

الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R BO.1659-1
(2012/01)

**تقنيات تخفيف التوهين الناجم عن المطر في أنظمة
الخدمة الإذاعية الساتلية في نطاقات التردد بين
GHz 42,5 و GHz 17,3**

السلسلة BO
البث الساتلي

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 مدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها. ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجميعيات 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 الكهروتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستثمارات 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>)

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

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

النشر الإلكتروني

جنيف، 2012

© ITU 2012

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 BO.1659-1

تقنيات تخفيف التوهين الناجم عن المطر في أنظمة الخدمة الإذاعية الساتلية في نطاقات التردد بين 17,3 GHz و 42,5 GHz

(2012-2003)

نطاق التطبيق

تقدم هذه التوصية تقنيات لتخفيف التوهين الناجم عن المطر ينبغي النظر فيها بغية تيسير إدخال أنظمة الخدمة الإذاعية الساتلية (BSS) أنظمة في نطاقات التردد ما بين 17,3 GHz و 42,5 GHz. وتشمل هذه التقنيات زيادة في قيمة القدرة المشعة المتكافئة المتناحية (e.i.r.p.)، والبث التراتبي ونظام البث الإذاعي بافتراض التخزين ضمن المستقبل.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

(أ) أن أنظمة الخدمة الإذاعية الساتلية (BSS) التي تستخدم نطاقات التردد من 17,3 GHz فصاعداً بإمكانها أن توفر خدمات رقمية متعددة البرامج في نطاق تردد راديوي عريض، يمكن أن تتألف من برامج تلفزيون عالي الاستبانة (HDTV) وبرامج سمعية و برامج بيانات، ربما تشتمل على التفاعلية؛

(ب) أن بإمكان هذه الأنظمة، في المستقبل، أن تكون أيضاً القنوات الملائمة لاستيعاب البرامج بمعدلات البتات الأعلى، مثل الصور عالية الاستبانة جداً التي يفوق عدد خطوطها كثيراً عدد خطوط التلفزيون عالي الاستبانة (HDTV) والتلفزيون الثلاثي الأبعاد و برامج البيانات ذات معدلات البتات المرتفعة؛

(ج) أن توزيعات التردد قد حُددت للخدمة الإذاعية الساتلية من جانب المؤتمر الإداري العالمي للراديو (جنيف، 1979) (WARC-79) في نطاقي التردد 42 GHz و 84 GHz، والمؤتمر الإداري العالمي للراديو الذي تناول توزيعات التردد في بعض أجزاء الطيف (مالاكا-طوريمولينوس، 1992) (WARC-92) الموزعة للنطاق 17,3-17,8 GHz في الإقليم 2 وللنطاق 21,4-22,0 GHz في الإقليمين 1 و 3 إلى الخدمة الإذاعية الساتلية (BSS) للتنفيذ بعد 1 أبريل 2007، وتعديل توزيع الترددات إلى الخدمة الإذاعية الساتلية من النطاق 84 GHz إلى النطاق 74 GHz الذي قام به المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية (إسطنبول، 2000) (WRC-2000)؛

(د) أن الامتصاص في الغلاف الجوي والتوهين الناجم عن المطر في نطاقات الخدمة الإذاعية الساتلية اعتباراً من التردد 17,3 GHz فصاعداً هما أكبر بكثير من مقابليهما في النطاق 12 GHz الذي يُستخدم على نطاق واسع من أجل الخدمة الإذاعية الساتلية؛

(هـ) أن التوهين الناجم عن الانتشار قد يفرض قيوداً ثقيلاً على تيسر الخدمة و/أو جدوى تنفيذ النظام؛

(و) أن التقرير ITU-R BO.2007 يصف المعلومات التقنية لإدخال الخدمة الإذاعية الساتلية في النطاق 17/21 GHz بالإحالة إلى القرار (WARC-92) 525. وهناك في ملحقات هذا التقرير معلومات مفصلة، من قبيل:

- نُهج تشفير وتشكيل ممكنة لتحسين تيسر الخدمة للإذاعة الساتلية الرقمية في التلفزيون عالي الاستبانة (HDTV)؛
- طريقة تكييفية ساتلية للتحكم في القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) من أجل الإذاعة الساتلية في النطاق 21 GHz؛
- مخططات تشفير وتشكيل تتسم بكفاءة استخدام عرض النطاق من أجل تطبيقات التلفزيون عالي الاستبانة (HDTV) عريض النطاق تدعمها شبكات ساتلية وكبلية،

توصي

- 1** بالنظر في استخدام واحدة أو توليفة من التقنيات التالية لتخفيف التوهين الناجم عن المطر وذلك لتيسير إدخال أنظمة الخدمة الإذاعية الساتلية (BSS) في نطاقات التردد بين GHz 17,3 و GHz 42,5:
- زيادة في القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) (انظر الملحق 1)؛
 - البث التراتبي (انظر الملحق 2)؛
 - نظام إذاعي يفترض التخزين ضمن المستقبل (انظر الملحق 3).
- الملاحظة 1** - يحتوي التذييل 1 على معلومات تكميلية متصلة بالتوهين الناجم عن المطر في نطاقات الخدمة الإذاعية الساتلية (BSS) بين GHz 17,3 و GHz 42,5 وبعض نطاقات تغذية الوصلة المرتقبة بين GHz 17,3 و GHz 30.

الملحق 1

زيادة في قيمة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.)

1 مفهوم الساتل متغاير القيمة e.i.r.p.

إن التحكم التكيّفي في القدرة طريقة بسيطة وفعالة لتحسين تيسر الخدمة في بيئة حبو ناجم عن المطر، وهي تخفف في الوقت ذاته من التداخل في خدمات أخرى في ظروف سماء صافية.

يشمل نظام الخدمة الإذاعية الساتلية (BSS) عادة مساحة خدمة واسعة تغطيها حزمة واحدة. وتنقسم أنظمة القدرة e.i.r.p. المتغايرة إلى فئتين تبعاً لما إذا كانت هذه القدرة متغايرة محلياً ضمن منطقة الخدمة أم لا.

1.1 القدرة e.i.r.p. المتغايرة بانتظام

يتمّ، في هذا النظام، التحكم في مجموع قدرة الخرج في الحزمة، بينما يبقى مخطط الهوائي دون تغيير. وتتغير قيمة القدرة e.i.r.p. في منطقة الخدمة على نحو منتظم.

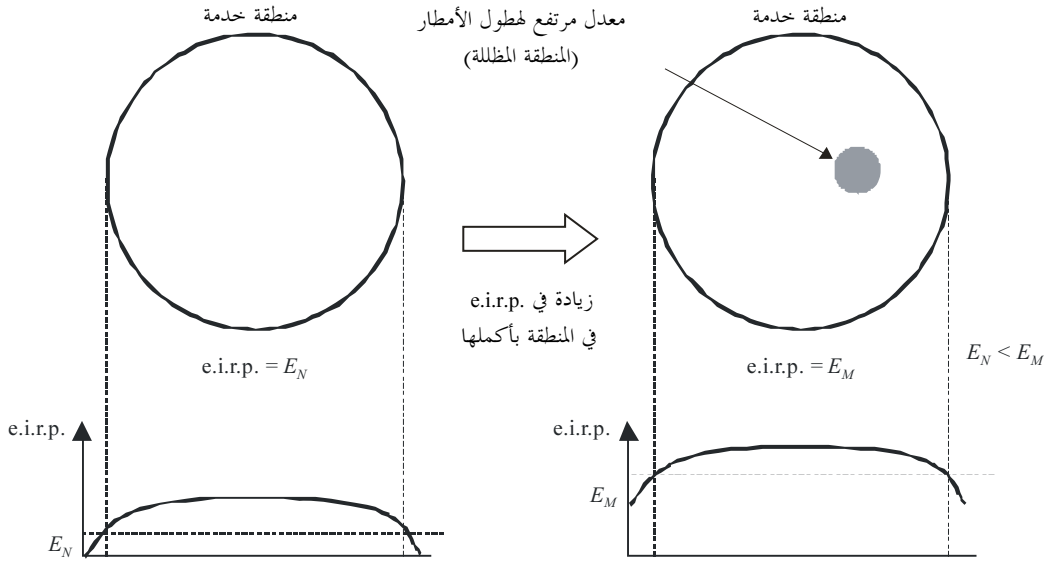
وعلى وجه العموم، تهطل الأمطار الغزيرة محلياً. ولتعويض التوهين الناجم عن الأمطار المحلية، تُزاد قيمة القدرة e.i.r.p. لمنطقة التغطية بأكملها. وفيما عدا المناطق غزيرة الأمطار، قد يكون التعويض مفرطاً في باقي منطقة الخدمة في ظروف سماء صافية. وهذا غير مستحب من وجهة نظر التقاسم مع الأنظمة الأخرى. وفي هذا الصدد، يكون التحكم التكيّفي في القدرة في مثل هذه الأنظمة الوحيدة الحزمة أقل فاعلية مما هو في الأنظمة المتعددة الحزم.

ويكون مجموع القدرة المشعة المطلوب عالياً، وكثيراً ما يحتاج الأمر إلى زيادة في قدرة الإشعاع ذلك لأن الحزمة الوحيدة تغطي المنطقة بأكملها. ومفهوم هذا النظام موضح في الشكل 1. وتستخدم العلامات التالية لتعريف النظام:

- قدرة e.i.r.p. بقيمة E_N اسمية في منطقة الخدمة؛
- قدرة e.i.r.p. بقيمة E_M قصوى في منطقة الخدمة. وتتفاوت قيم e.i.r.p. في مناطق معينة، متراوحة من E_N إلى E_M .

الشكل 1

مفهوم القدرة المشعة المكافئة المتاحة (e.i.r.p.) المتغيرة بانتظام



BO.1659-01

وبديلاً من ذلك، يمكن استخدام المعلمات التالية لتعريف النظام من وجهة نظر تصميم الساتل:

- القدرة الاسمية مزودة عند دخل الهوائي؛
- القدرة القصوى مزودة عند دخل الهوائي؛
- كفاف كسب الهوائي.

2.1 القدرة e.i.r.p. المتغيرة محلياً

يقوم نظام القدرة e.i.r.p. المتغيرة محلياً بتغيير توزيع القدرة e.i.r.p. الساتلية لحزمة ما ضمن منطقة الخدمة محلياً، وذلك وفقاً للتوزيع المحلي للتوهين الناجم عن المطر. ويتعين تخفيض مجموع قدرة الإشعاع المطلوبة للساتل مقارنة بقدرة e.i.r.p. منتظمة التغيرات لها نفس تيسر الخدمة، إذ يعتبر احتمال هطول أمطار غزيرة في جزء كبير من منطقة الخدمة في آن واحد ضعيفاً إلى حد بعيد. لذلك يحتاج الأمر إلى فرض سوية أكثر تقييداً من حيث البث الهامشي.

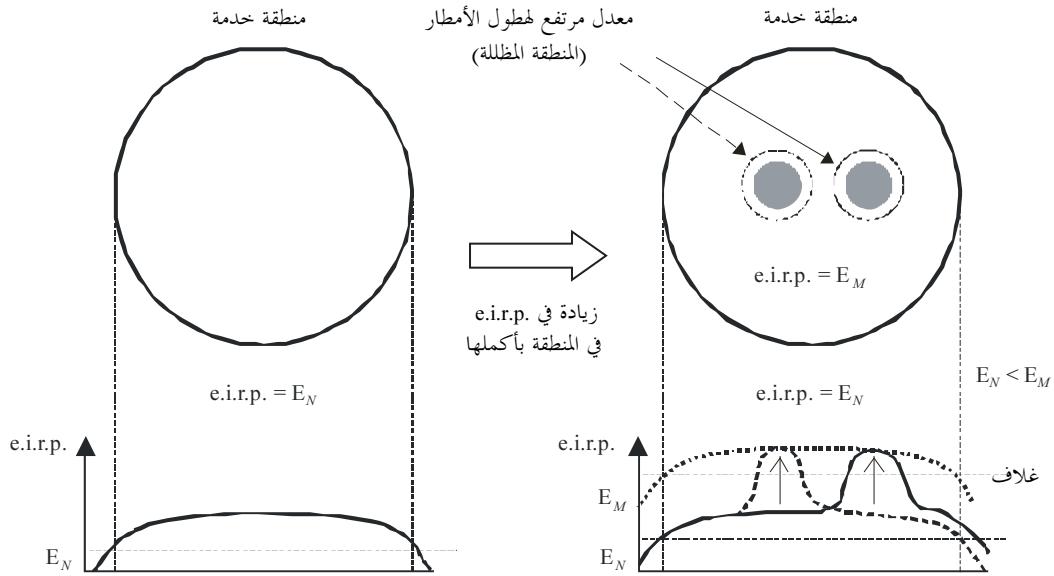
ولئن كان من المطلوب توفير سوية عالية من القدرة e.i.r.p. لتعويض قدر كبير من التوهين الناجم عن المطر، فإن المساحة وفترة تعزيز القدرة محدودان. وبما أن من الممكن تخفيض القدرة e.i.r.p. من أجل مساحة وفترة يكون فيهما التوهين الناجم عن المطر منخفضاً، فإن هذا النهج يمتاز عن الأنظمة الساتلية ذات القدرة e.i.r.p. الثابتة أو المنتظمة التغيرات من حيث التقاسم مع أنظمة أخرى.

ومفهوم هذا النظام موضح في الشكل 2. وتستخدم المعلمات التالية لتعريف النظام:

- قدرة e.i.r.p. بقيمة E_N اسمية في منطقة الخدمة (E_N)؛
- قدرة e.i.r.p. بقيمة E_M قصوى في المنطقة المحلية (E_M).

الشكل 2

مفهوم القدرة المشعة المكافئة المتاحة (e.i.r.p.) المتغيرة محلياً



BO.1659-02

وبديلاً من ذلك، يمكن استخدام المعلومات التالية لتعريف النظام من وجهة نظر تصميم الساتل:

- القدرة الاسمية مزودة عند دخل الهوائي؛
- كفاف كسب الهوائي الاسمي؛
- القدرة القصوى مزودة عند دخل الهوائي؛
- أمثلة عن كفاف كسب الهوائي مع زيادة محلية؛
- غلاف كسب الهوائي الأقصى مع نتائج كل حركة ممكنة من القدرة e.i.r.p. المعززة.

2 التكنولوجيا الساتلية

1.2 التكنولوجيا الساتلية للقدرة e.i.r.p. المنتظمة التغير

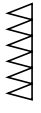
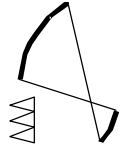


يمكن تنفيذ النظام بتوليفة من هوائي عاكس له بوق تغذية ومضخم عالي القدرة (HPA) متغير القدرة. ويستخدم المضخم HPA بقدرة أعلى بكثير لزيادة القدرة e.i.r.p. في منطقة الخدمة بأكملها. ويحتاج الأمر إلى دراسة أثر التحكم في القدرة على كفاءة هذا المضخم.

2.2 التكنولوجيا الساتلية للقدرة e.i.r.p. المتغيرة محلياً

يمكن استخدام تشكيلات الهوائي الساتلي الموضح في الجدول 1 لتنفيذ هذه الوظيفة.

الجدول 1

تشكيلات الهوائيات لأنظمة القدرة e.i.r.p. المتغيرة محلياً

صفيقة طورية			متعدد الأبواق	نقط الهوائي
إشعاع مباشر	مزدوج العاكس	وحييد العاكس		
				مخطط بياني
أعظمي	أكبر من عاكس وحييد	زاوية محدودة لتوجيه الحزمة	موقع ثابت الحزمة	مدى توليف المخططات
مرتفعة	أخفض من متعدد الأبواق	أخفض من عاكس مزدوج	مرتفعة	ذروة الكسب
صغير	أصغر من وحييد العاكس	أصغر من متعدد الأبواق	كبير	تراجع الكسب بتوجيه الحزمة
كبير	متوسط	متوسط	ضئيل	عدد العناصر
معقد (دائرة تغذية)	معقد (عاكس ثانوي)	متوسط	بسيط	تعقيد البنية

1.2.2 هوائي متعدد الأبواق

توضع في هذا الهوائي أبواق تغذية متعددة في المستوي البؤري للعاكس. ويقابل كل بوق واحدة من الحزم التي يولدها الهوائي. وعندما تشع كل حزمة في طورها، تشكل الحزم حزمة وحيدة الشكل. وبفضل التحكم في القدرة المزودة لفرادى الأبواق، يمكن تنفيذ نظام قدرة e.i.r.p. متغاير محلياً.

ويقتصر مدى التحكم في القدرة على مدى قدرة خرج المضخم عالي القدرة (HPA) المقابل. ويحتاج الأمر إلى دراسة أثر التحكم في القدرة على كفاءة هذا المضخم. وبما أن مواقع الحزم ثابتة، فإن مدى توليفات المخططات الممكنة أقل من مثيلاتها لهوائيات الصفيقة الطورية.

2.2.2 هوائيات الصفيقة الطورية

مقارنة بالهوائي المتعدد الأبواق، يمكن التوصل إلى مدى أكبر من توليفات المخططات باستخدام هوائيات الصفيقة الطورية. ويتحلى أفضل أداء لهوائي الصفيقة الطورية ذي الإشعاع المباشر من حيث مدى توليفات المخططات الممكنة. ومن جهة أخرى فإن تعقيد التشكيل قد يقلل من إمكانية التطبيق على النظام المحمول على متن مركبة.

وعلى النقيض من الهوائي المتعدد الأبواق، فإن العدد الكبير من عناصر الإشعاع يسهم في التحكم في القدرة في منطقة صغيرة المساحة. والقطر الأدنى للمنطقة المعززة مرهون بقطر فتحة الهوائي. وينبغي التعمق في دراسة جدوى تنفيذ كل تشكيل.

3.2.2 دراسة حالة لتوليف مخططات هوائية بزيادة محلية

يورد مثال لتوليف هوائي بغية تليل الجدوى من استخدام سائل قدرة e.i.r.p. متغاير محلياً. وفيما يلي أدناه معالم هذا الهوائي:

- تشكيل الهوائي: هوائي عاكس وحييد صفيقي التغذية

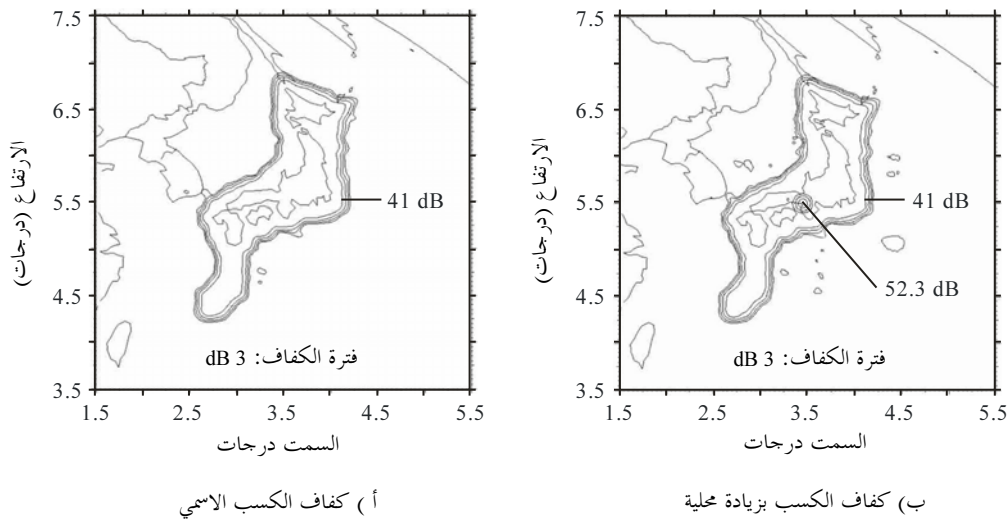
- قطر فتحة الهوائي: m 10

- التردد: 21,7 GHz
- عدد المشعّات: 227
- المسافة بين المشعّات: 1,5 طول موجة.

ويوضح الشكل 3 أكفة كسب الهوائي المحسوبة. ويبين الشكل الأيسر مخطط إشعاع في ظروف اسمية. وباستغلال هوائي الفتحة الكبيرة وتقنية الصفيحة الطورية، يمكن الحصول على مخطط إشعاع له هضبة كسب واسعة. والشكل الأيمن هو مثال لمخطط إشعاع له زيادة كسب محلي. وتزداد ذروة الكسب بأكثر من 10 dB عن القيمة الاسمية. ونتيجة للزيادة المحلية، تتناقص المكاسب قليلاً في باقي المنطقة.

الشكل 3

مثال لتوليف المخططات (محاكاة)



BO.1659-03

وينبغي أن تتحدد معلمات الهوائي، مثل القطر وعدد المشعّات، بأن تؤخذ في الاعتبار معلمات النظام من قبيل حجم منطقة الخدمة وشكلها والمساحة الدنيا والعظمى الواجب تعويضها وسوية الزيادة المطلوبة وكذلك جدوى استخدام المعدات على متن المركبة والتكاليف.

3.2 تكنولوجيا المضخمات عالية القدرة (HPA)

يمكن استعمال أنابيب الموجات الراحلة (TWT) ومضخمات القدرة القوية (SSPA) من أجل المضخمات عالية القدرة في السواتل. وفي النطاق 17/21 GHz، تتجاوز الكفاءة الإجمالية لأنبوب TWT تقليدي له قدرة خرج حوالي 100 W نسبة 60%. ومن جهة أخرى، فإن قدرة خرج وكفاءة المضخمات SSPA أدنى من مثيلتها في أنابيب TWT. وقد أجريت دراسة لاستخدام الأنابيب TWT بمثابة مضخمات من أجل هوائي صفيحة نشط في سواتل TWT متغايرة محلياً، أي أنابيب TWT مصغرة، وتم تخفيض مقاييس مقاطعها العرضانية مقارنة بمثيلاتها التقليدية. وثمة مقارنة في هذا الشأن واردة في الجدول 2.

الجدول 2

أمثلة لمضخمات عالية القدرة (HPA) لأنظمة ساتلية في النطاق GHz 17/21

TWT		SSPA (بما فيه تزويد الطاقة)	نمط المضخم عالي القدرة
TWT مصغر	TWT تقليدي		
10	120	6	طاقة الخرج (W)
50	62	10>	الكفاءة (%)
300 × 20 × 15	325 × 63 × 85	36 × 327 × 326	المقاس (mm)
0,3	0,9	4,6	الوزن (kg)

الملحق 2

البث التراتبي

1 مفهوم البث التراتبي

يجري تعديل الإرسال بتقسيم الزمن لاثنين أو أكثر من مخططات تشكيل ذات متطلبات C/N مختلفة لكي تتألف منها إشارة بث تراتبي. وترسل المعلومات الأساسية، مثل الحد الأدنى لنوعية الإشارة الفيديوية والسمعية، بمعدل بيانات منخفض باستخدام مخطط تشكيل وتشفير قناة قوي يتطلب نسبة منخفضة من C/N . ومن جهة أخرى، يُرسل جزء إشارة معدل البيانات العالي، من أجل HDTV أو قناة صوت 'محيط' 5.1، باستخدام مخطط تشكيل ذي كفاءة أعلى واشتراط نسبة C/N أعلى. ويتتقي المستقبل تدفق البيانات الملائم تبعاً لشرط نسبة C/N المستقبلية الفعلية. ولذلك، يمكن استخدام البث التراتبي لتحقيق انحطاط متدرج الخطوات في النظام الرقمي الذي يحط من نوعية الصورة تدريجياً وفقاً للتخفيض في نسبة C/N المستقبلية.

وفي نطاقات الخدمة المتنقلة الساتلية (BSS) اعتباراً من GHz 17,3 فصاعداً، يكون التوهين الناجم عن المطر أعلى بكثير مما هو في النطاق GHz 12. ومن الممكن، بفضل تطبيق البث التراتبي، تخفيض انقطاعات الخدمة بسبب التوهين الناجم عن المطر. وثمة معلومات مفصلة عن البث التراتبي في الملحق 1 في التقرير ITU-R BO.2007.

ومن الممكن دمج مخطط البث التراتبي مع تقنيات أخرى. إذ يمكن في آن واحد إرسال مختلف أنماط الخدمة من قبيل البث الإذاعي في غير الوقت الفعلي بافتراض استقبال التخزين الموصوف في الملحق 3 والبث الإذاعي الاعتيادي في الوقت الفعلي، وذلك باستخدام مخطط البث التراتبي. ومن الممكن، في هذا المخطط، تعديل الإرسال بتقسيم الزمن لإشارات تشكيل متعددة السويات بأساليب BPSK و QPSK و 8-PSK.

ومن الممكن أيضاً إدماج مخطط البث التراتبي في تكنولوجيا التشفير الفيديوي القابل للتوسيع (SVC). ويتولّد في هذه التكنولوجيا تدفق أولي فيديوي قابل للتوسيع، بما فيه طبقة القاعدة وطبقة التحسين. وتتم معالجة البيانات الفيديوية المشفرة والقابلة للتوسيع بواسطة مخطط تشفير وتشكيل متغاير (VCM). ويمكن في هذا المخطط إرسال بيانات النوعية المنخفضة (طبقة القاعدة) باستخدام مخطط تشكيل أقوى مما هو الحال لبيانات النوعية العالية (طبقة التحسين). لذلك يمكن، في ظروف سماء صافية، استقبال كلتا طبقتي القاعدة والتحسين مما يمكن من توفير خدمات عالية الاستبانة (HD). وعلى العكس من ذلك لا يمكن، في ظروف حبو ناجم عن المطر، سوى استقبال طبقة القاعدة من أجل خدمات الفيديو المنخفضة النوعية.

2 مثال لبث تراتبي

1.2 بث تراتبي على أساس مخطط تشكيل

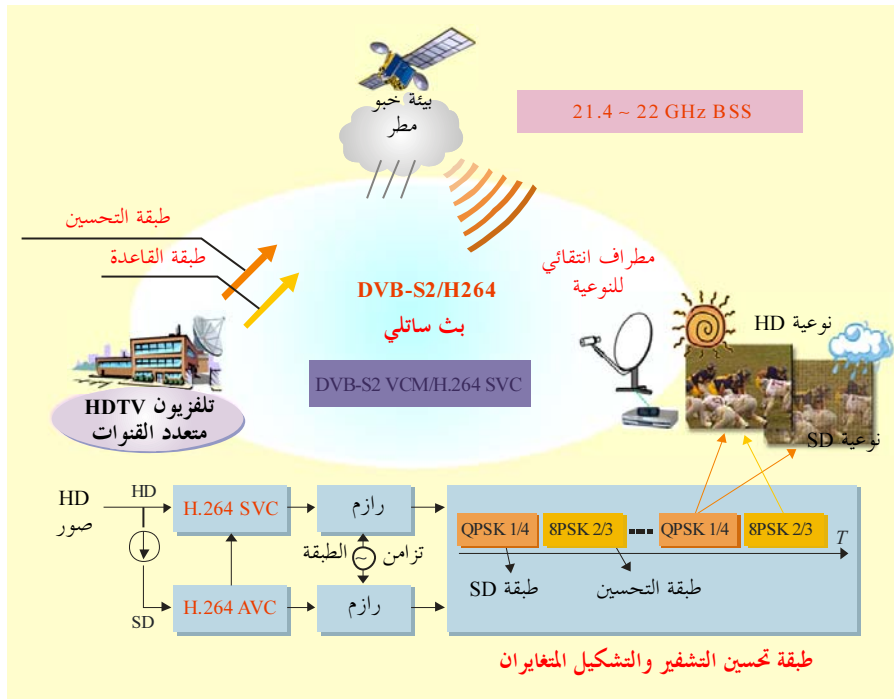
ثمة مثال لبث تراتبي وارد في التوصية ITU-R BO.1516 - أنظمة التلفزيون الرقمية المتعددة البرامج للاستخدام بواسطة السواتل العاملة في مدى الترددات 11/12 GHz. ففي النظام D، يمكن تعديل الإرسال بتقسيم الزمن لأكثر من إشارة مشكّلة بأساليب BPSK و QPSK و 8-PSK المشفرة شبكياً (TC8-PSK). وفي هذا النظام، يعتبر فارق بمقدار 8,2 dB في نسبة C/N المطلوبة ما بين BPSK 1/2 و TC8-PSK بمثابة الكسب الأقصى في البث التراتبي.

2.2 البث التراتبي القائم على تكنولوجيا التشفير الفيديوي القابل للتوسيع

يوضح الشكل 4 مفهوم الخدمات الإذاعية الساتلية التراتبية عالية الاستبانة (HD) التي تتوفر باستخدام نطاق التردد 21 GHz. وترسل البيانات الفيديوية المشفرة توسيعياً بواسطة مخطط تشفير وتشكيل متغاير (VCM). إذ تشكّل البيانات المنخفضة النوعية مثلاً بأسلوب QPSK بينما تشكّل البيانات العالية النوعية بأسلوب 8PSK. وتبعاً لذلك، من الممكن تحسين تيسر الوصلة. ويمكن توفير هذه الخدمة الانتقائية من حيث النوعية باعتماد الأسلوب الطبقي في كل من مستوى مصدر الوسائط ومستوى البث.

الشكل 4

البث الإذاعي التراتبي القائم على تكنولوجيا التشفير الفيديوي القابل للتوسيع



الملحق 3

نظام البث الإذاعي بافتراض التخزين في المستقبل

1 مفهوم نظام البث الإذاعي في غير الوقت الفعلي بافتراض التخزين في المستقبل

في ضوء تزايد السعة وانخفاض الأسعار فيما يتعلق بأجهزة التخزين، من قبيل الأقراص الصلبة، بدأت تظهر في الأسواق مستقبلات مزودة بأجهزة تخزين. وقد أجري عدد من الدراسات للوقوف على مزايا وظائف التخزين لخدمات البث الإذاعي. ومن وجهة النظر الإحصائية، لا تدوم شدة المطر الكافية لأن تتسبب بانقطاع الإشارة إلا لفترة قصيرة أثناء اليوم. إذ من الممكن، باستغلال خصائص النظام، بث البرامج مسبقاً وتخزينها في المستقبل تجنباً لانقطاعات الخدمة أثناء العرض.

وبافتراض الاستقبال المخزون، لا مفر من مراعاة مهلة طويلة في البث. وتتوقف هذه المهلة على المخطط المزمع اعتماده وعلى القدرة على التغلب على انقطاعات الإشارة. وبرامج الوقت الفعلي، مثل برامج الأخبار الحية، غير مناسبة للتخزين في أنظمة الاستقبال.

ويحتاج الأمر إلى المزيد من الدراسة في مجال تيسر الخدمة للبث الإذاعي في غير الوقت الفعلي.

2 طرائق أمثلة

1.2 البث التكراري

من أمثلة مخططات البث في الخدمة الإذاعية الساتلية (BSS) باستخدام التخزين لتحسين تيسر الخدمة هو الإرسال التكراري، حيث تبث البرامج مراراً لتوصيل البيانات كاملة إلى المخزن وبذلك تجنب عواقب انقطاعات الوصلة بسبب التوهين الناجم عن المطر.

وبما أن من الممكن الحصول على نسبة C/N عالية في ظروف سماء صافية، فإن من الممكن تعويض انخفاض الكفاءة بسبب تكرار البث وذلك باستغلال كفاءة أساليب التشكيل العالية التردد مثل 16-QAM. أما معلمات النظام، من قبيل العدد الملائم من عمليات التكرار ومخطط الفترات الفاصلة والتشكيل، فتترك لدراسة مقبلة.

2.2 تشذير البيانات الطويل بطول الفترات

يمكن استخدام التشذير على امتداد فترات طويلة جداً للتغلب على الانقطاع في إشارة الاستقبال الذي قد يحدث لفترة قصيرة نسبياً ضمن الفترة الفاصلة.

وتُنشر بيانات البرنامج (أي تُشذّر) على امتداد فترة بث طويلة في جانب الإرسال. ويعتمد المستقبل أولاً إلى حفظ الإشارة المرسلة في المخزن، ثم يستخدمها لإعادة بناء (أي إزالة تشذير) البرنامج الأصلي. ورغم احتمال فقدان جزء من البيانات المرسلة بسبب التوهين الناجم عن المطر، يمكن إعادة بناء بيانات البرنامج باستخدام شفرة لتصحيح الأخطاء ذلك لأن البيانات المتواصلة المفقودة قد تفرقت جراء إزالة التشذير في المستقبل.

أما معلمات النظام، من قبيل الطول الملائم لعملية التشذير ومخطط التشكيل، فتترك لدراسة مقبلة.

1.2.2 مثال لنظام تشذير طويل للبيانات بطول الفترات

أجريت محاكاة لتشذير طويل للبيانات بطول الفترات باستخدام بيانات مقيسة لتوهين الناجم عن المطر جمعت طوال سنة للبرهان على نجاعة المخطط. ويوضح الشكل 5 المخطط البياني لعملية المحاكاة. ويمثل الجانب الأيمن من الشكل نظام الخدمة

الإذاعية الساتلية (BSS) الرقمي التقليدي، حيث يتم تصحيح الأخطاء بواسطة الشفرة الخارجية 1 والشفرة الداخلية. ويمثل الجانب الأيسر من الشكل قدرة إضافية من تشذير طويل للبيانات بطول القدرة تتألف من ذاكرة تخزين وما يصاحبها من مشفر ومزيل تشفير لتصحيح الأخطاء (الشفرة الخارجية 2). وفيما يلي معلمات المحاكاة المقترضة:

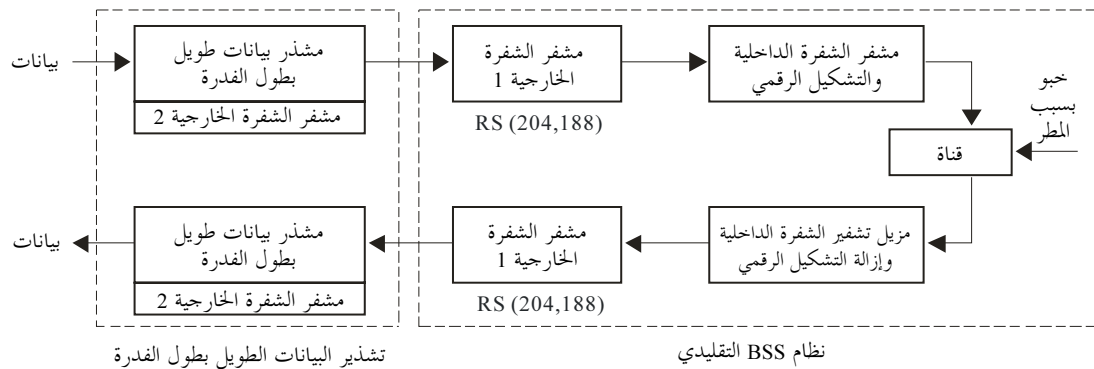
- موقع الاستقبال: طوكيو (منطقة المناخ K)
- بيانات التوهين الناجم عن المطر المستخدمة: مقيسة من مايو 2000 إلى أبريل 2001 في النطاق 12 GHz ومحولة إلى بيانات في النطاق 21 GHz بواسطة صيغة لتوسيع مقياس التردد وارادة في التوصية ITU-R P.618
- التشكيل: TC8-PSK
- كثافة تدفق القدرة (pdf) الساتلية: -114,0 dB(W/(m² · MHz)).

و جرى تقييم أداء التشذير الطويل للبيانات بطول الفدرات من الزيادة في القدرة e.i.r.p.، التي تعرّف بوصفها القدرة e.i.r.p. لنظام خدمة الإذاعة الساتلية التقليدي دون التشذير الطويل للبيانات بطول الفدرات الذي يتسم بنفس تيسر الخدمة المحققة في قدرة المحاكاة مع التشذير الطويل للبيانات بطول الفدرات.

ويبين الشكل 6 الزيادة في القدرة e.i.r.p. كدالة لفترة التشذير، حيث توضع مقدرة تصحيح الأخطاء للشفرة الخارجية 2 إزاء زيادة بنسبة 20% أو 40% في القدرة e.i.r.p. مع فترة التشذير، كما كان سيحصل بزيادة سعة التخزين ومهلة البث. وكلما زادت مقدرة تصحيح الأخطاء في الشفرة الخارجية 2، كثرت زيادات القدرة e.i.r.p. مع التضحية بمعدل معلومات البث. فإذا كانت 20% هي مقدرة تصحيح الأخطاء، فإن زيادة فترة التشذير من ساعة إلى 12 أو 24 ساعة تكافئ الزيادة في القدرة e.i.r.p. بمقدار 2,4 أو 6,2 dB، على التوالي.

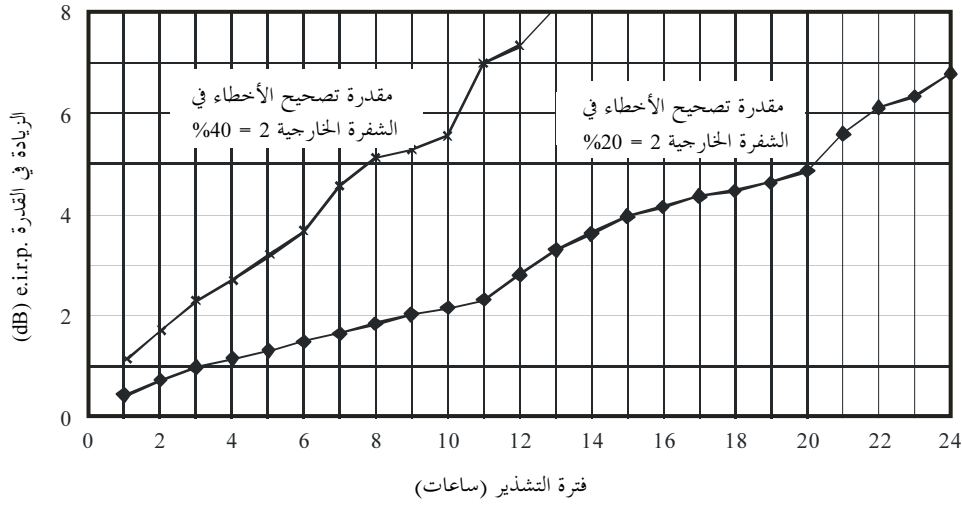
الشكل 5

مخطط بياني لعملية المحاكاة



الشكل 6

مثال لأداء تشذير طويل للبيانات بطول القدرة من حيث الزيادة في الكثافة pfd المكافئة (محاكاة)



BO.1659-06

وتعتمد هذه المحاكاة على بيانات أخذت طوال سنة في موقع معيّن. وسوف تلاحظ آثار مختلفة فيما لو كانت البيانات عن موقع مختلف أو كثافة pfd ساتلية مختلفة أو لفترة أطول. وينبغي انتقاء المعلمات بعناية وفقاً لمتطلبات النظام.

التذييل 1

للملحق 3

التوهين الناجم عن المطر والامتصاص بسبب الغازات في الغلاف الجوي في نطاقات الخدمة الإذاعية الساتلية (BSS) بين GHz 17,3 و GHz 42,5 وبعض وصلات التغذية المصاحبة

1 مقدمة

من الخصائص البارزة في نطاقات الخدمة الإذاعية الساتلية (BSS) بين GHz 17,3 و GHz 42,5 هو المقدار الأكبر من خسارة الانتشار مقارنة بما يحدث في النطاق GHz 12. وزاوية الارتفاع عامل حاسم الأهمية بالنسبة لكل من التوهين الناجم عن المطر والامتصاص في الغلاف الجوي على السواء في هذين النطاقين للترددات العالية. ويمكن انتقاء تقنيات تخفيف ملائمة تبعاً لخسارة الانتشار المراد التغلب عليها. وثمة مقارنة تمهيدية، في هذا التذييل، لخسارة الانتشار من حيث التردد وموقع المحطات الأرضية.

وقد تم اختيار المدن المذكورة في جداول هذا التذييل في هذه التوصية على سبيل المثال فقط لا غير.

2 معلمات الحساب

جرت عملية الحساب استناداً إلى التوصيات التالية:

- ارتفاع محطة الاستقبال: التوصية ITU-R P.1511 (قاعدة بيانات)
- المتوسط السنوي للحرارة السطحية: التوصية ITU-R P.1510 (قاعدة بيانات)
- كثافة بخار المياه السطحية (1% من السنة): التوصية ITU-R P.836 (قاعدة بيانات)
- نموذج التوهين الناجم عن الغازات في الغلاف الجوي: التوصية ITU-R P.676
- التوهين الناجم عن الغيوم: التوصية ITU-R P.840 - نموذج معدل هطول المطر: التوصية ITU-R P.837 (قاعدة بيانات)
- التوهين النوعي: التوصية ITU-R P.838
- نموذج ارتفاع المطر: التوصية ITU-R P.839 (قاعدة بيانات)
- نموذج التوهين الناجم عن المطر: التوصية ITU-R P.618
- الموقع المداري للساتل: يفترض أنه يتصادف مع المواقع في النطاق 12 GHz للخدمة الإذاعية الساتلية (BSS) في خطط الأقاليم 1 و 2 و 3 (انظر التذييل 30 من لوائح الراديو).

3 التوهين الناجم عن المطر والامتصاص الغازي في نطاقات الوصلة الهابطة في الخدمة BSS

تمت مقارنة التوهين الناجم عن المطر والامتصاص الغازي في النطاقات مع مثيليهما في النطاق 12 GHz بالنسبة لعدد من المدن في الأقاليم 1 و 2 و 3.

ويتسبب الامتصاص عن بخار الماء والأوكسجين في الغلاف الجوي، وكثافة بخار الماء ليست ثابتة طوال السنة. وفي هذه الدراسة، استخدمت القيم التي تم تجاوزها لنسبة 1% من السنة والمستخرجة من قاعدة بيانات الاتحاد لتقدير كمية الامتصاص الغازي.

وكما يبدو في الجدولين 3 و 4، فإن الامتصاص الغازي عند التردد 21,7 GHz يتراوح ما بين 1,2 و 2,0 dB مقارنة بحوالي 0,2 dB عند التردد 12,0 GHz. ويبلغ التوهين الناجم عن المطر عند التردد 21,7 GHz حوالي أربعة أضعاف مثيله عند التردد 12,0 GHz، مقدراً بوحدة ديسيبل.

الجدول 3

الامتصاص الغازي في الغلاف الجوي والتوهين الناجم عن المطر في بعض المدن في الإقليم 1

إسطنبول		باريس		لندن		موسكو			
N 41,0/E 29,0		N 48,9/E 2,3		N 51,5/E 0,1		N 55,8/E 37,6		خط الطول/العرض (درجات)	
E 42,0		W 7,0		W 33,5		E 36,0		الموقع المداري للساتل (درجات)	
40,7		33,2		23,2		26,5		زاوية الارتفاع (درجات)	
38,8		34,0		30,8		31,7		معدل الهطول $R_{0.01}$ (mm/h)	
GHz 21,7	GHz 12,0	GHz 21,7	GHz 12,0	GHz 21,7	GHz 12,0	GHz 21,7	GHz 12,0	النسبة المئوية من الزمن سنويا	
dB 1, 5	dB 0,1	dB 1,6	dB 0,2	dB 2,0	dB 0,2	dB 2,0	dB 0,2	-	الامتصاص في الغلاف الجوي
dB 3,5	dB 1,0	dB 3,1	dB 0,9	dB 3,4	dB 1,0	dB 3,4	dB 1,0	%0,3	التوهين الناجم عن المطر
dB 6,5	dB 1,9	dB 5,8	dB 1,7	dB 6,3	dB 1,9	dB 6,4	dB 1,9	%0,1	

الجدول 4

الامتصاص الغازي في الغلاف الجوي والتوهين الناجم عن المطر في بعض المدن في الإقليم 3

بانكوك		سيؤول		كوالا لمبور		طوكيو			
N 13,8/E 100,5		N 37,6/E 127		N 3,2/E 101,7		N 35,7/E 139,8		خط الطول/العرض (درجات)	
E 98,0		E 116,0		E 91,5		E 110,0		الموقع المداري للساتل (درجات)	
73,5		44,9		77,4		38,0		زاوية الارتفاع (درجات)	
86,7		50,6		93,9		48,0		معدل الهطول $R_{0.01}$ (mm/h)	
GHz 21,7	GHz 12,0	GHz 21,7	GHz 12,0	GHz 21,7	GHz 12,0	GHz 21,7	GHz 12,0	النسبة المئوية من الزمن سنويا	
dB 1,4	dB 0,1	dB 1,8	dB 0,2	dB 1,2	dB 0,1	dB 1,9	dB 0,2	-	الامتصاص في الغلاف الجوي
dB 12,2	dB 3,0	dB 5,2	dB 1,4	dB 14,7	dB 3,7	dB 5,5	dB 1,5	%0,3	التوهين الناجم عن المطر
dB 20,9	dB 5,5	dB 9,4	dB 2,7	dB 24,7	dB 6,6	dB 10,0	dB 2,8	%0,1	

تمت مقارنة خسائر الانتشار عند التردد GHz 17,5 مع مثيلاتها عند التردد GHz 12,5 في الجدول 5 بالنسبة للمدن في الإقليم 2. وقد بلغت مستويات التوهين الناجم عن المطر عند التردد GHz 17,5 حتى 2,5 مرة أعلى من أمثلها عند التردد GHz 12,5، مقدراً بوحدة ديسيبل.

الجدول 5

الامتصاص الغازي في الغلاف الجوي والتوهين الناجم عن المطر في بعض المدن في الإقليم 2

ريو دي جانيرو		ميامي			
S 22,9/W 43,2		N 25,8/W 80,2		خط الطول/العرض (درجات)	
63,1		51,8		الموقع المداري للساتل (درجات)	
W 45,2		W 101,2		زاوية الارتفاع (درجات)	
56,5		89,1		معدل الهطول $R_{0,01}$ (mm/h)	
GHz 17,5	GHz 12,5	GHz 17,5	GHz 12,5	النسبة المئوية من الزمن سنوياً	
dB 0,3	dB 0,1	dB 0,4	dB 0,1	-	الامتصاص في الغلاف الجوي
dB 4,4	dB 2,0	dB 5,8	dB 2,7	%0,3	التوهين الناجم عن المطر
dB 7,9	dB 3,7	dB 10,4	dB 4,9	%0,1	

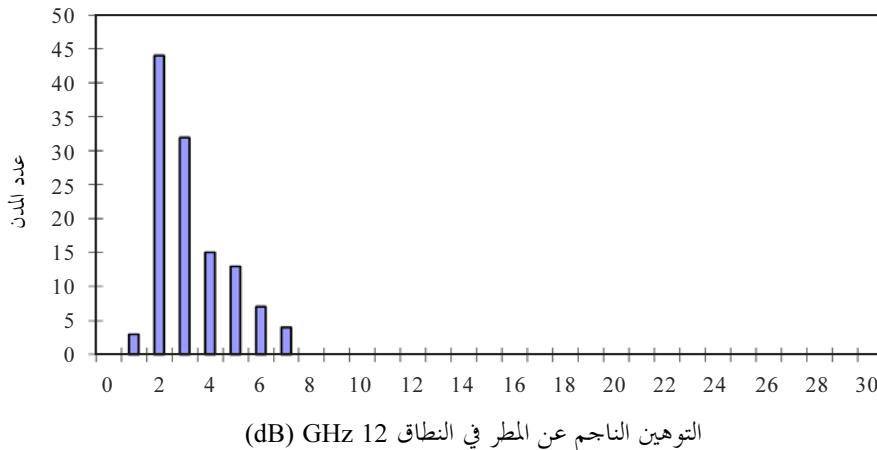
وجرى حساب قيم التوهين الناجم عن المطر في النطاق GHz 12 والنطاقات GHz 17/12 بالنسبة لعواصم جميع البلدان الأعضاء في الاتحاد من أجل 0,1% و 0,3% من الزمن لسنة وسطية. وترد النتائج بيانياً لكل إقليم في الأشكال 6 و 7 و 8. ومقارنة بالإقليم 1، يتوزع التوهين الناجم عن المطر في عواصم الإقليم 3 ضمن مدى أوسع في النطاق GHz 21,7.

والنطاق GHz 42,5-40,5 موزع للخدمة الإذاعية الساتلية في الأقاليم الثلاثة كلها. وترد قيم الامتصاص في الغلاف الجوي والتوهين الناجم عن المطر في النطاق GHz 41,5 في الجداول 6 و 7 و 8. وقيم التوهين الناجم عن المطر في النطاق GHz 42 أعلى بكثير مما هي في النطاق GHz 17/21.

الشكل 7a

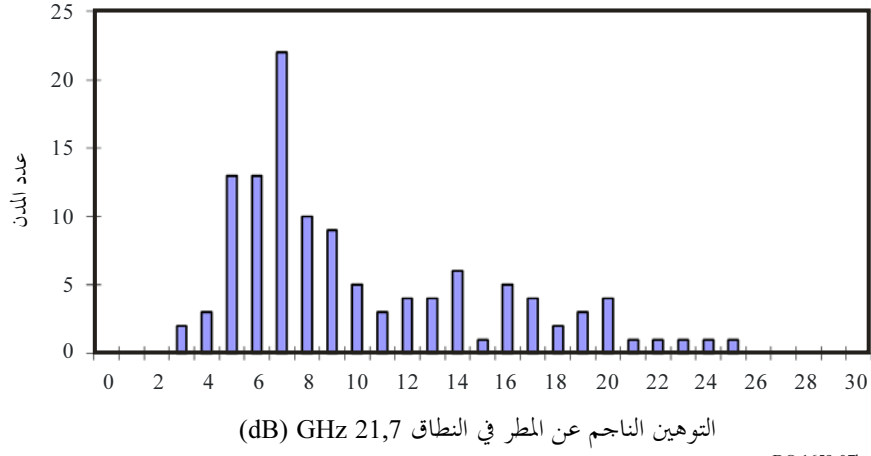
التوهين الناجم عن المطر من أجل 0,1% من السنة في عواصم بلدان

الإقليم 1 في النطاق GHz 12



الشكل 7b

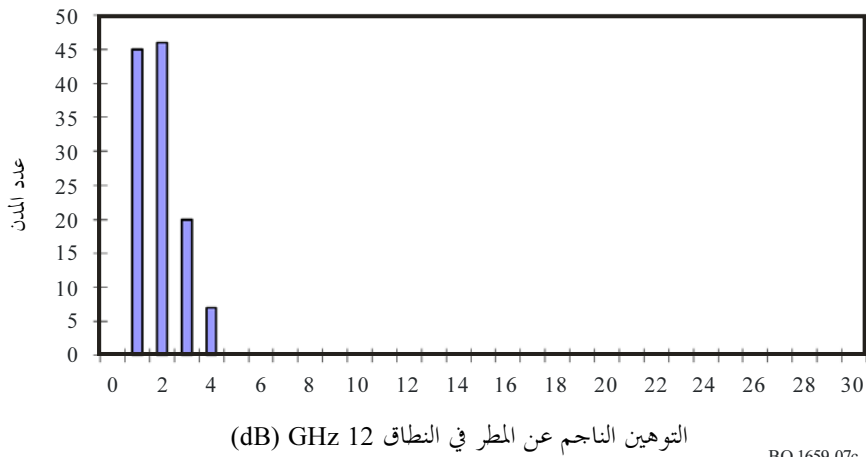
التوهين الناجم عن المطر من أجل 0,1% من السنة في عواصم بلدان
الإقليم 1 في النطاق GHz 21,7



BO.1659-07b

الشكل 7c

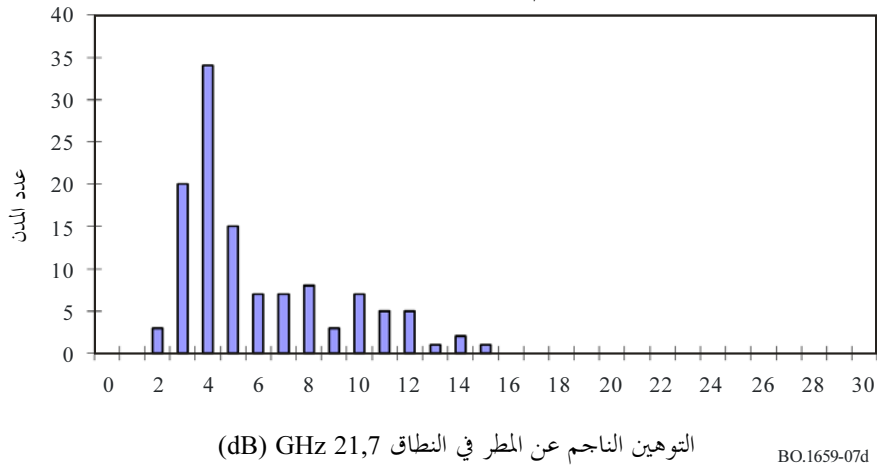
التوهين الناجم عن المطر من أجل 0,3% من السنة في عواصم بلدان
الإقليم 1 في النطاق GHz 12



BO.1659-07c

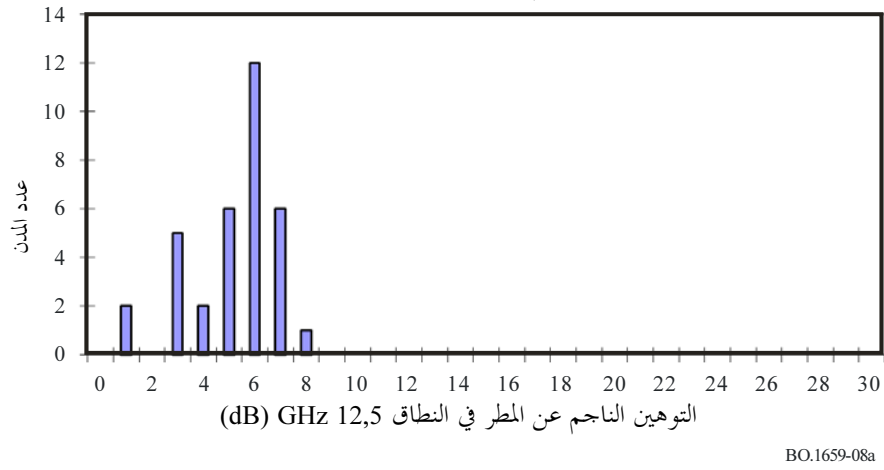
الشكل 7d

التوهين الناجم عن المطر من أجل 0,3% من السنة في عواصم بلدان الإقليم 1 في النطاق GHz 21,7



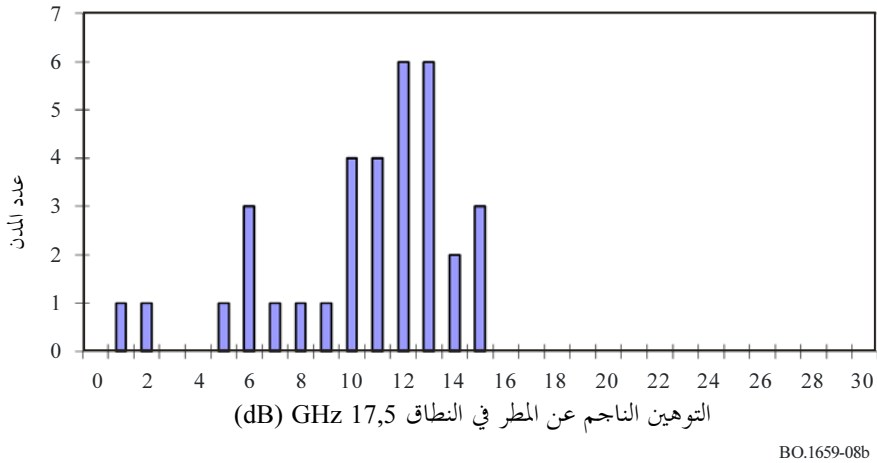
الشكل 8a

التوهين الناجم عن المطر من أجل 0,1% من السنة في عواصم بلدان الإقليم 2 في النطاق GHz 12,5



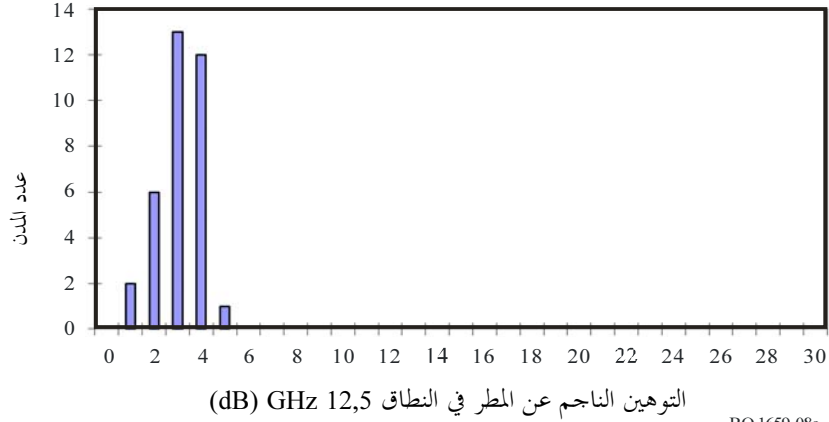
الشكل 8b

التوهين الناجم عن المطر من أجل 0,1% من السنة في عواصم بلدان الإقليم 2 في النطاق GHz 17,5



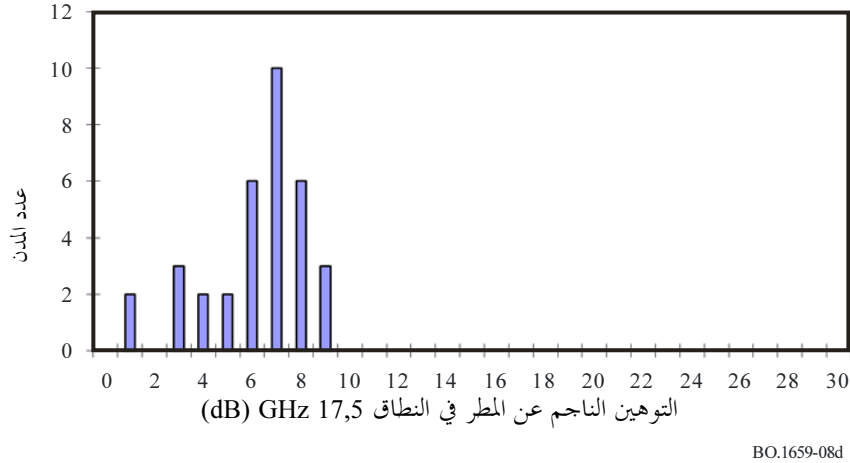
الشكل 8c

التوهين الناجم عن المطر من أجل 0,3% من السنة في عواصم بلدان الإقليم 2 في النطاق GHz 12,5



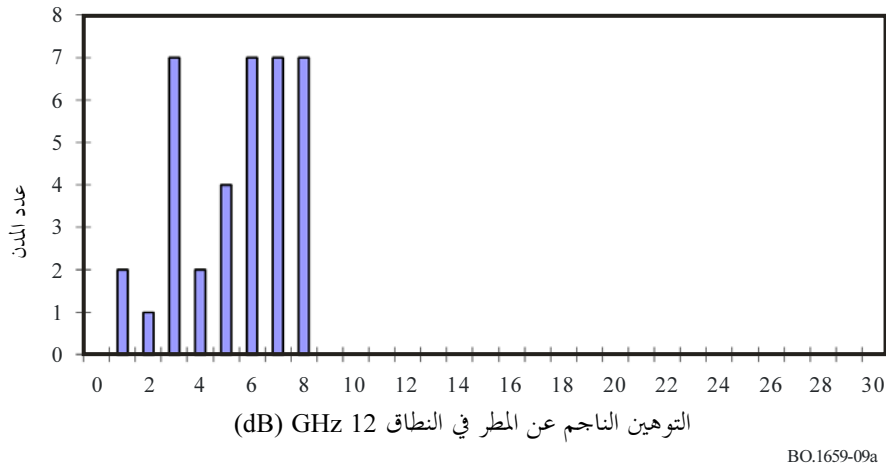
الشكل 8d

التوهين الناجم عن المطر من أجل 0,3% من السنة في عواصم بلدان الإقليم 2 في النطاق GHz 17,5



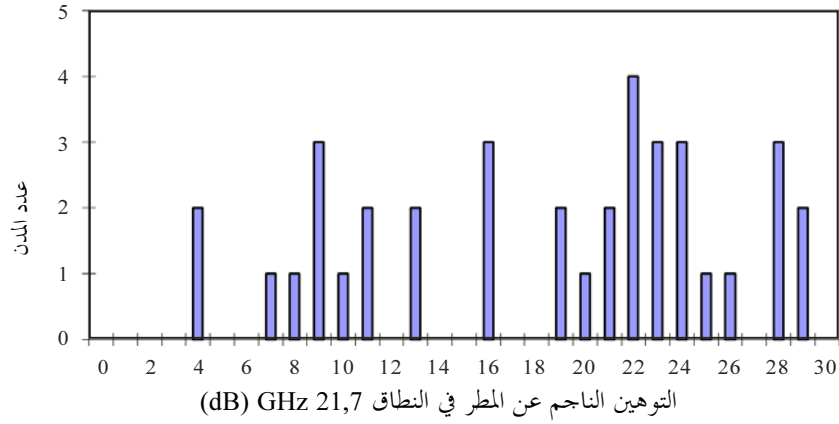
الشكل 9a

التوهين الناجم عن المطر من أجل 0,1% من السنة في عواصم بلدان الإقليم 3 في النطاق GHz 12



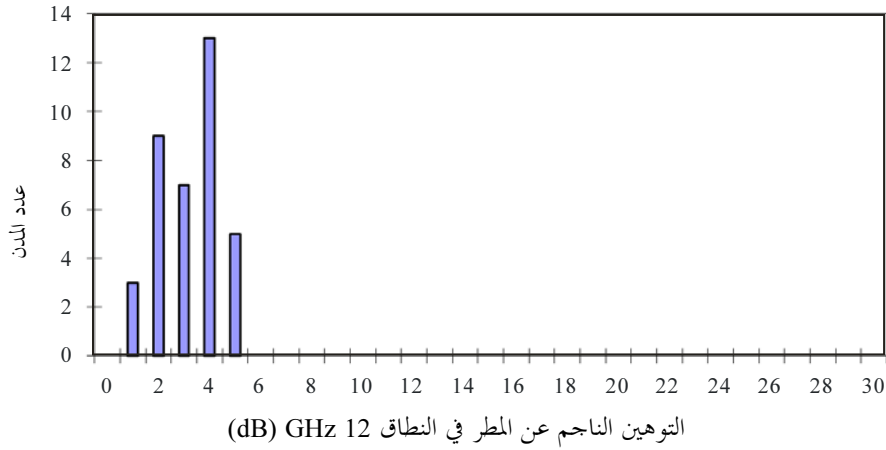
الشكل 9b

التوهين الناجم عن المطر من أجل 0,1% من السنة في عواصم بلدان الإقليم 3 في النطاق GHz 21,7



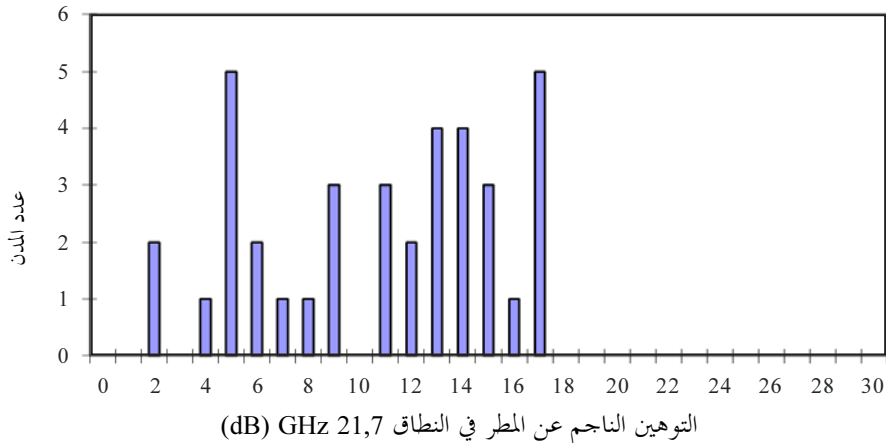
الشكل 9c

التوهين الناجم عن المطر من أجل 0,3% من السنة في عواصم بلدان الإقليم 3 في النطاق GHz 12



الشكل 9d

التوهين الناجم عن المطر من أجل 0,3% من السنة في عواصم بلدان الإقليم 3 في النطاق GHz 12



الجدول 6

الامتصاص الغازي في الغلاف الجوي والتوهين الناجم عن المطر في بعض المدن
في الإقليم 1 في النطاق GHz 41,5

إسطنبول	باريس	لندن	موسكو	النسبة المئوية من الزمن سنويا	
GHz 41,5					
dB 1,2	dB 1,3	dB 1,7	dB 1,7	–	الامتصاص في الغلاف الجوي
dB 2,5	dB 2,1	dB 2,3	dB 2,4	%3,0	التوهين الناجم عن المطر
dB 5,2	dB 4,5	dB 4,8	dB 4,9	%1,0	
dB 10,6	dB 9,2	dB 9,9	dB 10,1	%0,3	
dB 18,7	dB 16,4	dB 17,6	dB 17,9	%0,1	

الجدول 7

الامتصاص الغازي في الغلاف الجوي والتوهين الناجم عن المطر في بعض المدن
في الإقليم 2 في النطاق GHz 41,5

ريو دي جانيرو	ميامي	النسبة المئوية من الزمن سنويا	
GHz 41,5			
dB 1,0	dB 1,1	–	الامتصاص في الغلاف الجوي
dB 4,6	dB 6,2	%3,0	التوهين الناجم عن المطر
dB 9,4	dB 12,5	%1,0	
dB 21,6	dB 27,0	%0,3	
dB 36,5	dB 45,4	%0,1	

الجدول 8

الامتصاص الغازي في الغلاف الجوي والتوهين الناجم عن المطر في بعض المدن
في الإقليم 3 في النطاق GHz 41,5

بانكوك	سيؤول	كوالالمبور	طوكيو	النسبة المئوية من الزمن سنويا	
GHz 41,5					
dB 1,0	dB 1,3	dB 0,9	dB 1,4	–	الامتصاص في الغلاف الجوي
dB 7,6	dB 3,8	dB 8,0	dB 4,0	%3,0	التوهين الناجم عن المطر
dB 15,2	dB 7,7	dB 15,9	dB 8,1	%1,0	
dB 38,1	dB 15,5	dB 45,2	dB 16,3	%0,3	
dB 62,2	dB 26,9	dB 72,6	dB 28,3	%0,1	

4 التوهين الناجم عن المطر والامتصاص الغازي في نطاقات وصلات التغذية في الخدمة الإذاعية الساتلية (BSS)

أجري حساب مماثل من أجل النطاقين 18 GHz و 28 GHz، وهما مرشحان لوصلات التغذية في جميع الأقاليم، وكذلك من أجل النطاق 25 GHz، وهو مرشح آخر في الإقليمين 2 و 3. وترد نتائج الحساب في الجداول 9 و 10 و 11.

الجدول 9

الامتصاص الغازي في الغلاف الجوي والتوهين الناجم عن المطر في بعض المدن في الإقليم 1

لندن		موسكو		النسبة المئوية من الزمن سنوياً	
GHz 27,8	GHz 18,1	GHz 27,8	GHz 18,1		
dB 1,1	dB 0,6	dB 1,1	dB 0,6	–	الامتصاص في الغلاف الجوي
dB 5,3	dB 2,4	dB 5,4	dB 2,4	%0,3	التوهين الناجم عن المطر
dB 9,7	dB 4,5	dB 9,8	dB 4,5	%0,1	
إسطنبول		باريس			
GHz 27,8	GHz 18,1	GHz 27,8	GHz 18,1		
dB 0,8	dB 0,4	dB 0,9	dB 0,5	–	الامتصاص في الغلاف الجوي
dB 5,6	dB 2,5	dB 4,9	dB 2,2	%0,3	التوهين الناجم عن المطر
dB 10,2	dB 4,6	dB 9,0	dB 4,1	%0,1	

الجدول 10

الامتصاص الغازي في الغلاف الجوي والتوهين الناجم عن المطر في بعض المدن في الإقليم 2

ريو دي جانيرو			ميامي			النسبة المئوية من الزمن سنوياً	
GHz 27,8	GHz 25,0	GHz 18,1	GHz 27,8	GHz 25,0	GHz 18,1		
dB 0,7	dB 1,0	dB 0,4	dB 0,8	dB 1,1	dB 0,5	–	الامتصاص في الغلاف الجوي
dB 11,3	dB 9,2	dB 4,7	dB 14,6	dB 12,0	dB 6,2	%0,3	التوهين الناجم عن المطر
dB 19,6	dB 16,2	dB 8,5	dB 25,1	dB 20,9	dB 11,1	%0,1	

الجدول 11

الامتصاص الغازي في الغلاف الجوي والتوهين الناجم عن المطر
في بعض المدن في الإقليم 3

كوالا لمبور			طوكيو			النسبة المئوية من الزمن سنوياً	
GHz 27,8	GHz 25,0	GHz 18,1	GHz 27,8	GHz 25,0	GHz 18,1		
dB 0,6	dB 0,9	dB 0,3	dB 1,0	dB 1,4	dB 0,5	-	الامتصاص في الغلاف الجوي
dB 24,0	dB 19,6	dB 9,9	dB 8,7	dB 7,2	dB 3,8	%0,3	التوهين الناجم عن المطر
dB 39,5	dB 32,6	dB 17,0	dB 15,5	dB 12,9	dB 7,0	%0,1	
بانكوك			سيؤول				
GHz 27,8	GHz 25,0	GHz 18,1	GHz 27,8	GHz 25,0	GHz 18,1		
dB 0,7	dB 1,0	dB 0,4	dB 0,9	dB 1,3	dB 0,5	-	الامتصاص في الغلاف الجوي
dB 20,0	dB 16,3	dB 8,2	dB 8,3	dB 6,8	dB 3,6	%0,3	التوهين الناجم عن المطر
dB 33,5	dB 27,6	dB 14,3	dB 14,8	dB 12,2	dB 6,6	%0,1	

5 تيسر الخدمة في الوصلة الهابطة في النطاق GHz 21

تم حساب تيسر الخدمة في نظام الخدمة الإذاعية الساتلية (BSS) بافتراض قيم شتى للكثافة pfd. وافترض وجود قطر هوائي مستقبل قدره 45 cm. والإشارات المرشحة للنظام في هذه الدراسة هي DVB-S و DVB-S2 و ISDB-S على أساس مخططات تشكيل QPSK و 8-PSK و 16-QAM. وتتفاوت النسبة C/N المطلوبة في النظام تبعاً للتشكيل والتشفير الأمر الذي ينطوي على معاوضة بين تيسر الخدمة وكفاءة استخدام التردد.

والنسب المئوية من الزمن لسنة متوسطة التي تتجاوز فيها C/N مقدار dB 5,6 و dB 7,5 و dB 10,7 و dB 17,0 مُدرجة مع مثال لكثافة pfd تساوي -105 dB(W/(m² · MHz)) و -115 dB(W/(m² · MHz)) و -120 dB(W/(m² · MHz)) في الجدول 12 وتساوي -105 dB(W/(m² · MHz)) في الجدول 13.

وتشمل ميزانية الوصلة التوهين الناجم عن المطر، والتوهين الناجم عن الغيوم، والتوهين الناجم عن الغازات، وفاقد التألؤ وتوجيه الهوائي.

الجدول 12

تيسر الخدمة السنوية للوصلة الهابطة للخدمة BSS في النطاق 21 GHz في بعض المدن في الإقليم 1

لندن			موسكو			
23,2			26,5			زاوية الارتفاع (درجات)
120,0-	115,0-	105,9-	120,0-	115,0-	105,0-	الكثافة pfd (dB(W/(m ² · MHz))
%99,90	%99,97	%99,99	%99,89	%99,96	%99,99	dB 5,6
%99,84	%99,95	%99,99	%99,81	%99,95	%99,99	dB 7,5
%99,53	%99,90	%99,99	%99,38	%99,89	%99,98	dB 10,7
¹ NA	%99,04	%99,92	¹ NA	%98,48	%99,93	dB 17,0
30,9			31,7			معدل الهطول R _{0,01} (mm/h)
6,6			6,5			التوهين الناجم عن المطر ² (dB)
إسطنبول			بريتوريا			
40,7			59,9			زاوية الارتفاع (درجات)
120,0-	115,0-	105,0-	120,0-	115,0-	105,0-	الكثافة pfd (dB(W/(m ² · MHz))
%99,88	%99,96	%99,99	%99,69	%99,87	%99,97	dB 5,6
%99,79	%99,94	%99,99	%99,50	%99,84	%99,97	dB 7,5
%99,30	%99,88	%99,98	%98,63	%99,67	%99,95	dB 10,7
¹ NA	%98,35	%99,94	¹ NA	%95,80	%99,82	dB 17,0
38,9			31,8			معدل الهطول R _{0,01} (mm/h)
6,7			5,8			التوهين الناجم عن المطر ² (dB)
			الإسكندرية			
			35,8			زاوية الارتفاع (درجات)
120,0-	115,0-	105,0-	120,0-	115,0-	105,0-	الكثافة pfd (dB(W/(m ² · MHz))
%99,99	%99,99	%99,99	%99,99	%99,99	%99,99	dB 5,6
%99,99	%99,99	%99,99	%99,99	%99,99	%99,99	dB 7,5
%99,94	%99,99	%99,99	%99,99	%99,99	%99,99	dB 10,7
¹ NA	%99,60	%99,99	%99,99	%99,99	%99,99	dB 17,0
			5,4			معدل الهطول R _{0,01} (mm/h)
			1,4			التوهين الناجم عن المطر ² (dB)

ملاحظة - المواقع المعروضة في الجدول 12 هي مجرد أمثلة عن تيسر الخدمة في الإقليم 1. وتتوقف تيسر الخدمة على زاوية الارتفاع كما تتوقف على الموقع ضمن الإقليم 1. ومن ثم، من الممكن أيضاً استخدام قيمة لكثافة pfd أخفض من -120 dB(W/(m² · MHz)) في مناطق يكون فيها التوهين الناجم عن المطر أخفض مما هو في الجدول 12.

¹ NA: لا ينطبق لأن سوية pfd لا تسمح بتحقيق سوية C/N المطلوبة.

² التوهين الناجم عن المطر محسوب لنسبة 99,9% من السنة.

الجدول 13

تيسر الخدمة السنوية للوصلة الهابطة للخدمة BSS في النطاق GHz 21 في بعض المدن في الإقليم 3

ويلنغتون	بانكوك	سيؤول	كوالا لمبور	طوكيو	
42,3	73,5	44,9	77,4	38,0	زاوية الارتفاع (درجات)
105,0-	105,0-	105,0-	105,0-	105,0-	الكثافة pfd (dB(W/(m ² · MHz))
%99,99	%99,88	%99,98	%99,81	%99,98	dB 5,6
%99,99	%99,85	%99,97	%99,77	%99,97	dB 7,5
%99,99	%99,78	%99,95	%99,68	%99,95	dB 10,7
%99,94	%99,44	%99,83	%99,36	%99,80	dB 17,0
41,7	87,1	50,6	93,6	48,0	معدل المطول R0,01 (mm/h)
6,4	21,5	14,2	26,3	10,0	التوهين الناجم عن المطر ² (dB)

ملاحظة - المدن المذكورة في الجدول 13 هي مجرد أمثلة عن تيسر الخدمة في الإقليم 3. وتتوقف تيسر الخدمة على زاوية الارتفاع كما تتوقف على الموقع ضمن الإقليم 3.

قد تنطبق مخططات التشكيل الأكثر كفاءة من حيث التردد، مثل 16-QAM، على أنظمة BSS في المستقبل. غير أن النسبة C/N المطلوبة لمخططات التشكيل أعلى مما هي في TC8-PSK. وعلاوة على ذلك فإنها قابلة للتأثر بعدم الخطية في الرسائل-المستجيبات الساتلية. ومن قبيل التحريب، افترض أن النسبة C/N المطلوبة قدرها 17,0 dB.

وينبغي، في الخدمة BSS باستخدام النطاق GHz 21، تعويض القدر الأكبر من الخبو الناجم عن المطر لتحقيق تيسر خدمة مشابهة لمثيلتها في النطاق GHz 12. وفي التصميم الساتلي التقليدي، تتحدد القدرة e.i.r.p. باعتبار التوهين بمثابة هامش. ولذلك يحتاج النظام إلى سواتل واسعة النطاق لدرجة مفرطة وكثافة pfd عالية في سماء صافية، مما قد يكون غير اقتصادي. وهكذا، إذا أريد تنفيذ خدمة BSS في نظام ساتلي معقول التكلفة في منطقة معينة، فإن الأمر يستدعي اتخاذ تدابير فعالة للتعويض عن التوهين الناجم عن المطر.

وتيسر الخدمة السنوية في الوصلة الهابطة لخدمة BSS في النطاق GHz 21 المدرجة في الجدول 12 لبعض المدن في الإقليم 1، كمثال، أكبر إلى حد بعيد من تيسر الخدمة السنوية للخطة GHz 12 في التذييل 30 من لوائح الراديو، أي 99% من الشهر الأسوأ، ما يكفي تيسر خدمة سنوية بنسبة 99,7%. واستناداً إلى أهداف المشغل الساتلي ومنطقة الخدمة المستهدفة، وإذا كان مقدار التيسر على أساس كثافة تدفق قدرة عند سطح الأرض تساوي -105 dB(W/(m² · MHz)) أعلى بكثير من مقدار التيسر المتوقع، من الممكن التفكير بتخفيض كثافة تدفق القدرة عند سطح الأرض المتولد عن البث من المحطات الفضائية من أجل التوصل إلى مقدار التيسر المطلوب. وقد يؤثر هذا التخفيض في القدرة مباشرة على تصميم الساتل (أي عدد أكبر من الرسائل-المستجيبات بنفس غلاف استهلاك الطاقة) أو التكلفة المصاحبة له (أي تخفيض مجموع استهلاك الطاقة مما له أثر مباشر على تكلفة الساتل).

وبالنسبة للإقليم 1، فيما يتعلق بقدر منخفض من كثافة تدفق القدرة عند سطح الأرض، يلاحظ ما يلي:

(1) بالنسبة لكثافة pfd قدرها -115 dB(W/(m² · MHz)) (أي تخفيض بمقدار 10 dB)، نجد أن تيسر الخدمة السنوية لنسبة C/N قدرها 7,5 و 10,7 dB لبعض أمثلة المدن في الإقليم 1 المدرجة في الجدول 12 أكبر من تيسر الخدمة السنوية لبعض المدن الأخرى في الإقليم 1 المدرجة في الجدول 12 بكثافة تدفق قدرة عند سطح الأرض قدرها -105 dB(W/(m² · MHz)).

(2) بالنسبة لكثافة pfd قدرها -120 dB(W/(m²· MHz)) (أي تخفيض بمقدار 15 dB)، نجد أن تيسر الخدمة السنوية لنسبة C/N قدرها 5,6 dB لبعض أمثلة المدن في الإقليم 1 المدرجة في الجدول 12 أكبر من تيسر الخدمة السنوية لبعض المدن الأخرى في الإقليم 1 المدرجة في الجدول 12 بكثافة تدفق قدرة عند سطح الأرض قدرها -105 dB(W/(m²· MHz)).

وبالنسبة للإقليم 1، من المفهوم أن كثافة تدفق قدرة عند سطح الأرض قدرها -105 dB(W/(m²· MHz)) فعالة لتحسين تيسر الخدمة السنوية لبعض المدن في الإقليم 1 كما هو مبين في الجدول 12. إذ يلاحظ مثلاً أن مدينة يبلغ فيها معدل هطول المطر، $R_{0.01}$ ، دون 31 ميلليمتر/ساعة في الإقليم 1 تكشف عن إمكانية النظر في كثافة pfd عند سطح الأرض بمقدار -150 dB(W/(m²· MHz)) بدلاً من -115 dB(W/(m²· MHz)) لزيادة تيسر الخدمة السنوية لنسبة C/N قدرها 10,7 dB وذلك من 99,90% إلى 99,99%.

وكما يتضح في الجدولين 12 و13، فإن القيمة المطلوبة من كثافة تدفق القدرة عند سطح الأرض لشبكة ساتلية معينة ترتبط كلياً بعوامل عدة (من قبيل مجموع التوهين الملاحظ في الوصلة على امتداد المنطقة المستهدفة، والتيسر المطلوب، ومخطط التشكيل، وما إلى ذلك).

6 الخلاصة

لقد بين هذا التذييل:

- أن التوهين الناجم عن المطر والامتصاص الغازي في الغلاف الجوي في النطاقات بين 17,3 GHz و 42,5 GHz أكبر بكثير من مثيلهما في النطاق 12 GHz؛
- أن القدرة e.i.r.p. تتحدد، بافتراض تصميم نظام ساتلي تقليدي - بما في ذلك متطلبات هامش الوصلة، بغية تلبية أهداف التيسر. وقد تكون القدرة e.i.r.p. المطلوبة عالية جداً في بعض الحالات بحيث لا تسمح بنظام ساتلي تقليدي؛
- أن الأمر قد يحتاج، في ظل ظروف الانتشار، إلى تقنيات تخفيف ملائمة للتوهين الناجم عن المطر، وذلك لتسهيل إدخال أنظمة الخدمة الإذاعية الساتلية (BSS) الممكنة في نطاقات التردد الأعلى.