الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R F.758-5

(2012/03)

معلمات النظام واعتبارات تراعى عند وضع معايير التشارك أو التوافق بين الأنظمة اللاسلكية الثابتة الرقمية في الخدمة الثابتة وأنظمة في خدمات أخرى ومصادر أخرى للتداخل

السلسلة F

الخدمة الثابتة

الاتحاد الدولي للاتصالات ITU

تمهيد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد لمدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها.

ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

يرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهرتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/publ/R-REC/en)

السلسلة	العنوان
BO	البث الساتلي
BR	التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية
BS	الخدمة الإذاعية (الصوتية)
BT	الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)
F	**الخدمة الثابتة**
M	الخدمة المتنقلة وخدمة التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة
P	انتشار الموجات الراديوية
RA	علم الفلك الراديوي
RS	أنظمة الاستشعار عن بعد
S	الخدمة الثابتة الساتلية
SA	التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية
SF	تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة
SM	إدارة الطيف
SNG	التجميع الساتلي للأخبار
TF	إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت
V	المفردات والمواضيع ذات الصلة

ملاحظة: *تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذه التوصية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.*

النشر الإلكتروني
جنيف، 2013

© ITU 2013

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

التوصية ITU-R F.758-5*

معلمات النظام واعتبارات تراعى عند وضع معايير التشارك أو التوافق بين الأنظمة اللاسلكية الثابتة الرقمية في الخدمة الثابتة وأنظمة في خدمات أخرى ومصادر أخرى للتداخل

(2012-2005-2003-2000-1997-1992)

مجال التطبيق

تحتوي هذه التوصية على مبادئ من أجل وضع معايير تشارك الأنظمة الرقمية في الخدمة الثابتة. والاعتبارات التي تراعى أساساً تتعلق بكيفية التصميم الصحيح لتردي الأداء والتيسر بسبب التداخل ضمن الأهداف المسموح بها، على النحو المحدد في التوصية ITU–R F.1094، في بيئات تداخل مختلفة.كما تحتوي التوصية أيضاً على معلومات عن الخصائص التقنية الممثلة للواقع الفعلي ومعلمات التشارك النمطية للأنظمة اللاسلكية الثابتة الرقمية في الخدمة الثابتة، لكي تُستخدم هذه المعلومات في دراسات التشارك في الترددات التي تعلو على 30 MHz. وفي الحالات التي تبين فيها التحاليل إشكالات بشأن التشارك، يمكن الاطلاع على معلومات إضافية عن أنظمة ثابتة محددة نشرتها إدارات في التقرير ITU–R F.2108.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن من الضروري وضع معايير تشارك بين الخدمة الثابتة وخدمات أخرى في نطاقات الترددات حيث لكلتا الخدمتين حقوق متساوية في التوزيع؛

ب) أن من الممكن إدارة التشارك بتحديد قيم مسموح بها لتردي الأداء والتيسر لأنظمة لا سلكية ثابتة يسببها تداخل من خدمات راديوية أخرى موزعة في نفس نطاقات الترددات الموزعة للخدمة الثابتة بحقوق متساوية؛

ج) أن يتعين أيضاً أن يؤخذ في الحسبان التداخل من خدمات أخرى تتشارك نفس النطاق على أساس غير أولي والبث من خدمات أخرى خارج النطاق المتشارك فيه والبث من مصادر غير الخدمات الراديوية؛

د) أن من الضروري وضع مبادئ لتوزيع التردي في الأداء والتيسر بين مختلف عناصر النظام اللاسلكي الثابت وبين كل مصدر من مصادر التداخل؛

هـ) أن لا بد من فهم الخصائص التقنية لكل خدمة من أجل تحديد معايير التداخل المقابلة لمقدار التردي المسموح به في الأداء والتيسر في النظام اللاسلكي الثابت؛

و) أن التردي في الأداء والتيسر قد يحدث بسبب التداخل طويل الأمد وقصير الأمد على السواء، وعليه يجب وضع معايير للتداخل طويل الأمد وقصير الأمد على السواء؛

ز) أن تيسر منهجية أساسية لوضع معايير التشارك في الخدمة الثابتة مفيد للجان دراسات أخرى بقطاع الاتصالات الراديوية،

وإذ تلاحظ

أ) أن خصائص الأنظمة الرقمية والتماثلية الثابتة تعتمد على الإصدارات السابقة للتوصية الواردة في التقرير ITU–R F.2108؛

* ينبغي أن ترفع هذه التوصية إلى لجان الدراسات 4 و6 و7.

ب) أن التوصية ITU–R F.1094 توفر مبدأ القسمة العام لترديات الأداء والتيسر في الخدمة الثابتة بسبب التداخل من الخدمات أو المصادر الأخرى،

توصي

1 بأن يُنظر في معايير التشارك وتقييم ظروف التداخل بين الخدمة الثابتة وبين خدمات أخرى ومصادر تداخل أخرى وفقاً للمبادئ الموصوفة في الملحق 1؛

2 بأن يسترشد بالمعلومات الواردة في الملحق 2 لدى النظر في الخصائص التقنية ومعلمات النظام النمطية بالنسبة لأنظمة الخدمة اللاسلكية الثابتة الرقمية والتي يجب أن تؤخذ في الحسبان عند وضع معايير التشارك مع خدمات أخرى؛

3 بإمكانية استخدام معلمات النظام الواردة في جداول الملحق 3 كمعلومات متممة للنطاقات التي لا يورد الملحق 2 من أجلها معلمات نمطية.

الملحق 1

اعتبارات أساسية في وضع معايير التشارك

1 هدف الأداء الشامل

إن إحدى وظائف مخطط نظام الاتصالات الراديوية هي أن يصمم وينفذ شبكة إرسال تحقق أهداف الأداء التي وضعها قطاع تقييس الاتصالات (ITU-T) وقطاع الاتصالات الراديوية (ITU–R). لذلك من الضروري أن تتمكن الأنظمة الحقيقية من تحقيق أهداف التصميم، لا سيما في ضوء الاستعمال المتزايد للطيف الراديوي. وهناك توصيات مختلفة في سلسلة ITU–R F تتعلق بهدف الأداء الشامل لمختلف أنماط الدارات.

1.1 أهداف الأداء من حيث الخطأ وأهداف التيسر

1.1.1 التوصية المرجعية في قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية

إن التوصية ITU–R F.1668 بشأن أهداف الأداء من حيث الأخطاء في الوصلات اللاسلكية الثابتة الرقمية الحقيقية المستخدمة في مسيرات وتوصيلات مرجعية افتراضية بطول 500 27 كيلومتر تحتوي على *أهداف الأداء من حيث الخطأ للوصلات اللاسلكية الثابتة الرقمية الحقيقية في المسيرات الافتراضية المرجعية التي يبلغ طولها 500 27 km وفي توصيلاتها*، وذلك على أساس التوصيات ITU–T G.826 وITU–T G.828 وITU–T G.829. وهي التوصية الوحيدة التي تعرّف أهداف الأداء من حيث الخطأ لجميع الوصلات اللاسلكية الثابتة الرقمية الحقيقية.

الملاحظة 1 – يقتصر سريان التوصيات الأقدم ITU–R F.634 وITU–R F.696 وITU–R F.697 على الأنظمة المصممة قبل اعتماد التوصية ITU-T G.826 (ديسمبر 2002).

وتحتوي التوصية ITU–R F.1703 على أهداف التيسر للوصلات اللاسلكية الثابتة الرقمية الحقيقية في المسيرات الافتراضية المرجعية التي يبلغ طولها 500 27 km وفي توصيلاتها، وذلك على أساس التوصية ITU–T G.827. وهي التوصية الوحيدة التي تعرّف أهداف التيسر لجميع الوصلات اللاسلكية الثابتة الرقمية الحقيقية.

الملاحظة 2 – يقتصر سريان التوصيات الأقدم ITU–R F.695 وITU–R F.696 وITU–R F.697 على الأنظمة المصممة قبل اعتماد التوصية ITU–R F.1703 (يناير 2005).

ومعظم التطبيقات الجديدة هي لأنظمة باستخدام واحد أو عدد قليل من القفزات (لوصلة ربط الشبكة الخلوية مثلاً أو لتوصيل المناطق النائية بشبكات المناطق الحضرية). ومع ذلك، فإن الحماية من التداخل لكل قفزة لا تزال تعتمد على التوصيات المذكورة أعلاه.

2.1.1 الأساس الزمني للتقييم

1.2.1.1 مبادئ عامة

يجري تقييم التيسر على أساس زمني يمتد لسنة واحدة، على النحو المحدد بالتوصية ITU–T (G.827)، وهو أساس مستقل عن وسائط النقل الفعلية.

ويجري تقييم الأداء من حيث الخطأ على أساس زمني يمتد لشهر واحد، على النحو المحدد بالتوصية ITU–T (G.826)، وهو أساس مستقل عن وسائط النقل الفعلية. وعلى وجه الخصوص، بما أن الانتشار الراديوي يتميز بتقلب كبير حسب الموسم والمناخ، فالأهداف التي يراد الوفاء بها هي لأسوأ شهر (ويرد توضيح لمفهومه في التوصية ITU-R P.581).

وعند الضرورة، ولأغراض التنبؤ، يجري تحويل الإحصائيات السنوية لإحصاءات أسوأ شهر، وهو موضوع تتناوله التوصية ITU–R P.841.

في حالة التوصيلات الراديوية المتضررة من التداخل من أي مصدر، يتضمن التقييم الكلي للأداء من حيث الخطأ وللتيسر، مؤثر التداخل الإضافي ضمن الأساس الزمني المناسب أعلاه.

وتجدر الإشارة إلى أن مفهومي التداخل "طويل الأجل" و"قصير الأجل" (انظر الفقرتين 1.4 و2.4 في هذا الملحق 1) لا يرتبطان مباشرة بالأساس الزمني الممتد "لشهر" أو "سنة". فنمطا التداخل كلاهما، حسب تقلب الزمن والمستوى، يمكنهما، من حيث المبدأ، التأثير على "الأداء من حيث الخطأ" (على أساس شهري)، ولكن ليس إلا للتداخل الممتد لأكثر من 10 ثوان متعاقبة أن يؤثر على "تيسر" أنظمة الخدمة الثابتة (على أساس سنوي).

وهذا التداخل الأخير عادة ما يُلحظ في التداخل طويل الأجل، ولكن في حالات خاصة يمكنه أن يحصل أيضاً في إطار التداخل قصير الأجل.

2.2.1.1 التطبيقات العملية

وفقاً للمبادئ المذكورة أعلاه، كلما استجد وضع ينطوي على تشارك أو توافق مع أنظمة في الخدمة الثابتة، تقتضي الضرورة القيام بدراسات مختلفة لتقييم أثر التداخل، بشكل منفصل، على تيسر الخدمة الثابتة (على أساس سنوي) والأداء من حيث الخطأ (على أساس شهري).

ولكن، في بعض الحالات العملية استُغني عن كلتا الدراستين بفضل الوضع الفيزيائي المتوقع في المسيرات المطلوبة وغير المطلوبة.

وعلى وجه الخصوص، عند كون التداخل على نظام ثابت متضرر قائماً باستمرار (من محطة فضائية في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض مثلاً)، يفترض عموماً أن مستوى التداخل المقبول ينبغي أن يكون منخفضاً بما فيه الكفاية كي لا يؤثر على عتبة تيسر النظام الثابت على أساس سنوي. وفي هذه الحالة، بضمان تردٍ مناسب في تيسر النظام الثابت، يُفترض عموماً أن أي تردٍ في "الخطأ من حيث الأداء" سيكون ضمن الحدود المقبولة (في أي شهر) وليس هناك حاجة لدراسة محددة في هذا الشأن.

وعلى العكس من ذلك، عند كون التداخل على نظام ثابت متضرر سريعة التقلب نسبياً (من محطة فضائية في مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض مثلاً)، يفترض عموماً أن مستوى التداخل المقبول، بفعل المسيرات غير المترابطة المطلوبة وغير المطلوبة، يمكن

أن يكون أعلى بحيث يطغى تردي "الأداء من حيث الخطأ" على تردي "التيسر" المحتمل. وفي هذه الحالة، ينبغي أن تنفذ دراسة تردي "الخطأ من حيث الأداء" على أساس "أسوأ شهر" (انظر المثال في التوصيتين ITU–R F.1108 وITU-R F.1495).

ومن حيث المبدأ، عند تباطؤ التقلب (حالات شبه ثابتة)، تُتوقع إمكانية قيام عتبة سرعة يتأثر عندها ترديا "التيسر" و"الخطأ من حيث الأداء" على قدم المساواة. وفي مثل هذه الحالات، ينبغي إجراء دراسات محددة لكلتا الحالتين على أساسيهما الزمنيين المناسبين.

2 التقسيم الفرعي لأهداف الأداء والتيسر

عالج القسم السابق أهداف الأداء الشامل لتوصيلات مرجعية رقمية. ومع ذلك، يوجد عملياً عدد كبير من المصادر الممكنة للتداخل تساهم في تردي الأداء في نظام لا سلكي ثابت. والتماساً لطريقة عملية في التخطيط تحتاج أهداف الأداء الشامل لأن تُقسم فرعياً بين مختلف أقسام التوصيلات الافتراضية المرجعية (HRX) والمسير الافتراضي المرجعي (HRP) في مجملها. ومن ثم يتوزع هدف الأداء بين مختلف المصادر داخل كل قسم.

1.2 تقسيم هدف الأداء من حيث الخطأ وهدف التيسر لقسم ما

تتناول التوصية ITU–R F.1094 هذه النقطة؛ ألا وهي *الحد الأقصى المسموح به لتردي الخطأ من حيث الأداء وفي التيسر فيما يتعلق بالأنظمة اللاسلكية الثابتة الرقمية (FWS) عندما يكون هذا التردي ناتجاً عن تدخلات راديوية تسببها إرسالات وإشعاعات صادرة عن مصادر أخرى*. حيث يقسم هدف الأداء المسموح به إلى عنصر قدره X% لجزء الخدمة الثابتة، وY% لتشارك الترددات على أساس أولي، وZ% لجميع مصادر التداخل الأخرى (ينبغي ملاحظة أن $X\% + Y\% + Z\% = 100\%$). حيث تبلغ نسب المتحولات X وY وZ 89% و10% و1%، على التوالي. ومن الممكن تقسيم الجزء X% بدوره لمراعاة المتطلبات المحلية ونوعية الخدمة المطلوبة (انظر الفقرة 3.1.4).

ومن الجدير بالملاحظة أن مصدر تداخل ما (مرسِل (Tx) مثلاً) قد يؤثر في أكثر من قفزة واحدة في نظام ما.

2.2 تقسيم تردي الأداء والتيسر على مختلف الخدمات

عند وضع معايير التشارك مع الخدمات الأخرى على أساس أولي مشترك، قد تقتضي الضرورة النظر في قسمة هدف الخطأ من حيث الأداء (EPO) وأهداف أداء التيسر (APO) على التداخلات قصيرة الأجل وطويلة الأجل (انظر الجزء التمهيدي في الفقرة 4). ثم، ينبغي أن تؤخذ النقاط التالية بعين الاعتبار:

أ) في النطاق المشترك بين الخدمة الثابتة وخدمة راديوية واحدة على أساس أولي، ينبغي ألا يتجاوز تردي الأداء/التيسر، $Y1$%، في الخدمة الثابتة جراء التداخل من الخدمات الأخرى 10% من الهدف المحدد وفقاً للتوصية ITU-R F.1094.

ب) وبعد وضع معايير التشارك مع الخدمات على أساس أولي مشترك، يمكن وضع تردي الأداء/التيسر، $Y2$%، في الخدمة الثابتة جراء التداخل من خدمة أخرى تشاركها النطاق نفسه على أساس أولي مشترك كما يلي:

- ينبغي أن تدرس بعناية البيئة متعددة التداخلات الناجمة عن كلتا الخدمتين، ولا سيما الحالة المؤدية إلى الحد المسموح، $Y1$%، وإلى استقبال تداخل إضافي في الوقت نفسه من خدمة ثانية عاملة على أساس أولي مشترك؛
- يمكن اشتقاق الحد Y2 من نموذج التداخل النمطي بين الخدمة الثابتة وخدمة ثانية عاملة على أساس أولي مشترك مع احتساب الأثر المحتمل أيضاً للخدمة الأولى العاملة على أساس أولي مشترك في ذلك النموذج.

3 خصائص التداخل

من الضروري الحصول على معلومات عن مستويات التداخل الناشئ عن خدمات أخرى الذي يمكن أن يتسبب في تردي أداء النظام بمقادير معينة. وسيسهل ذلك إذا أمكن، بمساعدة لجان دراسات أخرى، تجميع جدول يعطي معلومات عن خصائص البث.

هناك فئتان من التداخل تستحقان البحث:

- التداخل الناشئ عن تشارك خدمات في النطاق نفسه على أساس أولي قد يكون داخل عرض نطاق المستقبِل في تشكيل رقمي في هيئة بث بموجات مستمرة أو برشقات. ويمكن الرجوع إلى النصوص ذات الصلة في توصيات السلسلة ITU–R F وتوصيات السلسلة SF (مثال ذلك التوصية ITU–R SF.766)؛
- البث المستمر أو النبضي و/أو المتقطع من أنظمة غير تلك التي تتشارك في النطاق نفسه خدمات على أساس أولي ربما لمرات عديدة ومتنوعة يمكن اعتباره من قبيل البث الهامشي. يمكن أن يكون منشأ هذا البث إما من الأنظمة/التطبيقات العاملة في نفس النطاق على أساس غير أولي أو من بث غير مطلوب من أنظمة عاملة في نطاقات أخرى.

وفي نهاية المطاف يمكن، بمساعدة لجان أخرى من لجان الدراسات للاتصالات الراديوية، إعداد جدول آخر يقارن بين مستويات التداخل أو الضوضاء الغوسية المطلوبة لتنتج ترديا معيناً في أداء القناة.

4 اعتبارات ما يُسمح به من تردي الأداء/التيسر جراء التداخل، ومعايير التداخل ذات الصلة

تشتمل طرائق وصف مستويات التداخل في أنظمة المرحلات الراديوية للأرض إما على كثافة تدفق القدرة (pfd) وإما على مستوى القدرة عند دخل الهوائي أو مستوى القدرة عند دخل المستقبِل. ومن الجدير بالملاحظة أن كل هذه الطرائق مستعملة في توصيات السلسلتين ITU–R F- و-ITU–R SF.

وبصفة عامة، لا تثبت القدرة المستقبَلة من مصدر تداخل، بل تتقلب بتقلب ظروف انتشار مسير التداخل أو بتحرك المرسل المسبب للتداخل. وظروف الانتشار ذات الشأن الأكبر عبر المسيرات المسببة للتداخل تتمثل في ظروف الانتشار الموجه والانتثار التروبوسفيري، بما في ذلك الخبو بسبب تعدد المسيرات والخبو بسبب المطر والخبو بسبب الانعراج، وهي ظروف يمكن أن تسبب أيضاً تقلب القدرة المستقبَلة للإشارة المرغوبة (خبو النظام)، الأمر الذي يتطلب امتلاك النظام لهامش خبو كاف. ويمكن تكون تقلبات القدرة المستقبَلة للإشارتين المرغوبة والمسببة للتداخل مترابطة أو غير مترابطة، حسب النطاق الترددي والتموضع الهندسي للتداخل.

ولتبسيط التحليل، يُفصل النظر في التداخل قصير الأجل الذي يصف أعلى مستويات قدرة التداخل الواقع في أقل من 1 في المائة من الوقت، عن النظر في التداخل طويل الأجل الذي يتناول الجزء المتبقي من توزيع قدرة التداخل.

وعند خبو الإشارة المرغوبة، تزيد النسبة المئوية للوقت الذي تُنتهك خلاله عتبة الأداء زيادة طفيفة بسبب قدرة التداخل الموجودة عند خبو الإشارة مقتربةً من العتبة. وعند النظر في التداخل في ظل هذه الظروف، يشار إلى التداخل على أنه تداخل طويل الأجل. وهو تداخل يسبب ترديا في أداء النظام من حيث الخطأ وفي تيسره بتقليص هامش الخبو المتاح لحماية نظام الخدمة الثابتة من الخبو. وفي دراسات التشارك والتوافق، يتميز التداخل طويل الأجل عادة بتجاوز قدرة التداخل بنسبة 20% من الوقت، عند مدخل المستقبِل المتضرر. وذلك هو مستوى القدرة الذي من شأنه أن يُستخدم في الجداول 2 و3ألف و3باء في الفقرتين 1.1.4 و2.1.4 التاليتين. وللاطلاع على النسب المئوية للوقت المطبقة على معايير الحماية، انظر الفقرة 2.1.1.

ويتطلب التداخل قصير الأجل دراسة منفصلة لأن قدرة التداخل قد تعلو بما يكفي للتسبب بالتردي حتى عندما تكون الإشارة المرغوبة خالية من الخبو. ويجب ألا يقع مثل هذا التداخل إلا لماماً ولفترات قصيرة ليكون مقبولاً. ويحدَد معيار التداخل قصير الأجل على أساس قدرة التداخل اللازمة لإحداث خلل معين في الأداء من حيث الخطأ (كثانية مشوبة بالأخطاء) عندما تكون الإشارة المرغوبة خالية من الخبو. وهذا هو النهج المتبع في التذييل 7 للوائح الراديو وفي التوصيات ITU–R SM.1448 وITU-R F.1494 وITU–R F.1495 وITU–R F.1606 وITU–R F.1669 وITU–R SF.1650.

وبما أن تحقيق أهداف الأداء من حيث الخطأ يقتضي عدم وقع خلل في هذا الأداء إلا بنسب مئوية من الوقت تقل كثيراً عن 1%، فإن دراسات التداخل قصير الأجل تتطلب معرفة بتجاوزات قدرة التداخل في نسب مئوية من الوقت تقل كثيراً عن 1%. ويوصَّف معيار التداخل لخلل معين في الأداء من حيث الخطأ، بمستوى القدرة (نسبة إلى ضوضاء المستقبِل) والنسبة المئوية للوقت المخصص لهذا الخلل.

وفي دراسات التشارك والتوافق في النطاقات الترددية حيث الخبو بسبب تعدد المسيرات هو السبب السائد لتردي الانتشار بالنسبة لمستقبلات الخدمة الثابتة (غالباً في النطاقات الترددية ما دون 15 GHz تقريباً)، تكون حالات الخبو غير مترابطة على المسيرات المرغوبة وتلك المسببة للتداخل. وفي ظل هذه الظروف، عرّفت التوصية ITU–R F.1108 بأسلوب التردي الجزئي في الأداء (FDP) الذي يظهر أن استخدام القيمة المتوسطة لقدرة التداخل مناسب كقيمة حرجة لقدرة التداخل طويل الأجل. ولكن يجب تحديد متوسط القدرة في هذا الحساب مع استبعاد الفترات الزمنية التي تتجاوز فيها مستويات قدرة التداخل الحد المستخدم لمعايير التداخل قصير الأجل. (تورد التوصية ITU–R F.1108 مثالاً ذا صلة مطبقاً على مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض).

وفي النطاقات الترددية حيث المطر هو العامل المهيمن، من غير المناسب استخدام أسلوب التردي الجزئي في الأداء (FDP) في اعتبارات التداخل طويل الأجل لسببين: 1) وجوب استقلال توزيع خبو الإشارة المرغوبة عن توزيع قدرة التداخل المستقبَلة بحيث يمكن تمثيله بجداء فرادى كثافات التوزيع؛ 2) وجوب خفض النسبة المئوية لوقت تجاوز عمق خبو الإشارة المرغوبة بعامل 10 للحصول على زيادة 10 dB في عمق الخبو. وهذه هي سمة الخبو بسبب تعدد المسيرات كما ورد في التوصية ITU–R P.530. وفي هذه النطاقات، يعتبر كافياً ضمان تلبية جميع متطلبات تردي الأداء من حيث الخطأ ومتطلبات التيسر الموزعة على التداخل طويل الأجل باستخدام مستوى التداخل المتغير بمرور الزمن الذي يمثل 20% من التعريف الزمني لمعيار التداخل طويل الأجل، وضمان تلبية توزيع قدرة التداخل لمعايير تردي الأداء من حيث الخطأ الموضوعة للتداخل قصير الأجل. ويمكن تقييم قدرة التداخل الواقعة بين النسبة المئوية للوقت المعرف لمعايير الأجل القصير (<1% من الوقت) والوقت المعرف لمعايير الأجل الطويل (<20% من الوقت) على أساس كل حالة على حدة، ولكن مثل هذه الاعتبارات ينبغي أن تراعي أيضاً وقوع مستويات من قدرة التداخل التي تقل عن نسبة 20% من الوقت المتوقعة.

وعند النظر في بث التداخل النبضي أو المتقطع، ينبغي تحديد أثره على أنظمة الخدمة الثابتة على أساس آلية اقتران للتداخل وليس عن طريق خصائص دورة تشغيل الإشارة المسببة للتداخل. (فمثلاً، ينبغي تقييم البث الراداري الذي تقل دورة تشغيله عن 1% كتداخل طويل و/أو قصير الأجل على حد سواء، حسب الاقتضاء.)

وسيعتمد عدد وقيم معايير التداخل اللازمة لحماية النظام اللاسلكي الثابت على خصائص النظام اللاسلكي الثابت ومصدر التداخل. وفي حالة التداخل المتغير بمرور الزمن، قد لا يكفي معيار واحد بشأن التداخل، وقد وصّفت بعض التوصيات قيمتين أو ثلاث تقابل الأجل الطويل (20% من الوقت) والأجل القصير (<1% من الوقت).

وتجدر الإشارة إلى أن أحداث تردي الأداء من حيث الخطأ هي أحداث تدوم لفترة قصيرة جداً بسبب المتطلبات الصارمة لأهداف الأداء من حيث الخطأ.

ويتناسب عدد معايير التداخل قصير الأجل مع عدد معايير الأداء من حيث الخطأ المناسبة لسيناريو التشارك. وتتصل النسبة المئوية للوقت المرتبط بمعيار التداخل قصير الأجل بهدف الأداء للنظام قيد النظر. ويمكن العثور على مزيد من المعلومات بشأن أهداف التداخل قصير الأجل في التوصيات ITU-R F.1494 وITU–R F.1495 وITU–R F.1606 التي تتعامل بمجملها مع معايير الحماية المطبقة على التداخل المتغير بمرور الوقت.

ويدرج الجدول 1 المراجع ذات الصلة بأهداف الأداء/التيسر، وبالتشارك بين الخدمة الثابتة والخدمات الأولية الأخرى فيما يتعلق بالتداخل على الخدمة الثابتة.

وينبغي الوفاء بأهداف الأداء والتيسر على نحو مستقل سواء كانت ناتجة عن التداخل طويل أو قصير الأجل.

الجدول 1

توصيات قطاع الاتصالات الراديوية المتعلقة بالتشارك في الترددات بين الخدمة الثابتة والخدمات الأولية الأخرى

التوصية ITU-R	العنوان
F.1094	الحد الأقصى المسموح به للانحطاط في الأداء بشأن الأخطاء وفي التيسر فيما يتعلق بالأنظمة اللاسلكية الثابتة الرقمية (FWS) عندما يكون هذا الانحطاط ناتجاً عن تدخلات راديوية تسببها إرسالات وإشعاعات صادرة عن مصادر أخرى
F.1108	تحديد المعايير اللازمة لحماية مستقبلات الخدمة الثابتة من إرسالات المحطات الفضائية العاملة في مدارات غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في نطاقات ترددات متقاسمة
F.1334	معايير حماية الأنظمة في الخدمة الثابتة التي تتشارك نطاقات الترددات نفسها مع الخدمة المتنقلة البرية في المدى GHz 3-1
F.1338	مستويات العتبات اللازمة لتحديد ضرورة التنسيق بين أنظمة معينة في الخدمة الإذاعية الساتلية (الصوتية) في مدار سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض من أجل إرسالات فضاء-أرض، وبين الخدمة الثابتة في النطاق MHz 1 492-1 452
F.1494	معايير التداخل لحماية الخدمة الثابتة من التداخل المتجمع متغاير الزمن الناشئ من خدمات أخرى تتشارك النطاق GHz 12,75-10,7 على أساس أولي مشترك
F.1495	معايير التداخل لحماية الخدمة الثابتة من التداخل المتجمع متغاير الزمن الناشئ من خدمات اتصالات راديوية أخرى تتقاسم النطاق GHz 19,3-17,7 على أساس أولي مشترك
F.1565	تردي الأداء الناجم عن تداخل تسببه خدمات أخرى تتشارك على أساس أولي مشترك نفس نطاقات الترددات مع أنظمة لا سلكية ثابتة رقمية حقيقية مستخدمة في الجزء الدولي والجزء الوطني من مسير مرجعي افتراضي طوله km 27 500 بمعدل مساوٍ للمعدل الأولي أو أعلى منه.
F.1606	معايير التداخل لحماية أنظمة لا سلكية ثابتة من تداخل مجمَّع يتغير زمنياً ينتج عن سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض تعمل في خدمات أخرى تتشارك النطاقين GHz 40-37 وGHz 42,5-40,5 على أساس أولي مشترك
F.1668	أهداف الأداء من حيث الأخطاء للوصلات اللاسلكية الرقمية الثابتة الحقيقية المستخدمة في مسيرات ووصلات مرجعية افتراضية بطول 500 27 كيلومتر
F.1669	معايير تداخل الأنظمة اللاسلكية الثابتة العاملة في النطاقين GHz 40-37 وGHz 42,5-40,5 فيما يتعلق بالسواتل في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض
F.1670	حماية الأنظمة اللاسلكية الثابتة من الأنظمة الفيديوية والصوتية الرقمية للأرض التي تتقاسم نطاقي الموجات المترية (VHF) والموجات الديسيمترية (UHF)
F.1703	أهداف التيسر للوصلات اللاسلكية الثابتة الرقمية الحقيقية المستعملة في مسيرات وتوصيلات مرجعية افتراضية يبلغ طولها km 27 500
F.1706	معايير حماية الأنظمة اللاسلكية الثابتة من نقطة إلى نقطة التي تتقاسم مع أنظمة النفاذ اللاسلكية الرحالة نفس نطاق الترددات في المدى من 4 إلى GHz 6
SF.1006	تحديد احتمال التداخل بين محطات أرضية من الخدمة الثابتة الساتلية ومحطات في الخدمة الثابتة
SF.1650	المسافة الدنيا من خط الأساس والتي لا تسبب بعده المحطات الأرضية المتحركة المحمولة على متن السفن تداخلاً غير مقبول لخدمة الأرض في نطاقي التردد MHz 6 425-5 925 وGHz 14,5-14

1.4 التداخل طويل الأجل

تضع التوصية ITU–R F.1094 الأسس لقسمة هدف الخطأ من حيث الأداء (EPO) وأهداف أداء التيسر (APO) .

في هذا القسم، يُنظر في العلاقات بين المسألتين أ) وب) التاليتين مع استبعاد اعتبارات التداخل قصير الأجل:

أ) تردي الأداء من حيث الخطأ (EP) أو أداء التيسر (AP) جراء التداخل من الخدمة الأولية المشتركة الذي يحدد بشكل واضح بنسبة 10% في التوصية ITU–R F.1094 (وأيضاً في التوصية ITU–R F.1565).

ب) تردي هامش الخبو جراء التداخل، والذي يحسب مباشرة من قيمة (I/N) كما يلي:

$10 \log ((N + I)/N) = 10 \log ((1 + (I/N)))$ (dB).

وجدير بالذكر أن نسبة I/N تعرَّف عموماً بدلالة متوسط (جذر متوسط تربيع (rms)) الضوضاء والتداخل كليهما، ولكن فيما يتعلق بالبث المستمر للتداخل النبضي/المتقطع، فإن نسبة ذروة القدرة إلى متوسطها قد تؤدي دوراً ذا شأن في تحديد معايير الحماية.

وعندما ترتفع نسبة ذروة القدرة إلى متوسطها كثيراً ويتوسع عرض نطاق مستقبِل الخدمة الثابتة، قد تقتضي الضرورة احتساب هدف I/N بدلالة تكامل ذروة التداخل عبر كامل عرض النطاق المتضرر لتقييم تردي الخبو جراء التداخل على الوجه الصحيح. ويمكن الاطلاع على معلومات أساسية عن تأثير ارتفاع ذروة التداخل ومعايير الحماية في التوصية ITU–R F.1097، بالنسبة إلى التداخل الراداري، وفي التوصية ITU–R SM.1757، وبتفاصيل أوفى في التقرير ITU–R SM.2057، بالنسبة إلى تداخل الرادارات قصيرة المدى ذات النطاق فائق العرض (UWB–SRR) .

وفي الفقرات التالية، ينحصر إعطاء التوجيهات في الحالات الأكثر شيوعاً حيث يكون تقييم متوسط (rms) قدرة التداخل مناسباً.

1.1.4 أثر تقلص هامش الخبو في النطاقات التي يكون فيها تعدد المسيرات هو العامل المهيمن

في الحالات التي يطغى فيها الخبو جراء تعدد المسيرات على أداء الأنظمة الرقمية (عند ترددات تقل عن حوالي 17 GHz مثلاً)، يتسبب إدخال مساهمة تداخلية إجمالية تقل بمقدار 10 dB عن ضوضاء الخلفية بزيادة نسبتها 10% في الوقت الذي تنخفض خلاله نسبة الموجة الحاملة إلى مجموع الضوضاء والتداخل ($C/(N + I)$) عن القيمة الحرجة. كما سيتعين، في تحديد تردي الأداء، احتساب أي من الخصائص الزمنية لتعرض الخدمة الثابتة للتداخل فيما يتعلق بأهداف الأداء من حيث الخطأ.

وعلاوة على ذلك، تجدر الإشارة إلى أن العديد من الأنظمة اللاسلكية الثابتة (FWS) تستخدم الاستقبال عبر هوائيات متنوعة في النطاقات التي يكون فيها تعدد المسيرات هو المؤثر المهيمن وتتعرض فيها قدرة الاستقبال في الأنظمة التي تستخدم هوائيات متنوعة لتوزيع أكثر اعتدالاً من خبو رايلي. ولذلك، فإن هذه الأنظمة تحقق نفس أداء التنفيذ غير التنوعي، ولكن مع هامش خبو أصغر بكثير. وسيكون تأثير التردي نفسه في هامش الخبو أشد على الأنظمة ذات الاستقبال عبر هوائيات متنوعة مؤدياً إلى مثلي تردي الأداء من حيث الخطأ (EP) . ويبين الجدول 2 هذه العلاقات بينهما في ثلاث من قيم (I/N).

الجدول 2

تردي الأداء من حيث الخطأ بسبب الخبو الناجم عن تعدد المسيرات

مستوى التداخل بالنسبة إلى الضوضاء الحرارية (dB)	التردي الناتج في هامش الخبو (dB)	التردي الناتج في الأداء من حيث الخطأ (EP) (الملاحظة 1)	
		الأنظمة الخالية من تنوع الهوائيات	الأنظمة متنوعة الهوائيات
6–	1	%25	%50
10–	0,5	%10	%20
13–	0,2	%5	%10

الملاحظة 1 – يُنظر في الخبو بسبب تعدد المسيرات الذي يخضع لتوزيع رايلي وللمؤثر النمطي لتنوع الهوائيات. ومن شأن الأرقام أن تكون مختلفة في توزيعات مختلفة للخبو.

2.1.4 أثر تقلص هامش الخبو في النطاقات التي يكون فيها هطول الأمطار هو العامل المهيمن

في حالة هطول الأمطار، فإن العلاقة بين:

أ) تردي أداء التيسر (AP) جراء التداخل؛ و

ب) تردي هامش الخبو جراء التداخل،

ليست بسيطة، حيث إن توزيع توهين المطر يختلف باختلاف الكثير من المعلمات، مثل الترددات الراديوية، والمنطقة المطرية، وأهداف أداء التيسر (APO) المحددة، وغيرها.

ويرد في الجدولين 3ألف و3باء مثال حساب النتائج باستخدام المعلمات النمطية والتوزيعات الاحتمالية الواردة في التوصية ITU–R P.530. ويعرض كل منهما العلاقات بين قيمة (*I*/*N*) وتردي أداء التيسر (AP) لوصلة طول القفزة فيها 6 km و3 km على التوالي. وتفسَّر الأرقام في الجدولين 3ألف و3باء، على سبيل المثال، بأنه في حال تردي هامش اسمي قدره 42,9 dB بمقدار 1 dB (متقلصاً إلى 41,9 dB)، فإن أداء التيسر (AP) للوصلة الموصَّف بنسبة عدم تيسر قدرها 0,001% في غياب التداخل سترتفع إلى 0,001085% (بزيادة 8,5%) مع التداخل.

ويلاحَظ عموماً أن التردي الناتج في أداء التيسر (AP) أكبر في الأنظمة ذات هامش الخبو الاسمي الأصغر. وينبغي لمصممي الأنظمة أن ينظروا في جميع المعلمات ذات الصلة، بما في ذلك معلومات الانتشار، عند وضع معيار التشارك بدلالة قيمة (*I*/*N*).

وتجدر الإشارة إلى أن أمثلة حسابات الترديات الناتجة في أداء التيسر وهامش الخبو في الجدولين 3ألف و3باء تستند إلى الخبو غير المرتبط جراء المطر. فإذا احتُسبت مؤثرات الخبو غير المرتبط جراء المطر، قد تصغر قيم الأرقام الناتجة. ويمكن الاطلاع على مثال عن هذا التأثير في التوصية ITU–R F.1669.

الجدول 3ألف

تردي أداء التيسر بسبب الخبو الناجم عن هطول الأمطار

(التردد الراديوي: 23 GHz، طول الوصلة: 6 km)

المناخ (تجاوز معدل الأمطار لأكثر من 0,01% من الوقت)	مستوى التداخل بالنسبة إلى الضوضاء الحرارية (dB)	التردي الناتج في الهامش (dB)	أداء التيسر المحدد دون تداخل: نسبة عدم التيسر 0,01%		أداء التيسر المحدد دون تداخل: نسبة عدم التيسر 0,001%	
			الهامش الاسمي (dB)	التردي الناتج في أداء التيسر	الهامش الاسمي (dB)	التردي الناتج في أداء التيسر
mm/h 32	6–	1	20,1	%14,6	42,9	%8,5
	10–	0,5	20,1	%7,0	42,9	%4,2
	13–	0,2	20,1	%2,8	42,9	%1,7
mm/h 22	6–	1	13,8	%22,0	29,6	%12,6
	10–	0,5	13,8	%10,3	29,6	%6,1
	13–	0,2	13,8	%4,0	29,6	%2,4

الجدول 3باء

تردي أداء التيسر بسبب الخبو الناجم عن هطول الأمطار
(التردد الراديوي: 23 GHz، طول الوصلة: 3 km)

المناخ (تجاوز معدل الأمطار لأكثر من 0,01% من الوقت)	مستوى التداخل بالنسبة إلى الضوضاء الحرارية (dB)	التردي الناتج في الهامش (dB)	أداء التيسر المحدد دون تداخل: نسبة عدم التيسر 0,01%		أداء التيسر المحدد دون تداخل: نسبة عدم التيسر 0,001%	
			الهامش الاسمي (dB)	التردي الناتج في أداء التيسر	الهامش الاسمي (dB)	التردي الناتج في أداء التيسر
mm/h 32	6–	1	11,2	%27,8	24,1	%15,7
	10–	0,5	11,2	%12,7	24,1	%7,5
	13–	0,2	11,2	%4,8	24,1	%2,9
mm/h 22	6–	1	7,6	%44,3	16,3	%24,2
	10–	0,5	7,6	%19,5	16,3	%11,4
	13–	0,2	7,6	%7,2	16,3	%4,5

3.1.4 مساهمة الضوضاء الحرارية للمستقبل وضوضاء التداخل معاً

كانت مرجعية الحسابات في الجدولين 2 و3 من الفقرات السابقة هي مستوى القدرة المحدد على أنه "الضوضاء الحرارية للمستقبِل". وفي الواقع العملي، ينبغي أن يكون المستوى المرجعي هو مستوى الضوضاء الفعالة التي تشمل كل الضوضاء في النظام المستقبِل فضلاً عن التداخل المفترض ضمن الخدمة الثابتة على غرار الجزء *X* المعرف في التوصية ITU–R F.1094؛ علماً بأن هذا المستوى الفعال من شأنه أن يكون أيضاً مرجعية التداخل من خدمات أخرى. وبالتالي، فإن زيادة القيمة المفترضة للتداخل من نفس الخدمة سيخفض تردي الأداء الذي يسمح به مستوى معين من قدرة التداخل من خدمة أخرى.

4.1.4 تردي الأداء من حيث الخطأ (EP)/أداء التيسر (AP) في الوصلات متعددة القفزات

في التوصية ITU–R F.1565، يوصَّف تردي الأداء من حيث الخطأ (EP) في الأنظمة اللاسلكية الثابتة (FWS) جراء التداخل من الخدمات الأولية المشتركة الأخرى لكل قسم من توصيل افتراضي مرجعي (HRX). وبعبارة أدق، يمكن تقييم تردي الأداء من حيث الخطأ في الأنظمة اللاسلكية الثابتة الحقيقية لكامل جزء قسم التبادل على المسافات القصيرة وقسم شبكة النفاذ. وفي حالة قسم التبادل على المسافات الطويلة، يبلغ أدنى طول للوصلة التي يحدَّد فيها هدف الخطأ من حيث الأداء (EPO) 50 km.

وتجدر الإشارة إلى أنه في حالة نشر نظام لاسلكي ثابت (FWS) متعدد القفزات لتشكيل كامل قسم شبكة النفاذ أو جزء قسم التبادل على المسافات القصيرة أو قسم التبادل على المسافات الطويلة الذي يقل طوله عن 50 km، فإن هدف الخطأ من حيث الأداء (EPO) جراء التداخل الموصّف في التوصية ITU–R F.1565 لا حاجة لتطبيقه على فرادى القفزات بل على مجمل الوصلة متعددة القفزات.

ويمكن أن ينطبق اعتبار مماثل على توزيع أهداف أداء التيسر (APO) المحددة في التوصية ITU-R F.1703 علماً بأن الوصلة لا تُعتبر متيسرة إلا في حال تيسر كلا الاتجاهين.

وينبغي أن تؤخذ هذه النقطة في الاعتبار في بيئة التشارك حيث لا يحدث تداخل ملحوظ في كل قفزة، بل يؤثر في قفزات معينة فقط. فعلى سبيل المثال، إذا تعرضت قفزة واحدة فقط للتداخل ضمن وصلة، عدد قفزاتها N في نظام لا سلكي ثابت (FWS)، تشكل كامل القسم، ينبغي توزيع تردي الأداء من حيث الخطأ (EP)/أداء التيسر (AP) لتلك القفزة الواحدة المعرضة على النحو في شرط الحساب في الجداول 2 و3ألف و3باء.

2.4 التداخل قصير الأجل

لا بد للنظام أن يحقق أهدافه المتعلقة بالأداء من حيث الخطأ (EP) وبالتيسر بغض النظر عما إذا كانت الترديات المسموحة ناجمة عن أحداث تداخل قصير الأجل أو طويل الأجل. ويتطلب ذلك النظر في الترديات الموزعة على التداخل قصير الأجل إلى جانب تلك الموزعة على التداخل طويل الأجل بحيث لا يتجاوز مجموعها التردي المسموح في الأداء.

واشتقاق مستويات التداخل قصير الأجل المسموح والنسب المئوية للوقت المرتبط بها ينطوي على عملية معقدة. وبما أن تفاصيلها ترد في عدة توصيات قائمة لقطاع الاتصالات الراديوية من أجل ظروف ونطاقات ترددية مختلفة، لا تُعرض الحسابات هنا.

وترد في التوصيات ITU–R F.1494 وITU–R F.1495 وITU–R F.1606 وفي الملحق 5 بالتقرير ITU–R M.2119 أمثلة عن وضع معايير التداخل قصير الأجل.

5 استخدام التحكم التلقائي في قدرة الإرسال (ATPC) ضمن الأنظمة الرقمية

يمكن لأنظمة الخدمة الثابتة في بعض النطاقات الترددية الاستفادة من التحكم التلقائي في قدرة الإرسال (ATPC). ويفعَّل هذا التحكم عادةً بمستوى الإشارة المستقبلة دون عتبة محددة مسبقاً، وفي بعض الحالات، يمكن لعتبة تردي نسبة خطأ البتات (BER) أن تكمل خوارزمية تفعيل التحكم التلقائي في قدرة الإرسال. وعند الاقتضاء، يمكن أن يؤخذ هذا التحكم في الاعتبار عند إجراء دراسات التشارك بخصوص الخدمة الثابتة. وينبغي لمثل هذه الدراسات النظر في مستوى القدرة القصوى للإرسال ومدى التحكم التلقائي في قدرة الإرسال وتوزيع مستويات قدرة الخدمة الثابتة فيما يتعلق بالوقت، وذلك بسبب تغير فاقد الانتشار. وفي وجود تداخل مرتفع نسبياً (عند النظر في التداخل قصير الأجل مثلاً) قد يصعب تحديد هذا التوزيع لأن مستوى التداخل يمكن أن يفعّل التحكم التلقائي في قدرة الإرسال (بتفعيل عتبة نسبة خطأ البتات (BER) مثلاً) أو أن يمنع تفعيل التحكم التلقائي في قدرة الإرسال (بالحؤول دون بلوغ عتبة الإشارة المستقبَلة مثلاً) بطريقة لا يمكن التنبؤ بها. ولتحليل التشارك بين الخدمات، ينبغي لتقييم التداخل قصير الأجل على الأنظمة المجهزة بالتحكم التلقائي في قدرة الإرسال أن يستخدم القدرة طويلة الأجل للمرسل المطلوب بدلاً من قدرته القصوى، إلا إذا كان مصدر التداخل يمتلك نفس تشكيلات مسير الانتشار. فعلى سبيل المثال، إذا جاء مسير التداخل من محطة ساتلية، فلا يوجد ترابط مع مسير الخدمة الثابتة المطلوب. وفي مثل هذه الحالات، لا بد من افتراض أن قدرة المرسل المطلوب هي في أدنى مستوياتها. أما إذا جاء مسير التداخل من مصدر أرضي، يمكن عندئذ أن يفترض بعض الترابط للخبو (انظر الملاحظة أدناه). وفي هذه الحالة، يمكن افتراض أن قدرة المرسل المطلوب هي القدرة القصوى في مدى التحكم التلقائي في قدرة الإرسال. ويمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات بشأن التحكم التلقائي في قدرة الإرسال (ATPC) في التوصيات ITU–R F.1494 وITU–R F.1495 وITU–R F.1606 وITU–R F.1669.

ملاحظة – تلك هي الحالة غالباً في النطاقات الترددية التي تعلو على 17 GHz حيث المطر هو العامل المهيمن المؤثر في الانتشار في الوصلة. فعلى سبيل المثال، تورد التوصيتان ITU–R P.452 وITU–R P.839 معلومات عن مقاس الخلية المطرية وتوزيع كثافة المطر (في اتجاه السمت والارتفاع) داخل الخلايا. وفي النطاقات الترددية الأدنى التي يكون فيها تعدد المسيرات هو العامل المهيمن، لا يوجد ترابط في الخبو العميق بين مسير الإشارة المطلوبة ومسير التداخل.

6 حساب مستويات التداخل الفعلي

لا بد لاستكمال تحليل التشارك من تقييم احتمال وصول التداخل إلى دخل الهوائي. وسيأخذ هذا في الحسبان أحدث نماذج الانتشار وعوامل المسير الموصوفة في توصيات السلسلة ITU–R P وفي التقارير. ومن المستبعد أن يكفي نموذج وحيد لجميع التطبيقات الممكنة. وسيشتمل حساب فاقد الإرسال أيضاً على عوامل خسارة بسبب الامتصاص والانعراج والانتشار واقتران الاستقطاب واقتران الفتحة إلى الوسط وتأثير تعدد المسيرات. وقد نحتاج أيضاً لأن نأخذ في الحسبان مستويات التداخل الكلي ومستوى التداخل من مصدر واحد، على حد سواء.

الملحق 2

معلمات أنظمة الخدمة الثابتة الرقمية في دراسات التشارك في الترددات

1 مقدمة

يعتمد حساب التردي في الأداء والتيسر على معرفة خصائص نظام الخدمة اللاسلكية الثابتة المتأثر. وهناك أنواع كثيرة من أنظمة الخدمة اللاسلكية الثابتة العاملة أو التي يجري تطويرها لتلبي متطلبات المستقبل. ويمكن تعميم هذا التنوع في معلمات النظام بأنظمة لها صفة تمثيلية لمديات ترددية محددة حيث تتشابه تشغيلات المعدات دوماً. ويقدم هذا الملحق تفاصيل المعلمات الرئيسية للأنظمة الراديوية المطلوبة لتقييم التداخل وحسابات دراسات التشارك في الترددات مع خدمات أخرى. وتُعرض معلمات النظام في شكل مجدول للحد الأدنى من عدد المديات الترددية اللازمة للاضطلاع بدراسات تشارك بين الخدمة الثابتة وخدمات أخرى.

2 مواصفات المرسِل

1.2 معلمات الجهاز

إن معلمات المرسِل الأساسية المطلوبة لتقييم إمكانية التداخل مع خدمات أخرى هي:

- تردد الموجة الحاملة؛
- الخصائص الطيفية (مثل عرض النطاق وكثافة قدرة المرسل)؛
- القدرة المشعة المكافئة المتناحية .e.i.r.p؛
- مخطط إشعاع الهوائي.

تقابل الترددات التشغيلية عادة ترتيبات قنوات الترددات الراديوية الموصَّفة في توصيات قطاع الاتصالات الراديوية. ويعطي التشكيل وترتيب قناة الترددات الراديوية فكرة عن الخصائص الطيفية للبث من أجل التقييمات الإحصائية العامة، حيث لا تُحتسب عادةً إلا حالة التداخل في نفس القناة. ومع ذلك، فإن حسابات التشارك القطعية (لكل محطة على حدة) ستتطلب قالباً للخصائص الطيفية حتى يمكن حساب أي نبذ لتخالف الترددات عند مباعدة محددة لتردد الموجة الحاملة لإشارة مرغوب فيها أو إشارة متداخلة.

وتحسب القدرة .e.i.r.p للمرسِل من قدرة خرج المرسل وفاقد خط التغذية ومعدد الإرسال وكسب الهوائي. وتقابل القيمة القصوى للقدرة .e.i.r.p، من حيث المبدأ، الكسب الأقصى للهوائي وأدنى فاقد في خط التغذية ومعدد الإرسال والقدرة القصوى لخرج المرسل، وهي تمثل أسوأ إمكانية للتداخل مع خدمات أخرى؛ ولكن عندما تتطلب دراسات التشارك/التوافق تقييماً إحصائياً لتجمع عدد كبير من محطات الخدمة الثابتة المسببة للتداخل أو عند إمكانية حصول تداخل على نحو عشوائي ضمن منطقة جغرافية واسعة، قد يكون من غير المناسب استخدام الحالة الأسوأ على الإطلاق، ويكون الأنسب أن تُستخدم طائفة من القيم عشوائياً (أو بتوزيع إحصائي آخر أكثر ملاءمة).

ومعرفة مخططات إشعاع الهوائي ضرورية جداً لإجراء دراسات تفصيلية للتشارك. وفي الحالات التي لا تتيسر فيها مخططات مقيسة، ينبغي استخدام مخططات الإشعاع المرجعية التي تتناولها التوصيات التالية:

- التوصية ITU–R F.699، *مخططات الإشعاع المرجعية لأنظمة الهوائيات اللاسلكية الثابتة التي يجب استعمالها في دراسات التنسيق وفي تقييم التداخل في مدى الترددات الذي يتراوح بين 100 MHz ونحو 70 GHz*؛

- التوصية ITR–R F.1245، *النموذج الرياضي لمخططات الإشعاع المتوسطة الخاصة بهوائيات نظام المرحلات الراديوية في خط البصر بين نقاط ثابتة، والذي يجب استعماله في بعض دراسات التنسيق وفي تقييم التداخل في مدى الترددات الذي يتراوح ما بين 1 و 70 GHz تقريباً*؛
- التوصية ITU–R F.1336، *مخططات الإشعاع المرجعية لهوائيات شاملة الاتجاه وقطاعية وهوائيات أخرى في أنظمة من النمط من نقطة إلى عدة نقاط، للاستخدام في دراسات التقاسم في مدى التردد من 1 إلى 70 GHz تقريباً*.

2.2 التوزيع الإحصائي عبر رقعة الأرض

في الماضي، كان التطبيق الرئيسي لوصلات الخدمة الثابتة يتمثل في توصيلات الخط الرئيسي متعددة القنوات ومتعددة القفزات الموجهة حول الاتجاهات المعروفة بين مراكز التبديل في المدن الكبيرة، أو التوصيل الريفي في المناطق النائية. وفي كلا التطبيقين، تطلب اقتصاد الشبكة عموماً تصميم كل قفزة لتكون أطول ما يمكن بالتكنولوجيا الحالية لمسلك الانتشار المتوقع. وأدى ذلك بالنسبة لغالبية كبيرة من وصلات الخدمة الثابتة إلى الاستخدام العام لأقصى قدرة خرج ممكنة المرتبطة بالهوائي الأكبر.

ولذلك، تطابق أقصى ما يمكن من القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) للمرسل، من الناحية العملية، مع القدرة المشعة المكافئة المتناحية المفترضة لدراسات التشارك. وعلاوة على ذلك، كانت كثافة محطات الخدمة الثابتة في رقعة الأرض محصورة ببضع محطات اتصالات كبيرة حيث تُجمع جميع وصلات الخط الرئيسي.

وفي أيامنا هذه وبظهور شبكات الاتصالات المتنقلة والحاجة لتوصيلات البيانات اللاسلكية في شبكة النفاذ، تغيّر التوزيع النمطي لأطوال الوصلة؛ فهي محكومة أساساً باعتبارات مختلفة بشأن تغطية النظام الخلوي (أي المسافة بين محطات القاعدة التي يراد توصيلها عبر وصلات الخدمة الثابتة) أو بالموقع الجغرافي لمراكز بيانات العملاء من القطاع الخاص فيما يتعلق بأقرب نقطة نفاذ إلى الشبكة الأساسية.

وفي المناطق المأهولة بالسكان، أدى ذلك إلى تكثف شبكات الخدمة الثابتة على نحو يتطلب ما يلي:

- قفزات أقصر منشورة عشوائياً عبر رقعة الأرض؛
- أطوال مختلفة كثيراً للقفزة في المنطقة الجغرافية نفسها؛
- التنسيق الدقيق للشبكة؛
- اختلاف القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) المفروضة، على أساس كل وصلة على حدة، وفقاً لقواعد الترخيص لتقليل التداخل وتعظيم كفاءة الطيف.

وإذ تطبق الاعتبارات المذكورة أعلاه على دراسات التشارك، تدعو الحاجة إلى سيناريو نشر "احتمالي المنحى" حيث تنتشر القدرة المشعة المكافئة المتناحية وفقاً لطول الوصلة ضمن مدى القيم واتجاهات الوصلة الموزعة عشوائياً على أي زاوية سمتية وعلى مدى ارتفاع أوسع.

ويتناقص طول الوصلة القابل للتحقيق بتزايد التردد العامل، ويعود ذلك إلى ثبات مستويات قدرة الخرج وفقاً للمتطلبات التنظيمية للإدارة المحلية وارتفاع توهين الانتشار. ولذلك، يحدَد الحد الأعلى للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) في كل نطاق بالحد الأقصى المتاح في السوق، في حين يحدَد الحد الأدنى في الممارسة العملية بالطول الأدنى "الاقتصادي" للوصلة في النطاق. وفي الواقع تنطوي أكثر شروط الترخيص على رسم لكل وصلة يقل بازدياد نطاق التشغيل. وبالتالي، يشجَّع المستخدم اقتصادياً على استخدام نطاقات أعلى (حيث المعدات أرخص أيضاً) في وصلات أقصر بدلاً من مجرد خفض القدرة المشعة المكافئة المتناحية في النطاقات الأدنى.

ولذلك، فإن مديات قدرة الخرج والقدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) الواردة في الجداول 4 حتى 11 تعطي مدىً معقولاً من القيم المفيدة للدراسات "الاحتمالية".

وبما أن دالة توزيع طول الوصلة تتصل في نهاية المطاف بالتوزيع الجغرافي لمحطات القاعدة المتنقلة أو مباني العملاء، لا يمكن افتراض التوزيع الإحصائي للقدرة المشعة المكافئة المتناحية "غاوسياً" ولكن يمكن تقييمه على أساس كل حالة على حدة. ويبين التذييل 1 لهذا الملحق أمثلة على هذه الحسابات.

ولبناء نموذج احتمالي دقيق، ينبغي لنموذج التشارك أن يوزع وصلات الخدمة الثابتة في ترتيب عقدي بتوزيع عشوائي على المنطقة الجغرافية. وينبغي افتراض عامل مرجح للمواقع في المناطق الحضرية ومناطق الضواحي والمناطق الريفية، وهو الذي يحدد تقريباً خصائص الخدمة الثابتة المستخدمة في المتوسط، لتوزيع العقد الثابتة بشكل أدق. ويعتمد عامل الترجيح على نوع من الخدمة الثابتة التي ستُنشر وينبغي أن تحدَد على أساس كل حالة على حدة. وتختلف قسمة النسبة المئوية الفعلية في هذه المناطق الجغرافية من بلد إلى آخر. وكمثال على ذلك، تُستخدم في أحد البلدان قيم 60% و30% و10% في المناطق الحضرية ومناطق الضواحي والمناطق الريفية، على التوالي.

3 مواصفات المستقبِل

1.3 معلمات التجهيزات

يتطلب تقدير تأثيرات التداخل مع الخدمة الثابتة من خدمات أخرى معرفة خصائص الأداء للمستقبِل الراديوي. ومعلمات المستقبِل التالية هامة جداً لدراسات التشارك في الترددات:

- عامل الضوضاء؛
- عرض نطاق التردد المتوسط؛
- الضوضاء الحرارية للمستقبل، وكثافة القدرة؛
- قدرة الإشارة المستقبَلة لمعدل BER قدره 1×10^{-3} و1×10^{-6} و1×10^{-10} معدل خطأ البتات (بعد تصحيح الخطأ) (راجع الملاحظة 1)،
- مستوى الدخل الاسمي للمستقبِل.

الملاحظة 1 – في الأنظمة غير المشفرة، عادةً ما يكون مستوى الموجة الحاملة المقابل لمعدل BER قدره 1×10^{-6} أعلى بحوالي 4 dB من معدل BER قدره 1×10^{-3}، ويبلغ فارق مستوى الموجة الحاملة بين نقطتي 1×10^{-6} و1×10^{-10} بحوالي 4 dB أيضاً. وفي المعدات الراديوية التي تستخدم التصحيح المسبق للخطأ (FEC)، يكون مستوى الموجة الحاملة المقابل لمعدل BER قدره 1×10^{-6} أعلى بمقدار 1 إلى 2 dB من ذاك المقابل لمعدل BER قدره 1×10^{-3}؛ ويبلغ فارق مستوى الموجة الحاملة بين 1×10^{-6} و1×10^{-10}، 1 إلى 2 dB أيضاً. وفي الجداول التالية، يجري تناول قدرة الإشارة المستقبَلة من أجل 1×10^{-6} فقط، لأن المعلمات المقابلة لمعدلات BER الأخرى يمكن اشتقاقها نظرياً من خطة التشكيل أو مؤثر تصحيح الخطأ.

ومن الممكن أن تنسب مستويات الإشارة المستقبَلة ومستويات التداخل إلى مستوى دخل المكبر منخفض الضوضاء (LNA) أو مخلاط المستقبِل، بحيث لا ترتبط بكسب هوائي الاستقبال وفاقد خط التغذية أو معدد الإرسال (بافتراض نفس القيمة لكل من المرسل والمستقبِل).

وينبغي أيضاً ملاحظة أن حسابات التشارك القطعية (لكل محطة على حدة) تتطلب معلومات عن انتقائية التردد للتجهيزات الراديوية. وعادةً ما تستند دراسات التشارك/التوافق العامة، في النطاق الموزع نفسه، إلى حالة التداخل في نفس القناة؛ فيكتفى إذن بعرض نطاق الضوضاء.

ويمكن اشتقاق مستويات الإشارة المطلوبة لمعدلات BER محددة من مستوى الضوضاء الحرارية المحسوبة للمستقبِل بإضافة نسبة الإشارة المطلوبة إلى الضوضاء الحرارية (*S/N*) لمعدل BER محدد. ويمكن الاطلاع على القيمة النظرية والعملية لنسبة *S/N* بأنساق التشكيل الأكثر شيوعاً في التوصية ITU–R F.1101.

2.3 التداخل المسموح به

من الضروري تعيين المستويات القصوى للتداخل بالنسبة لأهداف كل من الأجل الطويل والأجل القصير. وعندما يحدد مستوى التداخل الكلي طويل المدى، ينبغي ملاحظة أن معايير التداخل من مصدر واحد ستكون أدنى في حالة حدوث تداخل من مصادر متعددة في آن واحد. وفي حالة التداخل قصير الأجل، ترتبط النسب المئوية الزمنية ذات الشأن بأهداف أداء النظام.

ويتعين حساب مستويات التداخل طويل الأجل وقصير الأجل، والنسبة المئوية الزمنية المرتبطة بكل منهما، لكل نظام على حدة وفقاً للمبادئ الموصوفة في الملحق 1.

4 جداول معلمات الأنظمة

تتضمن الجداول من 5 إلى 11 قيماً ذات صفة تمثيلية للمعلمات يراد استخدامها في دراسات التشارك/التوافق للأنظمة اللاسلكية الثابتة الرقمية (FWS) المستخدمة حالياً في مختلف النطاقات الترددية.

وفي معظم النطاقات، توجد في العالم مجموعة كبيرة ومتنوعة من الأنظمة اللاسلكية الثابتة الرقمية (FWS) (من حيث تباعد القنوات وأنساق التشكيل مثلاً)؛ ويعتمد استعمالها الفعلي في منطقة جغرافية على التوزيعات والاحتياجات الإقليمية والوطنية. ولذلك، فإن معلمات النظام المعروضة لا تمثل أي نظام فعلي في الخدمة الثابتة، بل تمثل قيماً متوسطة أو مدىً متوقعاً من القيم المناسبة لدراسات التشارك/التوافق العامة.

ويحتسب كل صف في الجداول معلمة معينة (أو مدىً متوقعاً) تم تعريفها أو مشتقة وفقاً للمبادئ المذكورة في الفقرات التالية.

1.4 المدى الترددي والتوصية المرجعية ذات الصلة به من قطاع الاتصالات الراديوية

المدى تقريبي ومشمول عموماً بتوصية ذات صلة تتناول ترتيب قنوات الترددات الراديوية؛ وتعتمد حدود النطاق الفعلية على التوزيعات الإقليمية والوطنية للخدمة الثابتة.

2.4 نسق التشكيل

في كل مدىً ترددي، يشير عمودان إلى نمطين من التطبيقات. ويُفترض أن يمثل الأول أنظمة أبسط (مثل نطاق أضيق، وقلة تعقيد نسق التشكيل)، وهي أنظمة تظهر في كثير من الأحيان كثافة أعلى من القدرة المشعة المكافئة المتناحية. ويُفترض أن يمثل الثاني أنظمة أعقد (مثل نطاق أوسع، وتعقيد عال في نسق التشكيل)، وهي أنظمة تتطلب عادة أداءً عالياً من حيث الخطأ وبالتالي يفترض أن تكون أكثر حساسية للتداخل.

وتجرى دراسات التشارك عموماً بمعزل عن التشكيل، لأنها تقوم على أهداف نسبة *I/N*. ولا يستفاد من نسق التشكيل، من حيث المبدأ، إلا لتقييم مستويات إشارة Rx (الاسمية ولمعدل BER قدره 1×10^{-6}) التي يمكن استخدامها لتقييم التداخل قصير الأجل.

وتجدر الإشارة إلى أن عمليات التشكيل التكيفي من نقطة إلى عدة نقاط (PMP) غالباً، ولكن أيضاً من نقطة إلى نقطة (PP)، (أي تغيير التشكيل وفقاً لحالة الانتشار و/أو التداخل ضمن النظام)، يمكن أن تستخدم لزيادة المتاح من صبيب/سعة النظام عندما يكون ذلك ممكناً.

3.4 تباعد القنوات وعرض نطاق ضوضاء المستقبل

تباعد القنوات ضروري للتقييم البسيط لكثافة قدرة خرج مرسِل (Tx). ولكن في بعض النطاقات، تعرض توصيات قطاع الاتصالات الراديوية مجموعة متنوعة من تباعد القنوات يتوقف استخدامها الفعلي على خصوصية البلدان؛ ولذلك يرد عدد من القيم لتباعد القنوات. بيد أن تنفيذ عرض النطاق الفعلي للضوضاء يعتمد على الغرض من دراسات التشارك/التوافق العامة، وتُفترض القيمة الاسمية عموماً مساوية لعرض نطاق القناة.

4.4 مدى قدرة خرج المرسل Tx (dBW)

عند تطبيق تنسيق الترددات (إما لكل وصلة على حدة في أنظمة نقطة إلى نقطة (PP)، أو بين خلايا ومطاريف نظام نقطة إلى عدة نقاط (PMP) نفسه) لإدارة التداخل ضمن الخدمة (من الخدمة الثابتة إلى الخدمة الثابتة)، تثبّت القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) (وبالتالي قدرة خرج المرسل) عند مستوى يسمح فقط بتقديم الخدمة بالجودة المتوقعة عبر وصلة محددة أو داخل منطقة الخلية. ولذلك، يوفر مدى قدرة الخرج المعروض معلومات ليس فقط عن القدرة القصوى المقدمة من تصميم النظام، بل أيضاً عن التمدد الفعلي للقدرة المستخدمة فعلياً على مساحة كبيرة من الأراضي. وتأخذ القيم في الحسبان فواقد مرشاح المرسل Tx.

5.4 مدى كثافة قدرة خرج المرسل Tx (dBW/MHz)

في دراسات التشارك/التوافق، قد تلزم الكثافات الطيفية للقدرة. ويتم الحصول على كثافة قدرة الخرج بمقايسة قدرة خرج المرسل بعامل عرض النطاق للوصلات في الشبكة قيد النظر: كثافة قدرة خرج المرسل Tx = قدرة خرج المرسل Tx (dBW) − log10 (التباعد بين القنوات بوحدة MHz).

6.4 مدى فاقد المغذي/معدد الإرسال (dB)

بين مجموعة كبيرة ومتنوعة من الأنظمة الحالية في العالم، توجد منهجيات نشر مادي مختلفة. والأنظمة التقليدية المركبة داخل المباني (مثل مداخل الترددات الراديوية في بيئة محمية) المرتبطة بهوائي منصوب على برج/سطح مبنى والموصولة بواسطة المغذي، يكون حضورها في الغالب في الجزء الأدنى من النطاقات؛ أما الأنظمة المركبة في العراء تماماً (ضمن علبة كتيمة ضد الماء مدمجة في هوائي أو قريبة منه، مثلاً) فيكون حضورها في الغالب في النطاقات الأعلى، ولكن حضورها في النطاقات الأدنى آخذ بالازدياد. لذلك يشير انعدام فواقد المغذي (0 dB) إلى تطبيقات في العراء تماماً، فيما تُشتق القيمة الأعلى، في نطاقات 23/18 GHz حصراً، من متوسط طول المغذي الذي يقارب 50 متراً لدليل موجي مرن. ويعبّر صف فاقد المغذي/معدد الإرسال فواقد المغذي وأيضاً الفواقد، إن وجدت، الناجمة عن الجمع بين أنظمة متعددة القنوات (باستثناء فواقد مرشاح القناة التي تُحتسب ضمن قدرة خرج المرسل Tx أو في عامل ضوضاء المستقبِل Rx).

7.4 مدى كسب الهوائي (dBi) (من نقطة إلى نقطة) أو مدى أنماط وكسب الهوائي (dBi) (من نقطة إلى عدة نقاط)

في أنظمة النقطة إلى نقطة، تُربط هوائيات أصغر بمغذيات ذات فواقد منخفضة أو معدومة (كما في التطبيقات المنفذة في العراء تماماً)، ويمكن الاطلاع على مخططات الإشعاع المرجعية في التوصيتين ITU-R F.699 وITU–R F.1245. وأنماط الهوائي الشائعة في أنظمة النقطة إلى عدة نقاط هي الهوائي شامل الاتجاهات والياغي والمكافئي والقطاعي؛ ويمكن الاطلاع على مخططات الإشعاع المرجعية في التوصية ITU-R F.1336.

وينبغي توخي الحرص على اعتبار أنه:

- في دراسات التشارك، ليست القيمة القصوى لكسب الهوائي هي السبب في معظم التداخل. والهوائي ذو الكسب الأقل تكون حزمته أعرض، وهذا أكثر ضرراً في بعض السيناريوهات، سواء كانت الخدمة الثابتة هي المتضررة من التداخل أو المسببة للتداخل. ويمكن تحديد ذلك على أساس كل حالة على حدة لكل سيناريو تشارك من مدىً معين ذي صفة تمثيلية؛
- مدى الكسب يمثل كامل عناصر الشبكات، لأن كل شبكة تتميز بتوزيع مختلف لقيم كسب الهوائي. ويرجح أن تقع القيمة النمطية في مكان ما في مدىً معين، الأمر الذي من شأنه أن يعتمد أيضاً على اعتبارات وطنية مختلفة.

8.4 مدى القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) (dBW)

يعتمد مدى القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) على قدرة الخرج المذكورة أعلاه، وفواقد المغذي وكسب الهوائي بحيث أن القدرة المشعة المكافئة المتناحية = (قدرة خرج المرسل Tx) + (كسب الهوائي) – (فواقد المغذي). غير أن مدى القدرة المشعة المكافئة المتناحية لا يُحسب كمجموع مباشر لأعلى وأدنى القيم، وتسري الاعتبارات التالية:

- عندما يكون مدى فواقد المغذي معلوماً، تشير قيمة 0 dB إلى تطبيقات منفذة في العراء تماماً تظهر عادةً قدرة خرج معتدلة.
- عند سريان الحدود التنظيمية، قد لا تساوي القدرة المشعة المكافئة المتناحية القدرة القصوى بالإضافة إلى الكسب الأقصى – الفاقد الأدنى للمغذي (بوحدة ديسيبل).
- يمكن للأنظمة ذات التشكيل الأقل تعقيداً، من حيث المبدأ، أن لا تقلل من قدرة مرسلها كثيراً فتكون هذه القدرة أعلى، سوى أن التصميم المعد على مقاس متوسط ميزانية الوصلة المطلوب في سوق ذلك التطبيق، يملي، لدواعي الاقتصاد، الحفاظ على قدرة معتدلة. ومع ذلك، عند استخدام هذه القدرة في تباعد أصغر بين القنوات، يمكن أن تعلو كثافة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) (dBW/MHz).
- تتطلب الأنظمة ذات التشكيل الأعلى رتبة خفضاً أعلى في قدرة المرسل؛ وعند ارتباطها بأنظمة النطاق العريض عالية السعة، يتاح عموماً استخدام القدرة القصوى. ومع ذلك، لا يمكن أن تكون كثافة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) (dBW/MHz) على أعلاها بين تطبيقات الخدمة الثابتة.
- في شبكة معينة، لا ترتبط القدرة القصوى لخرج المرسل Tx حتماً بالكسب الأعلى للهوائي.

ويمكن حساب القدرة المشعة المكافئة المتناحية في اتجاهات مختلفة للهوائي باحتساب مخطط إشعاع الهوائي.

9.4 مدى كثافة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) (dBW/MHz)

كثيراً ما تُستخدم الكثافة الطيفية للقدرة المشعة المكافئة المتناحية في دراسات التشارك/التوافق. ويمكن الحصول عليها بسهولة عن طريق المقايسة مع عامل عرض النطاق للوصلات الموجودة في الشبكة قيد النظر: كثافة القدرة المشعة المكافئة المتناحية = قدرة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (dBW) – log10 (التباعد بين القنوات بوحدة MHz).

وفي بعض الحالات، يوفَّر أسلوبٌ أيضاً، حيث الأسلوب هو المعلمة الإحصائية للقيمة الأكثر تكراراً.

10.4 عامل الضوضاء النمطي للمستقبِل (dB)

يتضمن عامل ضوضاء المستقبِل فواقد مرشاح المستقبِل Rx. ويراد لهذه القيمة أن تحقق توازناً فعالاً من حيث التكلفة للتطبيق (وهذا يعتمد في الغالب على ميزانية الوصلة المطلوبة التي يستهدفها تصميم النظام).

11.4 الكثافة النمطية لقدرة ضوضاء المستقبِل (dBW/MHz)

تُشتق الكثافة النمطية لقدرة ضوضاء المستقبِل من كثافة قدرة الضوضاء الحرارية، وتوصف بأنها: –144 dBW/MHz + عامل الضوضاء. ويمكن اشتقاق القدرة المطلقة لضوضاء المستقبِل Rx بإضافة عامل عرض نطاق الضوضاء الاسمي = log10 (التباعد بين القنوات (بوحدة MHz)).

12.4 مستوى الدخل المقيّس للمستقبِل Rx لمعدل نسبة خطأ بتات (BER) قدره 1×10^{-6} (dBW/MHz)

إن مستوى الدخل المقيّس للمستقبِل Rx لمعدل نسبة خطأ بتات (BER) قدره 10^{-6} يعتمد على ما يقابله من نسبة الإشارة إلى الضوضاء (S/N) لنسق التشكيل الفعلي وعلى عرض نطاق القناة. ويمكن اشتقاق كثافة قدرة ضوضاء المستقبِل بالصيغة التالية:

المستوى المقيّس للمستقبِل Rx = كثافة قدرة ضوضاء المستقبِل Rx (dBW/MHz) + S/N (dB).

ويتم الحصول على مستوى الدخل الفعلي للمستقبِل Rx بإضافة عامل عرض نطاق الضوضاء الاسمي = log10 (التباعد بين القنوات (بوحدة MHz)).

ويمكن الاطلاع على معلومات بشأن نسبة *S/N* النظرية لعدد من أنساق التشكيل المشفرة وغير المشفرة في التوصية ITU–R F.1101. وعندما تتوفر بيانات بشأن نسبة S/N المتوقعة نمطياً بما في ذلك كسب التشفير، تُدرج في الجدول، وفي حالات أخرى تُشتق القيم الواردة في الجدول من تلك التوصية على افتراض أنه في الأنظمة الحالية، يسترد الكسب الفعلي للتشفير فواقد التنفيذ على الأقل.

13.4 كثافة قدرة التداخل طويل الأجل الاسمية (dBW/MHz)

إن كثافة قدرة التداخل طويل الأجل الواردة في الجداول 5–11 والجداول 13–16 تساوي $N_{RX} + I/N$. والقصد من هذه القيمة أن توفر منطلقاً لاعتبارات التشارك أو التوافق. ورغم أن قيمة ضوضاء المستقبِل (N_{RX}) متاحة في الصف الثاني فوق هذا الإدخال في كل عمود من هذه الجداول، فإن القيمة المناسبة لنسبة التداخل إلى الضوضاء (*I/N*) تعتمد على النطاق الترددي وشروط التشارك أو التوافق. وفي معظم الحالات فيما مضى، استُخدمت القيمة الإجمالية –10 dB لشروط التشارك مع خدمة أولية مشتركة واحدة؛ بيد أن قيماً أخرى استُخدمت أو أُعدت أيضاً في دراسات التشارك والتوافق في بيئات تداخل مختلفة.

واستُخدمت قيمة –6 dB في بعض حالات التشارك على أساس أولي مشترك في النطاقات دون 3 GHz. وبالإضافة إلى ذلك، يرد مزيد من التوجيه لدراسات التشارك التي تنطوي على أكثر من خدمة أولية مشتركة؛ ويقدم الجدول 4 بعض الإرشادات في اختيار قيم *I/N* للاستخدام في تحديد كثافة قدرة التداخل طويل الأجل المناسبة.

الجدول 4

إرشاد بشأن اختيار قيم *I/N* للتداخل طويل الأمد

I/N[1]	المدى الترددي	شروط التشارك/التوافق	التعليقات وتوصيات قطاع الاتصالات الراديوية ذات الصلة
dB 6–	MHz 30 إلى GHz 3	شرط التشارك عدا ما يُذكر بخلاف ذلك في هذا الجدول	القيمة السارية عموماً للتداخل الإجمالي انظر التوصيات ذات الصلة في الجدول 1
dB 10–	أعلى من GHz 3		
dB 6– ≥	MHz 30 إلى GHz 3	التشارك مع أكثر من خدمة واحدة على أساس أولي	تقسيم أهداف F.1094 (انظر الفقرة 2 في الملحق 1 بهذه التوصية) قد تسري قيمة –6 dB أو –10 dB حسب الاقتضاء حيثما تُستبعد مخاطر التداخل في وقت واحد من محطات التوزيعات الأخرى الأولية المشتركة. وفي حالات أخرى، قد يلزم معيار آخر لاحتساب التداخل الإجمالي من جميع الخدمات الأولية المشتركة المسببة للتداخل (أي ينبغي السعي لأن تكون قيمة –6 dB أو –10 dB كنسبة *I/N* الإجمالية القصوى من جميع الخدمات الأخرى الأولية المشتركة.
dB 10– ≥	أعلى من GHz 3		
dB 13–	GHz 6-3	التوافق مع النطاق فائق العرض (UWB)	لمطاريف FWA داخل المباني حصراً SM.1757
dB 15–	GHz 31-27	التشارك مع خدمة ثابتة تستخدم HAPS	F.1609
dB 20–	GHz 8,5-3	التوافق مع النطاق فائق العرض (UWB)	SM.1757
dB 20–	All	التوافق مع خدمات ثانوية ومشعات مقصودة أخرى	بما في ذلك انبعاثات البث والإشعاعات غير المطلوبة F.1094

[1] تسري قيم *I/N* على التداخل الإجمالي من عمليات الخدمة المتشارَك معها.

14.4 معلومات إضافية (المستوى الاسمي لدخل المستقبِل Rx)

لم يُذكر المستوى الاسمي لدخل المستقبِل Rx (dBW) في الجداول بسبب التقلب الواسع في الشبكات الفعلية، غير أنه قد يلزم لتقييم التداخل "قصير الأجل". ويعتمد مستوى الاستقبال الاسمي على الميزانية المحددة للوصلة اللازمة لتحقيق المطلوب من الأداء من حيث الخطأ، ومن التيسر. وبالإضافة إلى ذلك، عند استخدام التحكم التلقائي في قدرة الإرسال (ATPC)، يطرأ انخفاض آخر على المستوى الاسمي للمستقبِل بمدى ATPC. وعادة، عند استخدام التحكم التلقائي في قدرة الإرسال، ينبغي خفض مستوى الاسمي للمستقبِل بحدود 10 dB. وعند الحاجة، يجب أن تزود الإدارات الوطنية المعنية بيانات المستوى الاسمي لدخل المستقبِل Rx في الدراسة المحددة.

وفي أي حال، يقتضي العمل الصحيح للوصلة، بما في ذلك التحكم التلقائي في قدرة الإرسال (ATPC)، عدم انخفاض المستوى الاسمي لدخل المستقبِل Rx عن حوالي 10 إلى 15 dB مستوى دخل المستقبِل Rx لمعدل BER = 10^{-6}.

الجدول 5(*)

معلمات النظام لأنظمة الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة في النطاقات الموزعة ما دون GHz 3

المدى الترددي (GHz)	0,450-0,4061		1,530-1,350		2,100-1,700 2,300-1,900		2,300-1,900		2,670-2,290	
التوصية المرجعية لقطاع الاتصالات الراديوية	F.1567		F.1242		F.382		F.1098		F.1243	
التشكيل	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
التباعد بين القنوات وعرض نطاق ضوضاء المستقبِل (MHz)	0,05، 0,1، 0,15، 0,2، 0,25، 0,3، 0,5، 0,6، 0,75، 1، 1,75، 3,5	0,05، 0,1، 0,15، 0,2، 0,25، 0,3، 0,5، 0,6، 0,75، 1، 1,75، 3,5	0,25، 0,5، 1، 2، 3,5	0,25، 0,5، 1، 2، 3,5	29	29	1,75، 2,5، 3,5، 7، 10، 14	1,75، 2,5، 3,5، 7، 10، 14	0,25، 0,5، 1، 1,75، 2، 2,5، 3,5، 7، 14	0,25، 0,5، 1، 1,75، 2، 2,5، 3,5، 7، 14
مدى قدرة خرج Tx (dBW)	ملاحظة	ملاحظة	ملاحظة	ملاحظة	ملاحظة	ملاحظة	ملاحظة	ملاحظة	ملاحظة	
مدى كثافة قدرة خرج Tx (dBW/MHz)										
مدى فاقد المغذي/معدد الإرسال (dB)										
مقاس الهوائي (m) ومدى الكسب (dBi)										
مدى e.i.r.p. (dBW)										
مدى كثافة e.i.r.p. (dBW/MHz)										
عامل الضوضاء النمطي للمستقبِل (dB)										
الكثافة النمطية لقدرة ضوضاء المستقبِل (dBW/MHz)										
مستوى الدخل المقيّس للمستقبِل Rx لمعدل نسبة خطأ بتات (BER) قدره 1×10^{-6} (dBW/MHz)										
كثافة قدرة التداخل طويل الأجل الاسمية (dBW/MHz)	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$

ملاحظة – إن مجموعة المعلمات المقصودة لنظام بمرجعيتين لدراسات التشارك/التعايش غير متاحة حالياً أو إنها متاحة جزئياً؛ والدعوة موجهة للإدارات لأن تساهم بمعلومات في هذا الشأن. ويمكن مؤقتاً استخدام المعلمات الواردة في الملحق 3 للنطاقات نفسها.

(*) في كل مدىً ترددي في الجداول 5-11، يشير العمودان لما تمثله الأنظمة الأبسط والأنظمة الأعقد على التوالي (انظر الفقرة 2.4 في الملحق 2)

الجدول 6(*)

معلمات النظام لأنظمة الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة في النطاقات الموزعة بين 3 و7,2 GHz

المدى الترددي (GHz)	**4,200-3,600**		**4,200-3,700**		**5,000-4,400**		**6,425-5,925**		**7,125-6,425**	
التوصية المرجعية لقطاع الاتصالات الراديوية	F.635		F.382		F.1099		F.383		F.384	
التشكيل	.....	.....	.....	.....	16-QAM	256-QAM	64-QAM	128-QAM	QPSK	64-QAM
التباعد بين القنوات وعرض نطاق ضوضاء المستقبِل (MHz)	10، 30، 40، 60، 80، 90	10، 30، 40، 60، 80، 90	28، 29	28، 29	8(3)، 9(3)، 10، 13(3)، 16,6(3)، 20، **28**، 33,2(3)، 40، 60، 80	9(3)، 10، 13(3)، 20، **28**، 40، 60، 80	5، 10، 20، 28، 29,65، 40، 60، 90 **40**،	5، 10، 20، **29,65**، 28، 40، 60، 90	5، 10، 20، 30، **40**,80	5، 10، **20**، 30، 40,80
مدى قدرة خرج Tx (dBW)	ملاحظة	ملاحظة	ملاحظة		10−…5−	5−	2, …08−	2…11−	3…15−	4…13−
مدى كثافة قدرة خرج Tx (dBW/MHz)(1)					14,5−…25,2−	14,5−…19,5−	14,0−...24−	9,7−…25,7−	13,0−…31−	9−…26−
مدى فاقد المغذي/معدد الإرسال (dB)					0	3	5,6…2,5	3…1,1	6,3…0	2,8…1,2
مقاس الهوائي (m) ومدى الكسب (dBi)					22,5…21,5	22,5	45,0…38,1	46,6…38,7	47,4…32,6	43,9…35,3
مدى e.i.r.p. (dBW)					14,5…11,5	14,5	37,5...20,6	45,9…25,7	48,8…15,8	42,2…27,1
مدى كثافة e.i.r.p. (dBW/MHz) (1)					5,0…3,7−	5,0…0,0	21,5...4,6 (أسلوب 14,3)	31,1…10,9 (أسلوب 26,9)	32,7…0,2− (أسلوب 24,2…8,2)	29,1…14,1 (أسلوب 21,7)
عامل الضوضاء النمطي للمستقبِل (dB)					7…6,5	6,5	5	4,0	5…4,5	5
الكثافة النمطية لقدرة ضوضاء المستقبِل (dBW/MHz)					137−…137,5−	137,5−	139−	140−	139,5−…139−	139−
مستوى الدخل المقيّس للمستقبِل Rx لمعدل نسبة خطأ بتات (BER) قدره 1×10^{-6} (dBW/MHz)					117,0−…116,5−	104,9−	112,5−	110,5−	113−…112,5−	125,5−
كثافة قدرة التداخل طويل الأجل الاسمية (dBW/MHz)(2)	N_{RX} + *I/N*	N_{RX} + *I/N*	N_{RX} + *I/N*	N_{RX} + *I/N*	…137,5− *I/N* + 137−	*I/N* + 137,5−	*I/N* + 139−	*I/N* + 140−	…139,5− *I/N* + 139−	*I/N* + 139−

ملاحظة – إن مجموعة المعلمات المقصودة لنظام بمرجعيتين لدراسات التشارك/التعايش غير متاحة حالياً أو إنها متاحة جزئياً؛ والدعوة موجهة للإدارات لأن تساهم بمعلومات في هذا الشأن. ويمكن مؤقتاً استخدام المعلمات الواردة في الملحق 3 للنطاقات نفسها.

(1) لحساب قيم كثافات TX/e.i.r.p.، يتعين تحديد التباعد بين القنوات/عرض النطاق. وفي هذه الجداول، يُستخدم التباعد بين القنوات المكتوب **بأحرف داكنة**. وحيثما تقدَّم قيمة أسلوبية (أسلوب) يتعين اعتبارها تأشيرية ضمن المدى المحدد، وقد يلزم تحليل إضافي للحساسية على أساس كل حالة على حدة لتقييم إمكانية تداخل معين بسبب التغيرات ضمن المدى المحدد.

(2) تعرَّف كثافة قدرة التداخل طويل الأجل الاسمية على أنها "كثافة قدرة ضوضاء المستقبِل+(*I/N* المطلوبة) على النحو الموضح في الفقرة 13.4 في الملحق 2 (انظر أيضاً الفقرة 1.4 في الملحق 1).

(3) لم تحدَد هذه القيمة لتباعد القنوات في التوصية المرجعية.

الجدول 7(*)

معلمات النظام لأنظمة الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة في النطاقات الموزعة بين 7,1 إلى 14 GHz

المدى الترددي (GHz)	**7,110-7,900**		**7,725-8,500**		**810,5-10,6**		**10,7-11,7**		**12,75-13,25**	
التوصية المرجعية لقطاع الاتصالات الراديوية	F,385		F,386		F,747		F,387		F,497	
التشكيل	16-QAM	128-QAM	16-QAM	128-QAM	.....	.....	16-QAM	64-QAM	.....	.....
التباعد بين القنوات وعرض نطاق ضوضاء المستقبِل (MHz)	3,5، 5، 7، **10**، 14، **20**، **28**، **30**(3)، **40**(3)، **60**(3)، **80**(3)	3,5، 5، 7، **10**، 14، **20**، **28**، **30**(3)، **40**(3)، **60**(3)، **80**(3)	1,25، 2,5، 5، 7، **10**، 11,662، 14، **20**، **28**، 29,65، **30**، **40**، **60**(3)، **80**(3)	1,25، 2,5، 5، 7، **10**، 11,662، 14، **20**، **28**، 29,65، **30**، **40**، **60**(3)، **80**(3)	1,25، 2,5، 3,5، 7	1,25، 2,5، 3,5، 7	5، 10، 20، 40، **60**، 67، 80	5، 10، 20، **40**، 60، 67، 80	3,5، 7، 14، 28	3,5، 7، 14، 28
مدى قدرة خرج Tx (dBW)	20,0…6,5–	20,0…6,5–	20,0…6,5–	20,0…6,5–	ملاحظة	ملاحظة	5,0…3	0,0	ملاحظة	
مدى كثافة قدرة خرج Tx (dBW/MHz)	10,0…25,5–	10,0…25,5–	10,0…25,5–	10,0…25,5–			12,8–…14,8–	16,0–		
مدى فاقد المغذي/معدد الإرسال (dB)	3,0…0	3,0…0	3,0…0	3,0…0			9,5…0	7,6…0		
مقاس الهوائي (m) ومدى الكسب (dBi)	48,6…12	48,6…12	48,6…12	48,6…12			51…44	48,0…36		
مدى e.i.r.p. (dBW)	65,5…5,5	65,5…5,5	65,5…5,5	65,5…5,5			51,2…33,1	43,0…13,3		
مدى كثافة e.i.r.p. (dBW/MHz)	55,5…13,5–	55,5…13,5–	55,5…13,5–	55,5…13,5–			33,4…15,3 (أسلوب 28,5)	27,0…2,7– (أسلوب 15,9)		
عامل الضوضاء النمطي للمستقبِل (dB)	6…2,5	6…2,5	8…2,5	6…2,5			5	5		
الكثافة النمطية لقدرة ضوضاء المستقبِل (dBW/MHz)	138,0–…141,5–	138,0–…141,5–	136–…141,5–	138,0–…141,5–			139–	139–		
مستوى الدخل المقيّس للمستقبِل Rx لمعدل نسبة خطأ بتات (BER) قدره 1×10^{-6} (dBW/MHz)	117,5–…121,0–	115,0–…112,5–	106,5–…111,3–	117,5–…121,0–			118,5–	112,5–		
كثافة قدرة التداخل طويل الأجل الاسمية (dBW/MHz)	*I/N* +138,0– ...141,5–	*I/N*+138,0–...141,5–	*I/N* +136–...141,5–	*I/N* +138,0–...141,5–	N_{RX} + *I/N*	N_{RX} + *I/N*	*I/N* + 139–	*I/N* + 139–	N_{RX} + *I/N*	N_{RX} + *I/N*

ملاحظة – إن مجموعة المعلمات المقصودة لنظام بمرجعيتين لدراسات التشارك/التعايش غير متاحة حالياً أو إنها متاحة جزئياً؛ والدعوة موجهة للإدارات لأن تساهم بمعلومات في هذا الشأن. ويمكن مؤقتاً استخدام المعلمات الواردة في الملحق 3 للنطاقات نفسها.

الجدول 8(*)

معلمات النظام لأنظمة الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة في النطاقات الموزعة بين 14 و34 GHz

المدى الترددي (GHz)	**15,35-14,4**		**19,7-17,7**		**23,6-21,2**		**29,50-24,25**		**33,4-31,8**	
التوصية المرجعية لقطاع الاتصالات الراديوية	F,636		F,595		F,637		F,748		F,1520	
التشكيل	FSK	128-QAM	QPSK	64-QAM	FSK	128-QAM	16-QAM[4]	…	QPSK	256-QAM
التباعد بين القنوات وعرض نطاق ضوضاء المستقبِل (MHz)	2,5، **3,5**، 7، 14، 28	2,5، 3,5، 7، 14، **28**	1,25، 1,75، 2,5، 3,5، 5، **7**، 7,5، 10، 13,75، 20، **27,5**، 30، **40**، 50، **55**، 60[5]، 110، **110**، 220	1,25، 1,75، 2,5، 3,5، 5، 7، 7,5، 10، 13,75، 20، 27,5، 30، **40**، 50، 55، 60[5]، 110، 220	2,5، 3,5، 7، 14، 28، 50، 56، **25**[3]، 28، 50، 56، 112	2,5، 3,5، 7، 14، 28، 50، **30**[3]، 56، 112	2,5، 3,5، 7، 14، 28، 40[5]، 56، 60[5]، 112	2,5، 3,5، 7، 14، 28، 40[5]، 56، 60[5]، 112	3,5، 7، 14، **7**، 28، 56[5]	3,5، 7، 14، **28**، 56[5]
مدى قدرة خرج Tx (dBW)	0	15	3,0–…37–	10–	10–	13–	19–…39–		9–…29–	15–…29–
مدى كثافة قدرة خرج Tx (dBW/MHz)	5,44–	0,528	19,0–…45,4–	26–	24,0–	27,8–	6[6]33,8–…53,8–		17,5–…37,5–	29,5–…43,5–
مدى فاقد المغذي/معدد الإرسال (dB)	6,0…0	5,0…0	2…0,0	9,3…0	3…0	…	0,0		1,5…0	0…1,5
مقاس الهوائي (m) ومدى الكسب (dBi)	37	31,9	48,3…21,7	45…32	34,8	…	31,5		43…37,8	37,8…43
مدى e.i.r.p. (dBW)	37…31	46,9…41,9	43…4,4–	33…1,1–	24,8…21,8	…	12,5…7,5–		34,0…7,3	28,05…7,3
مدى كثافة e.i.r.p. (dBW/MHz)[1]	31,6…25,6	32,4…27,4	27,3…13,1– (أسلوب 16,2)	17...17,1– (أسلوب 8,0)	10,8…7,8		6[6]2,3–…21,3–		25,5…1,1–	13,5…7,2–
عامل الضوضاء النمطي للمستقبِل (dB)		8	5,0	5	11	6	8		6	6
الكثافة النمطية لقدرة ضوضاء المستقبِل (dBW/MHz)		136–	139–	139–	133–	138–	136–		138–	138–
مستوى الدخل المقيّس للمستقبِل Rx لمعدل نسبة خطأ بتات (BER) قدره 1×10^{-6} (dBW/MHz)		106,5–	125,5–	112,5–	119,6–	108,5–	115,5–		131,3–	107,3–
كثافة قدرة التداخل طويل الأجل الاسمية (dBW/MHz)	$N_{RX} + I/N$	$I/N + 136$–	$I/N + 139$–	$I/N + 139$–	$I/N + 133$–	$I/N + 138$–	$I/N + 136$–	$N_{RX} + I/N$	$I/N + 138$–	$I/N + 138$–

ملاحظة – إن مجموعة المعلمات المقصودة لنظام بمرجعيتين لدراسات التشارك/التعايش غير متاحة حالياً أو إنها متاحة جزئياً؛ والدعوة موجهة للإدارات لأن تساهم بمعلومات في هذا الشأن. ويمكن مؤقتاً استخدام المعلمات الواردة في الملحق 3 للنطاقات نفسها.

(4) يستخدم هذا النظام التشكيل التكييفي بين QPSK و16-QAM، ويُختار تشكيل في الظروف العادية. ويستخدم هذا النظام النطاق 25,27–26,98 GHz.

(5) عرض نطاق الكتلة الترددية.

(6) تُحسب قيم كثافة e.i.r.p./Tx من التباعد بين القنوات (عرض النطاق) 30 MHz ضمن الكتلة الترددية 60 MHz.

الجدول 9(*)

معلمات النظام لأنظمة الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة في النطاقات الموزعة ما فوق 36 GHz

المدى الترددي (GHz)	**40,5-36,0**		**52,6-51,4**		**59,0-55,78**	
التوصية المرجعية لقطاع الاتصالات الراديوية	F,749		F,1496		F,1497	
التشكيل	QPSK	32-QAM	…	…	FSK	…
التباعد بين القنوات وعرض نطاق ضوضاء المستقبِل (MHz)	2,5، 3,5، 7، 14، **28**، 56، 112، 140	2,5، 3,5، 7، 14، 28، **56**، 112، 140	3,5، 7، 14، 28، 56	3,5، 7، 14، 28، 56	3,5، 7، 14، **10**[3]، 28، **20**[3]، 14، **30**[3]، **40 50**[3]، 56، 100	3,5، 7، 14، 28، 50، 56، 100
مدى قدرة خرج Tx (dBW)	60–…15–	37,5–…16,5–	ملاحظة	ملاحظة	20…3–	
مدى كثافة قدرة خرج Tx (dBW/MHz)	68,4–…23,4–	45,9–…33,9–			37,0–…7,0–	
مدى فاقد المغذي/معدد الإرسال (dB)	0	0			0…2,5	
مقاس الهوائي (m) ومدى الكسب (dBi)	45…34	39,2…34			40,1…48,8	
مدى e.i.r.p. (dBW)	30…20,8–	1,7…22,7–			20,1…51,8	
مدى كثافة e.i.r.p. (dBW/MHz)[1]	29,2…21,5– (أسلوب 14,2)	15,7… 5,2– (أسلوب 1,22)			3,1…41,8	
عامل الضوضاء النمطي للمستقبِل (dB)	8	6,3			7	
الكثافة النمطية لقدرة ضوضاء المستقبِل (dBW/MHz)[1]	136–	137,7–			137–	
مستوى الدخل المقيّس للمستقبِل Rx لمعدل نسبة خطأ بتات (BER) قدره 1×10^{-6} (dBW/MHz)	122,5–	114,2–			123,6–	
كثافة قدرة التداخل طويل الأجل الاسمية (dBW/MHz)[2]	$I/N + 136-$	$I/N + 137{,}7-$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$I/N + 137-$	$N_{RX} + I/N$

ملاحظة – إن مجموعة المعلمات المقصودة لنظام بمرجعيتين لدراسات التشارك/التعايش غير متاحة حالياً أو إنها متاحة جزئياً؛ والدعوة موجهة للإدارات لأن تساهم بمعلومات في هذا الشأن. ويمكن مؤقتاً استخدام المعلمات الواردة في الملحق 3 للنطاقات نفسها.

الجدول 10(*)

معلمات النظام لأنظمة الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة في النطاقات الموزعة ما دون GHz 11

المدى الترددي (GHz)	2,69-1,35 (النطاقات الفرعية 2,5–1,35)		2,69-1,35 (النطاقات الفرعية 2,69–2,5)		3,80-3,40		10,68-10,15	
التوصية المرجعية لقطاع الاتصالات الراديوية	F.701		F.701		F.1488		F.747, F.1568	
التشكيل	محطات مركزية	محطات طرفية	محطات مركزية QPSK حتى 64-QAM(7)	محطات طرفية QPSK	محطات مركزية QPSK حتى 64-QAM(7)	محطات طرفية QPSK	محطات مركزية 64-QAM	محطة طرفية 64-QAM
التباعد بين القنوات وعرض نطاق ضوضاء المستقبِل (MHz)	مضاعفات 0,5	مضاعفات 0,5	**5، 5,5، 6**(8)	**5، 5,5، 6**(8)	25(5)، **1,75، 3,5**، ...**14**(9)	25(5)، **1,75**، **3,5**، ...**14**(9)	**1,75**(3)، 2,5، 5، 28(5)، 30(5)	2,5(3)، **1,75**، 5، 28(5)، 30(5)
مدى قدرة خرج Tx (dBW)	ملاحظة	ملاحظة	13...5	0...6−	13...5	0...6−	3−	12−
مدى كثافة قدرة خرج Tx (dBW/MHz)(1)			6,01...2,78−	6,99−...13,8−	10,6...6,46−	2,43−...17,5−	5,43−	14,4−
مدى فاقد المغذي/معدد الإرسال (dB)			3	0	2	0	0.5	0
مقاس الهوائي (m) ومدى الكسب (dBi)			13 (شامل الاتجاهات)... 16 (قطاعي)	13(شامل الاتجاهات)	10 (شامل الاتجاهات)... 18 (قطاعي)	8 (داخل المباني)... 18 (في العراء)	15 (لويحي قطاعي 90)	18 (لوحي)
مدى e.i.r.p. (dBW)			26...23	32	29...21	18...8	11,5	6
مدى كثافة e.i.r.p. (dBW/MHz)			19,0...15,2	25,0...24,2	26,5...9,54	15,6...3,46−	9,07	3,57
عامل الضوضاء النمطي للمستقبِل (dB)			4	4	3	3	5	5
الكثافة النمطية لقدرة ضوضاء المستقبِل (dBW/MHz)			140−	140−	141−	141−	139−	139−
مستوى الدخل المقيّس للمستقبِل Rx لمعدل نسبة خطأ بتات (BER) قدره 1×10^{-6} (dBW/MHz)			113,5−...126,5−	126,5−	114,5−...127,5−	127,5−	112,5−	112,5−
كثافة قدرة التداخل طويل الأجل الاسمية (dBW/MHz)	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$I/N + 140-$	$I/N + 140-$	$I/N + 141-$	$I/N + 141-$	$I/N + 139-$	$I/N + 139-$

ملاحظة – إن مجموعة المعلمات المقصودة لنظام بمرجعيتين لدراسات التشارك/التعايش غير متاحة حالياً أو إنها متاحة جزئياً؛ والدعوة موجهة للإدارات لأن تساهم بمعلومات في هذا الشأن. ويمكن مؤقتاً استخدام المعلمات الواردة في الملحق 3 للنطاقات نفسها.

(7) يتغير نسق التشكيل دينامياً وفق تردي الانتشار.

(8) توصي التوصية ITU–R F.701 بمخطط إشعاع 0,5 MHz الأساسي (أو بمضاعفاته الصحيحة) فقط. وتُقترح قيم 5 و5,5 و6 MHz كالتباعدات الأكثر شيوعاً بين القنوات لهذه الأنظمة.

(9) توصي التوصية ITU–R F.1488 بمخطط إشعاع 0,25 MHz الأساسي (أو بمضاعفاته الصحيحة) فقط. وتُقترح قيم 1,75 و3,5 .....و14 MHz كالتباعدات الأكثر شيوعاً بين القنوات لهذه الأنظمة.

الجدول 11(*)

معلمات النظام لأنظمة الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة في النطاقات الموزعة ما فوق 11 GHz

المدى الترددي (GHz)	**19,70-17,70**		**23,60-21,20**		**29,50-24,25**		**33,4-31,8**		**40,00-38,60**	
التوصية المرجعية لقطاع الاتصالات الراديوية	F.595		F.637		F.748		F.1520		F.749	
التشكيل	محطة مركزية	محطات طرفية	محطة مركزية	محطات طرفية	محطات مركزية حتى QPSK 64-QAM[7]	محطات طرفية حتى QPSK 64-QAM[7]	محطة مركزية	محطات طرفية	محطة مركزية	محطات طرفية
التباعد بين القنوات وعرض نطاق ضوضاء المستقبِل (MHz)	2,5، 5، 10، 20، 30، 40، 50	2,5، 5، 10، 20، 30، 40، 50	3,5، 7، 14، 28	3,5، 7، 14، 28	3,5، 7، 14، 28، 56، 112، 40[5]، 60[5]	3,5، 7، 14، 28، **30**[3]، 56، 112، 40[5]، 60[5]	3,5، 7، 14، 28، 56[5]، 112، 168	3,5، 7، 14، 28، 56[5]، 112، 168	50[5]، 60[5]	50[5]، 60[5]
مدى قدرة خرج Tx (dBW)					19−…39−	19−				
مدى كثافة قدرة خرج Tx (dBW/MHz)					33,8−[6]…53,8−[6]	33,8−[6]				
مدى فاقد المغذي/معدد الإرسال (dB)					0	0				
مقاس الهوائي (m) ومدى الكسب (dBi)					31,5 (المستوي)…	6,5 (شامل الاتجاهات)…				
مدى e.i.r.p. (dBW)					12,5…7,5−	12,5−…				
مدى كثافة e.i.r.p. (dBW/MHz)[1]					2,3−[6]…22,3−	27,3−[6]				
عامل الضوضاء النمطي للمستقبِل (dB)					8	8				
الكثافة النمطية لقدرة ضوضاء المستقبِل (dBW/MHz)					136−	136−				
مستوى الدخل المقيّس للمستقبِل Rx لمعدل نسبة خطأ بتات (BER) قدره 1×10^{-6} (dBW/MHz)					115,5−…122,5−	115,5−…122,5−				
كثافة قدرة التداخل طويل الأجل الاسمية (dBW/MHz)	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$I/N + 136-$	$I/N + 136-$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$	$N_{RX} + I/N$

التذييل 1
للملحق 2

أمثلة لدراسات التوزيع الإحصائي

استمدت الأمثلة التالية بتحليل بعض الشبكات من نقطة إلى نقطة في البنية التحتية لشبكات الاتصالات المتنقلة التي ترتبط دالاتها الإحصائية بإحصاءات محطات القاعدة المتنقلة على أراضي إحدى الإدارات. وتوصَف هذه الشبكات على النحو التالي:

- 1 335 وصلة بمدى طولي قدره 16-0,4 km في نطاق 11 GHz؛
- 1 285 وصلة بمدى طولي قدره 8,7-0,1 km في نطاق 15 GHz؛
- 1 058 وصلة بمدى طولي قدره 5,1-0,1 km في نطاق 18 GHz.

وترد في الجدول 12 التوزيعات الإحصائية المترتبة على ذلك للقدرة المشعة المكافئة المتناحية.

الجدول 12

الفرق بين الحد الأقصى النظري والتشتت الإحصائي للبيانات الفعلية
للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) في مثال الأنظمة الثلاثة في إدارة واحدة

المدى الترددي (GHz)	10,955-10,715 11,485-11,245	14,660-14,5 15,130-14,970	17,970-17,850 18,720-18,600
الحد الأقصى النظري(*)	40,3	38,1	35
البيانات الفعلية القصوى	38,8	35,4	33
متوسط البيانات الفعلية (μ)	31,7	28,4	22,8
الانحراف المعياري للبيانات الفعلية (σ)	3,2	3,2	4,3
الفرق بين الحد الأقصى النظري والبيانات الفعلية القصوى	1,5	2,7	2
$\mu + 2\sigma$	38,1	34,8	31,4
الحد الأقصى النظري ($\mu + 2\sigma$)	2,2	3,3	3,6
$\mu + 1.64\sigma$	37	33,7	29,9
الحد الأقصى النظري ($\mu + 1.64\sigma$)	3,3	4,4	5,1

(*) الحد الأقصى النظري = قدرة خرج المرسل (القصوى) – فاقد المغذي/معدد الإرسال (الأدنى) + كسب الهوائي (الأقصى)، ولا يمكن لهذه القيمة أن تصبح البيانات الفعلية القصوى.

تتراوح الفروق بين القيم القصوى النظرية والفعلية للبيانات بين 1,5 و2,7 dB. وزاد عدد نقاط البيانات الفعلية للمرسل في هذه الأنظمة عن 2 000 نقطة بيانات. ومن ثم تُحسب قيمتا $\sigma 2$ و$\sigma 1{,}64$ على افتراض أن مجموعة بيانات لأكثر من 2 000 نقاط البيانات تتبع توزيعاً طبيعياً. حيث σ هو الانحراف المعياري وμ هو المتوسط. ويقع حوالي 95% من نقاط البيانات ضمن $\sigma 2$ من المتوسط وحوالي 90% من نقاط البيانات ضمن $\sigma 1{,}64$ من متوسط القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.). ويقل 95% من نقاط البيانات بنحو 3 dB و90% منها بنحو 4 dB عن الحد الأقصى النظري.

ويلاحظ أن هذا التحليل قد يؤدي إلى نتائج مختلفة بعض الشيء حسب التوزيع الإحصائي للبيانات.

ومع ذلك، أظهرت أمثلة عملية بعض الفرق بين الحد الأقصى النظري والقيم القصوى للبيانات الفعلية.

الملحق 3

معلمات النظام الأخرى الخاصة بالخدمة الثابتة

لا تزال المعلومات الواردة في هذا الملحق تمثل أنظمة حقيقية نُشرت على مر الزمن. ولعل بعض من هذه المعلمات قد تجاوزها الزمن. ولم تسهم الإدارات حتى الآن بمجموعة جديدة من المعلمات المجمعة، ولكن يمكن استعمال معلمات الإدارات مؤقتاً عندما لا ترد في جداول الملحق 2 بيانات الأنظمة المرجعية للنطاقات التي تسترعي الاهتمام.

ويستند هذا الملحق إلى التقرير ITU–R F.2108. وتحدَّث المصطلحات التالية:

فقد وُحدت مصطلحات "المحور" و" محطة القاعدة" و"المحطة المركزية" في مصطلح "المحطة المركزية".

ووُحدت مصطلحات "المحطة النائية" و"المحطة البعيدة" و"المحطة الطرفية" في مصطلح "المحطة الطرفية".

الجدول 13(*)

معلمات النظام لأنظمة الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة في النطاقات الموزعة ما دون 3 GHz

المدى الترددي (GHz)	**0,450-0,4061**		**1,530-1,350**		**2,100-1,700 2,300-1,900**		**2,300-1,900**		**2,670-2,290**
التوصية المرجعية لقطاع الاتصالات الراديوية	F.1567		F.1242		F.382		F.1098		F.1243
التشكيل	QPSK	32-QAM	MSK	QPSK	O-QPSK	QPSK	QPSK	256-QAM	MSK
التباعد بين القنوات وعرض نطاق ضوضاء المستقبِل (MHz)	0,05، 0,1، 0,15، 0,2، 0,5، 0,3، **0,25**، 0,6، 0,75، 1، 1,75، **3,5**	0,05، 0,1، 0,15، **0,2**، 0,5، 0,3، 0,25، 0,6، 0,75، 1، 3,5، **1,75**	0,25، 0,5، **1**، **2**، **3,5**	0,25، 0,5، **1**، **2**، **3,5**	**29**	**29**	1,75، **2,5**، 3,5، **7**، 10، **14**	1,75، 2,5، **3,5**، 7، 10، 14	0,25، 0,5، 1، 1,75، 2، 2,5، **14**، 7، 3,5
المدى الأقصى لقدرة خرج Tx (dBW)	7	0	7	0…7	7	3	7…9–	2…1–	5
المدى الأقصى لكثافة قدرة خرج Tx (dBW/MHz)[1]	13…1,6	7,0…2,4–	4,0	7…3,0–	7,6–	12–	1,5–…14–	3,4–…6,4–	6,5–
المدى الأدنى لفاقد المغذي/معدد الإرسال (dB)	2	2	5	5…1	3	1	6…3	2…0	4
المدى الأقصى لكسب الهوائي (dBi)	25	25	16	33…16	33	31	30…28	38…33	25
مدى e.i.r.p. الأقصى (dBW)	30	23	20	20…39	40	34	14…30	32…40	26
المدى الأقصى لكثافة e.i.r.p. (dBW/MHz)[1]	36…25	30…21	17	39…17	25	19	19…10	35…27	15
عامل الضوضاء النمطي للمستقبِل (dB)	5	3,5	4	7…4	4	4	6…4	4…3	4
الكثافة النمطية لقدرة ضوضاء المستقبِل (dBW/MHz)	139–	140,5–	140–	137–…140–	140–	140–	138–…140–	140–…141–	140–
مستوى الدخل المقيّس للمستقبِل Rx لمعدل نسبة خطأ بتات (BER) قدره 1×10^{-6} (dBW/MHz)	125,5–	117–	126,5–	123,5–…126,5–	126,5–	126,5–	124,5–...126,5–	...107,4–108,4–	126,5–
كثافة قدرة التداخل طويل الأجل الاسمية (dBW/MHz)	*I/N* + 139–	*I/N* + 140,5–	*I/N* + 140–	*I/N* + 137–...140–	*I/N* + 140–	*I/N* + 140–	*I/N* + 138–...140–	*I/N* + 140–...141–	*I/N* + 140–

(*) في كل مدىً ترددي في الجداول 13-16، يشير العمودان لما تمثله الأنظمة الأبسط والأنظمة الأعقد على التوالي (انظر الفقرة 3.4 في الملحق 2)

(1) لحساب قيم كثافات e.i.r.p. / TX، يتعين تحديد التباعد بين القنوات/عرض النطاق. وفي هذه الجداول، يُستخدم التباعد بين القنوات المكتوب **بأحرف داكنة**.

(2) تعرَّف كثافة قدرة التداخل طويل الأجل الاسمية على أنها "كثافة قدرة ضوضاء المستقبِل+(I/N المطلوبة) على النحو الموضح في الفقرة 13.4 في الملحق 2 (انظر أيضاً الفقرة 1.4 في الملحق 1).

الجدول 14(*)

معلمات النظام لأنظمة الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة في النطاقات الموزعة بين 3 و12 GHz

المدى الترددي (GHz)	**4,200-3,600**		**4,200-3,700**	**10,68-10,5**	
التوصية المرجعية لقطاع الاتصالات الراديوية	F.635		F.382	F.747	
التشكيل	64-QAM	512-QAM	QPSK	QPSK(3)	128-TCM
التباعد بين القنوات وعرض نطاق ضوضاء المستقبِل (MHz)	**10**، **30**، 40، 60، 80، 90	10، 30، **40**، 60، 80، 90	28، **29**	1,25، 2,5، 3,5، **7**	1,25، **2,5**، 3,5، 7
المدى الأقصى لقدرة خرج Tx (dBW)	1−	7	0	2−	3−
المدى الأقصى لكثافة قدرة خرج Tx (dBW/MHz)	11−…16−	9,0−	15−	10−	7,0−
المدى الأدنى لفاقد المغذي/معدد الإرسال (dB)	0	3	3	0	0
المدى الأقصى لكسب الهوائي (dBi)	42	40	37	49	51
مدى e.i.r.p. الأقصى (dBW)	41	44	38	47	48
المدى الأقصى لكثافة e.i.r.p. (dBW/MHz)(1)	31…26	28	23	39	44
عامل الضوضاء النمطي للمستقبِل (dB)	3	2	4	3	4
الكثافة النمطية لقدرة ضوضاء المستقبِل (dBW/MHz)	141−	142−	140−	141−	140−
مستوى الدخل المقيّس للمستقبِل Rx لمعدل نسبة خطأ بتات (BER) قدره 1×10^{-6} (dBW/MHz)	114,5−	106,5−	126,5−	127,5−	116,4−
كثافة قدرة التداخل طويل الأجل الاسمية (dBW/MHz)(2)	*I/N* + 141−	*I/N* + 142−	*I/N* + 140−	*I/N* + 141−	*I/N* + 140−

(3) يوصَف تشكيلان (QPSK و4FSK) ويُختار التشكيل QPSK.

الجدول 15(*)

معلمات النظام لأنظمة الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة في النطاقات الموزعة ما فوق 12 GHz

المدى الترددي (GHz)	**13,25-12,75**	**52,6-51,4**	
التوصية المرجعية لقطاع الاتصالات الراديوية	F.497	F.1496	
التشكيل	QPSK	4-FSK	32-QAM
التباعد بين القنوات وعرض نطاق ضوضاء المستقبِل (MHz)	**3,5**، 7، **14**، **28**	56 ،**28**، **14**، 7، **3,5**	56 ،28، **14**، 7، 3,5
المدى الأقصى لقدرة خرج Tx (dBW)	10	20−	20−
المدى الأقصى لكثافة قدرة خرج Tx (dBW/MHz)	4,6…4,5−	25−…34−	31−
المدى الأدنى لفاقد المغذي/معدد الإرسال (dB)	0	0	0
المدى الأقصى لكسب الهوائي (dBi)	49	50	50
مدى e.i.r.p. الأقصى (dBW)	45	30	30
المدى الأقصى لكثافة e.i.r.p. (dBW/MHz)(1)	40…31	25…16	19
عامل الضوضاء النمطي للمستقبِل (dB)	10	11	7
الكثافة النمطية لقدرة ضوضاء المستقبِل (dBW/MHz)	134−	133−	137−
مستوى الدخل المقيّس للمستقبِل Rx لمعدل نسبة خطأ بتات (BER) قدره 1×10^{-6} (dBW/MHz)	120,5−	109,9−	113,5−
كثافة قدرة التداخل طويل الأجل الاسمية (dBW/MHz)	*I/N* + 134−	*I/N* + 133−	*I/N* + 137−

الجدول 16(*)

معلمات النظام لأنظمة الخدمة الثابتة من نقطة إلى عدة نقاط في النطاقات الموزعة ما دون GHz 11

المدى الترددي (GHz)	**2,69-1,35 (النطاقات الفرعية 2, 5-1,35)**	
التوصية المرجعية لقطاع الاتصالات الراديوية	F.701	
التشكيل	محطات مركزية QPSK(4)	محطات طرفية QPSK(4)
التباعد بين القنوات وعرض نطاق ضوضاء المستقبِل (MHz)	**2، 3,5**(5)	**2، 3,5**(5)
المدى الأقصى لقدرة خرج Tx (dBW)	7…0	7…0
المدى الأقصى لكثافة قدرة خرج Tx (dBW/MHz)	1,6…3,0−	1,6…3,0−
المدى الأدنى لفاقد المغذي/معدد الإرسال (dB)	4,4…0	4…0
المدى الأقصى لكسب الهوائي (dBi)	13 (شامل الاتجاهات/قطاعي) … 17 (شامل الاتجاهات/قطاعي)	17,5 (ياغي/بوقي) .. . 27 (مكافئي/بوقي)
مدى e.i.r.p. الأقصى (dBW)	24…6	34…16
المدى الأقصى لكثافة e.i.r.p. (dBW/MHz)(1)	19…3,0	29…13
عامل الضوضاء النمطي للمستقبِل (dB)	4…3,5	4…3,5
الكثافة النمطية لقدرة ضوضاء المستقبِل (dBW/MHz)	140–…140,5−	140–…140,5−
مستوى الدخل المقيّس للمستقبِل Rx لمعدل نسبة خطأ بتات (BER) قدره 1×10^{-6} (dBW/MHz)	126,5–..127−	126,5–…127−
كثافة قدرة التداخل طويل الأجل الاسمية (dBW/MHz)	*I/N* + 140−…140,5−	*I/N* + 140−…140,5−

(4) هناك أنظمة تستخدم التشكيلين O-QPSK وQPSK، واختير نظام QPSK لأنه يمتلك كل المعلمات.

(5) توصي التوصية ITU–R F.701 بمخطط إشعاع MHz 0,5 الأساسي (أو بمضاعفاته الصحيحة) فقط. وتُقترح قيمتا 2 و3,5 MHz كالتباعدات الأكثر شيوعاً بين القنوات لهذه الأنظمة.