الاتحـــــــــاد الدولـــــــــي للاتصـــــــــالات

ITU-T

قطـــاع تقييس الاتصـــالات
في الاتحاد الدولي للاتصالات

G.9700

(2014/04)

السلسلة G: أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية

شبكات النفاذ: شبكات النفاذ بالكبلات المعدنية

النفاذ السريع إلى مطاريف المشتركين (G.fast) – مواصفات الكثافة الطيفية للقدرة

التوصيـــة ITU-T G.9700

الاتحاد الدولي للاتصالات

توصيات السلسلة G الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية

التوصيلات والدارات الهاتفية الدولية	G.199-G.100
الخصائص العامة المشتركة لكل الأنظمة التماثلية بموجات حاملة	G.299-G.200
الخصائص الفردية للأنظمة الهاتفية الدولية بموجات حاملة على خطوط معدنية	G.399-G.300
الخصائص العامة للأنظمة الهاتفية الدولية اللاسلكية، أو الساتلية والتوصيل البيني مع الأنظمة على خطوط معدنية	G.449-G.400
تنسيق المهاتفة الراديوية والمهاتفة السلكية	G.499-G.450
خصائص وسائط الإرسال	G.699-G.600
تجهيزات مطرافية رقمية	G.799-G.700
الشبكات الرقمية	G.899-G.800
الأقسام الرقمية وأنظمة الخطوط الرقمية	G.999-G.900
نوعية الخدمة والأداء للوسائط المتعددة – الجوانب الخاصة والجوانب المتعلقة بالمستعمل	G.1999-G.1000
خصائص وسائط الإرسال	G.6999-G.6000
البيانات عبر طبقة النقل – الجوانب العامة	G.7999-G.7000
جوانب الرزم عبر طبقة النقل	G.8999-G.8000
شبكات النفاذ	G.9999-G.9000
شبكات النفاذ بالكبلات المعدنية	G.9799-G.9700
أنظمة الخطوط البصرية للشبكات المحلية وشبكات النفاذ	G.9899-G.9800
الشبكات داخل المنشآت	G.9999-G.9900

لمزيد من التفاصيل، يرجى الرجوع إلى قائمة التوصيات الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات.

التوصيـــة ITU-T G.9700

النفاذ السريع إلى مطاريف المشتركين (G.fast) – مواصفات الكثافة الطيفية للقدرة

ملخص

توصف التوصية ITU-T G.9700 متطلبات قناع الكثافة الطيفية للقدرة (PSD) من أجل النفاذ السريع إلى مطاريف المشتركين (G.fast) ومجموعة من الأدوات التي تدعم خفض قناع الكثافة PSD الخاصة بالإرسال ومعلمات تحكم التوصيفات التي تحدد المحتوى الطيفي، بما في ذلك أقصى قدرة إرسال كلية مسموح بها تجاه معاوقة محددة للانتهائية، ومنهجية للتحقق من الكثافة PSD للإرسال. وتكمل هذه التوصية المواصفة الخاصة بالطبقة المادية (PHY) الواردة في التوصية ITU-T G.9701.

التسلسل التاريخي

الصيغة	التوصية	تاريخ الموافقة	لجنة الدراسات	معرف الهوية الفريد*
1.0	ITU-T G.9700	2014-04-04	15	11.1002/1000/12010

* للنفاذ إلى التوصية، اطبع العنوان الإلكتروني http://handle.itu.int/ في حقل العنوان بمتصفح الويب الخاص بك، متبوعاً بمعرف الهوية الفريد للتوصية. على سبيل المثال، http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en.

تمهيـــد

الاتحاد الدولي للاتصالات وكالة متخصصة للأمم المتحدة في ميدان الاتصالات وتكنولوجيات المعلومات والاتصالات (ICT). وقطاع تقييس الاتصالات (ITU-T) هو هيئة دائمة في الاتحاد الدولي للاتصالات. وهو مسؤول عن دراسة المسائل التقنية والمسائل المتعلقة بالتشغيل والتعريفة، وإصدار التوصيات بشأنها بغرض تقييس الاتصالات على الصعيد العالمي.

وتحدد الجمعية العالمية لتقييس الاتصالات (WTSA) التي تجتمع مرة كل أربع سنوات المواضيع التي يجب أن تدرسها لجان الدراسات التابعة لقطاع تقييس الاتصالات وأن تُصدر توصيات بشأنها.

وتتم الموافقة على هذه التوصيات وفقاً للإجراء الموضح في القرار رقم 1 الصادر عن الجمعية العالمية لتقييس الاتصالات.

وفي بعض مجالات تكنولوجيا المعلومات التي تقع ضمن اختصاص قطاع تقييس الاتصالات، تعد المعايير اللازمة على أساس التعاون مع المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (ISO) واللجنة الكهرتقنية الدولية (IEC).

ملاحظـــة

تستخدم كلمة "الإدارة" في هذه التوصية لتدل بصورة موجزة سواء على إدارة اتصالات أو على وكالة تشغيل معترف بها.

والتقيد بهذه التوصية اختياري. غير أنها قد تضم بعض الأحكام الإلزامية (بهدف تأمين قابلية التشغيل البيني والتطبيق مثلاً). ويعتبر التقيّد بهذه التوصية حاصلاً عندما يتم التقيّد بجميع هذه الأحكام الإلزامية. ويستخدم فعل "يجب" وصيغ ملزمة أخرى مثل فعل "ينبغي" وصيغها النافية للتعبير عن متطلبات معينة، ولا يعني استعمال هذه الصيغ أن التقيّد بهذه التوصية إلزامي.

حقوق الملكية الفكرية

يسترعي الاتحاد الانتباه إلى أن تطبيق هذه التوصية أو تنفيذها قد يستلزم استعمال حق من حقوق الملكية الفكرية. ولا يتخذ الاتحاد أي موقف من القرائن المتعلقة بحقوق الملكية الفكرية أو صلاحيتها أو نطاق تطبيقها سواء طالب بها عضو من أعضاء الاتحاد أو طرف آخر لا تشمله عملية إعداد التوصيات.

وعند الموافقة على هذه التوصية، كان الاتحاد قد تلقى إخطاراً بملكية فكرية تحميها براءات الاختراع يمكن المطالبة بها لتنفيذ هذه التوصية. ومع ذلك، ونظراً إلى أن هذه المعلومات قد لا تكون هي الأحدث، يوصى المسؤولون عن تنفيذ هذه التوصية بالاطلاع على قاعدة المعطيات الخاصة ببراءات الاختراع في مكتب تقييس الاتصالات (TSB) في الموقع http://www.itu.int/ITU-T/ipr/.

© ITU 2015

جميع الحقوق محفوظة. لا يجوز استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي وسيلة كانت إلا بإذن خطي مسبق من الاتحاد الدولي للاتصالات.

المحتـــويات

الصفحة

1 مجال التطبيق 1
2 المراجع 1
3 التعاريف 1
4 المختصرات والأسماء المختصرة 2
5 الاصطلاحات 2
6 قناع الكثافة PSD للإرسال 2
1.6 لمحة عامة 2
2.6 قناع حد الكثافة PSD (LPM) 3
3.6 تقنيع الموجات الحاملة الفرعية 3
4.6 تحديد شكل الكثافة الطيفية للقدرة 4
5.6 التثليم لنطاقات ترددات محددة 4
6.6 تقنيع نطاق إيقاف حافة الترددات المنخفضة 6
7 مواصفات محتوى الطيف 7
1.7 معلمات التحكم في التوصيفات 7
2.7 مواصفات قناع الكثافة PSD 7
3.7 معاوقة الانتهائية 11
4.7 القيمة القصوى لقدرة الإرسال الكلية 11
8 التحقق من الكثافة PSD للإرسال 11
التذييل I – النطاقات الدولية لهواة الراديو 12
التذييل II – النطاقات الراديوية للبث الإذاعي 13
التذييل III – تعريف الكثافة PSD للمرسل (TXPSD) في حالات الإرسال غير المستمر 14

التوصيـــة ITU-T G.9700

النفاذ السريع إلى مطاريف المشتركين (G.fast) – مواصفات الكثافة الطيفية للقدرة

1 مجال التطبيق

تكمل هذه التوصية المواصفة الخاصة بالطبقة المادية (PHY) الواردة في التوصية [ITU-T G.9701]. وهي توصف:

- متطلبات قناع حد الكثافة الطيفية للقدرة (PSD)؛
- مجموعة من الأدوات التي تدعم خفض قناع PSD للإرسال؛
- معلمات تحكم التوصيفات التي تحدد المحتوى الطيفي، بما في ذلك أقصى قدرة إرسال كلية مسموح بها تجاه معاوقة محددة للانتهائية؛
- منهجية للتحقق من الكثافة PSD للإرسال.

وهذا يكفل إمكانية معالجة التكنولوجيا لما يلي:

- المتطلبات الإقليمية؛
- متطلبات النشر لدى المشغلين، مثل التوافق مع تكنولوجيات الخط الرقمي للمشترك (DSL) الأخرى؛
- لوائح أو معايير التوافق الكهرمغنطيسي (EMC) المطبقة؛
- القضايا المحلية المتعلقة بالتوافق الكهرمغنطيسي.

2 المراجع

تضم توصيتا قطاع الاتصالات الراديوية المذكورتان أدناه وغيرهما من المراجع أحكاماً تؤلف، من خلال الإشارات الواردة إليها في هذا النص، أحكاماً لهذه التوصية. وقد كانت جميع الطبعات المذكورة سارية الصلاحية في وقت النشر. ولما كانت جميع التوصيات والمراجع الأخرى تخضع إلى المراجعة، يرجى من جميع المستعملين لهذه التوصية السعي إلى تطبيق أحدث طبعة للتوصيات والمراجع الأخرى الواردة أدناه. وتُنشر بانتظام قائمة توصيات قطاع تقييس الاتصالات السارية الصلاحية. ولا تضفي الإشارة إلى وثيقة ما في هذه التوصية على تلك الوثيقة في حد ذاتها صفة التوصية.

[ITU-T G.993.2] التوصية ITU-T G.993.2 (2011)، *مرسل–مستقبل 2 لخط رقمي بالغ السرعة للمشترك (VDSL2)*.

[ITU-T G.9701] التوصية ITU-T G.9701 (2014)، *النفاذ السريع إلى مطاريف المشتركين (G.fast) – مواصفة الطبقة المادية*.

3 التعاريف

تعرّف هذه التوصية المصطلحات التالية:

1.3 سقف (x): أصغر عدد صحيح لا يقل عن x.

2.3 عتبة (x): أكبر عدد صحيح لا يزيد عن x.

3.3 f_{SC}: معلمة تمثل تردد المباعدة بين الموجات الحاملة الفرعية.

4.3 موجة حاملة فرعية: عنصر أساسي من مُشكل النغمات المتعددة المنفصلة (DMT). ويقوم المشكل بتقسيم عرض نطاق القناة إلى مجموعة من القنوات الفرعية المتوازية. ويشكل التردد المركزي لكل قناة فرعية موجة حاملة فرعية، يمكن في إطارها تشكيل البتات لإرسالها عبر إحدى القنوات.

4 المختصرات والأسماء المختصرة

تستخدم هذه التوصية المختصرات والأسماء المختصرة التالية:

DAB الإذاعة السمعية الرقمية *(Digital Audio Broadcasting)*

DMT نغمة متعددة منفصلة *(Discrete Multitone)*

DP نقطة توزيع *(Distribution Point)*

DSL الخط الرقمي للمشترك *(Digital Subscriber Line)*

EMC التوافق الكهرمغنطيسي *(Electromagnetic Compatibility)*

FAST (G.fast) النفاذ السريع إلى مطاريف المشتركين *(Fast Access to Subscriber Terminals)*

FM تشكيل التردد *(Frequency Modulation)*

FTU وحدة مرسل–مستقبل النفاذ FAST *(FAST Transceiver Unit)*

FTU-O الوحدة FTU عند وحدة الشبكة البصرية *(FTU at the Optical network unit)*

FTU-R الوحدة FTU عند الموقع البعيد (أي طرف المشترك من العروة) *(FTU at the Remote site)*

LESM قناع نطاق إيقاف حافة الترددات المنخفضة *(Low-frequency Edge Stop-band Mask)*

LPM قناع حد الكثافة الطيفية للقدرة *(Limit PSD Mask)*

MBW عرض نطاق القياس *(Measurement Bandwidth)*

MIB قاعدة معلومات الإدارة *(Management Information Base)*

NM قناع التثليم *(Notching Mask)*

PSD الكثافة الطيفية للقدرة *(Power Spectral Density)*

PSM قناع تحديد شكل الكثافة الطيفية للقدرة *(PSD Shaping Mask)*

QoS جودة الخدمة *(Quality of Service)*

SM قناع الموجات الحاملة الفرعية *(Subcarrier Mask)*

TDD إرسال مزدوج بتقسيم زمني *(Time-Division Duplexing)*

TxPSDM قناع الكثافة الطيفية للقدرة للإرسال *(Transmit PSD Mask)*

5 الاصطلاحات

لا يوجد.

6 قناع الكثافة PSD للإرسال

1.6 لمحة عامة

يُكوَّن قناع الكثافة PSD للإرسال (TxPSDM) من تركيب الأقنعة التالية:

- قناع حد الكثافة PSD (LPM)؛
- قناع الموجات الحاملة الفرعية (SM)؛
- قناع تحديد شكل الكثافة PSD (PSM)؛
- قناع التثليم (NM)؛
- قناع نطاق إيقاف حافة الترددات المنخفضة (LESM).

وقد يختلف قناع TxPSDM المطبق على وحدة مرسل–مستقبل النفاذ FAST (FTU) عند وحدة الشبكة البصرية (FTU-O) أو عند موقع FTU البعيد (أي طرف المشترك من العروة) (FTU-R).

وبالنسبة إلى أي وحدة FTU، لا تتجاوز الكثافة PSD لإشارة الإرسال قيمة القناع TxPSDM عند أي تردد أبداً.

ويحدد قناع LPM (انظر البند 1.2.7) حد القناع TxPSDM الأقصى المطلق. ويتيح قناع الموجات الحاملة الفرعية (SM) وقناع تحديد شكل الكثافة PSD (PSM) وقناع القطع الحاد (NM) وقناع نطاق إيقاف حافة الترددات المنخفضة (LESM) خفض القناع TxPSDM وتحديد شكله باستخدام أربع آليات:

- تقنيع الموجات الحاملة الفرعية؛
- تثليم نطاقات ترددات محددة؛
- تحديد شكل الكثافة PSD؛
- تقنيع نطاق إيقاف حافة الترددات المنخفضة.

ودعم هذه الآليات الأربع إلزامي في كلٍ من FTU-O وFTU-R.

ويجب أن يمتثل قناع TxPSDM للمتطلبات التنظيمية المطبقة على الصعيدين الوطني والإقليمي.

الملاحظـــة 1 – عند تحديد القيمة الصحيحة للكثافة PSD التي يتعين استعمالها في ولاية قضائية معينة، ينبغي للمشغلين استخدام أدوات تضمن الامتثال للوائح التوافق الكهرمغنطيسي (EMC) الوطنية والإقليمية مع إيلاء اعتبار خاص لحماية مستقبلات خدمات سلامة الأرواح التي قد لا تكون مجاورة مباشرة لأسلاك التوصيل التي تنقل إشارات التوصية ITU-T G.9701. وتشمل الأمثلة قنوات الملاحة الراديوية للطيران في النطاق 108-117,975 MHz وقنوات اتصالات الطوارئ للطيران (مثل القناة 121,5 MHz) وقنوات اتصالات الطوارئ البحرية في النطاقين HF وVHF.

الملاحظـــة 2 – بالإضافة إلى الأقنعة المعرَّفة في هذه التوصية والتي تعطي حدوداً مطلقة لقناع TxPSDM (سواء داخل النطاق أو خارج النطاق)، تعرِّف التوصية [ITU-T G.9701] آليتين: آلية تشغيل متقطع تتيح للمرسل–المستقبل إيقاف قدرة الإرسال دينامياً في كل توصيل على حدة عندما لا توجد بيانات للإرسال، وآلية أسلوب منخفض القدرة (L2). وتتيح كلتا الآليتين للنظام تحقيق مزيدٍ من الخفض في قدرة الإرسال حتى تصل إلى قيمة كافية للوصول إلى المستهدفات المحددة لمعدل البتات وجودة الخدمة (QoS).

الملاحظـــة 3 – يحدد القناع TXPSDM في عروض نطاقات توسيط مختلفة طبقاً للتردد كما هو معرف في الجدول 8-1، فيما عدا النطاقات الفرعية عند حافة نطاق التردد وفي منطقة الثلمات المحددة بقاعدة المعلومات MIB، حيث ينطبق القناعان TXPSDM_W (نطاق عريض 1 MHz) وTXPSDM_N (نطاق ضيق 10 kHz) كما هو موضح في الفقرتين 5.6 و6.6.

2.6 قناع حد الكثافة PSD (LPM)

يحدد قناع حد الكثافة PSD (LPM) حد الكثافة PSD الأقصى المطلق لقناع TxPSDM الذي لا يمكن تجاوزه أبداً. ولا يمكن أن ينتج عن جميع تعاريف الأقنعة الأخرى والآليات المستخدمة لتكوين القناع TxPSDM إلا خفض للقناع عن الحدود التي يحددها القناع LPM.

3.6 تقنيع الموجات الحاملة الفرعية

يُستخدم تقنيع الموجات الحاملة الفرعية لمنع الإرسال على موجة حاملة فرعية واحدة أو أكثر. ويتشكل قناع الموجة الحاملة الفرعية (SM) في قاعدة معلومات إدارة نقاط التوزيع (DP-MIB) باستخدام المعلمة CARMASK للتوصية ITU-T G.997.1. وتُضبط قدرة إرسال الموجات الحاملة الفرعية المحددة في القناع SM على صفر (مقياس خطي). ويبطِل القناع SM جميع التعليمات الأخرى المتعلقة بقدرة الإرسال للموجات الحاملة الفرعية.

ويُحدد تعريف القناع SM بعدد نطاقات التردد المقنَّعة. ويحدَد كل نطاق بمؤشر بدء موجات حاملة فرعية (x_L) ومؤشر إيقاف موجات حاملة فرعية (x_H)، على الهيئة $\{x_L, x_H\}$. ويمكن تمثيل قناع SM يضم عدد S من النطاقات على النسق التالي:

$$SM(S) = [\{x_{L1}, x_{H1}\}, \{x_{L2}, x_{H2}\}, \ldots \{x_{LS}, x_{HS}\}]$$

وتوقف جميع الموجات الحاملة الفرعية الواقعة ضمن النطاق، أي ذات الأدلة التي تساوي x_L أو أعلى أو التي تساوي x_H أو أدنى (أي ترسل بقدرة صفر).

ملاحظـــة – المقصود أن يضم القناع SM الموجات الحاملة الفرعية المقنَّعة المحددة في ملحق يحدد المتطلبات الإقليمية للامتثال للوائح التنظيمية المحلية وكذلك الموجات الحاملة الفرعية المقنَّعة التي يحددها المستخدم أو مورد الخدمة بغرض تسهيل ممارسات النشر المحلي. وليس من المقصود أن يعالج تقنيع الموجات الحاملة الفرعية حماية الخدمات الراديوية؛ بل يعالج ذلك من خلال التثليم (انظر البند 5.6).

4.6 تحديد شكل الكثافة الطيفية للقدرة

يتيح تحديد شكل الكثافة الطيفية للقدرة (PSD) خفض القناع TxPSDM في بعض أجزاء الطيف، ويكون ذلك أساساً من أجل توافق الطيف والتعايش مع تكنولوجيات أخرى تتعلق بالنفاذ والشبكات المنزلية. ويتشكل تحديد شكل PSD في قاعدة معلومات إدارة نقاط التوزيع من خلال استعمال المعلمة PSDMASK للتوصية ITU-T G.997.1.

ويحدَد القناع PSM على مدى الترددات الواقع بين أدنى موجة حاملة فرعية x_1 (حيث x_1 = عتبة (f_{tr2}/ f_{SC})) وأعلى موجة حاملة فرعية x_H، (حيث x_H = عتبة (f_{tr2}/ f_{SC})) ويتألف من مقطع ترددي واحد أو أكثر. وتعرف حدود المقاطع بنقاط انقطاع موضوعة لذلك. ويمكن أن يكون القناع PSM ضمن كل مقطع إما ثابتاً أو يشكل ميلاً خطياً بين نقاط الانقطاع المحددة (يعبَّر عنها بوحدة dBm/Hz) ويعبَّر عن التردد بمقياس خطي.

وتُحدَّد كل من نقاط انقطاع القناع PSM بواسطة مؤشر موجة حاملة فرعية x_n وقيمة الكثافة PSD_n في تلك الموجة الحاملة الفرعية ويُعبّر عنها بالوحدة dBm/Hz، $\{x_n, PSD_n\}$. ويتعين أن تنطبق قيمة الكثافة PSD_1 أيضاً على الموجات الحاملة الفرعية الأدنى من x_1، كما يتعين أن تنطبق قيمة الكثافة PSD_H على الموجات الحاملة الفرعية الأعلى من x_H. ويمكن تمثيل قناع PSM يشمل عدد S من المقاطع بعدد $(S+1)$ من نقاط الانقطاع على النسق التالي:

$$PSM(S) = [\{x_1, PSD_1\}, \{x_2, PSD_2\} \ldots \{x_S, PSD_S\}, \{x_H, PSD_H\}]$$

ويجب أن تدعم أي وحدة FTU تشكيلاً لا يقل عن 32 نقطة انقطاع PSM.

وفي حالة تعيين نقطة انقطاع PSM واحدة أو أكثر أعلى من القناع LPM، يجب ضبط قناع الكثافة PSD للإرسال على: TxPSDM = min(PSM, LPM). ويجب ضبط جميع قيم الكثافة PSD_n لنقاط انقطاع القناع PSM على قيمة أعلى من –90 dBm/Hz.

5.6 التثليم لنطاقات ترددات محددة

يجب تزويد الوحدة FTU بإمكانية تشكيلها لتطبيق التثليم على نطاق ترددات معين واحد أو أكثر من أجل حماية الخدمات الراديوية، كأن يكون ذلك في حالة النطاقات الخاصة بهواة الراديو أو النطاقات الراديوية للبث الإذاعي على سبيل المثال.

ويجب التعبير عن تعريف كل ثلمة في قناع التثليم (NM) باستخدام مؤشري الموجتين الحاملتين الفرعيتين SC_{start} وSC_{stop}.

والمدى الصالح لمؤشر نغمة البدء للثلمة، SC_{start}، هو جميع مؤشرات النغمات الصالحة التي تساوي أدنى تردد للنطاق الراديوي المحمي مطروحاً منه $f_{SC}/2$ أو أقل. والمدى الصالح لمؤشر نغمة الإيقاف للثلمة، SC_{stop}، هو جميع مؤشرات النغمات الصالحة التي تساوي أقصى تردد للنطاق المثلّم زائد $f_{SC}/2$ أو أعلى.

ويجب ضمن الثلمة إيقاف جميع الموجات الحاملة الفرعية وأن يساوي قناع تثليم (NM) القناع LPM – 20 dB.

الملاحظـــة 1 – ربما يلزم كذلك إيقاف الموجات الحاملة الفرعية على جانبي الموجات الحاملة الفرعية المقنَّعة من أجل الوفاء بمتطلب عمق التثليم لقناع TxPSDM.

يجب أن تدعم أي وحدة FTU على الأقل 16 ثلمة اعتباطية في آن واحد.

ويُعرَّف لأي ثلمة قناعان PSD:

– الكثافة PSD للإرسال ضيق النطاق (TXPSDM_N)

يُعرَّف هذا القناع للتحقق من الكثافة PSD باستخدام عرض نطاق قياس = 10 kHz متمركز حول التردد محل النظر.

ويُعرَّف TXPSDM_N على أنه القيمة القصوى لقناع التثليم المشكَّل وحد أدنى يبلغ –100 dBm/Hz:

$$TxPSDM_N = \max[NM, -100\ dBm/Hz].$$

– قناع PSD للإرسال عريض النطاق (TXPSDM_W)

يُعرَّف هذا القناع للتحقق من متوسط الكثافة PSD عريض النطاق (PSD_W) المحسوب رياضياً باستخراج متوسط قياسات النطاق الضيق (PSD_N) (مقيسة في عرض نطاق قياس = 10 kHz) عبر نافذة عرضها 1 MHz متمركزة حول التردد محل النظر:

$$PSD_W(f) = 10 \times \log 10\left(\left(\frac{1}{100}\right) \times \sum_{i=(-49)}^{50} 10^{\left(\frac{PSD_N(f+i\times 10kHz)}{10}\right)}\right)$$

حيث:

PSD_N(f) القياس ضيق النطاق عند التردد f معبراً عنه بالوحدة dBm/Hz

PSD_W(f) متوسط الكثافة PSD واسع النطاق المحسوب رياضياً عند التردد f معبراً عنه بالوحدة dBm/Hz

ويُعرَّف TXPSDM_W على أنه القيمة القصوى لقناع التثليم (NM) وحد أدنى على النحو المحدد في الجدول 6-1 للتردد محل النظر:

$$TxPSDM_W(f) = \max[NM(f), \text{lower limit}(f)].$$

الجدول 6-1 – متطلبات الحد الأدنى للقناع TXPSDM_W

التردد MHz	TXPSDM_W الحد الأدنى [dBm/Hz]
4,0-2,0	100–
5,0-4,0	110–
5,0 <	112–

في حالة الثلمات الأضيق من 1 MHz:

– تكون الكثافة PSD للإرسال مطلوبة للوفاء بقناع PSD للإرسال ضيق النطاق TxPSDM_N، وذلك للترددات $(SC_{start} \times F_{SC} + ½ \times MBW) < f < (SC_{stop} \times f_{SC} - ½ \times MBW)$.

وفي حالة النطاقات المثلّمة التي تبلغ 1 MHz أو أعرض:

– تكون الكثافة PSD للإرسال مطلوبة للوفاء بقناع PSD للإرسال ضيق النطاق TxPSDM_N، وذلك للترددات $(SC_{start} \times f_{SC} + ½ \times MBW) < f < (SC_{stop} \times f_{SC} - ½ \times MBW)$،

– ويكون متوسط الكثافة PSD للإرسال عريض النطاق (PSD_W(f)) مطلوباً للوفاء بقناع PSD للإرسال عريض النطاق TxPSDM_W للترددات $(SC_{start} \times f_{SC} + ½ \times MBW + 0{,}5MHz) < f < (SC_{stop} \times f_{SC} - ½ \times MBW - 0{,}5MHz)$.
وتكون قيمة القناع المطلوب المقارنة بها هي القيمة القصوى التي يتخذها القناع ضمن النافذة 1 MHz المذكورة $[f - 0{,}5\ MHz, f + 0{,}5\ MHz]$.

ويفصل التذييل I الترددات للنطاقات الدولية الخاصة بهواة الراديو. وينبغي أن تكون الوحدات FTU مزودة بإمكانية تشكيلها لإجراء تثليم نطاقات هواة الراديو بشكل مستقل بناءً على الحماية المطلوبة.

ويفصل التذييل II الترددات للخدمات الراديوية الإذاعية (تشكيل التردد (FM) والإذاعة السمعية الرقمية (DAB)).

ويتطلب التشكيل FM والإذاعة DAB وخدمات راديوية أخرى تشكيلات تثليم مختلفة اعتماداً على خصائص الخدمة الراديوية المعنية تحديداً.

الملاحظـــة 2 – يمكن استخدام القناع NM لإجراء التثليم على محطات إذاعية مستقلة اعتماداً على استعمال الطيف.

6.6 تقنيع نطاق إيقاف حافة الترددات المنخفضة

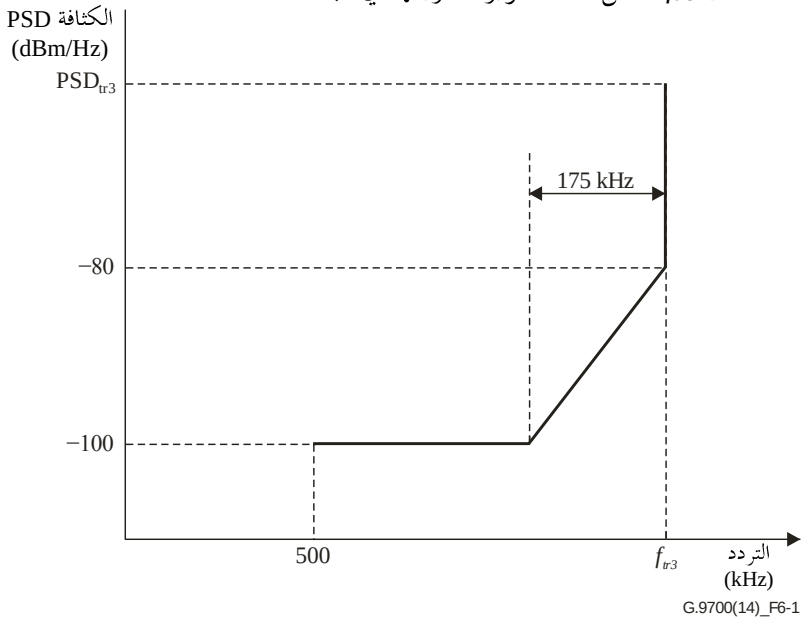
يُعرَّف قناع نطاق إيقاف حافة الترددات المنخفضة (LESM) قناعان للكثافة PSD:

– قناع الكثافة PSD للإرسال ضيق النطاق (TXPSDM_N)

يُعرَّف هذا القناع للتحقق من الكثافة PSD باستخدام عرض نطاق قياس = 10 kHz متمركز حول التردد محل النظر.

ويعرَّف TXPSDM_N على النحو المبين في الشكل 6-1، حيث PSD_{tr3} هي قيمة القناع LPM داخل النطاق عند التردد f_{tr3}. وتحسب قيم القناع في نطاق الانتقال باستخدام استكمال داخلي خطي بوحدة dB على مقياس ترددات خطي.

وتكون الكثافة PSD للإرسال مطلوبة للوفاء بقناع الكثافة PSD للإرسال ضيق النطاق TxPSDM_N، وذلك للترددات $(0{,}5\text{ MHz} + ½\times\text{MBW}) < f < (f_{tr3} - ½\times\text{MBW})$، حيث $f_{tr1} \le f_{tr3} \le 30\text{ MHz}$. وتعتبر قيم الكثافة PSD الأعلى من تردد الانتقال f_{tr3} داخل النطاق ويرد تعريفها في البند 1.1.2.7.



الشكل 6-1 – قناع نطاق إيقاف حافة الترددات المنخفضة

– قناع PSD للإرسال عريض النطاق (TXPSDM_W)

يُعرَّف هذا القناع للتحقق من متوسط الكثافة PSD عريض النطاق المحسوب رياضياً عبر نافذة عرضها 1 MHz (PSD_W(f)) على النحو المعرف في البند 5.6.

ويرد تعريف القناع TXPSDM_W (f) في الجدول 6-2 للتردد محل النظر.

ويكون متوسط الكثافة PSD للإرسال عريض النطاق (PSD_W(f)) مطلوباً للوفاء بقناع الكثافة PSD للإرسال عريض النطاق TxPSDM_W للترددات $(2{,}0\text{ MHz} + ½\times\text{MBW} + 0{,}5\text{MHz}) < f < (f_{tr3} - 175\text{kHz} - ½\times\text{MBW} - 0{,}5\text{MHz})$.

وتكون قيمة القناع المطلوب المقارنة بها هي القيمة القصوى التي يتخذها القناع ضمن نافذة 1 MHz المذكورة $[f - 0{,}5\text{ MHz}, f + 0{,}5\text{ MHz}]$.

الجدول 2-6 – متطلبات القناع LESM TXPSDM_W

التردد (MHz)	القناع LESM TXPSDM_W (dBm/Hz)
2,0 إلى 4,0	100–
4,0 إلى 5,0	110–
5,0 <	112–

7 مواصفات محتوى الطيف

1.7 معلمات التحكم في التوصيفات

يحدد كل توصيف قيماً معيارية للمعلمات التالية:

– عدد الموجات الحاملة الفرعية (N)؛

– المباعدة بين الموجات الحاملة الفرعية (f_{SC})؛

– معلمتا التمديد الدوري L_{CP} وβ؛

– القيمة القصوى لقدرة الإرسال الكلية (تنطبق على اتجاهي المقصد والمصدر).

ويبين الجدول 7-1 معلمات التحكم الصالحة لكل توصيف. ويرد تعريف المعلمات في التوصية [ITU-T G.9701].

الجدول 7-1 – معلمات التحكم في التوصيفات

المعلمة	التوصيف (الملاحظة 1)	
	MHz 106	MHz 212
N	2048 (الملاحظة 2)	تحتاج لمزيدٍ من الدراسة
f_{SC}	51,75 kHz	51,75 kHz
L_{CP}	$m \times N/64$ حيث m = 4 و8 و10 و12 و14 و16 و20 و24 و30 و33 عينة على $2\times N\times f_{SC}$ عينة/ثانية	تحتاج لمزيدٍ من الدراسة
β	64 و128 عينة على $2\times N\times f_{SC}$ عينة/ثانية	تحتاج لمزيدٍ من الدراسة
القيمة القصوى لقدرة الإرسال الكلية	+4 dBm (انظر البندين 3.7 و4.7)	تحتاج لمزيدٍ من الدراسة
الملاحظة 1 – يمكن في المستقبل تعريف توصيفات بقيمة قصوى أعلى لقدرة الإرسال الكلية، على أن تقع ضمن حدود قناع حد الكثافة PSD المحدد في هذه التوصية. الملاحظة 2 – يناظر مدى مؤشرات الموجات الحاملة الفرعية الصالحة للترددات الواقعة بين 2 و106 MHz.		

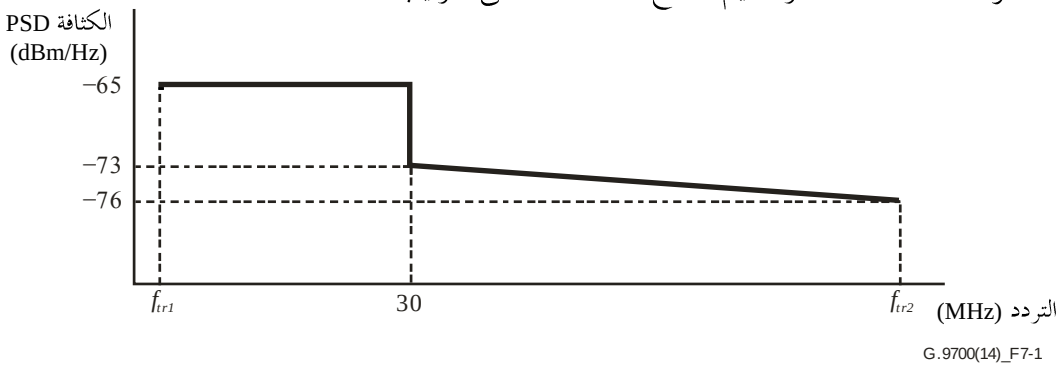
2.7 مواصفات قناع الكثافة PSD

1.2.7 قناع حد الكثافة PSD (LPM)

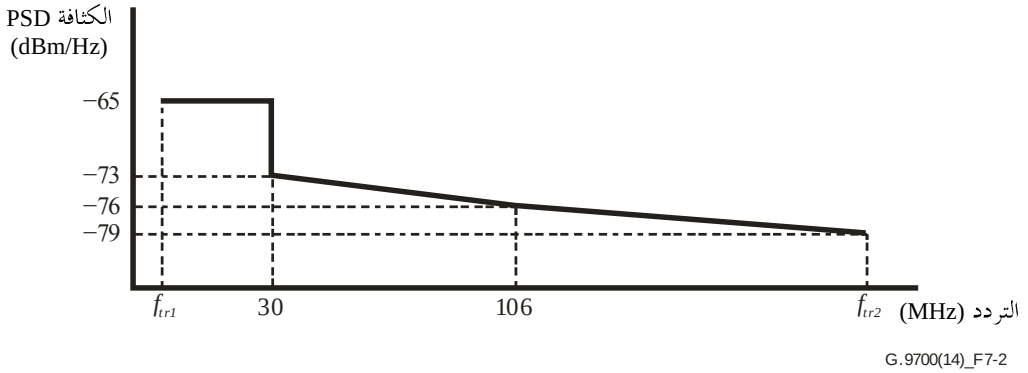
يمثل قناع حد الكثافة PSD (LPM) الحد الأقصى المطلق الذي لا يتجاوزه القناع TxPSDM أبداً. ويعرض البند 1.1.2.7 قيم القناع LPM داخل النطاق للتوصيف 106 MHz والتوصيف 212 MHz، بينما يرد تعريف قيم القناع LPM خارج النطاق في البند 2.1.2.7.

1.1.2.7 القناع LPM داخل النطاق

يبين الشكلان 7-1 و7-2 قيم القناع LPM داخل النطاق للتوصيف 106 MHz والتوصيف 212 MHz على الترتيب. وترد في الجدولين 7-2 و7-3 المعلمات المناظرة لقيم القناع LPM هذه على الترتيب.



الشكل 7-1 – قناع حد الكثافة PSD داخل النطاق للتوصيف 106 MHz



الشكل 7-2 – قناع حد الكثافة PSD داخل النطاق للتوصيف 212 MHz

الجدول 7-2 – معلمات القناع LPM داخل النطاق للتوصيف 106 MHz

المعلمة	التردد (MHz)	الكثافة PSD (dBm/Hz)	الوصف
f_{tr1}	2	65–	يرد تعريف القناع LPM للقيم الأدنى من f_{tr1} في البند 2.1.2.7.
	30	65–	
	30	73–	تحسب قيم حد الكثافة PSD بين النقاط المدرجة باستخدام استكمال داخلي خطي بوحدة dB على مقياس ترددات خطي. ويرد تعريف القناع LPM للقيم الأعلى من f_{tr2} في البند 2.1.2.7.
f_{tr2}	106	76–	

الجدول 7-3 – معلمات القناع LPM داخل النطاق للتوصيف 212 MHz

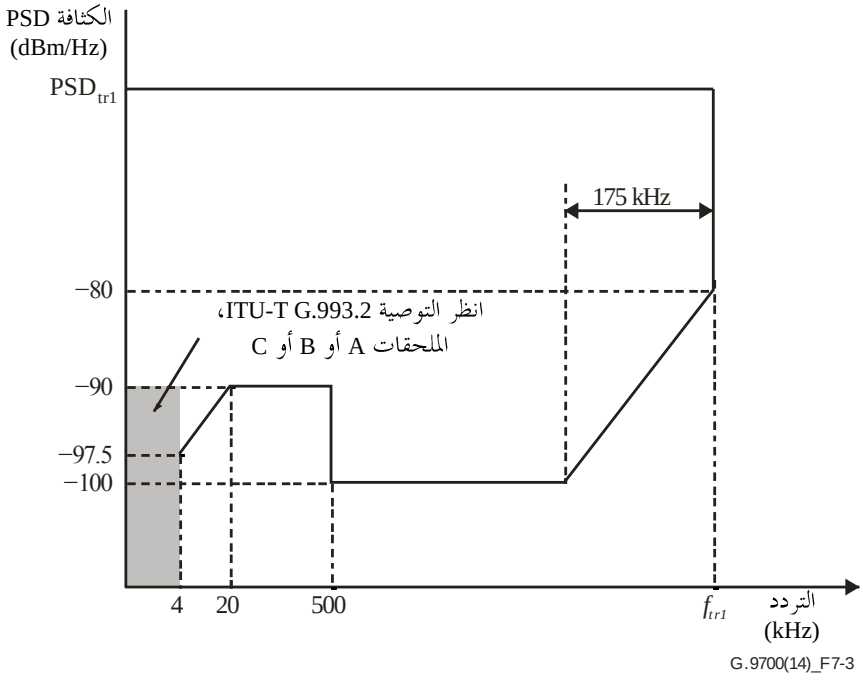
المعلمة	التردد (MHz)	الكثافة PSD (dBm/Hz)	الوصف
f_{tr1}	2	65–	يرد تعريف القناع LPM للقيم الأدنى من f_{tr1} في البند 2.1.2.7.
	30	65–	
	30	73–	تحسب قيم حد الكثافة PSD بين النقاط المدرجة باستخدام استكمال داخلي خطي بوحدة dB على مقياس ترددات خطي. ويرد تعريف القناع LPM للقيم الأعلى من f_{tr2} في البند 2.1.2.7.
	106	76–	
f_{tr2}	212	79–	

ملاحظـــة – عند استعمال عملية إضافية لتحديد شكل الطيف على النحو الموضح في البند 6 (لأسباب من قبيل تأمين توافق الطيف أو الامتثال لحدود قدرة النطاق العريض)، يمكن خفض أجزاء عديدة من القناع TxPSDM عن طريق إيقاف موجات حاملة فرعية أو خفض قدرة إرسالها. ويمكن تطبيق ثلمات إضافية للتردد إن لزم الأمر.

2.1.2.7 قناع حد الكثافة PSD خارج النطاق

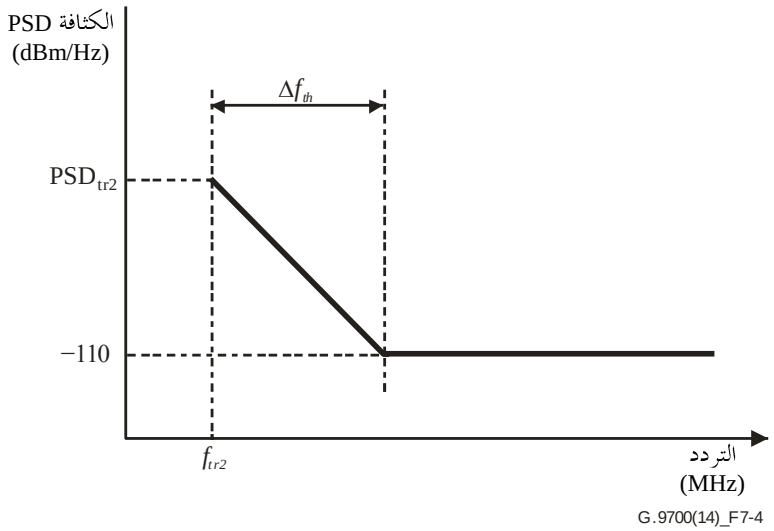
يكون قناع حد الكثافة PSD خارج النطاق على النحو المبين في الشكل 7-3 لحافة الترددات المنخفضة، وفي الشكل 7-4 لحافة الترددات العالية، حيث PSD_{tr1} هي قيمة القناع LPM داخل النطاق عند التردد f_{tr1} وPSD_{tr2} هي قيمة القناع LPM داخل النطاق عند التردد f_{tr2}. وترد في الجدولين 7-4 و7-5 معلمات قيم القناع LPM هذه على الترتيب.

وينطبق القناع LPM خارج النطاق على الترددات الأدنى من تردد انتقال الحافة المنخفضة f_{tr1} وعلى الترددات الأعلى من تردد انتقال الحافة العالية f_{tr2}. وتعتبر قيم الكثافة PSD الواقعة بين ترددي الانتقال f_{tr1} وf_{tr2} داخل النطاق ويرد تعريفها في البند 1.1.2.7.



الشكل 7-3 – القناع LPM القناع خارج النطاق لحافة الترددات المنخفضة

ترد المتطلبات للترددات الأدنى من 4 kHz في الملحقات A وB وC للتوصية [ITU-T G.993.2] لمناطق أمريكا الشمالية وأوروبا واليابان على الترتيب.



الشكل 7-4 – القناع LPM خارج النطاق لحافة الترددات العالية

الجدول 7-4 معلمات القناع LPM خارج النطاق لحافة الترددات المنخفضة

التردد f_{tr1} (MHz)	الكثافة PSD_{tr1} (dBm/Hz)	الوصف
2	65–	ينخفض حد الكثافة PSD عند تردد الانتقال f_{tr1} من القيمة PSD_{tr1} إلى 80– dBm/Hz. ويحسب حد الكثافة PSD في نطاق الانتقال باستخدام استكمال داخلي خطي بوحدة dB على مقياس ترددات خطي. ويحسب حد الكثافة PSD بين 4 و20 kHz باستخدام استكمال داخلي خطي بوحدة dB على مقياس log(*f*). ولا يجوز استخدام الموجات الحاملة الفرعية الأدنى من f_{tr1} للإرسال (سواء كانت بيانات أو معلومات مساعدة).

الجدول 7-5 معلمات القناع LPM خارج النطاق لحافة الترددات العالية

التردد f_{tr2} (MHz)	الكثافة PSD_{tr2} (dBm/Hz)	نطاق الانتقال، Δf_{th} (MHz)	الوصف
106	76–	20	يحسب حد الكثافة PSD في نطاق الانتقال (Δf_{th}) باستخدام استكمال داخلي خطي بوحدة dB على مقياس ترددات خطي. ولا يجوز استخدام الموجات الحاملة الفرعية الأعلى من f_{tr2} للإرسال (سواء كانت بيانات أو معلومات مساعدة).
212	79–	40	

2.2.7 الموجات الحاملة الفرعية المقنَّعة بشكل دائم

تقنَّع بشكل دائم الموجات الحاملة الفرعية ذات المؤشرات المتراوحة بين صفر و39 (شاملة الحدين) لكل من التوصيف 106 MHz والتوصيف 212 MHz. ولا يجوز استخدامها للإرسال (سواء كانت بيانات أو معلومات مساعدة).

3.7 معاوقة الانتهائية

تستخدم معاوقة انتهائية قيمتها R_V = 100 Ohm مقاومة خالصة عند السطح البيني U لكلا وحدتي FTU-O وFTU-R. وتستخدم على وجه التخصيص R_V = 100 Ohm كانتهائية من أجل الكثافة PSD للإرسال وتعريف قدرة الإرسال الكلية والتحقق منها.

4.7 القيمة القصوى لقدرة الإرسال الكلية

عرفت قيم القدرة القصوى الإجمالية للإرسال في هذه التوصية استناداً إلى افتراض الإرسال المستمر. أما في الأنظمة التي تستخدم إرسال مزدوج بتقسيم زمني (TDD)، مثل تلك الموصوفة في التوصية [ITU-T G.9701]، فلا يكون الإرسال في اتجاه معين مستمراً، بل لا يحدث إلا خلال فترات زمنية معينة. ويجب مراعاة ذلك في إجراءات القياس المطبقة.

لا يجوز أن تتجاوز القيمة القصوى لقدرة الإرسال الكلية لكل من FTU-O (في اتجاه المقصد) وFTU-R (في اتجاه المصدر) المستوى المحدد في الجدول 7-1 لأي توصيف معين عند قياسها باستخدام معاوقة الانتهائية المعرَّفة في الفقرة 3.7.

وتوجد قيود أخرى هي مواضيع ملحقات تحدد مختلف المتطلبات الإقليمية (تحتاج لمزيد من الدراسة).

8 التحقق من الكثافة PSD للإرسال

عُرِّفت قيم قناع الكثافة PSD للإرسال في هذه التوصية استناداً إلى افتراض الإرسال المستمر. أما في الأنظمة التي تستخدم إرسال مزدوج بتقسيم زمني (TDD)، مثل تلك الموصوفة في التوصية [ITU-T G.9701]، فلا يكون الإرسال في اتجاه معين مستمراً، بل لا يحدث إلا خلال فترات زمنية معينة. ويجب مراعاة ذلك في إجراءات القياس المطبقة.

ويكون عرض نطاق القياس (MBW) المستخدم لتقييم الكثافة PSD على النحو المعرَّف في الجدول 8-1. ويتعين تمركز عرض نطاق القياس حول التردد محل النظر.

وتكون قيمة القناع المطلوب المقارنة بها هي القيمة القصوى التي يتخذها القناع ضمن نافذة $[f - ½\times MBW, f + ½\times MBW]$.

ملاحظـــة – في حالة ما تم الجمع بين تحديد قناع الكثافة PSD للإرسال ضيق النطاق (TXPSDM_N) وقناع PSD للإرسال عريض النطاق (TXPSDM_W) في مدى ترددات معين، فإن قيم عرض نطاق القياس المحددة في هذه الفقرة تتعلق بقياسات الكثافة PSD ضيقة النطاق، PSD_N.

وتحدد أقنعة الكثافة PSD بالنسبة إلى معاوقة انتهائية مرجعية، على النحو المعرَّف في الفقرة 3.7.

الجدول 8-1 – قيم ضبط عرض نطاق القياس للتحقق من الكثافة PSD للإرسال

نطاق الترددات	عرض نطاق القياس (MBW)
4 kHz < f < 20 kHz	1 kHz
20 kHz < f < f_{tr1}	10 kHz
(f_{tr1} + ½×MBW) إلى (30 MHz – ½×MBW)	1 MHz
(30 MHz + ½×MBW) إلى (f_{tr2} – ½×MBW)	1 MHz
f_{tr2} < إلى 300 MHz	100 kHz
أي نطاق ترددات مثلّم	10 kHz

التذييـــل I

النطاقات الدولية لهواة الراديو

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

الجدول 1.I – النطاقات الدولية لهواة الراديو
في مدى الترددات 0-212 MHz

بدء النطاق (kHz)	نهاية النطاق (kHz)
1 800	2 000
3 500	4 000
7 000	7 300
10 100	10 150
14 000	14 350
18 068	18 168
21 000	21 450
24 890	24 990
28 000	29 700
50 000	54 000
70 000	70 500
144 000	148 000

التذييـــل II

النطاقات الراديوية للبث الإذاعي

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

يتضمن هذا التذييل النطاقات ذات الصلة بالمستقبلات التي يرجح أن تكون قريبة جداً من التركيبات، مع استبعاد التوزيعات الخاصة بالتكنولوجيات المتقادمة مثل التلفزيون التماثلي. والخدمات المعنية بوجه عام هي خدمات الإذاعة الراديوية.

الجدول 1.II – النطاقات الراديوية للبث الإذاعي
في مدى الترددات 0-212 MHz

بدء النطاق (kHz)	نهاية النطاق (kHz)	الخدمة
87 500	108 000	FM
174 000	216 000	التلفزيون الرقمي للأرض (الإقليم 2)
174 000	230 000	الإذاعة التلفزيونية/الصوتية الرقمية للأرض (الإقليمان 1 و3)

التذييـــل III

تعريف الكثافة PSD للمرسل (TXPSD) في حالات الإرسال غير المستمر

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

يقدم هذا التذييل تعريفاً رسمياً للكثافة TXPSD للإشارات التي تمثل قطاراً لرموز تضم فترات سكون، كتلك التي تنتجها أنظمة النغمات المتعددة المنفصلة DMT للإرسال المزدوج بالتقسيم الزمني.

ويعرف هذا التذييل الكثافة TXPSD بأنها قابلة للتطبيق على قطار من الرموز المرسلة أو قطار رموز متقطع أو قطار رموز مستمر. والرموز المرسلة هي جميع الرموز المرسلة في فترة الإرسال في اتجاه الإرسال. وتستبعد مواضع الرموز الساكنة في فترة الإرسال. وهو لا يحدد تقنية للقياس.

ويعرف هذا التذييل الكثافة TXPSD بدلالة متغير وسيط، "الكثافة PSD لرمز المرسل" (TXSPSD). وتعرف الكثافة TXSPSD بالنسبة إلى توقع الكثافة الطيفية للطاقة (ESD) للرموز المرسلة في اتجاه معين.

والكثافة ESD لشكل موجة فولطية الرمز $V_s(t)$ تشتق إلى معاوقة مرجعية قيمتها 100 أوم.

$$ESD(V_s, f) = \frac{1}{R_0}\left|\int_{-\infty}^{\infty} V_s(t).\, e^{-i2\pi f t} dt\right|^2 \ (in\ unit\ of\ Joule/Hz)$$

R_0 = 100 أوم

وتشتق الكثافة TXSPSD من توقع الكثافة ESD عبر مجموعة من الرموز المرسلة.

$$TXSPSD(f) = f_{DMT}.\,\mathrm{E}[ESD(V(t), f);\ V \in S] \text{ (in unit of W/Hz)}$$

$S = \{S_0, S_1 \ldots S_N\}$

S_0 وS_1 وS_N تتابع صالح للرموز المرسلة

$E[x]$ التوقع الإحصائي للمتغير x.

وتضمن هذه المعايرة بواسطة مدة الرمز أن يكون ضمن حدود أي تتابع غير محدود من الرموز قيمة للكثافة TXSPSD تقترب من الكثافة PSD التقليدية المشتقة من تحويل فوريه لدالة الارتباط التلقائي.

وتعرف الكثافة TXSPSD المحققة في عرض نطاق bw معين كالتالي:

$$TXPSD(bw, f) = 30 + 10 \times log_{10}\left(\frac{1}{bw}\int_{f-\frac{bw}{2}}^{f+\frac{bw}{2}} TXSPSD(f_b) df_b\right) \text{ (in unit of dBm/Hz)}$$

$TXPSDM(f)$: المستوى الأقصى المسموح به للكثافة $TXPSD(bw,f)$ لتتابع وطرق التحقق من الامتثال خارج نطاق هذه التوصية.

سلاسل التوصيات الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

السلسلة A	تنظيم العمل في قطاع تقييس الاتصالات
السلسلة D	المبادئ العامة للتعريفة
السلسلة E	التشغيل العام للشبكة والخدمة الهاتفية وتشغيل الخدمات والعوامل البشرية
السلسلة F	خدمات الاتصالات غير الهاتفية
السلسلة G	**أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية**
السلسلة H	الأنظمة السمعية المرئية والأنظمة متعددة الوسائط
السلسلة I	الشبكة الرقمية متكاملة الخدمات
السلسلة J	الشبكات الكبلية وإرسال إشارات تلفزيونية وبرامج صوتية وإشارات أخرى متعددة الوسائط
السلسلة K	الحماية من التداخلات
السلسلة L	إنشاء الكبلات وغيرها من عناصر المنشآت الخارجية وتركيبها وحمايتها
السلسلة M	إدارة الاتصالات بما في ذلك شبكة إدارة الاتصالات (TMN) وصيانة الشبكات
السلسلة N	الصيانة: الدارات الدولية لإرسال البرامج الإذاعية الصوتية والتلفزيونية
السلسلة O	مواصفات تجهيزات القياس
السلسلة P	نوعية الإرسال الهاتفي والمنشآت الهاتفية وشبكات الخطوط المحلية
السلسلة Q	التبديل والتشوير
السلسلة R	الإرسال البرقي
السلسلة S	التجهيزات المطرافية للخدمات البرقية
السلسلة T	المطاريف الخاصة بالخدمات التلماتية
السلسلة U	التبديل البرقي
السلسلة V	اتصالات البيانات على الشبكة الهاتفية
السلسلة X	شبكات البيانات والاتصالات بين الأنظمة المفتوحة ومسائل الأمن
السلسلة Y	البنية التحتية العالمية للمعلومات وملامح بروتوكول الإنترنت وشبكات الجيل التالي
السلسلة Z	اللغات والجوانب العامة للبرمجيات في أنظمة الاتصالات

طُبعت في سويسرا
جنيف، 2015