التوصيـــة ITU-R S.1806

أهداف التيسر للمسيرات الرقمية المرجعية الافتراضية في الخدمة الثابتة الساتلية العاملة تحت 15 GHz

(المسألة ITU-R 73/4)

(2008)

مجال التطبيق

تتناول هذه التوصية أهداف التيسر للمسيرات الرقمية المرجعية الافتراضية (HRDPs) في الخدمة الثابتة الساتلية العاملة تحت 15 GHz. وهي تستند إلى أهداف التيسر الموصفة في توصيات قطاع تقييس الاتصالات وتتمم أهداف التيسر والأداء الواردة في التوصيات ذات الصلة لقطاع الاتصالات الراديوية والمدرجة في فقرة المراجع.

المراجع

التوصية ITU-T G.827: معلمات أداء التيسر وأهداف المسيرات الرقمية الدولية من طرف إلى طرف بمعدل بتات ثابت.

التوصية ITU-R S.579: الأهداف الخاصة بتيسر دارة افتراضية مرجعية مسيرات رقمية افتراضية مرجعية عند استعمالها في المهاتفة التي تستخدم تشكيل شفري نبضي أو كجزء من وصلة افتراضية مرجعية خاصة بشبكة رقمية متكاملة الخدمات في الخدمة الثابتة الساتلية التي تعمل تحت 15 GHz.

التوصية ITU-R S.614: أداء الأخطاء المسموح بها لمسير ساتلي رقمي مرجعي افتراضي في خدمة ثابتة ساتلية تعمل تحت التردد 15 GHz، وعندما يكوّن جزءاً من توصيل دولي في شبكة رقمية متكاملة الخدمات.

التوصية ITU-R S.1062: أداء الأخطاء المسموح بها لمسير ساتلي رقمي مرجعي افتراضي يعمل تحت التردد 15 GHz.

التوصية ITU-R S.1424: أهداف التيسر للمسير الرقمي المرجعي الافتراضي عند استعماله للإرسال بأسلوب النقل غير المتزامن B-ISDN في الخدمة الثابتة الساتلية بواسطة الأنظمة الساتلية في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض باستعمال ترددات تحت 15 GHz.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن المسيرات الرقمية المرجعية الافتراضية (HRDPs)، كما تعرفها التوصية ITU-R S.521، في الخدمة الثابتة الساتلية (FSS) أعدت كدليل للمصممين والمخططين؛

ب) أن تيسر مسير HRDP يُحدد بالتأثيرات المجمعة الخاصة بمدى تيسر التجهيزات والانتشار؛

ج) أن تيسر التجهيزات (بما فيها المحطة الفضائية) يتوقف على أداء الاعتمادية والاستدامة وأداء دعم الصيانة؛

د) أن عدم التيسر بفعل مظاهر الخلل في الانتشار يتوقف على تجاوز عتبة مستوى التوهين وتكرار هذه التجاوزات وأمدها؛

هـ) أن الأنظمة الساتلية قادرة على تقديم أداء تيسر يضاهي أداء المسيرات الأرضية بموجب اتفاقات مستوى الخدمة (SLAs) أو اتفاقات جودة الخدمة (SQAs) للوصلات الإفرادية (انظر التوصية ITU-T E.801)؛

و) أن تيسر وصلة ساتلية مستقرة بالنسبة إلى الأرض مستقل في الأساس عن المسافة بين نقطتي المنشأ والانتهاء على الوصلة،

توصي

1 بتعريف تيسر المسير الرقمي المرجعي الافتراضي (HRDP) في الخدمة الثابتة الساتلية (FSS) بالصيغة الآتية:

$$\text{التيسر} = (100 - \text{عدم التيسر}) \quad \%$$

حيث:

$$\text{عدم التيسر} = \frac{\text{وقت عدم التيسر}}{\text{الوقت المطلوب}} \times 100 \quad \%$$

وحيث يُعرَّف الوقت المطلوب على أنه فترة الوقت التي يحتاج المستعمل خلالها أن يكون المسير الرقمي في حالة تتيح أداء وظيفة مطلوبة، بينما يُعرَّف وقت عدم التيسر على أنه الوقت التراكمي لتوقفات مسير رقمي ضمن الوقت المطلوب (انظر أيضاً فقرة *توصي* 5 التي تبحث في وقت عدم التيسر)؛

2 بتعريف شدة الانقطاع على أنها عدد الانقطاعات (أي فترة وقت عدم التيسر حسب تعريفها في الفقرة *توصي* 5) في كل فترة قياس، حيث أن فترة القياس النمطية هي سنة واحدة (766 8 ساعة) (انظر أيضاً الملاحظة 5)؛

3 بأن يلبي المسير الرقمي المرجعي الافتراضي (HRDP) أهداف التيسر القائم على الانتشار الواردة في الجدول 1:

الجدول 1

أهداف التيسر القائم على الانتشار لوصلة ساتلية رقمية في الخدمة الثابتة الساتلية (FSS)

المعدل (Mbit/s)	حتى المعدل الأولي البالغ (1,544 إلى 2,048)		فوق المعدل الأولي	
المعلمة	التيسر	شدة الانقطاع (الانقطاعات/سنة)	التيسر	شدة الانقطاع (الانقطاعات/سنة)
متوسط قيمة HRDP	%99,9	20	%99,96	20

4 بألا يتعدى عدم التيسر الإضافي للمسير الرقمي المرجعي الافتراضي (HRDP) في الخدمة الثابتة الساتلية (FSS) الناجم عن التجهيزات 0,11% سنوياً؛

5 باعتبار الوصلة في الخدمة الثابتة الساتلية (FSS) المحددة في التوصية ITU-R S.521 بين طرفي المسير الرقمي المرجعي الافتراضي (HRDP) غير متيسرة إذا توفر شرط واحد أو أكثر من الشروط الواردة في الفقرات 1.5 إلى 3.5 أدناه عند أي من طرفي الاستقبال للوصلة في غضون 10 ثوان متعاقبة أو أكثر (انظر الملاحظة 3):

1.5 توقف الإشارة الرقمية (أي فقدان التراصف أو التوقيت)؛

2.5 تجاوز معدل الخطأ في البتات (BER) المحسوب وسطياً خلال ثانية واحدة قيمة 10^{-3} في الإرسال تحت المعدل الأولي (1,544 Mbit/s إلى 2,048 Mbit/s)؛

3.5 في الإرسال عند أو فوق المعدل الأولي (1,544 Mbit/s إلى 2,048 Mbit/s)، تُعتبر كل ثانية حدث ثانية شديدة الخطأ (SES) حيث تُعرف الثانية شديدة الخطأ – على نحو متسق مع تعريف SES في التوصية ITU-T G.826 – بأنها ثانية تحوي 30% أو أكثر من الفِدَر ذات الأخطاء، أو واحدة على الأقل من الفترات شديدة الاضطراب (SDP)؛

6 أن تُراعى الملاحظات التالية على أنها جزء من هذه التوصية:

الملاحظة 1 – تبدأ فترة عدم التيسر عندما تستمر إحدى الحالات الواردة في الفقرات 1.5 إلى 3.5 لمدة 10 ثوان متعاقبة أو أكثر. وتُعتبر هذه الثواني العشر وقت عدم تيسر. وتنتهي فترة عدم التيسر مع غياب الحالة نفسها لمدة 10 ثوان متعاقبة على الأقل. وتُعتبر هذه الثواني العشر الثانية وقت تيسر. وتُعتبر فترات الأداء المنحط التي تدوم لأقل من 10 ثوان متعاقبة، وتوجد فيها الحالات الموصوفة في الفقرات 1.5 إلى 3.5 من فقرة *توصي*، وقت تيسر.

الملاحظة 2 – يُدرج كجزء وقت عدم التيسر المشار إليه في الفقرة *توصي* 3 كل الانقطاعات الناجمة عن الكسوف الشمسي والتداخل بفعل الشمس عند حدوثها أثناء الوقت المطلوب. ويمكن تدنية تأثير التداخل الشمسي أثناء الوقت المطلوب بإجراءات تشغيلية، نظراً لإمكانية توقع هذه الأحداث بدقة (انظر التوصية ITU-R S.1525).

الملاحظة 3 – عند إجراء حسابات التيسر، ينبغي أن يُراعى صراحةً متوسط الوقت لفاصل بين الأعطال، وكذلك متوسط الوقت اللازم لاستئناف الخدمة وللتدابير الاحترازية المتخذة للتخفيف من التوقفات والانحطاطات في أداء الساتل بما في ذلك استعمال قنوات وأنظمة احتياطية.

الملاحظة 4 – يُفترض أن النسبة المئوية لعدم التيسر الناجم عن الانتشار لأي شهر تقابل فترة في أية سنة بعامل تحويل قدره 5، أي أن 0,2% من أي شهر تقابل 0,04% من أية سنة (على ذلك المصطلح "أية سنة"، انظر الملاحظة 11 في التوصية ITU-R S.353). ويُناقش عامل التحويل هذا في الملحق 1 بالتوصية ITU-R S.614.

الملاحظة 5 – تستند أهداف شدة الانقطاع الواردة في الجدول 1 إلى قيمة قدرها 4 ساعات "لمتوسط وقت الاستعادة" (أي متوسط مدة الفواصل الزمنية التي لا تتيسر فيها الخدمة). أما انحطاطات الانتشار التي تفرز أحداث عدم تيسر تصحح نفسها ذاتياً، فمدتها أقصر بكثير عادةً، ولا تُؤخذ في الاعتبار في هذه الحالة.

الملاحظة 6 – ترد في الملحق 1 معلومات إضافية بشأن أهداف شدة الانقطاع للمسيرات الرقمية الساتلية.

الملحق 1

إمكانية تطبيق نسبة التيسر ومعلمات شدة الانقطاع الواردة في التوصية ITU-T G.827 على وصلات ساتلية

1 مقدمة

يدرس هذا الملحق أهداف التيسر الواردة في التوصية ITU-T G.827 في ضوء التوقعات بشأن مدة الخبو وتكرار حدوث الخبو التي قامت على استعمال طرائق موصوفة في التوصية ITU-R P.1623. كما ينظر في إمكانية تطبيقها على أهداف التيسر للتوصيلات الرقمية الساتلية. وعلى وجه التحديد، تتم دراسة أهداف شدة الانقطاع الواردة في التوصية ITU-T G.827 نسبة إلى تقديرات عمق الخبو وعدد حالات الخبو المرتقبة لوصلة ساتلية.

2 الخلفية

التوصية ITU-R S.579 قديمة العهد ويمكن تطبيقها على العديد من الوصلات "التقليدية" ضمن الخدمة الثابتة الساتلية (FSS). وهي تقوم بمقام مرجع عام بشأن تيسر الوصلات الساتلية، وتضم معلومات عن آثار الانتشار على الوصلات الساتلية. وتحتاج التوصيلات الساتلية الجديدة، الداعمة لحركة بروتوكول الإنترنت وشبكة الجيل التالي إلى معلمات إضافية لتوصيف أداء التيسر. ويقدم هذا الملحق معلومات بشأن تكييف معلمات التيسر الواردة في توصيات قطاع تقييس الاتصالات مع الأقسام الساتلية من المسيرات الرقمية المرجعية الافتراضية (HRDPs).

3 التوصية ITU-T G.827

تقدم التوصية ITU-T G.827 المعلمات المستعملة في توصيف أداء التيسر.

وإحدى هذه المعلمات هي نسبة التيسر (AR) التي تُعرف على غرار تعريف التيسر الوارد في التوصية ITU-R S.579. وتُعرَّف نسبة التيسر (AR) على أنها:

$$AR = \frac{\text{وقت التيسر}}{\text{الوقت الكلي}}$$

وفي هذه الحسابات، يؤخذ الوقت الكلي بصفة عامة كسنة واحدة (365,25 يوماً أو 8 766 ساعة). وقد استُعملت هذه المعلمة كأساس للتوصية ITU-R S.579.

وترد في التوصية ITU-T G.827 معلمة ثانية هي شدة الانقطاع (OI) ومقلوبها، متوسط الوقت الفاصل بين الانقطاعات (Mo). وطبقاً للتوصية ITU-T G.827 فإن:

"متوسط الوقت الفاصل بين الانقطاعات (Mo) هو المدة المتوسطة للفواصل الزمنية عند تيسر عنصر المسير أثناء فترة قياس. يُطلق على عدد الانقطاعات لكل فترة قياس "شدة الانقطاعات". فإذا كانت فترة القياس سنة واحدة وعُبِّر عن Mo بكسور السنة، فإن OI هو مقلوب Mo".

وترد في الجدول 2/G.827 أهداف أداء التيسر من طرف إلى طرف لمسير مرجعي فرضي (HRP) رقمي دولي طوله 500 27 km عند المعدل الأولي أو فوقه. ويعاد عرض هذه الأهداف أدناه.

الجدول G.827/2

أهداف أداء التيسر من طرف لطرف لمسير مرجعي فرضي (HRP) رقمي دولي طوله 500 27 km عند المعدل الأولي أو فوقه

مستوى الأداء	نسبة التيسر (AR)	شدة الانقطاع (OI)
أولوية عالية	%98	70
أولوية عادية	%91	250

باستعمال توزيع فدري بنسبة 35% المنصوص عليه في التوصية ITU-T G.826 للأهداف من طرف إلى طرف للقسم الساتلي من مسير مرجعي فرضي (HRP) طوله 500 27 km، فإن ما يقابله من أهداف بخصوص نسبة التيسر وشدة الانقطاع للقسم الساتلي تم اشتقاقه ومدرج في الجدول 2.

الجدول 2

أهداف أداء التيسر حسب التوصية G.827 للقسم الساتلي عند المعدل الأولي أو فوقه

مستوى الأداء	نسبة التيسر (AR)	شدة الانقطاع (OI) (عدد الانقطاعات في السنة)
أولوية عالية	%99,3	25
أولوية عادية	%96,8	88

4 حالات تيسر قسم من وصلة

في التوصية ITU-R S.1424، يرد مثال عن تيسر قسم فضائي بنسبة 99,99% للتيسر. ويعطى تيسر محطة أرضية للمحطات الأرضية المأهولة برقم جدارة (*G*/*T*) قدره 31,7 dB/K عند الترددين 12/11 GHz بنسبة 99,95% لكل محطة أرضية. ويؤدي ذلك إلى تيسر قسم أرضي مركب بنسبة 99,99%. وتبلغ نسبة التيسر المعيّنة لتجهيزات مجمّعة من قسم الأرض وقسم الفضاء 99,89%.

وباستعمال هدف أداء التيسر المنصوص عليه في التوصية ITU-T G.827 بنسبة 99,3% للمسيرات عالية الأولوية، فإن تيسر التجهيزات بنسبة 99,89% يعني ضمناً أن تيسر الانتشار يجب أن يكون بنسبة 99,4% أو أفضل. ويرد في الجدول 3 تلخيص لهذه المعلومات.

الجدول 3

الأداء المطلوب لتيسر القسم الساتلي كي يحقق أهداف التوصية G.827 من أجل وصلات مستوى الأداء عالي الأولوية عند المعدل الأولي أو فوقه

القسم الساتلي لأهداف نسبة التيسر حسب التوصية G.827 (أولوية عالية)	%99,3
تيسر تجهيزات قسم الفضاء	%99,99
تيسر تجهيزات قسم الأرض (في كل محطة أرضية)	%99,95
تيسر الانتشار الضمني	%99,41

وتجدر الإشارة إلى أن قيم نسبة التيسر الموصى بها في الجدول 3 أكثر تشدداً من تلك المشتقة من توصية قطاع تقييس الاتصالات G.827 لأن المسير الرقمي المرجعي الافتراضي (HRDP) ينبغي أن يحقق أيضاً أهداف التوصيتين G.821 وG.826 (انظر أيضاً توصيات قطاع الاتصالات الراديوية S.579 وS.614 وS.1062).

وفي غياب بيانات أدق بشأن شدة انقطاع السواتل والمحطات الأرضية، فقد وُزعت خمسة انقطاعات سنوياً لقسمي الفضاء والأرض استناداً إلى الخبرة الهندسية. ومن شأن جمع بيانات موثوقة أن يمكّن من وضع قيمة أدق، ولعله يكون مادة لمزيد من الدراسات داخل قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد.

5 شدة الانقطاع والتوهين

تُعرض المعلومات هنا بشأن اشتقاق قيم شدة الانقطاع المرتقبة لوصلات ساتلية بتيسر انتشار نسبته 99,4% استناداً إلى تطبيق التوصية ITU-R P.1623.

وفي وصلات GHz 4/6، نادراً ما تحدث انقطاعات انتشار تزيد عما يقارب dB 1، وبالتالي يعود السبب الوحيد الرئيسي للانقطاع إلى التجهيزات. أما المحطات الأرضية الحديثة، فيُراعى فيها الحفاظ على مستويات لا يصعب عندها الوفاء بأهداف شدة الانقطاع الواردة في التوصية ITU-T G.827 .

وفي الوصلات الساتلية العاملة فوق GHz 10، يمكن أن تكون الانقطاعات الناجمة عن الانتشار ذات شأن، وتؤخذ في الحسبان عند تصميم هذه الوصلات. وفيما يلي وصف موجز للإجراء المطبق هنا: يقابل تيسر انتشار بنسبة 99,4% عمق خبو معين يمكن تحديده عبر تطبيق التوصية ITU-R P.618. وباستعمال قيمة عمق الخبو هذه، يمكن تطبيق الطرائق الواردة في التوصية ITU-R P.1623 لتحديد احتمال حدوث حالات خبو بذلك العمق وعددها سنوياً.

ويبين الجدول 5 قيم عمق الخبو المقابلة لتيسر انتشار بنسبة 99,4%، وقد حُسبت باستعمال طرائق التوصية ITU-R P.618 لثلاثة مواقع اختيرت كأمثلة ترد خصائصها في الجدول 4.

الجدول 4

أمثلة للمواقع والخصائص المناخية المصاحبة لها

إحداثيات المحطة الأرضية	**N °46,222 E °6,139**	**N °25,81 E °279,88**	**N °40,773 E °286,025**
زاوية الارتفاع	°30	°24	°23
معدل هطول المطر لـ0,01% من سنة	mm/h 25	mm/h 96	mm/h 43

الجدول 5

قيم عمق الخبو المقابلة لتيسر انتشار بنسبة 99,4%

موقع المحطة الأرضية	**N °46,222 E °6,139**		**N °25,81 E °279,88**		**N °40,773 E °286,025**	
تردد المسير (GHz)	11	14	11	14	11	14
عمق الخبو (dB)	0.6	1,1	2,7	4,7	1,5	2,6

يُلاحظ أن قيم عمق الخبو الواردة في الجدول 5 لا تأخذ في الحسبان الهامش الإضافي اللازم للتغلب على الزيادة في حرارة ضوضاء محطة الاستقبال نتيجة لظروف السماء الملبدة بالغيوم.

1.5 عدد حالات الخبو المؤدية إلى حالة انقطاع

وفقاً للتوصيات القائمة بشأن أهداف أداء الساتل وتيسره، يحدث انقطاع في توصيل ساتلي عند هبوط أداء التوصيل دون عتبة التيسر لعشر ثوان أو أكثر.

وبالنسبة لأعداد شدة الانقطاع الواردة في الجدول 2، يمكن تحديد عمق الخبو المقابل لهذه الأعداد من الانقطاعات. وينطوي الالتزام بالتوصية ITU-T G.827 على وجوب تصميم هامش كاف[1] ضمن الوصلة الساتلية للحيلولة دون تجاوز عدد حالات الخبو الممتدة لعشر ثوان أو أكثر أهداف شدة الانقطاع. وعلى ذلك، يجب أن يفي هامشُ الخبو للوصلة الساتلية، أو يتجاوز، عمقَ خبو مدته 10 ثوان، كالذي يظهر على الإحداثية الرأسية في الأشكال 1 حتى 6. ويلخص الجدول 6 هوامش الخبو اللازمة ضمناً للوفاء بأهداف شدة الانقطاع الواردة في التوصية ITU-T G.827، فضلاً عن الهوامش اللازمة للوفاء بأهداف تيسر الانتشار الواردة في الجدول 1 للمواقع الثلاثة عند الترددين GHz 11 وGHz 14.

[1] تصف التوصية ITU-R S.1061 استراتيجيات وتقنيات متنوعة للإجراءات المضادة للخبو في الخدمة الثابتة الساتلية، يمكنها ضمان توفير الهامش الضروري.

الجدول 6

هوامش الخبو اللازمة لتحقيق أهداف شدة الانقطاع الواردة في التوصية ITU-T G.827 لثلاثة مواقع محطة أرضية عند الترددين 11 GHz و14 GHz

موقع المحطة الأرضية	N °46,222 E °6,139		N °25,81 E °279,88		N °40,773 E °286,025	
تردد المسير (GHz)	11	14	11	14	11	14
هامش الخبو اللازم للوفاء بتيسر انتشار بنسبة 99,9%	1,5	2,6	6,6	11,2	3,2	5,5
هامش الخبو اللازم للوفاء بتيسر انتشار بنسبة 99,69%	2,3	4,0	9,7	16,3	4,8	8,2
هامش الخبو اللازم للوفاء بشدة انقطاع عالية الأولوية على النحو الوارد بالتوصية G.827 (dB)	5,4	8,7	18,0	27,0	5,3	13,6
هامش الخبو اللازم للوفاء بشدة انقطاع عادية الأولوية على النحو الوارد بالتوصية G.827 (dB)	2,7	4,8	10,6	17,1	2,7	7,7

2.5 ملاحظات

تبين من عند معاينة الجدولين 5 و6 أن أهداف نسبة التيسر (AR) الخاصة بالتوصية ITU-T G.827 يمكن تحقيقها بهوامش وصلات صغيرة نسبياً. ويتراوح الهامش الإضافي اللازم لتحقيق أهداف شدة الانقطاع للتوصيل عادي الأولوية بين 1,9 dB إلى 12,5 dB تبعاً للتردد وموقع المحطة الأرضية. ويُقدر الحاجة إلى هامش أكبر لتحقيق أهداف التوصيل عالي الأولوية. ومن شأن الوصلات الساتلية المصممة لتحقيق أهداف شدة الانقطاع أن تقدم أداء نسبة تيسر يفوق كثيراً ما تقتضيه التوصية ITU-T G.827 أو حتى أهداف تيسر الانتشار الواردة في الجدول 1.

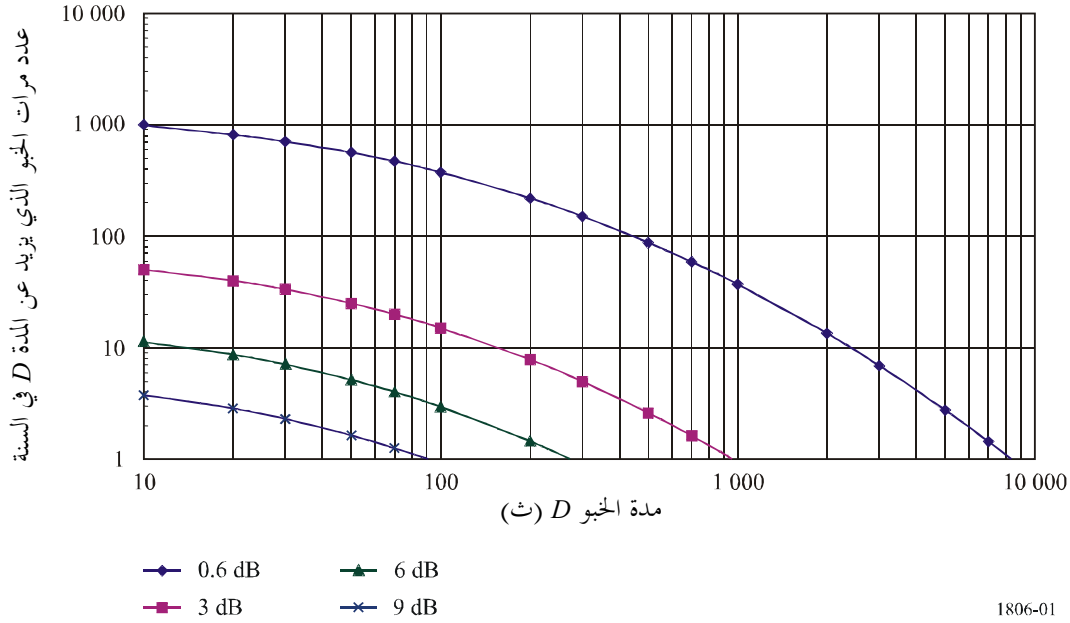
ويعود السبب الغالب للانقطاعات على المسيرات الساتلية إلى الخبو الناجم عن ظروف انتشار غير عادية. ولا يستدعي تصحيح هذه الانقطاعات تدخلاً، لذا فهي انقطاعات "ذاتية التصحيح". وحسب الملاحظة المرفقة بالجدول G.827/2 في التوصية ITU-T G.827، فإن قيم شدة الانقطاع تستند إلى متوسط وقت تصحيح (MTTR) قدره 4 ساعات. ووفق إحصائيات الانتشار المحسوبة، فإن خبواً يستمر 4 ساعات أو أكثر يكاد لا يحدث، وإذا حدث، يكون لبضع مرات قليلة في السنة.

ونظراً لأمد انقطاعات الانتشار وطبيعتها "ذاتية التصحيح"، فإنه لن يصعب تحقيق أهداف شدة الانقطاع من منظور انقطاعات الانتشار.

أما الانقطاعات الناجمة عن عطل في تجهيزات قسم فضائي أو قسم أرضي في الظروف العادية، فيمكن أن تستمر لأربع ساعات أو أكثر حسب تشكيلة المحطة الأرضية وتوفر قطع الغيار وحالة توفر طاقمها.وقد حُددت قيمتا تيسر القسم الفضائي والقسم الأرضي، أثناء وضع التوصية ITU-R S.1424 التي تتناول تيسر الساتل للحركة بأسلوب النقل غير المتزامن، على أنهما 99,99% و99,95%، على التوالي. وباستعمال هذه القيم، يكون متوسط عدد الانقطاعات الناجمة عن عطل التجهيزات مرة ونصف في السنة. لذا، يسهل تحقيق أهداف التوصية ITU-T G.827 للمسيرات الرقمية الساتلية، وذلك عن طريق توفير هامش كاف يلبي متطلبات نسبة التيسر.

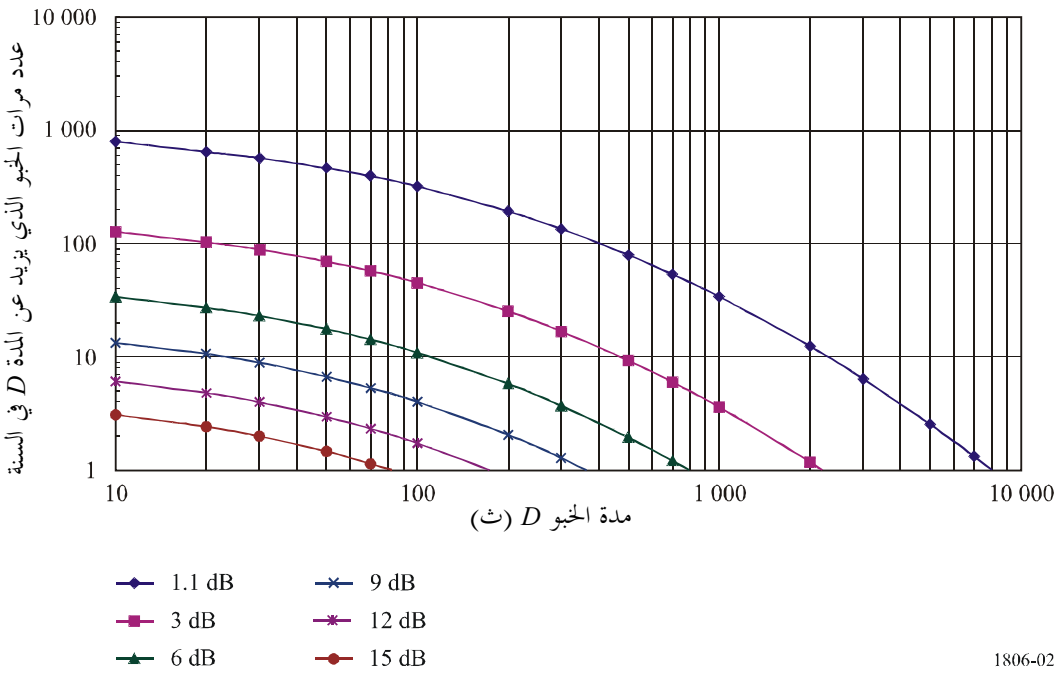
الشكل 1

عدد حالات الخبو ذات المدة *D* سنوياً عند التردد 11 GHz والموقع 46,222° N و6,139° E و*R*0,01 = 25؛ وزاوية ارتفاع = 30°



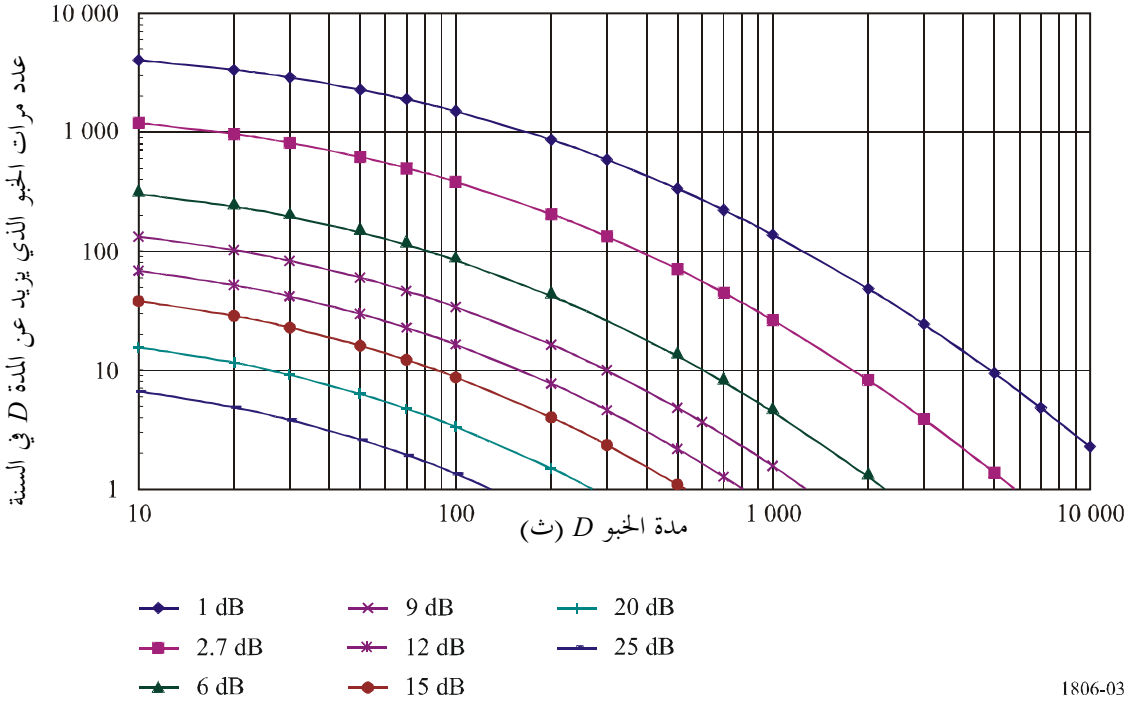
الشكل 2

عدد حالات الخبو ذات المدة *D* سنوياً عند التردد 14 GHz والموقع 46,222° N و6,139° E و*R*0,01 = 25؛ وزاوية ارتفاع = 30°



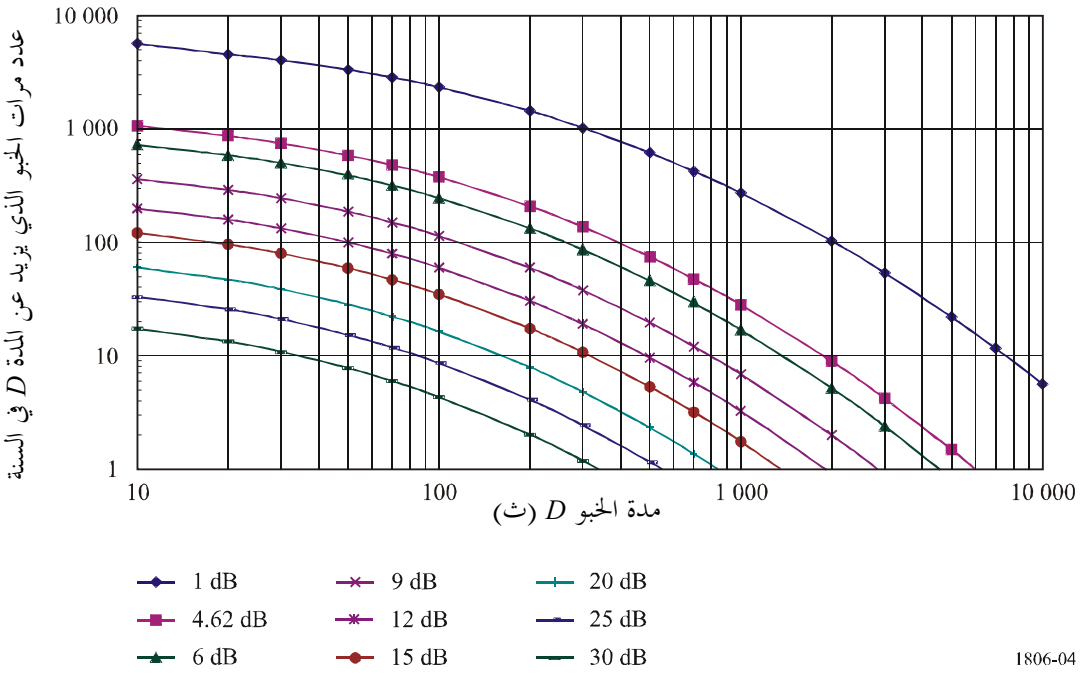
الشكل 3

عدد حالات الخبو ذات المدة *D* سنوياً عند التردد 11 GHz والموقع N °25,81 وE °279,88 و*R*0,01 = 96؛ وزاوية ارتفاع = °24



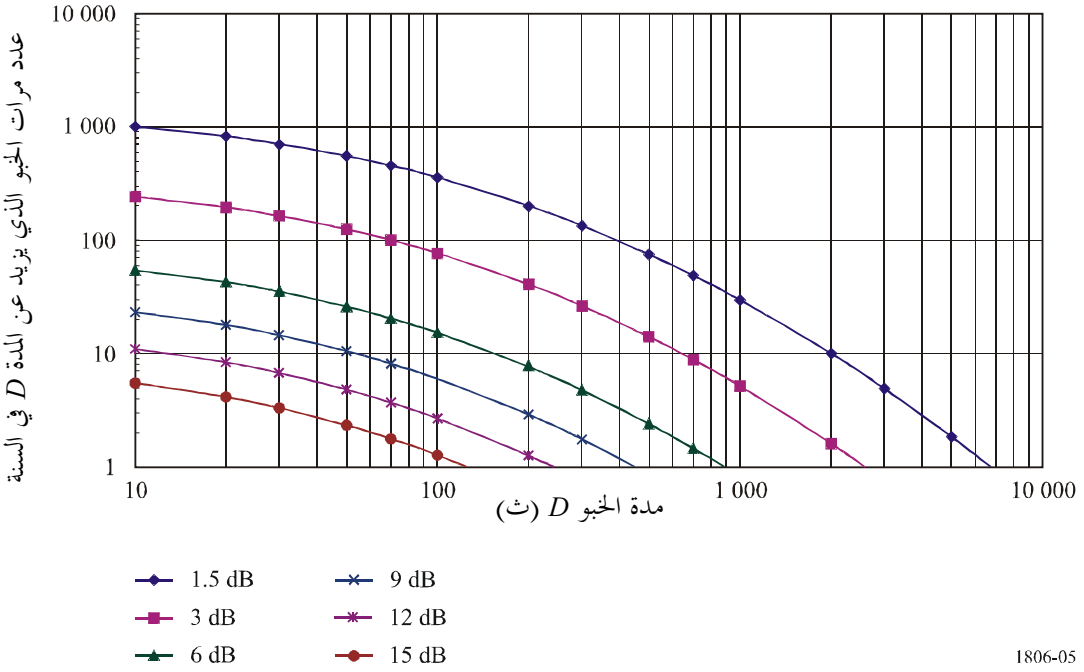
الشكل 4

عدد حالات الخبو ذات المدة *D* سنوياً عند التردد 14 GHz والموقع N °25,81 وE °279,88 و*R*0,01 = 96؛ وزاوية ارتفاع = °24



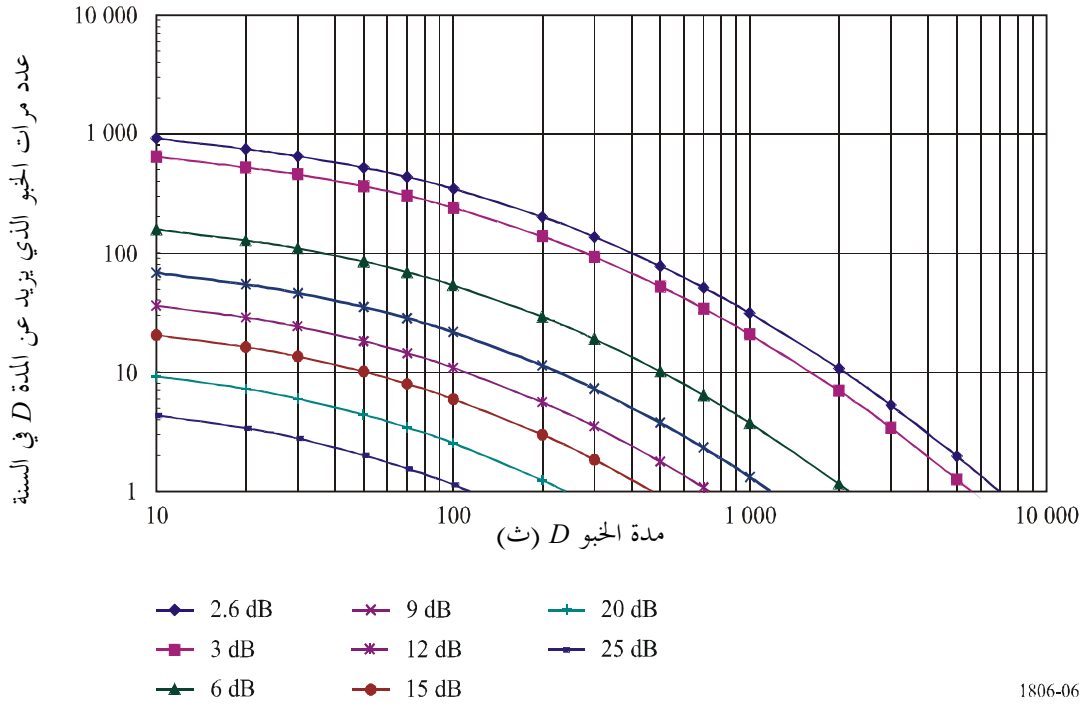
الشكل 5

عدد حالات الخبو ذات المدة *D* سنوياً عند التردد 11 GHz والموقع N °40,773 وE °286,025 و*R*0,01 = 43؛ وزاوية ارتفاع = °23



الشكل 6

عدد حالات الخبو ذات المدة *D* سنوياً عند التردد 14 GHz والموقع N °40,773 وE °286,025 و*R*0,01 = 43؛ وزاوية ارتفاع = °23



6 الخلاصة

استخدم هذا الملحق الطرائق الواردة في التوصية ITU-R P.1623 كمرجع في حساب عدد حالات الخبو التي ستقع في وصلة ساتلية كدالة في التردد وزاوية الارتفاع وموقع المحطة الأرضية. وباستعمال هذه النتائج، حُسب الهامش المقدر للخبو في وصلة ساتلية استناداً إلى أهداف نسبة التيسر وشدة الانقطاع الواردة في التوصية ITU-T G.827. ولوحظ فارق كبير بين الهامش المقدر للخبو المحسوب لتحقيق أهداف نسبة التيسر وذاك المحسوب لتحقيق أهداف شدة الانقطاع. ويلزم المزيد من العمل لتحديد خصائص أداء الوصلات الساتلية الرقمية الحديثة التي تستعمل التصحيح الأمامي للخطأ، وذلك من منظور أهداف شدة الانقطاع على النحو الوارد في التوصية ITU-T G.827.