معروفاً (معايراً)
مراقبة القياس	برنامج حاسوبي	تخزين بيانات المنحني الآتية من محلل الطيف تخزين نتائج قياس قدرة القناة تخزين البيانات الآتية من نظام تحديد الموقع الوظيفة المفضلة: ضبط المحلل أوتوماتياً وإجراء القياسات

* إذا تجاوز عامل الضوضاء لمستقبل القياس القيمة من 6 إلى 7 dB، يجب استخدام مكبر منخفض الضوضاء أمام المستقبل، بحيث يقع عامل الضوضاء الإجمالي في نظام القياس ضمن هذا المدى.

3.A1 المعلومات المطلوبة

يجب معرفة المعلومات التقنية التالية عن مرسل النظام DVB-T/T2 قبل القياس. ففي حالة الشبكة وحيدة التردد، تكون المعلومات مطلوبة لكل جهاز من أجهزة الإرسال في الشبكة.

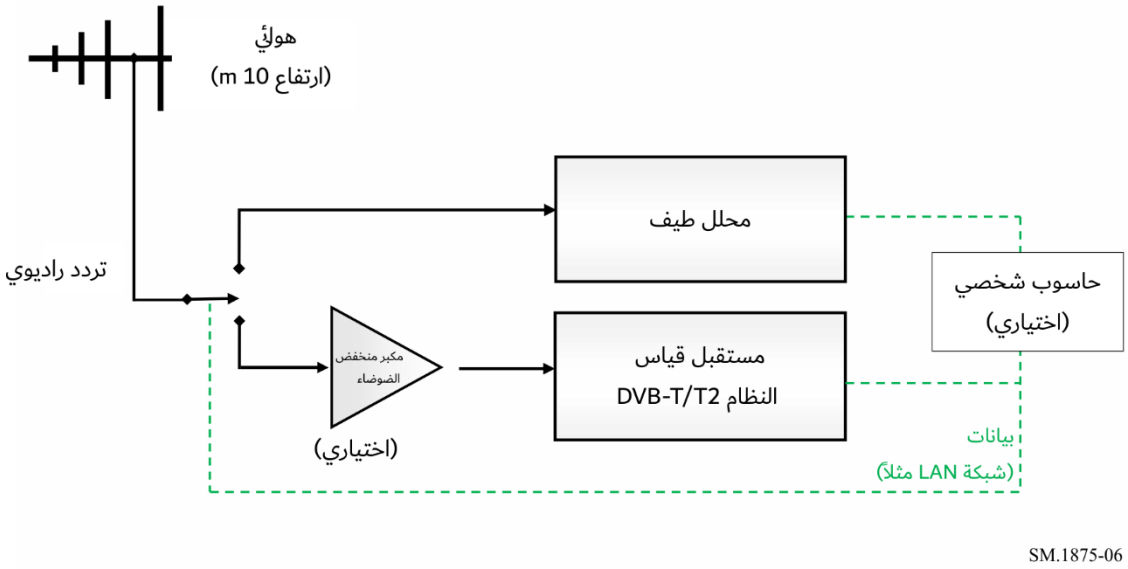
- التردد المركزي
- الإحداثيات الجغرافية لجهاز (أجهزة الإرسال)
- الاستقطاب
- صيغة النظام
- التخالف النسبي في الزمن.

4.A1 تشكيلة القياس

تُستخدم التشكيلة التالية للقياس.

الشكل 6

تشكيلة القياس الأساسية (الاستقبال الثابت)



5.A1 عملية القياس

في موقع القياس، يُسدد الهوائي في الاتجاه الاسمي للمرسل على ارتفاع 10 m بنفس استقطاب المرسل. وفي الشبكات SFN، ينبغي أن يكون هذا المرسل هو المرسل الذي يعطي أعلى مستوى للإشارة في موقع القياس.

ويُجرى القياس الأول باستخدام مستقبل قياس النظام DVB-T/T2 مع الإعدادات التالية:

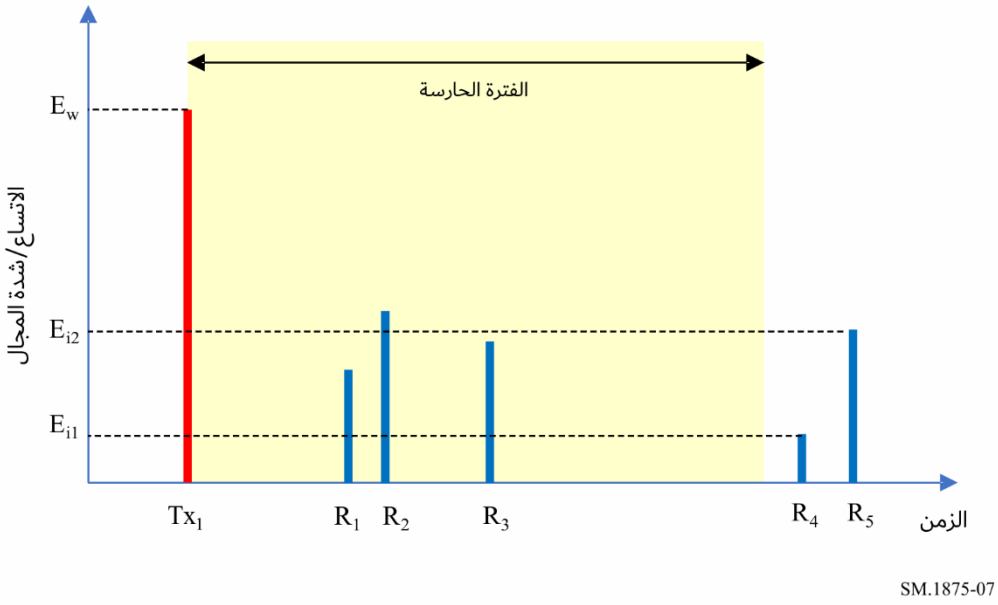
- التردد: التردد المركزي لقناة النظام DVB-T/T2؛
- أسلوب القياس: الاستجابة النبضية للقناة.

إذا كان التزامن ممكناً، يمكن افتراض أن أقوى ذروة تشير إلى الإشارة المباشرة للمرسل المطلوب. وتُقاس شدة مجال هذه الذروة على أنها شدة المجال المطلوبة E_w.

وتُقاس شدة المجال لكل ذروة خارج فترة الحراسة من E_{i1} إلى E_{in}.

الشكل 7

مثال على قياس الاستجابة النبضية للقناة



لا تُضاف قيم الذروة داخل فترة الحراسة الناتجة عن الانعكاسات إلى شدة المجال المطلوبة لأنه لا يُتوقع أن تكون موثوقة ومستقرة.

وإذا كان مستقبل النظام DVB-T/T2 غير قادر على التزامن مع أي اتجاه للهوائي/أي مرسل من الشبكة SFN، فلن يُغطى موقع القياس. وإذا كانت هناك حاجة إلى مزيد من المعلومات عن السبب، يرد وصف لمزيد من القياسات في الفقرة 4.A1.

ولأن القيم الدنيا لشدة المجال المتعلقة بالإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني مختلفة بالنسبة لقنوات غوس ورايس ورايلي، يجب تحديد قناة الاستقبال في كل موقع للقياس. ويُجرى هذا من خلال تسجيل منحني واحد لطيف الإشارة مع عرض نطاق صغير للاستبانة ومن خلال حساب الانحراف المعياري للاتساعات الطيفية (σ_{sp}) للكثافات الطيفية الناتجة.

ويُجرى هذا القياس بالإعدادات التالية لمحلل الطيف:

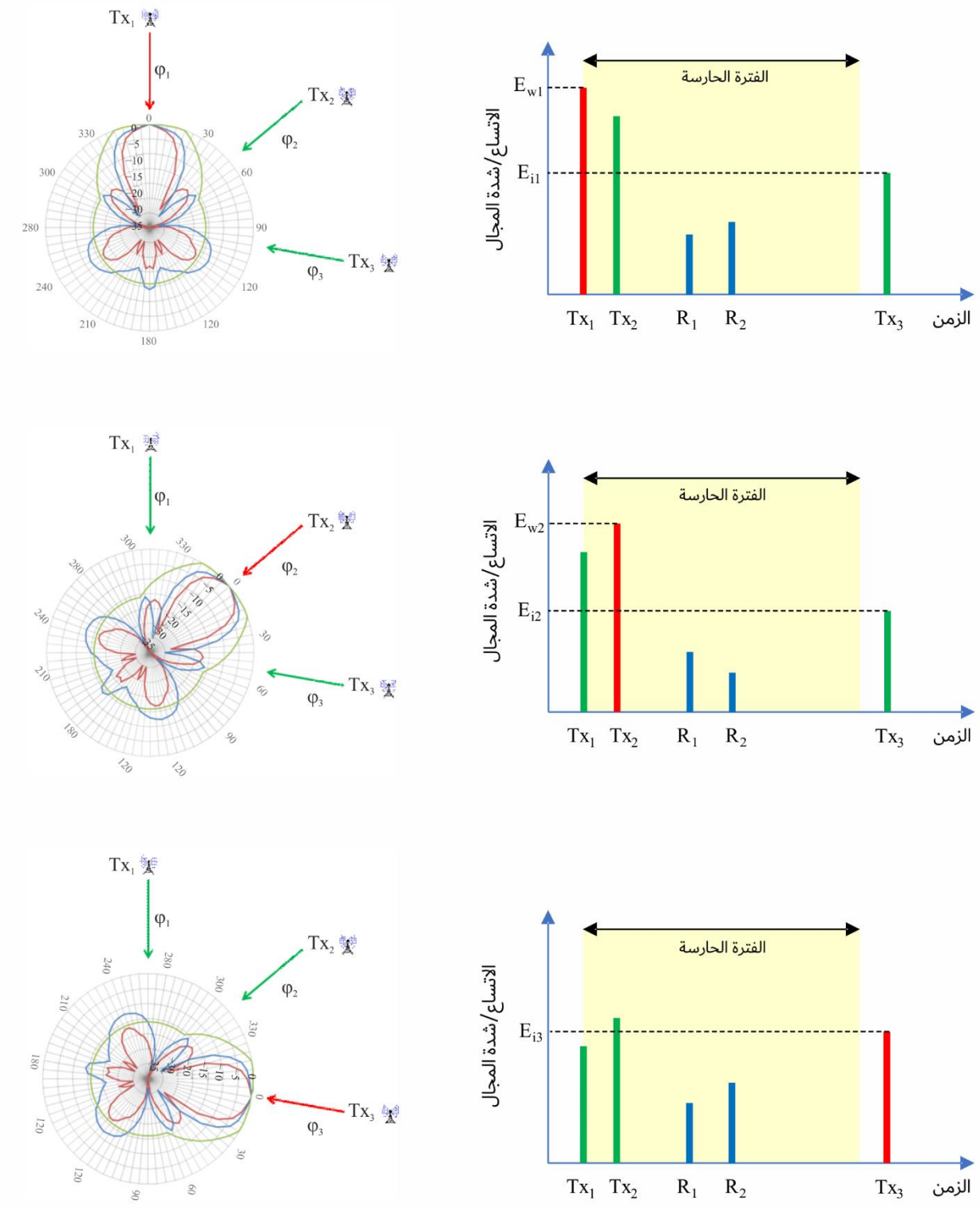
- المدى: نفس عرض نطاق النظام DVB-T/T2 تماماً
- عرض نطاق الاستبانة (RBW): 30 kHz
- المكشاف: جذر متوسط التربيع
- أسلوب المنحني: ClearWrite
- وقت الكنس: أكبر من أو يساوي 200 ms
- الوحدة: dB(µV) أو dBm.

ولا بد من وقت كنس بطيء (أو وقت طويل لحساب المتوسط) لضمان عدم تأثر المستويات الطيفية الناتجة بتشكيل الإشارة.

وفي حالة الشبكات وحيدة التردد، يجب تكرار القياس بعد تسديد الهوائي في اتجاه كل مرسل في الشبكة. وتُحسب الاتجاهات الاسمية لهذه المرسلات من إحداثياتها المعروفة وإحداثيات موقع القياس. ويمكن تحديد قيم الذروة للإشارة (التي قد تكون أضعف) من المرسلات المختلفة في الشبكة وحيدة التردد عن طريق حساب الفروق في المسافة بالنسبة إلى المسافة إلى المرسل الأول، على أن يراعى أيضاً التخالف المعروف في الزمن لكل مرسل في الشبكة. يوضح الشكل 8 مثالاً لثلاثة مرسلات في شبكة وحيدة التردد.

الشكل 8

مثال على قياس شدة المجال في شبكة وحيدة التردد تضم ثلاثة مرسلات



SM.1875-08

في المثال، يتزامن المستقبل دائماً عند الذروة الأولى. وتصل الإشارة الواردة من المرسل T_{x3} خارج فترة الحراسة، وبالتالي يُنظر إليها دائماً على أنها إشارة تداخل. وقد يكون ذلك ممكناً إذا كان موقع القياس خارج منطقة التغطية المخطط للشبكة وحيدة التردد. ونتيجة لذلك، لا يوفر القياس في اتجاه المرسل T_{x3} أي شدة مجال مطلوبة.

ويجب تحديد قناة الاستقبال على نحو منفصل لكل قياس لشدة المجال.

وحسب شدة المجال المطلوبة المقيسة وقناة الاستقبال، تختلف المسافة إلى نقطة القياس التالية وفقاً للجدول 9.

الجدول 9

المسافة بين نقاط القياس المتجاورة

قناة الاستقبال	شدة المجال المطلوبة المقيسة (dB)	المسافة إلى نقطة القياس التالية (m)
غوس أو رايس	$e \geq E_{med} + 10$	1 000
غوس أو رايس	$e < E_{med} + 10$	500 (معيارية)
رايلي	(أية واحدة)	250

6.A1 التداخل الخارجي

لا يمكن للقياس باستخدام مستقبل النظام DVB-T/T2 إلا اكتشاف إشارات التداخل من المرسل المطلوب أو الشبكة (المطلوبة) (التداخل الذاتي). وعادةً ما تكون شدة المجال النسبية المستقبَلة للإشارات من المرسلات المجاورة (في الشبكات MFN) أو الشبكات SFN الأخرى أقل من تمييز هوائي القياس، وفي هذه الحالة لا يمكن قياسها بشكل منفصل. ومع ذلك، يتم تقييمها بشكل غير مباشر على اساس أن مستقبل النظام DVB-T/T2 يجب أن يكون قادراً على التزامن من أجل القياس. وإذا لم يكن هذا التزامن ممكناً، فقد يكون ذلك إما لأن مستوى الإشارة المطلوبة غير كافٍ، أو لأن مستوى التداخل مرتفع للغاية. وفي كلتا الحالتين، تعتبر نقطة القياس غير مغطاة.

وإذا كان من الضروري تحديد سبب عدم القدرة على التزامن، فيمكن تطبيق إجراء القياس البديل التالي.

مع تسديد هوائي القياس نحو المرسل المطلوب (في حالة الشبكة SFN، جميع المرسلات المطلوبة، كل بشكل منفصل)، تُقاس شدة المجال الإجمالية للمرسل المطلوب (المرسلات المطلوبة) بمحلل الطيف باستخدام الإعدادات التالية:

- المدى: عرض قناة النظام DVB-T/T2
- عرض نطاق الاستبانة (RBW): 30 kHz
- المكشاف: جذر متوسط التربيع
- أسلوب المنحني: ClearWrite
- وقت الكنس: أكبر من أو يساوي 200 ms
- أسلوب القياس: قدرة القناة.

إذا تجاوزت قيمة σ_{sp} المصححة شدة المجال الدنيا المطلوبة للنظام DVB-T/T2، فإن سبب فشل التزامن (وبالتالي، عدم تغطية موقع القياس) يفترض أن يكون التداخل الخارجي العالي، أو مستويات قوية جداً من القنوات المجاورة. وفي بعض الحالات، يمكن قياس مستوى التداخل الناجم عن مرسل في نفس القناة بتوجيه الهوائي بعيداً عن المرسل المطلوب (المرسلات المطلوبة) والبحث عن قيمة قصوى محلية أخرى. ويمكن، إذا استدعى الأمر، استخدام هوائي قياس باتجاهية أكبر في هذا القياس.

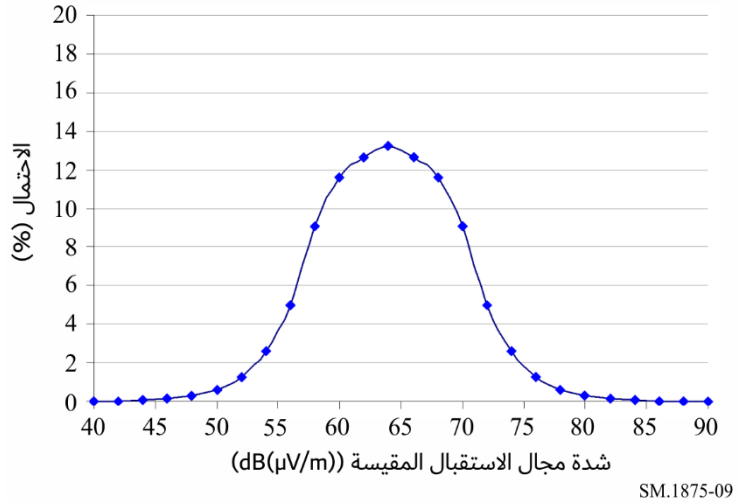
7.A1 تقييم النتائج

1.7.A1 التحقق من التوزيع المتجانس لشدة المجال

للتحقق من أن شدة المجال داخل منطقة القياس متجانسة وأنه تم أخذ عينات كافية للقياس، حسب قنوات الاستقبال، من المفيد وضع رسم بياني للتوزيع الإحصائي لقيم شدة المجال المقيسة مثلما يوضح ذلك الشكل 9. ويبين الرسم البياني النسبة المئوية لعينات القياس التي لديها قيمة معينة لشدة المجال (على المحور y) مقابل هذه القيمة (على المحور x).

الشكل 9

توزيع قيم شدة مجال الاستقبال (الاستقبال الثابت)



وفي المثال المبين أعلاه، تبلغ قيمة 13% من جميع قيم شدة مجال الاستقبال المقيسة 64 dB(µV/m). ويظهر المنحنى ضيقاً نسبياً وغوسياً وهنا، يمكن افتراض أن المجال متجانس نسبياً داخل منطقة القياس. وإذا كان المنحنى مسطحاً وواسعاً أو لا يشبه توزيعاً غوسياً، يضطرب المجال ويُشوش. وفي هذه الحالة، يكون من الضروري إجراء المزيد من القياسات بشبكة طولها 250 m.

وجدير بالذكر أن الشرط المتعلق بتوزيع قيم شدة المجال الوارد في هذه الفقرة لا يمكن استخدامه إلا في المناطق المعنية التي تبعد بالقدر الكافي عن محطة الإرسال والتي يكون شكل حدودها شبه مربع أو دائرة؛ أما في الحالات الأخرى فيجوز عدم التقيد بهذا الشرط.

2.7.A1 التصحيح لقناة الاستقبال

مثلما ذُكر في الفقرة 24.2، فإن الاتفاقات الدولية مثل الاتفاق GE06 بشأن الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض تبين قيماً مختلفة للنسبة موجة حاملة إلى ضوضاء و/أو قيم دنيا لشدة المجال المطلوبة تعتمد على قناة الاستقبال. ويُضفَى على قنوات الاستقبال هذه طابع مثالي بافتراض، على سبيل المثال، أن قناة رايلي تتسم بانحراف معياري (σ_{sp}) قيمته 3 dB. وتُستقبل عادة إشارات قنوات استقبال مختلفة. ومن أجل مزج قيم شدة مجال هذه الإشارات على نحو صحيح، يُضاف تصحيح (C_σ) إلى جميع قيم القياس وفقاً للفقرة 29.2 والمرفق 5 (تصحيح σ_{sp}). وقد يكون هذا التصحيح موجباً أو سالباً. وتُعاير جميع قيم شدة المجال المقيسة إزاء انحراف σ_{sp} قيمته 3 dB. وتُقارن النتيجة بعد ذلك فحسب مع النسبة موجة حاملة إلى ضوضاء و/أو القيم المتوسطة الدنيا لشدة المجال لقنوات رايلي الواردة في وثائق قطاع الاتصالات الراديوية.

وفي حالة الشبكات SFN، تنطبق نفس قيمة التصحيح σ_{sp} على جميع قيم الذروة للإشارة المقاسة في اتجاه واحد φ.

3.7.A1 التصحيح للاحتمال الزمني لإشارات التداخل

إذا استقبل تداخل كبير، بما في ذلك التداخلات الذاتية للشبكات SFN، تعتبر قيم القياس لشدة مجال التداخل المحددة في وقت عشوائي بأنها ذات احتمال زمني مقداره 50%. وتُخطط تغطية النظام DVB-T/T2 عادة بالنسبة لاحتمال زمني مقداره 1% لإشارات التداخل. وفي حالة التداخل الخارجي (إشارات من مرسل آخر في الشبكات MFN أو شبكات SFN أخرى)، لا يلزم إجراء تصحيح لأنه تم تقييمها بشكل غير مباشر فقط من خلال متطلبات التزامن أثناء القياس. وإذا تعذر التزامن بسبب التداخل الخارجي المفرط، فلن يتم اعتبار موقع القياس مغطى على أي حال. وبالنسبة للتداخل الذاتي، يجب تصحيح قيم القياس إزاء 99% من الاحتمال الزمني.

في الشبكات SFN، يمكن حساب المسافة إلى مصدر إشارة التداخل من خلال التخالف الزمني المقاس في مخطط الاستجابة النبضية. ويمكن بعد ذلك تحديد قيمة التصحيح اللازمة باستخدام التوصية ITU-R P.1546.

وفي الشبكات MFN، يمكن أن يحدث التداخل بسبب التخطيط غير السليم للشبكة والانعكاسات. وفي هذه الحالات، تكون المسافة إلى مصدر إشارة التداخل غير معروفة ولا يمكن إجراء تصحيح دقيق من التوصية ITU-R P.1546. وفي هذه الحالة، يُقترح إضافة تصحيح معياري قدره 10 dB إلى شدة المجال المقاسة. وتقابل هذه القيمة متوسط الفرق بين القيمتين 50% و1% للاحتمال الزمني عبر مسيرات برية في النطاق 600 MHz في التوصية ITU-R P.1546.

4.7.A1 حساب شدة المجال الإجمالية

في حالة الشبكات SFN، بالنسبة لكل اتجاه قياس φ، يتم تصحيح قيم الذروة من المرسلات المختلفة (المستقبلة داخل فترة الحراسة) من خلال توهين اتجاهية الهوائي المرجعي بتخالف الزاوية الذي وصلت الإشارة فيه.

مثال من الشكل 8 لشبكة وحيدة التردد تضم ثلاثة مرسلات في النطاق الرابع UHF: يُفترض أن الإشارة من المرسل T_{x1} هي الأقوى، لذا فإن الاتجاه φ_1 سيكون الاتجاه المفضل لهوائي العميل. وتصل الإشارة من المرسل T_{x1} إلى الفص الرئيسي للهوائي ولا يتم تصحيح شدة مجالها E_1. وتصل الإشارة الواردة من المرسل T_{x2} بزاوية نسبية مقدارها 50 درجة. ويبلغ توهين الهوائي المرجعي لهذه الزاوية 12 dB (انظر الشكل 1). وتُشتق شدة المجال E_2 من ذروة إشارة المرسل T_{x2}، وتُقاس في الاتجاه φ_2، وتُقلل بمقدار 12 dB. وشدة المجال E_3 هي ذروة الإشارة الواردة من المرسل T_{x3}، مقاسة في الاتجاه φ_3، ومخفضة بمقدار 16 dB.

إذا كان لأي من المرسلات في الشبكة SFN استقطاباً مختلفاً عن المرسل الرئيسي، فإن شدة مجالها تنخفض عن طريق قيم التوجيهية والتمييز المتعامد المجمعة في الجدولين 1 و2 بدلاً من ذلك.

وفي حالة الشبكات MFN، أُجريت القياسات في اتجاه واحد فقط، ولم يتم تضمين الانعكاسات لأنه لا يمكن افتراض أنها موثوقة ومستقرة من حيث الزمن. لذلك، فإن إجمالي شدة المجال المطلوبة هو الذروة الرئيسية للإشارة المقاسة داخل فترة الحراسة، وشدة مجال التداخل الإجمالية هي مجموع كل قيم الذروة المقاسة خارج فترة الحراسة.

ومجموع قيم شدة المجال المقاسة المتعددة E_{sum} عبارة عن جمع خطي طبقاً للمعادلة التالية:

$$E_{Sum} = 10\log\left(10^{E_1/10} + 10^{E_2/10} + .. + 10^{E_n/10}\right)$$

وتُصحح إشارات التداخل وتُضاف بالتساوي.

5.7.A1 تقرير ما إذا كانت نقطة القياس مغطاة

إذا لم يكن بمقدور مستقبل النظام DVB-T/T2 التزامن (في حالة الشبكات SFN، عند تعذر التزامن في أي اتجاه)، يكون موقع القياس غير مغطى.

وعندما يكون التزامن ممكناً، يجب تقييم نتيجة القياس المصححة بالنسبة لكل موقع قياس (في حالة الشبكات SFN، لكل اتجاه φ أيضاً)تقييماً منفصلاً.

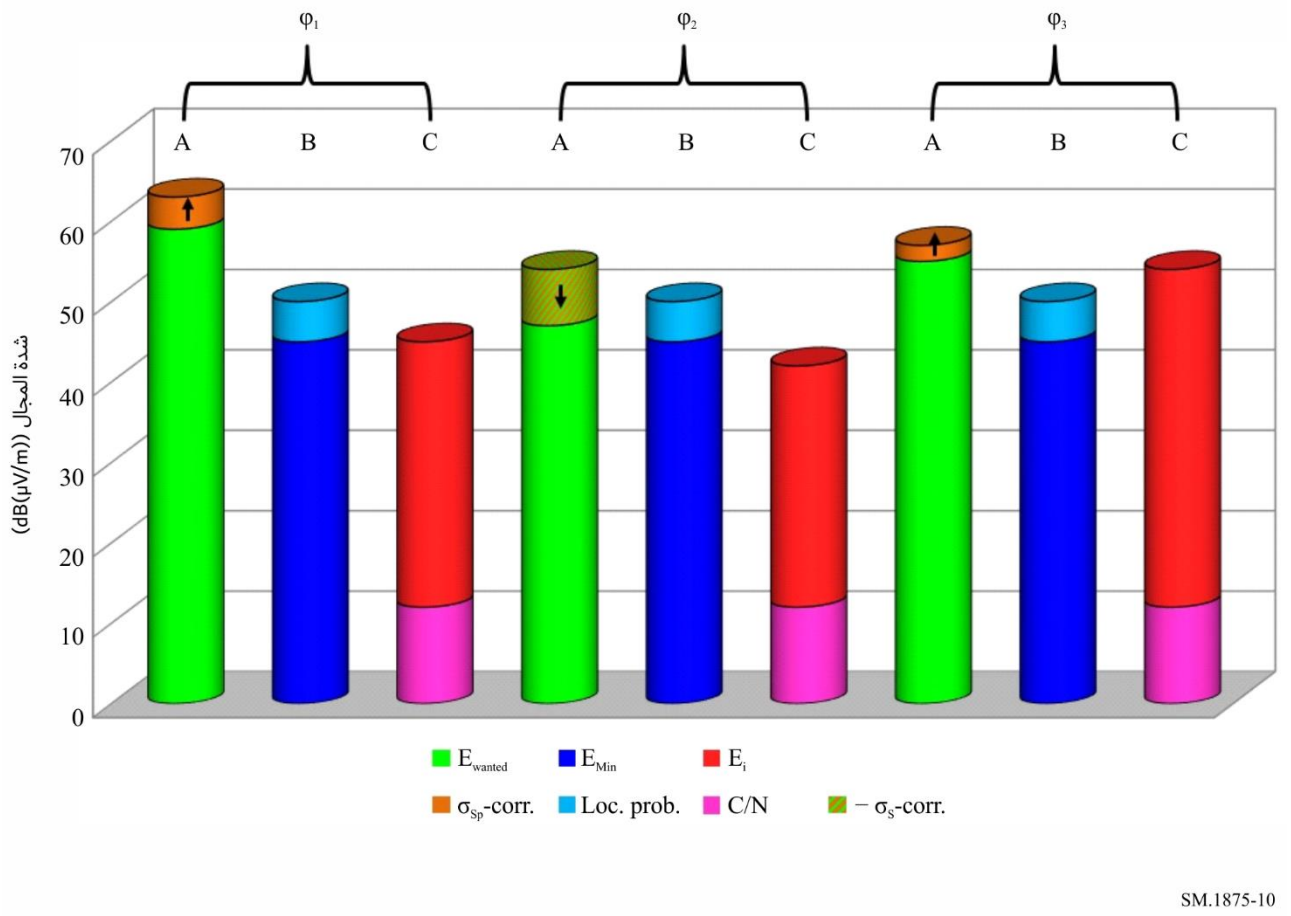
ولتحديد ما إذا كان من الممكن استقبال الخدمة بنجاح وبمستوى كاف من الثقة، يجب مقارنة المكونات الثلاثة التالية:

- شدة المجال المطلوبة المقيسة، E_{sum}، بما فيها تصحيح الانحراف σ_{sp} (الفدرات A في الشكل 10).
- مجموع شدة المجال المطلوبة الدنيا (E_{min}) والتصحيح المتعلق باحتمال الموقع وفقاً للمرفق 5 (الفدرات B في الشكل 10).
- مجموع شدة مجال التداخل المقيسة ونسبة الحماية اللازمة بالنسبة للخدمة (الفدرات C في الشكل 10).

وتبيَّن هذه المكونات في الشكل 10 باستخدام المثال الخاص بشبكة SFN تضم ثلاثة مرسلات.

الشكل 10

تقييم القياس (الاستقبال الثابت)



SM.1875-10

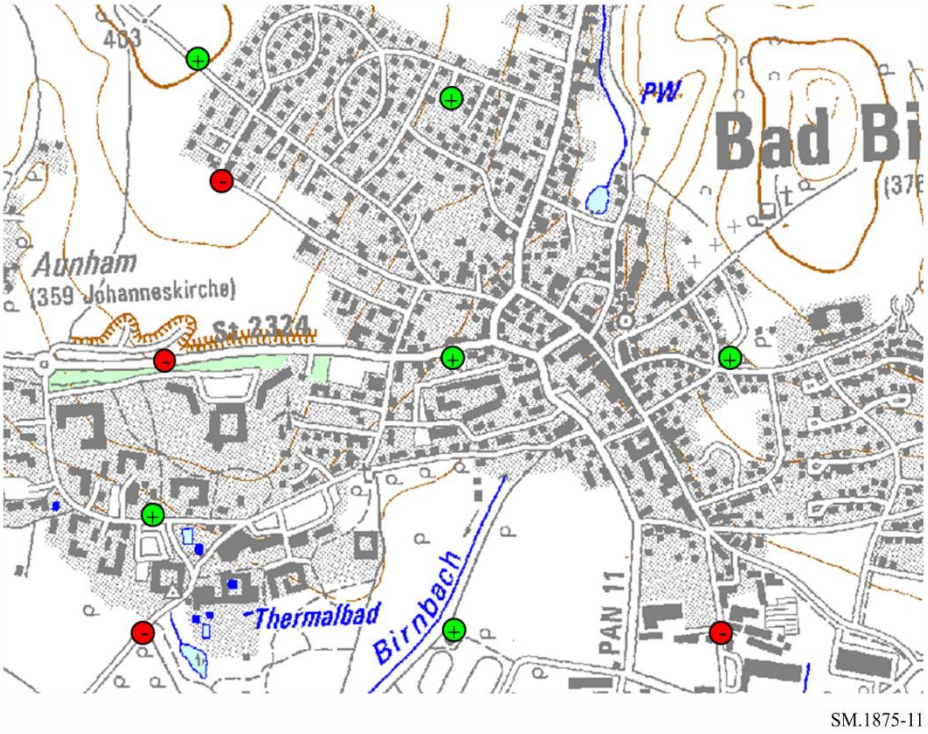
إذا تجاوزت فدرة الإشارة المطلوبة الفدرتين الأخريين، يكون الاستقبال الثابت ممكناً باحتمال يبلغ 95%. وفي المثال أعلاه، ينطبق ذلك على الاتجاهين φ_1 وφ_3. وبالنسبة للاتجاه φ_1، لا يمكن توقع وجود استقبال، برغم تجاوز شدة المجال المطلوبة المقاسة كل من الفدرتين الأخريين، لأن التصويب σ_{sp} يكون سالباً في هذا الاتجاه. وفي الحالة التي يجب فيها تقييم التغطية فيما يخص احتمالات الموقع الأخرى، يتعين الاستعاضة عن التصحيح من 50% إلى 95% بالقيمة المكافئة للاحتمال المطلوب.

8.A1 عرض النتائج

من الأساليب الشائعة لعرض النتائج رسمها في خريطة على النحو الموضح في الشكل 11. وهنا تبيَّن مواقع القياس التي يكون الاستقبال فيها ممكناً كنقاط خضراء (لامعة) في حين تبين نقاط القياس التي لا يكون فيها أي استقبال ممكناً باللون الأحمر (الغامق). ويُوضَّح أيضا أنه بين بعض مواقع القياس الأصلية أُدرجت نقاط إضافية تتبع تقريباً شبكة بطول 250 m.

الشكل 11

نتائج القياس (الاستقبال الثابت)



وإذا أجري ما يكفي من القياسات، يمكن أيضاً تحديد قيمة احتمال الموقع التي يمكن معها استقبال الخدمة داخل منطقة القياس. ويجرى هذا بوضع رسم بياني للنسبة المئوية لقيم القياس المصححة بالانحراف σ_{sp} والتي تتعدى شدة مجال معينة مقابل قيمة شدة المجال تلك. ويرد مثال على ذلك في الشكل 12.

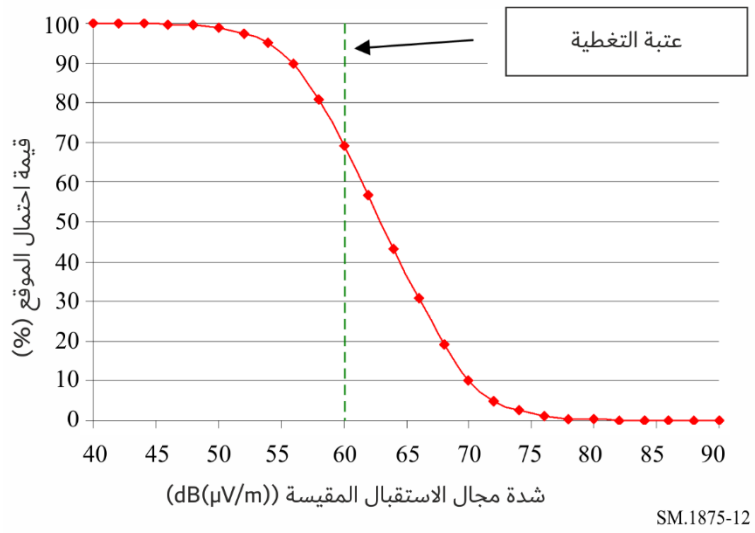
وتكون عتبة التغطية أكبر من:

- مجموع شدات مجال التداخل المقيسة إضافة إلى نسبة الحماية اللازمة للخدمة (تمثلها فدرة "مصدر التداخل" C في الشكل 10)؛
- مجموع شدات المجال المطلوبة الدنيا (E_{min}) والتصحيح المتعلق بقيمة احتمال الموقع المطلوبة (C_1) وفقاً للمرفق 5 (تمثلها فدرة "القيمة المحسوبة" A في الشكل 10).

وفي المثال الوارد في الشكل 12، تبلغ عتبة التغطية 60 dB(μV/m) وهي العتبة التي يتحصل عليها أو يتم تجاوزها بنحو 70% من عينات القياس. وهذا يعني أن الاستقبال سيكون ممكناً في 70% من المواقع داخل منطقة القياس أو، بتعبير آخر، أن منطقة القياس مغطاة باحتمال مقداره 70%.

الشكل 12

قيمة احتمال الموقع المقيسة (الاستقبال الثابت)



9.A1 التحقق من التغطية المخطط لها

يقارَن بين التغطية المقيسة وتلك المخطط لها على النحو التالي:

1 تُحسب النسبة المئوية للتغطية وفقاً لأدوات التخطيط A_p في كل منطقة اختبار.

2 تُحسب النسبة المئوية للمناطق الصغيرة في شبكة القياس الأصلية (انظر الشكل 5) بكل منطقة اختبار جرى قياسها على أنها مغطاة (Ac = النقاط الخضراء في الشكل 11 بالنسبة إلى إجمالي عدد المناطق الصغيرة في شبكة القياس).

3 يقارَن بين Ap وAc لكل منطقة اختبار. فإذا كانت $Ac \geq Ap$، فإن منطقة الاختبار المعنية مغطاة على الأقل بالقدر المتوقع خلال التخطيط.

وإذا افتُرض عدد مناطق الاختبار كافياً واعتُبر موقعها ممثلاً للتضاريس التي تُمنح التغطية فيها، وإذا كانت غالبية مناطق الاختبار تصل أو تتجاوز نسبة التغطية المقررة، يُفترض أن منطقة التغطية الإجمالية لمحطة أو شبكة DVB-T/T2 لا تقل عن منطقة التغطية المخططة.

المرفق 2
بالملحق

التحقق من التنبؤ بالتغطية للاستقبال المحمول

1.A2 المبدأ الأساسي للقياس

للتحقق بدقة من منطقة التغطية الفعلية، سيتعين إجراء قياسات في جميع المواقع تقريباً داخل المنطقة. ويجب أن يكون عدد القياسات محدوداً لتظل كمية القياسات عملية.

ويتم تحديد الاستقبال المحمول عادة على ارتفاع يبلغ 1,5 m فوق الأرض. ومع هذا الاقتراب الكبير من الأرض، يكون من النادر وجود خط بصر نحو المرسل الذي تطغى عليه الإشارة المباشرة، لا سيما في المناطق الحضرية. وستكون معظم قنوات الاستقبال من نوع رايلي. ومن الضروري بالتالي القيام بقياسات متنقلة لجمع ما يكفي من عينات القياس من أجل الحصول على نتيجة مناسبة من الناحية الإحصائية.

تركز طريقة القياس على قياس الإشارة المطلوبة فقط. ويمكن إهمال إشارات التداخل الصادرة من مرسلات من أو شبكات أخرى للأسباب التالية:

- شدة المجال المطلوبة للاستقبال المحمول تكون أعلى بكثير منها للاستقبال الثابت. وبالتالي، فإن حدود منطقة التغطية للاستقبال المحمول تُحدد عادةً بواسطة الحد الأدنى لشدة المجال المطلوبة بدلاً من النسبة *C/I* غير الكافية.
- القياسات تُجرى على ارتفاع هوائي 1,5 m فقط مما يجعل من غير المحتمل أن يتم استقبال إشارات من مرسلات بعيدة (مسببة للتداخل) ذات شدة مجال كافية للتأثير على النتيجة.

ومع ذلك، قد تُدرج إشارات قوية على القنوات المجاورة في عملية التخطيط ويمكن بعد ذلك توقع عدم تغطية مناطق معينة. وقد تؤدي هذه الحالات النادرة إلى مناطق يُظهر فيها القياس تغطية، لكن يتعذر الاستقبال الناجح مع مستقبلات النظام DVB-T/T2 التجارية.

ومن المهم الإشارة إلى أن هناك شروطاً مختلفة بالنسبة للاستقبال المحمول والمتنقل. وبما أن طريقة القياس الوارد وصفها هنا تركز على قيم شدة المجال فقط، فما زال من الممكن استخلاص استنتاجات بشأن الاستقبال المحمول عندما يكون القياس نفسه متنقلاً في الواقع.

وبالنسبة للجيل الأول للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض، تحدد الوثائق المناسبة (مثل الاتفاق GE06) القيم المتوسطة الدنيا لشدة المجال فقط على ارتفاع 10 m فوق الأرض. ومن أجل حساب شدة المجال الضرورية للاستقبال المحمول على ارتفاع 1,5 m، يجب تطبيق عمليات تصحيح عديدة. وتُحسب وفقاً للمرفق 5.

مثال:

بالنسبة للجيل الأول للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض، يحدد الاتفاق GE06 شدة مجال مكافئة دنيا (E_{min}) تبلغ 47,3 dB(μV/m) بالنسبة إلى الاستقبال المحمول خارج المباني مع انحراف معياري لتوزيع الاتساعات الطيفية بما يبلغ (σ_{sp}) = 3 عند عرض نطاق 500 MHz (على القناة التلفزيونية 24). وتكون هذه القيمة خالية من جميع الهوامش وتمثل أدنى شدة مجال من أجل استقبال ناجح. ولحساب شدة المجال الضرورية من أجل الاستقبال المحمول داخل المباني، يجب إضافة عمليات تصحيح تتعلق بالخسارة الناجمة عن اختراق المباني والقيم المختلفة لاحتمال الموقع داخل المباني. وعلى سبيل المثال، يجب إضافة 10,9 dB بالنسبة للاستقبال المحمول داخل المباني عند قيمة احتمال للموقع تبلغ 70% (انظر المرفق 5)، لكي تكون القيمة المتوسطة الدنيا لشدة المجال 58,2 dB(μV/m) على ارتفاع 10 m.

وبالنسبة إلى الجيل الثاني من الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T2)، يحدد التقرير ITU-R BT.2254 أيضاً الحد الأدنى لمتوسط قيم شدة المجال (E_{med}) للاستقبال المحمول في الخلاء (ضمن المباني وفي الخلاء) بصيغة مثال نظام واحدة. ويمكن حساب الأرقام الخاصة بصيغ نظام أخرى بتبادل قيم *C/I*.

ويجري القياس عند قيادة مركبة على طول أغلب الطرق الواقعة داخل منطقة القياس التي تمثل قرية أو مدينة في الحافة الخارجية (أو الحد الخارجي) لمنطقة التغطية المتنبأ بها. ويمكن مقارنة النتائج مباشرة مع القيمة المتوسطة الدنيا المحسوبة لشدة المجال بالنسبة إلى الاستقبال المحمول.

2.A2 أجهزة القياس اللازمة

للتحقق من التوقعات للتغطية من أجل الاستقبال المحمول للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني، يتعين وجود الأجهزة التالية:

الجدول 10

الأجهزة اللازمة للتحقق من الاستقبال المحمول للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني

	نوع الأجهزة	الوظائف المطلوبة، الملاحظات
التجهيز العام	مركبة للقياس	يمكن وضع هوائيات متعددة على السقف بارتفاع 1,5 m فوق نظام أرضي لتحديد الموقع (مثل النظام العالمي لتحديد الموقع)
مستقبل (معياري)	محلل الطيف	سطح بيني للبيانات متصل بالحواسيب (مثل شبكة محلية والمعيار IEEE488.2) أسلوب قياس قدرة القناة مكشاف قيمة جذر متوسط التربيع
مستقبل (اختياري)[1]	مستقبل/محلل عريض النطاق يقوم بتحويل فورييه السريع (FFT)	عرض نطاق الالتقاط الأدنى: 10 MHz سطح بيني للبيانات متصل بالحواسيب (مثل شبكة محلية والمعيار IEEE488.2) أسلوب قياس قدرة القناة
الهوائي	هوائيان شاملا الاتجاهات[2]	مركَّبان على قمة سقف مركبة القياس يكون أحدهما بالاستقطاب الأفقي والآخر بالاستقطاب الرأسي يجب أن يكون عامل الهوائي معروفاً (معايراً)
مبدل للهوائي[2]	مبدل راديوي يتم التحكم فيه بالحاسوب	سرعة التبديل: ≤ 40/s
مراقبة القياس	برنامج حاسوبي	الضبط الأوتوماتي لمحلل الطيف ووضع مبدل الهوائي وإجراء القياسات وعرض النتائج الحية على الشاشة تخزين بيانات المنحني المستخرجة من محلل الطيف تخزين نتائج قياس قدرة القنوات تخزين البيانات المستخرجة من نظام تحديد الموقع العرض الحي للانحراف المعياري الفعلي σ للسويات الطيفية على خريطة رقمية

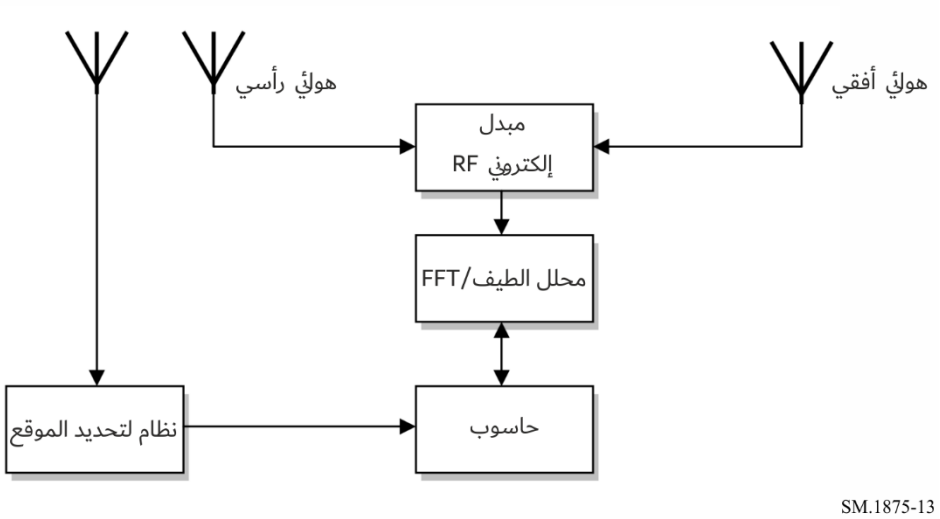
[1] يلتقط مستقبل/محلل FFT عريض النطاق عرض نطاق الإشارة بكامله مرة واحدة مما يسمح بإجراء قياسات أسرع تعطي نتائج أدق، لا سيما بشأن تحديد قناة الاستقبال (انظر الفقرة 24.2).

[2] فيما يخص القياسات في شبكات ذات مرسل واحد (MFN) فقط (شبكة متعددة الترددات) أو الشبكات وحيدة التردد التي تستعمل استقطاباً واحداً، يلزم فقط هوائي واحد شامل الاتجاهات ولا يلزم أي مبدل للهوائي.

ويبين الشكل 13 التجهيز اللازم للقياسات داخل الشبكات وحيدة التردد بالاستقطابين معاً.

الشكل 13

التجهيز الخاص بالقياس (الاستقبال المحمول داخل الشبكات وحيدة التردد)



ومن المهم الإبقاء على التداخلات من معدات ومركبة القياس ضمن مستوى أدنى من حساسية النظام.

3.A2 عملية القياس

تجري جميع القياسات عند القيادة على طول الطرق الرئيسية الواقعة داخل منطقة القياس التي تكون إما مدينة أو قرية على حدود منطقة التغطية المتنبأ بها.

ويجري القياس مرة في كل ثانية (وهو تقريباً الوقت الذي يعطى فيه أحد أنظمة تحديد الموقع GPS إحداثي جديد/مختلف). وبالتالي، ففي فترة زمنية قدرها 500 ms، تؤخذ 10 عينات لسوية الإشارة المستقبلة، وتحول إلى قيم لشدة المجال باستعمال عامل الهوائي لهوائي القياس وتُخزن القيمة المتوسطة للعينات العشر مع الإحداثي الجغرافي.

ويتعين استعمال قيم الضبط التالية لمحلل الطيف من أجل القياس:

- أسلوب القياس: قدرة القناة
- عرض نطاق القناة: 6 MHz أو 7 MHz أو 8 MHz
- RBW: 30 kHz أو "أوتوماتي" (لا يتعدى 100 kHz)
- المكشاف: قيمة جذر متوسط التربيع
- أسلوب المنحني: ClearWrite
- وقت الكنس: 20…25 ms.

وإذا استعمل مستقبل أو محلل عريض النطاق يقوم بتحول فورييه السريع، تطبق القيم التالية:

- عرض نطاق الالتقاط: أكبر من أو يساوي 6 MHz أو 7 MHz أو أكبر من أو يساوي 8 MHz (عرض نطاق القناة)
- وقت الحيازة: 1 ms
- أسلوب القياس: قدرة القناة.

وعند إجراء قياسات متنقلة بالخصوص في المناطق الحضرية وعلى ارتفاع 1,5 m فقط فوق الأرض، ستكون قناة الاستقبال في غالب الأحيان من نوع رايلي وذات تغايرات سريعة وكبيرة لظروف الاستقبال. وبالرغم من أن التسجيل المتنقل المستمر سيوفر قيم قياس عديدة، فقد لا يكون عدد العينات كافياً لاستخلاص استنتاجات عن حالة التغطية بمستوى معقول من الثقة. وللحصول على معلومات متعلقة بتوزيع شدة المجال في منطقة القياس، من الضروري تحديد قناة الاستقبال. ويتعين القيام بهذا في كل دورة للقياس، أي مرة في كل ثانية، مباشرة بعد قياس شدة المجال.

وتُحدد قناة الاستقبال بتسجيل متوسط الطيف خلال فترة لا تقل عن 200 ms من أجل تسوية تأثيرات تشكيل الإذاعة الفيديوية الرقمية.

وإذا أجري هذا القياس بمحلل طيف كنسي، يتعين استعمال قيم الضبط التالية:

- المدى: عرض نطاق النظام DVB-T/T2 تماماً
- RBW: ≥ 30 kHz
- المكشاف: قيمة جذر متوسط التربيع (مفضلة) أو عينة (إذا لم تكن قيمة جذر متوسط التربيع متاحة)
- أسلوب المنحني: ClearWrite
- وقت الكنس: 200 ms.
- الوحدات: dB(µV) أو dBm.

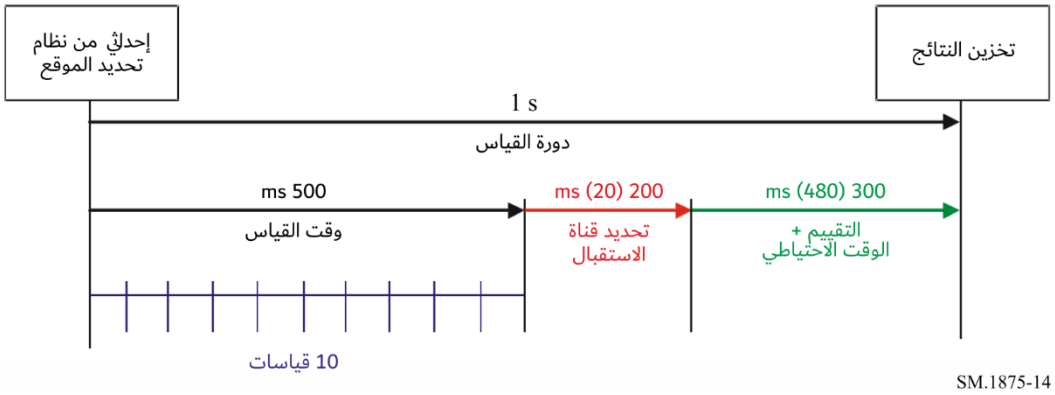
وخلال القياسات المتنقلة بالخصوص والمتسمة بظروف استقبال متغيرة بسرعة، من المهم تحديد قناة الاستقبال بأقرب ما يمكن من قياس شدة المجال. وبإمكان مستقبل/محلل عريض النطاق يقوم بتحويل فورييه السريع أن يسجل الطيف الكامل للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني مرة واحدة مما يتطلب وقت قياس أقل بكثير ولهذا يوصى به. ويتعين استعمال قيم الضبط التالية:

- عرض نطاق الالتقاط: أكبر من أو يساوي 6 MHz أو 7 MHz أو أكبر من أو يساوي 8 MHz (عرض نطاق القناة)
- المدى المستعمل: عرض نطاق النظام DVB-T/T2 تماماً
- RBW: أكبر من أو يساوي 30 kHz
- وقت الحيازة: 20 ms.

وفيما يخص كل طيف من الأطياف الملتقطة، يُحسب ويُخزَّن الانحراف المعياري للاتساعات الطيفية σ_{sp} إلى جانب مستوى قدرة القناة والإحداثيات الجغرافية. ويبين الشكل 14 التوقيت الأساسي لدورة واحدة من دورات القياس.

الشكل 14

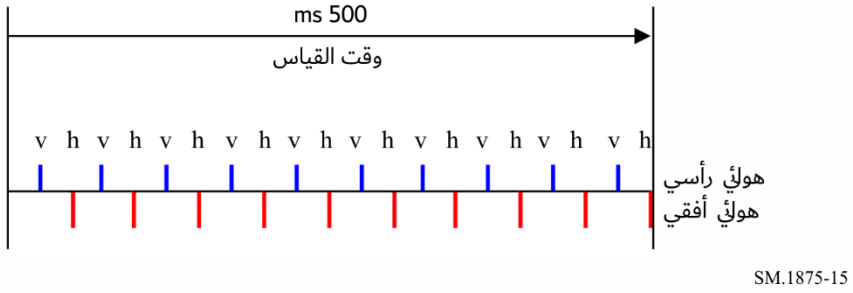
التوقيت الأساسي للمرسلات/الشبكات ذات استقطاب واحد فقط (الاستقبال المحمول)



وفي الشبكات وحيدة التردد ذات استقطاب مختلط، يجب قياس مستويي الاستقطاب في الوقت نفسه. ويتطلب هذا أخذ 20 عينة للقياس في وقت قياس يبلغ 500 ms. ويُبدَّل الهوائي من الوضع الرأسي إلى الوضع الأفقي بين كل عينة. وهذا ضروري للحصول على القيم المتوسطة لشدة المجال فيما يخص الاستقطابين معاً اللذين يتعلقان بالموقع نفسه. ويبين الشكل 15 التوقيت اللازم (فقط من أجل قياس شدة المجال).

الشكل 15

توقيت القياس بالنسبة للشبكات وحيدة التردد ذات استقطاب مختلط (الاستقبال المحمول)



SM.1875-15

وفي الشبكات وحيدة التردد ذات استقطاب مختلط، يجب أيضاً قياس قنوات الاستقبال في المستويين معاً بشكل منفصل. ويترك هذا وقت احتياطي ووقت للمعالجة يبلغ 100 ms فقط عند استعمال محلل الطيف الكنسي، و460 ms عند استعمال مستقبل/محلل FFT عريض النطاق.

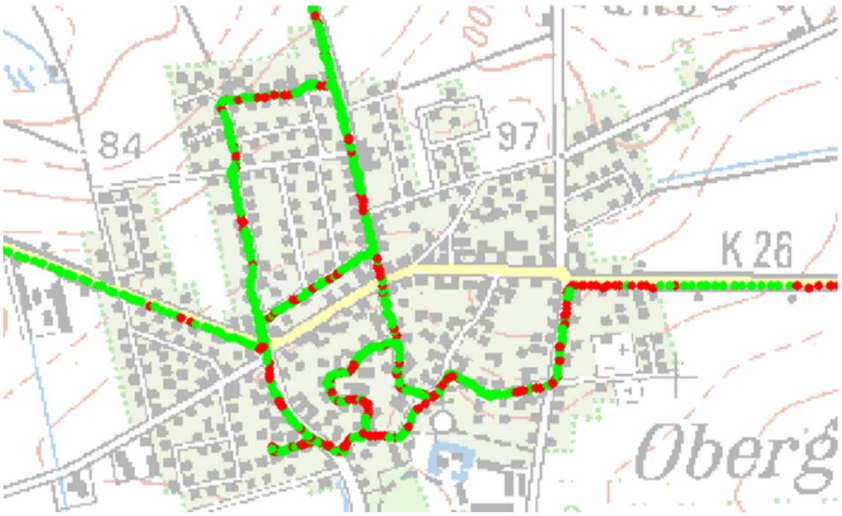
وتُحسب شدة المجال المكافئة من عشر عينات لكل مستوى استقطاب على نحو منفصل. ويُطبق على كل قيمة من القيمتين المتوسطتين تصحيح σ_{sp} انطلاقاً من تحديد قناة الاستقبال. وتُخزن القيمة الأعلى منهما باعتبارها النتيجة.

4.A2 تقييم النتائج

من الممكن إجراء تقييم حي للقياسات عن طريق عرض قيمة الانحراف σ_{sp} الراهنة على خريطة رقمية خلال عملية القياس: إذا كانت قيمة الانحراف σ_{sp} في منطقة معينة تتجاوز مراراً وتكراراً القيمة 3 dB، فهذا يبين أن قنوات الاستقبال رايلي سائدة. وفي هذه الحالة، لا بد من إجراء المزيد من القياسات، ويمكن إنجاز هذا بالقيادة أكثر في شوارع جانبية على طول الطريق. ويبين الشكل 16 مثالاً على عرض حي من هذا النوع، حيث تشير نقاط خضراء (لامعة) إلى قنوات رايس ونقاط حمراء (غامقة) إلى قنوات رايلي.

الشكل 16

عرض حي لقناة الاستقبال خلال عملية القياس



SM.1875-16

ولتحديد ما إذا كان الاستقبال المحمول ممكناً داخل منطقة القياس، من الضروري مقارنة جميع قيم شدة المجال المقيسة مع القيم المتوسطة الدنيا لشدة المجال فيما يخص الاستقبال المحمول، المحسوبة بالاستناد إلى وثائق قطا الاتصالات الراديوية ذات الصلة (مثل الاتفاق GE06). وينبغي الانتباه إلى تطبيق عمليات التصحيح على نتائج القياس وفقاً لظروف الاستقبال المطلوبة:

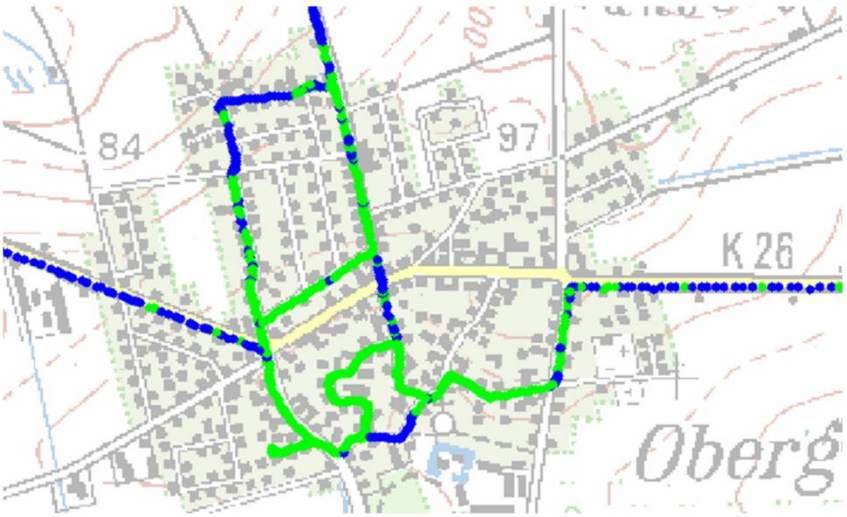
- بالنسبة إلى الاستقبال المحمول خارج المباني، يتعين تطبيق تصحيح σ_{sp} فقط. وليس من الضروري إجراء أية عمليات تصحيح إضافية فيما يخص احتمال الموقع بما أن القياس قد أُجري في ظروف استقبال سليمة مع أخذ ما يكفي من العينات. ويمكن اشتقاق احتمال الموقع مباشرة من نتائج القياس (انظر الفقرة 5.A2).
- بالنسبة إلى الاستقبال المحمول داخل المباني، يتعين تطبيق عمليات تصحيح إضافية تتعلق بالخسارة من جراء اختراق المباني وقيم احتمال المواقع المختلفة وفقاً للمرفق 5.
- ولا يمكن بتاتاً حساب الاستقبال الثابت انطلاقاً من هذه القياسات المتعلقة بالتغطية المتنقلة. ويجب بدلاً من ذلك استعمال عملية القياس الوارد وصفها في المرفقات الأخرى.

5.A2 عرض النتائج

إن الوسيلة المباشرة لعرض حالة التغطية هي رسم نتيجة المقارنة الوارد وصفها أعلاه على خريطة بألوان مختلفة (انظر الشكل 17): نقطة خضراء (لامعة) تبين القيم المقيسة إلى جانب هوامش إضافية تتعدى القيمة المتوسطة الدنيا لشدة المجال (الاستقبال ممكن) بالنسبة إلى حالة الاستقبال المحمول خارج المباني، ونقاط زرقاء (غامقة) تبين النقاط التي يكون فيها الاستقبال المحمول داخل المباني ممكناً.

الشكل 17

نتائج القياس (الاستقبال المحمول)



SM.1875-17

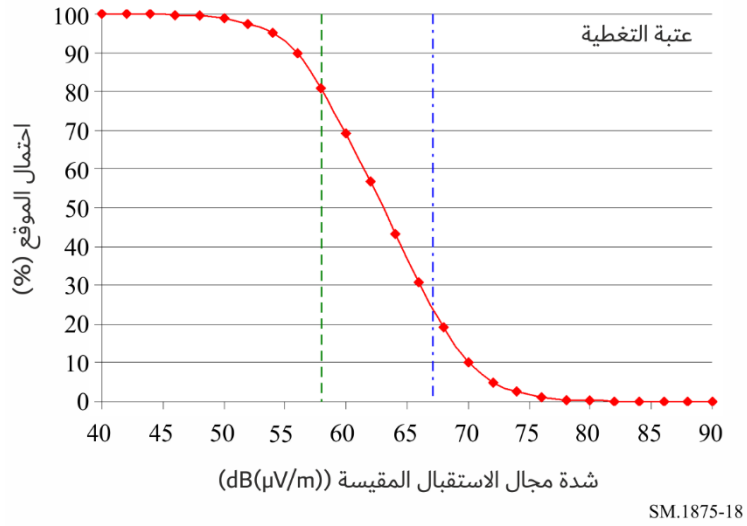
إذا تعذّر توفير عرض حي لقناة الاستقبال خلال عمليات القياس، فإنه يظل بالإمكان لاحقاً تحديد ما إذا كان توزيع شدة المجال متجانساً داخل منطقة القياس. ويُجرى هذا عن طريق رسم لتوزيع نتائج قياس مع التصحيح σ_{sp} مثلما يرد في الشكل 9. وإذا كان المنحنى غوسياً وضيقاً نسبياً، مثلما يرد في المثال، يكون توزيع شدة المجال متجانساً بما يكفي. وإن لم يكن كذلك، فلابد من توفير عدد أكبر من قيم القياس، عن طريق القيادة على طول المزيد من الطرق المختلفة الواقعة داخل منطقة القياس.

وعيب الطريقة الوارد وصفها هنا هو أنه لا يمكن استخلاص هذا الاستنتاج إلا خارج الخط، وقد يتطلب إعادة القياس. بيد أن عرضاً حياً لقناة الاستقبال يبين مسبقاً هذه النتيجة خلال القياس عندما يكون رد الفعل المباشر ممكناً.

وانطلاقاً من نتائج قياس σ_{sp} المصحَّحة يمكن استخلاص استنتاج بشأن احتمال الاستقبال المحمول داخل منطقة القياس. ويتم هذا من خلال وضع رسم بياني لقيم قياس σ_{sp} المصحَّحة التي تتعدى شدة مجال معينة مقابل قيمة شدة المجال تلك. ويبين الشكل 18 مثالاً على ذلك.

الشكل 18

قيم احتمال الموقع المقيسة (الاستقبال المحمول)



وفي هذا المثال، تبلغ القيمة المتوسطة الدنيا المقيسة لشدة المجال 58 dB(µV/m) (الخط المتقطع الأخضر) فيما يخص الاستقبال المحمول خارج المباني و67 dB(µV/m) (الخط المنقَّط الأزرق) فيما يخص الاستقبال المحمول داخل المباني. ويبين القياس أن الاستقبال المحمول خارج المباني ممكن فيما لا يقل عن 80% من منطقة القياس وأن الاستقبال المحمول داخل المباني ممكن فيما لا يقل عن 25% من منطقة القياس.

المرفق 3
بالملحق

أسلوب بديل لتحديد حدود تغطية مرسلات وشبكات الإذاعة DVB-T/T2 في حالات معينة

1.A3 مقدمة

يحدد الأسلوب المشمول في هذا المرفق إجراءً لتحديد منطقة تغطية محطة DVB-T/T2 للاستقبال الثابت استناداً إلى قياس شدة المجال في اتجاهات مختارة من المرسل. ويمكن اعتبار هذا الأسلوب مبسطاً لأنه يتطلب قياسات أقل من الطريقة الموضحة في المرفق 1، خاصةً في ظل الظروف التالية:

- شبكة DVB-T/T2 هي شبكة متعدّدة الترددات (MFN).
- للمرسل (للمرسلات) هوائيات شاملة الاتجاهات.
- التضاريس في منطقة التغطية مسطحة نسبياً (غياب تلال تتسبب بمناطق تظليل كبيرة).

سيكون من المفيد توفر معرفة مسبقة بمنطقة التغطية المتنبأ بها، وذلك لدعم الأسلوب.

وتتوفر ميزة لزوم القليل من جهد القياس خاصة عندما تتوفر بيانات من التنبؤات الخاصة بالتغطية.

2.A3 المعلمات المقيسة للإشارة

عند تحديد منطقة الخدمة لمحطة إرسال الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني (DVB-T/T2) من أجل الاستقبال المعياري الثابت في موقع استقبال، تقاس معلمات الإشارة التالية:

- شدة المجال الكهرمغنطيسي؛
- الانحراف المعياري للاتساعات الطيفية σ_{sp}، لإشارة DVB-T/T2.

3.A3 المتطلبات من حيث المعدات

تجرى القياسات باستخدام نظام قياس متنقل أو قابل للنقل، يتضمن المعدات التالية:

- سارية هوائي بارتفاع 10 m؛
- مَنصَب ثلاثي القوائم للهوائي بارتفاع 1,5 m أو أكثر (انظر مزيد من التوضيح في الفقرة 5.A3)؛
- هوائي استقبال اتجاهي؛
- كبل هوائي معايَر؛
- مستقبِل قياس/محلل؛
- مستقبِل ملاحة؛
- حاسوب.

وترد خصائص المعدات في الجدول 11.

الجدول 11

خصائص المعدات

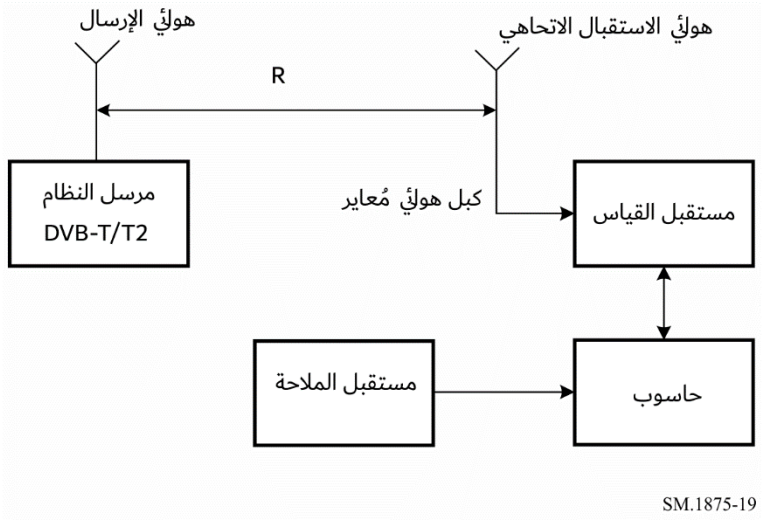
المعدات	الخصائص
جهاز (أجهزة) قياس	القدرة على تحليل الطيف. قياس قدرة القناة. وظيفة "نمط الصدى". سطح البيانات البيني مع الحاسوب.
هوائي الاستقبال الاتجاهي	الاستقطاب: خطي [2]. كسب الهوائي، على الأقل* [3]: 200 MHz: 7 dBd؛ 500 MHz: 10 dBd؛ 800 MHz: 12 dBd؛
كبل هوائي معايَر	الخسارة القصوى لوحدة التغذية*: 200 MHz: 2 dB؛ 500 MHz: 3 dB؛ 800 MHz: 5 dB؛

* أُخذت هذه القيم من التوصية ITU-R BT.1368 وهي تبين القيم التي تفترضها أدوات التخطيط.

ويظهر مخطط توصيل المعدات في الشكل 19.

الشكل 19

مخطط توصيل المعدات



4.A3 تخطيط القياس

في البداية، يمكن استخدام نموذج انتشار الموجة الراديوية لتحديد حدود تغطية محطة DVB-T/T2 المختارة (كما في التوصية ITU-R P.1546 أو التوصية ITU-R P.1812 مثلاً).

وبعد ذلك، ومع مراعاة وجود الطرق والطرق السريعة، يُختار عدد من الاتجاهات الشعاعية من محطة DVB-T/DVB-T2 ليجري قياسها. ويجب ألا يقل عدد الاتجاهات الشعاعية عن 4 لرسم منحنى حدود منطقة التغطية المقيسة على خريطة رقمية.

وفي كل اتجاه شعاعي، تحدَد مواقع المناطق الصغيرة (تبلغ مساحاتها حوالي 100 m × 100 m).

ويجب أن يفي موقع أول منطقة صغيرة بالمتطلبات التالية:

- يجب أن تقع المنطقة الصغيرة ضمن خط البصر من محطة DVB-T/T2؛
- ويجب أن تقع المنطقة الصغيرة ضمن الفص العمودي الرئيسي لهوائي الإرسال.

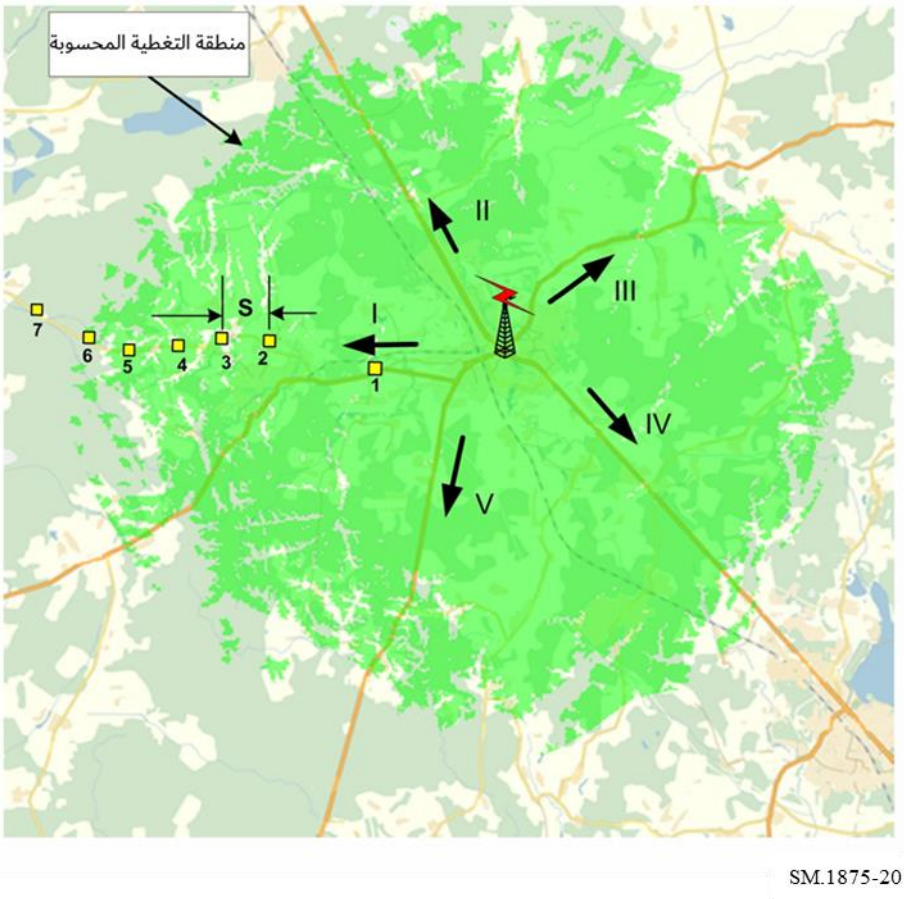
وتقع المناطق الصغيرة الأخرى بالقرب من حدود التغطية المحسوبة بمسافات متساوية تقريباً. ويُستحسن اختيار مناطق صغيرة داخل المستوطنات أو بالقرب منها. وإذا كانت المستوطنات تقع على قمم التلال وفي الأراضي المنخفضة، فينبغي إجراء القياسات أيضاً على التلال وفي الأراضي المنخفضة.

وينبغي ألا يقل عدد المناطق الصغيرة عن 7 (الشكل 20). وكلما قل عدد المناطق الصغيرة، قلت دقة تحديد حدود التغطية.

وإذا لزم الأمر، تؤكَد مواقع المناطق الصغيرة بواسطة صور ساتلية (مثل Google Earth) أو من خلال زيارات أولية إليها. في كل منطقة صغيرة تُخطَط ثلاث نقاط قياس على الأقل ($N \geq 3$). وينبغي أن تقع نقطة قياس واحدة في مركز المنطقة الصغيرة.

الشكل 20

مثال على تخطيط القياس



5.A3 عملية القياس

في كل موقع استقبال، ينبغي قياس المعلمات التالية:

- شدة المجال الكهربائي؛
- الانحراف المعياري، σ_{sp}، للاتساعات الطيفية لإشارة DVB-T/T2.

وفي المناطق الريفية، يُنصب هوائي الاستقبال على ارتفاع 10 m. وإذا تعذر العثور على موقع للقياس خال من العوائق في اتجاه المرسل، كما هو الحال في العديد من المناطق الحضرية التي تعلو فيها أسقفها فوق 10 m، يجرى القياس من على أسطح المباني بنصب هوائي الاستقبال على منصب ثلاثي القوائم.

ويسدَد الهوائي في اتجاه أقصى شدة مجال مستقبَلة. فإذا استُقبلت هذه الشدة القصوى من اتجاه محطة DVB-T/T2 ذات الصلة دون اضطراب خارجي من المعدات الكهربائية أو الإلكترونية، يُعتبر موقع القياس مناسباً.

ويمكن افتراض غياب اضطراب خارجي في حال استيفاء الشروط التالية:

- غياب إرسالات مرئية في الطيف الأعلى من مستوى إشارة DVB-T/T2 المطلوبة.
- انخفاض مستوى الضوضاء بين قنوات DVB-T/T2 المطلوبة والمتجاورة ("الثغرات" في الطيف) دون 3 dB فوق مستوى ضوضاء المستقبِل (الذي يقاس بفصل الهوائي).

وفي حالات أخرى، ينبغي استخدام موقع قياس بديل داخل المنطقة الصغيرة.

وتُجرى القياسات بالإعدادات التالية لمستقبِل القياس (بأسلوب "محلل الطيف"):

- التردد المركزي (FREQ): يساوي التردد المركزي الاسمي للقناة التلفزيونية؛
- عرض نطاق القناة (Span): من 8 إلى 10 MHz؛
- عرض نطاق الاستبانة (RBW): 30 kHz.؛
- عرض نطاق مرشاح الفيديو (VBW): من 100 إلى 300kHz (VBW ≥ 3 RBW)؛
- وقت الكنس: 2 S؛
- الكاشف: RMS؛
- أسلوب التتبع: محو/كتابة.

وخلال فترة قياس لا تقل عن دقيقة واحدة، يجب أخذ 30 قياساً لشدة المجال و30 انحرافاً معيارياً، σ_{sp}، للاتساعات الطيفية. وتُحسب قيم σsp وفقاً للمرفق 5. وبالتالي، يُستخدم 30 قياساً لشدة المجال، بما في ذلك تصحيح σsp، لتحديد متوسط شدة المجال (بمرور الوقت) (E^{loc}_{med}) في كل موقع استقبال.

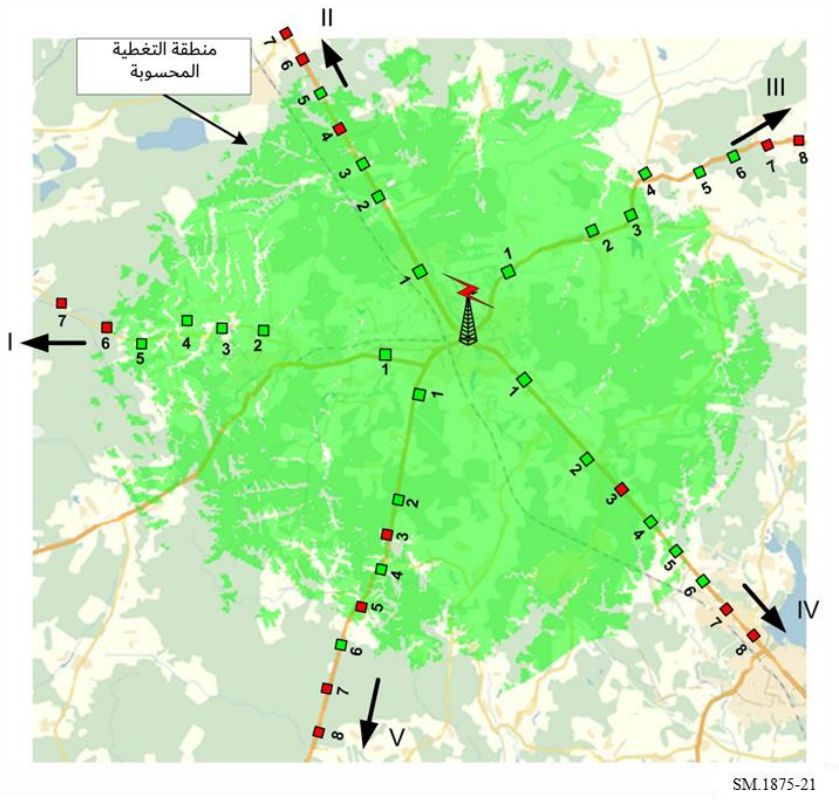
وتُحسب قيم σsp في كل مرة تقاس فيها شدة المجال؛ وذلك بقصد إلغاء الخبو السريع الذي يمكن أن يؤثر على شكل طيف الإشارة.

فإذا كانت شدة المجال الناتجة (E^{loc}_{med}) أقل من الحد الأدنى المطلوب لشدة المجال، يجب إجراء قياسات في مواقع إضافية مخططة داخل المنطقة الصغيرة. ويُحسب متوسط شدة المجال، $E^{small_area}{}_{med}$، لكل منطقة صغيرة.

وتُعتبر المنطقة الصغيرة "مغطاة" إذا تجاوزت قيمة متوسط شدة المجال، $E^{small_area}{}_{med}$، القيمة المطلوبة للحد الأدنى لمتوسط شدة المجال المكافئ، Emed. وفي هذه الحالة، تلوّن المنطقة الصغيرة باللون الأخضر، وإلا – باللون الأحمر. وعادةً، إذا استوفت منطقتان صغيرتان أو ثلاث مناطق صغيرة متجاورة شرط $E^{small_area}{}_{med} < E_{med}$، يمكن اعتبار القياسات في هذا الاتجاه الشعاعي مكتملة (الشكل 21).

الشكل 21

مثال على نتائج القياس في مناطق صغيرة



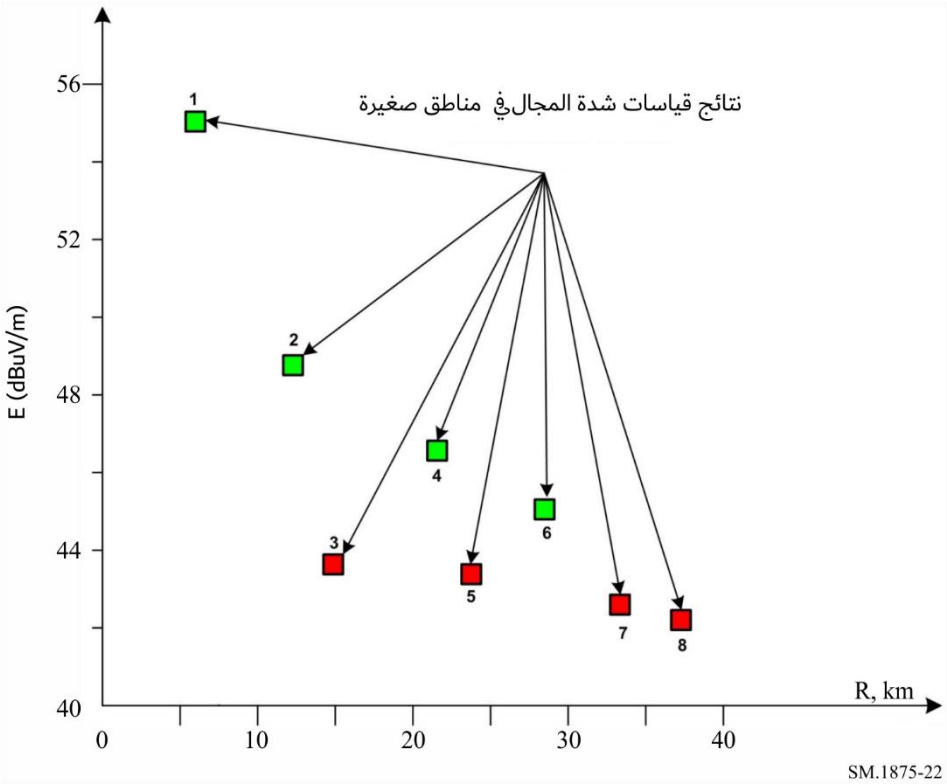
6.A3 معالجة نتائج القياس

تنفَّذ الخطوات التالية لكل اتجاه شعاعي:

- يُعرَّف السمت النهائي للاتجاه الشعاعي بأنه متوسط القيمة الحسابية لسموت المناطق الصغيرة في هذا الاتجاه؛
- وتُرسَم قيم متوسط شدة المجال في المناطق الصغيرة في مخطط مقابل المسافة إلى المرسل (R) $E^{small_area}{}_{med}$ كما في الشكل 22.

الشكل 22

مثال على نتائج القياس المحصَّلة في اتجاه شعاعي واحد



1) يُعرَّف المنحنى الذي يقارب قيم شدة المجال المحصَّلة على النحو التالي:

$$E(d_i) = E(d_1) - 10 \cdot n \cdot \log_{10}(d_i / d_1) \quad (1)$$

حيث $E(d_1)$ و$E(d_i)$ هما قيمتا شدة المجال (بوحدة dBuV/m) على مسافتي d_1 وd_i.

وتحدَد قيمة n في الصيغة أعلاه وفقاً لأسلوب خطأ تقريب المربعات الصغرى (LSA):

$$n = \frac{\sum_i [E(d_1) - E(d_i)] \times 10 lg \frac{d_i}{d_1}}{\sum_i \left[10 lg \frac{d_i}{d_1}\right]^2} \quad (2)$$

وفي الفضاء الطلق، قيمة n تساوي 2. وبوجود عوائق، تزيد قيمة n وتتراوح عادةً بين 2 و5.

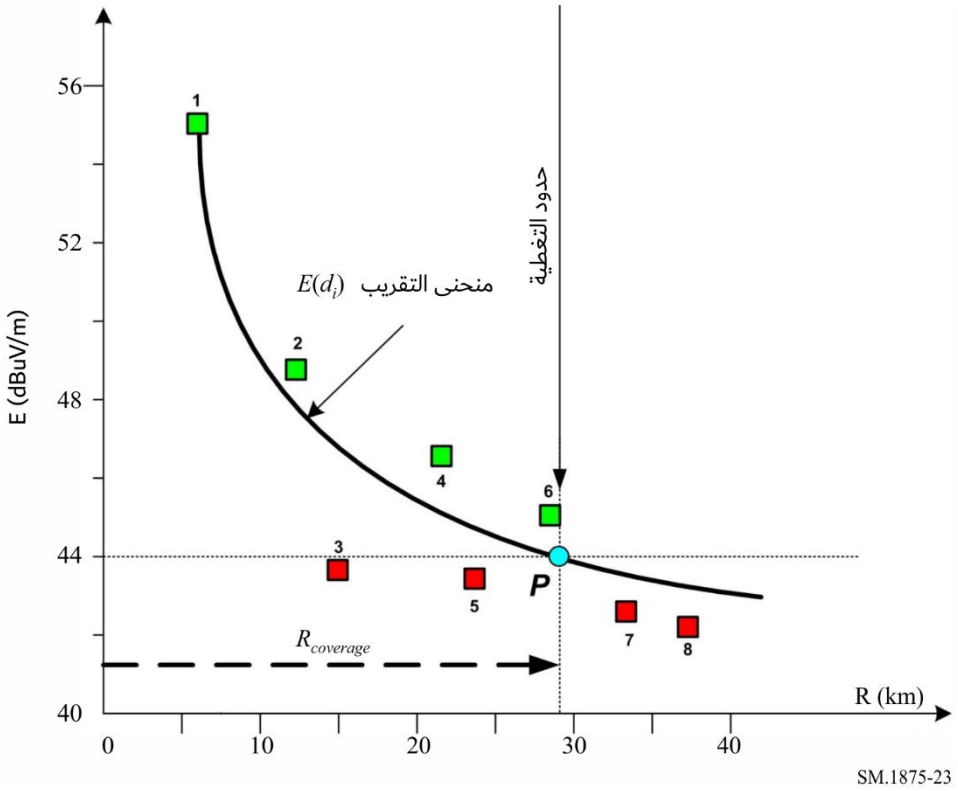
2) يحدد تقاطع الخط الأفقي، الذي يقابل متوسط شدة المجال الأدنى، مع المنحنى التقريبي، الموقع المقدر لحدود التغطية في هذا الاتجاه (انظر الشكل 23):

$$R_{Coverage} = d_1 \times 10^{\frac{E(d_1) - E_{med}}{10n}} \quad (3)$$

3) تنفَّذ الخطوات من 1 إلى 4 لجميع الاتجاهات الشعاعية الأخرى التي قيست.

الشكل 23

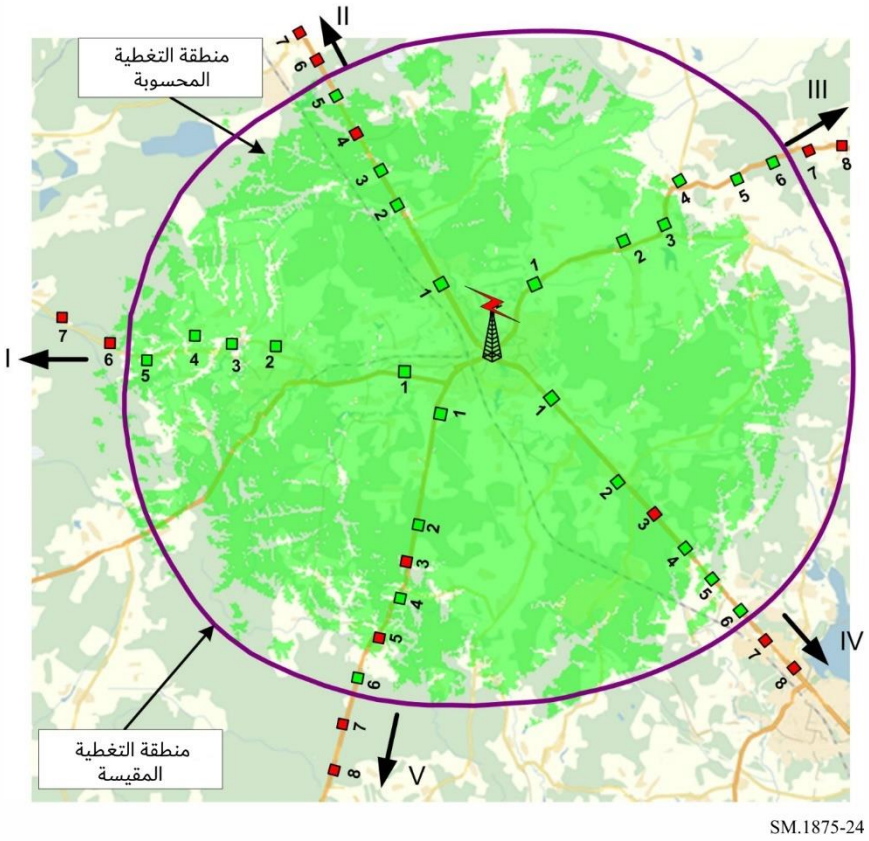
مثال على معالجة نتائج القياس في اتجاه شعاعي واحد



وأخيراً، يوصَّل بين النقاط الشعاعية لحدود التغطية المحددة أعلاه بمنحنى سلس يتبع شكل حدود التغطية المحسوبة. ويُرسَم خط حدود التغطية الناتج على الخريطة (انظر الشكل 24). وكما في مثال الشكل 24، قد لا تتطابق حدود التغطية المقيسة مع حدود التغطية المحسوبة في جميع الاتجاهات.

الشكل 24

مثال على عرض لحدود التغطية المقيسة



7.A3 القياسات في شبكة وحيدة التردد (SFN)

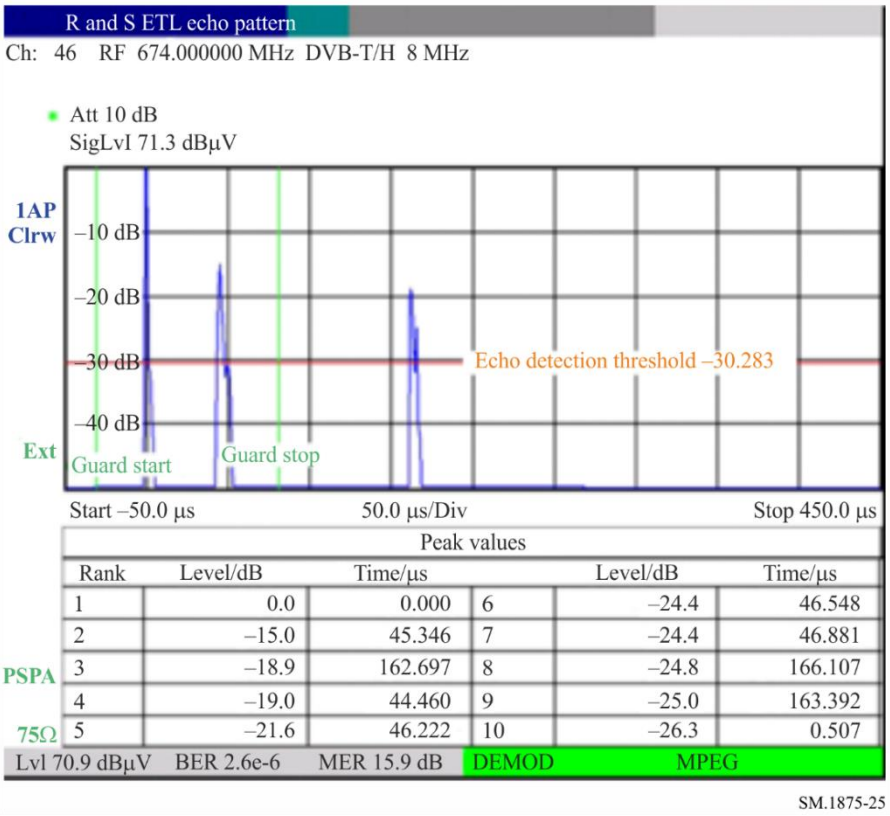
في شبكة وحيدة التردد (SFN)، تُعرَّف حدود التغطية بأنها مجمل حدود جميع محطات DVB-T/T2 التي تشكل هذه الشبكة وحيدة التردد.

ولكي يتسنى تطبيق الأسلوب الموضح في هذا المرفق في شبكات وحيدة التردد (SFN)، يجب قياس حدود كل من مرسلات شبكة وحيدة التردد بشكل منفصل.

ولكي يكون موقع القياس موثوقاً، يجب أن يكون مستوى الإشارة من المحطة قيد الاختبار أعلى بنسبة 10 dB من مستويات الإشارات من المحطات الأخرى في نفس الشبكة وحيدة التردد (SFN). ويمكن التحقق من ذلك باستخدام قياس نمط الصدى كما في الشكل 25. وفي المثال المعروض، تُكبت الأصداء الصادرة عن مرسلات أخرى بنسبة 15 و18 dB التي تعتبر كافية لكي يكون موقع القياس مناسباً.

الشكل 25

لقطة شاشة من شاشة مستقبِل (وظيفة "نمط الصدى")



وإذا لزم الأمر، يمكن استخدام هوائي ذي مخطط اتجاهي أضيق.

المرفق 4
بالملحق

أسلوب لقياس تغطية خدمة DVB-T/T2 لاستقبال ثابت في مناطق محددة

1.A4 مقدمة

يحدد الأسلوب الموضح في هذا المرفق إجراءً لقياس تغطية مرسلات وشبكات الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض من الجيلين الأول والثاني (DVB-T/T2) للتحقق من تطابقها مع التوقعات للتغطية المستخدمة في عملية التخطيط أو لتقييم ظروف الاستقبال في موقع يبلَّغ فيه عن تداخلات. وفي هذه الحالة، يقدم هذا الأسلوب أداة لتحديد منطقة الخدمة حيث تقاس أيضاً معلمات جودة الخدمة.

2.A4 المتطلبات من حيث المعدات

تجرى القياسات باستخدام نظام قياس متنقل أو قابل للنقل، يتضمن المعدات التالية:

- سارية هوائي بارتفاع 10 m؛
- مَنصَب ثلاثي القوائم للهوائي بارتفاع 1,5 m أو أكثر (انظر مزيد من التوضيح في الفقرة 4.A4)؛

- هوائي استقبال اتجاهي؛
- كبل هوائي معايَر؛
- مستقبِل قياس/محلل؛
- مستقبِل ملاحة؛
- حاسوب.

وترد خصائص المعدات في الجدول 12.

الجدول 12

خصائص المعدات

المعدات	الخصائص
مستقبِل قياس	وظيفة تحليل الطيف قياس قدرة القناة. قياس VBER من أجل DVB-T. قياس LBER من أجل DVB-T2 وظيفة "نمط الصدى". سطح البيانات البيني مع الحاسوب.
مكبر منخفض الضوضاء	المدى الترددي الأدنى 174-862 MHz ما يناسب من التكبير والضوضاء لتقديم عامل ضوضاء إجمالي لا يزيد عن 6-7 dB
هوائي استقبال اتجاهي	الاستقطاب: رأسي أو أفقي حسب المرسِل كسب الهوائي، على الأقل[1]: 200 MHz: 7 dBd 500 MHz: 10 dBd 800 MHz: 12 dBd
كبل هوائي معايَر	خسارة وحدة التغذية[1]: 200 MHz: 2 dB 500 MHz: 3 dB 800 MHz: 5 dB

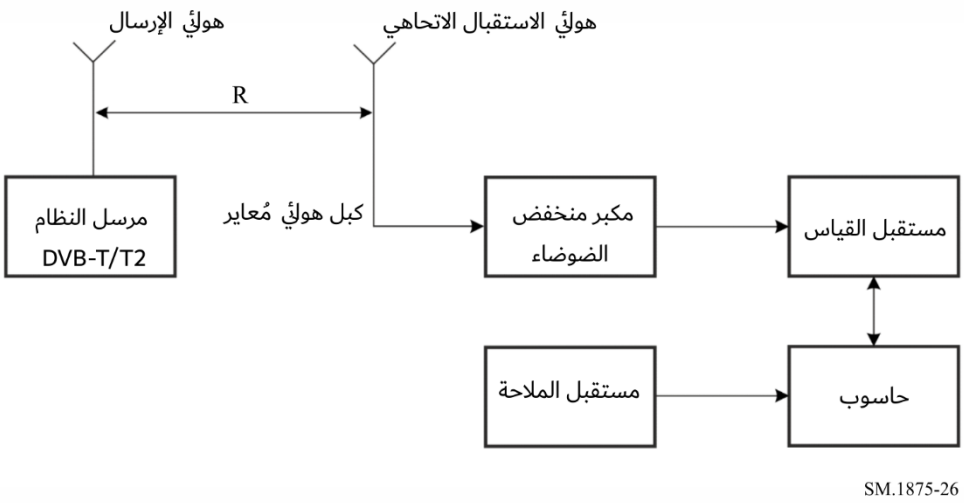
[1] أُخذت هذه القيم من التوصية ITU-R BT.1368 وهي تبين القيم التي تفترضها أدوات التخطيط.

ملاحظة – ينبغي استخدام مكبر منخفض الضوضاء عندما يكون عامل ضوضاء مستقبل القياس أعلى من عامل ضوضاء مستقبل مرجعي (من 6 إلى 7 dB وفقاً للتوصية ITU-R BT.2036-2).

ويظهر مخطط توصيل المعدات في الشكل 26.

الشكل 26

مخطط توصيل المعدات

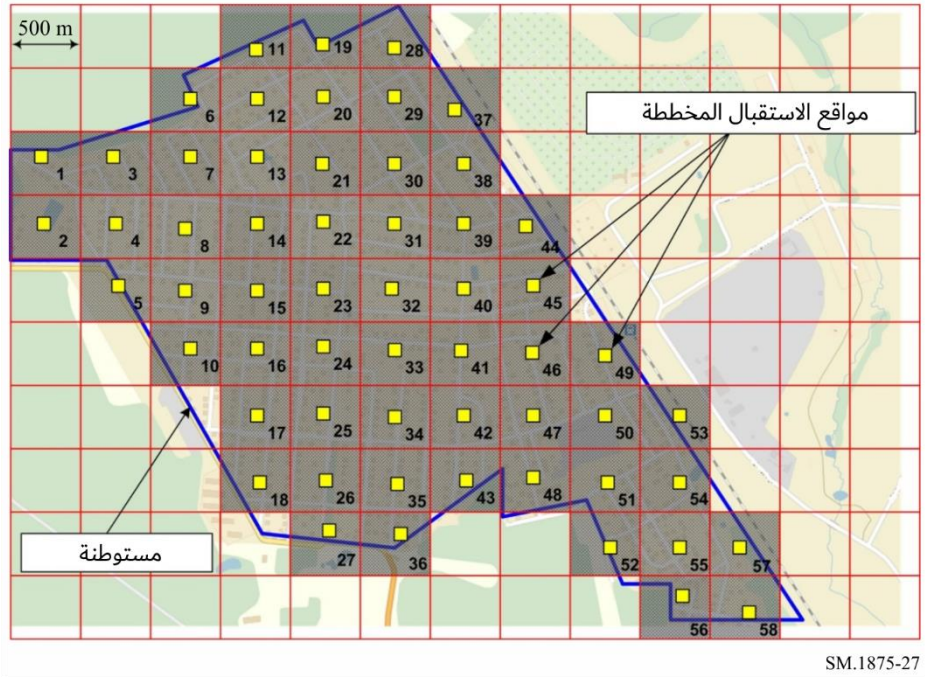


3.A4 تخطيط القياس

توضع شبكة من مربعات ("خلايا") طول ضلع كل منها 500 m فوق منطقة اختبار (تدعى "شبكة الاختبار") وتُرسَم على الخريطة. ويجب أن تغطي شبكة الاختبار منطقة الاختبار بالكامل. وتُحدَد نقاط القياس أو مواقع الاستقبال على النحو المبين في الشكل 27. وقد يختلف عدد مواقع الاستقبال في خلايا مختلفة من شبكة الاختبار.

الشكل 27

مثال على رسم شبكة اختبار



وإذا لزم الأمر، يمكن التحقق من مواقع القياس فيما يتعلق بإمكانية وضع معدات القياس من خلال صور ساتلية (مثل Google Earth) أو عن طريق زيارة هذه النقاط قبل بدء القياس.

4.A4 إجراءات القياس

ينبغي قياس المعلمات التالية للإشارة في كل موقع قياس:

- شدة المجال الكهربائي؛
- الانحراف المعياري، σ_{sp}، للاتساعات الطيفية لإشارة DVB-T/T2.
- معدل الخطأ في البتات بعد مفكك شفرة فايتربي (Viterbi) VBER من أجل DVB-T أو معدل خطأ في البتات بعد مفكك شفرة اختبار التعادلية منخفض الكثافة (LBER) من أجل DVB-T2.

وفي المناطق الريفية، يُنصب هوائي الاستقبال على ارتفاع 10 m. وإذا تعذر العثور على موقع للقياس خال من العوائق في اتجاه المرسل، كما هو الحال في العديد من المناطق الحضرية التي تعلو فيها أسقفها فوق 10 m، يجرى القياس من على أسطح المباني بنصب هوائي الاستقبال على منصب ثلاثي القوائم.

ويسدَد الهوائي في اتجاه أقصى شدة مجال مستقبَلة. فإذا استُقبلت هذه الشدة القصوى من اتجاه محطة DVB-T/T2 ذات الصلة دون اضطراب خارجي من المعدات الكهربائية أو الإلكترونية، يُعتبر موقع القياس مناسباً.

ويمكن افتراض غياب اضطراب خارجي في حال استيفاء الشروط التالية:

- غياب موجات حاملة ضيقة النطاق أو مستمرة (CW) مرئية في الطيف الأعلى من مستوى إشارة DVB-T/T2 المطلوبة.
- انخفاض مستوى الضوضاء بين قنوات DVB-T/T2 المطلوبة والمتجاورة ("الثغرات" في الطيف) دون 3 dB فوق مستوى ضوضاء المستقبِل (الذي يقاس بفصل الهوائي).

وفي حالات أخرى، ينبغي استخدام موقع قياس بديل داخل منطقة الخلية.

وتُجرى القياسات بالإعدادات التالية لمستقبِل القياس (بأسلوب "محلل الطيف"):

- التردد المركزي (FREQ): يساوي التردد المركزي الاسمي للقناة التلفزيونية؛
- عرض نطاق القناة (Span): من 8 إلى 10 MHz؛
- عرض نطاق الاستبانة (RBW): 30 kHz.؛
- عرض نطاق مرشاح الفيديو (VBW): من 100 إلى 300kHz (VBW ≥ 3 RBW)؛
- وقت الكنس: 2 S؛
- الكاشف: RMS؛
- أسلوب التتبع: محو/كتابة.

وخلال فترة قياس لا تقل عن دقيقة واحدة، يجب أخذ 30 قياساً لشدة المجال و30 انحرافاً معيارياً، σ_{sp}، للاتساعات الطيفية. وتُحسب قيم σsp وفقاً للمرفق 5. وبالتالي، يُستخدم 30 قياساً لشدة المجال، بما في ذلك تصحيح σsp، لتحديد متوسط شدة المجال (بمرور الوقت) (E^{loc}_{med}) في كل موقع استقبال.

وتُحسب قيم σsp في كل مرة تقاس فيها شدة المجال؛ وذلك بقصد إلغاء الخبو السريع الذي يمكن أن يؤثر على شكل طيف الإشارة.

فإذا كانت شدة المجال الناتجة (E^{loc}_{med}) أقل من الحد الأدنى المطلوب لشدة المجال، يجب إجراء قياسات في 4 مواقع إضافية داخل منطقة الخلية. ويُحسب متوسط شدة المجال، E^{cell}_{med}، لكل خلية.

5.A4 معالجة القياسات

يتسنى نجاح استقبال إشارة DVB-T/T2 وتعتبر الخلية "مغطاة" في حال استيفاء الشروط التالية:

- $E^{loc}{}_{med} \geq E_{med}$
- $VBER^{loc} \leq 2\times10^{-4}$ من أجل DVB-T أو $LBER^{loc} \leq 10^{-7}$ من أجل DVB-T2
- غياب الانقطاعات أثناء عملية قياس VBER/LBER لمدة 60 ثانية على الأقل.

وتلوَّن الخلية باللون الأخضر إذا استوفت غالبية نقاط القياس داخل هذه الخلية الشروط المذكورة أعلاه. وبخلاف ذلك، تلوَّن الخلية باللون الأحمر.

6.A4 عرض نتائج القياس

تُرسَم نتائج القياسات على خريطة كما في الشكل 28. وتُحسب النسبة المئوية للخلايا المغطاة في منطقة الاختبار على النحو التالي:

$$P(\%) = (m/n) \times 100\% \quad (4)$$

حيث:

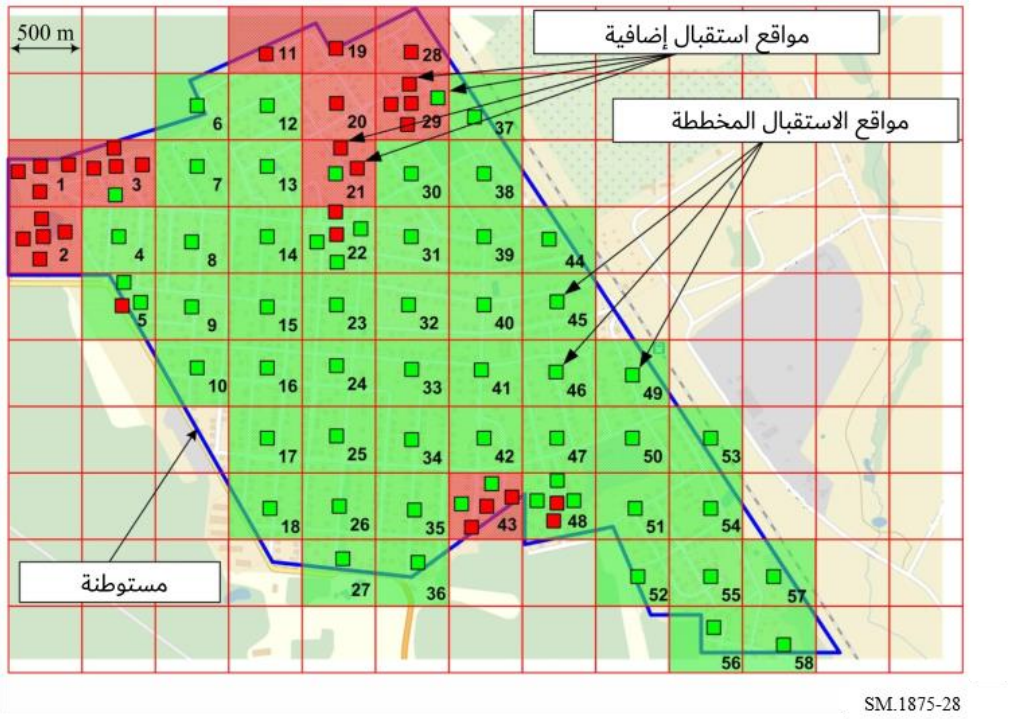
m: عدد الخلايا التي تفي فيها معلمات الإشارة بمعايير التغطية

n: إجمالي عدد الخلايا داخل منطقة الاختبار.

ففي الشكل 28 على سبيل المثال: $P(\%) = (48/58)*100\% = 82{,}8\%$

الشكل 28

مثال لعرض نتائج القياس



المرفق 5
بالملحق

التصحيحات المطلوبة لنتائج القياس

1.A5 تصحيح قناة الاستقبال (تصحيح σ_{sp})

تفترض الجداول التي تتضمن القيم الدنيا للنسبة إشارة إلى ضوضاء (*C/N*) الواردة في الاتفاق GE06، أن لدى قنوات الاستقبال رايس انحرافاً معيارياً σ_{sp} للاتساعات الطيفية يبلغ 1 dB أو أن لقنوات رايلي انحرافاً معيارياً يبلغ 3 dB. بيد أن نتائج القياس الفعلي ستكون ذات انحرافات معيارية مختلفة عن 1 أو 3 dB. وفي هذه الحالات، يجب طرح قيمة تصحيح من متوسط قيم شدة المجال المقيسة قبل مقارنتها مع الجداول ذات الصلة في الاتفاق GE06 حسب المعادلة التالية:

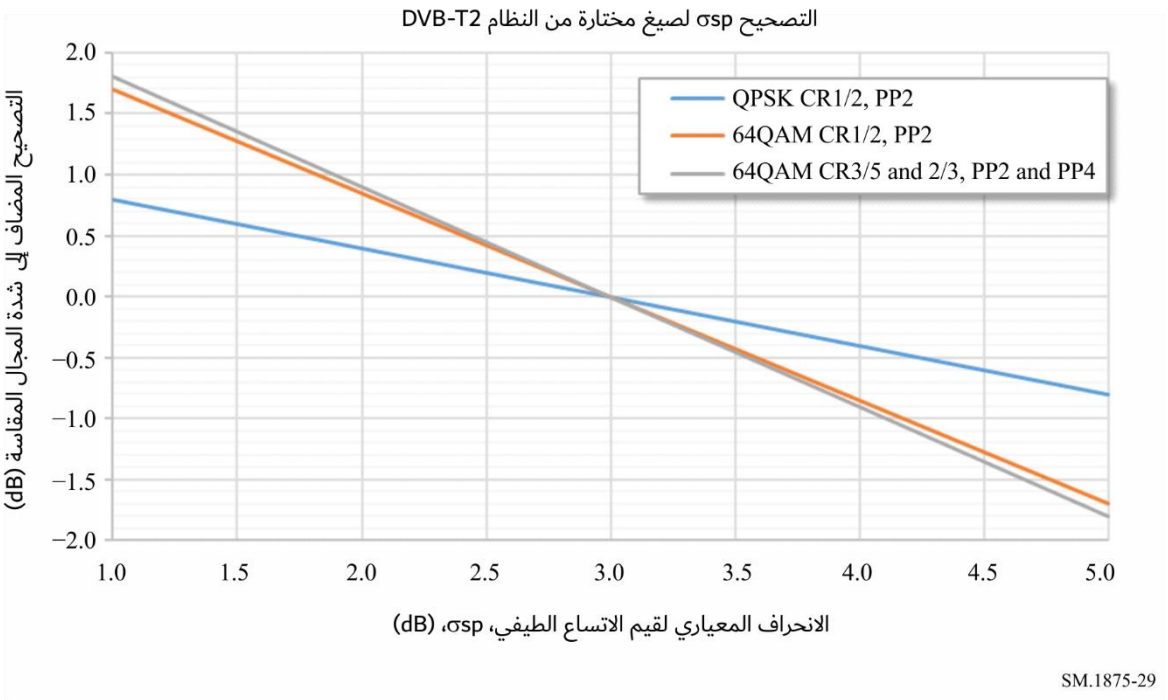
$$C_\sigma = \frac{C/N_{Rayleigh} - C/N_{Gauss}}{2} * (\sigma_{sp} - 3)$$

ويتضمن الشكل 29 أمثلة على التصحيح الناتج بالنسبة لأنظمة 8k-DVB-T ذات معدل تشفير يبلغ 2/3 و3/4.

التصحيح المضاف إلى شدة المجال المقاسة (dB)

الشكل 29

عمليات التصحيح بسبب قنوات الاستقبال غير المعيارية



2.A5 تصحيح احتمال الموقع

يفترض حساب التصحيح فيما يخص قيم احتمال الموقع C_l المختلفة عن 50% توزيعاً لوغاريتمياً عادياً لعينات إشارة الاستقبال.

$$C_l = \mu * \sigma \qquad \text{dB}$$

حيث يكون:

μ: عامل التوزيع

σ: انحراف معياري لعينات القياس.

وفيما يخص الإشارات عريضة النطاق مثل DVB-T، يحدد الاتفاق GE06 الانحراف المعياري داخل المناطق الكبيرة σ_1 بمقدار 5,5 dB. ووفقاً لهذا الافتراض، يمكن حساب تصحيح قيم احتمال مواقع مختلفة حسب القيم الواردة في الجدول 13.

الجدول 13

عمليات تصحيح لقيم احتمال مواقع مختلفة

قيمة احتمال الموقع المطلوبة (%)	μ	C_l (dB)
50	0	0
70	0,52	2,9
95	1,64	9
99	2,33	12,8

ومن أجل تقييم التغطية داخل المباني، يجب طرح الخسارة من جراء اختراق المباني من قيم القياس الذي يُجرى خارج المباني. بيد أن قيم الخسارة من جراء اختراق المباني هذه، تُعد أيضاً انحرافاً معيارياً σ_2 يجب إضافته إلى الانحراف المعياري للإشارات عريضة النطاق σ_1 على النحو التالي:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$$

وبالنسبة لتغطية DVB-T داخل المباني، يستعمل المثال الوارد في الاتفاق GE06، الذي يحدد القيم التالية فيما يخص الخسارة من جراء اختراق المباني وσ_2.

الجدول 14

الانحراف المعياري والخسارة من جراء اختراق المباني لتغطية النظام DVB-T داخل المباني

مدى الترددات (MHz)	توهين المباني (dB)	الانحراف σ_2 (dB)
الموجات المترية (VHF)	9	3
الموجات الديسيمترية (UHF)	8	5,5

ملاحظة – تستند القيم إلى الاتفاق GE06.

3.A5 التصحيح الإجمالي للتغطية داخل المباني

إن التصحيح الإجمالي الذي تتعين إضافته إلى قيم شدة المجال المقيسة في مواقع ثابتة معينة عندما يتعين تقييم التغطية داخل المباني هو مجموع تصحيح احتمال الموقع C_l والانحراف المعياري σ_1 لقياسات الإشارات عريضة النطاق والخسارة الناجمة عن اختراق المباني وانحرافها المعياري σ_2.

الجدول 15

التصحيح الإجمالي لتغطية النظام DVB-T داخل المباني عند قياسها في نقاط ثابتة

مدى الترددات (MHz)	قيمة احتمال الموقع المطلوبة (%)	μ	الانحراف σ_1 (dB)	الانحراف σ_2 (dB)	الانحراف σ (dB)	C_l (dB)	الخسارة من جراء اختراق المباني (dB)	التصحيح الإجمالي (dB)
الموجات المترية (VHF)	70	0,52	5,5	3	6,3	3,3	9	12,3
	95	1,64				10,3		19,3
	99	2,33				14,7		23,7
الموجات الديسيمترية (UHF)	70	0,52	5,5	5,5	7,8	4,0	8	12,0
	95	1,64				12,8		20,8
	99	2,33				18,2		26,2

ملاحظة – تستند القيم إلى الاتفاق GE06.

وإذا جرى القياس بشكل متنقل، كما يوصى بذلك، لا ينطبق الانحراف المعياري σ_1 بالنسبة إلى الإشارات عريضة النطاق للأسباب التالية:

– أن القياس أُخذ بالفعل في المكان الذي يجب فيه تقييم الاستقبال؛

– توفر طريقة القياس الكثير جداً من العينات بحيث إن القيمة المتوسطة المحسوبة لجميع عينات القياس تمثل بالفعل القيمة المتوسطة الفعلية لشدة المجال داخل منطقة القياس.

ويلخص الجدول 16 التصحيح الإجمالي الذي يتعين تطبيقه على قيم القياس هذه.

الجدول 16

التصحيح الإجمالي لتغطية DVB-T داخل المباني عند قياسها المتنقل

مدى الترددات (MHz)	قيمة احتمال الموقع المطلوبة (%)	μ	الانحراف σ (dB)	C_l (dB)	الخسارة من جراء اختراق المباني (dB)	التصحيح الإجمالي (dB)
الموجات المترية (VHF)	70	0,52	3	1,6	9	10,6
	95	1,64		4,9		13,9
	99	2,33		7,0		16,0
الموجات الديسيمترية (UHF)	70	0,52	5,5	2,9	8	10,9
	95	1,64		9,0		17,0
	99	2,33		12,8		20,8

وترد قيم شدة المجال الدنيا المكافئة المستخدمة في التخطيط لارتفاع هوائي الاستقبال البالغ 10 m. ولمقارنة القيم المقيسة بقيم التخطيط، يجب تطبيق تصحيح الارتفاع الذي يمكن حسابه وفقاً للقسم 9.1.2 من الاتفاق GE06.