التوصيـــة ITU-R F.1247-2*

الخصائص التقنية والتشغيلية لأنظمة الخدمة الثابتة التي تيسر التقاسم مع خدمات الأبحاث الفضائية والعمليات الفضائية واستكشاف الأرض الساتلية في النطاقين 025 2-110 MHz 2 و200 2-290 MHz 2

(المسألتان ITU-R 118/7 وITU-R 113/5)

(2009-2000-1997)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية الخصائص التشغيلية لأنظمة الخدمة الثابتة التي تيسر التقاسم مع الأنظمة في خدمات العلوم الفضائية العاملة في النطاقين 025 2-110 MHz 2 و200 2-290 MHz 2. وتقدم، من جملة أشياء أخرى، المواقع المدارية للسواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض التي ينبغي أن تكون عمليات البث باتجاهها محدودة.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) توزيع النطاقين 025 2-110 MHz 2 و200 2-290 MHz 2 في لوائح الراديو على الخدمات الثابتة والمتنقلة والأبحاث الفضائية (SR) والعمليات الفضائية (SO) واستكشاف الأرض الساتلية (EES) على أساس أولي؛

ب) تشغيل العديد من أنظمة الخدمة الثابتة من نقطة-إلى-نقطة ومن نقطة-إلى-عدة نقاط في المدى من 1-3 GHz ويرد وصفها في التوصيات ITU-R F.758 وITU-R F.759 وITU-R M.1143؛

ج) توزيع خدمات أخرى في المدى 1-3 GHz بعد المؤتمر الإداري العالمي للراديو للتعامل مع توزيعات التردد في بعض أجزاء الطيف (مالقة–طورملنوس، 1992) (WARC-92)، مما أنشأ ظروفاً غير متوافقة للتقاسم مع الخدمة الثابتة؛

د) تشغيل الخدمات SR وSO وEES بشكل مرضٍ لعدة أعوام مع الخدمة الثابتة في النطاقين 025 2-110 MHz 2 و200 2-290 MHz 2، وضرورة تحديد الخصائص التقنية والتشغيلية المفضلة للخدمة الثابتة عند إدخال عدد كبير من أنظمة الخدمة الثابتة لضمان التوافق على المدى الطويل؛

هـ) أن الخدمات SR وSO وEES تشغل وصلات الاتصالات الراديوية في الاتجاه من الفضاء-إلى-الفضاء في النطاقين 025 2-110 MHz 2 و200 2-290 MHz 2، بالإضافة إلى الوصلات في الاتجاهين من الأرض-إلى-الفضاء ومن الفضاء-إلى-الأرض، على التوالي؛

و) أن هذه الوصلات، وخاصة الوصلات في الاتجاه من الفضاء إلى الفضاء لشبكة ساتلية لترحيل المعطيات (DRS) صممت للتشغيل بهوامش تتراوح من 2 إلى 4 dB؛

ز) أن معايير الحماية للوصلات في الاتجاهين من الأرض-إلى-الفضاء ومن الفضاء-إلى-الأرض ترد في التوصيتين ITU-R SA.363 وITU-R SA.609، وترد معايير الحماية للوصلات الساتلية DRS في التوصية ITU-R SA.1155؛

ح) أن عدد أنظمة الخدمة الثابتة في هذه النطاقات قد يزداد لدرجة قد تدعو إلى استعمال معايير تقاسم عملية أقل صرامة من تلك الواردة في التوصية ITU-R SA.1155، وذلك على النحو الوارد في التوصية ITU-R SA.1274؛

* أعدت هذه التوصية لجنتا الدراسات 7 و5 للاتصالات الراديوية، كما تجرى أي مراجعة في المستقبل باشتراكهما معاً.

ط) أن الوصلات الساتلية تتعرض للتداخل من إرسالات أنظمة الخدمة الثابتة داخل مجال الرؤية واسع المدى الجغرافي؛

ي) أن عدداً محدوداً من الشبكات الساتلية DRS، كما يرد في التوصية ITU-R SA.1018 تعمل بالفعل أو مزمع تشغيلها في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض كما يرد في التوصية ITU-R SA.1275؛

ك) أن تحديد مواقع معينة مدارية لحمايتها بدلاً من القوس المداري يخفف العبء على الخدمة الثابتة لتقاسم النطاق، خاصة بالنسبة إلى المحطات التي تقع في خطوط عرض مرتفعة؛

ل) أن الدراسات الملخصة في الملحق 1 أوضحت إمكانية استعمال وسائل تقنية في الخدمة الثابتة لخفض احتمالات التداخل غير المقبول على خدمات الأبحاث الفضائية والعمليات الفضائية واستكشاف الأرض الساتلية،

توصي

1 أن تستعمل محطات الخدمة الثابتة في النطاقين 025 2-110 2 MHz و200 2-290 2 MHz، عندما يتسنى ذلك، ما يلي:

1.1 التحكم الأوتوماتي في قدرة الإرسال (ATPC) بحيث تكون القدرة المتوسطة أقل بمقدار 10 dB على الأقل من القدرة القصوى للمرسل؛

2.1 أدنى كثافة عملية لطيف قدرة المرسل؛

3.1 هوائيات إرسال ذات مخططات إشعاع جيدة مع مراعاة التوصية ITU-R F.699؛

2 أن تتجنب محطات الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة التي تعمل في النطاق 200 2-290 2 MHz البث بقدر الإمكان عند كثافة طيف القدرة e.i.r.p. أعلى من +8 dB(W/MHz) باتجاه المواقع الساتلية DRS المستقرة بالنسبة للأرض والمحددة في التوصية ITU-R SA.1275؛

1.2 أنه، استثناءً من الفقرة *توصي* 2، يمكن زيادة كثافة طيف القدرة e.i.r.p. لمحطات الخدمة الثابتة التي تستعمل التحكم ATPC أعلى من +8 dB(W/MHz) باتجاه المواقع الساتلية DRS المستقرة بالنسبة إلى الأرض خلال فترة أقل من 0,1% من الشهر (انظر الملاحظتين 7 و8)؛

2.2 أن تعمل محطات الخدمة الثابتة غير القادرة على العمل طبقاً للفقرة *توصي* 2 باتجاه الجزء الأدنى من النطاق 200 2-290 2 MHz؛

3 أن تلتزم محطات الخدمة الثابتة من نقطة إلى عدة نقاط في النطاقين 025 2-110 2 MHz و200 2-290 2 MHz، عندما يتسنى ذلك، بما يلي:

1.3 تجنب إشعاع كثافة قدرة e.i.r.p. لكل وصلة بما يتجاوز 5 dB(W/MHz) للمحطات المركزية والخارجية لأنظمة القدرة المرتفعة/الكثافة المنخفضة لأكثر من 0,1% من الشهر مع مراعاة التحكم ATPC (انظر الملاحظة 7)؛

2.3 استعمال هوائيات إرسال شاملة الاتجاهات بأدنى كسب فوق المستوي الأفقي عند المحطة المركزية.

الملاحظة 1 – تنطبق الفقرة *توصي* 2 كذلك على الوصلات من نقطة-إلى-نقطة بين الأنظمة من نقطة-إلى-عدة نقاط أو داخلها.

الملاحظة 2 – ينبغي أن تحسب كثافة طيف القدرة e.i.r.p. المشعة تجاه ساتل DRS مستقر بالنسبة إلى الأرض كحاصل ضرب كثافة طيف القدرة المرسلة وكسب الهوائي باتجاه الساتل DRS. وينبغي أن يستعمل مخطط الإشعاع المرجعي للتوصية ITU-R F.699 في حال عدم وجود مخطط إشعاع لهوائي الخدمة الثابتة. وينبغي أن يراعى في الحساب آثار الانكسار الجوي والأفق المحلي. وترد طريقة لحساب زوايا الفصل في الملحق 2 من التوصية ITU-R F.1249.

الملاحظة 3 – تنطبق الفقرة *توصي* 2 كذلك على المحطات الخارجية للأنظمة من نقطة-إلى-عدة نقاط (P-MP) التي تستعمل الهوائيات الاتجاهية بكسب أقصى يزيد عن 14 dBi.

الملاحظة 4 – يمكن بالنسبة لنظام مرتفع القدرة/منخفض الكثافة من نقطة-إلى-عدة نقاط يعمل بأساليب الإرسال المتقطع مثل النفاذ TDMA، أن تزيد المحطات الخارجية سويات كثافة قدرتها .e.i.r.p بعامل يقابل عدد المشتركين الموصلين بالمحطات الخارجية والمنتمين إلى محطة مركزية، بحد أقصى 9 dB(W/MHz) (انظر الفقرة 7.3 من الملحق 1).

الملاحظة 5 – تنطبق الفقرة *توصي* 1.3 أساساً على الأنظمة منخفضة الكثافة. وتكون سويات القدرة المناسبة أدنى بالنسبة إلى الأنظمة مرتفعة الكثافة. فعلى سبيل المثال، تسري معلمات النظام منخفض القدرة التي تستعملها إدارة واحدة على الأقل عند كثافات نمطية للقدرة .e.i.r.p بدون خبو لكل وصلة من –5 dB(W/MHz) للمحطات المركزية و–14 dB(W/MHz) للمحطات الخارجية، مع مراعاة التحكم ATPC عندما يتسنى ذلك.

الملاحظة 6 – إن المواقع المدارية الحالية التي تتطلب الحماية وفقاً للتوصية ITU-R SA.1275-2 هي:

16,4° شرقاً و21,5° شرقاً و47° شرقاً و59° شرقاً و85° شرقاً و90° شرقاً و95° شرقاً و113° شرقاً و121° شرقاً و160° شرقاً و177,5° شرقاً و16° غرباً و32° غرباً و41° غرباً و44° غرباً و46° غرباً و49° غرباً و62° غرباً و139° غرباً و160° غرباً و170° غرباً و171° غرباً و174° غرباً.

الملاحظة 7 – تجدر الإشارة إلى أن النسب المئوية الزمنية في الفقرتين *توصي* 1.2 و1.3 لا ترتبط مباشرة بمعايير تقاسم النسبة المئوية الزمنية للساتل DRS كما ترد في التوصية ITU-R SA.1274.

الملاحظة 8 – ينبغي لأي محطة خدمة ثابتة تستخدم التحكم ATPC وتعجز عن تلبية متطلبات الفقرة *توصي* 1.2، أن تعمل، حيثما تسنى ذلك، باتجاه الجزء الأدنى من النطاق 200 2-290 2 MHz، ويحبَّذ النطاق 200 2-245 2 MHz، ويمكن زيادة كثافة طيف القدرة .e.i.r.p (باتجاه موقع الساتل DRS المستقر بالنسبة إلى الأرض) المحدد فوق +8 dB(W/MHz) لفترة تقل عن 5% من الشهر كي يستعاد الأداء أثناء أحداث الخبو الضحل، ولكن ينبغي أن تقلّ النسبة المئوية الزمنية التي تتجاوز فيها الكثافة +11 dB(W/MHz) عن 0,1% من الشهر.

الملاحظة 9 – يعرض الملحق 2 مواد تسهل تطبيق هذه التوصية عند تخطيط الأنظمة الجديدة وتصميمها في النطاقين 025 2-110 2 MHz و200 2-290 2 MHz.

الملحق 1

الخصائص التقنية لأنظمة الخدمة الثابتة التي تسهل التقاسم مع الخدمات الفضائية في النطاقين 025 2-110 2 MHz و200 2-290 2 MHz

1 مقدمة

أظهرت الدراسات أن التداخل يمكن أن يسببه بث أنظمة الخدمة الثابتة إلى الشبكات الفضائية التي تعمل في الخدمات SR وSO وEES (خدمات علوم الفضاء) في النطاقين 025 2-110 2 MHz و200 2-290 2 MHz (نطاقات 2 GHz). وتتكون الشبكة الفضائية من وصلات في الاتجاه من الفضاء إلى الفضاء بين ساتل DRS في مدار ساتلي مستقر بالنسبة إلى الأرض (GSO) وساتل منخفض المدار. ويرسل الساتل DRS إلى ساتل منخفض المدار في النطاق 025 2-110 2 MHz ويستقبل الإرسالات من الساتل منخفض المدار في النطاق 200 2-290 2 MHz. لذا يكون الساتل منخفض المدار عرضةً للتداخل من الإرسالات في النطاق 025 2-110 2 MHz، وتخضع السواتل DRS ذات المدار GSO للتداخل من الإرسالات في النطاق 200 2-290 2 MHz. ويمكن أن تتصل السواتل منخفضة المدار مع المحطات الأرضية في الشبكة الأرضية باستعمال

الوصلات أرض-فضاء. وهذه الوصلات التي تستعمل النطاق 025 2-110 2 MHz للإرسال إلى ساتل منخفض المدار وتستقبل الإرسال من الساتل منخفض المدار في النطاق 200 2-290 2 MHz، ليست معرضة للتداخل مثل وصلات السواتل منخفضة المدار العاملة في الشبكة الفضائية.

ويلخص القسم 2 بيئة التداخل التي قد تلمسها السواتل منخفضة المدار والسواتل DRS ذات المدار GSO في حالة استعمال الخدمة الثابتة الكثيف للنطاقات 2 GHz. ويلخص القسم 3 تقنيات تخفيف التداخل التي يمكن أن تستعملها الخدمة الثابتة لخفض سويات التداخل المحتمل. ويقدم القسم 4 ملخصاً لفعالية تقنيات التخفيف المتعددة في خفض مستوى التداخل المحتمل على السواتل التي تعمل في الشبكة الفضائية.

2 التداخل المحتمل على السواتل التي تعمل في الشبكة الفضائية

استُعملت عمليات محاكاة مونت كارلو لتقييم التداخل على أنظمة خدمات علوم الفضاء من عدد كبير من أنظمة الخدمة الثابتة. وافترض أن أنظمة الخدمة الثابتة كانت أنظمة من نقطة إلى نقطة على خط البصر تتكون من 13 محطة في كل قسم، تستعمل تقنيات التشكيل الرقمي وهوائيات مرتفعة الكسب.

افتُرض أن نشر أنظمة الخدمة الثابتة يقابل مواقع 245 1 مدينة كبرى في العالم. وذلك باستثناء مدن الولايات المتحدة الأمريكية على اعتبار أن النطاقات الترددية تُستعمل على نطاق واسع في تطبيقات أخرى. وأدت هذه الافتراضات إلى نشر أكثر من 000 16 محطة من نقطة-إلى-نقطة في جميع أنحاء العالم.

وتوجد 13 محطة لكل مسير. ويفترض أن تكون مراكز المسيرات عند كل مدينة رئيسية. أنشئ خط اتجاه بتوزيع منتظم بين 0° و360°. وولد من هذه النقطة متجه الموقع الجغرافي ومتجه تسديد الهوائي عند كل محطة على المسير بافتراض أن المسافة التي تفصل بين المحطات هي 50 كيلومتراً. وتكون زاوية السمت عند كل محطة هي مجموع زاوية خط الاتجاه وزاوية عشوائية منتظمة التوزيع بين ±12,5°. ويفترض عند كل محطة لا تكون محطة طرفية وجود هوائيي إرسال بقناة مشتركة: أحدهما يسدد إلى المحطة السابقة على المسير والآخر يسدد إلى المحطة التالية على المسير. وتسدد الهوائيات عند المحطات الطرفية إلى المحطة المجاورة. وزاوية ارتفاع كل هوائي 0°، وله كسب على المحور 33 dBi، ومخطط إشعاع خارج المحور يطابق المخطط المحسن الوارد في التوصية ITU-R F.699. ويفترض أن كثافة طيف قدرة المرسل عند كل محطة إرسال –35 dB(W/kHz) وهو ما يتفق مع الأنظمة الرقمية 64-QAM.

يحدد أثر النشر العالمي للأقسام المكون كل منها من 13 محطة لمسيرات المرحلات الراديوية على السواتل منخفضة المدار التي تعمل في النطاق 025 2-110 2 MHz عن طريق حساب قدرة التداخل الكلي التي تستقبلها هذه السواتل بدلالة خط الطول وخط العرض للنقطة مسقط الساتل على الأرض لمتجه موقع الساتل. ويفترض اقتران التداخل على الساتل منخفض المدار بنظام الاستقبال من خلال الفصوص الجانبية لهوائي ذي كسب مقداره 0 dBi.

ويرد مخطط كفافي لنتائج محاكاة مونت كارلو لساتل ارتفاعه 300 كيلومتر في الشكل 1. وترد كثافة التداخل المستقبل بدلالة خط الطول وخط العرض للساتل وتصل إلى قيمة ذروة قدرها –151,7 dB(W/kHz). ويبين المخطط الكفافي حدوث التداخل على المساحات الأرضية وأن التداخل سكوني، أي أنه توجد سوية غير متغيرة من التداخل تصاحب كل نقطة تمثل مسقط الساتل على الأرض.

واستعملت محاكاة مونت كارلو مشابهة لتحديد التداخل على السواتل DRS التي تستقبل في النطاق 200 2-290 2 MHz. واستعملت افتراضات مماثلة بشأن خصائص أنظمة المرحل الراديوي من نقطة إلى نقطة التي تستعمل هوائيات مرتفعة الكسب ونشرها. وكانت نقطة انطلاق التحليل هي استعمال الساتل DRS للمدار GSO واستعمال هوائيات استقبال مرتفعة الكسب قابلة للتوجيه على الساتل DRS. وكانت المتغيرات المستقلة للتحليل هي خط الطول للنقطة مسقط الساتل على الأرض للساتل DRS المستقر بالنسبة إلى الأرض (يفترض أن الميل المداري صفر) وزاوية الدوران وزاوية الميل للهوائيات القابلة للتوجيه. (تحدد زاوية الدوران وزاوية الميل في نظام إحداثيات كروية ممركز على الساتل DRS. ويوجه المحور x نحو مركز

الأرض، ويوجه المحور y نحو متجه سرعة الساتل، ويوازي المحور z محور دوران الأرض. ويعرف نظام الإحداثيات المحلي بهذه الطريقة، فإن الدوران حول المحور x يُعرف بالانعراج (Yaw)، والدوران حول المحور y بالالتفاف (Roll) والدوران حول المحور z بالانحدار (Pitch)).

وتتكون شبكة الساتل DRS التي تشغّلها الولايات المتحدة الأمريكية من عدة سواتل DRS عاملة وفي حالة استعداد على المدار تقع في مواقع مدارية منها خطوط الطول 41° و46° و171° و174° غرباً. وتستعمل هذه السواتل نمطين من هوائيات التتبع مرتفعة الكسب: هوائي النفاذ المتعدد للنطاق S (SMA) بكسب على المحور 28,0 dBi؛ وهوائي النفاذ الوحيد للنطاق S (SSA) بكسب على المحور 36,8 dBi.

ويفترض أن يكون لهوائيات السواتل DRS مخططات إشعاع خارج المحور تطابق المخططات الواردة في التوصية ITU-R S.672 لهوائيات السواتل ذات التناظر الدائري وسويات أول فص جانبي أقل من 20 dB من ذروة الكسب على المحور.

وتُنشر محطات الخدمة الثابتة بنفس الطريقة التي وردت آنفاً. ويحدد التداخل على هوائيات SMA وSSA لساتل DRS يقع عند موقع مداري محدد لكل زاوية تسديد هوائي داخل المدى ±13° للخطران و±11° للتمايل بقفزات قدرها 1°. ويحسب التداخل الكلي الناجم عن إرسالات محطات المرحل الراديوي المرئية لكل موقع حزمة هوائي SMA أو هوائي SSA. ويرد مثال على النتائج في الشكل 2 بالنسبة لهوائي SSA على ساتل DRS عند موقع مداري على خط الطول 41° غرباً. ويوضح الشكل استقبال أقصى سوية للتداخل مقدارها −150,7 dB(W/kHz) وزيادة التداخل بمقدار −170 dB(W/kHz) على جزء كبير نسبياً من زوايا المسح. ومرة أخرى، يلاحظ أن التوزيع الزمني للتداخل ثابت. وترتبط سوية معينة من التداخل بكل زاوية تسديد للهوائي.

3 تقنيات تخفيف التداخل

قيمت عدة تقنيات لتخفيف التداخل قد تستعملها الخدمة الثابتة. والتقنيات التي تنطبق على النطاقين 2 110-2 025 MHz و2 290-2 200 MHz هي:

- التحكم الأوتوماتي في قدرة الإرسال (ATPC)،
- أدنى كثافة عملية لطيف القدرة المرسلة،
- موقع تثبيت هوائي الإرسال،
- هوائيات إرسال بمخططات إشعاع جيدة.

والتقنيات المطبقة على النطاق الأعلى (أي 2 290-2 200 MHz) هي:

- الحد من كثافة طيف القدرة e.i.r.p. المشعة باتجاه المواقع المدارية لسواتل DRS،
- تخصيص قنوات لمحطات خدمة ثابتة مرتفعة القدرة باتجاه الجزء الأدنى من النطاق 2 290-2 200 MHz.

وتخضع تقنيات تخفيف التداخل المناسبة للسواتل DRS للدراسة حالياً.

1.3 التحكم الأوتوماتي في قدرة الإرسال

إن التحكم ATPC أحد أكثر الوسائل فعالية لخفض بيئة التداخل التي تواجهها السواتل التي تعمل في شبكة سواتل DRS. ويؤدي كل خفض مقداره 1 dB في قدرة المرسل الاسمية المسلمة إلى الهوائي إلى خفض مقداره 1 dB، في التداخل. واتضح أن استعمال جميع أنماط محطات الخدمة الثابتة لمقدار يصل إلى 20 dB بالنسبة للتحكم ATPC يؤدي إلى تخفيض كبير ضروري في بيئة التداخل.

2.3 كثافة طيف القدرة المرسلة

تكون أنظمة الاستقبال في الشبكات الساتلية DRS حساسة على وجه الخصوص تجاه التداخل بسبب هوامش الوصلة الصغيرة (مثلاً: من 2 dB إلى 4 dB) التي تستعمل على الوصلات في الاتجاه من الفضاء-إلى-الفضاء. وتعتبر الكثافة المنخفضة لطيف قدرة المرسل وسيلة فعالة للحد من درجة التداخل.

3.3 موقع تثبيت هوائي الإرسال

تقع محطات الخدمة الثابتة في عدد من الحالات وخاصة بالنسبة إلى الأنظمة من نقطة-إلى-عدة نقاط في مناطق منخفضة أو تحجبها المباني المجاورة أو تحيطها أشجار. تؤدي هذه العوامل إلى زيادة خسارة مسير الانتشار عند زوايا الارتفاع المنخفضة. واعتبرت دراسة تواجد توهين إضافي مقداره 20 dB عند الارتفاع 0°، يتناقص خطياً إلى 0 dB عند 10°. ويفترض أن هذه الآلية لا تنطبق إلا على المحطات الخارجية متعددة النقاط في حين تقع جميع الوصلات الأخرى في بيئة مرتفعة أو غير محجوبة.

وتثبت الهوائيات منخفضة الكسب مثل الهوائيات المسطحة المستعملة في أنظمة متعددة النقاط منخفضة القدرة نمطياً على حائط مبنى. لذا افترض في دراسة أن الخسارة الإضافية بسبب سد المبنى ينطبق على مصادر التداخل الواقعة وراء مستوي الهوائي. ونمذج ذلك كخسارة إضافية بمقدار 20 dB لزوايا الوصول التي تتعدى 90° من نقطة التسديد.

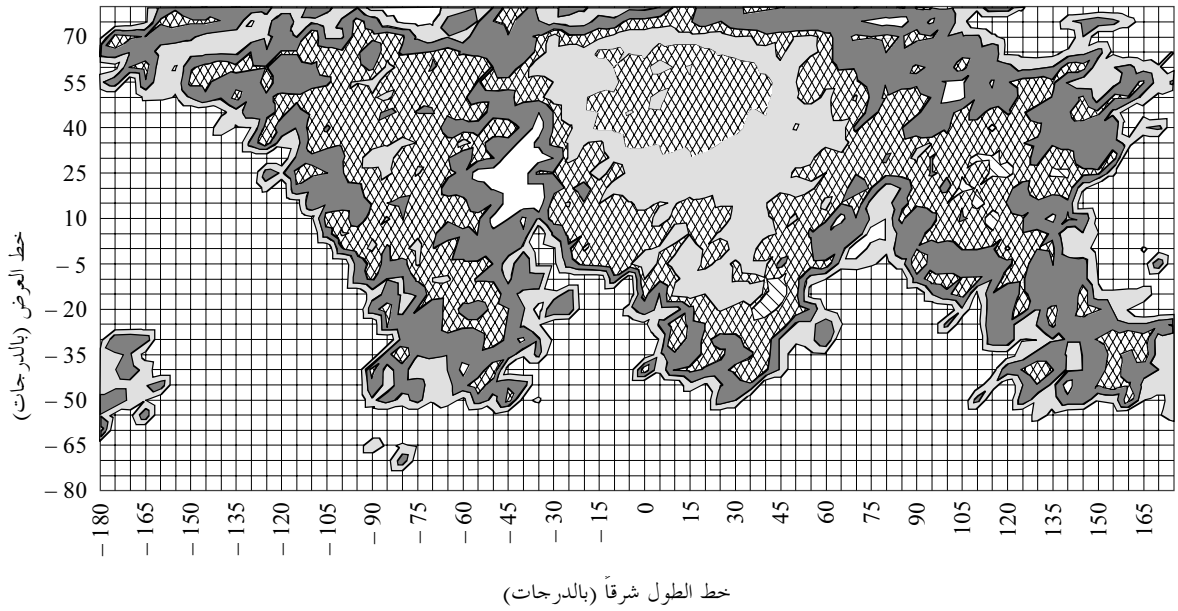
وتحد آثار التشتت والانعراج من العزل الإضافي عندما تحدث خسارة جراء سد المبنى والأشجار في آن واحد. ويفترض في هذه الحالة أن تقتصر الخسارة بمجملها الناتجة عن المصدرين على 30 dB.

4.3 مخططات إشعاع هوائيات الإرسال

تؤثر مخططات إشعاع هوائيات الإرسال لمحطات الخدمة الثابتة على مقدار بيئة التداخل. ومن شأن استعمال الهوائيات المطابقة لأداء التوصية ITU-R F.699 أو تتعداه أن يحد بيئة التداخل.

الشـــكل 1

مخطط كفافي للتوزيع الجغرافي للتداخل على سواتل تقع على ارتفاعات مدارية مقدارها 300 كيلومتر



1247-01

ارتفاع المركبة الفضائية = 300 كيلومتر

كسب هوائي الخدمة الثابتة = 33,0 dB

كثافة طيف قدرة إرسال الخدمة الثابتة = –35 dB(W/kHz)

أقصى كثافة لقدرة التداخل = –151,7 dB(W/kHz)

–155 إلى –150

–160 إلى –155

–165 إلى –160

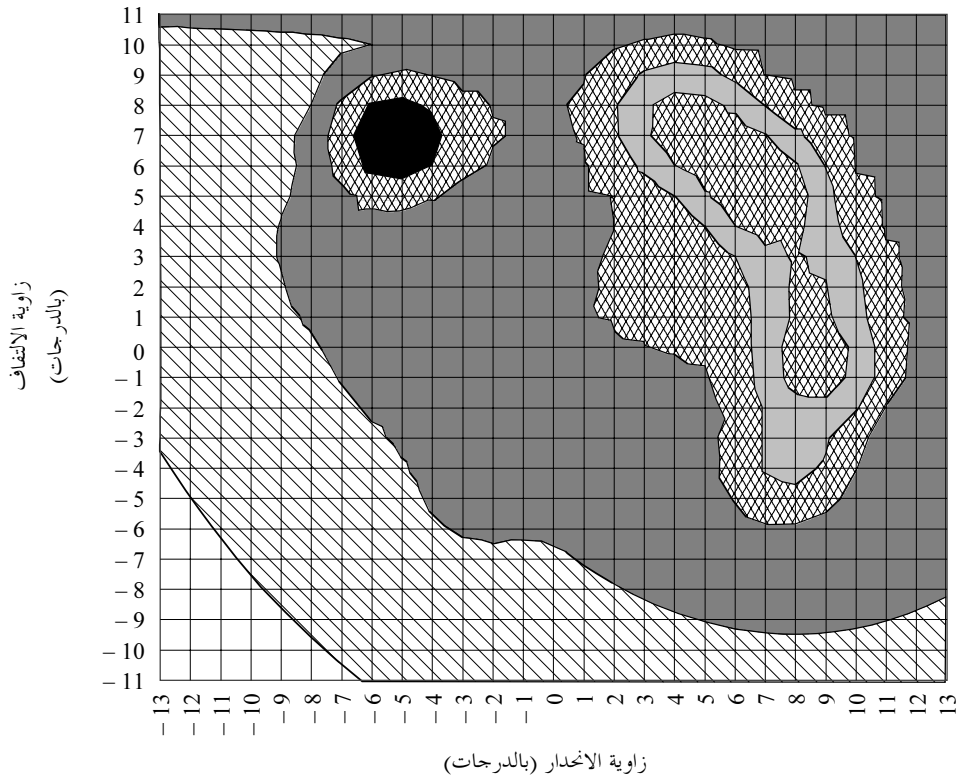
–170 إلى –165

–175 إلى –170

–180 إلى –175

الشـــكل 2

مخطط كفافي للتداخل على هوائي ساتل DRS بدلالة زاوية التمايل وزاوية الخطران: الساتل DRS عند خط الطول 41° غرباً؛ والهوائي من نمط SSA



5.3 كثافة طيف القدرة .e.i.r.p المشعة باتجاه المواقع المدارية لسواتل DRS

يتعين تحديد كثافة طيف القدرة .e.i.r.p لمحطة إرسال الخدمة الثابتة المشعة باتجاه هوائي استقبال الساتل DRS المستقر بالنسبة إلى الأرض يعمل في النطاق 200 2-290 2 MHz لضمان أن التداخل لا يتعدى معايير التقاسم الواردة في التوصية ITU-R SA.1274 (أي −147 dB(W/MHz) لما لا يتعدى 0,1% من الزمن). ويمكن تحديد القيمة المناسبة لكثافة طيف القدرة .e.i.r.p بالطريقة التالية.

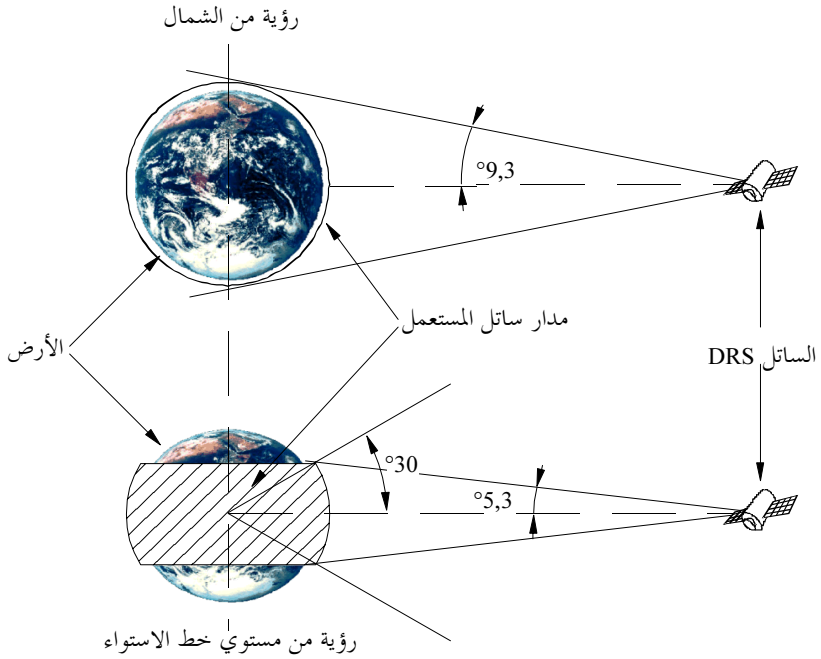
يفترض أن منطقة خدمة حزمة هوائي ساتل DRS تقتصر على مستطيل من 20° في الاتجاه من الشرق إلى الغرب و12° في الاتجاه من الشمال إلى الجنوب كما يظهر في الشكل 3. ويفترض انتظام احتمال أن ساتل المستعمل يحتل أي موقع في منطقة الخدمة، وتكون النسبة المئوية للزمن الذي يسدد هوائي ساتل DRS فيه باتجاه محطة خدمة ثابتة معينة هي نسبة المنطقة النقطية لحزمة هوائي الساتل DRS إلى منطقة خدمة الساتل DRS. وينطوي احتمال تداخل مقداره 0,1% على عرض نطاق هوائي للساتل DRS مقداره 0,3°. ويكون الكسب عند 0,3° من نقطة التسديد بالنسبة إلى هوائي ساتل DRS بكسب 36 dBi هو نفسه كسب نقطة التسديد تقريباً. وباستعمال هذه الافتراضات، يجب ألا تتعدى كثافة طيف القدرة e.i.r.p. المشعة باتجاه ساتل DRS مستقر بالنسبة إلى الأرض من محطة خدمة ثابتة واحدة القيمة التالية:

$$\text{القدرة e.i.r.p.} \geq -147 + 36 - 3 + 3 = +8 \text{ dB(W/MHz)}$$

حيث −147 dB(W/MHz) هي معايير التقاسم، و191 dB هي الخسارة في الفضاء الحر، و36 dBi هي كسب نقطة تسديد هوائي الساتل DRS، و3 dB هي التسامح بشأن تمييز الاستقطاب بين هوائيات الساتل DRS والخدمة الثابتة. وافترض أن التداخل الأساسي من أنظمة الخدمة الثابتة والمتنقلة يعادل تأثير أسوأ حالة تداخل فردي مع إدراج معامل مقداره 3 dB.

الشـــكل 3

منطقة خدمة الساتل DRS بالنسبة إلى ساتل المستعمِل في مدار بميل 30°



1247-03

6.3 تخصيص قنوات محطات الخدمة الثابتة في النطاق 200 2-290 2 MHz

صممت أنظمة الساتل DRS لتأمين كامل عرض النطاق بين 200 2-290 2 MHz. وتعمل حالياً معظم المركبات الفضائية لمستعمل الساتل DRS في الجزء الأعلى من النطاق، وبضع منها في الجزء المتوسط، وواحدة على الأقل في الجزء الأدنى. وسيُخصص لمعظم المستعملين، وهو ما لا يستدعي وجود وصلة نفاذ متعدد، خلال العقد القادم الترددات في الجزء المتوسط من النطاق. (يختلف توزيع تخصيصات التردد للسواتل العاملة في الشبكة الأرضية اختلافاً تاماً).

ويتوقع أن يحتل جزء بسيط من مستعملي الساتل DRS الجزء الأدنى من النطاق. وقد يوفر ذلك بعض المرونة في تخصيص إرسالات الخدمة الثابتة مرتفعة القدرة التي قد لا تتوافق مع معايير تقاسم الساتل DRS للجزء الأدنى من النطاق.

7.3 اعتبارات كثافة طيف القدرة .e.i.r.p للأنظمة من نقطة-إلى-عدة نقاط

تم تلقي عدد من المساهمات بشأن خصائص الإرسال للأنظمة من نقطة-إلى-عدة نقاط. وصنع في بلد واحد نحو 400 نظام على الأقل تتضمن زهاء 10 000 محطة تعمل بكثافة طيف قدرة .e.i.r.p بين 4 و7 dB(W/MHz) للمحطات المركزية و11 و19 dB(W/MHz) للمحطات الخارجية. وتعمل هذه الأنظمة في نطاقات التردد 427 1-530 1 MHz (25%)، و025 2-300 2 MHz (5%)، و300 2-655 2 MHz (70%)، ويتوقع أن تكون خصائص أنظمة 2 GHz الجديدة مشابهة. وتحدد مساهمات أخرى بشأن الخصائص من نقطة إلى عدة نقاط فيما تتراوح القيم بين −10 و12 dB(W/MHz) للمحطات المركزية وبين 8 و12 dB(W/MHz) للمحطات الخارجية. ويمكن أن تكون للمحطات الخارجية كثافة طيف القدرة .e.i.r.p بدون التحكم ATPC للمحطات المركزية −10 و12 dB(W/MHz) وبين 8 و19 dB(W/MHz) للمحطات الخارجية. ويمكن في حالة أدنى قيمة 10 dB للتحكم ATPC أن تفي قيمة لكثافة القدرة .e.i.r.p تبلغ نحو 5 dB(W/MHz) بمتطلبات قدرة الإرسال للمحطات المركزية، وإلى حد كبير، للمحطات الخارجية أيضاً.

ويتوقع بالنسبة لأنظمة النفاذ TDMA عالية القدرة/منخفضة الكثافة أن يكون متوسط التحميل عند المحطات الخارجية في حدود 40% من السعة التي تسمح بزيادة أقصى كثافة للقدرة .e.i.r.p عند محطة خارجية بحوالي 4 إلى 9 dB(W/MHz). ويمكن أن تعتمد الزيادة المقبولة لمتوسط تحميل زائد مقداره 4% على النسبة بين العدد الحالي للمشتركين في كل محطة مركزية وأقصى عدد للمشتركين.

4 ملخص

إن بيئة التداخل التراكمي التي تلمسها المركبة الفضائية التي تراعي تقنيات التخفيف المحددة تسترعي الاهتمام الرئيسي. ويقدم الجدول 1 نظرة شاملة على حالة التقاسم في النطاق 025 2-110 2 MHz بالنسبة لمدار ارتفاعه 300 كيلومتر وأثر مختلف تقنيات تخفيف التداخل. وتوجد سويات مشابهة للقدرة في أنظمة المرحل الراديوي من نقطة إلى نقطة بالمقارنة مع الأنظمة من نقطة إلى عدة نقاط مرتفعة القدرة، وتكون النتائج هي نفسها بافتراض نفس عدد المحطات. وتقل حالة التداخل خطورة مع زيادة ارتفاعات المدار.

الجـــدول 1

ملخص فعالية تقنيات تخفيف التداخل التي تنطبق على السواتل منخفضة المدار العاملة في الشبكة الفضائية بارتفاع مداري 300 كيلومتر والتي تستقبل في النطاق 025 2-110 2 MHz

	أنظمة المرحل الراديوي من نقطة-إلى-نقطة	أنظمة مرتفعة القدرة[1] من نقطة-إلى-عدة نقاط	أنظمة منخفضة القدرة[2] من نقطة-إلى-عدة نقاط
العدد المتوقع من التركيبات في العقد القادم لكل MHz (عالمياً)	5 000	5 000	500 000
متوسط سوية التداخل التراكمي ((dB(W/MHz))	139−	39−	132−
الزيادة بالنسبة إلى معايير التقاسم (-147 (dB(W/MHz)	8	8	15
الأثر المتوقع لمتوسط تخفيض القدرة بسبب التحكم ATPC (dB)	10	10	10
أثر زيادة الكثافة PFD للساتل DRS باتجاه الساتل منخفض المدار (dB)	6	6	6
الزيادة المتوقعة في سوية التقاسم باستعمال القياسات أعلاه (dB)	8−	8−	1−

(1) كثافة منخفضة.

(2) كثافة مرتفعة.

ويوجد أثر إيجابي هام للتحكم الأوتوماتي في قدرة محطات الخدمة الثابتة على سويات التداخل التراكمي على السواتل. ويتناسب حجم الخفض في التداخل، عملياً، مع متوسط السوية التي تخفض بها القدرة على جميع الوصلات. لذلك يوصى باستعمال التحكم الأوتوماتي في القدرة عندما يتيسر ذلك. ويتعين عادة أن تكون سويات القدرة بالحد الأدنى الذي تسمح به الاعتبارات التقنية عملياً لوجود أثر مباشر لذلك على سويات التداخل.

ويتضح أن التسامح في متطلبات حماية الساتل DRS بمقدار 4 dB له نفس الأثر بالنسبة لجميع أنماط أنظمة الخدمة الثابتة ويساهم إلى حد كبير في خلق بيئة تقاسم معقولة.

ويقدم الجدول 2 نظرة شاملة على حالة التقاسم للساتل DRS المستقر بالنسبة إلى الأرض والأثر المتوقع لتقنيات تخفيف التداخل المختلفة. وتوجد سويات قدرة مشابهة لأنظمة المرحل الراديوي من نقطة-إلى-نقطة بالمقارنة مع الأنظمة من نقطة-إلى-عدة نقاط مرتفعة القدرة لكن عددها أكبر بكثير.

ونؤكد ثانية أن التحكم الأوتوماتي في القدرة لمحطات الخدمة الثابتة يخفض سويات التداخل التراكمي على السواتل ويجب أن ينفذ حينما يتيسر ذلك. ويتعين أن تكون سويات القدرة بالحد الأدنى الذي تسمح به الاعتبارات التقنية عملياً لوجود أثر مباشر لذلك على سويات التداخل. ويجب أن تكون كثافة طيف القدرة أقل ما يمكن. وتفضل الإرسالات ذات معدلات البيانات المرتفعة من وجهة نظر التداخل.

ويساهم التسامح في متطلبات حماية الساتل DRS بمقدار 4 dB في زيادة قدرة التقاسم.

الجـــدول 2

ملخص فعالية تقنيات تخفيف التداخل التي تنطبق على السواتل DRS المستقرة بالنسبة إلى الأرض التي تستقبل في النطاق 200 2-290 2 MHz

	أنظمة المرحل الراديوي من نقطة-إلى-نقطة	أنظمة مرتفعة القدرة[1] من نقطة-إلى-عدة نقاط	أنظمة منخفضة القدرة[2] من نقطة-إلى-عدة نقاط
العدد المتوقع من التركيبات في العقد القادم لكل MHz (عالمياً)	12 000	5 000	500 000
متوسط سوية التداخل التراكمي dB(W/MHz)	132–	136–	129–
الزيادة بالنسبة إلى معايير التقاسم (–147 (W/MHz) dB)	15	11	18
الأثر المتوقع لمتوسط تخفيض القدرة بسبب التحكم ATPC (dB)	10	10	10
أثر زيادة الكثافة LEO PFD باتجاه ساتل ترحيل المعطيات (dB)	3	3	3
أثر تخالف تسديد الهوائي من المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض	3	2	1
الزيادة المتوقعة في سوية التقاسم باستعمال القياسات أعلاه (dB)	1–	4–	4

(1) كثافة منخفضة.

(2) كثافة مرتفعة.

يمكن أن يساهم تخالف تسديد الهوائي في خفض سوية التداخل بما يصل إلى 35 dB لهوائي قطره 2,4 متر. وينبغي أن يُنظر إلى زاوية قدرها 4° لتخالف التسديد كحد أدنى تؤدي إلى توهين التداخل بمقدار 12 dB بالنسبة إلى أقصى سوية. لذا يتجنب تداخل الحزمة الرئيسية بالنسبة إلى محطة نمطية قطرها 2,4 متر من نقطة إلى نقطة في الخدمة الثابتة. ويكون المزيد من تخالف التسديد مرغوباً، لكن التوهين الإضافي المتناسب مع زاوية تخالف التسديد يقل بشدة. ومع ذلك، ثبت أن لتخالف التسديد أثراً محدوداً فقط لأن تنفيذه متعذر في كثير من الأحوال في الأنظمة من نقطة-إلى-عدة نقاط. ويوجد مخطط هوائي شامل الاتجاهات للمحطات المركزية، وليس أمام المحطات الخارجية سوى التسديد باتجاه المحطة المركزية بغض النظر عن الكوكبة الناتجة.

ويبدو أن أشد الحالات حرجاً هي حالة النظام من نقطة-إلى-عدة نقاط منخفض القدرة ومرتفع الكثافة. وتجدر الإشارة إلى أن أثر التوهين عبر المسير وموقع تثبيت المحطات من نقطة-إلى-عدة نقاط (انظر الفقرة 3.3) لهما أثر في زيادة خفض

احتمال التداخل لهذه الأنظمة على أرض الواقع. ويتضح أن النطاق 200 2-290 2 MHz أكثر عرضةً للتداخل من النطاق 025 2-110 2 MHz.

ويلاحظ كذلك أن أنظمة الخدمة الثابتة الواردة أعلاه قيمت على أساس حصري. ويجب أن يؤخذ في الاعتبار الأثر التراكمي عند حساب سوية التداخل الكلية.

الملحق 2

تطبيق التوصية عند التخطيط لأنظمة جديدة وتصميمها في النطاقين 025 2-110 2 MHz و200 2-290 2 MHz

1 مقدمة

الغرض من هذا الملحق هو تسهيل تطبيق هذه التوصية عند التخطيط لأنظمة جديدة وتصميمها في النطاقين 025 2-110 2 MHz و200 2-290 2 MHz تعمل بالتقاسم مع خدمات الأبحاث الفضائية والعمليات الفضائية وخدمات استكشاف الأرض الساتلية (خدمات العلوم الفضائية).

2 المتطلبات العامة

تحدد الفقرة *توصي* 1 من هذه التوصية المتطلبات العامة للخدمة الثابتة من حيث التحكم الأوتوماتي في قدرة الإرسال (ATPC) والكثافة الطيفية لقدرة المرسل والمخططات الإشعاعية لهوائيات الإرسال. وتعكس هذه المتطلبات صعوبة حالة التقاسم بين الخدمة الثابتة وخدمات العلوم الفضائية في النطاقين 025 2-110 2 MHz و200 2-290 2 MHz.

1.2 التحكم الأوتوماتي في قدرة الإرسال (ATPC)

ينبغي لمرسل نظام الخدمة الثابتة أن يستعمل التحكم الأوتوماتي في قدرة الإرسال (ATPC)، أينما تسنى ذلك، بحيث يقل متوسط القدرة بمقدار 10 dB كحد أدنى عن قدرة المرسل القصوى.

وجدير بالذكر أن الفقرة *توصي* 1.2 تسري على المرسلات التي تستخدم التحكم الأوتوماتي في قدرة الإرسال (ATPC)، كاستثناء للفقرة *توصي* 2.

2.2 الكثافة الطيفية لقدرة المرسل

ينبغي لمرسل نظام الخدمة الثابتة أن يستعمل أدنى ما تسمح به الاعتبارات العملية من الكثافة الطيفية لقدرة المرسل. وإذ يمكن لهذا الشرط أن ينطبق على أي من مرسلات الخدمة الثابتة، إلا أنه يتسم بأهمية خاصة في النطاقين 025 2-110 2 MHz و200 2-290 2 MHz.

3.2 المخططات الإشعاعية للهوائي

ينبغي لنظام الخدمة الثابتة أن يستعمل هوائيات إرسال ذات مخططات إشعاعية جيدة، حيثما تسنى ذلك، مع مراعاة التوصية ITU-R F.699.

تورد الفقرة *توصي* 1.2 الكثافة الطيفية القصوى للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (.e.i.r.p) لمحطات الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة باتجاه مواقع معينة لسواتل ترحيل المعطيات (DRS) المستقرة بالنسبة إلى الأرض. وتُعدّ المخططات الإشعاعية للهوائي عنصراً رئيسياً في تحديد الكثافة الطيفية تلك للقدرة المشعة المكافئة المتناحية.

3 محطات نظام الخدمة الثابتة من نقطة-إلى-نقطة

تورد الفقرة *توصي* 2 حدود محطات نظام الخدمة الثابتة من نقطة-إلى-نقطة في النطاق 200 2-290 2 MHz من أجل حماية مواقع سواتل ترحيل المعطيات (DRS) المستقرة بالنسبة إلى الأرض المحددة كمواقع قائمة أو مخططة لسواتل DRS في التوصية ITU-R SA.1275.

كما يسري هذا الشرط على الوصلات من نقطة-إلى-نقطة بين أو ضمن أنظمة من نقطة-إلى-عدة نقاط، وعلى المحطات الخارجية لأنظمة من نقطة-إلى-عدة نقاط التي تستخدم هوائيات اتجاهية بكسب أقصى يفوق 14 dBi (انظر الملاحظتين 1 و3 في النص الرئيسي).

وتجدر الإشارة إلى أن الفقرة *توصي* 2 لا تنطبق على أنظمة الخدمة الثابتة العاملة في النطاق الترددي 025 2-110 2 MHz، لأن الغرض المتوخى من استعمال النطاق 025 2-110 2 MHz هو في الأساس للاستقبال الذي يقوم به ساتل ترحيل المعطيات (DRS) (انظر التوصية ITU-R SA.1155).

1.3 الكثافة الطيفية للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (.e.i.r.p) باتجاه موقع لساتل ترحيل معطيات (DRS) مستقر بالنسبة إلى الأرض

قدر المستطاع عملياً، ينبغي لمحطات نظام الخدمة الثابتة من نقطة-إلى-نقطة في النطاق 200 2-290 2 MHz أن تتجنب الإشعاع بكثافة طيفية للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (.e.i.r.p) تزيد عن +8 dB(W/MHz) باتجاه المواقع المحددة لسواتل ترحيل المعطيات (DRS) المستقرة بالنسبة إلى الأرض (انظر *توصي* 2).

وينبغي حساب الكثافة الطيفية للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (.e.i.r.p) باتجاه موقع لساتل ترحيل معطيات (DRS) مستقر بالنسبة إلى الأرض على أنها حاصل ضرب الكثافة الطيفية لقدرة المرسل (عند دخل الهوائي) وكسب الهوائي في اتجاه موقع الساتل DRS.

ولتقدير كسب الهوائي هذا، لا بد من حساب زوايا الفصل بين حزم هوائي إرسال الخدمة الثابتة ومواقع السواتل DRS المستقرة بالنسبة إلى الأرض، ومع افتراض مخططات إشعاعية معينة للهوائيات.

وترد طريقة حساب زوايا الفصل في الملحق 2 للتوصية ITU-R F.1249. وهي طريقة تأخذ في الحسبان آثار الانكسار الجوي والأفق المحلي.

وينبغي استعمال المخطط الإشعاعي الفعلي للهوائي (الممثل لغلاف ذروة الفصوص الجانبية)، إذا ما كان متيسراً، لتحديد كسب الهوائي ذي الصلة. وبغياب مثل هذه البيانات، ينبغي استعمال المخطط الإشعاعي المرجعي الوارد في التوصية ITU-R F.699.

2.3 المرسلات التي تستخدم التحكم الأوتوماتي في قدرة الإرسال (ATPC)

يمكن زيادة الكثافة الطيفية للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (.e.i.r.p) لمحطات أنظمة الخدمة الثابتة العاملة في النطاق 200 2-290 2 MHz التي تستخدم التحكم الأوتوماتي في قدرة الإرسال (ATPC) لأكثر من +8 dB(W/MHz) باتجاه الموقع المحدد لساتل ترحيل المعطيات (DRS) المستقر بالنسبة إلى الأرض لفترة تقل عن 0,1% من الشهر (انظر الفقرة *توصي* 1.2).

غير أن الملاحظة 8 في النص الرئيسي تقر بأن بعض الأنظمة التي تستخدم تفعيل التحكم الأوتوماتي في قدرة الإرسال (ATPC) في ظروف الخبو العميق قد تواجه صعوبات في الالتزام بأهداف الأداء في ظروف الخبو الضحل، لأن استعادة الأداء أثناء أحداث الخبو الضحل هذه قد تتطلب تفعيل التحكم الأوتوماتي في قدرة الإرسال بنسب مئوية من الوقت تزيد على 0,1% من الشهر. ومن ثم، تعطي الملاحظة 8 شرطاً متهاوناً في أن الكثافة الطيفية للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (باتجاه موقع ساتل DRS المستقر بالنسبة إلى الأرض) لمحطات أنظمة الخدمة الثابتة في الجزء الأدنى من النطاق 200 2-290 2 MHz، وحيثما لو كان ذلك في حدود النطاق 200 2-245 2 MHz، والتي تستخدم التحكم ATPC، يمكن أن تزيد على +8 dB(W/MHz) لفترة تقل عن 5% من الشهر كي يستعاد الأداء أثناء أحداث الخبو الضحل، ولكن ينبغي تقلّ النسبة المئوية الزمنية التي تتجاوز فيها الكثافة +11 dB(W/MHz) عن 0,1% من الشهر.

3.3 حالات استثنائية

ينبغي لمحطات الخدمة الثابتة العاجزة عن تلبية متطلبات الفقرة *توصي* 2، أن تعمل باتجاه الجزء الأدنى من النطاق 200 2-290 2 MHz (انظر الفقرة *توصي* 2.2).

ومردّ ذلك أن الغرض المتوخى من استعمال الجزء الأعلى من النطاق 200 2-290 2 MHz هو في الأساس للاستقبال الذي يقوم به ساتل ترحيل المعطيات (DRS).

4 محطات أنظمة الخدمة الثابتة من نقطة-إلى-عدة نقاط

1.4 كثافة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.)

ينبغي لمحطات أنظمة الخدمة الثابتة من نقطة-إلى-عدة نقاط العاملة في النطاقين 025 2-110 2 MHz و200 2-290 2 MHz أن تتجنب، حيثما يتسنى ذلك، البث بكثافة قدرة مشعة مكافئة متناحية (e.i.r.p.) تتعدى 5 dB(W/MHz) للوصلة الواحدة في المحطات المركزية والخارجية على السواء لأنظمة القدرة المرتفعة/الكثافة المنخفضة لأكثر من 0,1% من الشهر مع مراعاة التحكم الأوتوماتي في قدرة الإرسال (ATPC) (انظر الفقرة *توصي* 1.3).

وتجدر الإشارة إلى أن الفقرة *توصي* 2 تنطبق على وصلات من النقطة-إلى-نقطة بين أو ضمن أنظمة من نقطة-إلى-عدة نقاط والمحطات الخارجية لأنظمة من نقطة-إلى-عدة نقاط التي تستخدم هوائيات اتجاهية بكسب أقصى يزيد على 14 dBi (انظر الملاحظتين 1 و3 في النص الرئيسي).

تفيد الملاحظة 4 في النص الرئيسي أن النظام مرتفع القدرة/منخفض الكثافة من نقطة-إلى-عدة نقاط العامل بأساليب الإرسال المتقطع مثل النفاذ المتعدد بتقسيم زمني (TDMA) يمكن فيه للمحطات الخارجية أن تزيد من سويات كثافة قدرتها المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) بعامل يقابل عدد المشتركين الموصلين بالمحطات الخارجية المنتمية إلى محطة مركزية، على ألا تزيد عن 9 dB(W/MHz) كحد أقصى (انظر الفقرة 7.3 من الملحق 1).

وتشير الملاحظة 5 من النص الرئيسي إلى أنظمة القدرة المنخفضة/عالية الكثافة.

2.4 هوائيات الإرسال شاملة الاتجاهات بالمحطات المركزية

ينبغي لأنظمة من نقطة-إلى-عدة نقاط أن تستعمل هوائيات إرسال شاملة الاتجاهات بأدنى كسب فوق المستوي الأفقي عند المحطة المركزية (انظر الفقرة *توصي* 2.3).