

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R M.1472-1 (2010/01)

منهجية تقييم تأثير التداخل الذي تسببه الإرسالات
فضاء-أرض بأسلوب النفاذ المتعدد بتقسيم الزمن
أو تقسيم التردد (TDMA/FDMA) للخدمة المتنقلة
الساتلية (MSS)، بالنسبة إلى أداء النطاق الأساسي
لأجهزة الاستقبال التماثلية مع تعدد الإرسال
بتقسيم التردد أو تشكيل التردد (FDM-FM)
للخدمة الثابتة العاملة في خط البصر (LoS)
في مدى التردد 3-1 GHz

السلسلة M

الخدمة المتنقلة وخدمة التحديد الراديوي للموقع
وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة

تمهيد

يوظف 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
البث الساتلي	BO
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
الخدمة الثابتة الساتلية	S
أنظمة الاستشعار عن بعد	RS
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، 2010

© ITU 2010

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 M.1472-1*

منهجية تقييم تأثير التداخل الذي تسببه الإرسالات فضاء-أرض بأسلوب النفاذ المتعدد بتقسيم الزمن أو تقسيم التردد (TDMA/FDMA) للخدمة المتنقلة الساتلية (MSS)، بالنسبة إلى أداء النطاق الأساسي لأجهزة الاستقبال التماثلية مع تعدد الإرسال بتقسيم التردد أو تشكيل التردد (FDM-FM) للخدمة الثابتة العاملة في خط البصر (LoS) في مدى التردد 3-1 GHz

(المسألان ITU-R 201/4 و ITU-R 118/5)

(2010-2000)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية منهجية لتقييم التداخل الذي تسببه الإرسالات فضاء-أرض بأسلوب النفاذ المتعدد بتقسيم الزمن أو تقسيم التردد (TDMA/FDMA) للخدمة المتنقلة الساتلية (MSS)، بالنسبة إلى أداء النطاق الأساسي لأجهزة الاستقبال التماثلية مع تعدد الإرسال بتقسيم التردد أو تشكيل التردد (FDM-FM) للخدمة الثابتة العاملة في خط البصر (LoS) في مدى التردد 3-1 GHz. ويمكن استعمال هذه المنهجية أيضاً في تنسيق تفصيلي للخدمة المتنقلة الساتلية/الخدمة الثابتة لزيادة تنقيح النتائج المتحصل عليها من تنفيذ المنهجية الوارد وصفها في التوصية ITU-R M.1319.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

- أ) أن النطاق 1 518-1 525 MHz موزع على الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) (فضاء-أرض) والخدمة الثابتة (FS) على أساس أولي مشترك في جميع الأقاليم؛
- ب) أن النطاق 1 525-1 559 MHz موزع على الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) (فضاء-أرض) على أساس أولي في جميع الأقاليم؛
- ج) أن النطاق 1 525-1 530 MHz موزع على الخدمة الثابتة (MSS) على أساس أولي في الإقليمين 1 و 3 وأن النطاق 1 550-1 559 MHz موزع أيضاً على الخدمة الثابتة على أساس أولي في بعض البلدان؛
- د) أن نطاقات الترددات 170-200 MHz في جميع الأقاليم و 160-170 MHz في الإقليم 2 موزعة على الخدمة المتنقلة الساتلية (فضاء-أرض) والخدمة الثابتة على أساس أولي مشترك؛
- هـ) أن الإرسالات الصادرة من سواتل الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) قد تسبب تداخلاً في أجهزة الاستقبال في خط البصر العاملة في هذه النطاقات؛
- و) أن هذا التداخل ينطوي على ظواهر تتطور عبر الزمن مثل هندسية التداخل وشروط الانتشار وحركة الخدمة المتنقلة؛
- ز) أن المحاكاة بواسطة الحاسوب هي عموماً الطريقة الوحيدة لتقييم هذا النمط من التداخل بدقة؛

* أعدت هذه التوصية بالتعاون بين لجنتي الدراسات 4 و 5 للاتصالات الراديوية وستجري أي مراجعة بالاشتراك بين هاتين اللجنتين.

(ح) أن نتيجة مثل هذه المحاكاة تكون عادة في شكل إحصاءات تتعلق بقيم النسب C/N و $C/(N+I)$ في أنظمة الخدمة الثابتة؛

(ي) أنه يمكن تقييم تأثير هذا التداخل وقبوله في كثير من الحالات في إطار تنسيق ثنائي مفصل عن طريق دراسة إحصائيات قيم النسب C/N و $C/(N+I)$ بواسطة المحاكاة بالحاسوب كما ورد في التوصية ITU-R M.1319؛

(ك) أنه قد يكون من الضروري في بعض الحالات الحرجة في إطار التنسيق الثنائي المفصل وبواسطة المحاكاة بالحاسوب تقييم آثار التداخل على أهداف نوعية الأداء في النطاق الأساسي للأنظمة FDM-FM التماثلية في الخدمة الثابتة،

توصي

1 أن تستعمل المنهجية الواردة في الملحق 1 في إطار التنسيق الثنائي المفصل بين الأطراف المعنية لإتاحة تقييم دقيق لآثار التداخل الذي تسببه السواتل TDMA/FDMA للخدمة MSS في النطاق 3-1 GHz الموزع على الخدمة المتنقلة الساتلية بالنسبة إلى نوعية الأداء في النطاق الأساسي للمستقبلات التماثلية FDM-FM للخدمة الثابتة العاملة على خط البصر عندما يكون من الضروري الحصول على نتائج أكثر دقة بواسطة المنهجية الوارد وصفها في التوصية ITU-R M.1319 (انظر الملاحظات 1 و 2 و 3).

الملاحظة 1 - يتطلب تطبيق الطريقة الواردة في هذه التوصية وضع خوارزميات أو عمليات حسابية تتيح تنفيذ الاعتبارات المذكورة. وينبغي أن يخضع استعمال أو اعتماد هذه الخوارزميات أو العمليات في إطار تنسيق ثنائي ما إلى اتفاق بين الأطراف المعنية.

الملاحظة 2 - في البلدان التي يشغل فيها عدد كبير من أنظمة الخدمة الثابتة، قد يكفي تطبيق التحليل على بعض الأنظمة التي تمثل الأنظمة القائمة في الخدمة الثابتة عن طريق استعمال القيم الحقيقية لمعلومات الخدمة الثابتة مع مراعاة خاصة لأنظمة الخدمة الثابتة التي قد تكون أكثر حساسية للتداخل. وأنظمة الخدمة الثابتة الأكثر حساسية هي عادة تلك الموجهة باتجاه السمات الأكثر سوءاً، وبالإمكان تحديد هذا الاتجاه استناداً إلى الخصائص المدارية لنظام الخدمة MSS. غير أن هذه المسألة تقتضي اتفاقاً بين الأطراف المعنية.

الملاحظة 3 - جرى تبسيط الحسابات إلى حد كبير في حالة الأنظمة GSO للخدمة MSS نظراً لأنه ليس من الضروري إجراء محاكاة الآليات المدارية لكوكبة الخدمة MSS؛ إلا أنه قد يكون من الضروري عند تقييم آثار التداخل النظر في التداخل الذي قد تسببه عدة سواتل MSS GSO.

الملحق 1

منهجية تقييم تأثير التداخلات التي تسببها الأنظمة TDMA/FDMA في الخدمة MSS بالنسبة إلى أداء النطاق الأساسي في أجهزة الاستقبال التماثلية FDM-FM في الخدمة الثابتة العاملة على خط البصر (LoS) في مدى التردد 3-1 GHz

1 مقدمة

ينطوي تقاسم الترددات بين أنظمة الخدمة MSS وأنظمة الخدمة الثابتة على ظواهر تتطور عبر الزمن كهندسة التداخلات وظروف الانتشار وغيرها. والمحاكاة هي عموماً الطريقة الوحيدة لتقييم التداخل بدقة بين أنظمة الخدمة MSS والخدمة الثابتة. وينتج عادة عن هذه المحاكاة إحصاءات تتعلق بقيم النسب C/N و $C/(N+I)$ بالتردد الراديوي والتي تظهر عادة في شكل دالة توزيع تراكمي.

وتشير التوصية ITU-R M.1319 إلى منهجية تتيح في جملة أمور التعبير عن أهداف نوعية أداء النطاق الأساسي للأنظمة التماثلية FDM-FM و TV-FM في الخدمة الثابتة الواردة في التوصيتين¹ ITU-R F.393 و² ITU-R F.555 في شكل قيمة مكافئة مطلوبة للنسبة $C/(N+I)$ خلال نسبة مئوية معينة من الوقت مع تطبيق عامل التدرج عند الضرورة، من أجل مراعاة المسيرات الفعلية للخدمة الثابتة التي يقل طولها عن طول الدارات المرجعية. وتقدم هذه الأهداف المكافئة للأداء بالترددات الراديوية في شكل منحنيات بيانية للتوزيع التراكمي للنسبة $C/(N+I)$ لتحديد ما إذا كان التداخل الناتج عن سواتل الخدمة MSS مقبولاً أم لا.

ويبدو أن المنهجية الواردة في التوصية ITU-R M.1319 بالرغم من أنها تستند إلى قدر هام من المحاكاة بالحاسوب، فهي سهلة النقل نسبياً إلى برنامج حاسوبي لأن جميع الحسابات والمقارنات تتم بالترددات الراديوية. وينبغي أن تستعمل هذه المنهجية خلال مرحلة التنسيق التفصيلي بين الإدارات عندما يكون التنسيق مطلوباً بشكل رسمي وأن يتم الشروع بها تطبيقاً للوائح الراديو من أجل تحديد ما إذا كان التداخل مقبولاً أم لا مع مراعاة البيانات الحقيقية الموجودة بحوزة أنظمة الخدمة الثابتة وأهداف نوعية الأداء والتيسر ذات الصلة التي يحددها قطاع الاتصالات الراديوية.

وقد يكون من الضروري بالنسبة إلى الأطراف المعنية في بعض الحالات خلال مرحلة التنسيق الثنائي إجراء مزيد من الدراسة لآثار التداخل الذي تسببه الخدمة MSS على أهداف نوعية الأداء في الأنظمة التماثلية للخدمة الثابتة. وقد تتيح هذه الحالة إذا لم تتوفر نتائج نهائية لطريقة المحاكاة الواردة في التوصية ITU-R M.1319 السابق ذكرها، فرصة استخلاص النتائج فيما يتعلق بتنسيق الترددات.

ويهدف هذا الملحق إلى تقديم طرائق تتيح تقييم انعطافات نوعية في الأداء بالنطاق الأساسي للموجات التماثلية FDM-FM في الخدمة الثابتة بدقة أكبر مع مراعاة تأثير فصل الترددات المتغيرة التي قد تنشأ في حالة تعدد الموجات الحاملة المسببة للتداخل بالنطاق الضيق، وبما أن عامل تخفيف التداخل (أو العامل B) ونسبة الحماية المطلوبة المشار إليها في التوصية ITU-R SF.766 يدلان بالنسبة إلى فصل الترددات على أن هناك علاقة ارتباط قوية بين الموجات الحاملة المطلوبة والموجات المسببة للتداخل. وتحتاج الطريقة الواردة في هذا الملحق إلى أدوات محاكاة أكثر تطوراً من تلك الواردة في التوصية ITU-R M.1319 وتتطلب تطبيق موارد حاسوبية أكثر عدداً بكثير.

2 المنهجية المتبعة بشأن الأنظمة FDM-FM في الخدمة الثابتة

1.2 النظام FDM-FM المرجعي للخدمة الثابتة المستعمل في المحاكاة

ينبغي التزود في إطار مرحلة التنسيق التفصيلي بمعلومات فعلية تتعلق بالمسارات التماثلية للخدمة الثابتة من أجل تقييم تأثير التداخل الذي تسببه الخدمة MSS. وتجدر الإشارة إلى أن المحطات الوسيطة للخدمة الثابتة في قسم المودم من هذه الخدمة وفي النطاق 3-1 GHz مزودة عموماً بمكررات IF. وتتم إزالة التشكيل باتجاه النطاق الأساسي في المحطة المطرافية. وبما أنها لم تحصل في المكررات الوسيطة فمن غير الضروري حساب التداخل بالنطاق الأساسي إلا في آخر مكرر أو في المكرر المطرافي في قسم المودم أو في الوصلة الفعلية للخدمة الثابتة.

ووفقاً للتوصية ITU-R F.393، يجب ألا تتجاوز أقصى قيم مقبولة لقدرة الضوضاء في نقطة ما من السوية النسبية المدعومة في أي قناة هاتفية في الدارة الافتراضية المرجعية البالغ طولها 2 500 km لأغراض نظام مرحل راديو FDM، القيم الواردة أدناه والتي اختيرت لمراعاة شروط الانتشار السيئة:

- $pW0p 7 500$ ، متوسط قدرة ضوضاء عيارية موازنة لدقيقة واحدة خلال أكثر من 20% من أي شهر؛

¹ أُلغيت التوصية ITU-R F.393 في 2007. إلا أن بعض الأنظمة الثابتة قد تظل قائمة حيث يمكن أن تنطبق عليها هذه التوصية.

² أُلغيت التوصية ITU-R F.555 في 2007. إلا أن بعض الأنظمة الثابتة قد تظل قائمة حيث يمكن أن تنطبق عليها هذه التوصية.

- pW0p 47 500، متوسط قدرة ضوضاء عيارية موازنة لدقيقة واحدة خلال أكثر من 0,1% من أي شهر؛
- pW0 1 000 000، قدرة غير موازنة (مع وقت تكامل قدره 5 ms) خلال أكثر من 0,01% من أي شهر.

2.2 تقدير الإحصاءات المتعلقة بالتداخل والضوضاء الحرارية في النطاق الأساسي

1.2.2 وصف عام

يمكن تقييم آثار التداخل الذي تسببه الأنظمة الساتلية في الخدمة MSS التي تستعمل أساليب تشكيل/ نفاذ ضيقة النطاق باتجاه قناة هاتفية FDM-FM بالنطاق الأساسي، على النحو التالي.

يمكن بواسطة طرائق المحاكاة المذكورة في التوصية ITU-R M.1319 تقدير قيم النسبتين C/I و C/N عند كل فاصل زمني من فترة المحاكاة لكل مستقبل في الخدمة الثابتة في وصلة من وصلات هذه الخدمة مع حساب سويات النسبة C/I التي تنتجها الموجة الحاملة FDM-FM للخدمة MSS في عرض نطاق المستقبل FDM-FM للخدمة الثابتة.

ويمكن معرفة قدرة التداخل في الترددات الراديوية في المستقبل عدد k على شكل الحد عدد k من المعادلة (1) التي ترد في الملحق 1 بالتوصية ITU-R M.1143. وقدرة الموجة الحاملة المستقبلية في المستقبل k تشتمل على الخسارة الناجمة عن الخبو الذي يسببه الانتشار المتعدد المسارات في القفزة k لمسير المرحل الراديوي.

وبعد معرفة قيمة النسبة C/I لكل موجة حاملة ضيقة النطاق للخدمة MSS في كل فاصل زمني، يتم في الخطوة التالية تحويل القيمة C/I إلى قدرة الضوضاء بالنطاق أساسي. وتستمد الطريقة التي تتيح حساب قدرة ضوضاء التداخل بالنطاق الأساسي من التوصية ITU-R SF.766. ويعبر عن عامل تخفيف التداخل B (dB) بالطريقة التالية:

$$(1) \quad B = 10 \log \frac{2(\delta f)^2 p(f/f_m)}{b f^2 D(f, f_0)}$$

$$(2) \quad D(f, f_0) = \int_{-\infty}^{+\infty} S(F) P_1(f + f_0 - F) dF + \int_{-\infty}^{+\infty} S(F) P_1(f - f_0 - F) dF + S(f + f_0) P_{10} + S(f - f_0) P_{10} + S_0 P_1(f + f_0) + S_0 P_1(f - f_0) + \frac{S_0 P_{10}}{b} \delta(f - f_0)$$

$$(3) \quad P_1(f) = P(f) A^2(f)$$

$$(4) \quad P_{10} = P_0 A^2(0)$$

$$(4a) \quad \begin{aligned} \delta(f - f_0) &= 1 && \text{when } f = f_0 \\ \delta(f - f_0) &= 0 && \text{when } f \neq f_0 \end{aligned}$$

حيث:

δf : قيمة جذر متوسط التربيع (r.m.s.) لانحراف إشارة الاختبار (دون تشديد مسبق) للإشارة المطلوبة (kHz)

f : التردد المركزي للقناة المعينة الواقعة في النطاق الأساسي للإشارة المطلوبة (kHz)

f_m : التردد العلوي للنطاق الأساسي للإشارة المطلوبة (kHz)

$p(f/f_m)$: عامل التشديد المسبق للتردد المركزي المعني في النطاق الأساسي للموجة الحاملة المطلوبة

b : عرض نطاق القناة الهاتفية (3,1 kHz)

f_0 : التباعد بين ترددات الموجة الحاملة للإشارة المطلوبة والإشارة المسيبة للتداخل (kHz)

$S(f)$: الجزء المستمر من الكثافة الطيفية للقدرية المعيارية للإشارة المطلوبة مع تشديد مسبق (Hz^{-1})

S_0 : قدرة الموجة الحاملة المتبقية المعيارية للإشارة المطلوبة

$P(f)$: الجزء المستمر من الكثافة الطيفية للقدرية المعيارية للإشارة المسببة للتداخل (Hz^{-1})

P_0 : قدرة الموجة الحاملة المتبقية المعيارية للإشارة المسببة للتداخل

$A(f)$: خاصية اتساع/تردد مرشح استقبال الإشارة المطلوبة، مصدر الترددات هو التردد المركزي للموجة الحاملة للإشارة المسببة للتداخل.

ويتم تقييس الكثافات الطيفية للقدرية بالنسبة إلى الوحدة ويُفترض أن تكون وحيدة الجانب (ترددات موجبة فقط).

وتنتج عبارة N_p بدلالة النسبة C/I المعادلتين (5) و(6). ويلاحظ أن تحديد N_p يتطلب ما يلي:

- معرفة طيف الإشارة المطلوبة (المهاتفة التماثلية)؛

- معرفة طيف الإشارة المسببة للتداخل.

ويتم الحصول على قدرة التداخل الموازنة كقدرة غير موازنة في 1,75 kHz مما يؤدي إلى:

$$(5) \quad N_p = 10^{0.1(87.5 - B - C/I)}$$

مع العلم بأن C/I هي نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل (dB).

ويشتمل حساب عامل تخفيف التداخل على تلافيف أطراف القدرات المطلوبة والمسببة للتداخل. ويشار إلى أطراف قدرة المرحل الراديوي للخدمة الثابتة بسعات قناة متعددة في التوصية ITU-R SF.766. وبعد الحصول على قيمة أو علاقة تعبر عن عامل تخفيف التداخل يسهل حساب الضوضاء بالنطاق الأساسي.

ويمكن حساب سويات الضوضاء الحرارية في النطاق الأساسي في كل مستقبل من مستقبلات الخدمة الثابتة استناداً إلى تقديرات النسبة C/N والنسبة S/N بالنطاق الأساسي التي تطبق على الأنظمة FDM-FM في الخدمة الثابتة.

وبالإمكان تحديد الضوضاء الكلية بالنطاق الأساسي عند نهاية مسير المرحلات الراديوية في كل فاصل زمني وعلى النحو التالي:

$$(6) \quad (I + N)_{BB} = \sum_k (N_{pk} + N_{Tk} + N_{Ik} L_{MPk}) + N_{other}$$

حيث:

$(I + N)_{BB}$: الضوضاء الكلية في النطاق الأساسي في وصلة الخدمة الثابتة (pW)

N_{pk} : قدرة الضوضاء الموزونة بالنسبة للمستقبل k (حسب المعادلة (5))

N_{Tk} : الضوضاء الحرارية عند دخل المستقبل k

N_{Ik} : ضوضاء التداخل داخل الخدمة المقدرية في النطاق الأساسي عند المستقبل k

L_{MPk} : خسارة الخبو الناجم عن الانتشار بالمسارات المتعددة بالنسبة إلى القفزة k

N_{other} : ضوضاء النظام في النطاق الأساسي الصادرة عن جميع المصادر الأخرى. (بالنسبة إلى المرحلات

الراديوية التماثلية FM المستعملة في المهاتفة يجب مراعاة ضوضاء تشوه التشكيل البيني والإسهامات

المسببة للتداخل الصادرة عن بعض مكونات النظام مثل معدات الإرسال ومزيلات تعدد الإرسال

ووصلات الدخل).

وتجدر الإشارة إلى أن الحدود الثلاثة المجموعة في المعادلة (6) ترتبط بخسارة الخبو الناجم عن الانتشار المتعدد المسارات في القفزة k بالرغم من أن N_{pk} و N_{Tk} تأخذان في الحسبان أثر التحكم الأوتوماتي بالكسب. ويمكن إجراء الإحصاءات المتعلقة بالضوضاء الكلية في النطاق الأساسي استناداً إلى تقديرات الضوضاء الكلية في النطاق الأساسي في كل فاصل زمني.

2.2.2 منهجية محددة

من أجل حساب القدرة المركبة لضوضاء التداخل والضوضاء الحرارية في قناة هاتفية ما (القناة العليا عادة) في النظام FDM-FM تتبع الخطوات التالية:

الخطوة 1: حساب قدرة الموجة الحاملة C لكل فاصل زمني في كل محطة استقبال في الخدمة الثابتة مع مراعاة الخبو المتعدد المسارات في هذه العروة الخاصة. وتراعى قيم الخبو الناجم عن الانتشار المتعدد المسارات بواسطة نموذج التنبؤ بعمق الخبو العشوائي ذي النتائج المنسجمة مع التوزيع الإحصائي القائم على تطبيق نموذج الخبو الناجم عن الانتشار المتعدد المسارات المحدد في التوصية ITU-R P.530.

الخطوة 2: حساب قدرة الإشارة المسببة للتداخل I لكل فاصل زمني في كل محطة استقبال في الخدمة الثابتة والناجمة عن كل موجة حاملة مسببة للتداخل في الخدمة MSS بالنفاذ TDMA-FDMA، مع مراعاة فك اقتران استقطاب الحزمة النقطية الساتلية في الخدمة MSS وهوائي الاستقبال في الخدمة الثابتة وكذلك قدرة/حمولة الحركة في الحزم النقطية الساتلية في الخدمة MSS وخطط الترددات.

الخطوة 3: حساب في كل فاصل زمني النسبة C/I التي تنتجها كل موجة حاملة مسببة للتداخل TDMA/FDMA في الخدمة MSS صادرة عن كل حزمة من الحزم النقطية التي يبثها كل ساتل مرئي MSS والنسبة C/N في كل محطة استقبال في الخدمة الثابتة.

الخطوة 4: حساب النسبتين C/I و C/N المركبتين لكل فاصل زمني بالنسبة إلى نظام الخدمة الثابتة.

الخطوة 5: حساب، في كل فاصل زمني وفي كل محطة استقبال مطرافية في الخدمة الثابتة، عامل تخفيف التداخل في النطاق الأساسي أو العامل B في فواصل مختلفة لتخالف التردد بواسطة المعادلة (1) وقدرة ضوضاء التداخل في النطاق الأساسي بواسطة المعادلة (5) استناداً إلى النسبة C/I لكل موجة حاملة ومع مراعاة عرض النطاق الموزع على الموجة الحاملة المسببة للتداخل في الخدمة MSS بالنفاذ TDMA ضيق النطاق. وهناك إمكانية الاستعانة بجدول استشاري فيما يخص قيم العامل B بتخالفات تردد مختلفة.

الخطوة 6: حساب الضوضاء الحرارية في النطاق الأساسي لكل فاصل زمني في كل محطة استقبال مطرافية للخدمة الثابتة، استناداً إلى تقديرات النسبة C/N وتحويل النسبة C/N إلى النسبة S/N في النظام FDM-FM في الخدمة الثابتة.

الخطوة 7: حساب مجموع التداخلات الكلية في النطاق الأساسي لكل فاصل زمني في كل محطة استقبال مطرافية للخدمة الثابتة، الناتجة عن كل موجة حاملة من الموجات المسببة للتداخل TDMA/FDMA في الخدمة الثابتة وقدرة الضوضاء الحرارية المستقبلية في القناة العليا في النطاق الأساسي.

الخطوة 8: تكرار الخطوات المعددة أعلاه لكل فاصل زمني خلال فترة زمنية كافية إحصائياً تعادل مدة الدورة المدارية الكاملة أو الدورة المكافئة لكوكبة السواتل في الخدمة MSS والمدة الكافية لإظهار خصائص الخبو الناجم عن الانتشار المتعدد المسارات.

الخطوة 9: وأخيراً حساب توزيع احتمالات الضوضاء الكلية في النطاق الأساسي وتمثيلها بيانياً ثم مقارنتها مع أهداف التوصية ITU-R F.393 وتوزيعها بشكل مناسب.

3 مثال

يرد في التذييل 1 مثال عن تطبيق الطريقة المذكورة أعلاه.

التذييل 1

للملحق 1

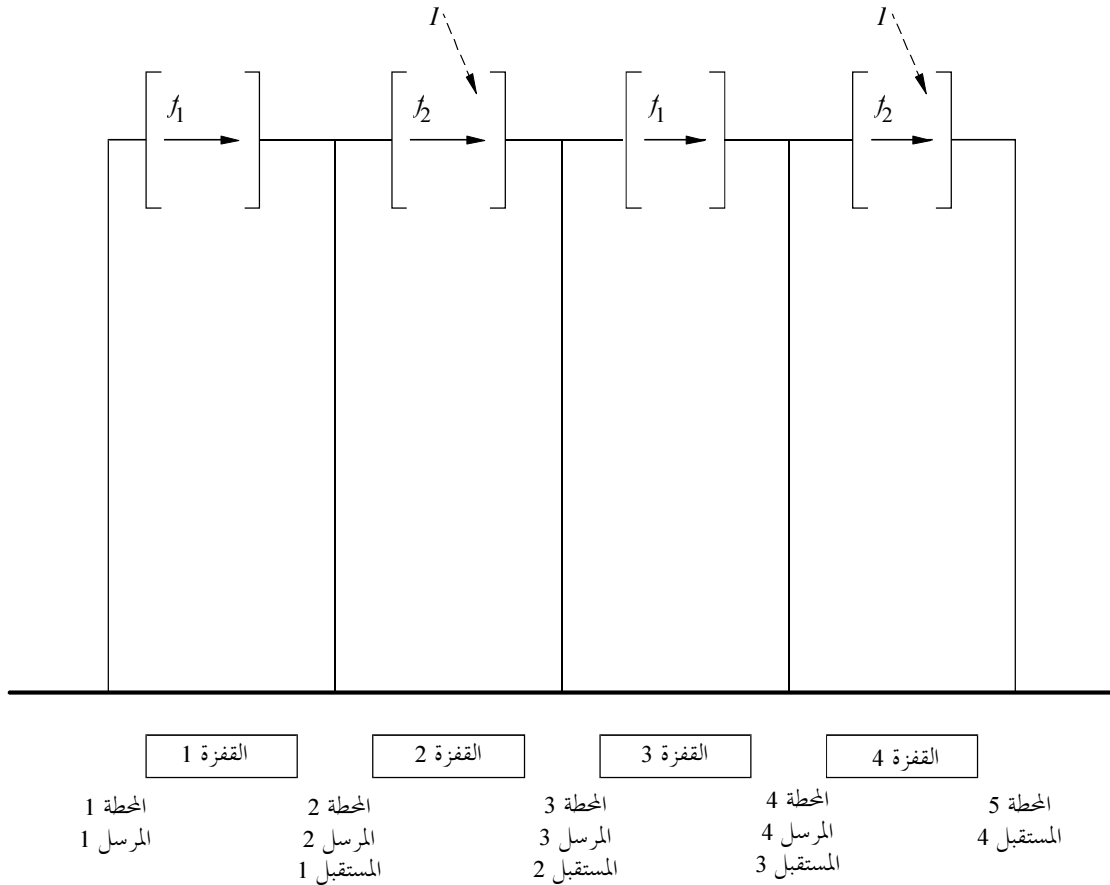
مثال على تطبيق المنهجية المستخدمة في حساب التداخل في النطاق الأساسي
الذي يسببه نظام LEO-F في أنظمة المرحلات الراديوية FDM-FM
بالقفزات الأربع و960 قناة

1 مقدمة

يبين هذا التذييل كيفية تطبيق المنهجية التي ورد شرحها في الملحق 1 من أجل حساب التداخل في النطاق الأساسي والضوضاء الحرارية الناجمين عن النظام LEO-F في نظام مرحل راديوي FDM-FM بالقفزات الأربع و960 قناة يعمل في النطاق 2 GHz (انظر الشكل 1).

الشكل 1

تشكيلة نظام المرحل الراديوي العامل في خط البصر

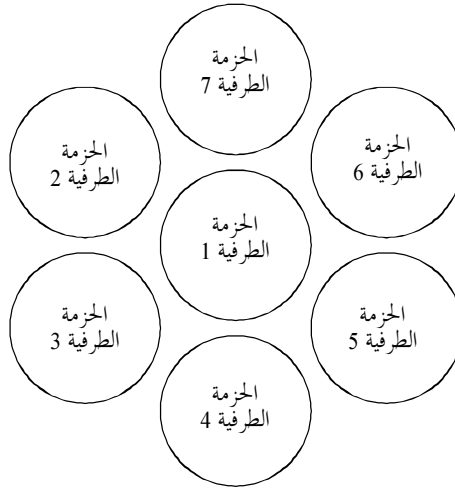


2 خطط الترددات في النظام LEO-F ونظام المرحل الراديوي FDM-FM

تتناول الدراسة مخطط الخلايا السبع لإعادة استعمال الترددات. وتؤخذ افتراضياً ست حزم نقطية (SP2 و SP3 و SP4 و SP5 و SP6 و SP7) يبلغ عرض نطاق كل منها 1 MHz وحزمة نقطية (SP1) بعرض نطاق يبلغ 2 MHz. ويفترض أن فاصل التردد 2 181-2 189 MHz يستعمل لمحاكاة النظام FDM-FM (انظر الشكل 2) ويُفترض أن التردد المركزي للقناة FDM-FM يبلغ 2 185 MHz مع عرض نطاق يبلغ 20 MHz.

الشكل 2

خطة ترددات الحزم النقطية في النظام LEO-F والنظام FDM-FM بـ 960 قناة



النقطة الطرفية 2	النقطة الطرفية 3	النقطة الطرفية 4	النقطة الطرفية 1	النقطة الطرفية 5	النقطة الطرفية 6	النقطة الطرفية 7
---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------

2 181 2 182 2 183 2 184 2 186 2 187 2 188 2 189 MHz

1472-02

3 معلمات إرسال النظام FDM-FM في الخدمة الثابتة

مخطط كسب الهوائي خارج المحور في الخدمة الثابتة هو المخطط الوارد في التوصية ITU-R F.1245. ويقدم الجدول 1 معلمات النظام FDM-FM ويستمد طيف القدرة المعيارية للنظام بالقنوات 960 في الخدمة الثابتة من المعلومات الواردة في التوصية ITU-R SF.766 (انظر الشكل 3 أ). ويفترض أن تشكيلة $(\sin x/x)^2$ تستعمل للموجة الحاملة TDMA QPSK بالنطاق الضيق (انظر الشكل 3 ب). ويشير الجدول 2 إلى خصائص محطة الإرسال وتردداته في الأنظمة FDM-FM في الخدمة الثابتة التي تستعمل في المحاكاة.

الجدول 1

معلومات النظام FDM-FM

نظام بـ960 قناة في الخدمة الثابتة	المعلومات
20	عرض النطاق RF (MHz)
4,028	التردد العلوي في النطاق الأساسي (kHz)
60	التردد السفلي في النطاق الأساسي (kHz)
200	قيمة RMS لانحراف إشارة الاختبار (kHz)
5,5	عامل التحميل
1,100	قيمة RMS لانحراف القناة المتعددة (kHz)
0,273	دليل التشكيل المتعدد القنوات
9,21-	الموجة الحاملة المتبقية المعيارية (dB)
34	كسب هوائي الاستقبال العامل في خط البصر (dBi) (طول القطر 3,7 m)
3	الخسارة في خط التغذية/ معدّد الإرسال (dB)
7	أقصى سوية قدرة لخرج المرسل (dBW)
64-	سوية القدرة الاسمية لدخل المستقبل (dBW)
10	عامل الضوضاء في المستقبل (dB) ⁽¹⁾

(1) بالرغم من أن عامل الضوضاء البالغ 10 dB استعمل في هذا المثال فإن عاملاً قدره 8 dB قد يكون أكثر ملاءمة لهذا المدى من الترددات.

الجدول 2

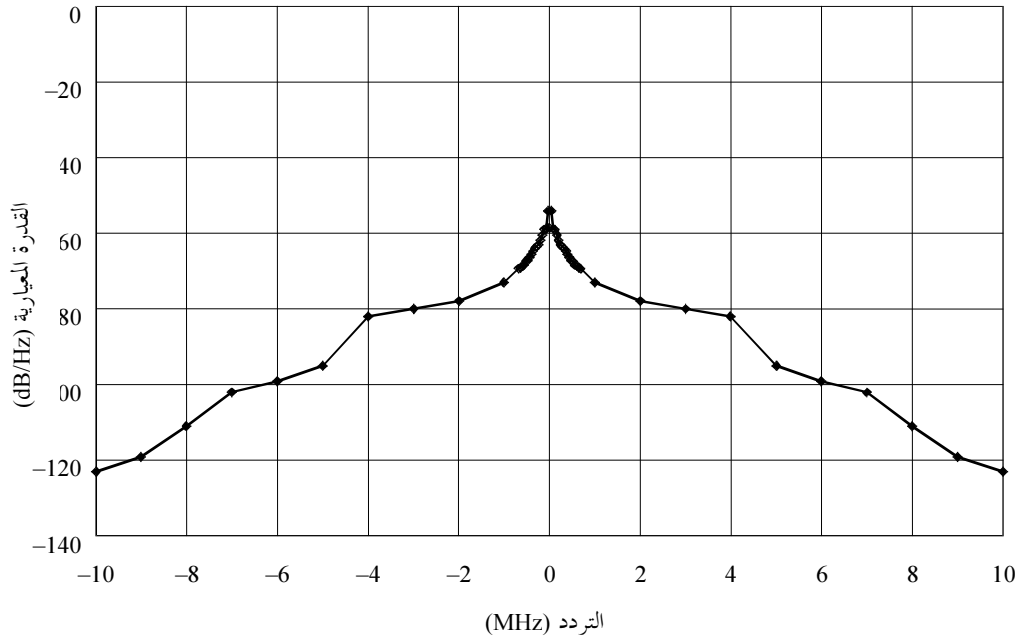
خصائص محطات الموجات الحاملة وتردداتها في النظام FDM-FM

المحطة (STN)	الارتفاع	خط الطول	طول القفزة (km)	تردد الإرسال (MHz)	تردد المستقبل (MHz)
STN 1	29,66° شمالاً	122,50° شرقاً	48,5	2 166	-
STN 2	29,94° شمالاً	122,12° شرقاً	48,4	2 185	2 166
STN 3	30,22° شمالاً	121,73° شرقاً	48,4	2 166	2 185
STN 4	30,50° شمالاً	121,35° شرقاً	48,3	2 185	2 166
STN 5	30,78° شمالاً	120,96° شرقاً	-	-	2 185

سمت التسديد الأسوأ: 49,9° بالنسبة إلى المستقبل 4.

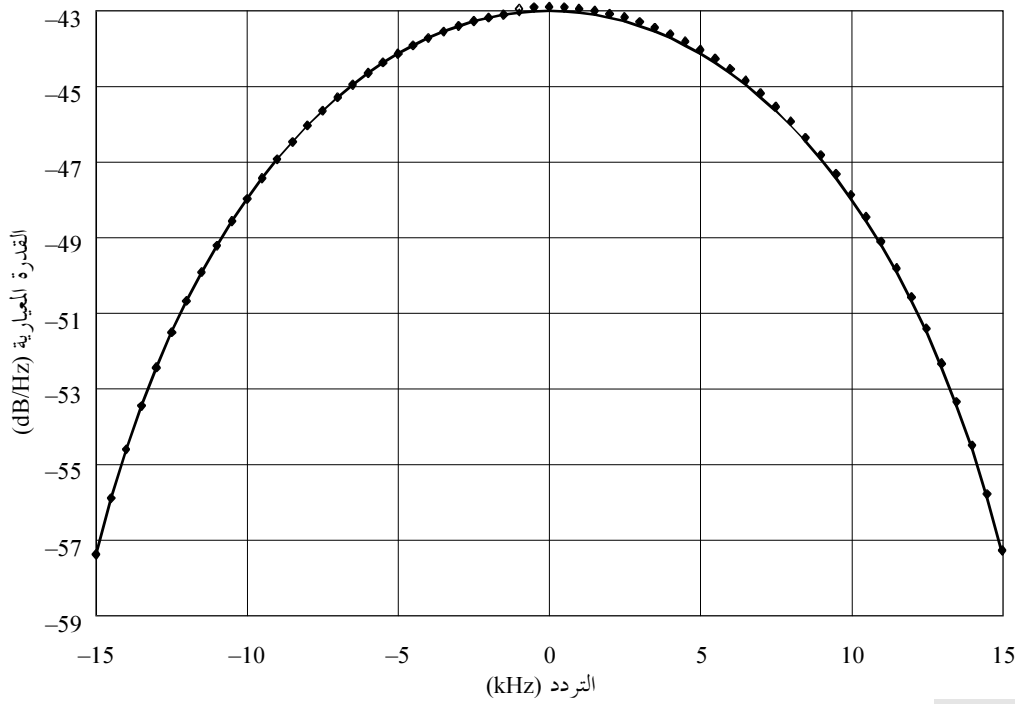
الشكل 3 أ

طيف القدرة المعيارية لموجة حاملة FDM-FM بـ 960 قناة



الشكل 3 ب

طيف القدرة المعيارية لموجة حاملة TDMA/QPSK لنظام LEO-F بتردد قدره 25 kHz



4 معلمات النظام LEO-F

يفترض استعمال حزمة نقطية تتمتع بالخصائص المعددة لاحقاً لأغراض المحاكاة: القدرة e.i.r.p. قدرها 32,2 dBW، فتحة قدرها 3,4° (عند 3 dB)، مخطط خارج المحور يبلغ $12 - (\theta/\theta_0)^2$ (dB) ويلخص الجدول 3 المعلمات الأخرى للنظام LEO-F.

الجدول 3

معلمات النظام LEO-F

أ) خصائص الكوكبة

10	عدد السواتل
10 355	الارتفاع (km)
2	عدد المستويات
45	زاوية ميل المدار (بالدرجات)
5	عدد السواتل في كل مستوي
0	التباعد الزاوي للسواتل بين المستويات (بالدرجات)
72	التباعد الزاوي للسواتل في المستويات (بالدرجات)

ب) نطاقات الترددات (وصلات الخدمة)

2 010-1 980	أرض - فضاء (MHz)
2 200-2 170	فضاء - أرض (MHz)

ج) حزم ساتلية/حركة الموجة الحاملة

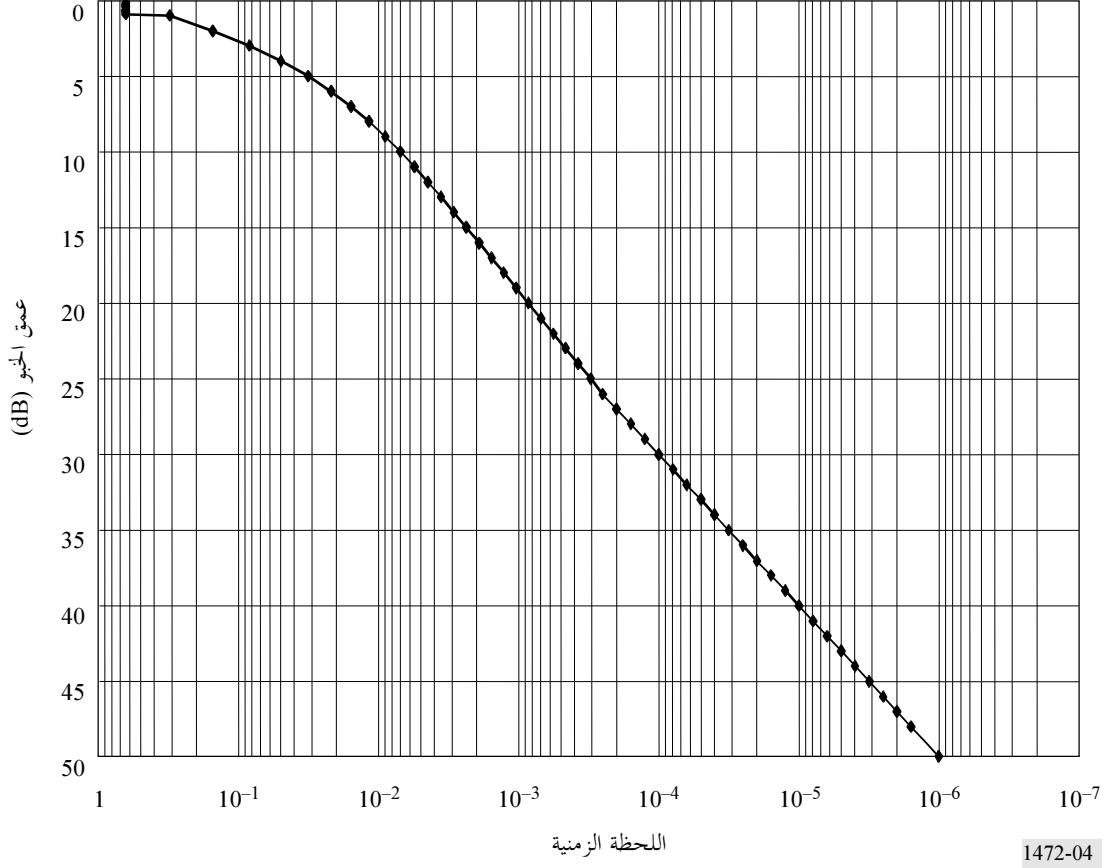
163	عدد الحزم النقطية
TDMA/FDMA	نمط الموجة الحاملة
18	معدل رموز الموجة الحاملة (k رموز/ثانية)
25	عرض النطاق الموزع على الموجة الحاملة (kHz)
32,2	القدرة e.i.r.p. للحزمة/ الموجة الحاملة (dBW)
6	عدد الفواصل زمنية للمهاتفة/ الرزم TDMA
4 500 قناة هاتفية	أقصى سعة للسواتل
MHz 1/MHz 2	أقصى حمولة حركة للحزمة الواحدة

5 توزيع الخبو في الخدمة الثابتة

يقدر توزيع الخبو خلال نسب مئوية مختلفة من الوقت وفقاً للتوصية ITU-R P.530. ويقدم الشكل 4 توزيعاً نمطياً للخبو خلال مختلف النسب المئوية في موقع الصين على خط عرض 30,78° شمالاً وخط طول 129,96° شرقاً.

الشكل 4
عمق الخبو بدلالة الزمن

لحظة زمنية يتم فيها تجاوز عمق الخبو خلال الشهر الأكثر سوءاً وسطياً
في موقع نمطي في الصين



1472-04

6 قيم العامل B

يقدم الشكل 5 قيم العامل B في تحالفات تردد مختلفة بواسطة تلافيف طيف القدرة في النظام FDM-FM بـ 960 قناة مع موجة حاملة QPSK/FDMA بتردد 25 kHz.

7 نتائج المحاكاة

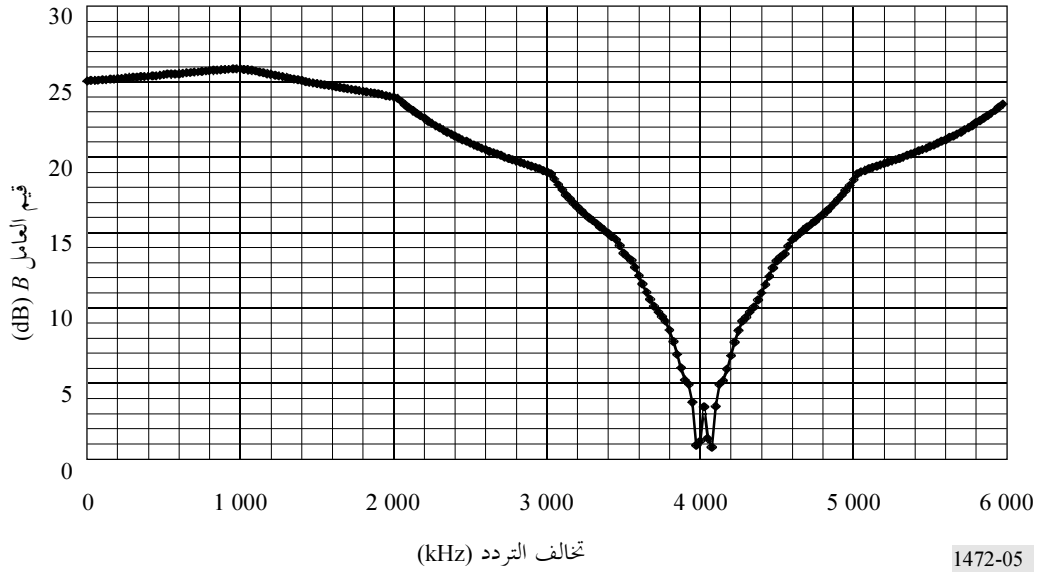
تم المحاكاة في زاوية السمات الأكثر سوءاً وبفواصل زمنية قدر كل منها 50 ثانية ولمدة 50 يوماً. ويقدم الشكل 6 رسماً بيانياً لتوزيع التداخل وقدرة الضوضاء الحرارية خلال نسب مئوية زمنية مختلفة.

وتقارن قيم ضوضاء التداخل في الأسلوب FDM-FM مع الأهداف التي تنصب عليها التوصية ITU-R F.393 التي كانت قد وزعت تناسبياً في هذا المثال. ونلاحظ أن أهداف نوعية الأهداف قد تحققت بشكل واضح على الأمدين الطويل والقصير. وينبغي إجراء مزيد من الدراسات فيما يخص فرضية التوزيع التناسبي.

الشكل 5

قيم العامل B بدلالة فصل الترددات في النظام FDM-FM

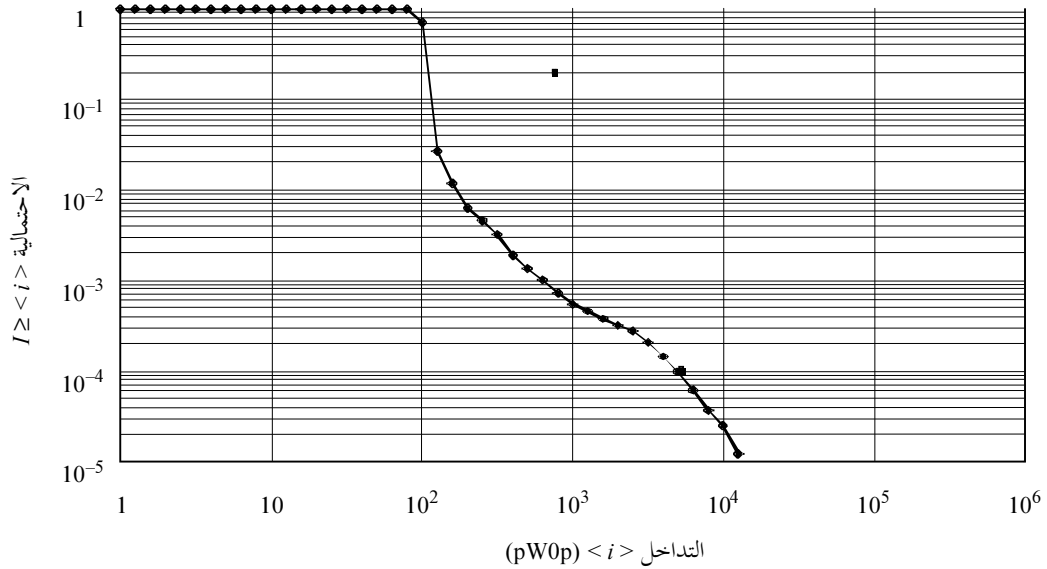
تغير عامل تخفيف التداخل في نظام بـ 960 قناة في الخدمة الثابتة



الشكل 6

توزيع التداخل في النطاق الأساسي والضوضاء الحرارية في نظام FDM-FM

التداخل في النطاق الأساسي والضوضاء الحرارية في نظام القفزات الأربع و960 قناة في الخدمة الثابتة



- ◆ السلسلة 1
- التوصية ITU-R F.393