الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التقرير ITU-R SM.2421-0

(2018/06)

# البث غير المطلوب للأنظمة الراديوية الرقمية

السلسلة SM

إدارة الطيف

## 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 تقارير قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/publ/R-REP/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 |

***ملاحظة:*** *وافقت لجنة الدراسات على النسخة الإنكليزية لهذا التقرير الصادر عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.*

*النشر الإلكتروني*
جنيف، 2018

© ITU 2018
جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التقرير ITU-R SM.2421-0

# البث غير المطلوب للأنظمة الراديوية الرقمية

(2018)

## مجال التطبيق

تُعرض في هذا التقرير قياسات البث غير المطلوب لعدد من عينات معدات الأنظمة الراديوية الرقمية وتُقارن بما يلي:

- حدود البث خارج النطاق (OoB) في التوصية ITU-R SM.1541، و/أو الاتفاقات الإقليمية، و/أو منشورات منظمات وضع المعايير (SDO)؛
- حدود البث الهامشي في التوصية ITU-R SM.329 و/أو التوصية ERC/REC 74-01 و/أو منشورات منظمات وضع المعايير (SDO).

وتُقارَن حدود البث غير المطلوب القائم على التشكيل في هذه القياسات بالحدود بين مجال البث خارج النطاق ومجال البث الهامشي الواردة في منشورات قطاع الاتصالات الراديوية.

## المختصرات

| | |
|---|---|
| 3GPP | مشروع شراكة الجيل الثالث (*3rd Generation Partnership Project*) |
| BCCH | قناة التحكم في البث (*Broadcast control channel*) |
| BS | محطة قاعدة (*Base station*) |
| BW | عرض النطاق (*Bandwidth*) |
| CEPT | المؤتمر الأوروبي لإدارات البريد والاتصالات (*European Conference of Postal and Telecommunications Administrations*) |
| D/A | من الرقمي إلى التماثلي (*Digital to analogue*) |
| DAB | الإذاعة السمعية الرقمية (*Digital audio broadcasting*) |
| DECT | اتصالات لاسلكية رقمية محسنة (*Digital enhanced cordless telecommunications*) |
| DSP | معالج إشارة رقمية (*Digital signal processor*) |
| DSSS | تمديد الطيف بالتتابع المباشر (*Direct-sequence spread spectrum*) |
| DVB-T | الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (*Digital video broadcasting – Terrestrial*) |
| ECC | لجنة الاتصالات الإلكترونية (*Electronic Communications Committee*) |
| ERC | لجنة الاتصالات الراديوية الأوروبية (*European Radiocommunications Committee*) |
| e.i.r.p. | القدرة المشعة المتناحية المكافئة (*Equivalent isotropically radiated power*) |
| e.r.p. | القدرة المشعة الفعالة (*Effective radiated power*) |
| ETSI | المعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات (*European Telecommunications Standards Institute*) |
| FDD | إرسال مزدوج بتقسيم التردد (*Frequency division duplex*) |
| FS | الخدمة الثابتة (*Fixed service*) |

| | |
|---|---|
| FSK | الإبراق بزحزحة التردد (*Frequency shift keying*) |
| GMSK | الإبراق الغوسي بزحزحة دنيا (*Gaussian minimum shift keying*) |
| GSM | النظام العالمي للاتصالات المتنقلة (*Global system for mobile communications*) |
| G-TEM | الإشعاع الكهرمغنطيسي المتعامد مع اتجاه الانتشار–بال GHz (*Gigahertz transverse electromagnetic*) |
| IEEE | معهد المهندسين الكهربائيين والإلكترونيين (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) |
| IMT | الاتصالات المتنقلة الدولية (*International Mobile Telecommunications*) |
| ITU | الاتحاد الدولي للاتصالات (*International Telecommunication Union*) |
| ITU-R | قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات (*International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector*) |
| I/Q | الإشارات المتعامدة في الطور نفسه (*In-phase/Quadrature*) |
| LTE | التطور الطويل الأجل (*Long term evolution*) |
| OFDM | إرسال متعدد متعامد بتقسيم التردد (*Orthogonal frequency-division multiplexing*) |
| OoB | خارج النطاق (*Out-of-band*) |
| PMR | اتصالات راديوية متنقلة خاصة (*Private mobile radio*) |
| QAM | تشكيل اتساع متعامد (*Quadrature amplitude modulation*) |
| QPSK | إبراق متعامد بزحزحة الطور (*Quadrature phase shift keying*) |
| RB | كتلة المورد (*Resource block*) |
| RF | ترددات راديوية (*Radio frequency*) |
| RLAN | شبكة محلية راديوية (*Radio local area network*) |
| RMS | جذر متوسط التربيع (*Root mean square*) |
| Rx | مستقبِل (*Receiver*) |
| SC-FDMA | نفاذ متعدد بتقسيم تردد موجة حاملة وحيدة (*Single carrier frequency division multiple access*) |
| SRD | أجهزة قصيرة المدى (*Short range devices*) |
| TDD | إرسال مزدوج بتقسيم الزمن (*Time division duplex*) |
| TDMA | نفاذ متعدد بتقسيم الزمن (*Time division multiple access*) |
| TETRA | الترددات الراديوية المشتركة للأرض (*Terrestrial trunked radio*) |
| TFES | فريق مهام TC MSG/TC ERM المعني بإنتاج معايير منسقة بموجب توجيه R&TTE بشأن عائلة الاتصالات المتنقلة الدولية (*TC MSG/TC ERM Task Force for the production of Harmonised Standards under the R&TTE Directive for the IMT family*) |
| Tx | مرسِل (*Transmitter*) |
| UE | تجهيزات المستعمِل (*User equipment*) |
| UMTS | نظام اتصالات متنقلة شامل (*Universal mobile telecommunications system*) |
| VHF | الموجات المترية (*Very high frequency*) |
| W-CDMA | النفاذ المتعدد بتقسيم شفري عريض النطاق (*Wideband code division multiple access*) |
| WiMAX | واي ماكس (*Worldwide interoperability for microwave access*) |
| WLAN | شبكة محلية لاسلكية (*Wireless local area network*) |

## 1 مقدمة

يتناول هذا التقرير البث غير المطلوب في ميادين البث خارج النطاق والبث الهامشي على السواء مع التركيز على الأنظمة الرقمية ضيقة النطاق وعريضة النطاق.

وتقوم مرسلات الأنظمة الرقمية الحديثة دائماً بتوليد طيف الترددات الراديوية رقمياً فيما يسمى بـ"النطاق الأساسي" وبعد التحويل الرقمي إلى تماثلي (D/A)، تُزحزَح مكونات النطاق الأساسي مباشرةً إلى مدى الترددات الراديوية بتطبيق تشكيل الإشارات المتعامدة في الطور نفسه (I/Q). ونتيجةً لذلك، لا تحدث ذرىً مميزة في الميدان الهامشي. ولا توجد أي طفرات في المرسلات الرقمية مقارنةً بالمرسلات التماثلية.

ويرقى أول العهد بتحديث أو وضع الحدود العامة القائمة المحددة للبث غير المطلوب للأنظمة الراديوية الرقمية إلى حوالي 15 سنة خلت، وقد تغيرت التكنولوجيات الرقمية كثيراً منذ ذلك الحين. ووُضعت عدة توصيات في السلسلة SM (التوصيات ITU-R SM.1541 وITU-R SM.329 وITU R SM.1539 وغيرها) في الفترة من 1996 إلى 2004 عندما طغت الأنظمة الراديوية الرقمية بالفعل على الأنظمة الراديوية التماثلية. والتوصية ERC/REC 74-01 هي توصية من المؤتمر الأوروبي لإدارات البريد والاتصالات (CEPT) بشأن البث غير المطلوب في الميدان الهامشي بخصوص حدود الفئة B المحددة في التوصية ITU-R SM.329.

وأُجريت قياسات للبث غير المطلوب لعدد من عينات معدات أنظمة راديوية رقمية باستخدام عملية القياس والإعدادات الواردة في الملحق 1. وترد نتائج القياس في الملحق 2 وتلخص في الفقرات 2 و3 و4.

## 2 البث خارج النطاق

يقدم الجدول 1 ملخصاً لمقارنة نتائج قياس بضعة أنظمة رقمية مع حدود البث خارج النطاق القائمة في التوصية ITU-R SM.1541 ووثائق المؤتمر RRC06 ومعايير المعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات (ETSI) ذات الصلة.

وفي قياسات الأنظمة التالية، كان الأداء متفوقاً على أقنعة البث خارج النطاق المحددة في معايير المعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات ذات الصلة:

- محطات قاعدة LTE800 (الشكل 8)
- معدات مستعمل LTE800 (الشكل 10)
- محطات قاعدة GSM900 (الشكل 16)
- محطة قاعدة UMTS (الشكل 19)
- RLAN (الشكل 21)
- وصلة 25 GHz من نقطة إلى نقطة (الشكل 24).

وفي قياسات مرسلات DVB-T (انظر الشكل 7) ووصلة 25 GHz من نقطة إلى نقطة (انظر الشكل 20) تفوق الأداء تفوقاً ملحوظاً على حدود "شبكة الأمان" العامة الواردة في أقنعة التوصية ITU-R SM.1541؛ وبالنسبة للأنظمة الأخرى الواردة في الجدول 1، لم ترد معلومات عن حدود البث خارج النطاق في التوصية ITU-R SM.1541.

ويجدر بالذكر أيضاً أن الحدود لم تُستوفَ إلا بشكل هامشي في بعض الحالات (DECT في الشكل 17 على سبيل المثال).

الجدول 1

**مقارنة نتائج قياس بضعة أنظمة رقمية مع حدود البث خارج النطاق**

| نظام | الشكل | مقارنة مع | | |
|---|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.1541 | RRC06 | ETSI |
| مرسِل DAB+ | الشكل 5 | - | يمكن أن يُرى أن القناع الحرج انتُهك بتخالف يقارب 2,2 MHz، ولكن يصعب الحكم على سبب انتهاك القناع بسبب محدودية حساسية معدات القياس. | - |
| مرسِلات DVB-T | الشكل 7 | تتفوق DVB-T على هذه الحدود بنسبة ~ 20 dB أو أكثر. | مطابقة قريبة | - |
| محطات قاعدة LTE800 | الشكل 8 | لا توجد معلومات عن حدود البث خارج النطاق لهذا النوع من التطبيقات في هذه التوصية. | - | **المعيار ETSI EN 301 908-14، الجدول 3-3.2.2.2.4**: حتى إذا لم تطبق أي مراشيح خارجية، فإن البث خارج النطاق الذي يتجاوز تخالُفاً يقارب 15 MHz (150% من عرض القناة) يقل أصلاً بنسبة 20 dB عن الحد. ولكن إحدى هذه الإشارات تستوفي القناع بالكاد عند التخالفات الأقل (<10 MHz)، وقد يتغير ذلك إذا زاد وقت القياس. |
| معدات مستعمل LTE800 | الشكل 10 | لا توجد معلومات عن حدود البث خارج النطاق لهذا النوع من التطبيقات في هذه التوصية. | - | **المعيار ETSI EN 301 908-13، الجدول 1-2.1.3.2.4**: تتفوق معدات المستعمل المختبَرة على قناع البث خارج النطاق بدرجات متفاوتة وتبين إرسالات غير متناظرة، بكبت أعلى فوق 862 MHz. ويشير ذلك إلى وجود اصطفاء (داخلي) لمعالجة قضايا التعايش مع الأنظمة في النطاقات الترددية المجاورة. |
| محطات قاعدة GSM900 | الشكل 16 | لا توجد معلومات عن حدود البث خارج النطاق لهذا النوع من التطبيقات في هذه التوصية. | - | **المعيار ETSI TS 145 005**: عبر المدى الكامل، يقل مستوى البث غير المطلوب عن حد ETSI ويتفوق على أداء قناع البث بنسبة 10 dB تقريباً ولا سيما عند تخالُف بمقدار 400 kHz. |

الجدول 1 *(تتمة)*

| نظام | الشكل | مقارنة مع | | |
|---|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.1541 | RRC06 | ETSI |
| DECT | الشكل 17 | | | لا تفي مستويات البث خارج النطاق لكل من جهازي DECT المقيسين بمتطلبات معيار ETSI [17] في مدى التخالُف حول 1 MHz. وبما أن البث المتعلق بالتشكيل هو الوحيد الذي تمكن مشاهدته في ميدان البث خارج النطاق، يمكن افتراض أن جميع أجهزة DECT سيكون لها نفس طيف البث خارج النطاق تقريباً، وفي هذه الحالة يبدو أن هناك هامشاً كبيراً بين حد البث خارج النطاق والبث الفعلي خارج النطاق، وخاصة في مدى القناة المجاورة بتخالف 2 MHz. |
| محطة قاعدة UMTS | الشكل 19 | لا توجد معلومات عن حدود البث خارج النطاق لهذا النوع من التطبيقات في هذه التوصية. | - | **المعيار ETSI TS 125 104**، الفصل 1.2.6.6، الجدول 5.6: تبلغ نسبة البث خارج النطاق 15 dB على الأقل دون القناع. ويختفي بالفعل البث غير المطلوب بسبب التشكيل في ضوضاء النطاق العريض من المضخم عند تخالُف يقارب 125% من عرض القناة. |
| RLAN | الشكل 21 | لا توجد معلومات عن حدود البث خارج النطاق لهذا النوع من التطبيقات في هذه التوصية. | - | **المعيار ETSI EN 300 328**، عند تخالف نسبته 250%، تتجاوز نسبة البث خارج النطاق عادةً 20 dB دون الحد المسموح به. |
| وصلة 25 GHz من نقطة إلى نقطة | الشكل 24 | تُستوفى حدود شبكة الأمان لبث الخدمة الثابتة خارج النطاق الواردة في الملحق 12 بهذه التوصية بهامش نسبته 20 dB تقريباً. | - | **المعيار ETSI EN 302 217-2-2**، القسم 1.2.4.2.4: يُستوفى الحد المعين بهامش لا يقل عن 10 dB. |

## 3 البث الهامشي

يقدم الجدول 2 ملخصاً لمقارنة نتائج قياس بضعة أنظمة رقمية مع الحدود القائمة للبث غير المطلوب في الميدان الهامشي في التوصية ITU-R SM.329 والتوصية ERC/REC 74-01 ومعايير المعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات (ETSI) ذات الصلة.

وفيما عدا الترددات التوافقية في الشكل 13 (LTE800 UE)، كان الأداء متفوقاً عادةً على حدود التوصية ITU-R SM.3290 والتوصية ERC/REC 74-01 في الميدان الهامشي بفارق كبير يبلغ عدة عشرات من dB:

- مرسل DAB (الشكل 6)
- مرسل DVB-T (الشكل 7)
- محطة قاعدة LTE800 (الشكل 9)
- معدات مستعمل LTE800 (الشكل 11)
- معدات مستعمل LTE GHz 2,3 (الشكل 14)
- محطة قاعدة GSM900 (الشكل 16)
- محطة قاعدة UMTS (الشكل 20)
- RLAN (الشكل 22)
- معدات مستعمل WIMAX 3,6 GHz (الشكل 23)
- وصلة GHz 25 من نقطة إلى نقطة (الشكل 25).

وتبين القياسات التالية أن مستوى البث غير المطلوب في الميدان الهامشي ليس ثابتاً عبر الترددات، على النحو المفترض في التوصية ITU-R SM.329 ومعايير ETSI ذات الصلة، لا سيما عند تطبيق مراشيح الخرج:

- مرسل DAB (الشكل 6)
- محطة قاعدة LTE800 (الشكل 9)
- معدات مستعمل LTE800 (الشكل 11)
- معدات مستعمل LTE GHz 2,3 (الشكل 14)
- محطة قاعدة GSM900 (الشكل 16)
- محطة قاعدة UMTS (الشكل 20)
- وصلة GHz 25 من نقطة إلى نقطة (الشكل 24).

ومع زيادة التخالف الترددي، تنخفض مستويات البث الهامشي باستمرار. ولا تحتوي المرسلات المصطفاة عموماً على بث هامشي قابل للقياس عند التخالفات التي تزيد عن أربعة أمثال عرض نطاق الإشارة، وأحياناً عند حدود 250% بالفعل (انظر الشكل 26 على سبيل المثال). ولكن يُتوقع بشكل عام توهن استجابة المرشاح الهامشية في المديات الترددية القريبة من توافقيات التردد المركزي.

وحتى المرسلات غير المصطفاة تظهر تبعية ترددية للبث الهامشي. ويمكن أن يُصادَف استثناء في ذروة في التوافقيات، انظر معدات مستعمل LTE800 في الشكل 13 الذي يبين مثالاً للبث غير المطلوب من معدات المستعمل المقيسة عند التردد التوافقي الثاني، ولكن حتى في هذه الحالة، تكون الذروة عند نسبة dB 1,5 دون حد التوصية ERC/REC 74-01.

الجدول 2

**مقارنة نتائج قياس بضعة أنظمة رقمية مع حدود البث غير المطلوب في الميدان الهامشي**

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | | |
|---|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.329 | ERC/REC 74-01 | معايير ETSI ذات الصلة |
| مرسلات DAB/DAB+ | الشكل 5 (مرسل DAB+) والشكل 6 (مرسل DAB) | يتفوق أداء مرسلات DAB على الفئة A "لجميع الخدمات باستثناء تلك الخدمات المذكورة أدناه" (الشكل 6). | البث الهامشي الصادر عن مرسلات DAB/DAB+ مصطفاة عند تخالفات من التردد المركزي فوق 10 MHz تقريباً والبث التوافقي دون حساسية القياس وأكثر من 57 dB دون الحدود الواردة في التوصية ERC/REC 74-01. | - |
| مرسلات DVB-T | الشكل 7 | | بسبب الاصطفاء المطلوب، يكون مستوى البث غير المطلوب حتى في بداية الميدان الهامشي (تخالف 20 MHz) أقل من حساسية القياس وبنسبة 30 dB على الأقل دون الحد الوارد في الجدول 1.4 من التوصية ERC/REC 74-01. | |
| محطة قاعدة LTE800 | الشكل 9 | تنخفض مستويات البث الهامشي بنسبة 40 dB على الأقل دون حدود الفئة B للخدمة المتنقلة البرية الواردة في التوصية ITU-R SM.329، والجدول 1.2 من التوصية ERC/REC 74-01 والمعيار ETSI EN 301 908-14، بسبب تطبيق مراشيح الخرج. | | |
| معدات مستعمل LTE800 | الشكل 11 | يتفوق أداء كل من جهازي المستعمل على حدود التوصية ITU-R SM.329 (الفئة B للخدمة المتنقلة البرية) والجدول 1.2 من التوصية ERC/REC 74-01 والمعيار ETSI EN 301 908-13 ذي الصلة (الجدول 2-2.1.4.2.4) بنسبة لا تقل عن 20 dB في هذه التشكيلة. والبث الهامشي الفعلي أقل مما هو مبين بسبب محدودية حساسية القياس المتاحة. | | |
| معدات مستعمل LTE2300 | الشكل 14 | يتفوق أداء البث الهامشي للتخالفات الترددية الأعلى على الحد بنسبة تصل إلى 30 dB. ولكن، يجدر بالذكر أن القياسات في الميدان الهامشي محدودة بالمدى الدينامي لمعدات القياس وبالتالي يمكن أن يقل البث غير المطلوب من الأجهزة عما هو موضح في الشكل 14. | | |

الجدول 2 *(تتمة)*

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | | |
|---|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.329 | ERC/REC 74-01 | معايير ETSI ذات الصلة |
| محطة قاعدة GSM900 | الشكل 16 | خارج نطاق GSM المخصص، هناك تفوق في الأداء بنسبة لا تقل عن 30 dB على الحد الهامشي للفئة B من محطات القاعدة بالأنظمة المتنقلة البرية في التوصية ITU-R SM.329 والتوصية ERC/REC 74-01. | | يقل مستوى البث غير المطلوب، خاصةً خارج نطاق GSM المخصص، بنسبة تزيد عن 25 dB عن حد المعيار ETSI TS 145 005 بسبب الاصطفاء الداخلي لحماية الخدمات المجاورة. |
| محطة قاعدة UMTS | الشكل 20 | على الرغم من الإرسال على أعلى قناة وبالتالي عرض الحالة الأكثر حراجة للامتثال لحدود البث الهامشي، يتفوق أداء المحطة المقيسة على هذه الحدود بنسبة 10 dB تقريباً حتى عند بداية الميدان الهامشي.<br>بالنسبة إلى التخالفات التي تزيد عن 20 MHz، هناك تفوق على أداء الحدود بنسبة 30 dB على الأقل. والبث الهامشي الفعلي لهذه التخالفات أقل مما هو موضح. والقيد هو حساسية القياس. | | |
| RLAN | الشكل 22 | تُستوفى الحدود بهامش يتراوح عادةً بين 20 و30 dB. | | |
| معدات مستعمل WiMax GHz 3,6 | الشكل 23 | على الرغم من أن القياس لا يغطي سوى مدى ترددي صغير عند تخالف عال جداً، تمكن ملاحظة تفوق الأداء على الحدود بهامش لا يقل عن 40 dB. | | |
| وصلات GHz 25 من نقطة إلى نقطة | الشكل 25 | يُستوفى حد البث الهامشي بهامش يزيد عن 20 dB. | | |

## 4 الحدود الفاصلة بين مجال البث خارج النطاق ومجال البث الهامشي

باستثناء بعض الأنظمة المتنقلة العامة (معايير 3GPP)، بشكل عام، فإن الحد الفاصل بين البث خارج النطاق والميدان الهامشي يبلغ 250% من عرض نطاق الإشارة (عرض النطاق اللازم، Bn). وبالنسبة لأنظمة النطاق العريض، تحدد لوائح الراديو (الملحق 1 بالتذييل 3) حدوداً أكثر تشدداً تبلغ 1,5 Bn*. ولكن لا تنطبق هذه الصيغة غالباً إلا على أنظمة ذات عرض نطاق أوسع من ذلك المستعمل فعلياً في النطاق. وفيما يلي أمثلة على ذلك:

- بين 30 MHz و1 GHz، لا ينطبق الحد عند 1,5 Bn إلا على Bn > 10 MHz. وللتطبيقات النمطية مثل TETRA وDAB وDVB-T وGSM وUMTS وLTE عروض نطاق أصغر؛
- بين 1 GHz و3 GHz، لا ينطبق الحد المخفّض إلا على Bn> 50 MHz. ولجميع الأنظمة تقريباً في هذا النطاق، ومنها GSM وUMTS وDECT وLTE وRLAN، عروض نطاق أصغر.

ونتيجةً لذلك، يكون الحد 250% من عرض نطاق الإشارة، بالنسبة إلى جميع الأنظمة المقيسة في هذا التقرير، مع استثناءات في نطاقات الأنظمة المتنقلة العامة حيث يُحدَّد الحد غالباً بالنسبة لحواف النطاق المعين. فعلى سبيل المثال، في بعض أنظمة الاتصالات المتنقلة الدولية المستندة إلى عرض نطاق متغير للقناة، يُحدَّد الحد في الوقت الحاضر في الفقرة 6.2 من التوصية ITU-R M.2070 بشأن محطات القاعدة على أنه 10 MHz خارج حافة نطاق التشغيل.

وقد أظهرت القياسات في هذا التقرير أن البث غير المطلوب القائم على التشكيل، خاصة بشأن الأنظمة واسعة النطاق، كثيراً ما ينتهي عند تخالفات أقل بكثير من 250% من عرض النطاق. ويصح ذلك بصفة خاصة على محطات قاعدة الأنظمة المصطفاة مثل DAB (انظر الشكل 26) وDVB-T (انظر الشكل 7) وGSM/UMTS/LTE (انظر الشكلين 15 و16 بشأن نظام GSM، والشكل 19 بشأن نظام UMTS، والشكلين 8 و9 بشأن محطات قاعدة LTE 800، والشكل 11 بشأن معدات مستعمل LTE 800).

## 5 ملخص

في هذا التقرير، تُقدَّم القياسات على عدد محدود من عينات المعدات لمختلف التكنولوجيات الراديوية. ويلاحظ أن البث المقيس أخفض عادةً من الحدود الواردة في توصيات قطاع الاتصالات الراديوية ومعايير المعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات بهامش كبير يبلغ عدة عشرات من الديسيبلات في الميدان الهامشي، باستثناء الترددات التوافقية. ولهذه النتيجة تأثير هام على دراسات التقاسم والتوافق التي تقوم عادةً على افتراض أن المعدات ستستوفي بالكاد الحدود المنصوص عليها في المعايير.

بيد أن ذلك يحتاج إلى تبرير إحصائي لأن القياسات قد أُجريت ضمن مجموعة محدودة من الشروط (من الناحية البيئية وبالمعلمات المشكَّلة) وعلى عدد محدود جداً من عينات المعدات.

ولا يُراد وضع قيود إضافية أو تعديل حدود أو تخوم في توصيات قطاع الاتصالات الراديوية الحالية استناداً إلى الأمثلة المقدمة في هذه الدراسة.

## المراجع

[1] التوصية ITU-R SM.1541 – البث غير المطلوب في مجال البث خارج النطاق

[2] ERC REC 74-01 (Siófok 98, Nice 99, Sesimbra 02, Hradec Kralove 05, Cardiff 11) ‘Unwanted emissions in the spurious domain’

[3] التوصية ITU-R SM.329 – البث غير المطلوب في الميدان الهامشي

[4] لوائح الراديو لدى الاتحاد الدولي للاتصالات، طبعة عام 2016

[5] التوصية ITU-R SM.1539 – التغيّر المتعلق بالحدود بين الميدان خارج النطاق والميدان الهامشي واللازم لتطبيق التوصيتين ITU-R SM.1541 وITU-R SM.329

[6] المعيار ETSI EN 301 908 شبكات الاتصالات المتنقلة الدولية الخلوية؛ معيار EN موحد يتناول المتطلبات الأساسية للمادة 2.3 من التوجيه المتعلق بالتجهيزات المطرافية للاتصالات الراديوية (R&TTE)

[7] ETSI EN 301 908-3 v7.1.1 'IMT cellular networks; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive; Part 3: CDMA Direct Spread (UTRA FDD) Base Stations (BS)'

[8] ETSI EN 301 908-13 V7.1.1 (2015-12) 'IMT cellular networks; Harmonised EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive; Part 13: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) User Equipment (UE)'

[9] ETSI EN 301 908-14 v7.1.1 'IMT cellular networks; Harmonised EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive; Part 14: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) Base Stations (BS)'

[10] ETSI EN 301 908-18 v7.1.1 'IMT cellular networks; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive; Part 18: E-UTRA, UTRA and GSM/EDGE Multi-Standard Radio (MSR) Base Station (BS)'

[11] اتفاق جنيف 2006 (GE-06): الاتفاق الإقليمي 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 (http://www.itu.int/pub/R-ACT-RRC.14-2006/en)

[12] ETSI EN 302 077 v1.1.1 'Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Transmitting equipment for the Terrestrial - Digital Audio Broadcasting (T-DAB) service; Part 1: Technical characteristics and test methods'

[13] ETSI EN 302 296 v1.1.1 'Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Transmitting equipment for the digital television broadcast service, Terrestrial (DVB-T)'

[14] LTE User Equipment – Coexistence with 862-870 MHz, Ofcom, September 2012: http://stakeholders.ofcom.org.uk/binaries/consultations/award-800mhz/statement/lte-coexistence.pdf

[15] التوصية ITU-R SM.2071 – الخصائص العامة للبث غير المطلوب الصادر عن محطات متنقلة تستعمل السطوح البينية الراديوية الأرضية للاتصالات المتنقلة الدولية–المتقدمة

[16] ETSI TS 145 005 v13.0.0 (2016-01) 'Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio transmission and reception (3GPP TS 45.005 version 13.0.0 Release 13'

[17] ETSI EN 300 175-2 v2.6.1 (2015-07) 'Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT). Common Interface (CI); Part 2: Physical Layer (PHL)'

[18] ETSI TS 125 104 'Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Base Station (BS) radio transmission and reception (FDD)'

[19] ETSI EN 300 328 v1.9.1 'Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Wideband transmission systems; Data transmission equipment operating in the 2.4 GHz ISM band and using wide band modulation techniques; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive'

[20] ETSI EN 302 217-2-2 v2.0.0 'Fixed Radio Systems; Characteristics and requirements for point-to-point equipment and antennas'

[21] ETSI EN 301 390 v1.3.1 ‘Fixed Radio Systems; Point-to-point and Multipoint Systems; Unwanted emissions in the spurious domain and receiver immunity limits at equipment/antenna port of Digital Fixed Radio Systems’

[22] ECC Recommendation (02)05 ‘Unwanted emissions’

[23] ETSI EN 301 406 v1.5.1 ‘Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); Harmonized EN for Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT) covering the essential requirements under article 3.2 of the R&TTE Directive; Generic radio’

[24] Liaison Statement from ECC PT1 to ETSI ERM RM and ERM/MSG TFES on “IMT 2000/UTRA Category B spurious emission limits”, Doc ECC PT1(06)184 Annex 12

[25] مواصفة ETSI التقنية 'TS 136 521 LTE؛ النفاذ الراديوي للأرض العالمي المتطور (E-UTRA)؛ مواصفة مطابقة تجهيزات المستعملين (UE)؛ الإرسال والاستقبال الراديوي'

[26] التقرير ITU-R M.2292 – 'خصائص أنظمة الاتصالات المتنقلة الدولية–المتقدمة للأرض لاستعمالها في دراسات تقاسم/تداخل الترددات'

[27] ECC Report 174 ‘Compatibility between the mobile service in the band 2500-2690 MHz and the radiodetermination service in the band 2700-2900 MHz’

[28] المعيار IEEE 802.11-2012: معيار معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات من أجل تكنولوجيا المعلومات – تبادل الاتصالات والمعلومات بين أنظمة الشبكات المحلية وشبكات المناطق الحضرية – الجزء 11 من المتطلبات المحددة: مواصفات التحكم في النفاذ إلى الوسائط (MAC) والطبقة المادية (PHY) في الشبكات المحلية اللاسلكية

[29] ETSI EN 301 908-21 v5.2.1 ‘IMT cellular networks; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive; Part 21: OFDMA TDD WMAN (Mobile WiMAX) FDD User Equipment (UE) ’

[30] التوصية ITU-R M.1580 – الخصائص التنوعية للبث غير المطلوب لمحطات القاعدة التي تستعمل السطوح البينية الراديوية للأرض للاتصالات المتنقلة الدولية–2000 (IMT-2000)

[31] التوصية ITU-R M.1581 – الخصائص التنوعية للبث غير المطلوب الصادر عن محطات متنقلة تستعمل السطوح البينية الراديوية الأرضية للاتصالات المتنقلة الدولية–2000 (IMT-2000)

[32] التوصية ITU-R M.2070 – الخصائص العامة للبث غير المطلوب لمحطات القاعدة التي تستعمل السطوح البينية الراديوية للأرض للاتصالات المتنقلة الدولية المتقدمة (IMT-Advanced)

[33] التوصية ITU-R SM.1540 – البث غير المطلوب في الميدان خارج النطاق الواقع داخل النطاقات المخصصة المجاورة

[34] Directive 2014/53/EU of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014

[35] مواصفة 3GPP التقنية TS 36.211: V13.1.0 'النفاذ الراديوي للأرض العالمي المتطور (E-UTRA)؛ القنوات المادية والتشكيل'

[36] ETSI EN 302 408 V8.0.1 ‘Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); GSM Cordless Telephony System (CTS), Phase 1; CTS-FP Radio subsystem’

[37] ETSI EN 301 502 V12.1.1 ‘Global System for Mobile communications (GSM); Harmonized EN for Base Station Equipment covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive’

[38] التوصية ITU-R SM.328 – الطيف وعرض النطاق في أنواع البث

# الملحق 1

# عمليات القياس والإعداد

## جدول المحتويات

1 النمط 1 من الإعدادات ..... 12
2 النمط 2 من الإعدادات ..... 13
3 النمط 3 من الإعدادات ..... 14
4 ذروة ومتوسط حالات أقنعة الطيف ..... 15

يعرض هذا الملحق إعدادات نمطية لقياس البث خارج النطاق والبث الهامشي. ويعتمد الإعداد المراد استخدامه على النطاق الدينامي المطلوب للنتيجة وعلى ما إذا كان البث نبضياً أو مستمراً.

وفي القياسات التي أُجريت للمرسلات التي لا تتطلب مسير عودة، تشتق الإشارة مباشرة من خرج المرسل، بعد التوهين المناسب (الحمل الوهمي) أو من خرج القياس (في حال توفره). وفي حال تطبيق اصطفاء خارجي للخرج، تقع نقطة القياس بعد المرشاح.

وفي القياسات التي أُجريت للمرسلات التي تتطلب مسير عودة للعمل دون وجود خرج قياس، تؤخذ الإشارة من خرج قارنة اتجاهية مدرجة في مسير الإرسال. ومن العيوب الرئيسية لهذا الأسلوب توهن الإشارة التي يُراد قياسها بالقارنة الاتجاهية (بنسبة 20 dB عادةً) مما يحد من مستوى كشف البث غير المطلوب وخاصة للأجهزة ذات القدرة المنخفضة جداً. وتسمح بعض الأنظمة بالنفاذ إلى خط الإرسال قبل مقسِّم Rx/Tx الذي يمثل نقطة القياس المفضلة.

ويجب قياس إشعاع المرسلات التي لا تحتوي على منفذ هوائي، ويفضَّل القيام بذلك في خلية G-TEM ذات خصائص معروفة في الترددات الراديوية.

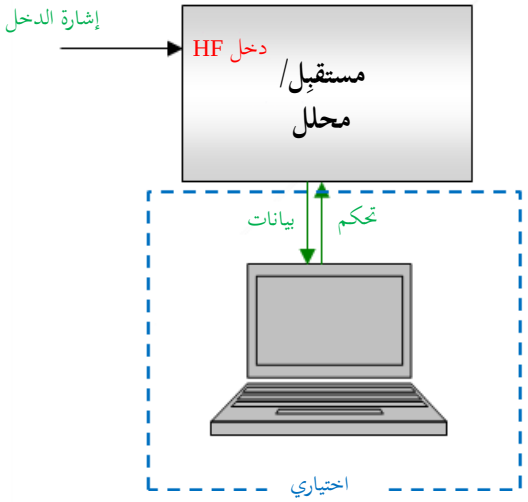
وفي القياسات المشعة للمرسلات الأكبر، تؤخذ الإشارة من هوائي قياس. وفي هذه الحالة، تكمن المشكلة الأكثر حراجة في جمع أكبر قدر ممكن من طاقة الترددات الراديوية، وفي خُلو النطاق الترددي الذي يسترعي الاهتمام من البث الصادر عن مرسلات أخرى. وتمكن معالجة كلتا المشكلتين باستخدام هوائي ذي اتجاهية عالية (وبالتالي كسب عالي) موجَّه مباشرة نحو هوائي الإرسال عبر أقصر مسافة ممكنة.

## 1 النمط 1 من الإعدادات

إذا لم يكن المدى الدينامي المطلوب أعلى من الفرق بين المستوى الأقصى الذي يمكن لمستقبل القياس معالجته دون تحميله فوق طاقته وبين مستوى الضوضاء الخاص به، يمكن استخدام أبسط الإعدادات للإشارات المستمرة:

الشكل 1

**النمط 1 الرئيسي من إعدادات القياس**




Report SM.2421-01

## 2 النمط 2 من الإعدادات

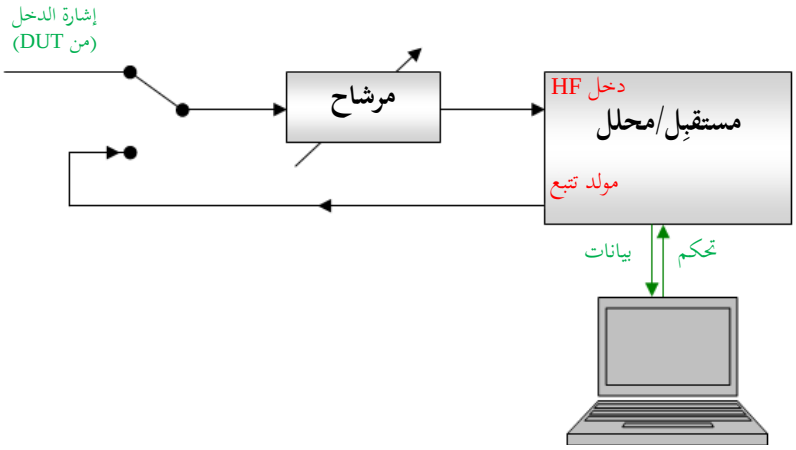
يمكن استخدام هذا الإعداد للإشارات المستمرة عندما يتجاوز المدى الدينامي المطلوب للنتيجة قدرات مستقبِل/محلل القياس.

ولتعزيز المدى الدينامي لمستقبل/محلل القياس، يتعين كبت الإشارة المطلوبة بواسطة مرشاح (قابل للتوليف). فأولاً، يجري قياس وتسجيل الطيف المصطفى على القناة/التردد المطلوبين وكذلك في ميدان البث خارج النطاق أو ميدان البث الهامشي. وفي القياس الثاني، يجري قياس وتسجيل توهين (الاستجابة الترددية) للمرشاح باستخدام نفس إعدادات المستقبِل/المحلل. وبعد ذلك، يضاف كلا المنحنيين للاحتفاظ بالطيف الأصلي للإشارة باستخدام أداة برمجية (مثل Microsoft Excel). ويكون القياس على أقصى قدر من الكفاءة إذا جرى التحكم به بواسطة الحاسوب.

وحسب التطبيق والتردد وعرض النطاق للإشارة تحت الاختبار، يمكن استخدام مرشاح تمرير نطاق أو مرشاح منع نطاق. وبالنسبة للبث الهامشي، يفضل استخدام مرشاح منع نطاق مولَّف على التردد المطلوب لأنه يسمح بقياس المدى الهامشي بأكمله دفعة واحدة. وبالنسبة لقياسات البث خارج النطاق، يمكن أيضاً استخدام مراشيح تمرير نطاق مولَّفة على مدى الترددات في ميدان البث خارج النطاق الذي يراد قياسه.

الشكل 2

**النمط 2 الرئيسي من إعدادات القياس**




Report SM.2421-02

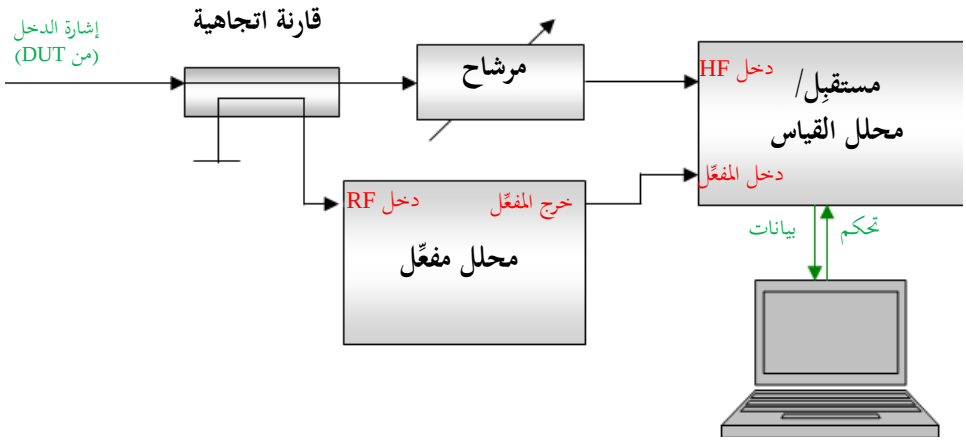
## 3 النمط 3 من الإعدادات

بالنسبة لأنظمة النفاذ المتعدد بتقسيم الزمن (TDMA) التي ترسِل في رشقات، تنطبق الحدود عادة على الأوقات التي يكون فيها المرسل في وضع التشغيل. وما لم يُذكر مستوى الذروة على وجه التحديد في التوصية ذات الصلة، يجب قياس مستوى الرشقة المتوسط وهو المستوى الفعال (RMS) أثناء الرشقة فقط. ويُجرى ذلك من الخارج بإطلاق مستقبِل القياس عند بدء الرشقة وضبط وقت القياس ليتناسب مع طول الرشقة. وتستمد آلية الإطلاق من محلل طيف ثان، يعمل بأسلوب الامتداد الصفري ويولَّف على التردد المطلوب.

وعملية القياس هي نفسها المتبعة في النمط 2 من الإعدادات.

الشكل 3

**النمط 3 من الإعدادات لقياسات أنظمة النفاذ المتعدد بتقسيم الزمن (TDMA)**




Report SM.2421-03

**معالجة البيانات**

يُختار دائماً عرض نطاق القياس ليكون مساوياً أو أصغر من عرض النطاق المرجعي المذكور في التوصية أو المعيار ذي الصلة. ولا بد من استخدام عرض نطاق ضيق للقياس، خاصة في جوار ذروة البث الهامشي في ميدان البث خارج النطاق وفي ميدان البث خارج النطاق القريب من التردد المطلوب، لأن الطيف المقيس سيوسَّع دون داع بخلاف ذلك، مما يؤدي إلى المبالغة في تقدير المستوى غير المطلوب.

وتحوَّل خطياً مستويات الإشارة (أو الكثافات الطيفية) في عرض نطاق القياس المختار إلى المستويات أو لكثافات القدرة المقابلة في عرض النطاق المرجعي باستخدام الصيغة التالية:

$$P_{refBW} = P_{measBW} + 10 * \log_{10}(\frac{refBW}{measBW})$$

حيث:

$P_{refBW}$ : مستوى الإشارة في عرض النطاق المرجعي

$P_{measBW}$ : مستوى الإشارة في عرض نطاق القياس

$refBW$ : عرض النطاق المرجعي

$measBW$ : عرض نطاق القياس.

## 4 ذروة ومتوسط حالات أقنعة الطيف

بوجود حدود ثابتة للبث غير المطلوب التي لا ينبغي تجاوزها في أي وقت، تقتضي الضرورة قياس البث باستخدام كاشف ذروة. بيد أن المرجع 0 dB لأقنعة الطيف خارج النطاق هو في معظم الحالات القدرة الكلية في القناة أو كثافة تدفق القدرة (pfd) في عرض نطاق مرجعي معين، وكلاهما قيمتان فعالتان (RMS).

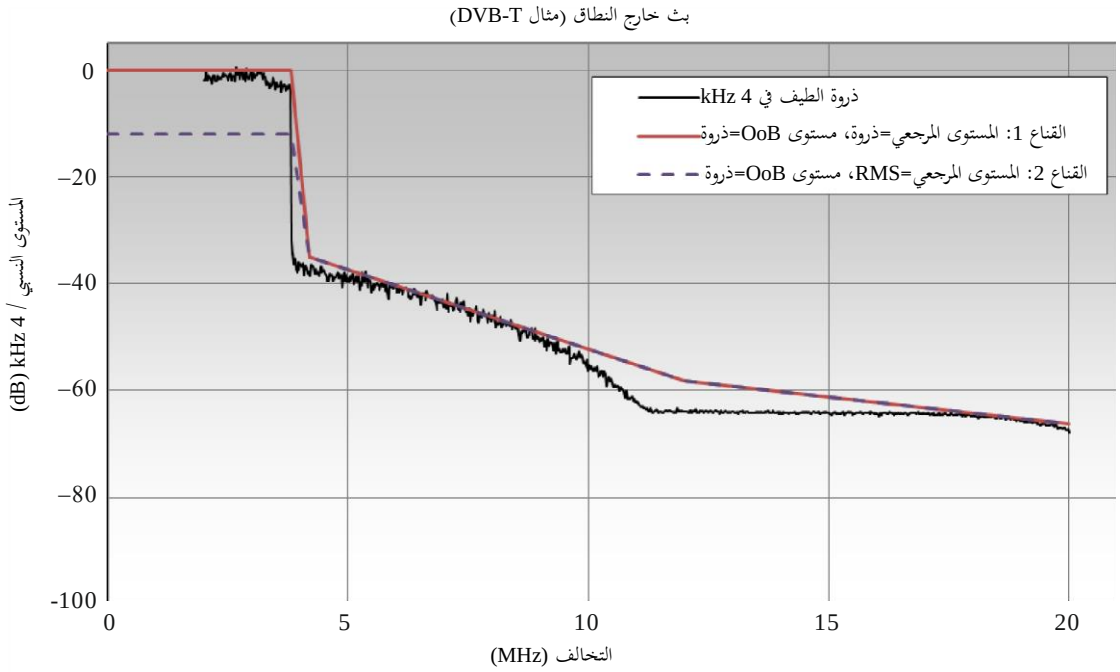
وفي حين أن التداخل المحتمل من بث غير مطلوب على مستقبلات تماثلية يعتمد بشكل أساسي على مستوى ذروته، فإن المستوى الفعال (RMS) هو الذي يحدد التداخل المحتمل على مستقبِل رقمي. وقد ثبت ذلك من خلال القياسات المختلفة لدراسات التوافق.

وفي الأنظمة الرقمية، يكاد يكون كل البث غير المطلوب بالإضافة إلى البث المطلوب شبيهاً بالضوضاء، مما يعني عادةً وجود فرق ثابت بين المستوى الفعال (RMS) ومستوى الذروة يناهز 13 dB. وفي هذه الأنظمة، يمكن تحديد حدود RMS أو حدود الذروة لأن المستوى الآخر المقابل يمكن حسابه. وتشمل الاستثناءات طفرات بسبب التوافقيات أو منتجات الخلط.

ولعلّ من المفيد النظر في الأنظمة على أساس كل حالة على حدة وتحديد مستويات البث خارج النطاق/البث الهامشي والمستوى المرجعي البالغ 0 dB شعلى نفس الأساس (كلاهما في المستوى الفعال (RMS) أو كلاهما في الذروة) وتكييفها مع حالة محددة لأن من شأن ذلك أن يتيح المقارنة المباشرة للطيف المقيس مع قناع. ويبين الشكل 4 مثالاً (بث DVB-T خارج النطاق) حيث تتحدد دائماً حدود البث خارج النطاق للقناع في مستويات الذروة. والقناع 1 هو كثافة الذروة الطيفية في عرض النطاق المرجعي 4 kHz. وتمكن مقارنة هذا القناع مباشرة مع طيف البث المقيس خارج النطاق. أما بالنسبة للقناع 2، فإن المستوى المرجعي 0 dB هو القدرة الطيفية الفعالة (RMS) في 4.kHz. وفي هذه الحالة، يوجد فرق يبلغ حوالي 13 dB بين الكثافة الطيفية المقيسة ضمن القناة ومرجع القناع البالغ 0.dB.

الشكل 4

**تعاريف قناع مختلفة – مثال (بث DVB-T خارج النطاق)**




Report SM.2421-04

وفي العديد من الحالات، يكون المستوى المرجعي لقناع الطيف هو قدرة الموجة الحاملة غير المشكَّلة. وفي الأنظمة الرقمية، لا تكون الموجة الحاملة غير مشكَّلة مطلقاً ولذلك لا يمكن قياسها مباشرةً. وبدلاً من ذلك، يمكن قياس القدرة الإجمالية الفعالة (RMS) ضمن القناة للإشارة المشكّلة لأن ذلك يساوي قدرة الموجة الحاملة غير المشكّلة. غير أن عرض النطاق المرجعي لهذا القياس يجب أن يكون هو عرض النطاق المشغول للإشارة الذي قد يختلف عن عرض النطاق المرجعي للبث غير المطلوب. وفي هذه الحالات، ليس لقناع الطيف المقارَن بالطيف المقيس أي خط مرجعي ضمن القناة. وفي المثال الوارد في الشكل 4، يغيب الخط الأفقي بين تخالف 0 MHz و4 MHz، وينزاح المستوى المرجعي 0 dB بالفرق الناتج عن تصحيح عرض النطاق (في حالة DVB-T: $10*\log_{10}(8\ \text{MHz}/4\ \text{kHz})=23\ \text{dB}$).

# الملحق 2

# قياسات البث غير المطلوب من الأنظمة الرقمية الشائعة

## جدول المحتويات


1 ملاحظات عامة ..... 17

2 DAB/DAB + ..... 18

3 الإذاعة الفيديوية الرقمية–للأرض (DVB-T) ..... 21

4 محطات قاعدة LTE800 ..... 23

5 معدّات مستعمل LTE 800 ..... 27

6 معدات مستعمل LTE 2300 ..... 33

7 محطة قاعدة GSM900 ..... 35

8 DECT ..... 38

9 محطات قاعدة UMTS 2100 ..... 41

10 أجهزة RLAN في نطاق GHz 2,4 ..... 44

11 معدات مستعمل WIMAX GHz 3,6 ..... 46

12 وصلات GHz 12 من نقطة إلى نقطة ..... 48

13 الأنظمة المصطفاة وغير المصطفاة ..... 51

14 البث العابر في الأنظمة الرقمية النبضية ..... 52

15 البث غير المطلوب ضيق النطاق وواسع النطاق ..... 54


## 1 ملاحظات عامة

يوضح هذا القسم نتائج قياسات البث غير المطلوب (من خارج النطاق ومن الميدان الهامشي على السواء) لعدة أنظمة رقمية شائعة. وتستند القياسات إلى عدد محدود من عينات المعدات التي قد لا تكون بالضرورة ممثلة لمجموعة المعدات الأوسع نطاقاً.

وللمقارنة الفورية، أدرجت الحدود ذات الصلة أيضاً في الأشكال مع القياسات. وعندما تُعرَّف الحدود كمستويات قدرة مطلقة، يُعاد حسابها بقيم نسبية باستخدام نفس مستوى القدرة المرجعي على الموجة الحاملة المرسَلة كما في الأطياف المقيسة. وعندما تُعرَّف الحدود ككثافة القدرة الطيفية في عروض نطاق مختلفة عن عرض نطاق القياس، تحوَّل الأطياف المقيسة إلى عرض النطاق المرجعي باستخدام نافذة تكامل انزلاقية. ولتسهيل المقارنة مع الطيف المقيس، تُستخرج خطوط حد البث خارج النطاق من تخالف 0 MHz عن التردد المركزي كخط مرجعي يشير إلى كثافة القدرة الطيفية النسبية ضمن النطاق.

ويتضمن كل شكل الحد المرجعي للبث خارج النطاق (مثل قناع الطيف) المأخوذ من المعيار ذي الصلة. وعندما يكون متاحاً، يُدرَج أيضاً حد "شبكة الأمان" الوارد في التوصية ITU-R SM.1541 للخدمة المعنية على أساس مقارنة مع الحد المقيَّس الفعلي الأكثر صرامة.

ويجدر بالذكر أن حساسية القياس قد تختلف في الرسوم البيانية المختلفة ولكنها ليست معروفة دائماً. لذلك، يبدو أن الأطياف تنتهي أحياناً بتدرج أفقي (تقريباً) وهو في الواقع ضوضاء خلفية مستقبِل القياس وليس البث غير المطلوب الوارد من المرسِل. ويصح ذلك بشكل خاص في المرسلات التي لها مرشاح عند الخرج يحد من البث غير المطلوب من أجل تلبية متطلبات معينة للنظام (كحماية نطاق الاستقبال المقابل). فهذه الأنظمة لا تكاد تصدر أبداً أي بث قابل للقياس خلال التخالفات الأكبر في الميدان الهامشي. ويرجى أخذ العلم بأن "ضوضاء المستقبِل"، في بعض الأشكال، ينبغي أن تُقرأ على أنها "ضوضاء خلفية محلل الطيف".

وللاطلاع على توضيحات بشأن متى يتعين استعمال ذروة ومتوسط حالات أقنعة الطيف، انظر الفقرة 4 من الملحق 1.

## 2 DAB/DAB +

إن نظام الإرسال المتعدد المتعامد بتقسيم التردد (OFDM) هو أحد الخلفاء الرقميين المحتملين لنظام الإذاعة الصوتية التماثلية. وتتساوى معلمات الترددات الراديوية في نظامي DAB و+DAB[1]:

- التشكيل: OFDM بواسطة 1 736 موجة حاملة نشطة
- عرض نطاق المرسِل: 1,536 MHz
- قدرة المرسِل: 780 W = 28,9 dBW (خرج المرسِل)، 10 kW (e.r.p.)
- مرشاح في خرج المرسِل: نعم
- ميدان البث خارج النطاق ينتهي عند: 3,84 MHz (250% من عرض النطاق اللازم)

### 1.2 البث خارج النطاق

تظهر في الشكل 5 قياسات مرسل +DAB مع الحدود ذات الصلة.

ويعطي أحد الأقنعة المعرّفة في الاتفاق الخاص GE-06 (الشكل 3-2 والجدول 3-10 المرتبط به) حداً لطيف الإشارة المشعة خارج النطاق في أي نطاق 4 kHz. وكان التردد المركزي للمرسل 174,928 MHz، وهو أدنى كتلة في نطاق الموجات المترية (VHF). لذلك، استُخدم القناع الأكثر حراجة كمرجع لقياسات النطاق الجانبي السفلي.

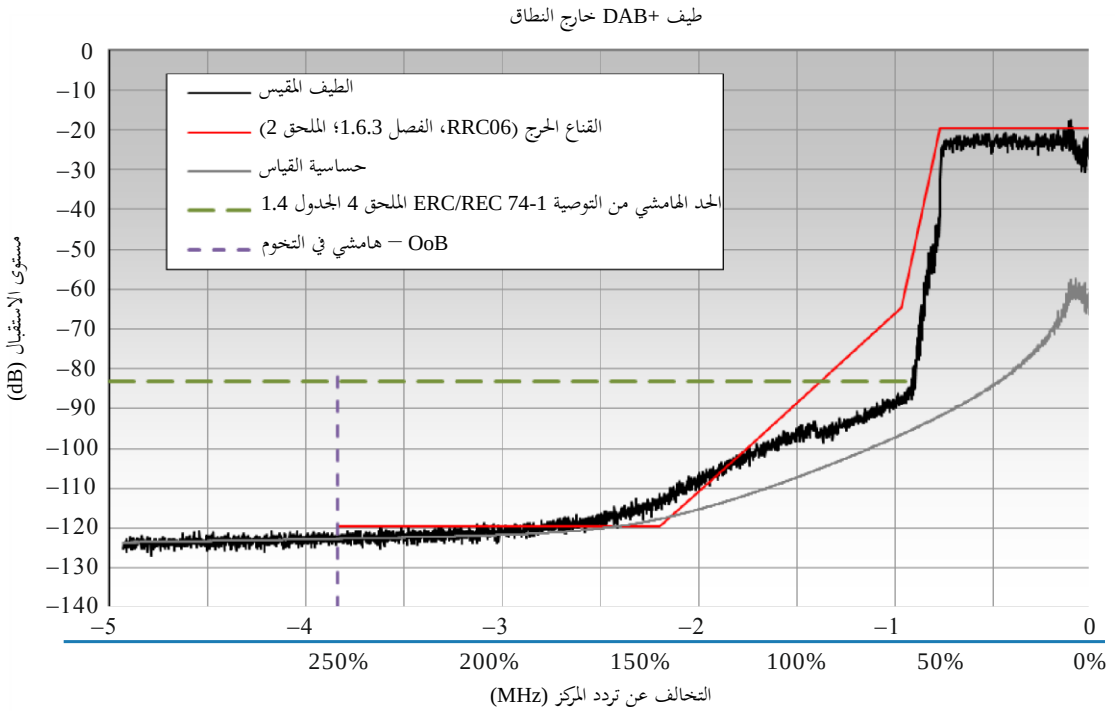
وأُجريت القياسات عند منفذ هوائي المرسل بعرض نطاق استبانة قدره 3 kHz. ولقناع الطيف المذكور في اتفاق GE-06 عرض نطاق مرجعي أصلي قدره 4 kHz. وقد حُول إلى قناع طيف في عرض 3 kHz؛ ويظهر قناع الطيف الناتج في الشكل 5.

وللعلم، يرد في الشكل 5 أيضاً حد البث الهامشي ذو الصلة من التوصية ERC/REC 74-01.

[1] نظراً لأن الفرق بين DAB و+DAB يكمن في التشفير الرقمي حصراً؛ تُستخدم المرسلات نفسها لكلا المعيارين مما يؤدي إلى البث النمطي غير المطلوب نفسه.

الشكل 5

**قياسات البث خارج النطاق من مرسل +DAB**




Report SM.2421-05

وبما أن المستويات المقيسة للبث الطيفي عند التخالفات التي تزيد على 2,5 MHz قريبة جداً من مستوى حساسية معدات القياس، فلا يمكن إلا أن يقال إن المستويات الفعلية للبث خارج النطاق الأكبر من هذا التخالف تقل عن القناع الحرج (أشدها صرامة) المذكور في اتفاق GE-06 الخاص. ولكن بالنظر إلى المدى الديناميي المحدود للقياسات، تعذر تحديد مقدار بث المرسل الواقع تحت القناع الحرج. وكانت الحساسية الفعلية للنظام المستعملة في القياس تتراوح بين –115 و–120 dBm عند تخالف ترددي قدره 2,2 MHz.

ملاحظة بشأن الشكل 5:

– يمكن أن يُرى أن القناع الحرج انتُهك بتخالف يقارب 2,2 MHz، ولكن يصعب الحكم على سبب انتهاك القناع بسبب محدودية حساسية معدات القياس.

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | |
|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.1541 | RRC06 |
| مرسِل +DAB | الشكل 5 | | يمكن أن يُرى أن القناع الحرج انتُهك بتخالف يقارب 2,2 MHz، ولكن يصعب الحكم على سبب انتهاك القناع بسبب محدودية حساسية معدات القياس. |

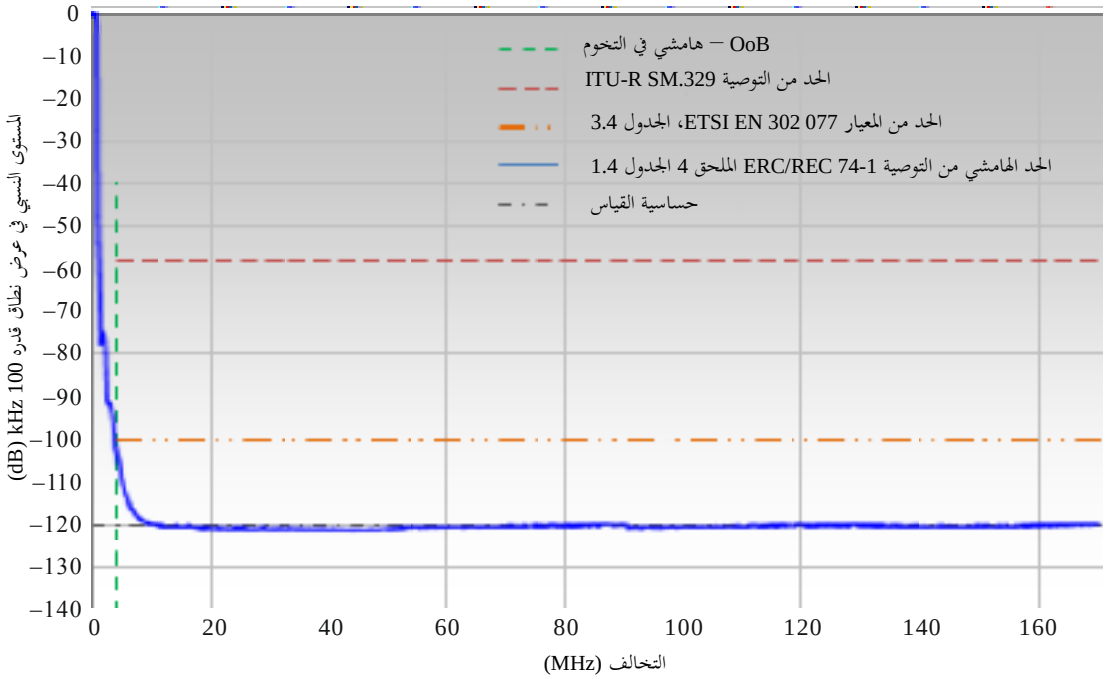
## 2.2 البث الهامشي

كما ذُكر أعلاه، فإن مرسلات +DAB/DAB مزودة دائماً بمراشيح خرج للحد من البث غير المطلوب. وقد أظهرت القياسات التي أُجريت على عدة مرسلات DAB في ألمانيا تعذر كشف البث غير المطلوب في الميدان الهامشي لتخالفات ترددية عالية عن التردد المركزي، وكذلك تعذر كشف البث التوافقي فوق ضوضاء الخلفية في نظام القياس.

ويبين الشكل 6 قياسات البث الهامشي من مرسل DAB (باللون الأزرق الداكن) والحدود التنظيمية ذات الصلة.

الشكل 6

**البث الهامشي من مرسل DAB (موضح في الخط الأزرق)**




Report SM.2421-06

مقارنة القياسات مع الحدود التنظيمية:

- لا تتضمن التوصية ITU-R SM.329 حدوداً محددة للبث الهامشي من أجل DAB في الفئة B (أوروبا). لذلك، يُستخدم حد الفئة A "جميع الخدمات باستثناء تلك الخدمات المذكورة أدناه".
- أُجري القياس عند منفذ هوائي مرسل DAB ذي قدرة خرج 780 W (10 kW e.r.p.). ويبلغ حد البث الهامشي من الفئة A "جميع الخدمات باستثناء الخدمات المذكورة أدناه" الوارد في التوصية ITU-R SM.329 في نطاق 100 kHz، 70 dBc. وبما أن الشكل 6 مقيَّس وفق المستوى الطيفي ضمن النطاق بعرض نطاق قدره 100 kHz، حُول هذا الحد إلى توهين نسبي قدره 70 dBc – (10*log10(1 536/100) = 58,2 dBc. ويحدد الجدول 1.4 في الملحق 4 بالتوصية ERC/REC 74-01 حداً قدره 75 dBc للمرسلات ذات قدرة خرج تتراوح بين 8 و800 W، بعرض نطاق مرجعي قدره 100 kHz. وهذا يؤدي إلى كثافة طيفية للقدرة ضمن القناة في 100 kHz؛ فيكون الحد عند 75 dBc – (10*log10(1 536/100) = 63,2 dBc.
- ويحدد الجدول 3.4 [12] في المعيار ETSI EN 302 077-1 حداً نسبياً قدره 126 dBc في عرض نطاق مرجعي قدره 4 kHz من أجل متوسط قدرة خرج مرسل يتراوح بين 25 و1000 W. وبما أن الشكل 6 مقيَّس وفق المستوى الطيفي ضمن النطاق بعرض نطاق قدره 100 kHz، يحوَّل هذا الحد إلى توهين نسبي قدره 126 dBc – (10*log10(1 536/4) = 100,2 dBc.

ملاحظات بشأن الشكلين 5 و6:

- يبلغ الكبت النسبي للبث الهامشي بالنسبة إلى قدرة الموجة الحاملة بالقرب من حدود البث خارج النطاق 100 dB تقريباً (انظر أيضاً الشكل 5 بشأن التخالفات التي تقل عن –3,84 MHz)؛

- إن البث الهامشي من مرسلات DAB/DAB+ المصطفاة عند التخالفات عن التردد المركزي فوق 10 MHz تقريباً، والبث التوافقي، يقعان دون حساسية القياس وبأكثر من 57 dB دون الحدود الواردة في التوصية ERC/REC 74-01؛
- يصل قناع البث خارج النطاق إلى حد البث الهامشي الوارد في التوصية ERC/REC 74-01 عند التخالفات التي تبلغ حوالي 1,4 MHz أو 90% من عرض نطاق الإشارة (انظر الشكل 5).

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | |
|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.329 | ERC/Rec 74-01 |
| مرسلات DAB/DAB+ | الشكل 5 (مرسل DAB+) والشكل 6 (مرسل DAB) | يتفوق أداء مرسلات DAB على الفئة A "لجميع الخدمات باستثناء تلك الخدمات المذكورة أدناه" (الشكل 6). | البث الهامشي الصادر عن مرسلات DAB/DAB+ مصطفاة عند تخالفات من التردد المركزي فوق 10 MHz تقريباً والبث التوافقي دون حساسية القياس وأكثر من 57 dB دون الحدود الواردة في التوصية ERC/REC 74-01. |

## 3 الإذاعة الفيديوية الرقمية–للأرض (DVB-T)

هذا هو نظام التلفزيون الرقمي للأرض المستعمل في أوروبا. ولحماية القنوات و/أو خدمات الاتصالات الراديوية المجاورة، اعتبرت حدود البث خارج النطاق الصادرة عن التوصية ITU-R SM.1541 غير كافية. ولذلك، حُددت حدود أكثر صرامة في اتفاق GE-06. ولتلبية هذه المتطلبات، يتعين دائماً تزويد مرسلات DVB-T بمراشيح تحديد النطاق بعد مرحلة التضخيم النهائية.

وفيما يلي معلمات نظام DVB-T المقيس:

التشكيل: k8 OFDM بواسطة 6 817 موجة حاملة نشطة

عرض النطاق: 7,61 MHz

قدرة المرسِل: 1 kW (خرج المرسِل)، 10 kW (e.r.p.)

مرشاح في خرج المرسِل: نعم

ميدان البث خارج النطاق ينتهي عند: 20 MHz (انظر التوصية ITU-R SM.1541، الملحق 6، الفقرة 1.2.2).

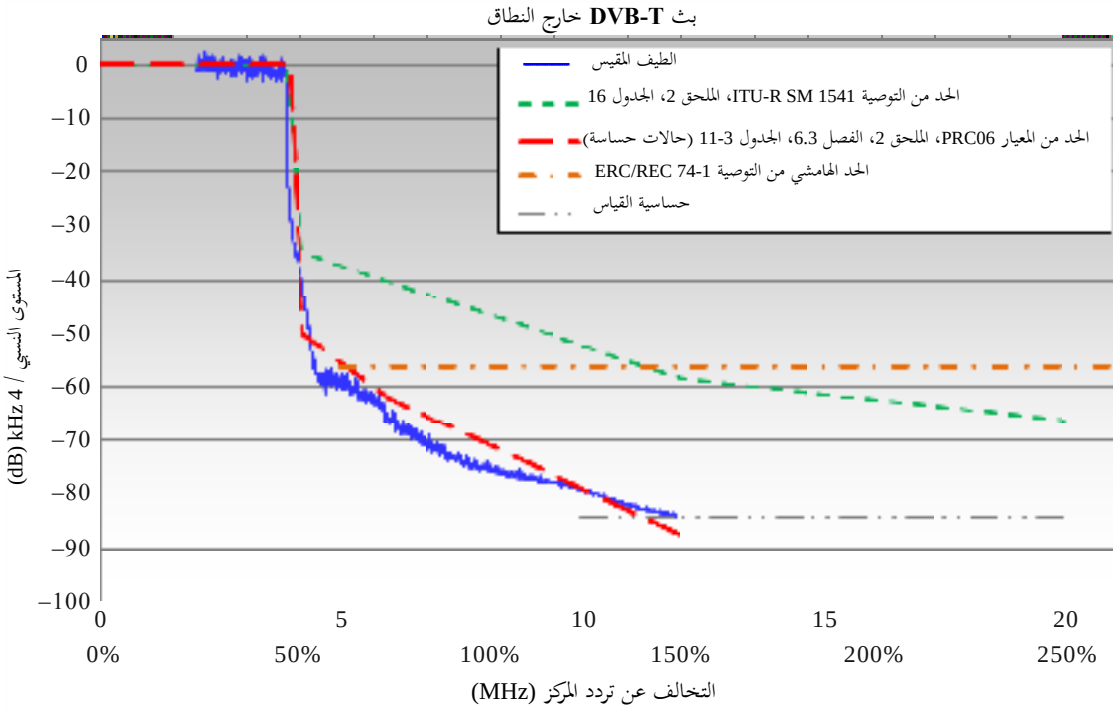
ولمزيد من التوضيحات، انظر أيضاً الفقرة 4 من الملحق 1.

### 1.3 البث خارج النطاق

أُجريت القياسات عند تغذية الهوائي بعرض نطاق قياس قدره 7,5 kHz ويرد ظهورها في الشكل 7 بعرض نطاق مرجعي قدره 4 kHz. وتقيَّس المستويات المقيسة وفق كثافة القدرة الطيفية ضمن النطاق في عرض نطاق قدره 4 kHz. وتحدد التوصية ITU-R SM.1541 الحدود النسبية لمدى البث خارج النطاق بالكامل. ولحماية خدمات الاتصالات الراديوية في النطاقات المجاورة، صُمّم مرشاح خرج المرسل المقيس بحيث يفي بالقناع الأكثر صرامة في اتفاق GE-06، الفصل 3-6، جدول 3-11 للحالات الحساسة. ويجدر بالذكر أن قناع طيف RRC06 غير الحرج يُطبَّق في معظم الحالات.

الشكل 7

**قياسات البث خارج النطاق لمرسلاتDVB-T**




Report SM.2421-07

ملاحظة بشأن الشكل 7:

– لم يتسنَّ قياس البث خارج النطاق إلا نزولاً حتى مستوى نقطة توقف القناع الوارد في اتفاق GE-06 عند 12 MHz. ويقع البث خارج النطاق للتخالفات الترددية الأعلى تحت هذا القناع الأكثر صرامة ولكن تعذر قياسه بسبب حساسية القياس المحدودة.

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | |
|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.1541 | RRC06 |
| مرسِلات DVB-T | الشكل 7 | تتفوق DVB-T على هذه الحدود بنسبة ~ 20 dB أو أكثر. | مطابقة قريبة |

## 2.3 البث الهامشي

مقارنة مع الحدود التنظيمية:

– لا ترد في اتفاق GE-06 أي حدود للبث الهامشي.

– بما أن التوصية ITU-R SM.329 لا تحتوي على قيم محددة للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T)، يمكن أن تؤخذ الحدود العامة للفئة A من مرسلات "البث التلفزيوني". ويحدَّد حد $46\ dB + 10*\log_{10}(P/W)$ أو 60 dBc، أيهما أقل صرامة، ولكن دون تجاوز 12 mW (10,8 dBm)، وبالنسبة للمرسلات التي تزيد قدرتها عن 50 W، يكون التوهين

بمقدار 60 dBc في عرض نطاق قدره 100 kHz ذا صلة بالمرسلات التي تزيد قدرتها عن 12 kW، ويكون التوهين المطلوب هو $19\ dB + 10*\log_{10}(P/W)$.

- ويحدد الجدول 1.4 في التوصية ERC/REC 74-01 حداً هامشياً قدره –16 dBm في عرض نطاق قدره 100 kHz لمرسل بقدرة خرج متوسطها 1 kW عند منفذ الهوائي.

وبقدرة خرج تبلغ 59 dBm بعرض نطاق قدره 8 MHz، يؤدي هذا الحد إلى توهين نسبي يبلغ $59\ dBm - 10*\log_{10}(8\ 000/100) - (-16\ dBm) = 56\ dB$. ويظهر هذا الحد في الشكل 7.

- ويحدد معيار ETSI ذو الصلة، [13] EN 302 296، حدوداً هامشية أكثر تشدداً من القيود الواردة في التوصية ITU-R SM.329. وكمثال على ذلك، بالنسبة إلى قدرات خرج المرسل التي تزيد عن 1 kW، يكون الحد في معيار ETSI هذا –36 dBm في عرض نطاق قدره 100 kHz (400-790 MHz و862-000 1 MHz)، مما يؤدي إلى توهين نسبي يزيد عن 96 dBc.

وكما ذُكر أعلاه، فإن مرسلات DVB-T مزودة دائماً بمراشيح خرج لتلبية متطلبات اتفاق GE-06. والنقطة الأكثر حراجة هي تخالُف 12 MHz حيث يجب الوصول إلى أدنى مستوى من البث خارج النطاق. وفي الحد الفاصل بين البث خارج النطاق والميادين الهامشية عند 20 MHz، يعمل مرشاح الخرج على تقليل البث غير المطلوب دون أي حد بقدر كاف. ونتيجة لذلك، لا يمكن توقع أي بث هامشي أو توافقيات أعلى من حساسية القياس. وقد أظهرت القياسات التي أجرتها وكالة BNetzA في ألمانيا أن الكثافة الطيفية للبث غير المطلوب للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T) في الميدان الهامشي قد توهّنت بأكثر من 100 dB، بالنسبة إلى كثافة القدرة الطيفية المرجعية ضمن النطاق في عرض النطاق نفسه.

ملاحظات بشأن الشكل 7:

- بسبب الاصطفاء المطلوب، يكون مستوى البث غير المطلوب حتى في بداية الميدان الهامشي (تخالف 20 MHz) أقل من حساسية القياس وبنسبة 30 dB على الأقل دون الحد الوارد في الجدول 1.4 من التوصية ERC/REC 74-01.

يصل قناع البث خارج النطاق المذكور في اتفاق GE-06 إلى حد البث الهامشي الوارد في الجدول 1.4 من التوصية ERC/REC 74-01 بالفعل عند تخالُف ترددي قدره 5 MHz أو 62% من عرض نطاق الإشارة.

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | |
|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.329 | ERC/Rec 74-01 |
| مرسِلات DVB-T | الشكل 7 | | بسبب الاصطفاء المطلوب، يكون مستوى البث غير المطلوب حتى في بداية الميدان الهامشي (تخالف 20 MHz) أقل من حساسية القياس وبنسبة 30 dB على الأقل دون الحد الوارد في الجدول 1.4 من التوصية ERC/REC 74-01 |

## 4 محطات قاعدة LTE800

يجري حالياً التعريف بالجيل الرابع من معيار الاتصالات المتنقلة (LTE) بواسطة العديد من مقدمي الشبكات. ويتيح المعيار 3GPP TS 36.211 مرونة للعديد من معلمات الترددات الراديوية، بما في ذلك مرونة عرض نطاق الترددات الراديوية. وأُجريت القياسات على عدة محطات قاعدة LTE800 من مختلف الجهات الصانعة. وفيما يلي معلمات الترددات الراديوية الرئيسية لمحطات القاعدة المقيسة:

المدى الترددي: 796 MHz للمرسل 1 والمرسل 2، و816 MHz للمرسل 3

التشكيل: OFDM

عرض النطاق: MHz 10

قدرة المرسِل: في خرج المرسِل dB 46 (W 40)، dB 60,5 (W 1122) e.i.r.p.

مرشاح في خرج المرسِل: لا مرشاح في المرسلين 1 و3؛ أما المرسل 2 فله مرشاح خارجي إضافي من أجل الامتثال لمتطلبات حماية DVB-T (من الناحية العملية، قيس النطاق الجانبي السفلي للمرسل 2، وعُكست النتيجة مرآوياً عند التردد المركزي نحو النطاق الجانبي العلوي للسماح بإجراء مقارنة مباشرة مع النتيجة المستقاة من المرسلين 1 و3 في رسم بياني واحد)

ميدان البث خارج النطاق ينتهي عند: تخالف عن التردد المركزي قدره MHz 35 بالنسبة إلى المرسل 1، وMHz 15 بالنسبة إلى المرسلين 2 و3.

وعلى الرغم من عدم تطبيق أي مراشيح خرج خارجية على المرسلين 1 و3، فإن لهما مراشيح داخلية للحد من البث الهامشي خارج نطاق الوصلة الهابطة الموزَّع من أجل حماية مستقبلاتهما في نطاق الوصلة الصاعدة (من 832 إلى MHz 862).

وتستند القياسات إلى عدد محدود من عينات المعدات، وقد ينحرف أداء أسوأ حالة إلى حد كبير عن النتائج المبينة بسبب الطبيعة الدينامية المتأصلة في أنظمة 3GPP LTE. وكذلك لم تكن تشكيلة كتلة الموارد المحددة معروفة دائماً خلال القياسات.

## 1.4 البث خارج النطاق

يرسل النظام في رشقات ذات طول وعرض نطاق مختلفين، حسب تشكيلة محطة قاعدة والحركة. وقد أُجريت القياسات بينما كانت محطات القاعدة في وضع اختبار باستخدام جميع كتل الموارد المتاحة وبذلك جرى تحفيز أقصى بث في النطاق الجانبي. وكانت عروض نطاق القياس تتراوح بين 30 وkHz 100. وبلغت قدرة خرج المرسل في جميع محطات قاعدة LTE الثلاث dBm 46 = dBW 16 = W 40. وكانت القدرة المشعة dB 60,5.

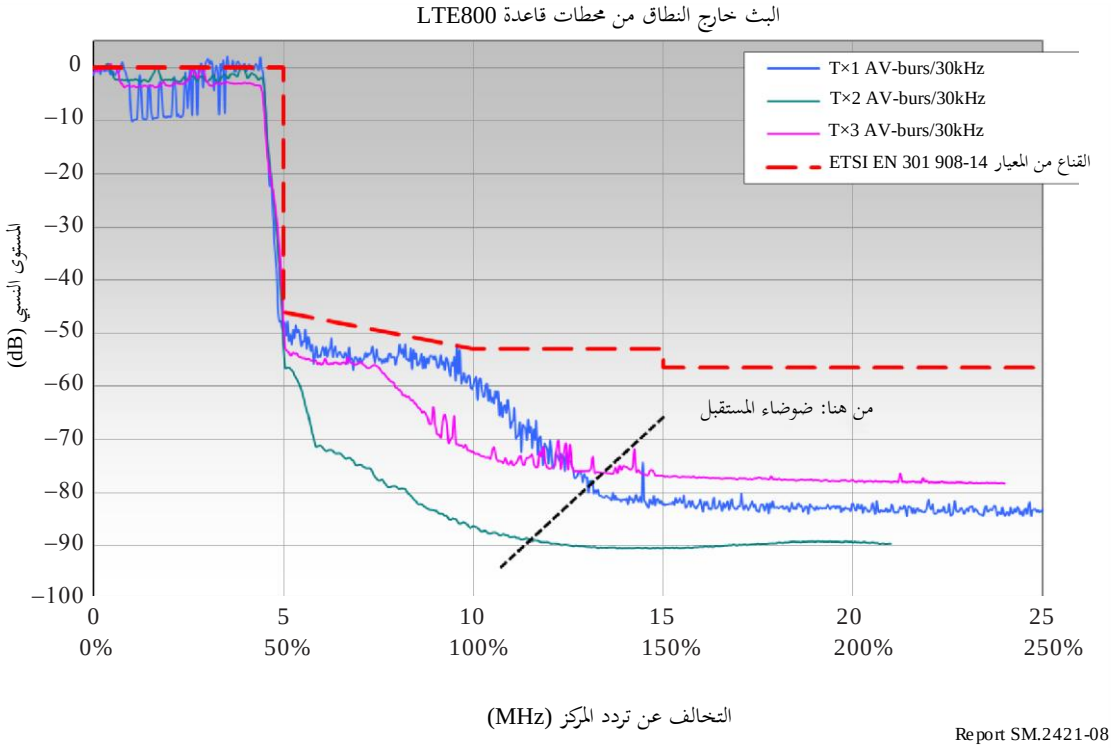
وبما أن التوصية ITU-R SM.1541 لا تحتوي على أي معلومات بشأن حدود البث خارج النطاق بالنسبة لهذا النوع من التطبيقات، ترد في الشكل 8 للمقارنة الأقنعة الواردة في الجدول 3-3.2.2.2.4 من المعيار ETSI EN 301 908-14.

وحُوّلت مستويات كل من القيم والحدود المقيسة إلى عرض نطاق يبلغ kHz 30 وجرى تقييسها.

وتُظهر القيم الموجودة إلى يمين الخط المتقطع الأسود في الشكل 8 قيوداً تقنية بسبب ضوضاء المستقبِل.

الشكل 8

**البث خارج النطاق من محطات قاعدة LTE800**




ملاحظة بشأن الشكل 8:

- حتى إذا لم تطبق مراشيح خارجية (انظر المرسل 1 والمرسل 3)، فإن البث خارج نطاق ما بعد تخالُف يبلغ تقريباً 15 MHz (عرض القناة 150%) مكبوت أصلاً بنسبة 80 dB، أو 20 dB تحت الحد (انظر أيضاً الشكل 27، النطاق الجانبي العلوي).
- ولكن يجدر بالذكر أن المرسل 1 يستوفي القناع بالكاد في التخالفات الأقل (<10 MHz) وقد يتغير ذلك إذا أطيل وقت القياس.

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | |
|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.1541 | الجدول 3-3.2.2.2.4 من المعيار ETSI EN 301 908-14 |
| محطات قاعدة LTE800 | الشكل 8 | لا توجد معلومات عن حدود البث خارج النطاق لهذا النوع من التطبيقات في هذه التوصية. | حتى إذا لم تطبق أي مراشيح خارجية، فإن البث خارج النطاق الذي يتجاوز تخالُفاً يقارب 15 MHz (150% من عرض القناة) يقل أصلاً بنسبة 20 dB عن الحد. ولكن إحدى هذه الإشارات تستوفي القناع بالكاد عند التخالفات الأقل (<10 MHz)، وقد يتغير ذلك إذا زاد وقت القياس. |

## 2.4 البث الهامشي

مقارنة مع الحدود التنظيمية:

- بما أن التوصية ITU-R SM.329 (الفئة B) لا تحتوي على قيم محددة لأنظمة النفاذ اللاسلكي عريض النطاق تحت 1 GHz، أُخذ في الشكل 9 الحد العام للفئة B من الخدمة المتنقلة البرية البالغ –36 dBm في عرض نطاق 100 kHz من أجل المقارنة.
- ويحدد معيار ETSI ذو الصلة، EN 301 908-14، في الفقرة 1.2.4.2.4 وكذلك التوصية ERC/REC 74-01 في الجدول 1.2، حداً هامشياً قدره –36 dBm في عرض نطاق 100 kHz، يقاس قياس إيصال عند خرج المرسل. ويجب أن يحتكم هذا الحد مرجعياً إلى قدرة إجمالية ضمن النطاق تبلغ 40 W = 46 dB في 10 MHz، وهو ما يقابل كثافة طيفية للقدرة ضمن النطاق تساوي 26 dBm = (10 000/100)$10\log_{10}$ – 46 dBm في عرض النطاق 100 kHz. وعندئذ يبلغ التوهين النسبي للبث الهامشي 62 dB = (–36 dBm) – 26 dBm.

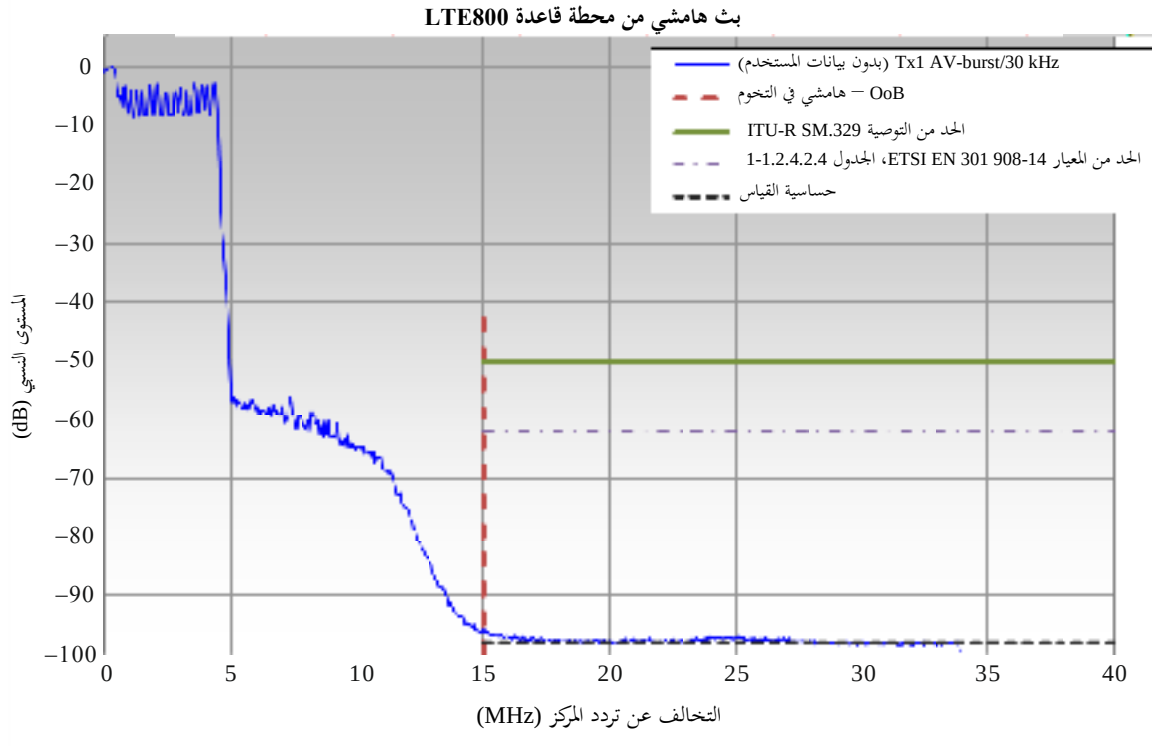
وكما يتبين من قياسات البث خارج النطاق، فإن مستوى البث في الشكل 8 يقل بالفعل عن حساسية نظام القياس عند حدود الميدان الهامشي. وبما أن لجميع محطات قاعدة LTE مراشيح داخلية على الأقل لحماية نطاقات الاستقبال الخاصة بها، فلا يمكن كشف أي بث هامشي في أي تخالفات ترددية أخرى.

ويبين الشكل 9 أدناه القياسات التي أُجريت في خرج مرسل محطة قاعدة LTE العاملة على التردد 796 MHz. وقد أُعدت تشكيلة محطة القاعدة لترسل بأقصى قدرة، على الرغم من عدم توزيع جميع كتل الموارد لبيانات المستعمل. أما أسلوب التشغيل الذي ترسل فيه محطة قاعدة بالحد الأقصى من القدرة وتوزَّع جميع كتل الموارد لبيانات المستعمل، فيمكن أن يملي مستوى أعلى من البث غير المطلوب وتمكن الإشارة إليه على أنه "أسوأ حالة".

وبأخذ المبادئ الموضحة في الفقرة 2.3 بعين الاعتبار، يبدأ الميدان الهامشي عند تخالف قدره 15 MHz يصوره الخط الأحمر المتقطع في الشكل 9 أدناه.

الشكل 9

**البث من محطة قاعدة LTE800**



ملاحظات بشأن الشكل 9:

- تختفي الإشارات المشكَّلة بالفعل دون حساسية القياس عند تخالُف بمقدار 15 MHz تقريباً (عرض نطاق بنسبة 150%).
- وتبلغ مستويات البث الهامشي 40 dB على الأقل دون حدود الفئة B من الخدمة المتنقلة البرية الواردة في التوصية ITU-R SM.329، والجدول 1.2 من التوصية ERC/REC 74-01 والمعيار ETSI EN 301 908-14 بفضل تطبيق مراشيح الخرج.
- وعلى الرغم من عدم تشغيل المحطة بأسلوب "الحالة الأسوأ"، يتضح أن لمرشاح الخرج تأثير أكبر عند تخالفات فوق 12 MHz، رغم أن النطاق الهامشي يبدأ عند تخالف 25 MHz.

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | | |
|---|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.329 | التوصية ERC/Rec 74-01 | ETSI |
| محطة قاعدة LTE800 | الشكل 9 | تبلغ مستويات البث الهامشي 40 dB على الأقل دون حدود الفئة B من الخدمة المتنقلة البرية الواردة في التوصية ITU-R SM.329، والجدول 1.2 من التوصية ERC/REC 74-01 والمعيار ETSI EN 301 908-14 بفضل تطبيق مراشيح الخرج. | | |

## 5 معدّات مستعمل LTE 800

يمكن أن تكون معدات مستعمل LTE800 مودمات مثبتة في المنازل ذات هوائيات داخلية أو خارجية، أو أن تكون هواتف ذكية. وأثناء التوصيلات النشيطة، ترسل معدات المستعمل دائماً قناة تحكم بعرض نطاق قدره 180 kHz. ويقوم المجدول في محطة القاعدة بتخصيص جزء إضافي من عرض القناة في أوقات معينة لجهاز الاتصالات المتنقلة من أجل إرسال بيانات المستعمل. وينتج عن ذلك عرض نطاق متغير باستمرار لإشارة معدات المستعمل، تبعاً لحالة الحركة. وبالإضافة إلى ذلك، يعدل التحكم في القدرة قدرة خرج معدات المستعمل بطريقة تمكِّن من استقبال الإشارة في محطة القاعدة.

وأُجريت القياسات باستخدام العديد من معدات مستعمل LTE800 من مختلف الجهات المصنعة. ومن المسلّم به من الناحية المثالية، أن عدداً ذا صفة تمثيلية من عينات المعدات/التصاميم المرجعية ينبغي تحليله من أجل اشتقاق نماذج إحصائية لأداء الأجهزة المتنقلة المنشورة عملياً. ولأسباب عملية، تستند القياسات إلى عدد محدود من عينات المعدات وقد ينحرف أداء أسوأ حالة إلى حد كبير عن النتائج المبينة بسبب الدينامية المتأصلة في أنظمة 3GPP LTE. فعلى سبيل المثال، لا توصَّف دائماً تشكيلة LTE المستعملة (أي عدد كتل الموارد، وأين تقع كتل الموارد في الوقت/التردد، وما إلى ذلك). وحتى "الحمولة الكاملة" التي ترسل فيها معدات المستعمل على جميع كتل الموارد الممكنة بأقصى قدرة، لا ينتج عنها بالضرورة الحد الأقصى للبث غير المطلوب، وذلك هو السبب الذي يستلزم تشغيل معايير ETSI المستعملة في اختبارات مطابقة المعدات في عدد من التشكيلات المختلفة التي لا ينتج عن أي منها بث غير مطلوب فوق الحد[2]. إلا أن نتائج القياس يمكن أن تقدم بيانات قيِّمة لدراسات التشارُك والتوافق.

[2] ملاحظة: لا يسهل تحديد توزيع كتلة موارد "الحالة الأسوأ" لتكنولوجيا LTE من حيث البث خارج النطاق والبث الهامشي. وفي الممارسة العملية، تختلف تشكيلة "الحالة الأسوأ" عن تشكيلة "الحمولة الكاملة" عند توزيع جميع كتل الموارد المتاحة في حالتي محطة القاعدة ومعدات المستعمل كلتيهما، وفيما يلي الأسباب: في تكنولوجيا LTE، هناك مرونة كبيرة ممكنة في توزيعات كتل الموارد (RB)، ويمكن أن تتراوح بين توزيع مورد واحد و100 مورد لموجة حاملة وحيدة. ويمكن أيضاً أن تتنوع مواضع الكتل من 0 درجة إلى 99 درجة، بحيث توجد الآلاف من التوليفات. وفي حالة تجميع الموجة الحاملة، يمكن الجمع بين آلاف توليفات الموجة الحاملة الأولى مع توليفات الموجة الحاملة الثانية مما يؤدي إلى توليفات أكثر أيضاً. وفي حين أن التوزيع الكامل هو الحالة الأسوأ في بعض الحالات، حيث تنتج عنه إشارة عريضة تماماً، هناك حالات أخرى يمكن أن يؤدي فيها عدد متوسط من كتل الموارد إلى زيادة البث خارج النطاق. وتتمثل حالة أخرى في إرسالات كتلة موارد واحدة، لأن لهذه الإرسالات كثافة قدرة طيفية عالية جداً. ومن ثم يمكن أن تقع منتجات التشكيل البيني بين كتلة الموارد المرسَلة وتردد الموجة الحاملة وتردد الصورة في مدى تردد البث خارج النطاق وأن تمتلك اتساعات كبيرة قريبة من الحد. وفي تجميع الموجات الحاملة، يمكن حتى وجود كتلة موارد واحدة على كل من الموجات الحاملة. وعندئذ يمكن أن تكون منتجات التشكيل البيني عالية جداً بين الموجات الحاملة الواقعة خارج النطاق، وبالتالي يلزم في هذه الحالة خفض القدرة من أجل استيفاء حدود البث خارج النطاق والبث الهامشي.

وفيما يلي معلمات الترددات الراديوية الرئيسية لمعدات المستعمل المقيسة:

| | |
|---|---|
| المدى الترددي: | MHz 862-MHz 832 |
| التشكيل: | SC-FDMA |
| عرض النطاق: | يتراوح بين kHz 180 وMHz 10 |
| ميدان البث خارج النطاق ينتهي عند: | تخالف عن التردد المركزي قدره MHz 20 (انظر المعيار ETSI EN 301 908-13، الجدول 1-2.1.4.2.4) |
| قدرة المرسل: | تصل إلى dBm 23 (mW 200) e.i.r.p. |
| مرشاح خرج المرسِل: | لا يوجد. |

وعلى الرغم من عدم تطبيق أي مراشيح خرج خارجية، هناك بعض الاصطفاء الداخلي للحد من البث الهامشي خارج نطاق الوصلة الصاعدة الموزَّع من أجل حماية مستقبلاتها العاملة في النطاق من 791 إلى821 MHz، أو الخدمات المجاورة.

ونظراً لأن أسلوب الإرسال المزدوج بتقسيم التردد (FDD) يستأثر وحده بالاهتمام في هذا المدى الترددي، لم يُستقصَ تشغيل TDD.

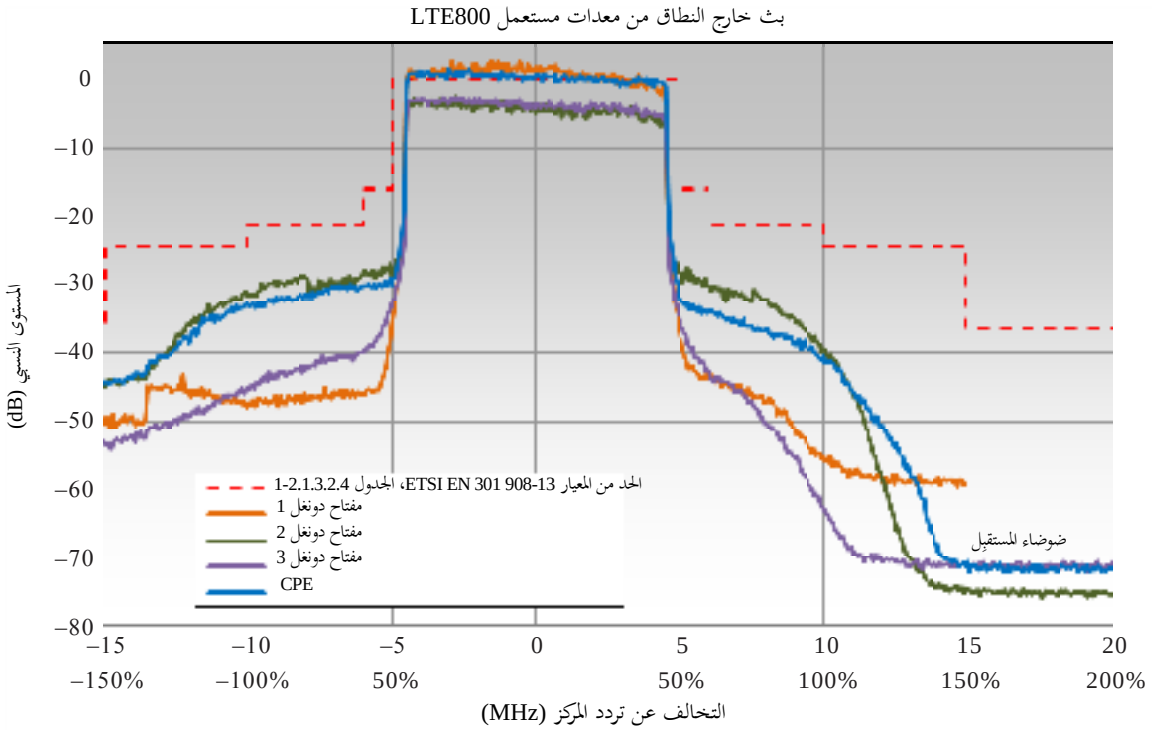
## 1.5 البث خارج النطاق

تُنشر قياسات لأربعة أنواع مختلفة من معدات مستعمل LTE800 في المرجع [14]. ويشير التقرير إلى أن القياسات قد سُجلت كقدرة RMS في عرض نطاق استبانة قدره kHz 10، مع إعداد كل من معدات المستعمل للإرسال بأقصى قدرة (dBm 23) واستخدام تشكيل 16QAM الذي كان ترتيب التشكيل الأقصى المدعوم من جميع الأجهزة الخاضعة للاختبار. فضمن ذلك مستويات قصوى من البث غير المطلوب. وبما أن التوصية ITU-R SM.1541 لا تحتوي على أي معلومات عن حدود البث خارج النطاق لهذا النوع من التطبيقات، ترد في الشكل 10 للمقارنة الأقنعة الواردة في الجدول 1-2.1.3.2.4 من المعيار ETSI EN 301 908-13؛ علماً بأن هذا المعيار يحدد أيضاً حدود البث خارج النطاق لإشارات MHz 10 LTE كي تكون على تخالف MHz 20 بما يساوي 200% من عرض نطاق القناة.

وحُوّلت مستويات كل من القيم والحدود المقيسة إلى عرض نطاق يبلغ kHz 10 وجرى تقييسها.

الشكل 10

**قياسات البث خارج النطاق لأربع من معدات مستعمل LTE800**




Report SM.2421-10

ملاحظات بشأن الشكل 10:

- تُظهر النتائج أن جميع معدات المستعمل تتفوق على قناع البث خارج النطاق بدرجات متفاوتة.
- أظهرت جميع معدات المستعمل المختبَرة إرسالات غير متناظرة، بكبت أعلى فوق 862 MHz. ويشير ذلك إلى وجود اصطفاء (داخلي) لمعالجة قضايا التعايش مع الأنظمة في النطاقات الترددية المجاورة.

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | |
|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.1541 | الجدول 1-2.1.3.2.4 من المعيار ETSI EN 301 908-13 |
| LTE800 UEs | الشكل 10 | لا توجد معلومات عن حدود البث خارج النطاق لهذا النوع من التطبيقات في هذه التوصية. | تتفوق جميع معدات المستعمل المختبَرة على قناع البث خارج النطاق بدرجات متفاوتة وتبين إرسالات غير متناظرة، بكبت أعلى فوق 862 MHz. ويشير ذلك إلى وجود اصطفاء (داخلي) لمعالجة قضايا التعايش مع الأنظمة في النطاقات الترددية المجاورة. |

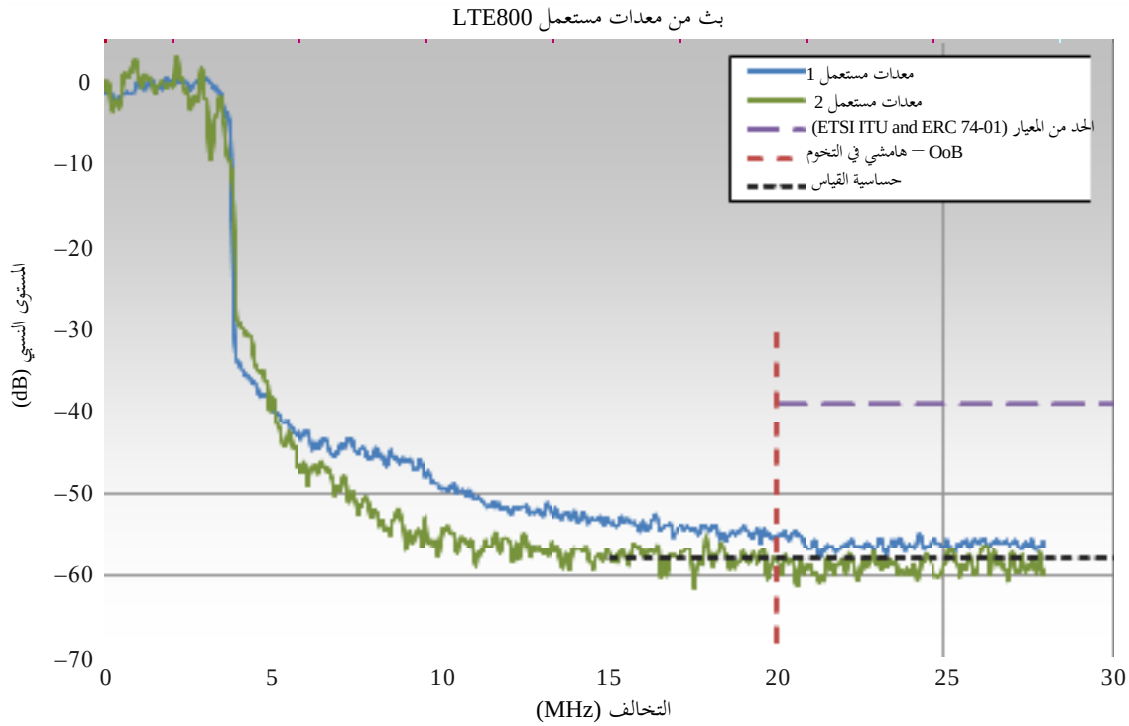
## 2.5 البث الهامشي

- تحدد التوصية ITU-R SM.329 (الفئة B من الخدمة المتنقلة البرية) والتوصية ERC/REC 74-01 في الجدول 1.2 ومعيار ETSI ذو الصلة، EN 301 908-14 (الجدول 2-2.1.4.2.4) حداً هامشياً قدره −36 dBm في عرض نطاق 100 kHz (يقاس قياس إيصال عند خرج المرسل). ويجب أن يحتكم هذا الحد مرجعياً إلى قدرة إجمالية ضمن النطاق تبلغ 200 mW = 23 dBm في 10 MHz، وهو ما يقابل كثافة طيفية للقدرة ضمن النطاق تساوي 23 dBm − 10log10(10 000/100) = 3 dBm في عرض النطاق 100 kHz. وعندئذ يبلغ التوهين النسبي للبث الهامشي 3 dBm − (−36 dBm) = 39 dB.
- ويلاحَظ أن المعيار ETSI EN 301 908-13 يحدد حدود البث خارج النطاق لإشارات LTE 10 MHz كي تكون على تخالف 20 MHz بما يساوي 200% من عرض نطاق القناة (انظر الجدول 1-2.1.4.2.4 في هذا المعيار).

ويبين الشكل 11 قياسات اثنتين من معدات مستعمل LTE800 تعملان على تردد 857 MHz في مدى تخالُف قريب من حدود البث خارج النطاق.

الشكل 11

**بث من اثنتين من معدات مستعمل LTE800**




Report SM.2421-11

ملاحظات بشأن الشكل 11:

- يتضح أن أداء كل من جهازي المستعمل يتفوق على الحدود الواردة في الجدول 1.2 من التوصية ERC/REC 74-01 بنسبة لا تقل عن 20 dB في هذه التشكيلة. والبث الهامشي الفعلي أقل مما هو مبين بسبب محدودية حساسية القياس المتاحة.
- ويؤدي تشغيل معدات المستعمل في أعلى قناة LTE800 حيث يزداد كبت البث الهامشي لحماية الخدمات المجاورة إلى كبت مرتفع جداً للبث الهامشي، فينخفض حتى إلى ما دون حساسية القياس. وبفحص النطاقات الجانبية السفلى في الشكل 11، يتضح أن البث الهامشي يقل كثيراً عن الحدود في تخوم البث خارج النطاق، وحتى داخل نطاق LTE800.

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | | |
|---|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.329 | ERC/REC 74-01 | ETSI |
| معدات مستعمل LTE800 | الشكل 11 | يتفوق أداء كل من جهازي المستعمل على حدود التوصية ITU-R SM.329 (الفئة B للخدمة المتنقلة البرية) والجدول 1.2 من التوصية ERC/REC 74-01 والمعيار ETSI EN 301 908-13 ذي الصلة (الجدول 2-2.1.4.2.4) بنسبة لا تقل عن 20 dB في هذه التشكيلة. والبث الهامشي الفعلي أقل مما هو مبين بسبب محدودية حساسية القياس المتاحة. | | |

## 3.5 البث التوافقي

قيس البث غير المطلوب عند التردد التوافقي الثاني من معدات LTE800 المتاحة تجارياً لأنها تقع ضمن عرض نطاق المستقبل في نطاق خدمة الملاحة الراديوية الساتلية. ونظراً لأن هذا البث غير المطلوب يعلو دائماً على 1 GHz، تسري حدود –30 dBm في عرض النطاق المرجعي 1 MHz الواردة في الفئة B للخدمة المتنقلة البرية بالتوصية ITU-R SM.329 والجدول 2.1 من التوصية ERC/REC 74-01 والمعيار ETSI EN 301 908-13. وتحدد التوصية ITU-R M.2071، المطبقة على معدات مستعمل الاتصالات المتنقلة الدولية المتقدمة (IMT-Advanced)، الحد نفسه. وبلغ إجمالي القدرة المشعة المقيسة 27 dBm في 10 MHz مما يؤدي إلى كثافة طيفية في القناة قدرها 17 dBm/MHz. وبذلك يكون الكبت المطلوب للترددات التوافقية هو 17 dBm/MHz – (–30 dBm) = 47 dB.

وكان تردد المرسل 858 MHz. وقد أجريت القياسات المشعة في إعدادات مختبرية بعرض نطاق قياس قدره 100 kHz. ويوضح الشكلان 12 و13 الإشارة المقيسة ضمن النطاق وتوافقيتها الثانية.

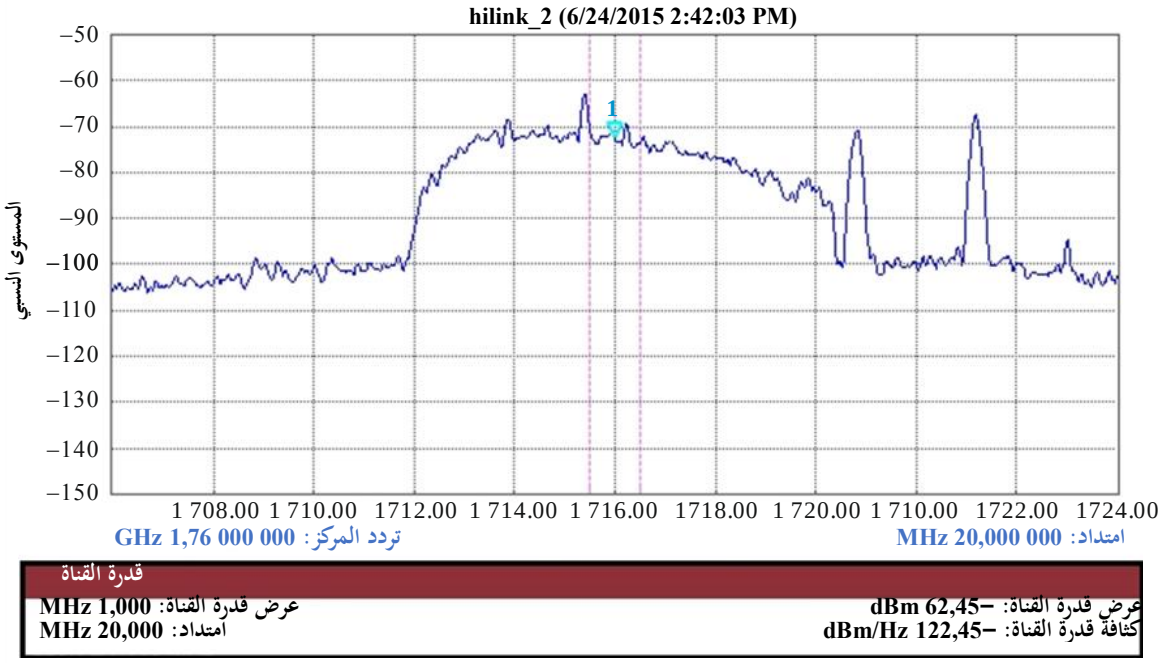
الشكل 12

**البث ضمن النطاق من معدات مستعمل LTE800**

Report SM.2421-12

الشكل 13

**البث من معدات مستعمل LTE800 على التردد التوافقي الثاني**




Report SM.2421-13

وكانت ميزانية الوصلة لهذه القياسات على النحو المبين في الجدول 3:

الجدول 3

**ميزانية الوصلة**

| المعلمة | البث الرئيسي | بث التوافقية الثانية |
|---|---|---|
| التردد | MHz 858 | MHz 1716 |
| القدرة المقيسة | dBm/MHz 7,35− | dBm/MHz 62,45− |
| كسب الهوائي | dB 7,8 | dB 7,5 |
| توهين الكبل | dB 1,2 | dB 1,5 |
| توهين الفضاء الطلق | dB 31,2 | dB 37,14 |
| القدرة المشعة | dBm/MHz 17,23 | dBm/MHz 31,31− |

ويقدَّر كبت التوافقية الثانية لمعدات المستعمل المقيسة على أنه 48.54 dB = (–31.31 dBm/MHz) – 17.23 dBm/MHz.

ملاحظة:

– يقل البث غير المطلوب من معدات المستعمل المقيسة على التردد التوافقي الثاني بنسبة 1,5 dB تقريباً دون الحد.

## 6 معدات مستعمل LTE 2300

تُستخدم تكنولوجيا LTE في بعض البلدان الأوروبية أيضاً في المدى GHz 2,3. والنظام هو بشكل أساسي نفس نظام LTE800 سوى أن عرض القنوات عادةً ما يكون MHz 20. وفيما يلي معلمات الترددات الراديوية ذات الصلة:

| | |
|---|---|
| المدى الترددي: | MHz 2 400 - MHz 2 300 |
| التشكيل: | SC-FDMA |
| عرض النطاق: | يتراوح بين kHz 180 و MHz 20 |
| قدرة المرسل: | تصل إلى dBm 23 (mW 200) خرج المرسل و e.i.r.p. |
| مرشاح خرج المرسِل: | لا يوجد. |
| ميدان البث خارج النطاق ينتهي عند: | تخالف عن التردد المركزي قدره MHz 35 (انظر المعيار ETSI EN 301 908-13، الجدول 4.2.4.2.1-2). |

ويبين الشكل 14 أدناه نتائج القياسات المختبرية للبث غير المطلوب من جهازين مختلفين من معدات مستعمل LTE التي تعمل في قناة MHz 20 في النطاق LTE TDD GHz 2,3 من MHz 2 370-2 390. وسُجلت القياسات كقدرة RMS في عرض نطاق استبانة قدره kHz 10، مع إعداد كل من معدات المستعمل للإرسال بأقصى قدرة (dBm 23) واستخدام تشكيل 16QAM.

ولأسباب مماثلة لتلك التي نوقشت في الفقرة 5، تستند القياسات إلى عيّنتين من المعدات وقد يؤدي الأداء الأسوأ إلى انحراف كبير عن النتائج المبينة بسبب السلوك الدينامي المتأصل في أنظمة 3GPP LTE. وكذلك لا توصَّف دائماً تشكيلة LTE المستعملة (أي عدد كتل الموارد، وأين تقع كتل الموارد في الوقت/التردد، وما إلى ذلك).

ويقيَّس الرسم البياني في الشكل 14 إلى كثافة القدرة الطيفية ضمن القناة في عرض نطاق قدره kHz 10.

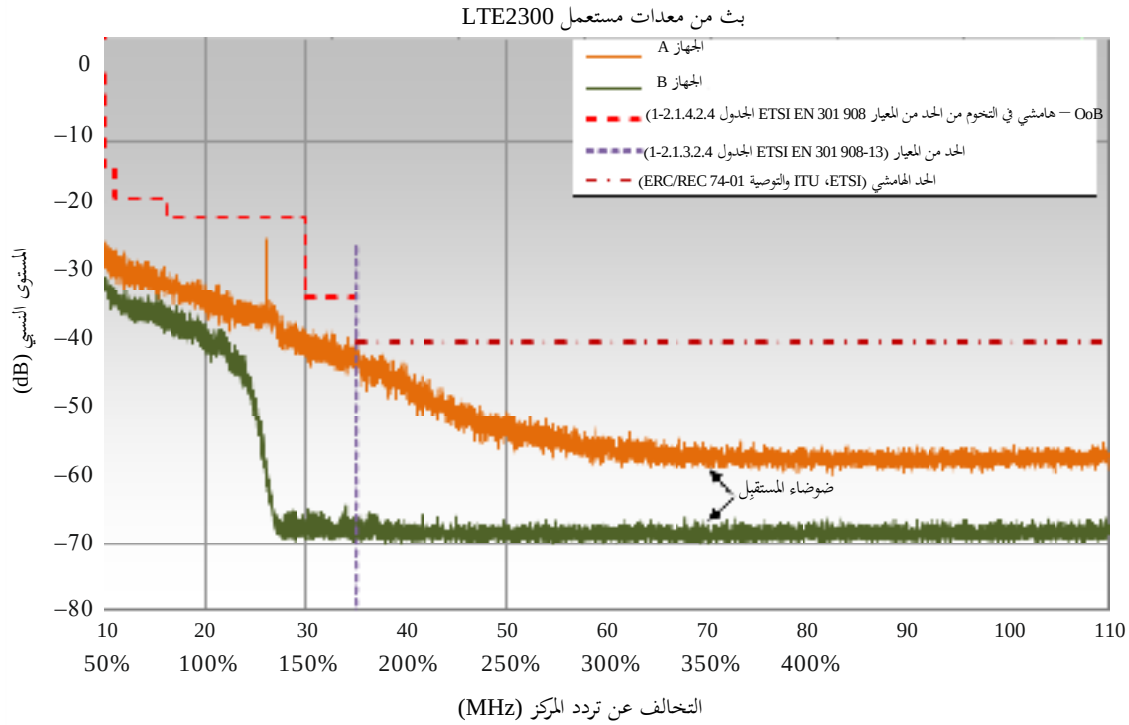
ولا تحتوي التوصية ITU-R SM.1541 على حدود البث خارج النطاق لهذا النظام، وبالتالي يظهر في الشكل قناع الطيف من معيار ETSI ذي الصلة، EN 301 908-13 (الجدول 4.2.1.3.2.1-2)، وقد حُوّل إلى عرض نطاق قدره kHz 10 وقورن بكثافة القدرة الطيفية في القناة، كما هو واضح في الشكل 14.

ويقدم معيار ETSI ذو الصلة، EN 301 908-13 (الجدول 4.2.1.4.2.2-2)، والتوصية ITU-R SM.329 (الفئة B من الأنظمة المتنقلة البرية)، والتوصية ERC/REC 74-01 (الجدول 1.2) حد البث الهامشي بقيمة − 30 dBm في عرض نطاق 1 MHz. وبما أن هذه القيمة تنطبق على خرج المرسل، ينبغي الاحتكام مرجعياً إلى الحد التنظيمي للقدرة الكلية ضمن النطاق وهو 23 dBm = 200 mW في MHz 20، وهو يقابل كثافة طيفية ضمن النطاق تبلغ 23 dBm − $10\log_{10}(20/1)$ = 10 dBm في عرض النطاق 1 MHz. وعندئذ يبلغ التوهين النسبي للبث الهامشي 40 dB = (−30 dBm) − 10 dBm.

ويلاحَظ أن المعيار ETSI EN 301 908-13 (الجدول 4.2.1.4.2.1-2) يحدد حدود البث خارج النطاق لإشارات LTE 20 MHz كي تكون على تخالف 35 MHz بما يساوي 175% من عرض نطاق القناة.

الشكل 14

**قياسات بث غير مطلوب من جهازين من معدات مستعمل LTE بتردد 2.3 GHz**
**(قدرة فعالة (RMS)، عرض نطاق الاستبانة = 10 kHz)**




Report SM.2421-14

ملاحظات بشأن الشكل 14:

- هناك اختلاف ملحوظ في البيانات الوصفية للبث المقيس بين الجهازين. فللجهاز A تدرج خطي باستثناء طفرة داخل ميدان البث خارج النطاق، وهو بالكاد يستوفي حد البث الهامشي ما بعد تخومه مباشرةً. فيما يقدم الجهاز B أداءً أفضل بكثير بتدرج أشد انحداراً بكثير في ميدان البث خارج النطاق؛
- ويتفوق أداء البث الهامشي للتخالفات الترددية الأعلى على الحد بنسبة تصل إلى 30 dB. ولكن، يجدر بالذكر أن القياسات في الميدان الهامشي محدودة بالمدى الدينامي لمعدات القياس. وبالتالي يمكن أن يقل البث غير المطلوب من الأجهزة عما هو موضح في الشكل 14.

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | | |
|---|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.329 | ERC/Rec 74-01 | ETSI |
| معدات مستعمل LTE2300 | الشكل 14 | يتفوق أداء البث الهامشي للتخالفات الترددية الأعلى على الحد بنسبة تصل إلى 30 dB. ولكن، يجدر بالذكر أن القياسات في الميدان الهامشي محدودة بالمدى الدينامي لمعدات القياس. وبالتالي يمكن أن يقل البث غير المطلوب من الأجهزة عما هو موضح في الشكل 14. | | |

## 7 محطة قاعدة GSM900

فيما يلي معلمات الترددات الراديوية ذات الصلة بمحطات قاعدة GSM900:

| | |
|---|---|
| المدى الترددي: | MHz 960-MHz 925 |
| التشكيل: | GMSK |
| عرض النطاق المشغول: | kHz 250 |
| التباعد بين القنوات: | kHz 200 |
| ميدان البث خارج النطاق ينتهي عند: | تخالف عن التردد المركزي قدره kHz 500 (قاعدة 250%، باستخدام تباعد بين القنوات (الملاحظة 1)) |
| قدرة المرسل: | تصل إلى dBm 46 في خرج المرسل (نمطية) |
| مرشاح خرج المرسِل: | لا يوجد. |

**الملاحظة 1 –** عادةً ما يستخدم تخالف kHz 500 الذي يقابل بداية الميدان الهامشي في دراسات التوافق. وفي مواصفات النظام العالمي للاتصالات المتنقلة (GSM) لدى المعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات (ETSI) المذكورة في القسم 1.3.3.4 من المعيار EN 302 408 V8.0.1 والقسم ش3.1.5.2.4 والجدول 1.5.2.4 من المعيار EN 301 502 V12.1.1، يرد تعريف البث الهامشي بدءاً من MHz 1,8 عن مركز الموجة الحاملة داخل نطاق الإرسال ومن تخالف MHz 2 عن حافة النطاق خارج نطاق الإرسال.

وعلى الرغم من عدم تطبيق أي مراشيح خرج خارجية، فإن للمرسلات عادةً بعض الاصطفاء الداخلي للحد من البث غير المطلوب في النطاقات المجاورة ولحماية نطاق مستقبِل الوصلة الصاعدة الخاص بها (MHz 915-880).

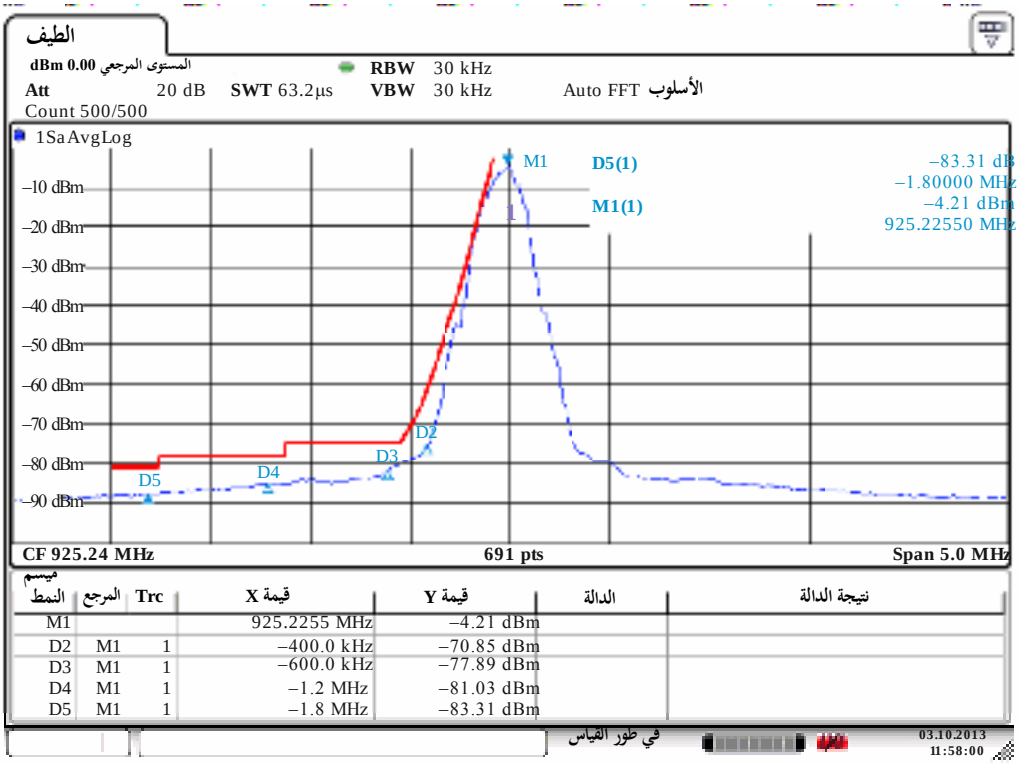
### 1.7 البث خارج النطاق

لا تحتوي التوصية ITU-R SM.1541 على حدود محددة لبث النظام العالمي للاتصالات المتنقلة (GSM) خارج النطاق. ولا يفصل المعيار ETSI TS 145 005 ذو الصلة المتطلبات بشأن البث خارج النطاق عن المتطلبات بشأن البث الهامشي. بيد أن القسم 1.2.4 من المعيار ETSI TS 145 005، المعنون "الطيف الناجم عن التشكيل وضوضاء النطاق الواسع" يعرّف قناع طيف في الجدول بالفقرة a2 ضمن القسم 3.1.2.4، ويمكن استخدامه كمرجع. ويُعرض هذا القناع المرجعي في الشكل 15 كخط أحمر.

وكانت محطة قاعدة المقيسة شُغِّلت على أدنى قناة تشغيل ممكنة (رقم 975)، وهي تقابل تردد مركز وصلة هابطة قدره MHz 925,2. وأُعد محلل الطيف بعرض نطاق استبانة قدره kHz 30، باستخدام كاشف RMS وبعرض أثر استبقاء الطيف الأقصى.

الشكل 15

**نتيجة القياس لاختبار محطة قاعدة GSM900**




Report SM.2421-15

ملاحظات بشأن الشكل 15:

- عبر المدى الكامل، يقل مستوى الإرسالات غير المطلوبة عن حد ETSI ويتفوق على أداء قناع البث بنسبة 10 dB تقريباً ولا سيما عند تخالُف بمقدار 400 kHz.

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | |
|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.1541 | ETSI TS 145 005 |
| محطات قاعدة GSM900 | الشكل 16 | لا توجد معلومات عن حدود البث خارج النطاق لهذا النوع من التطبيقات في هذه التوصية. | عبر المدى الكامل، يقل مستوى البث غير المطلوب عن حد ETSI ويتفوق على أداء قناع البث بنسبة 10 dB تقريباً ولا سيما عند تخالُف بمقدار 400 kHz. |

## 2.7 البث الهامشي

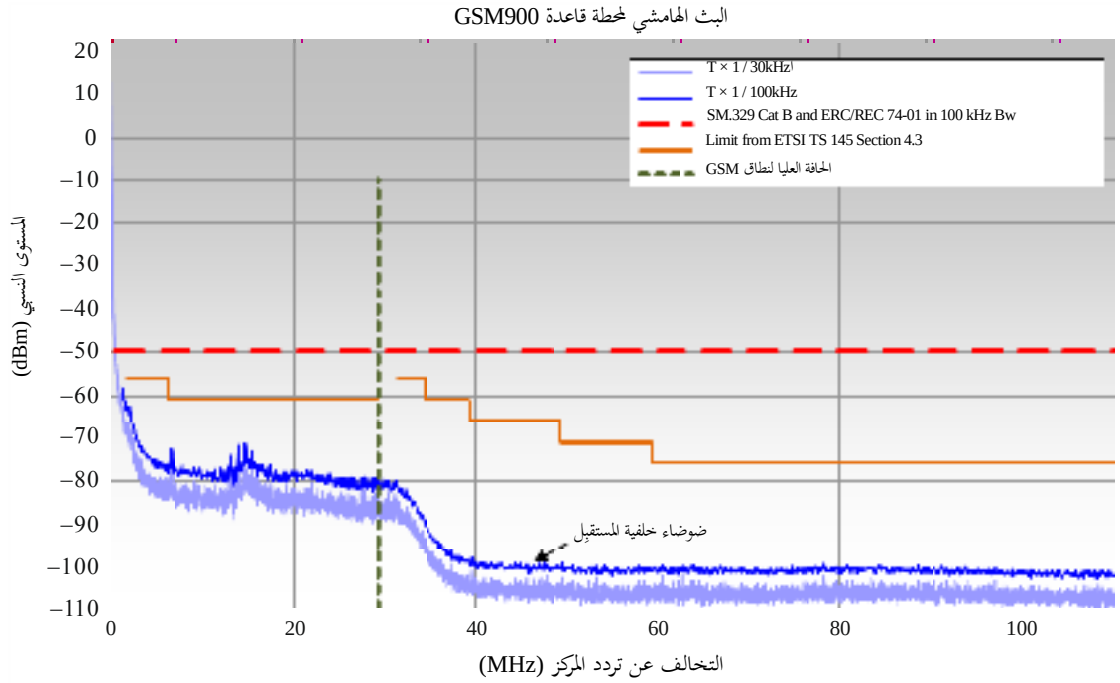
أُجريت القياسات عند خرج مرسل محطة قاعدة GSM عامة على ما يدعى التردد (MHz 930,6) "C1" الذي يحمل القناة الإذاعية (BCCH). وعلى الرغم من أن النظام العالمي للاتصالات المتنقلة (GSM) هو نظام النفاذ المتعدد بتقسيم الزمن (TDMA) ويُرسَل عادةً في رشقات، فإن تردد C1 يُرسَل باستمرار بقدرة كاملة. لذلك، لم يكن التفعيل الخارجي للإرسال ضرورياً لقياس المستوى الفعال (RMS).

وتحدد التوصيتان ERC/REC 74-01 وITU-R SM.329 حد البث الهامشي بقيمة –36 dB في عرض نطاق قدره 100 kHz من أجل الفئة B من الأنظمة المتنقلة البرية ومحطات القاعدة. وفي هذه الحالة، تبلغ قدرة خرج المرسل 42 dBm في عرض نطاق للقناة قدره 200 kHz، ومن ثم فإن هذا الحد يقابل التوهين النسبي التالي للبث الهامشي: 42 dBm – (–36 dBm + 10*log10(200/100)) = 75 dB. وبلغ مستوى الاستقبال ضمن القناة لمحطة القاعدة المقيسة +20 dBm في عرض نطاق قياس قدره 30 kHz وهو ما يقابل +25 dBm في عرض نطاق مرجعي قدره 100 kHz. وبالتالي يقع الحد الوارد في التوصيتين ITU-R SM.329 وERC/REC 74-01 عند 75 dB – 25 dBm = –50 dBm في المخطط.

وللمعيار ETSI TS 145 005 حدود معقدة للبث الهامشي، تُحدَد بشكل منفصل داخل وخارج نطاق GSM المخصص. غير أن القيم الناتجة أكثر صرامة من القيم العامة الواردة في توصية الاتحاد. فتكون حافة النطاق الأعلى لنطاق وصلة GSM الهابطة هي 960 MHz. ويكون تردد الإرسال لمحطة القاعدة المقيسة 930,6 MHz، تقع التخوم عند تخالف 29,4 MHz.

الشكل 16

**البث الهامشي لمحطة قاعدة GSM900 (المدى الترددي العلوي)**




Report SM.2421-16

ملاحظات بشأن الشكل 16:

- يمكن أن يكون البث الهامشي الفعلي فوق تخالف 40 MHz أقل مما هو مبين في الشكل بسبب محدودية حساسية مستقبِل القياس.
- خارج نطاق GSM المخصص، هناك تفوق في الأداء بنسبة لا تقل عن 30 dB على الحد الهامشي للفئة B من محطات القاعدة بالأنظمة المتنقلة البرية في التوصية ITU-R SM.329 والتوصية ERC/REC 74-01.
- يقل مستوى البث غير المطلوب، خاصةً خارج نطاق GSM المخصص، بنسبة تزيد عن 25 dB عن حد المعيار ETSI [16] بسبب الاصطفاء الداخلي لحماية الخدمات المجاورة.

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | | |
|---|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.329 | ERC/Rec 74-01 | ETSI |
| محطة قاعدة GSM900 | الشكل 16 | خارج نطاق GSM المخصص، هناك تفوق في الأداء بنسبة لا تقل عن 30 dB على الحد الهامشي للفئة B من محطات القاعدة بالأنظمة المتنقلة البرية في التوصية ITU-R SM.329 والتوصية ERC/REC 74-01. | | يقل مستوى البث غير المطلوب، خاصةً خارج نطاق GSM المخصص، بنسبة تزيد عن 25 dB عن حد المعيار ETSI TS 145 005 بسبب الاصطفاء الداخلي لحماية الخدمات المجاورة. |

تعذرت رؤية التوافقية الثانية فوق ضوضاء خلفية مستقبِل القياس مما يعني أنها كانت أقل من −100 dBm (مستوى معدات استقبال في 100 kHz)، أي أقل من −90 dBm (مستوى الإرسال في عرض نطاق قدره 100 kHz). وقيس البث ولكنه لم يسجَّل فوق التوافقية الثانية، بسبب عدم العثور أصلاً على أي بث فوق ضوضاء الخلفية فوق تخالُف 110 MHz.

## 8 DECT

يشيع استخدام معيار الاتصالات الرقمية اللاسلكية المحسنة (DECT) في العديد من أنظمة الاتصالات الشخصية. وهو نظام TDMA، لذا يرسل الجزآن الثابت والمتنقل كلاهما في رشقات. وفيما يلي معلمات الأنظمة المقيسة:

تردد المرسل: 1 897,344 MHz

التشكيل: 2-FSK

القدرة المشعة: 250 mW = 24 dBm (رشقة متوسطة)

النطاق الترددي المشغول: 1,15 MHz

الميدان الهامشي يبدأ عند: تخالُف 2,875 MHz

مدة الرشقة: 90 µs أو 368 µs

تكرار الرشقة: 10 ms

عرض نطاق القياس: 100 kHz.

وأُجريت القياسات بالإشعاع (خارج الأثير) لأن المعدات غير مزودة عادةً بموصلات للهوائيات الخارجية. والمستويات المقيسة هي مستويات فعالة (RMS) أثناء الرشقات فقط (مستوى رشقة متوسطة). واستُخدم التفعيل الخارجي لمزامنة القياس مع الرشقات المرسلة (انظر الملحق 1 للاطلاع على وصف لإعدادات القياس).

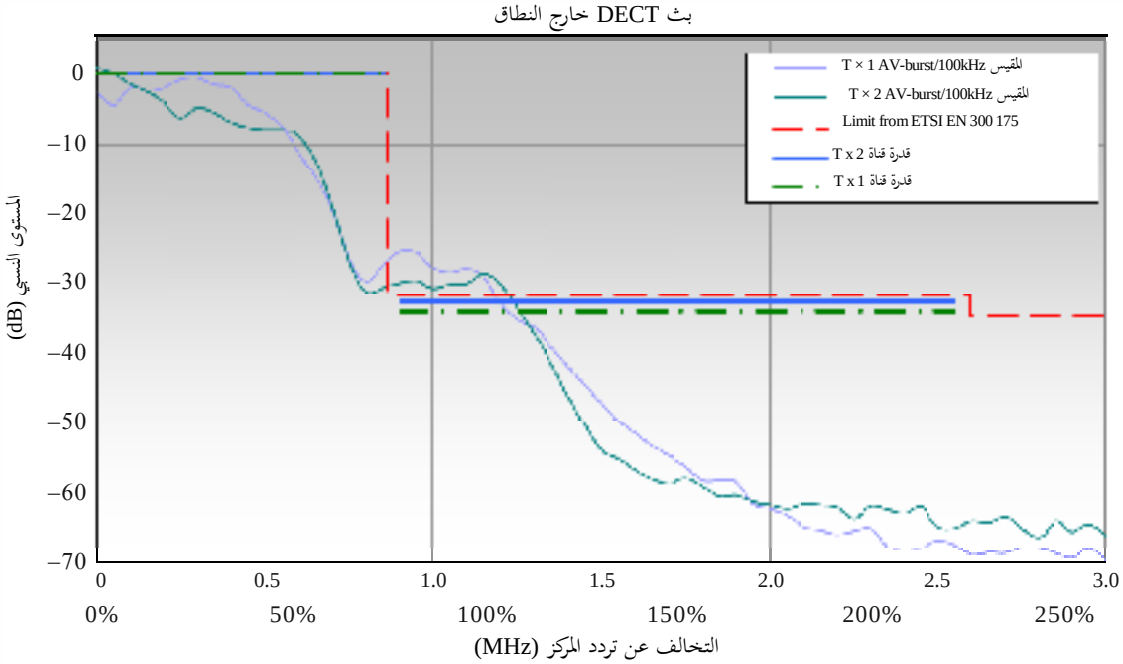
### 1.8 البث خارج النطاق

قِيس جهازا DECT يدويان من شركتين مصنعتين مختلفتين بعرض نطاق استبانة قدره 100 kHz. ويظهر طيفا البث خارج النطاق الناتجان في الشكل 17 مشفوعين بعبارتي "Tx1 AV-burst/100kHz" و"Tx2 AV-burst/100kHz".

ولا تحتوي التوصية ITU-R SM.1541 على ملحق يحدد حدود بث DECT خارج النطاق، وبالتالي أُخذ القناع الوارد في المعيار ETSI EN 300 175-2 (الفقرة 1.5.5 من الجدول 1) المطبّق كمرجع. وتَحدَّد حدود البث خارج النطاق في مستويات القدرة عبر عرض النطاق الكامل للقناة لكل من المرجع 0 dB والبث خارج النطاق، لذلك لم يلزم تحويل عرض النطاق. ولإجراء مقارنة مباشرة مع الحدود، أُجري تكامل للكثافة الطيفية المقيسة عبر عرض نطاق قدره 1,15 MHz للقناة المستعملة والقناة المجاورة. وتظهر النتائج في الشكل 17 كخطوط أفقية ("قدرة قناة المرسل 1" و"قدرة قناة المرسل 2"). ويقيَّس محور مستوى الشكل وفق الخط المرجعي 0 dB من إجمالي القدرة ضمن القناة.

الشكل 17

**بث DECT خارج النطاق (المدى الترددي العلوي)**




Report SM.2421-17

ملاحظات بشأن الشكل 17:

- يتضح أن مستويات البث خارج النطاق لكل من جهازي DECT المقيسين لا تفي بمتطلبات معيار ETSI في مدى التخالُف حول 1 MHz.
- وبما أن البث المتعلق بالتشكيل هو الوحيد الذي تمكن مشاهدته في ميدان البث خارج النطاق، يمكن افتراض أن جميع أجهزة DECT سيكون لها نفس طيف البث خارج النطاق تقريباً، وفي هذه الحالة يبدو أن هناك هامشاً كبيراً بين حد البث خارج النطاق والبث الفعلي خارج النطاق، وخاصة في مدى القناة المجاورة بتخالف 2 MHz.

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | | |
|---|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.329 | ERC/Rec 74-01 | ETSI |
| DECT | الشكل 17 | | | لا تفي مستويات البث خارج النطاق لكل من جهازي DECT المقيسين بمتطلبات معيار ETSI 0 في مدى التخالُف حول 1 MHz. وبما أن البث المتعلق بالتشكيل هو الوحيد الذي تمكن مشاهدته في ميدان البث خارج النطاق، يمكن افتراض أن جميع أجهزة DECT سيكون لها نفس طيف البث خارج النطاق تقريباً، وفي هذه الحالة يبدو أن هناك هامشاً كبيراً بين حد البث خارج النطاق والبث الفعلي خارج النطاق، وخاصة في مدى القناة المجاورة بتخالف 2 MHz. |

## 2.8 البث الهامشي

تحدد التوصية ITU-R SM.329 (الفئة B من الخدمة المتنقلة البرية) والتوصية ERC/REC 74-01 حداً هامشياً قدره dBm 30 – في عرض نطاق مرجعي قدره MHz 1. وبقدرة مرسلة قدرها dBm 24، يقابل هذا الحد توهيناً نسبياً للبث الهامشي بنسبة dBm 24- (dBm 30-) = 54 dB.

وكان المعادل المقيس لمستوى الاستقبال ضمن القناة في MHz 1، dBm 12–. وبالتالي يمكن تحويل محور المستوى في الشكل 18 ليعبِّر عن القدرة المشعة في عرض نطاق قدره MHz 1 بإضافة dB 36 لاحتساب الخسائر في الإعدادات. وفي الشكل 18، يكمن خط الكبت اللازم للبث الهامشي البالغ dB 54 في dBm 66– = dB 54 – dBm 12–.

يحدد القسم 4.5.5 من المعيار ETSI EN 300 175-2 حد البث الهامشي البالغ dBm 30– = µW 1 فوق نطاق DECT المعين. ويتراوح عرض النطاق المرجعي لهذا المستوى بين kHz 30 وMHz 3، مما يؤدي إلى خفض الحد عند الاحتكام مرجعياً إلى عرض نطاق MHz 1 في الشكل 18. وأُجبرت الأجهزة المقيسة على إرسال بتردد MHz 1 897,344، وهو أعلى قناة DECT في أوروبا. وينتهي النطاق DECT المعين عند MHz 1 900 بما يقابل تخالُف قدره MHz 2,656.

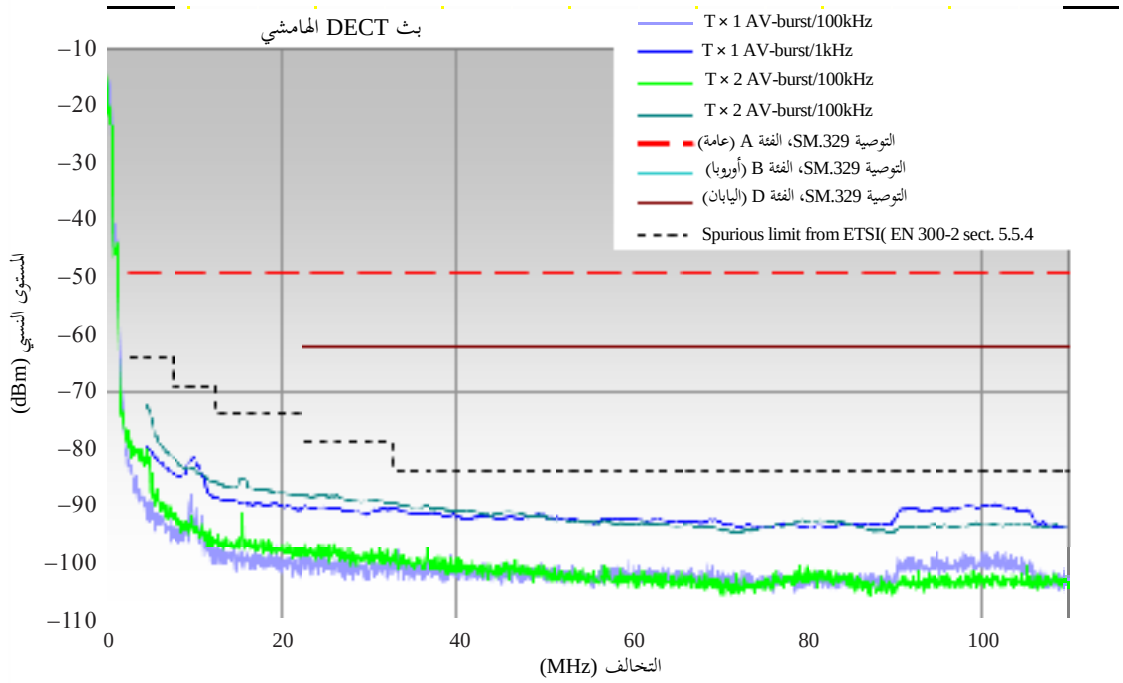
ونظراً لأن أجهزة DECT ترسل في رشقات، لم يُقَس البث غير المطلوب إلا أثناء الرشقة، وذلك باستخدام محلل طيف مفعَّل بالتزامن مع الرشقة. وللاطلاع على تفاصيل عن إعدادات القياس، انظر الفقرة 3 من الملحق 1، نمط الإعدادات 3.

وطُبقت نافذة عائمة على المستويات المقيسة في kHz 100 لإجراء تكامل للمستويات في عرض النطاق المرجعي البالغ MHz 1. وتجب مقارنة خطوط الطيف الناتجة باللون الأزرق الداكن والأخضر الداكن مع الحدود الواردة في الشكل 18.

ولمقارنة المستويات المقيسة بالحد الوارد في معيار ETSI، EN 300 175-2 v2.6.1 الذي يُعرَّف بأنه مستوى ذروة القدرة، طُبق تخفيض بنسبة dB 13[3] في حساب الحد في الشكل 18 لاحتساب الفرق بين مستويي المتوسط والذروة للإشارات الشبيهة بالضوضاء.

الشكل 18

**بث DECT الهامشي (المدى الترددي العلوي)**




Report SM.2421-18

3 هذا رقم مشتق تجريبياً. وينطبق على الإشارات الشبيهة بالضوضاء عند قياسها بكاشف ذروة وRMS.

وقيست التوافقيات بشكل منفصل. وترد النتائج في الجدول 4:

الجدول 4

**المستويات التوافقية لمحطات قاعدة DECT المقيسة**

| | Tx1 | | | Tx2 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **التردد** | **المستوى/1 MHz** | **التوهين** | **التردد** | **المستوى/1 MHz** | **التوهين** |
| الأساسي | MHz 1881,6 | dBm 6,0− | dBc 0,0 | MHz 1890,4 | dBm 8,0− | dBc 0,0 |
| التوافقية الثانية | MHz 3763,2 | dBm 80,0− | dBc 74,0 | MHz 3780,8 | dBm 77,0− | dBc 69,0 |
| التوافقية الثالثة | MHz 5644,8 | dBm 79,0− | dBc 73,0 | MHz 5671,2 | dBm 85,0− | dBc 77,0 |
| التوافقية الرابعة | MHz 7526,4 | dBm 88− > | dBc 82 < | MHz 7561,6 | dBm 88− > | dBc 80 < |

ملاحظات بشأن الشكل 17 والشكل 18:

- تُظهر النتائج استيفاء حدود البث الهامشي للتوصيتين ITU-R SM.329 وERC/REC 74-01 بهامش كبير. وفي التخالفات المرتفعة، يقع البث الهامشي عادةً دون هذا الحد بنسبة 30 dB؛
- وكما هو الحال في الأنظمة الرقمية الأخرى، يكون التخالف الأهم عند التخوم بين ميدان البث خارج النطاق وميدان البث الهامشي حيث يستوفي المرسل 1 متطلبات الفئة B بهامش 5 dB؛
- وتُستوفى حدود البث الهامشي الواردة في المعيار ETSI EN 300 175-2 بهامش 10 dB عادةً؛
- ويقل كل البث التوافقي للأجهزة المقيسة بقدر كاف عن حدود البث الهامشي.

## 9 محطات قاعدة UMTS 2100

يستخدم هذا النظام المتنقل الخلوي من الجيل الثالث (3G) تقنية الطيف الممدود W-CDMA لإدارة النفاذات المتعددة. وهو يُستخدم على نطاق واسع في أوروبا وفي جميع أنحاء العالم كخلف لنظام GSM. وفيما يلي معلمات نظام UMTS:

المدى الترددي: 2 110-2 170 MHz (النطاق I لوصلة FDD الهابطة)

التشكيل: QPSK

عرض النطاق: 5 MHz (قناة)

مرشاح خارجي للمرسِل: لا يوجد

ميدان البث خارج النطاق ينتهي عند: تخالف 12,5 MHz (قاعدة 250%).

وعلى الرغم من عدم تطبيق أي اصطفاء إضافي في خرج المرسل، يجب افتراض وجود بعض الاصطفاء الداخلي لحماية نطاق استقبال محطة القاعدة وربما الخدمات المجاورة أيضاً.

### 1.9 البث خارج النطاق

أُجريت القياسات التالية لبث خارج النطاق عند خرج المرسل. وكانت معلمات الترددات الراديوية ذات الصلة بالمحطة المقيسة كما يلي:

تردد المرسل: 2 152 MHz (مركز)

قدرة المرسل: 3 W / 35 dBm (RMS عند خرج المرسل)

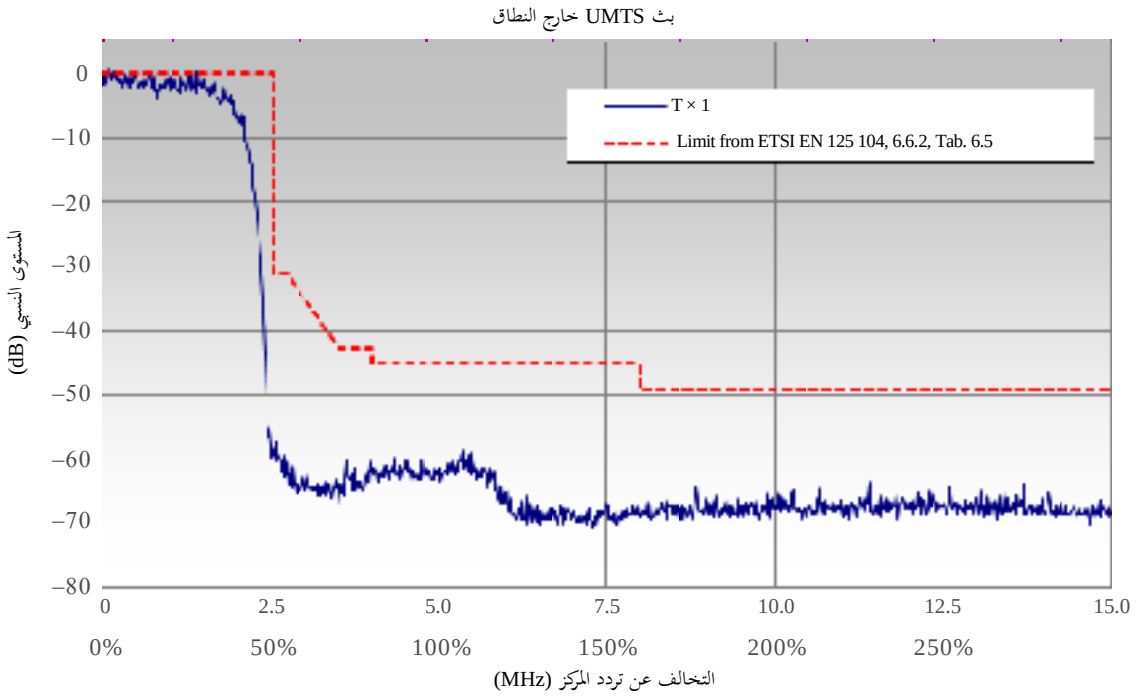
عرض نطاق القياس: 4 kHz

يبين الطيف المقيس في الشكل 19 أدناه المستويات النسبية بوحدة dB والمقيَّسة وفق كثافة القدرة الطيفية القصوى في عرض نطاق القياس البالغ 4 kHz.

ولا تقدم التوصية ITU-R SM.1541 حدوداً لأنظمة W-CDMA. ولذلك، تُعرض الحدود المحددة في المعيار ETSI TS 125 104، الفصل 1.2.6.6، الجدول 5.6. وبما أن هذه الحدود تُعرض في عروض نطاق مرجعية بين 30 kHz و1 MHz، فقد اشتُق الحد في الشكل التالي بعد تصحيح عرض النطاق الترددي وتقييسه وفق كثافة القدرة الطيفية المقيسة ضمن القناة.

الشكل 19

**البث خارج النطاق من محطة قاعدة UMTS**




Report SM.2421-19

ملاحظات بشأن الشكل 19:

- تُظهر النتائج سهولة استيفاء حد معيار ETSI ذي الصلة، 104 TS 125. وتبلغ نسبة البث خارج النطاق 15 dB على الأقل دون القناع.
- ويختفي بالفعل البث غير المطلوب بسبب التشكيل في ضوضاء النطاق العريض من المضخم عند تخالُف يقارب 125% من عرض القناة.

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | |
|---|---|---|---|
| | | **التوصية ITU-R SM.1541** | **المعيار ETSI TS 125 104، الفصل 1.2.6.6، الجدول 5.6** |
| محطة قاعدة UMTS | الشكل 19 | لا توجد معلومات عن حدود البث خارج النطاق لهذا النوع من التطبيقات في هذه التوصية. | تبلغ نسبة البث خارج النطاق 15 dB على الأقل دون القناع. ويختفي بالفعل البث غير المطلوب بسبب التشكيل في ضوضاء النطاق العريض من المضخم عند تخالُف يقارب 125% من عرض القناة. |

## 2.9 البث الهامشي

تحدد التوصية ITU-R SM.329 بالفئة B (أوروبا) من الخدمة المتنقلة البرية (محطات القاعدة) والجدول 6.9 من المعيار ETSI TS 125 104 والجدول 1.2 من التوصية ERC/REC 74-01، مستوى البث الهامشي الأقصى البالغ –30 dBm/MHz. ويعرّف القسم 3.6.6 من معيار ETSI [18] قابلية تطبيق حد البث الهامشي للتخالفات التي تزيد عن 12,5 MHz دون تردد الموجة الحاملة الأولى المستعملة في نطاق UMTS أو تزيد عن 12,5 MHz فوق تردد الموجة الحاملة الأخيرة المستعملة.

ويبين الشكل 20 قياساً مشعاً لمحطة قاعدة UMTS العاملة على أعلى قناة في النطاق I لنظام UMTS. وفيما يلي معلمات الترددات الراديوية ذات الصلة:

تردد المرسل: 2 167,2 MHz (التردد المركزي)

قدرة المرسل: 32 W / 45,1 dBm (RMS عند خرج المرسل)

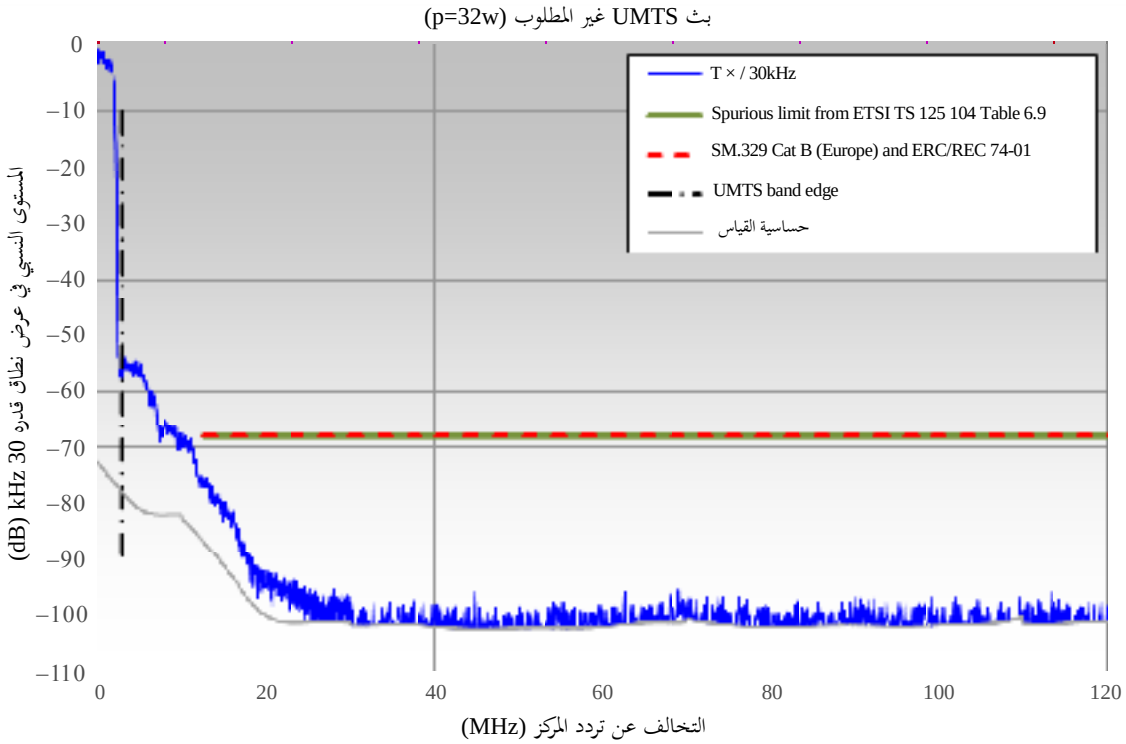
عرض النطاق: 5 MHz (قناة)

عرض نطاق القياس: 30 kHz.

وفي الشكل 20، تُقيَّس المستويات وفق كثافة القدرة الطيفية ضمن القناة في عرض نطاق قدره 30 kHz. ويحدَّد حد –30 dBm في عرض نطاق قدره 1 MHz. ويجري التحويل إلى عرض نطاق UMTS البالغ 5 MHz بصيغة $10*\log_{10}(5) = 7$ dB. وبهذا التصحيح والتقييس لكثافة القدرة الطيفية ضمن القناة، يظهر الحد في الشكل بصيغة −68 dB = (45.1 dBm-7 dB) − 30 dBm.

الشكل 20

**البث الهامشي من محطة قاعدة UMTS**




Report SM.2421-20

ملاحظات بشأن الشكل 20:

- على الرغم من الإرسال على أعلى قناة وبالتالي عرض الحالة الأكثر حراجة للامتثال لحدود البث الهامشي، يتفوق أداء المحطة المقيسة على هذه الحدود بنسبة 10 dB تقريباً حتى عند بداية الميدان الهامشي.
- بالنسبة إلى التخالفات التي تزيد عن 20 MHz، هناك تفوق على أداء الحدود بنسبة 30 dB على الأقل. والبث الهامشي الفعلي لهذه التخالفات أقل مما هو موضح. والقيد هو حساسية القياس.

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | | |
|---|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.329 | ERC/Rec 74-01 | ETSI |
| محطة قاعدة UMTS | الشكل 20 | على الرغم من الإرسال على أعلى قناة وبالتالي عرض الحالة الأكثر حراجة للامتثال لحدود البث الهامشي، يتفوق أداء المحطة المقيسة على هذه الحدود بنسبة 10 dB تقريباً حتى عند بداية الميدان الهامشي.<br>وبالنسبة إلى التخالفات التي تزيد عن 20 MHz، هناك تفوق على أداء الحدود بنسبة 30 dB على الأقل. والبث الهامشي الفعلي لهذه التخالفات أقل مما هو موضح. والقيد هو حساسية القياس. | | |

## 10 أجهزة RLAN في نطاق GHz 2,4

تُستخدم أجهزة RLAN أو WLAN بأعداد كبيرة في جميع أنحاء العالم. وتلتزم الخدمة بالمعيار IEEE 802.11 [28]. وحسب تنويعة هذا المعيار، يُستخدم تردد في مديات حول GHz 2,4 أو GHz 5,6. أما المعلمات فهي:

التشكيل: QPSK أو OFDM

القدرة المشعة القصوى: 100 mW = 20 dBm (رشقة متوسطة)

عرض النطاق: حوالي MHz 16

ميدان البث خارج النطاق ينتهي عند: تخالُف MHz 40 (قاعدة 250%)

مدة الرشقة: متغيرة، حسب الحركة، مثال: µs 100

تكرار الرشقة: متغير، حسب الحركة، مثال: ms 100.

### 1.10 البث خارج النطاق

أُجريت القياسات على ثلاثة أجهزة WLAN مختلفة:

المرسل 1 (Tx1): نقطة نفاذ RLAN، عاملة بأسلوب 802.11g (OFDM)، ومقيسة بالإشعاع

المرسل 2 (Tx2): مسيِّر RLAN، عامل بأسلوب 802.11b (DSSS)، ومقيس عند خرج المرسل

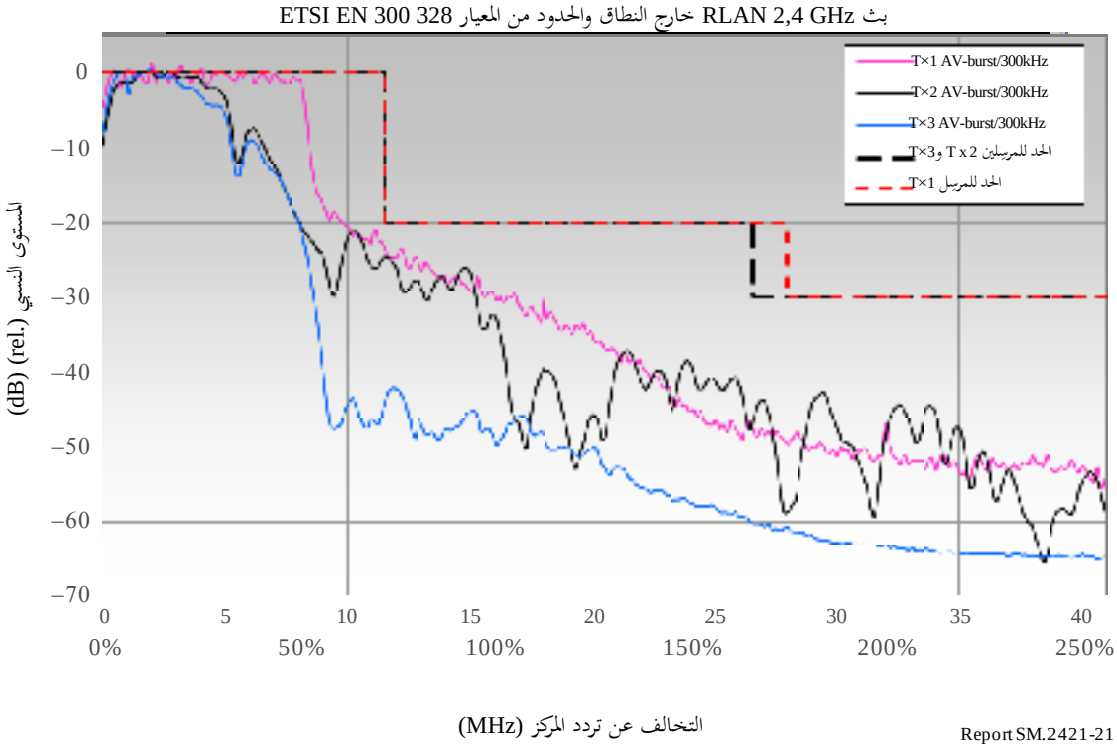
المرسل 3 (Tx3): هاتف ذكي مزود بقدرة RLAN، عامل بأسلوب 802.11b (DSSS)، ومقيس بالإشعاع.

وبما أن التوصية ITU-R SM.1541 لا تحتوي على ملحق يحدد حدود بث SRD خارج النطاق، فقد أُخذ القناع من المعيار المرعي ETSI EN 300 328 V1.9.1 [19]، القسم 3.8.2.3.4. ويعتمد تعريف حدود البث خارج النطاق الموزع على عرض النطاق المشغول الذي يبلغ MHz 16,5 بالنسبة إلى المرسل 1 و15 MHz بالنسبة إلى المرسل 2 والمرسل 3. وأثناء القياس، كانت جميع المرسلات الثلاث تعمل على أعلى قناة في النطاق على تردد مركزي قدره MHz 2 472. والحد من حافة النطاق (MHz 2 480) وOBW + 2 480 هو –10 dBm/MHz، والحد بين OBW + 2 480 وOBW*2 + 2 480 هو –20 dBm/MHz (انظر توضيحاً لهذه الظاهرة في الشكل 21).

وتُظهر المستويات الواردة في الشكل 21 قيماً نسبية بوحدة dB وهي مقيَّسة بحيث تقابل 0 dB الكثافة الطيفية القصوى للقدرة ضمن القناة في عرض نطاق القياس البالغ 300 kHz. وتقيَّس أيضاً الحدود إلى عرض نطاق قدره 300 kHz للسماح بإجراء مقارنة مباشرة.

الشكل 21

**بث RLAN خارج النطاق**




ملاحظات بشأن الشكل 21:

– تستوفي جميع الأجهزة الثلاثة المقيسة حدود البث خارج النطاق المنصوص عليها في المعيار ETSI EN 300 328. وعند تخالف نسبته 250%، تتجاوز نسبة البث خارج النطاق عادةً 20 dB دون الحد المسموح به.

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | |
|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.1541 | ETSI EN 300 328 |
| RLAN | الشكل 21 | لا توجد معلومات عن حدود البث خارج النطاق لهذا النوع من التطبيقات في هذه التوصية. | وعند تخالف نسبته 250%، تتجاوز نسبة البث خارج النطاق عادةً 20 dB دون الحد المسموح به. |

## 2.10 البث الهامشي

بالنسبة لأنظمة RLAN، تحدد التوصية ERC/REC 74-01، في الرقم المرجعي 2.1.2 بالجدول 1.2، والتوصية ITU-R SM.329، حد البث الهامشي بقيمة –30 dBm في عرض نطاق 1 MHz لأوروبا) (الفئة B).

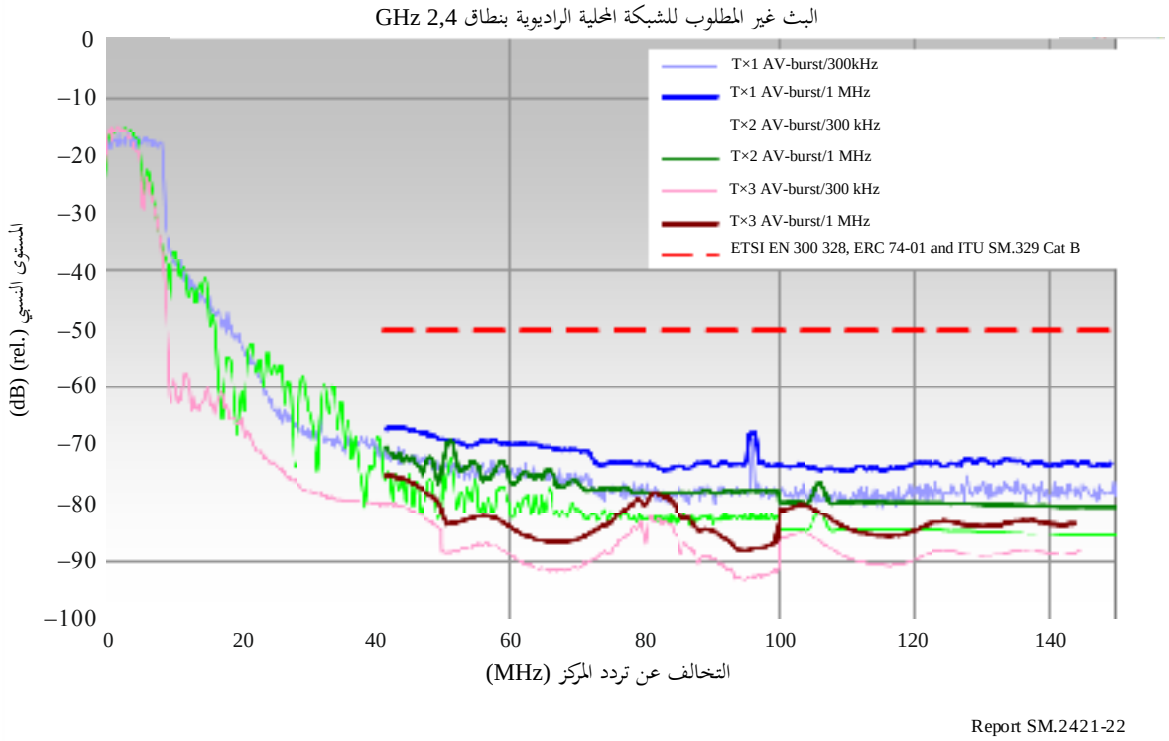
ويُحدد المعيار ETSI EN 300 328، القسم 3.10.1.3.4، الجدول 1، مستوى البث الهامشي لمرسِلات بث بنطاق واسع قدره –30 dBm في 1 MHz لمدى ترددي يتراوح بين 1 GHz و12,75 GHz.

وأُجريت القياسات على نفس أجهزة RLAN الثلاثة على غرار قياسات البث خارج النطاق في الشكل 21، وبعرض نطاق قياس قدره 300 kHz. ولإجراء مقارنة مباشرة مع الحدود، طُبقت نافذة تكامل عائمة تبلغ 1 MHz لتحويل القيم المقيسة إلى عرض نطاق مرجعي قدره 1 MHz. وبما أن الشكل 22 مقيَّس وفق إجمالي القدرة ضمن القناة بقيمة 20 dBm، فإن الحد من –30 dBm من التوصية ITU-R SM.329 والمعيار ETSI EN 300 328 يقابل مستوى نسبياً قدره –50 dB.

ويمكن تحويل المستويات المبينة في الرسم البياني مباشرة إلى مستويات مشعة في عرض نطاق قدره 1 MHz بإضافة 20 dB.

الشكل 22

**البث الهامشي للشبكة المحلية الراديوية (RLAN)**




ملاحظات:

– حتى الحدود الأكثر صرامة الواردة في التوصية ITU-R SM.329 تُستوفى بهامش يتراوح عادةً بين 20 و30 dB.

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | | |
|---|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.329 | ERC/Rec 74-01 | ETSI |
| RLAN | الشكل 22 | تُستوفى الحدود بهامش يتراوح عادة بين 20 و30 dB. | | |

## 11 معدات مستعمل WIMAX GHz 3,6

إن نظام WiMAX هو نظام للنفاذ اللاسلكي عريض النطاق. ولنطاق WiMAX المعني خصائص الترددات الراديوية التالية:

المدى الترددي: 3 600-3 800 MHz

التشكيل: OFDM

عرض النطاق: 10 MHz (قناة).

## 1.11 البث الهامشي

إن حدّ البث الهامشي لمعدات المستعمل/محطة القاعدة في الخدمة المتنقلة البرية طبقاً للجدول 1.2 في التوصية ERC/REC 74-01 هو –30 MHz/dBm. وحُدد الحد نفسه في التوصية ITU-R SM.329 للترددات فوق 1 GHz. ويحدد القسم 4.2.4 من المعيار EN 301 908-21 حدود البث الهامشي للمرسل في معدات مستعمل الإرسال المزدوج بتقسيم التردد (FDD) لنظام OFDMA TDD WMAN (نظام WiMAX المتنقل).

ويبين الشكل 23 قياس البث الهامشي لخط إنتاج مطاريف WiMAX في نطاق الرادار المجاور، الجاري مباشرة عند خرج المرسل. وفيما يلي معلمات الترددات الراديوية ذات صلة بهذا القياس:

تردد المرسل: 3 620 MHz (أخفض قناة قابلة للاستعمال في الوصلة الصاعدة)

قدرة المرسل: 27 dBm / 500 mW (عند خرج المرسل)

مرشاح خارجي للمرسل: لا يوجد

الميدان الهامشي يبدأ عند: تخالُف 25 MHz (قاعدة 250%)

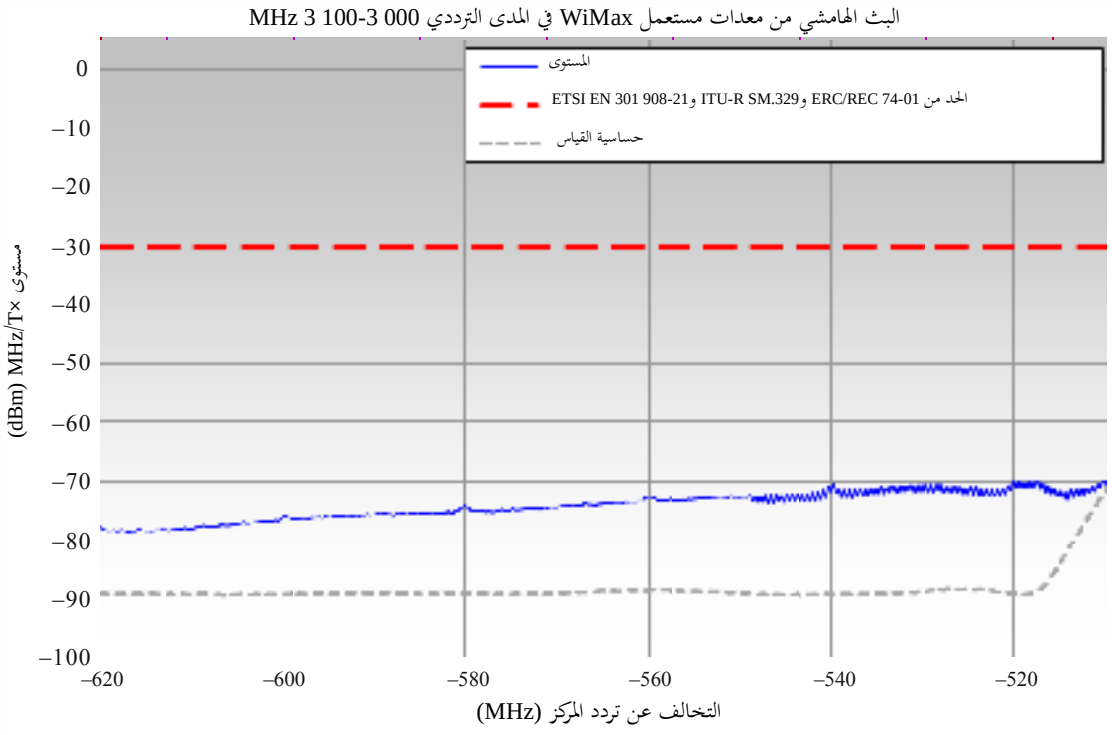
عرض نطاق القياس: 1 MHz.

وعلى الرغم من عدم تطبيق أي اصطفاء إضافي في خرج المرسل، يجب افتراض وجود بعض الاصطفاء الداخلي لحماية نطاق استقبال الوصلة الهابطة والخدمات المجاورة.

ونظراً لتساوي عرض نطاق القياس وعرض النطاق المرجعي، لا يلزم تحويل عرض النطاق.

الشكل 23

**معدات مستعمل WiMAX 3.6 GHz – البث في نطاق تردد الرادار**




Report SM.2421-23

ملاحظات بشأن الشكل 23:

- على الرغم من أن القياس لا يغطي سوى مدى ترددي صغير عند تخالف عال جداً، تمكن ملاحظة تفوق الأداء على الحدود بهامش لا يقل عن 40 dB.
- حتى في حالات التخالُف الترددي العالي جداً، يكون مستوى البث الهامشي مرتهناً بالتردد ويميل إلى الانخفاض مع زيادة التخالُفات.

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | | |
|---|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.329 | ERC/Rec 74-01 | ETSI |
| معدات مستعمل GHz 3,6 WiMAX | الشكل 23 | على الرغم من أن القياس لا يغطي سوى مدى ترددي صغير عند تخالف عال جداً، تمكن ملاحظة تفوق الأداء على الحدود بهامش لا يقل عن 40 dB. | | |

## 12 وصلات GHz 25 من نقطة إلى نقطة

تُستخدم الأنظمة هذه من نقطة إلى نقطة بشكلٍ عام لتوصيل محطات قاعدة الخدمة المتنقلة العمومية (مثل GSM وUMTS وLTE). وتخصَّص عروض نطاق مختلفة تصل إلى MHz 50 حسب معدل البيانات المطلوب. ومن أمثلة الخصائص الشائعة لهذه المعدات ما يلي:

المدى الترددي: GHz 26,5-25,1

التشكيل: QPSK أو QAM

عرض النطاق: MHz 3,5 - MHz 50 (قناة)

قدرة المرسل: –10 dBm – 24 dBm (عند خرج المرسل).

وعلى الرغم من عدم تطبيق أي مراشيح خارجية، يمكن افتراض وجود اصطفاء داخلي لحماية المستقبِل الخاص للإشارة من محطة الوصلة المقابلة.

### 1.12 البث خارج النطاق

يبين الشكل 24 قياساً أجري للبث غير المطلوب من جهاز وصلة GHz 25 من نقطة إلى نقطة. وفيما يلي معلمات الترددات الراديوية ذات الصلة:

تردد المركز: GHz 25,157

التشكيل: 64 QAM

عرض النطاق: MHz 40 (قناة)

قدرة المرسل: dBm 17 (عند خرج المرسل)

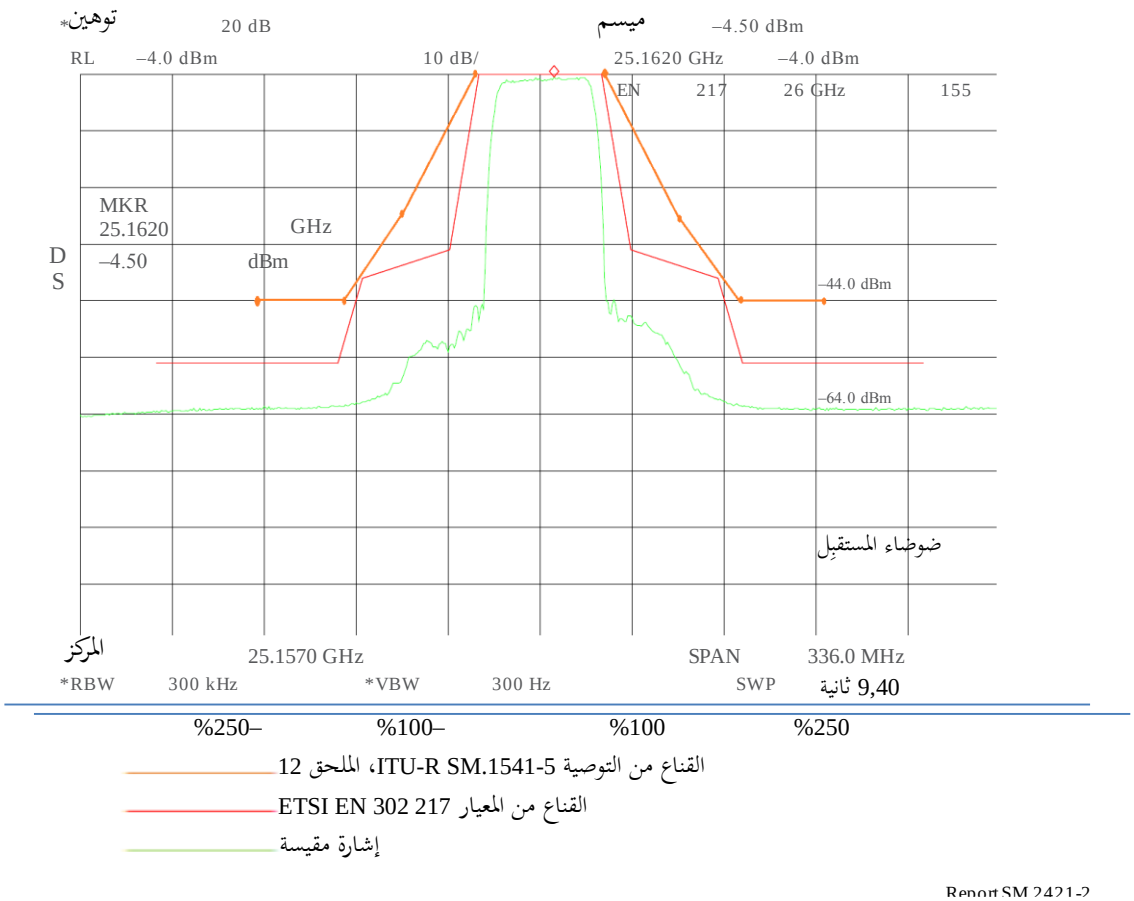
مرشاح خارجي للمرسِل: لا يوجد

عرض نطاق القياس: kHz 300.

وتقيَّس المستويات في الشكل 24 وفق كثافة القدرة الطيفية القصوى ضمن القناة في عرض نطاق قدره kHz 300. وتؤخذ حدود البث خارج نطاق الخدمة الثابتة العامة من الملحق 12 بالتوصية ITU-R SM.1541-5، ومن الحدود المحددة لهذا النظام من القسم 1.2.4.2.4 من المعيار ETSI EN 302 217-2-2 ويجري تحويلها إلى مستويات نسبية في kHz 300.

الشكل 24

**البث غير المطلوب لوصلة GHz 25 من نقطة إلى نقطة**




تُقيَّد قياسات التخالفات التي تزيد عن 75 MHz بحساسية المستقبِل. وفي الواقع، فإن البث غير المطلوب في مديات التخالف هذه أعلى من ذلك الموضح.

ملاحظات بشأن الشكل 24:

– تُستوفى حدود شبكة الأمان لبث الخدمة الثابتة خارج النطاق الواردة في الملحق 12 بالتوصية ITU-R SM.1541 بهامش نسبته 20 dB تقريباً.

– ويُستوفى الحد المعين في المعيار ETSI EN 302 217-2-2، القسم 1.2.4.2.4، بهامش لا يقل عن 10 dB.

فيما يتعلق بخصائص ومستويات البث خارج النطاق، تُظهر هذه القياسات الإضافية نفس اتجاه النتائج المعروضة في الشكل 24.

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | |
|---|---|---|---|
| | | **التوصية ITU-R SM.1541** | **المعيار ETSI EN 302 217-2-2، القسم 1.2.4.2.4** |
| وصلة GHz 25 من نقطة إلى نقطة | الشكل 24 | تُستوفى حدود شبكة الأمان لبث الخدمة الثابتة خارج النطاق الواردة في الملحق 12 بهذه التوصية بهامش نسبته 20 dB تقريباً. | يُستوفى الحد المعين بهامش لا يقل عن 10 dB. |

## 2.12 البث الهامشي

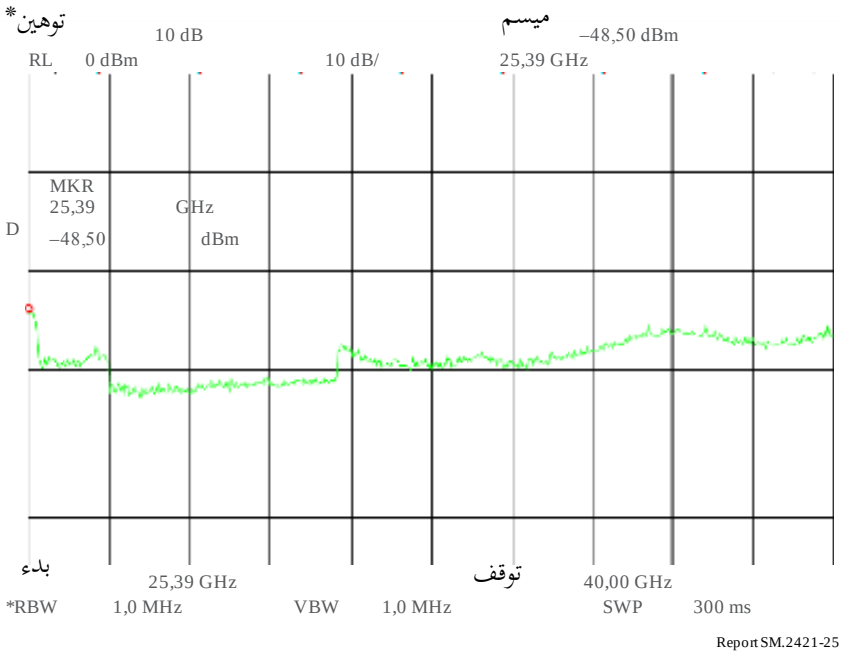
يبلغ الحد الأقصى للبث الهامشي، في التوصية ERC/REC 74-01 وكذلك في التوصية ITU-R SM.329 (بشأن الفئة B/أوروبا)، –30 MHz/dBm.

وبالنسبة لحدود البث الهامشي، فإن المعيار ذي الصلة، ETSI EN 301 390 يحتكم أيضاً في القسم 1.1.4 إلى الحدود الواردة في التوصية ERC/REC 74-01.

وأُجريت قياسات البث الهامشي على عدد من الأجهزة من نقطة إلى نقطة في المدى GHz 25 بعروض نطاق مختلفة للقناة. ويبين الشكل التالي مثالاً نمطياً للبث الهامشي في بداية المدى الهامشي الأكثر حراجة عادةً، حتى GHz 40. ويُعرض الجهاز نفسه المستخدَم في ميدان البث خارج النطاق أعلاه. وكان عرض نطاق القياس MHz 1. والمستوى المرجعي dB 0 هو كثافة القدرة الطيفية ضمن القناة في MHz 1.

الشكل 25

**البث الهامشي لوصلة GHz 25 من نقطة إلى نقطة**




ملاحظات بشأن الشكل 25:

– يُستوفى حد البث الهامشي بهامش يزيد عن dB 20.

| نظام | الشكل | مقارنة مع: | | |
|---|---|---|---|---|
| | | التوصية ITU-R SM.329 | ERC/Rec 74-01 | ETSI |
| وصلات GHz 25 من نقطة إلى نقطة | الشكل 25 | يُستوفى حد البث الهامشي بهامش يزيد عن dB 20. | | |

وكذلك أظهرت قياسات هامشية لنفس المعدات في مديات ترددية أخرى (مثل GHz 28 وGHz 32 وGHz 38 في المدى المقيس من GHz 25,157 إلى GHz 40) أن المستويات أقل من المتوقع مادياً بالنسبة للتخالفات الترددية الأوسع.

وفيما يتعلق بخصائص ومستويات البث خارج النطاق، تُظهر القياسات الإضافية نفس اتجاه النتيجة الواردة في الشكل 25.

## 13 الأنظمة المصطفاة وغير المصطفاة

كثيراً ما تتطلب إدارة الترددات الوطنية والدولية كتباً كبيراً للبث غير المطلوب عند توزيع نطاق ترددي لخدمة معينة من أجل منع التداخل الضار على الخدمات الراديوية المجاورة. وفي معظم الحالات، لا يمكن تلبية هذه المتطلبات إلا في حال تطبيق نوع من الاصطفاء المادي الإضافي في المرحلة النهائية للمرسل أو بعدها. وفي الحالات التي تُنشر فيها هذه المراشيح، يكون مستوى البث غير المطلوب في الميدان الهامشي معتمداً بشدة على التردد. وبالإضافة إلى ذلك، فإن المستوى المطلق كثيراً ما يكون منخفضاً للغاية بحيث لا يمكن قياسه. وفي هذه الحالة، لا يمكن للبث الهامشي أن يسبب تداخلات ضارة على خدمات الاتصالات الراديوية الأخرى، وبالتالي يمكن إهماله في دراسات التوافق/التقاسم.

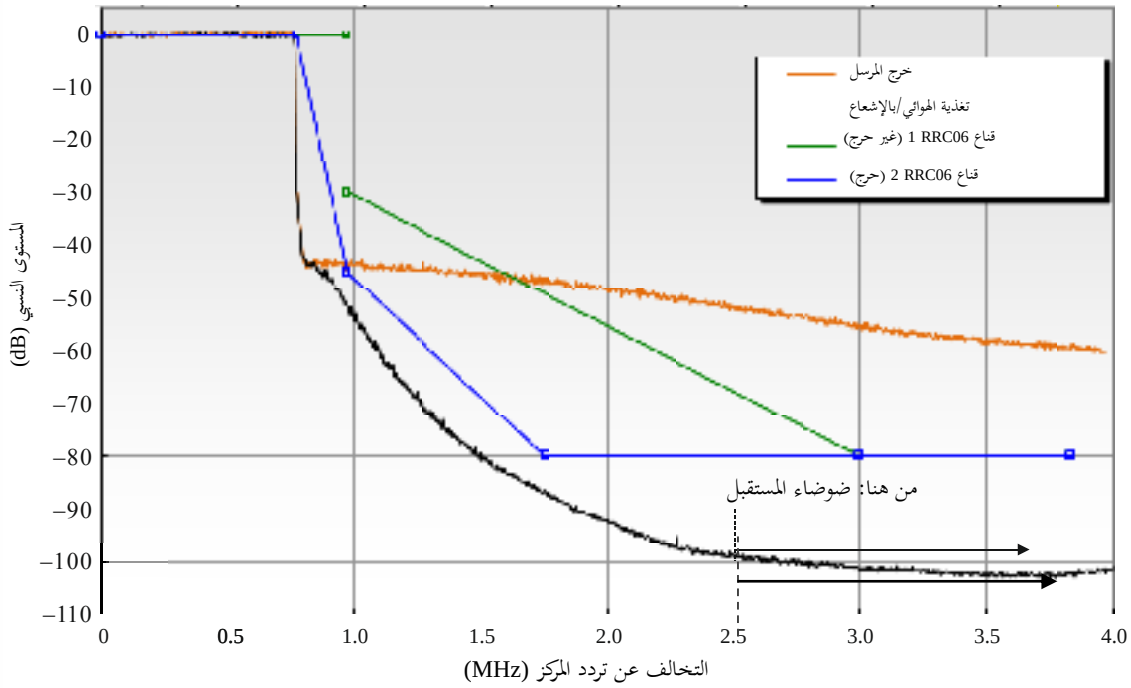
ومن الأمثلة على الأنظمة التي تطبق مراشيح دائماً عند خرج المرسل، أنظمة DAB وLTE وDVB-T.

### 1.13 DAB

يبين الشكل 26 البث غير المطلوب المقيسة من مرسل DAB مباشرة عند خرج المرسل وبعد المرشاح الإضافي عند تغذية الهوائي.

الشكل 26

**بث DAB غير المطلوب في ميدان البث خارج النطاق**




Report SM.2421-26

ملاحظات بشأن الشكل 26:

- لا يمكن للطيف غير المصطفى أن يستوفي القناع 1 (غير الحرج) والقناع 2 (الحرج) المنصوص عليهما في اتفاق GE-06، وهما قناعا البث خارج النطاق المطلوبان في أوروبا.
- ويكبت الطيف المصطفى البث غير المطلوب بدرجة كبيرة حتى في ميدان البث خارج النطاق.
- والبث غير المطلوب في الميدان الهامشي غير قابل للقياس وهو في الواقع أقل من مستوى الضوضاء المبين في الشكل 26.

### 2.13 محطة قاعدة LTE800

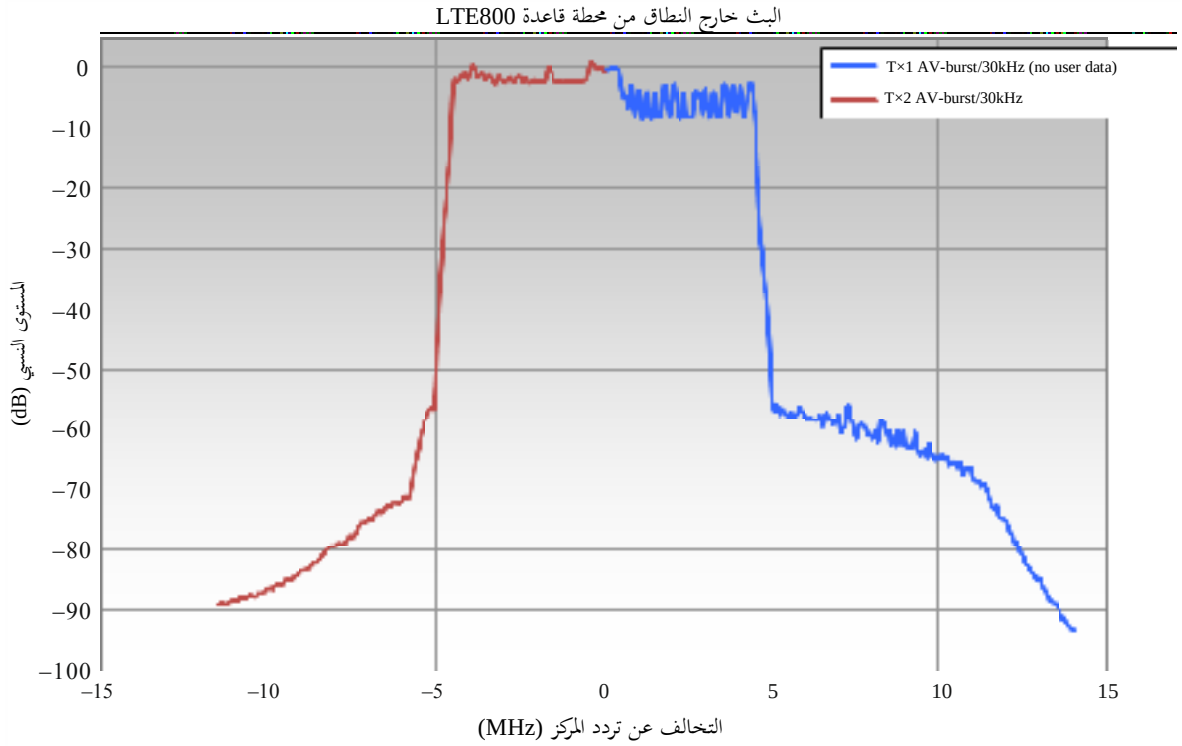
يمكن أن تؤدي متطلبات كبت البث في النطاقات المجاورة إلى بث "غير متناظر" خارج النطاق بسبب وجوب تطبيق مراشيح لكبت البث في النطاق الترددي المجاور الأدنى أو الأعلى فقط.

ويبين الشكل 27 البث خارج النطاق من محطتي قاعدة LTE800 مختلفتين، تعمل كلتاهما على أدنى قناة LTE (796 MHz). ويأتي النصف الأعلى من مرسل في وضع الخمول (Tx1)، وبالتالي تكون قدرة الموجات الحاملة الفرعية ضمن النطاق أقل من تلك الخاصة بالمرسل Tx2.

ويتضح أن البث خارج النطاق القريب من القناة المطلوبة أقل بكثير في النطاق الجانبي الأدنى بسبب وجوب تطبيق مرشاح حاد القطع من أجل حماية نطاق DVB-T المجاور مباشرة.

الشكل 27

**أطياف البث غير المتناظر خارج النطاق من محطة قاعدة LTE800**




## 14 البث العابر في الأنظمة الرقمية النبضية

تنتج العديد من أنظمة النفاذ المتعدد بتقسيم الزمن (TDMA) ما يسمى بالبث غير المطلوب "العابر". وهو البث الذي لا يحدث إلا لأوقات قصيرة للغاية أثناء تشغيل وإيقاف المرسل في بداية ونهاية كل رشقة. ويحدث المؤثِر نفسه في بعض أنظمة OFDM أثناء تغيرات الرموز المرسَلة. ويتسبب التصميم الداخلي لبعض أنظمة النفاذ المتعدد بتقسيم الزمن أيضاً في تشغيل المرحلة النهائية من المرسِل (مضخم القدرة العالية) على نحو مستمر، في حين تولد معالجة الإشارة الرقمية (DSP) الرشقات، بما في ذلك تشغيل وإيقاف التوقيت، في النطاق الأساسي.

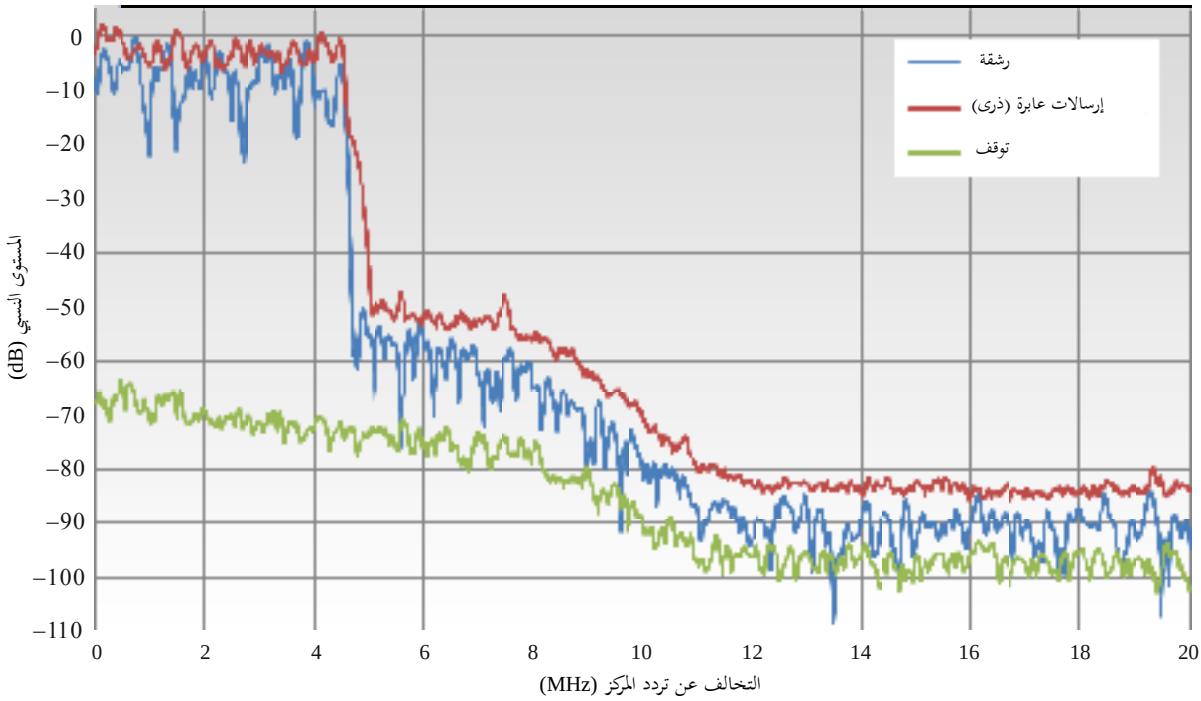
ونتيجةً لذلك، هناك ثلاثة أشكال مختلفة للبث غير المطلوب:

- ضوضاء المضخم العريض النطاق الحاضرة باستمرار.
- بث النطاق الجانبي المعتمد على التشكيل، الذي لا يظهر إلا أثناء الرشقة.
- البث العابر، الذي لا يظهر إلا أثناء الانحدار الصاعد للقدرة أو تغيرات الرموز.

ويبين الشكل 28 البث خارج النطاق المسجل خلال إطار مدته 10 ms من محطة قاعدة LTE800 في جميع المراحل المذكورة أعلاه.

الشكل 28

**محطة قاعدة LTE800: البث خارج النطاق في أوقات مختلفة**



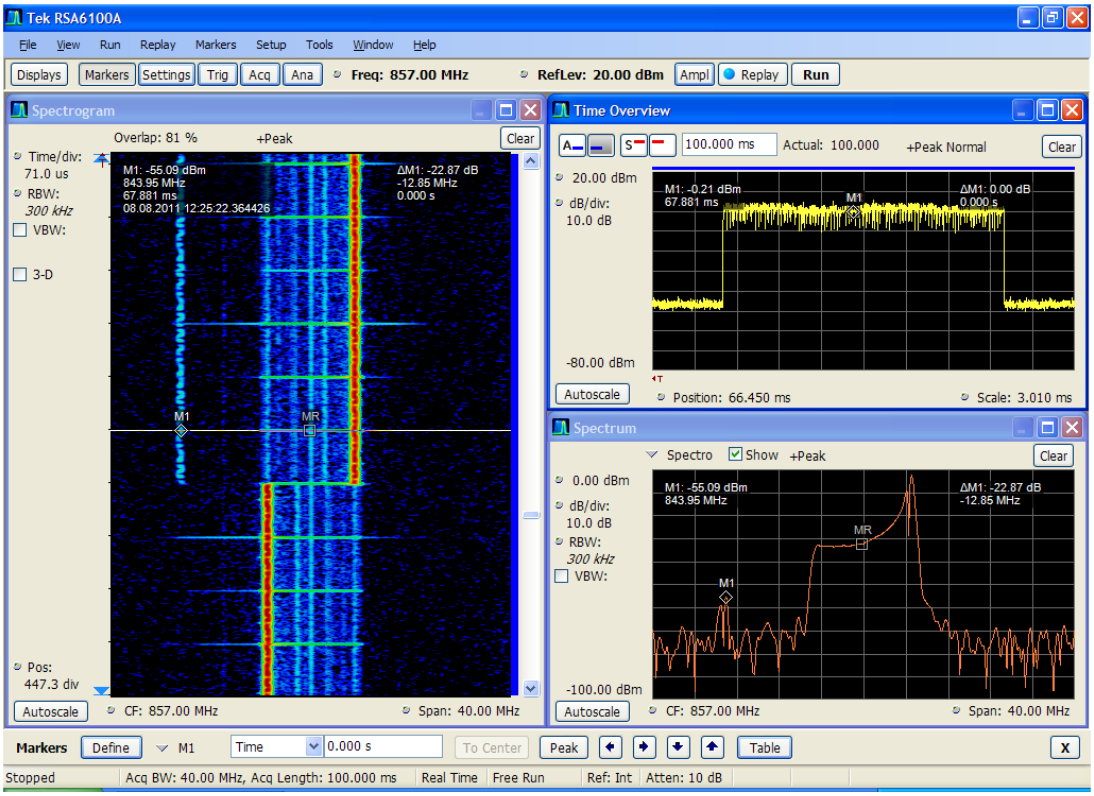

Report SM.2421-28

ويثير هذا المثال نقاشاً بشأن ما إذا كان حد واحد كافياً لتمثيل إمكانية التداخل في نظام رقمي نبضي بشكل واقعي، لا سيما في ميدان البث خارج النطاق.

ويوضح الشكل 29 تشغيل جهاز من معدات مستعمل LTE800 باستبانة زمنية عالية. وتوزَّع كتلة موارد واحدة فقط، وبالتالي فإن عرض النطاق المستعمل هو 180 kHz فقط. ولكن في كل 71 µs، يتغير الرمز المرسَل وجميع الموجات الحاملة الفرعية.

الشكل 29

**الطيف والقدرة مقابل الوقت والطيف المؤقت في الوقت المحدد بخط (مع نقطتي M1 وMR) في المخطط الطيفي لجهاز LTE800 المختار عشوائياً باستبانة زمنية عالية**




Report SM.2421-29

ملاحظة بشأن الشكل 29:

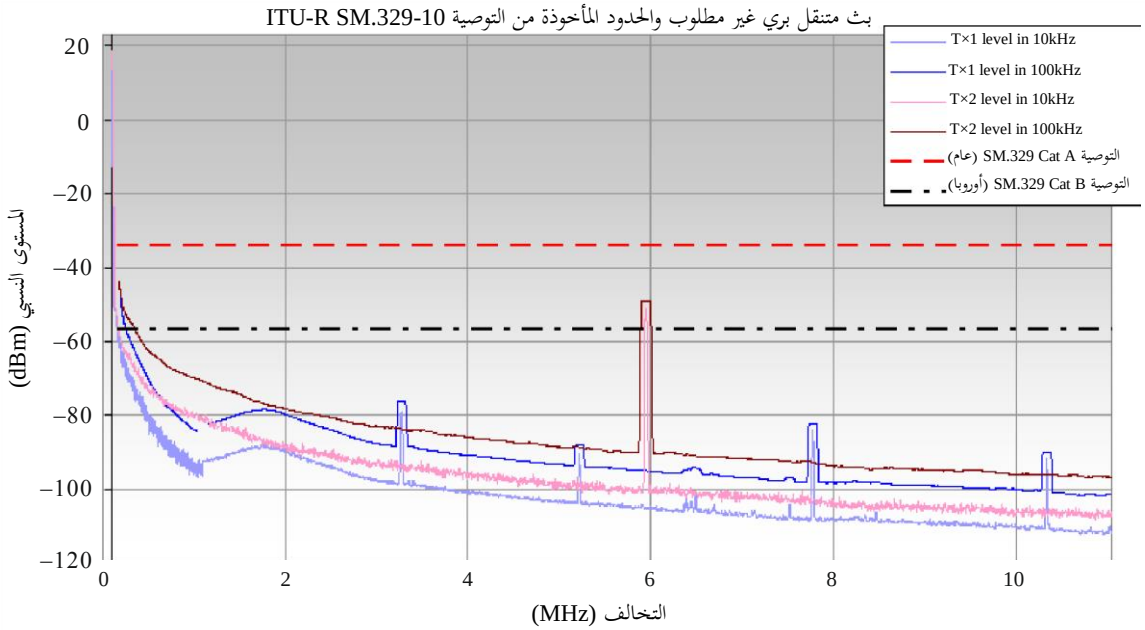
- يرتفع مستوى البث خارج النطاق بشكل ملحوظ أثناء تغييرات الرموز (تشير الدائرة الحمراء إلى تغيير رمز واحد).
- وعندما يُقاس البث خارج النطاق كمستويات ذروة، سيبدو طيف النطاق الجانبي الناشئ كالطيف خلال فترة تغيرات الرموز. ولكن كما يتبين من المخطط الطيفي، فإن هذه الحالات الأسوأ للبث لا تحدث إلا في وقت قصير جداً ("حالات عابرة") وتختلف إمكانية التداخل خلالها عما لو كانت حاضرة باستمرار.

## 15 البث غير المطلوب ضيق النطاق وواسع النطاق

تنتج جميع مراحل خرج مضخمات المرسل قدراً معيناً من الضوضاء يمكن اعتباره بثاً غير مطلوب واسع النطاق في ميدان البث خارج النطاق والبث الهامشي. وبالإضافة إلى ذلك، كثيراً ما تصدر المرسلات التماثلية بثاً ضيق النطاق على ترددات مفردة ومميزة في الميدان الهامشي الناشئ عن استيلاد ترددات راديوية داخل المرسل بمراحل خلط مختلفة وترددات وسيطة. وكثيراً ما يكون لهذه "الذرى" مستويات أعلى بكثير من الضوضاء واسعة النطاق. ويبين الشكل 30 مثالاً نمطياً لهذا الأداء مع بمرسلي PMR مختلفين:

الشكل 30

**بث هامشي متنقل بري من مرسلي PMR مختلفين**
**(المدى الترددي العلوي)**




Report SM.2421-30

ويمكن أن تكون هذه الذرى مجرد موجات حاملة مفردة غير مشكَّلة. ولن يتغير مستواها عند قياسه باستخدام عروض نطاق مختلفة. ولذلك، يتعذر تحويل المستويات غير المطلوبة المقيسة في عرض نطاق ضيق ببساطة إلى عرض نطاق مرجعي قدره 100 kHz. وفي الشكل 30، تعين تحويل الأطياف غير المطلوبة المقيسة في 10 kHz (أزرق فاتح وأرجواني فاتح) إلى عرض نطاق مرجعي قدره 100 kHz بتطبيق نافذة تكامل انزلاقية (أزرق داكن وبني).

ويتضح أن هذا التحويل يرفع مستويات الضوضاء واسعة النطاق بحوالي 10 dB في حين أن مستوى الذرى يبقى على حاله تقريباً.

وتقوم مرسلات الأنظمة الرقمية الحديثة دائماً بتوليد طيف الترددات الراديوية رقمياً فيما يسمى بـ "النطاق الأساسي" وبعد التحويل الرقمي إلى تماثلي (D/A)، تزحزَح مكونات النطاق الأساسي مباشرة إلى مدى الترددات الراديوية بتطبيق تشكيل الإشارات المتعامدة في الطور نفسه (I/Q). ونتيجة لذلك، لا تحدث ذرىً مميزة في الميدان الهامشي. ولا توجد أي طفرات في المرسلات الرقمية مقارنةً بالمرسلات التماثلية. وتبين جميع القياسات المقدمة في هذه الوثيقة أن البث الهامشي ليس سوى بث واسع النطاق في طبيعته. وهذا هو السبب الرئيسي لكون مستويات البث الهامشي من الأنظمة الرقمية المقيسة، في كثير من الأحيان، أقل بكثير من حدود التوصيتين ITU-R SM.329 وERC/REC 74-01 وهي حدود تمثل ذرى الأنظمة التماثلية. وتتمثل إحدى مزايا هذا السلوك في أن البث الهامشي للأنظمة الرقمية يمكن عادةً تحويله إلى عروض نطاق مختلفة بواسطة تصحيح ثابت صيغته $10*\log_{10}(BW1/BW2)$.

_____