الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R
قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R BT.2136-0
(2020/12)

تقييم التداخل الذي تتعرض له الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض من خدمات أخرى عن طريق محاكاة مونت كارلو

السلسلة BT
الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)

الاتحاد الدولي للاتصالات ITU

تمهيد

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

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

سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

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

سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

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

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

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

النشر الإلكتروني
جنيف، 2021

© ITU 2021
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 BT.2136-0*

تقييم التداخل الذي تتعرض له الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض من خدمات أخرى عن طريق محاكاة مونت كارلو

(2020)

مجال التطبيق

تحدد هذه التوصية المنهجية التي يتعين استخدامها لتقييم التداخل الذي تتعرض له الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB) من الخدمات الأخرى، عند استخدام محاكاة مونت كارلو. كما تقدم توجيهات حول كيفية تفسير نتائج محاكاة مونت كارلو هذه مقابل المبادئ التوجيهية لمعايير الحماية الواردة في التوصية ITU-R BT.1895.

الكلمات الرئيسية

الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB)، محاكاة مونت كارلو (Monte Carlo)، جودة الخدمة، نافذة زمنية، احتمال التداخل، احتمال التعطل

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن المادة 5 من لوائح الراديو (RR) توزِّع نطاقات تردد معينة للخدمة الإذاعية للأرض على أساس أولي؛

ب) أن تخطيط الخدمة الإذاعية للأرض قد تم في بادئ الأمر على أساس تحمل قدر محدود من الضوضاء، مع مراعاة ضوضاء المستقبِل ذاته والضوضاء الراديوية الخارجية؛

ج) أنه يجوز أيضاً تخطيط الخدمات الإذاعية على أساس تحمل قدر محدود من التداخل؛

د) أن التوصية ITU-R P.372 تصف مستويات الضوضاء الراديوية الخارجية، التي تُطبق عند تخطيط الخدمات الإذاعية؛

هـ) أن التوصية ITU-R SM.1757 والتقرير ITU-R SM.2057 يقدمان توجيهات بشأن متطلبات حماية مختلف خدمات الاتصالات الراديوية المتصلة بالإرسالات المجمعة الصادرة عن الأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا النطاق فائق العرض؛

و) أن التوصية ITU-R BT.1895 تقر بالمبادئ أعلاه وتقدم مبادئ توجيهية لضمان أن التداخل الإجمالي الواقع على المستقبِل الإذاعي من جميع الإشعاعات والإرسالات الصادرة عن خدمات الاتصالات الراديوية والمصادر الأخرى لإرسالات الترددات الراديوية، لا يتجاوز حدوداً معينة من إجمالي قدرة ضوضاء نظام الاستقبال، ومن ثم التأثير بالسلب على أداء أنظمة الإذاعة للأرض بمستويات تفوق المستويات المقبولة؛

ز) أن معايير الحماية لبعض تطبيقات الإذاعة داخل الخدمة الواحدة قد حُددت في بعض توصيات قطاع الاتصالات الراديوية (مثل التوصية ITU-R BT.1368، والتوصية ITU-R BT.2033) والاتفاقات الإقليمية، مثل اتفاق جنيف لعام 2006 (GE-06)؛

ح) أنه يمكن استخدام نهجين، "قطعي" و"احتمالي" لتقييم التداخل على الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض. وعلى الرغم من بساطة النهج القطعية، فإنها لا توفر دائماً تقييماً كاملاً لسيناريوهات التداخل التي قد تنشأ؛

ط) أن محاكاة مونت كارلو تُستخدم بشكلٍ متزايد في بعض الخدمات على وجه التحديد لتقييم توافقها مع أنظمة الاتصالات الراديوية الأخرى؛

* أدخلت لجنة الدراسات 6 للاتصالات الراديوية تعديلات صياغية على هذه التوصية في عام 2021، طبقاً للقرار ITU-R 1.

ي) أن منهجية محاكاة مونت كارلو، المستخدمة لتقييم التوافق بين أنظمة الاتصالات الراديوية، توفر متوسط احتمال التداخل أو متوسط خسارة الصبيب، في أي لحظة زمنية، ولا تأخذ في الاعتبار التداخل الذي قد يحدث خلال نافذة زمنية بسبب التغييرات مع مرور الوقت، على سبيل المثال في الموقع النسبي و/أو قدرة أجهزة الإرسال داخل الشبكة المسببة للتداخل؛

ك) أنه خلافاً لبعض أنظمة الاتصالات الراديوية، لا يمكن للخدمة الإذاعية إعادة إرسال البيانات التي لم يتم استقبالها ولا يمكنها تكييف معدل البتات ليناسب حالة قناة التردد الراديوي، وبالتالي فإن جودة الخدمة (QoS) تعتمد بشدة على جودة الإشارة عند نقطة الاستقبال؛

ل) أن معيار الاستقبال المرضي للإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض يتمثل في أن تكون الخدمة المستقبلة شبه خالية من الأخطاء (QEF) وأن احتمال تعطل خدمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض المشتق من محاكاة مونت كارلو هو احتمال حدوث حدث تداخل واحد أو أكثر على الإشارة المستقبلة (مثل الصورة) في ساعة واحدة؛

م) أنه، للأسباب المذكورة أعلاه (*ي*، *ك*، *ل*)، قد تحتاج نتيجة محاكاة مونت كارلو، في حالة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض، إلى المعالجة اللاحقة لمراعاة تغيرات الحالة التي تحدث في الشبكة المسببة للتداخل خلال أي نافذة زمنية؛

ن) أن دراسات التقاسم والتوافق بين خدمات الاتصالات الراديوية مطلوبة عادة في الحالات التي يتم فيها النظر في منح توزيعات جديدة؛

س) أنه يجب في مثل هذه الدراسات توفير قيم معلمات النظام التقنية لكل من الخدمتين قيد الدراسة،

وإذ تسلم

بالالتزامات الواقعة على عاتق الإدارات بمقتضى المادتين 42 و45 من دستور الاتحاد (الأرقام CS 193 وCS 197 وCS 198 وCS 199) لضمان استمرار توافر طيف الترددات الراديوية والحماية من التداخلات الضارة،

وإذ تلاحظ

أ) أن التقرير ITU-R SM.2028 – منهجية محاكاة مونت كارلو للاستخدام في دراسات التقاسم والتوافق بين الخدمات أو الأنظمة الراديوية المختلفة، يصف منهجية محاكاة راديوية لمونت كارلو؛

ب) أن التقرير ITU-R BT.2469 – خصائص أنظمة الإذاعة الرقمية للأرض في نطاق التردد MHz 230-174 والتقرير ITU-R BT.2383 – خصائص أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في نطاق التردد MHz 862-470 يتضمنان معلمات خاصة بالخدمة الإذاعية لأغراض استعمالها في دراسات التقاسم والتوافق؛

ج) أن التقرير ITU-R BT.2470 – استخدام محاكاة مونت كارلو لنمذجة التداخل على الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض، يوفر معلومات وأمثلة إضافية حول استخدام محاكاة مونت كارلو لنمذجة التداخل على استقبال الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض لاستخدامها في دراسات التقاسم والتوافق بين أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض وخدمات الاتصالات الراديوية الأخرى؛

د) أن التقرير ITU-R BT.2265 – مبادئ توجيهية لتقييم التداخل على الخدمة الإذاعية، يحدد النُهج المحتملة لحماية الإذاعة من التداخل الصادر عن خدمات أخرى والتداخل الصادر عن الأجهزة/التطبيقات دون منح توزيع تردد مقابل، ويقدم إرشادات لمساعدة الإدارات في التخطيط لاستخدام الطيف بطريقة تتسم بالكفاءة؛

هـ) أن التوصية ITU-R M.1634 – الحماية من التداخل على أنظمة الخدمة المتنقلة للأرض باستخدام طريقة المحاكاة مونت كارلو وتطبيق تقاسم الترددات، تقاسم الترددات، هي مصدر للمعلومات حول استخدام طريقة مونت كارلو للتحليل وتوصي باستخدام نهج احتمالي عند تقييم التداخل المحتمل؛

و) أن التوصية ITU-R M.2101 – نمذجة شبكات وأنظمة الاتصالات المتنقلة الدولية ومحاكاتها من أجل الاستعمال في دراسات التقاسم والتوافق، تضم منهجية لنمذجة شبكات الاتصالات المتنقلة الدولية ومحاكاتها من أجل الاستعمال في دراسات التقاسم والتوافق بين الاتصالات المتنقلة الدولية والأنظمة و/أو التطبيقات الأخرى. ولذا، فهي لا تطرح أي افتراضات على معلمات

النظام أو النمذجة لتلك الأنظمة و/أو التطبيقات الأخرى وتقتصر بشكل دقيق على تقديم معلومات بشأن أنظمة الاتصالات المتنقلة الدولية،

توصي

1 باستخدام المنهجية الواردة في الملحق 1 بهذه التوصية في الدراسات، بناءً على محاكاة مونت كارلو، والتي تقيم التداخل على الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض من الخدمات الأخرى؛

2 باستخدام المعلمات الواردة في الملحق 2 المتعلقة بالخدمة الإذاعية في هذه الدراسات.

وتضم هذه التوصية الملحقين التاليين:

الملحق 1 – المنهجية الواجب استخدامها في محاكاة مونت كارلو.

الملحق 2 – معلمات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض الواجب استخدامها في محاكاة مونت كارلو.

الملحق 1

المنهجية الواجب استخدامها في محاكاة مونت كارلو

1 مقدمة

محاكاة مونت كارلو هي طريقة إحصائية تُستخدم على نطاق واسع لحل المشكلات الرياضية المعقدة، أو لنمذجة الظواهر الفيزيائية أو لفهم مشاكل الحياة الواقعية المعقدة التي لا يمكن نمذجتها بسهولة بالطرق التحليلية. وتعتمد محاكاة مونت كارلو على أخذ عينات عشوائية لتوليد عدد كبير من الأحداث (التجارب)، وفقاً للنموذج المطبق لوصف ظاهرة فيزيائية.

ويتزايد استخدام محاكاة مونت كارلو كطريقة لتقييم التداخل في دراسات التوافق بين الخدمات المتنقلة والثابتة والإذاعية. وتوفر طرق محاكاة مونت كارلو المستخدمة لتقييم التداخل الواقع على الأنظمة ثنائية الاتجاه والصادر عنها، معلومات عن متوسط احتمال التداخل في أي لحظة من الزمن. ويتم في الأنظمة ثنائية الاتجاه، عادة، مقابلة هذا الاحتمال مع قيمة لخسارة في صبيب البيانات. وتعتبر عمليات المحاكاة هذه مثالية لتقييم التداخل (الحجب) في الأنظمة ثنائية الاتجاه التي يمكنها إعادة إرسال البيانات غير المستقبلة. وهناك حاجة إلى طريقة تناسب تقييم التداخل على أنظمة الإذاعة ذات التصميم أحادي الاتجاه.

تفرز نمذجة احتمال التداخل على الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض باستخدام محاكاة مونت كارلو[1] بعض المشكلات الفريدة حيث يتم قياس جودة الخدمة في نافذة زمنية مدتها ساعة واحدة وتوفر محاكاة مونت كارلو احتمال حدوث تداخل في نقطة واحدة من الزمن.

إذا لم تتغير الشبكة التي تتم نمذجتها بمرور الوقت، أي أن يكون موقع التداخل ثابت، وكانت القدرة المرسلة ثابتة، فهناك حدث واحد ويكون الاحتمال المحسوب للتداخل باستخدام محاكاة مونت كارلو صالحاً لأي نافذة زمنية. ومع ذلك، إذا تغيرت الشبكة، فإنه في حالة مصادر التداخل الثابتة، تختلف القدرة بين إيقاف التشغيل وعمله الكامل، أو إذا كانت هناك حركة أو تغيير في موقع مصادر التداخل في الشبكة، فإن الاحتمال المحسوب للتداخل يكون صالحاً لنقطة واحدة فقط من الزمن أو حالة واحدة فقط للشبكة. ولفهم احتمال وقوع حدث تداخل واحد أو أكثر خلال نافذة زمنية مدتها ساعة واحدة، يلزم إجراء مزيد من المعالجة على النحو التالي[2].

---

[1] يقدم التقرير ITU-R SM.2028 معلومات أساسية عن منهجية محاكاة مونت كارلو لتقييم التوافق بين أنظمة الاتصالات الراديوية وتطبيقها في برمجية أداة هندسة الطيف وتحليل مونت كارلو المتقدم (SEAMCAT).

[2] يقدم التقرير ITU-R BT.2470 مزيدًا من المعلومات حول طريقة مونت كارلو الموصوفة في هذه التوصية إلى جانب أمثلة على الحسابات.

2 الطريقة

في محاكاة مونت كارلو، فإنه طبقاً لسيناريو التداخل، قد يلزم إنشاء عدد كبير (K) من الأحداث (التجارب) للحصول على نتيجة موثوقة. والأحداث التي يتم إنشاؤها بواسطة محاكاة مونت كارلو تكون مستقلة – لا تؤثر نتيجة أي حدث على احتمال أي حدث آخر.

يُحسب احتمال التداخل (p_I) من صفائف البيانات المولدة لمستويات الإشارة المستقبَلة النافعة والمسببة للتداخل، $DRSS$ و$IRSS$، بناءً على عتبة معيار تداخل معينة (C/I و$C/(I+N)$ وI/N أو $I/(N+I)$). ويعبر عن احتمال التداخل المحسوب لعدد K من الأحداث كالتالي:

$$p_I = 1 - p_{NI} \tag{1}$$

حيث p_{NI} هو احتمال عدم وقوع تداخل على المستقبِل. ويمكن حساب هذا الاحتمال لأنواع التداخل المختلفة (البث غير المطلوب، والحجب، والحمل الزائد، والتشكيل البيني) أو توليفات منها.

وينبغي استخدام معيار التداخل $C/(I+N)$ لتقييم تأثير المرسلات المسببة للتداخل على استقبال الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض، حيث $C/(I+N)$ تساوي النسبة C/N لنظام الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض. وبالنسبة لقدرة إرسال مصدر تداخل ثابت، يمكن حساب الاحتمال p_{NI} على النحو التالي:

$$p_{NI} = P\left(\frac{DRSS}{IRSS_{composite}+N} \geq \frac{C}{I+N}\right), for\ DRSS > Rx_{sens}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^{M} 1\left\{\frac{DRSS(i)}{IRSS_{composite}(i)+N} \geq \frac{C}{I+N}\right\}}{M} \tag{2}$$

حيث:

$$1\{condition\} = \begin{cases} 1, & if\ condition\ is\ satisfied \\ 0, & else \end{cases}$$

$$IRSS_{composite}(i) = \sum_{j=1}^{L} IRSS_{(j)}^{(i)}$$

$DRSS$: مستوى الإشارة المفيدة المستقبلة

$IRSS$: مستوى الإشارة المسببة للتداخل المستقبلة

Rx_{sens}: حساسية المستقبِل

M: عدد الأحداث التي يكون فيها $DRSS > Rx_{sens}$. ويلاحظ أن في معظم الحالات تكون $K > M$ (عدد الأحداث المنشأة)

L: عدد المرسلات المسببة للتداخل

ويلاحظ أن الشرط $\frac{DRSS}{IRSS_{composite}+N} \geq \frac{C}{I+N}$ يتحقق مما إذا كان مجموع الإشارات المسببة للتداخل المستقبلة من مصادر مختلفة ثابتة للتداخل يتسبب في تداخل على مستقبِل الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض، في نقطة زمنية.

ويمكن حساب التدهور في استقبال الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في وجود الإشارات المسببة للتداخل بسهولة كالتالي:

$$\Delta p_I = P_I\,(N+I) - P_I\,(N) \tag{3}$$

حيث:

$P_I\,(N)$: الاحتمال p_I في وجود الضوضاء فقط

$P_I\,(N+I)$: الاحتمال p_I في وجود الضوضاء والتداخل

وواضح من المعادلة (2) أن $P_I(N) = 0$. ومن ثم يمكن كتابة الصيغة التالية:

$$\Delta p_I = P_I(N+I) = p_I \quad (4)$$

ومن المعادلة (4)، يمكن استنتاج أن تدهور استقبال الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في وجود إشارات مسببة للتداخل هو ببساطة p_I محسوب بمحاكاة مونت كارلو على النحو الموصوف في المعادلتين (1) و(2).

وجدير بالذكر أن الاحتمال p_I، باعتباره احتمالاً متوسطاً لجميع العينات عبر منطقة المحاكاة، سوف يتأثر بشكل كبير بسيناريو التداخل الجاري نمذجته. فعلى سبيل المثال، سيكون p_I المحسوب في بكسل 100 م × 100 م على حافة منطقة تغطية الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض، أعلى بكثير من p_I المحسوبة عبر كامل منطقة تغطية الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض، وذلك بسبب انخفاض مستويات الإشارة المطلوبة.

ومن المهم أيضاً أن يوضع في الاعتبار أن الاحتمال p_I لا يتغير بمرور الوقت. إذا تم افتراض أن حدوث التداخل (I) وعدم حدوث التداخل (NI) كقيمتين لمتغير برنولي العشوائي X الذي يمثل حالة التداخل، فمن الممكن كتابة:

$$P(X=I) = p_I$$

$$P(X=NI) = 1 - p_I$$

ويمكن حساب احتمال تدهور موقع الاستقبال (Δp_{RL}) للإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض كالتالي:

$$\Delta p_{RL} = p_{RL} - (p_{RL} - p_I) = p_I \quad (5)$$

حيث:

p_{RL}: احتمال موقع الاستقبال المستهدف

$p_I = 1 - p_{NI}$: احتمال التداخل المحسوب باستخدام محاكاة مونت كارلو.

1.2 مصدر التداخل الثابت

في حالة مصادر التداخل الثابتة، أي إذا لم يتحرك مصدر أو مصادر التداخل (مثل المحطة القاعدة المتنقلة)، فإن تأثير التداخل على منطقة تغطية الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض يظهر غالباً على شكل فجوات (أو مناطق) حيث لا يمكن ضمان جودة الخدمة (QoS) المطلوبة بسبب التداخل. وغالباً ما تكون هذه الفجوات بالقرب من أجهزة الإرسال المسببة للتداخل.

1.1.2 حساب احتمال التداخل على استقبال الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في حالة مصادر التداخل الثابتة ذات قدرة الإرسال الثابتة

في حالة مصادر التداخل الثابتة ذات قدرة الإرسال الثابتة (لا تتغير بمرور الوقت)، يكون هناك حدث واحد، ويكون الاحتمال المحسوب للتداخل باستخدام محاكاة مونت كارلو صالحاً لأي نافذة زمنية.

2.1.2 حساب احتمال التداخل على استقبال الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في حالة مصادر التداخل الثابتة ذات قدرة الإرسال المتغيرة

إذا تغيرت القدرة المرسلة لمصدر التداخل بمرور الوقت وفقاً لدورة عمل أو توزيع احتمال معين، فلا يمكن حساب p_{NI} بشكل مناسب من المعادلة (2)، لأنه يتم تقييم جودة خدمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في *نافذة زمنية* مدتها ساعة واحدة (TW). ولا يمكن استخدام المعادلة (2) إلا إذا كانت قدرة إرسال مصدر التداخل ثابتة في الفقرة 1.1.2.

فمثلاً، إذا تعرض مستقبل الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في موقع معين للتداخل من مرسل ثابت مسبب للتداخل يرسل بقدرة ثابتة لمدة 100% من الوقت، فإن p_I المحسوب من المعادلتين (1) و(2) سيكون 1 (100%). والآن، إذا كان لجهاز الإرسال نفسه دورة عمل بنسبة 50%، أي أنه متوقف عن التشغيل لمدة 50% من الوقت، ويعمل في بقية الوقت بنسبة 50%، فإن p_I المحسوب سيكون 0,5 (50%). وإذا كانت دورة العمل 10%، فإن p_I المحسوب سيكون 0,1 (10%)، إلخ. ومع ذلك، فإنه من وجهة نظر المشاهد، يتعرض استقبال الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض للتداخل بشكل منهجي من جهاز الإرسال المسبب للتداخل، أي أن $p_I = 1$ (100%) في جميع الأحوال. وفي الواقع، فإنه في *نافذة زمنية* مدتها ساعة واحدة، سواء تم تعطيل استقبال الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض خلال 100% أو 10% فقط من الوقت لا يغير إدراك المشاهد الذي يعاني من جودة خدمة غير مقبولة في كلتا الحالتين.

وغالباً ما تتم نمذجة دورة العمل هذه على أنها تخفيض فعال في القدرة المرسلة للمحطة القاعدة. وتقابل دورة العمل بنسبة 50% عامل نشاط بنسبة 50% والذي يُنمذج على شكل تخفيض مقداره 3 dB في القدرة وتخفيض مترتب في الاحتمال p_I محسوب مقارنةً بالاحتمال عندما ترسل المحطة القاعدة بأقصى قدرة. وهذا النهج غير صالح للدراسات التي تشمل الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض، لأنه مع مثل هذه الطريقة، لا تتم نمذجة جهاز الإرسال مطلقاً بأقصى قدرته في *نافذة زمنية* مدتها ساعة واحدة.

وفي سيناريو التداخل المذكور أعلاه، ستحدث مشكلة مماثلة عندما تتغير قدرة إرسال مصدر التداخل بمرور الوقت وفقاً لتوزيع احتمال معين. فمن وجهة نظر التداخل الفعلي على الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض، يلزم الحصول على معلومات عما إذا كان مصدر التداخل يعمل بقدرته الكاملة أم لا في وقت ما خلال *نافذة زمنية* مدتها ساعة واحدة. وإذا حدث ذلك، فيمكن تقدير الاحتمال p_I الذي سيخضع بموجبه مستقبِل الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض لحدث تداخل واحد أو أكثر من مصدر واحد للتداخل بافتراض أن مصدر التداخل يعمل بأقصى قدرة. وهذا صالح لحالة مصدر واحد للتداخل. ومع ذلك، إذا كان هناك أكثر من مصدر للتداخل، وتعمل جميعها بكامل قدرتها، فإن هذا من شأنه، بسبب مجموع القدرة ($IRSS_{composite}$)، المبالغة في تقدير احتمال التداخل. وفي مثل هذه الحالة، يقع الاحتمال p_I الفعلي بين احتمال أن يكون هناك مسبب تداخل واحد واحتمال أن يتم تشغيل جميع مصادر التداخل بقدرة كاملة ($p_{I\,single} < p_I < p_{I\,multiple}$).

وبناءً على الملاحظات المذكورة أعلاه، تُعدل المعادلة (2) لمراعاة تغير قدرة إرسال مصدر التداخل بمرور الوقت، مع الأخذ في الاعتبار حقيقة أن أي مرسل مسبب للتداخل يعمل بأقصى قدرة عند نقطة معينة خلال *نافذة زمنية* مدتها ساعة واحدة.

وبالتالي، عند تقييم التداخل الصادر عن الخدمات أو الأنظمة الراديوية على الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في وجود مصادر تداخل ثابتة، يُحسب الاحتمال p_{NI} بما في ذلك عمليات التحقق المنطقية المطلوبة على النحو التالي:

$$p_{NI} = P\left(\left(\frac{DRSS}{IRSS_{composite}+N} \geq \frac{C}{I+N}\right) \wedge (PMAX_{check} = L)\right), for\ DRSS > Rx_{sens}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^{M} 1\left\{\left(\frac{DRSS(i)}{IRSS_{composite}(i)+N} \geq \frac{C}{I+N}\right) \wedge (PMAX_{check}(i) = L)\right\}}{M} \quad (6)$$

حيث:

$$1\{condition\} = \begin{cases} 1, & if\ condition\ is\ satisfied \\ 0, & else \end{cases}$$

$$IRSS_{composite}(i) = \sum_{j=1}^{L} IRSS_{(j)}^{(i)}$$

$$PMAX_{check}(i) = \sum_{j=1}^{L} \mathbf{1}\left\{\frac{DRSS(i)}{IRSS_{PMAX_{(j)}^{(i)}}+N} \geq \frac{C}{I+N}\right\}$$

M = عدد الأحداث التي يكون فيها $DRSS > Rx_{sens}$. ويلاحظ أن في معظم الحالات تكون $K > M$

L = عدد المرسلات المسببة للتداخل

$IRSS_{PMAX}$: مستوى الإشارة المستقبلة المسببة للتداخل بالنسبة لقدرة الإرسال القصوى غير المتغيرة مع الزمن.

ويلاحظ أن:

$\frac{DRSS}{IRSS_{composite}+N} \geq \frac{C}{I+N}$ تتحقق مما إذا كان مجموع الإشارات المسببة للتداخل المستقبلة من مصادر تداخل ثابتة مختلفة تتسبب في تداخل على مستقبِل الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض، عند نقطة زمنية T_x.

$\frac{DRSS(i)}{IRSS_{PMAX_{(j)}^{(i)}}+N} \geq \frac{C}{I+N}$ تتحقق مما إذا كان المرسل (j) الذي يعمل بأقصى قدرة يتسبب في تداخل على مستقبِل الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض داخل نافذة زمنية معينة.

كما يلاحظ أنه بالنسبة لنقطة زمنية معينة *i*، فإن $L\ iRSS_{PMAX}{}_j^i$ هي متغيرات مستقلة، حيث يقابل الدليل *j* إشارة التداخل رقم *j* التي يستقبلها المستقبِل المتأثر. لذلك، تكون إحدى إشارات التداخل $L\ iRSS_{PMAX}$ هي السائدة دائماً فيما يتعلق بجميع الإشارات الأخرى. يُطلق على المستوى $iRSS_{PMAX}$ السائد اسم $iRSS_PMAX_{max}$.

وبالنسبة لأي نقطة زمنية معينة:

– إذا كان $\frac{dRSS(i)}{iRSS_PMAX_{max}(i)+N} \geq \frac{C}{I+N}$، عندئذ $PMAX_{check}(i) = \text{L}$

– وإذا كان $\frac{dRSS(i)}{iRSS_{PMAX_{max}}(i)+N} < \frac{C}{I+N}$، عندئذ $PMAX_{check}(i) = 0$

فإن،

$$PMAX_{check}(i) = \sum_{j=1}^{L} \mathbf{1}\left\{\frac{DRSS(i)}{IRSS_{PMAX_{(j)}^{(i)}} + N} \geq \frac{C}{I+N}\right\}$$

$$= \mathbf{1}\left\{\frac{DRSS(i)}{IRSS_PMAX_{max}(i)+N} \geq \frac{C}{I+N}\right\}$$

ويمكن كتابة المعادلة (6) بعد إضافة عمليات التحقق المنطقي اللازمة كالتالي:

$$p_{NI} = \frac{\sum_{i=1}^{M} 1\left\{\left(\frac{DRSS(i)}{IRSS_{composite}(i)+N} \geq \frac{C}{I+N}\right) \wedge \left(\frac{DRSS(i)}{IRSS_PMAX_{max}(i)+N} \geq \frac{C}{I+N}\right)\right\}}{M} \quad (7)$$

3.1.2 العلاقة بين احتمال التداخل والنسبة تداخل إلى ضوضاء *(I/N)*

توفر نتيجة محاكاة مونت كارلو قيمة لاحتمال حدوث التداخل p_i. وتقدم التوصية ITU R BT.1895 معلومات توجيهية بشأن الزيادة المسموح بها في التداخل (10% أو1%) اعتماداً على ما إذا كان مصدر التداخل أولياً مشتركاً أم لا. وتعادل النسب المئوية الواردة في التوصية BT. 1895 القيمتين –10 و–20 dB على التوالي للنسبة *I/N* ولها احتمال مكافئ للتداخل، لنسبة 95% من المواقع المخدومة عند حافة تغطية الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض، كما هو مبين في الجدول 1.

الجدول 1

قيمة احتمال التداخل المطلوبة في 100م × 100م بكسل عند حافة تغطية الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض

قيمة احتمال التداخل المطلوبة (p_I) لنسبة 95% من المواقع المكافئة للحماية في 100م × 100م بكسل عند حافة تغطية الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض الواردة في التوصية ITU-R BT.1895			
$p_I = \Delta p_{RL}$ (%) (لنسبة 95% من المواقع)	0,086	0,869	2,22
النسبة I/N المكافئة (dB)	20−	10−	6−

ملاحظة 1 – القيمتان –20 و–10 dB للنسبة *I/N* تكافئان القيم التوجيهية الواردة في التوصية ITU-R BT.1895. والقيمة –6 dB للنسبة *I/N* قيمة أخرى خلاف قيم التوصية BT.1895 تستخدم في الغالب في دراسات التوافق في بعض المناطق.

ملاحظة 2 – نسبة 95% من المواقع التي تتلقى الخدمة عند حافة الخلية تكافئ $99,4 \leq X \leq 99,6$ (أنظر التقرير ITU-R BT.2470) مضروباً في مساحة الخلية[3].

2.2 مصادر التداخل المتحركة

يمكن لأي مصدر تداخل متحرك أن يغير:

– القدرة بمرور الوقت طبقاً لمخطط التحكم في القدرة؛

– الموضع والموقع بمرور الوقت.

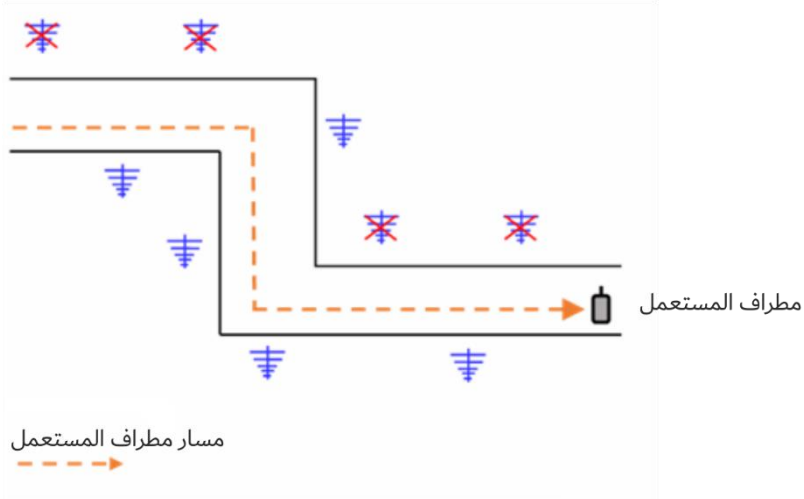
قد يتسبب التغيير في الموضع أو الموقع في حدوث تداخل على التوالي على مستقبلات مختلفة للإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض أو قد يدخلها في مدى مستقبِل معين كما هو موضح في الشكل 1.

من الواضح أن تأثير مصادر التداخل تلك على منطقة تغطية الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض لا يظهر كفجوات (أو مناطق) لا يمكن ضمان جودة الخدمة المطلوبة فيها. وبالتالي، في حالة مصادر التداخل المتحركة (مثل مطاريف المستعملين المتنقلة)، لا يمكن تقدير تأثير التداخل على احتمال موقع الاستقبال (P_{RL}) على النحو الموصوف في المعادلة (5).

[3] يرد تقدير للعلاقة بين حافة الخلية ومنطقة التغطية في كتاب Jakes، الاتصالات المتنقلة بالموجات الصغرية، القسم 3.5.2، صفحة 126، نشرة معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات 1993.

الشكل 1

تأثير مصدر تداخل متحرك (مطراف مستعمل) على استقبال الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض



وبالتالي، فإنه مع مصادر التداخل المتحركة، عند تقييم تأثيرها على استقبال الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض، تصبح المشكلة أكثر تعقيداً لأنه يجب مراعاة حركتها بمرور الوقت. وينبغي أن يكون واضحاً أن الاحتمال p_I المحسوب في محاكاة مونت كارلو، كما هو موصوف في المعادلتين (1) و(2) أو المعادلتين (1) و(6)، لا يمكن استخدامه مباشرة لتقييم تأثير مصادر التداخل المتحركة على استقبال الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض بسبب حقيقة أن الاحتمال p_I لا يقدم معلومات عن احتمال تعرض مستقبِل الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض لحدث أو أكثر من أحداث التداخل داخل *نافذة زمنية* معينة.

1.2.2 احتمال التعطل

كما هو موضح في القسم السابق، في حالة مصادر التداخل المتحركة، ينبغي مراعاة الاستمرارية الزمنية عن طريق تحويل الاحتمال p_I المحسوب في محاكاة مونت كارلو إلى احتمال يعكس بشكل أفضل تأثير التداخل على استقبال الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض. ويسمى هذا الاحتمال "احتمال التعطل". ويرد أدناه وصف الطريقة المستخدمة لحساب هذا الاحتمال.

ويوفر الاحتمال p_I المشتق من محاكاة مونت كارلو، باستخدام المعادلتين (1) و(2) أو المعادلتين (1) و(6)، معلومات عن احتمال تعرض مستقبِل الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض للتداخل في أي نقطة (لحظة) من الزمن. وهو لا يعطي احتمال تعرض مستقبِل الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض لحدث تداخل واحد أو أكثر خلال نافذة زمنية معينة. وبالتالي، من الضروري تمديد نتيجة محاكاة مونت كارلو لمراعاة الفترة الزمنية التي يتم خلالها تقييم جودة خدمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض وهي ساعة واحدة.

واحتمال التداخل (p_I) لا يتغير مع الزمن (ثابت). إذا تم اعتبار حدوث التداخل (I) وعدم حدوث التداخل (NI) كقيمتين لمتغير برنولي العشوائي X الذي يمثل حالة التداخل، فمن الممكن كتابة:

$$P(X=I) = p_I$$
$$P(X=NI) = 1 - p_I$$

حيث:

I: حدوث تداخل

NI: عدم حدوث تداخل.

والآن دعونا نقسم *نافذة زمنية* مدتها ساعة واحدة إلى فترات زمنية عددها "n". فإذا تم اختيار قيمة n بشكل مناسب، يمكن اعتبار كل فترة زمنية بمثابة تجربة برنولي (تجربة عشوائية) بنتيجتين "I" و "NI" [7]. وتسمى هذه النتائج "أحداث التداخل". وفي غضون *نافذة زمنية* مدتها ساعة واحدة، يمكن اعتبار أن تجارب برنولي المتكررة "n" تحدث، ومن الواضح هنا أنه من المفترض أن تكون كل تجربة مستقلة، ثم يُعبر عن احتمال تعرض مستقبِل الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض لأحداث التداخل k داخل النافذة الزمنية على النحو التالي:

$$P(X = k) = \binom{n}{k} p_I^k (1 - p_I)^{n-k} \quad (8)$$

حيث:

p_I: احتمال التداخل المحسوب في محاكاة مونت كارلو باستخدام المعادلتين (1) و(2)

n: عدد التجارب المستقلة

k: عدد التجارب التي تفضي إلى أحداث تداخل.

ويُعطى احتمال عدم تعرض مستقبِل الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض لأي أحداث تداخل من خلال وضع $k = 0$ في المعادلة (8):

$$P(X = 0) = (1 - p_I)^n$$

وأخيراً، يمكن حساب احتمال تعرض مستقبِل الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض لحدث تداخل واحد على الأقل من:

$$P(X > 0) = 1 - (1 - p_I)^n$$

ويطلق على هذا الاحتمال اسم احتمال التعطل (p_d) ويعبر عنه كالتالي:

$$p_d = 1 - (1 - p_I)^n \quad (9)$$

ويمكن فهم هذا الاحتمال p_d على أنه احتمال حدوث واحد أو أكثر من حالات التعطل غير المرتبطة لخدمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض خلال نافذة زمنية معينة. وينبغي أن تعكس النافذة الزمنية النافذة التي يتم استخدامها لتقييم جودة الخدمة للإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض والتي تعتبر بدورها مقبولة لمشاهد التلفزيون (ساعة واحدة).

2.2.2 اشتقاق الأحداث المستقلة

يمكن إنشاء أحداث مستقلة إما عن طريق تحريك مصادر التداخل (مطاريف المستعملين) أو عن طريق التبديل بين مصادر التداخل المختلفة (مطاريف المستعملين).

1.2.2.2 تشكيلات الشبكة المستقلة المتولدة عن تحريك مطاريف المستعملين

بالنسبة إلى *نافذة زمنية* معينة وتوزيع سرعة مطاريف المستعملين، يمكن حساب نسبة مطاريف المستعملين التي تتحرك لمسافة معينة بسهولة. ومن مسافة تحرك مطاريف المستعملين ومسافة فك الارتباط، يمكن اشتقاق عدد الحالات غير المرتبطة "n" التي تم إنشاؤها في *نافذة زمنية* ما بواسطة مطاريف المستعملين على النحو التالي:

$$n = TW * \sum_i^k \frac{P_i V_i}{D_i} \quad (10)$$

حيث:

D: مسافة فك الارتباط بالأمتار

V: سرعة مطراف المستعمل بوحدات metres/second

P: نسبة مطاريف المستعملين المتحركة بالسرعة V

K: عدد قيم السرعة

TW: النافذة الزمنية بالثواني (*النافذة الزمنية* بالنسبة للإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض تساوي 3 600 ثانية).

2.2.2.2 تشكيلات الشبكة المستقلة الناشئة عن وحدة الجدولة في الشبكات المتنقلة القائمة على النفاذ OFDMA/SC-FDMA

يبدأ تخصيص مجموعات الموارد المادية (PRB) لإرسال الوصلة الصاعدة بناءً على طلب مطراف المستعمل ويتم إجراؤه لكل مطراف مستعمل بواسطة وحدة جدولة الوصلة الصاعدة. إن تخصيص PRB بواسطة وحدة الجدولة إلى مطراف المستعمل مستقل عن الطلبات السابقة لمطراف المستعمل وبالتالي يمكن اعتباره حالة مستقلة.

تُعطى عدد الحالات المستقلة التي تم إنشاؤها في *نافذة زمنية* بواسطة وحدة الجدولة أثناء مرورها عبر مطاريف المستعملين المسجلة في الخلية من خلال:

$$n = \frac{M}{A} \quad (11)$$

حيث:

M: العدد الأقصى لمطاريف المستعملين النشطة في كل قطاع (أو خلية) في *النافذة الزمنية*

A: متوسط عدد مطاريف المستعملين النشطة في كل قطاع (أو خلية) في محاكاة مونت كارلو.

3.2.2 تحديد عدد تشكيلات الشبكة المستقلة في النافذة الزمنية المحددة

كما هو موضح في القسمين السابقين، يعتمد عدد تغيرات الحالة المستقلة n داخل النافذة الزمنية المحددة على عدد مصادر التداخل النشطة والمسافة التي يحتاج مصدر التداخل إلى التحرك إليها قبل أن يصبح حدث التداخل الناجم عن مصدر التداخل مستقلاً بالنسبة لحدث سابق. ويمكن حساب عدد الأحداث غير المرتبطة "n" المتولدة في *نافذة زمنية* ما بواسطة مطاريف المستعملين باستخدام المعادلتين (10) و(11):

$$n = \frac{M}{A} + TW * \sum_i^k \frac{P_i V_i}{D_i} \quad (12)$$

M: العدد الأقصى لمطاريف المستعملين النشطة في كل قطاع (أو خلية) في *النافذة الزمنية*

A: متوسط عدد مطاريف المستعملين النشطة في كل قطاع (أو خلية) في محاكاة مونت كارلو

D: مسافة فك الارتباط بالأمتار

V: سرعة مطراف المستعمل بوحدات metres/second

P: نسبة مطاريف المستعملين المتحركة بالسرعة V

K: عدد قيم السرعة

TW: النافذة الزمنية بالثواني (*النافذة الزمنية* بالنسبة للإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض تساوي 600 3 ثانية).

إذا لم تكن هناك حركة لمطراف المستعمل في *النافذة الزمنية*، إما لأن المطراف ثابت، أو لأن *النافذة الزمنية* قصيرة جداً – على سبيل المثال 1 مللي ثانية، سيكون ناتج الجمع صفراً، أو قريباً جداً من الصفر، وسيتم توفير عدد الأحداث بواسطة المتغيرين *A/M*. وبالتالي، سيتراوح *A/M* بين 1 وعدد مطاريف المستعملين النشطة في *النافذة الزمنية* — وقد يكون هو نفسه في بعض الحالات.

فعلى سبيل المثال، إذا تغيرت حالة مطراف المستعمل كل 1 ms وكانت *النافذة الزمنية* قصيرة 1 ms، فإن $M = A = 1 = n$ ومن المعادلة (9)، فإن p_d سيساوي p_I.

وإذا كانت *النافذة الزمنية* طويلة بالنسبة إلى الوقت الذي تتغير فيه حالة الشبكة، كأن تكون *النافذة الزمنية* ساعة واحدة (600 3 ثانية)، مثلاً، فمن المتوقع أن يكون عدد كبير من مطاريف المستعملين نشطًا. وفي غضون *نافذة زمنية* مدتها ساعة واحدة، قد تظل مطاريف المستعمل في الخلية ثابتة، أو يتحرك البعض داخل الخلية، ويتحرك البعض الآخر ويغادر الخلية ويدخل البعض الآخر إلى الخلية. والمهم هو عدد مطاريف المستعمل التي ترسل مرة واحدة على الأقل أثناء *النافذة الزمنية*. وكل مطراف UT يرسل *النافذة الزمنية*، ويكون العدد M، فإنه يولد أو يساهم في حدث واحد على الأقل. ويجب أيضاً النظر في عدد المطاريف UT،

العدد A، الذي تم اعتباره في عمليات محاكاة مونت كارلو. وفي حالة افتراض مطراف UT واحد فقط، ستكون هناك أحداث عددها M. وإذا تم افتراض أكثر من مطراف UT نشط في أي وقت في عمليات محاكاة مونت كارلو، فيجب مراعاة ذلك في عدد الأحداث التي يتم إنشاؤها، ومن ثم الأعداد A/M. وينبغي أن تكون M و A مناسبة للأنظمة والبيئة التي يتم النظر فيها في دراسات التقاسم والتوافق.

4.2.2 احتمال التعطل والتأثير على تغطية الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض

في حالة مصادر التداخل الثابتة، كما هو موضح في الفقرة 2، فإن الاحتمال p_I المحسوب بواسطة محاكاة مونت كارلو هو تقدير لانحطاط احتمال موقع الاستقبال (Δp_{RL}). وهذا هو احتمال p_I قيمته 2% محسوب في بكسل 100 م × 100 م مما يعني أنه في 2% من مساحة البكسل، قد تتعرض جميع مستقبلات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض للتداخل بواسطة مصادر التداخل الثابتة. وتظهر المناطق المعرضة للتداخل على شكل فجوات (أو مناطق) ثابتة لا يمكن ضمان جودة الخدمة المطلوبة فيها، مما يوضح تأثير التداخل على تغطية الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض بصورة مباشرة.

وفي حالة مصادر التداخل المتحركة، لا يمكن استخدام الاحتمال p_I المحسوب بواسطة محاكاة مونت كارلو بشكل مباشر لتقييم تأثير التداخل على تغطية الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض حيث لا يظهر تأثير هذه المصادر على منطقة تغطية الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض كفجوات (أو مناطق) ثابتة لا يمكن ضمان جودة الخدمة المطلوبة فيها. وهذا هو سبب إدخال الاحتمال في الفقرة 1.2.2، وهو احتمال حدوث حدث تداخل واحد على الأقل على الإشارة المستقبلة (مثل الصورة) في أي *نافذة زمنية*. وبعبارة أخرى، فإن p_d هو احتمال عدم ضمان جودة الخدمة المطلوبة في *النافذة الزمنية*.

ومع ذلك، من الممكن إظهار أن هناك تكافؤاً بين p_d وΔp_{RL} لقيم p_d الأقل من 1% وحتى 3% للاحتمال p_d هناك ارتباط جيد مع Δp_{RL} (انظر التقرير ITU-R BT.2470). وبالنسبة لقيم p_d الأعلى، يمنع التباين الكبير بين p_d وΔp_{RL} مقارنتها المباشرة لصالح الاحتمال p_d.

ومع ذلك، عند مقارنة الاحتمال p_I المحسوب في حالة مصادر التداخل الثابتة والاحتمال p_d المحسوب في حالة مصادر التداخل المتحركة، من المهم أن نتذكر أنه في الحالة الأخيرة، لا تظهر المناطق المعرضة للتداخل كمناطق ثابتة. وهذه المناطق المعرضة للتداخل عبارة عن مناطق صغيرة تظهر وتختفي في أي مكان في منطقة تغطية معينة للإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض. ومثل هذا السلوك يمنع تحديد المناطق المعرضة للتداخل وتنفيذ تقنية تخفيف مناسبة لحل أو تدنية التداخل على الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض.

الملحق 2

معلمات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض الواجب استخدامها في محاكاة مونت كارلو

الجدول 2

معلمات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض

أ) لا تعتمد على نظام الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض[1]

المعلمات [2]	الوحدة	متطلبات المحاكاة
القدرة e.i.r.p	dBm	مطلوبة
ارتفاع هوائي المرسل	m	مطلوبة
ارتفاع هوائي المستقبِل	m	مطلوبة
التردد المركزي	MHz	مطلوبة
عرض نطاق القناة	MHz	مطلوبة لتحديد عرض النطاق الفعلي
عامل الضوضاء (F)	dB	مطلوبة
قدرة الضوضاء (Pn)	dBm	مطلوبة
احتمال موقع حافة الخلية (LP)	%	مطلوبة لحساب نصف قطر منطقة التغطية
احتمال موقع منطقة التغطية	%	مطلوبة لتحديد احتمال التداخل المقبول/المسموح به
عامل الثقة الغوسي لاحتمال موقع حافة الخلية البالغ 95% ($\mu_{95\%}$)	%	مطلوبة لحساب هامش الخبو اللوغاريتمي العادي (lm) للنسبة 95%
الانحراف المعياري لخسارة الحجب (σ)	dB	مطلوبة
هامش الخبو اللوغاريتمي العادي (L_m) للنسبة 95%	dB	مطلوبة لحساب الاحتمال المتوسط Pmean من أجل LP = 95%
الاحتمال المتوسط Pmean من أجل LP = 95%	dBm	مطلوبة لحساب نصف قطر منطقة التغطية
خسارة الكبلات (Lcable)	dB	مطلوبة
كسب هوائي المستقبِل (Giso)	dBi	مطلوبة
نصف قطر منطقة التغطية محسوب بنموذج انتشار التوصية ITU-R P.1546 (ميل الحزمة = 1 و1,6°)	km	مطلوبة
انتقائية القناة المجاورة (ACS)	dB	مطلوبة
ثابت بولتزمان (k)	J/K	مطلوبة لحساب قدرة الضوضاء
درجة الحرارة المطلقة (T)	K	مطلوبة لحساب قدرة الضوضاء

[1] يمكن استخدام قيم معلمات مختلفة لأنظمة الإذاعة DTTB المختلفة ومن قبل البلدان/المناطق كل على حدة وفقاً لمتطلباتها وسيناريوهات التخطيط الخاصة بها.

[2] يمكن الاطلاع على معلمات أنظمة الإذاعة DTTB في التقرير ITU-R BT.2383.

ب) تعتمد على نظام الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض[3]

المعلمات	الوحدة	متطلبات المحاكاة
عرض النطاق الفعلي	MHz	مطلوبة
النسبة موجة حاملة إلى ضوضاء (C/N) عند حافة الخلية	dB	مطلوبة لحساب نصف قطر منطقة التغطية
معيار الحماية ($C/(N+I)$)[4]	dB	مطلوبة
حساسية المستقبِل (P_{min})	dBm	مطلوبة

[3] يمكن استخدام قيم معلمات مختلفة من قبل البلدان/المناطق كل على حدة وفقاً لمتطلباتها وسيناريوهات التخطيط الخاصة بها.

[4] يمكن لفرادى البلدان/المناطق اختيار معيار حماية آخر (مثل C/I أو I/N).