الاتحـــــــاد الدولـــــــي للاتصـــــــالات

ITU-T G.640

(2006/03)

قطـــاع تقييس الاتصـــالات
في الاتحاد الدولي للاتصالات

السلسلة G: أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية

خصائص وسائط الإرسال – الكبلات البحرية

السطوح البينية المشتركة في الموقع والمتوائمة طولياً للأنظمة البصرية في الفضاء الحر

التوصيـــة ITU-T G.640

الاتحاد الدولي للاتصالات ITU

ITU-T

توصيات السلسلة G الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية

التوصيلات والدارات الهاتفية الدولية	G.199–G.100
الخصائص العامة المشتركة لكل الأنظمة التماثلية بموجات حاملة	G.299–G.200
الخصائص الفردية للأنظمة الهاتفية الدولية بموجات حاملة على خطوط معدنية	G.399–G.300
الخصائص العامة للأنظمة الهاتفية الدولية اللاسلكية أو الساتلية والتوصيل البيني مع الأنظمة على خطوط معدنية	G.449–G.400
تنسيق المهاتفة الراديوية والمهاتفة السلكية	G.499–G.450
خصائص وسائط الإرسال والأنظمة البصرية	G.699–G.600
اعتبارات عامة	G.609–G.600
أزواج كبلات متناظرة	G.619–G.610
أزواج الكبلات البرية متحدة المحور	G.629–G.620
الكبلات البحرية	**G.649–G.630**
كبلات الألياف البصرية	G.659–G.650
خصائص المكونات والأنظمة الفرعية البصرية	G.699–G.660
التجهيزات المطرافية الرقمية	G.799–G.700
الشبكات الرقمية	G.899–G.800
الأقسام الرقمية وأنظمة الخطوط الرقمية	G.999–G.900
نوعية الخدمة وأداء الإرسال – الجوانب العامة والجوانب المتعلقة بالمستعمل	G.1999–G.1000
خصائص وسائط الإرسال	G.6999–G.6000
البيانات عبر طبقة النقل – الجوانب العامة	G.7999–G.7000
جوانب الرزم عبر طبقة النقل	G.8999–G.8000
شبكات النفاذ	G.9999–G.9000

لمزيد من التفاصيل يرجى الرجوع إلى قائمة التوصيات الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات.

التوصيـــة ITU-T G.640

السطوح البينية المشتركة في الموقع والمتوائمة طولياً للأنظمة البصرية في الفضاء الحر

ملخص

تحدد هذه التوصية إجراءً يوضح عدم تداخل نظامي إرسال بصريين مشتركين في الموقع في الفضاء الحر. وأدرجت في هذه التوصية أيضاً حسابات الشروط اللازم تحقيقها لتجنب التداخل في بعض أمثلة الأنظمة البصرية المشتركة في الموقع في الفضاء الحر.

المصدر

وافقت لجنة الدراسات 15 (2005-2008) لقطاع تقييس الاتصالات بتاريخ 29 مارس 2006 على التوصية ITU-T G.640 بموجب الإجراء المحدد في التوصية ITU-T A.8.

تمهيـــد

الاتحاد الدولي للاتصالات وكالة متخصصة للأمم المتحدة في ميدان الاتصالات. وقطاع تقييس الاتصالات (ITU-T) هو هيئة دائمة في الاتحاد الدولي للاتصالات. وهو مسؤول عن دراسة المسائل التقنية والمسائل المتعلقة بالتشغيل والتعريفة، وإصدار التوصيات بشأنها بغرض تقييس الاتصالات على الصعيد العالمي.

وتحدد الجمعية العالمية لتقييس الاتصالات (WTSA)، التي تجتمع مرة كل أربع سنوات، المواضيع التي يجب أن تدرسها لجان الدراسات التابعة لقطاع تقييس الاتصالات وأن تُصدر توصيات بشأنها.

وتتم الموافقة على هذه التوصيات وفقاً للإجراء الموضح في القرار رقم 1 الصادر عن الجمعية العالمية لتقييس الاتصالات.

وفي بعض مجالات تكنولوجيا المعلومات التي تقع ضمن اختصاص قطاع تقييس الاتصالات، تعد المعايير اللازمة على أساس التعاون مع المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (ISO) واللجنة الكهرتقنية الدولية (IEC).

ملاحظة

تستخدم كلمة "الإدارة" في هذه التوصية لتدل بصورة موجزة سواء على إدارة اتصالات أو على وكالة تشغيل معترف بها.

والتقيد بهذه التوصية اختياري. غير أنها قد تضم بعض الأحكام الإلزامية (بهدف تأمين قابلية التشغيل البيني والتطبيق مثلاً). ويعتبر التقيّد بهذه التوصية حاصلاً عندما يتم التقيّد بجميع هذه الأحكام الإلزامية. ويستخدم فعل "يجب" وصيغ ملزمة أخرى مثل فعل "ينبغي" وصيغها النافية للتعبير عن متطلبات معينة، ولا يعني استعمال هذه الصيغ أن التقيّد بهذه التوصية إلزامي.

حقوق الملكية الفكرية

يسترعي الاتحاد الانتباه إلى أن تطبيق هذه التوصية أو تنفيذها قد يستلزم استعمال حق من حقوق الملكية الفكرية. ولا يتخذ الاتحاد أي موقف من القرائن المتعلقة بحقوق الملكية الفكرية أو صلاحيتها أو نطاق تطبيقها سواء طالب بها عضو من أعضاء الاتحاد أو طرف آخر لا تشمله عملية إعداد التوصيات.

وعند الموافقة على هذه التوصية، لم يكن الاتحاد قد تلقى إخطاراً بملكية فكرية تحميها براءات الاختراع يمكن المطالبة بها لتنفيذ هذه التوصية. ومع ذلك، ونظراً إلى أن هذه المعلومات قد لا تكون هي الأحدث، يوصى المسؤولون عن تنفيذ هذه التوصية بالاطلاع على قاعدة المعطيات الخاصة ببراءات الاختراع في مكتب تقييس الاتصالات (TSB) في الموقع http://www.itu.int/ITU-T/ipr/.

© ITU 2006

جميع الحقوق محفوظة. لا يجوز استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي وسيلة كانت إلا بإذن خطي مسبق من الاتحاد الدولي للاتصالات.

المحتويات

الصفحة

1 مجال التطبيق 1

2 المراجع..... 1

1.2 المراجع المعيارية..... 1

2.2 المراجع الإعلامية 1

3 المصطلحات والتعاريف 1

1.3 التعاريف 1

2.3 مصطلحات محددة في توصيات أخرى..... 2

4 المختصرات 2

5 النقاط المرجعية 3

6 الملاءمة الطولية لنظامين مشتركين في الموقع 3

1.6 نسبة اللغط بين نظامين للإرسال البصري في الفضاء الحر FSO..... 5

2.6 أثر الطقس على نسبة اللغط 9

3.6 الحالة A – التداخل بين نظامين يمكن أن يستعملا طول الموجة ذاته 10

4.6 الحالة B – التداخل بين نظامين لا يمكنهما استعمال طول الموجة ذاته..... 11

5.6 إجراء لتحديد ما إذا كانت شروط الملاءمة الطولية لنظامين مشتركين في الموقع تم تلبيتها 12

7 اعتبارات تتعلق بالسلامة البصرية..... 13

التذييل I – أمثلة عن حسابات اللغط..... 14

1.I المثال 1..... 14

2.I المثال 2..... 15

3.I المثال 3..... 17

السطوح البينية المشتركة في الموقع والمتوائمة طولياً للأنظمة البصرية في الفضاء الحر

1 مجال التطبيق

تحدد هذه التوصية السطوح البينية البصرية لأنظمة الإرسال البصري في الفضاء الحر، "المتوائمة طولياً والمشتركة في الموقع"، مما يسمح بالتواجد الخالي من التداخل بين أكثر من نظام بصري من نقطة إلى نقطة في الفضاء الحر في موقع محدد.

كما تشمل هذه التوصية تعاريف المعلمات ذات الصلة لوصف الأنشطة البصرية في الفضاء الحر.

ويشار إلى الأنظمة البصرية في الفضاء الحر عموماً "بالأنظمة FSO".

2 المراجع

1.2 المراجع المعيارية

تتضمن التوصيات التالية لقطاع تقييس الاتصالات وغيرها من المراجع أحكاماً تشكل من خلال الإشارة إليها في هذا النص جزءاً لا يتجزأ من هذه التوصية. وقد كانت جميع الطبعات المذكورة سارية الصلاحية في وقت النشر. ولما كانت جميع التوصيات والمراجع الأخرى تخضع إلى مراجعة، نحث جميع المستعملين لهذه التوصية على السعي إلى تطبيق أحدث طبعة للتوصيات والمراجع الواردة أدناه. وتنشر بانتظام قائمة توصيات قطاع تقييس الاتصالات السارية الصلاحية. والإشارة إلى وثيقة في هذه التوصية لا يضفي على الوثيقة في حد ذاتها صفة التوصية.

- التوصية ITU-T G.957 (2006)، *السطوح البينية البصرية للتجهيزات والأنظمة المتعلقة بالتراتب الرقمي المتزامن.*
- المعيار IEC 60825-1 (2001)، *سلامة منتجات الليزر – الجزء 1: تصنيف التجهيزات والمتطلبات ودليل المستعمل.*
- المعيار IEC 60825-2 (2005)، *سلامة منتجات الليزر – الجزء 2: سلامة أنظمة الاتصالات بالألياف البصرية (OFCS).*
- المعيار IEC 60825-12 (2005)، *سلامة منتجات الليزر – الجزء 12: سلامة أنظمة الاتصالات البصرية في الفضاء الحر المستعملة لإرسال المعلومات.*

2.2 المراجع الإعلامية

- توصيات السلسلة G – الإضافة 39 (2006)، *تصميم النظام البصري والاعتبارات الهندسية.*

3 المصطلحات والتعاريف

1.3 التعاريف

تحدد هذه التوصية المصطلحات التالية:

1.1.3 مخروط قبول: إن مخروط القبول (لمستقبل FSO) هو الزاوية الواقعة بين الخطوط التي تهبط فيها القدرة التي يكشفها المستقبل إلى $1/e^2$. وتسمى هذه المعلمة أيضاً مجال الرؤية (FOV) لمستقبل FSO، وتحدد عموماً باعتبارها المستوى الذي تصل فيه كثافة القدرة إلى $1/e^2$ أو $1/e$ أو 50%.

2.1.3 تباعد الحزمة: هو الزاوية بين الخطوط التي تهبط فيها كثافة القدرة لمستقبل نظام FSO إلى $1/e^2$.

الملاحظة 1 – تحدد هذه المعلمة عموماً باعتبارها الموقع الذي تهبط فيه كثافة القدرة إلى 1/e أو 50%.

الملاحظة 2 – ينبغي قياس تباعد الحزمة عند مسافة تبعد على الأقل بمقدار خمس مرات مسافة رايلي (Rayleigh) من العدسات (انظر الفقرة 8.1.3) للتأكد أنه مُقاس وفقاً لظروف المجال البعيد.

3.1.3 لغط بين القنوات: نسبة القدرة البصرية الاضطرابية إلى القدرة البصرية المطلوبة التي يكشفها المستقبل حيث تكون الإشارتان المطلوبة والاضطرابية عند أطوال موجات مختلفة.

4.1.3 التدهور الناجم عن اللغط بين القنوات: هو التدهور المتضمن في ميزانية النظام والناجم عن اللغط بين القنوات.

5.1.3 لغط ذو مقياس تداخل: نسبة القدرة البصرية الاضطرابية إلى القدرة البصرية المطلوبة التي يكشفها المستقبل حيث تكون الإشارتان المطلوبة والاضطرابية عند أطوال الموجات نفسها.

6.1.3 التدهور الناجم عن اللغط ذي مقياس التداخل: هو التدهور المتضمن في ميزانية النظام من جراء اللغط ذي مقياس التداخل.

7.1.3 المرسل (أو المستقبل) المثبت للأخطاء: الزاوية القصوى بين محور المرسل (أو المستقبل) وخط مستقيم يصل بين المرسل والمستقبل معاً.

8.1.3 مسافة رايلي: تُحدد كما يلي:

$$\text{Rayleigh distance} = \frac{2D^2}{\lambda}$$

حيث:

D هو قطر عدسة المرسل

λ هو طول الموجة

2.3 مصطلحات محددة في توصيات أخرى

تستعمل هذه التوصية المصطلحات التالية الوارد تعريفها في التوصية ITU-T G.957:

– نسبة الإخماد.

4 المختصرات

تستعمل هذه التوصية المختصرات التالية:

FOV مجال الرؤية *(Field Of View)*

FSO إرسال بصري في الفضاء الحر *(Free Space Optical)*

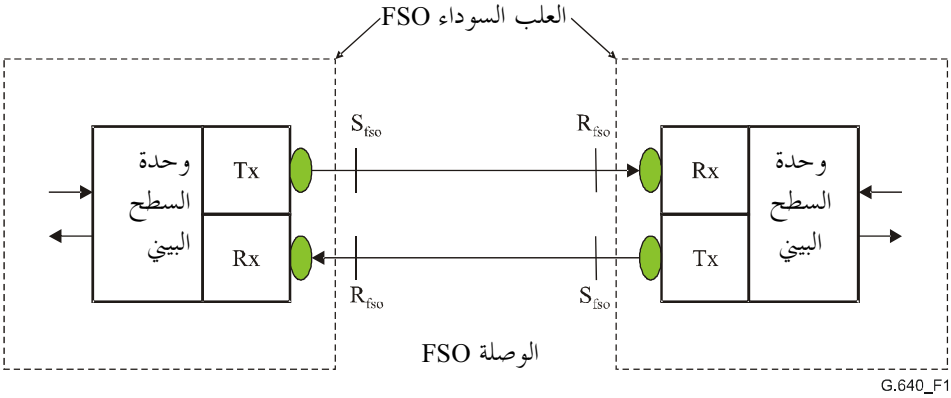
R_{fso} مستوي مرجعي يقع مباشرة قبل عدسة الدخل للمستقبل البصري

Rx المستقبل *(Receiver)*

S_{fso} مستوي مرجعي يقع مباشرة بعد عدسة الخرج للمرسل البصري

Tx المرسل *(Transmitter)*

5 النقاط المرجعية



الشكل G.640/1-5 – مخطط مرجعي للوصلة البصرية في الفضاء الحر

تحدد المستويات المرجعية في الشكل 5-1 كما يلي:

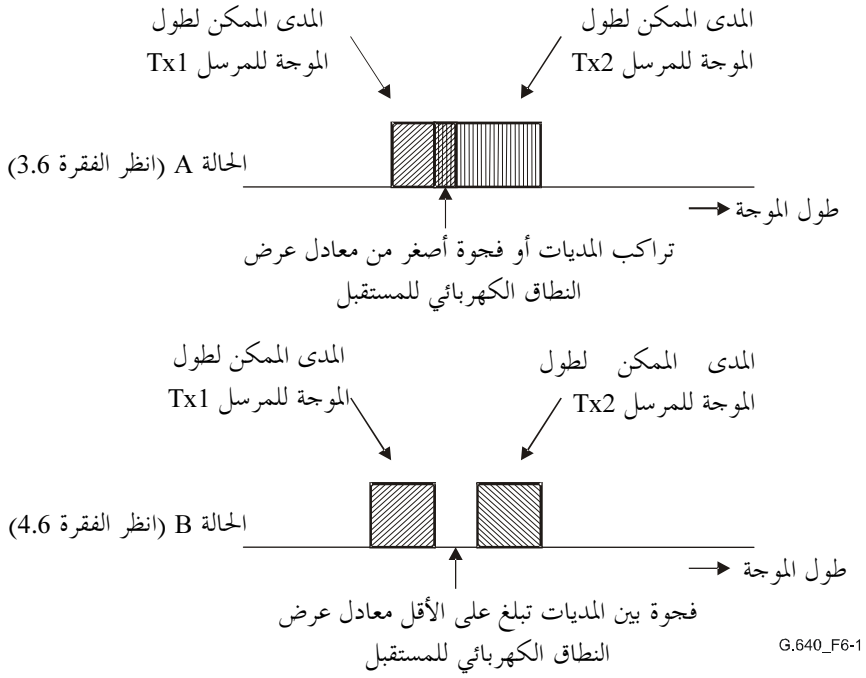
- S_{fso} هو المستوي المرجعي الواقع مباشرة بعد عدسة الخرج للمرسل البصري
- R_{fso} هو المستوي المرجعي الواقع مباشرة قبل عدسة الدخل للمستقبل البصري

6 الملاءمة الطولية لنظامين مشتركين في الموقع

إن الفضاء الحر بين المستويين المرجعيين Sfso وRfso في النظام FSO هو وسط متقاسم يستخدمه العديد من المستعملين الآخرين لتحقيق مجموعة من الأهداف المختلفة. ولوضع معايير للتموضع المشترك للأنظمة FSO، يرد في الفقرة 1.6 وصف لنسبة اللغط C الذي يولّده نظام يتداخل مع نظام آخر، كما يرد أثر الطقس على نسبة اللغط هذه في الفقرة 2.6. ومن ثم، يحدد التدهور في القدرة البصرية الذي يتسبب به هذا اللغط بالنسبة لحالتين:

- الحالة A – يمكن فيها للنظامين استعمال طول الموجة ذاته (انظر الفقرة 3.6).
- الحالة B – **لا** يمكن فيها للنظامين استعمال طول الموجة ذاته (انظر الفقرة 4.6).

والاختلاف بين هاتين الحالتين موضح في الشكل 6-1.



الشكل G.640/1-6 – توضيح الاختلاف بين الحالتين الواردتين في الفقرتين 3.6 و4.6

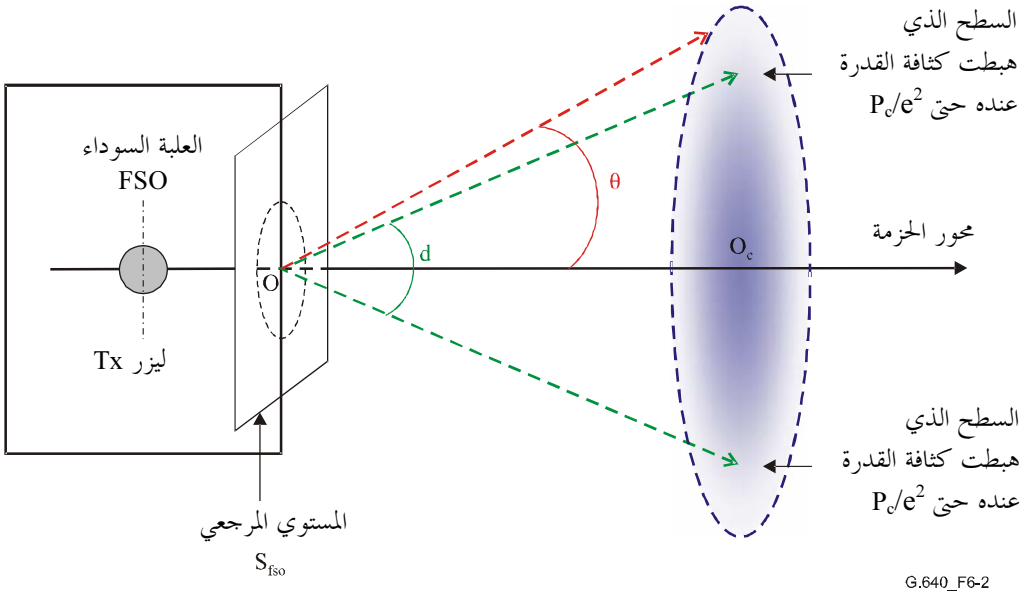
بالنسبة إلى الأنظمة ثنائية الاتجاه، يجب النظر إلى كل من الاتجاهين على حدة.

الملاحظة 1 – بالنسبة لبعض الأنظمة FSO، يكون تماسك المصدر على قدر كافٍ من الضعف (لاسيما في حالة الأنظمة القائمة على ثنائي المساري بانبعاث ضوئي (LED)) بحيث لا تتسنى ملاحظة اللغط ذي مقياس التداخل حتى لو كانت أطوال الموجات هي نفسها. وتنطبق الحالة B دائماً بالنسبة للأنظمة FSO ذات التموضع المشترك.

الملاحظة 2 – حتى بالنسبة لبعض الأنظمة FSO القائمة على الليزر، قد يكون افتراض اللغط ذي مقياس التداخل افتراضاً متشائماً لأن الجو يمكن عند أطوال موجات معينة أن يحطم تماسك الليزر.

1.6 نسبة اللغط بين نظامين للإرسال البصري في الفضاء الحر FSO

على افتراض أنه يمكن تقريب الحزمة التي يولّدها مرسل FSO من خلال حزمة غوسية، يتضمن الشكل 1-6 مخططاً مرجعياً لمرسل FSO عام.



الشكل G.640/2-6– مخطط مرجعي لحزمة غوسية لمرسل FSO

تُعطى كثافة القدرة البصرية لهذه الحزمة عند زاوية θ لمحور الحزمة ما يلي:

$$O = O_c e^{\frac{-8\theta^2}{d^2}} \qquad (1\text{-}6)$$

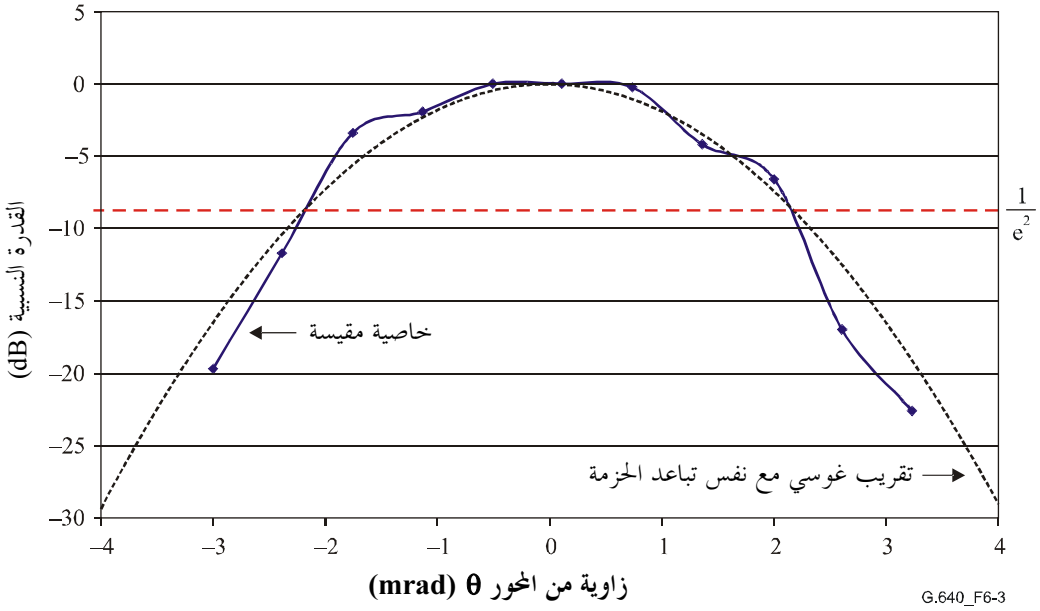
حيث:

O_c هي كثافة القدرة البصرية عند مركز الحزمة

d هي تباعد الحزمة (الزاوية بين الخطوط التي تنخفض فيها كثافة القدرة إلى $1/e^2$)

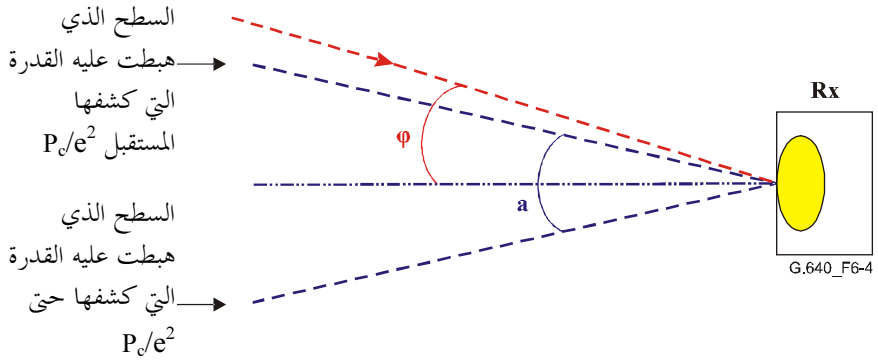
θ هي الزاوية بين محور الحزمة ونقطة القياس

إذا كان منحني كثافة القدرة البصرية إزاء الزاوية معروفاً بالنسبة لنظام FSO، عندئذٍ يجب استخدام القيم من المنحني بدلاً من القيمة التقريبية الواردة في المعادلة 1-6. ويرد في الشكل 3-6 مثال عن المنحني المقيس.



الشكل G.640/3-6 – مثال عن المنحني المقيس لكثافة القدرة إزاء الزاوية

يرد في الشكل 4-6 المخطط المرجعي المقابل للمستقبل FSO.



الشكل G.640/4-6 – مخطط مرجعي للمستقبل FSO

تتوقف خاصية القدرة المكتشفة إزاء الزاوية بالنسبة لمستقبل FSO على عدد من المعلمات يشمل البعد البؤري للعدسات ونوعية العدسات وقطر المكشاف.

إذا كان قطر النقطة المؤلفة من العدسة أصغر من قطر المكشاف، عندئذٍ تكون الخاصية مستطيلة تقريباً. أما إذا كان قطر النقطة يساوي تقريباً قطر المكشاف، عندئذٍ تكون الخاصية تقريباً منحنياً غوسياً حيث تُعطى القدرة البصرية (الواردة عند زاوية φ بالنسبة لمحور المستقبل) التي يكشفها المستقبل ما يلي:

$$R = R_a e^{\frac{-8\varphi^2}{a^2}} \qquad (2\text{-}6)$$

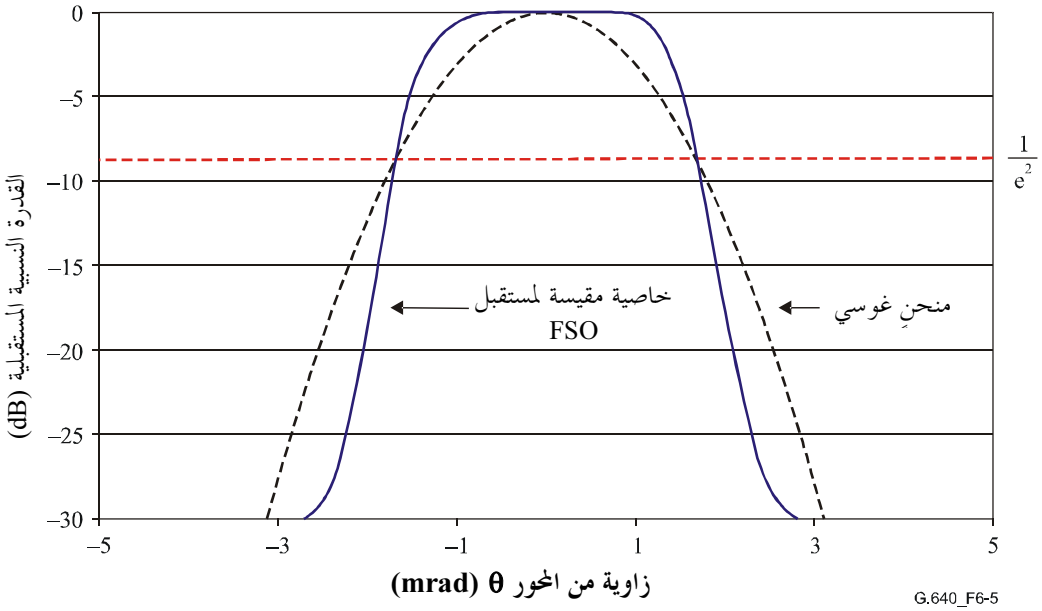
حيث:

R_a هي القدرة البصرية التي يكشفها المستقبل عندما يقع الضوء على طول محور المستقبل

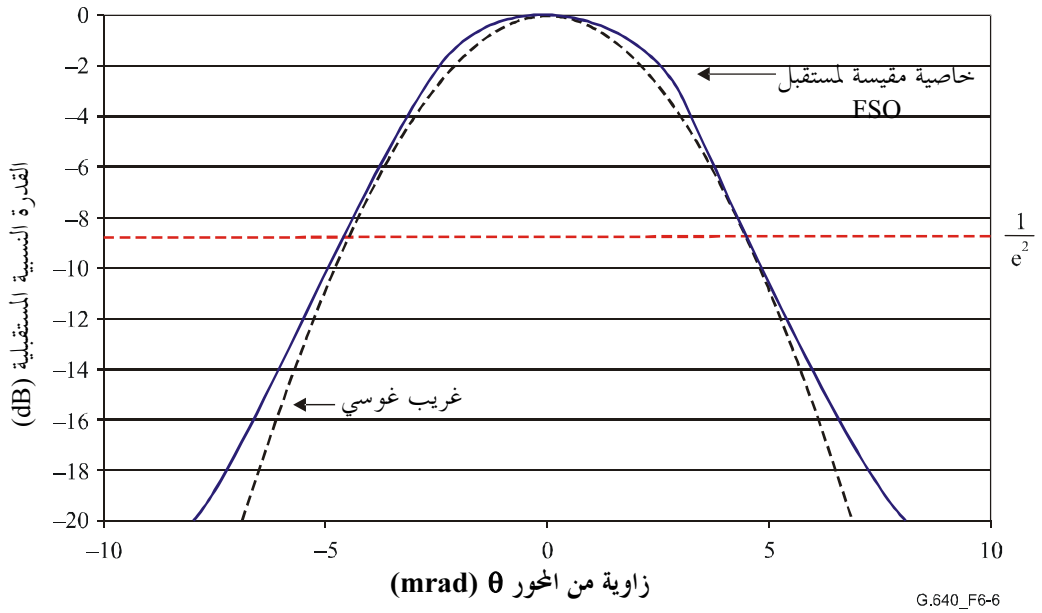
a هي مخروط القبول (الزاوية بين الخطوط التي تنخفض فيها القدرة التي يكشفها المستقبل إلى $1/e^2$)

φ هي الزاوية بين الضوء الواقع ومحور المستقبل

توضِّح الحالتان المحددتان أعلاه في الشكلين 6-5 و6-6.



الشكل G.640/5-6 – منحني تجريبي مقاس للقدرة المستقبلة إزاء زاوية تظهر شكلاً مستطيلاً

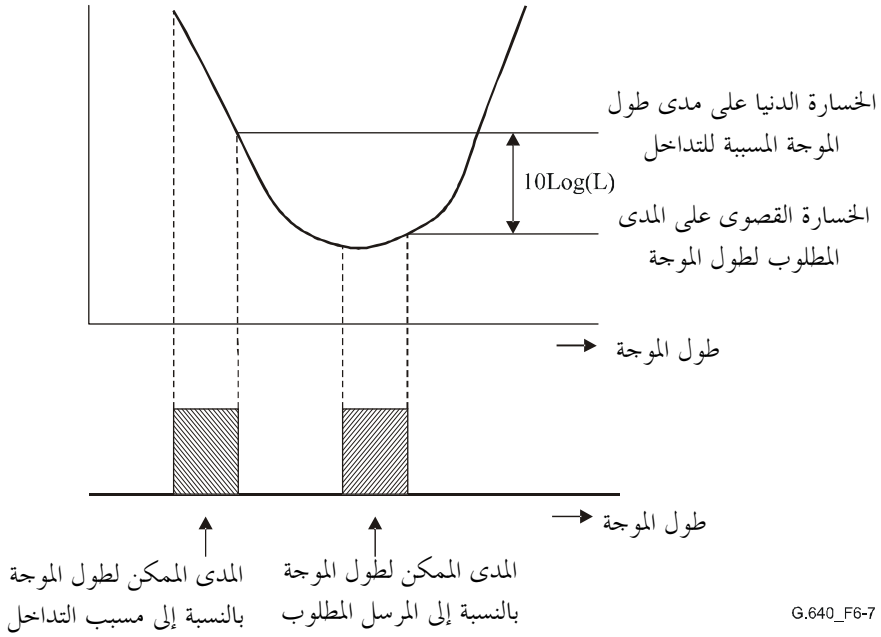


الشكل G.640/6-6 – منحني تجريبي مقاس للقدرة المستقبلة إزاء زاوية تظهر شكلاً غوسياً

وكما يظهر في الشكل 6-5، فإن المطابقة بين الخاصية المقيسة والمنحني الغوسي ليست جيدة جداً بالنسبة للحالة المستطيلة.

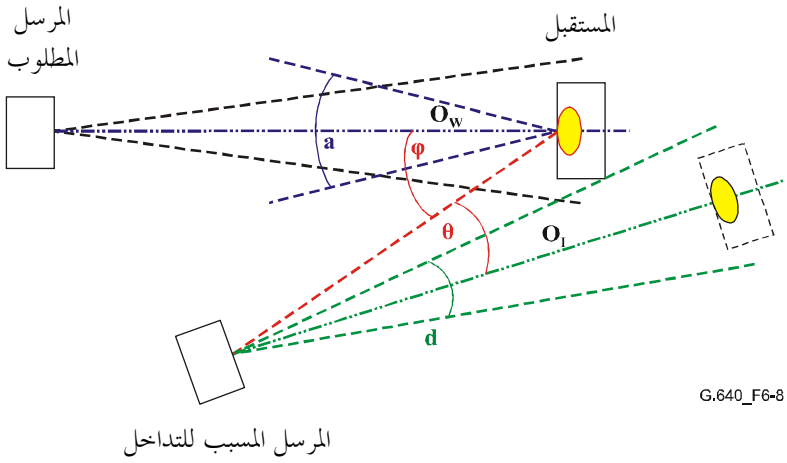
وبالتالي، إذا كان منحني القدرة البصرية الذي يكشفه المستقبل إزاء الزاوية معروفاً بالنسبة لنظام FSO محدد، عندئذٍ يجب استعمال القيم من المنحني بدلاً من التقريب الوارد في المعادلة 6-2.

وفي الحالة التي لا يستطيع فيها النظامان أن يكونا عند طول الموجة نفسه، قد يخفض الترشيح البصري عند المستقبل كمية القدرة المسببة للتداخل المكتشفة فيما يتعلق بالقدرة المطلوبة. ويوضح هذا الأثر في الشكل 6-7.



الشكل G.640/7-6 – رسم بياني لخفض القدرة المسببة للتداخل بسبب الترشيح البصري

يظهر الشكل 6-8 الحالة العامة لأحد أنظمة FSO في تداخله مع نظام آخر.



الشكل G.640/8-6 – مخطط مرجعي للغلط في النظام FSO

ويؤدي ذلك إلى معادلة للغلط بنسبة C:

$$C = L\frac{O_I}{O_W}\mathrm{e}^{\frac{-8\theta^2}{d^2}}\mathrm{e}^{\frac{-8\varphi^2}{a^2}} \qquad (3\text{-}6)$$

حيث:

L نسبة خسارة المرشاح البصري بين مديات طول الموجة المطلوبة والمسببة للتداخل، كما هو وارد في الشكل 6-7 (ويساوي ذلك 1 إذا كان المديان يتراكبان (الحالة A) أو إذا كان المديان يقعان ضمن منطقة مسطحة لخاصية المرشاح)

O_W كثافة القدرة الدنيا في مركز الحزمة المطلوبة

O_I كثافة القدرة القصوى في مركز الحزمة المسببة للتداخل عند المسافة نفسها من المرسل المسبب للتداخل والمستقبل

θ الزاوية بين محور الحزمة المسببة للتداخل وخط بين المرسل المسبب للتداخل والمستقبل

d تباعد الحزمة (الزاوية بين الخطوط التي تنخفض فيها كثافة القدرة إلى $1/e^2$) للمرسل المسبب للتداخل

φ الزاوية بين محور المستقبل وخط بين المرسل المسبب للتداخل والمستقبل

a مخروط قبول المستقبل (الزاوية بين الخطوط التي تنخفض فيها القدرة التي يكشفها المستقبل إلى $1/e^2$)

إذا كان منحني كثافة القدرة البصرية إزاء الزاوية معروفاً بالنسبة للمرسل المسبب للتداخل، عندئذٍ ينبغي الاستعاضة عن الحد $\mathrm{e}^{\frac{-8\theta^2}{d^2}}$ في المعادلة 6-3 بالقيمة (الخطية) من المنحني.

وعلى غرار ذلك، إذا كان منحني القدرة البصرية التي يكشفها المستقبل إزاء الزاوية معروفاً، عندئذٍ ينبغي الاستعاضة عن الحد $\mathrm{e}^{\frac{-8\varphi^2}{a^2}}$ في المعادلة 6-3 بالقيمة (الخطية) من المنحني.

2.6 أثر الطقس على نسبة اللغط

تصمم أنظمة FSO العملية نموذجياً للتمكن من التأقلم مع مجموعة واسعة من ظروف الطقس. والأثران الأساسيان اللذان يحدثان بسبب الطقس واللذان ينبغي أخذهما في الاعتبار عند حساب نسبة اللغط هما التوهين وتباعد الحزمة.

1.2.6 تغيير التوهين

عند تطبيق المعادلة 6-3 لحساب نسبة اللغط، يجب توخي الحذر عند تقييم العامل $\frac{O_I}{O_W}$ للتأكد أن القيمة المستخدمة هي أسوأ قيمة يمكن أن تحدث في أي ظرف من ظروف الطقس وينبغي للوصلة المطلوبة أن تسمح بها. وتحديداً، في حال كان المرسل المسبب للتداخل أقرب إلى المستقبل منه من المرسل المطلوب، تكون نسبة أسوأ حالة بين كثافة القدرة المسببة للتداخل وكثافة القدرة المطلوبة عند مركز حزمتيهما عندما يبلغ توهين الوصلة المطلوبة قيمته القصوى (أي في أسوأ الظروف المناخية التي ينبغي أن نتحملها). ويوضح هذه الحالة، المثال 3 في التذييل I.

2.2.6 تغيير تباعد الحزمة

إن الأثر الثاني للطقس على وصلات الإرسال البصري في الفضاء الحر FSO هو أن تباعد الحزمة الفعلي قد يزيد نوعاً ما بسبب ظروف المناخ غير الملائمة. ويجب أخذ هذا الأثر في الاعتبار عند وضع القيمة d في المعادلة 6-3 لحساب نسبة اللغط.

وفي الحالة التي تعمل فيها الوصلتان ذات التموضع المشترك عند أطوال موجات مختلفة، قد يكون توهين الحزمتين المطلوبة والمسببة للتداخل مختلفاً، غير أن درجة اختلاف التوهين تتوقف على عدد من المعلمات مثل حجم نقطة المياه.

3.6 الحالة A – التداخل بين نظامين يمكن أن يستعملا طول الموجة ذاته

عندما تكون أطوال الموجات لنظامين FSO مشتركين في الموقع متماثلة، ينبغي لكل نظام من هذين النظامين أن يطالب ببعض الفراغ المادي، للحيلولة دون حدوث اضطراب متبادل. ويتوقف هذا الفراغ على مستوى اللغط ذي مقياس التداخل الذي يولّده مسبّب التداخل.

ويتشمل التدهور الناجم عن اللغط ذي مقياس التداخل الوارد في السلسلة G لتوصيات قطاع تقييس الاتصالات– الإضافة 39 (وتشمل أثر نسبة الإخماد غير التام) فيما يلي:

$$P_I = 10\log_{10}\left(\frac{\frac{r-1}{r+1}}{\frac{r-1}{r+1}+10^{\frac{C_I}{10}}-4\sqrt{\frac{r}{r+1}10^{\frac{C_I}{10}}}}\right) \quad [\text{dB}] \tag{4-6}$$

بالنسبة إلى عتبة قرار قدرة متوسطة و:

$$P_I = -10\log_{10}\left(1-2\left(\frac{\left(1+\sqrt{r}\right)\sqrt{10^{\frac{C_I}{10}}(r+1)}}{r-1}\right)\right) \quad [\text{dB}] \tag{5-6}$$

بالنسبة إلى عتبة قرار مثلى.

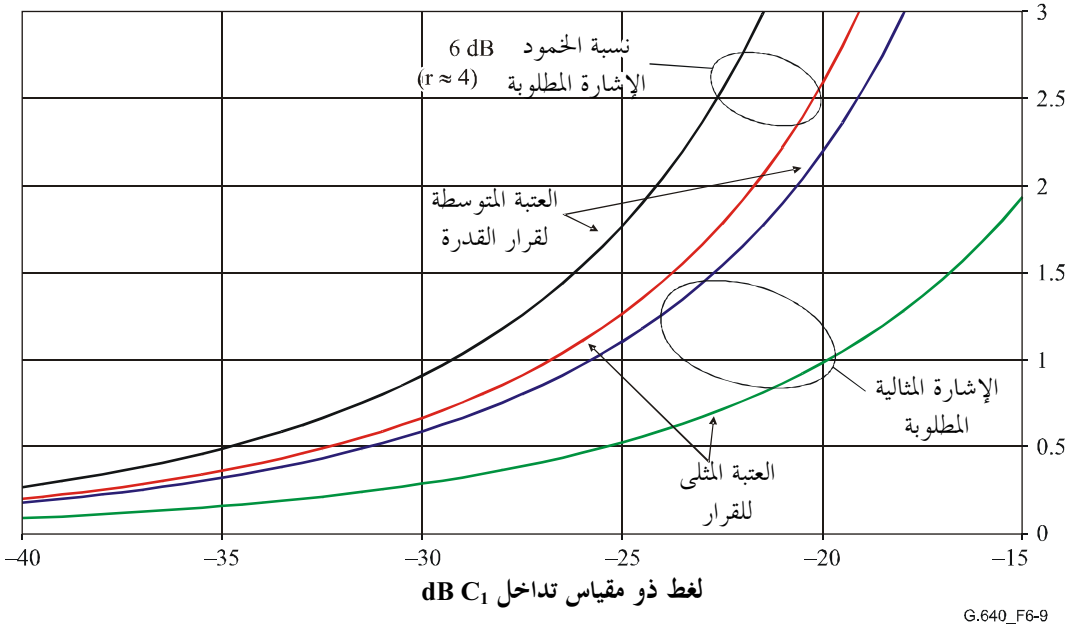
حيث:

P_I التدهور الناجم عن اللغط ذي مقياس التداخل (dB)

$C_I = \log_{10}(C)$ اللغط ذو مقياس التداخل (dB) أي نسبة القدرة الاضطرابية إلى القدرة المطلوبة التي يكشفها المستقبل

r نسبة الإخماد الخطية للإشارة المطلوبة

ويرد في الشكل 6-9 رسم بياني للتدهور الناجم عن اللغط ذي مقياس التداخل لإشارة مطلوبة مثالية ولإشارة أخرى بنسبة إخماد تبلغ 6 dB



الشكل G.640/9-6 – رسم بياني للتدهور البصري إزاء اللغط ذي مقياس التداخل لمسبب تداخل وحيد (نموذج معيّن الحدود)

4.6 الحالة B – التداخل بين نظامين لا يمكنهما استعمال طول الموجة ذاته

عندما لا تكون أطوال الموجات لنظامين FSO مشتركين في الموقع هي نفسها (كما يظهر في الشكل 6-1، الحالة B)، فأن اللغط الذي يولّده مسبب التداخل يكون لغطاً بين القنوات.

ويتمثل التدهور الناجم عن اللغط بين القنوات الوارد في السلسلة G لتوصيات قطاع تقييس الاتصالات– الإضافة 39 (وتشمل أثر نسبة الإخماد غير التام) فيما يلي:

$$P_C = 10\log_{10}\left(1-10^{\frac{C_C}{10}}\frac{r+1}{r-1}\right) \quad [\text{dB}] \tag{6-6}$$

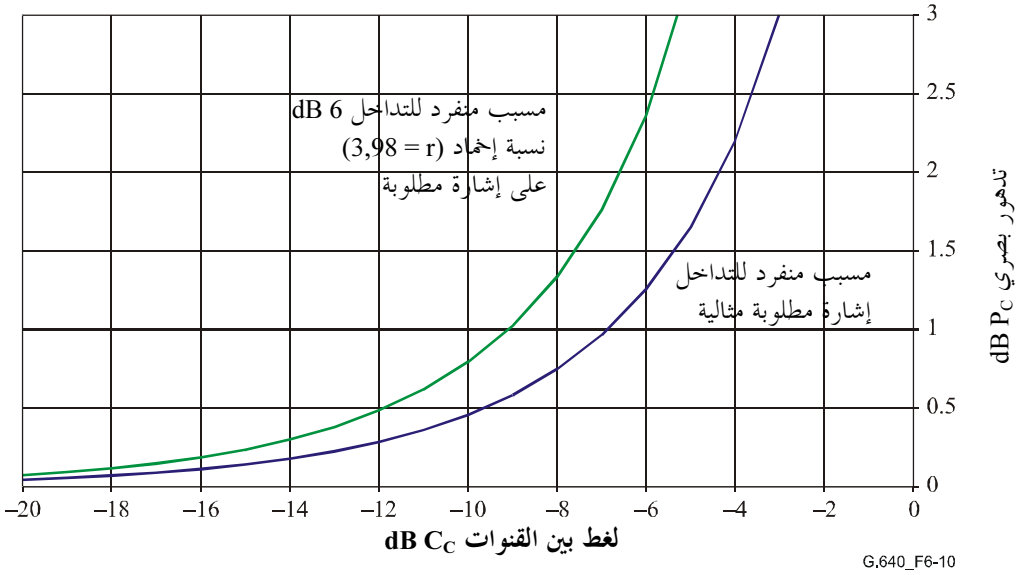
حيث:

P_C التدهور الناجم عن اللغط بين القنوات (dB)

$C_C = \log_{10}(C)$ اللغط بين القنوات (dB) أي نسبة القدرة الاضطرابية إلى القدرة المطلوبة التي يكشفها المستقبل

r نسبة الإخماد الخطية للإشارة المطلوبة.

يرد في الشكل 6-10 رسم بياني للتدهور الناجم عن اللغط بين القنوات لإشارة مطلوبة مثالية ولإشارة أخرى بنسبة إخماد تبلغ 6 dB



الشكل G.640/10-6 – رسم بياني للتدهور البصري إزاء اللغط بين القنوات لمسبب تداخل وحيد

5.6 إجراء لتحديد ما إذا كانت شروط الملاءمة الطولية لنظامين مشتركين في الموقع تم تلبيتها

عندما يكون من المطلوب وضع نظامين FSO بالقرب من بعضهما، يسمح الإجراء التالي بإجراء تقييم عما إذا كان النظامان سيتسببان في تداخل غير مقبول الواحد بالنسبة إلى الآخر. ويجب استكمال الإجراء مرتين بالنسبة إلى كل زوج من الأنظمة FSO: مرة مع نظام واحد باعتباره الإشارة المطلوبة ومرة ثانية باعتباره مسبباً للتداخل، تم تعاد الكرة مع عكس الأدوار.

1) تحديد التدهور البصري بسبب اللغط المسموح به في ميزانية القدرة في النظام المطلوب. يمكن أن يبلغ ذلك مثلاً dB 0,5.

2) تحديد أي من الحالتين الموضحتين في الشكل 6-1 تنطبق. في حال وجود فجوة بين مديات أطوال الموجات الممكنة للمرسلَيْن بما يعادل على الأقل عرض النطاق الكهربائي للمستقبل، تنطبق الحالة B، ويكون اللغط بين القنوات، وإلاّ تنطبق الحالة A– اللغط ذو مقياس التداخل.

3) حساب نسبة اللغط، تختلف هذه النسبة استناداً إلى نتيجة الخطوة 2.

أ) الحالة A. بالنسبة للغط ذي مقياس التداخل، تُستخدم المعادلة 6-4 أو 6-5 (على أساس معرفة إذا كانت نقطة قرار المستقبل مثلى أم لا) لحساب قيمة اللغط التي ستولّد أقصى التدهور الوارد في الخطوة 1. مثلاً، يكون لمرسل مطلوب ذي نسبة إخماد تبلغ 6 dB ولمستقبل ذي عتبة قرار متوسطة القدرة تدهور بصري يبلغ 0,5 dB بالنسبة لقيمة C_I يبلغ تقريباً –35 dB (انظر الشكل 6-9).

ب) الحالة B. بالنسبة إلى اللغط بين القنوات، تُستخدم المعادلة 6-6 لحساب قيمة اللغط التي يمكن أن تسبب التدهور الأقصى المحدد في الخطوة 1. مثلاً، يكون لمرسل مطلوب ذي نسبة إخماد تبلغ 6 dB تدهور بصري يبلغ 0,5 dB لقيمة C_C تقريباً –12 dB (انظر الشكل 6-10).

4) استخدام المعادلة 6-3 وقيم المعلمات المادية للنظامين FSO لحساب ما إذا كانت المواقع المادية المقترحة للنظامين ستسمح بتلبية سويات اللغط القصوى المبينة في الخطوة 3 في كافة الظروف. ويجب أن تؤخذ المعلومات الواردة في الفقرة 2.6 في الاعتبار للتأكد من أن قيم المعلمة المستعملة تقابل أسوأ حالة يمكن مواجهتها في أي ظرف من ظروف الطقس التي يتوقع من النظام المطلوب أثناءها العمل بشكل مرضٍ.

ترد في التذييل I أمثلة عن استخدام هذا الإجراء في أنظمة FSO العملية.

7 اعتبارات تتعلق بالسلامة البصرية

ترد في المعايير IEC 60825-1 وIEC 60825-2 وIEC 60825-12 معلومات حول الاعتبارات المتعلقة بالسلامة البصرية ذات الصلة بالأنظمة FSO.

يعطي المعيار IEC 60825-12، سلامة أنظمة الاتصالات البصرية في الفضاء الحر المستخدمة لإرسال المعلومات، تحديداً تفاصيل حول تصنيف المواقع التي يمكن للأنظمة FSO أن تعمل فيها، كما يحدد المتطلبات بالنسبة للتجهيزات المشغلة في كل منها.

التذييل I

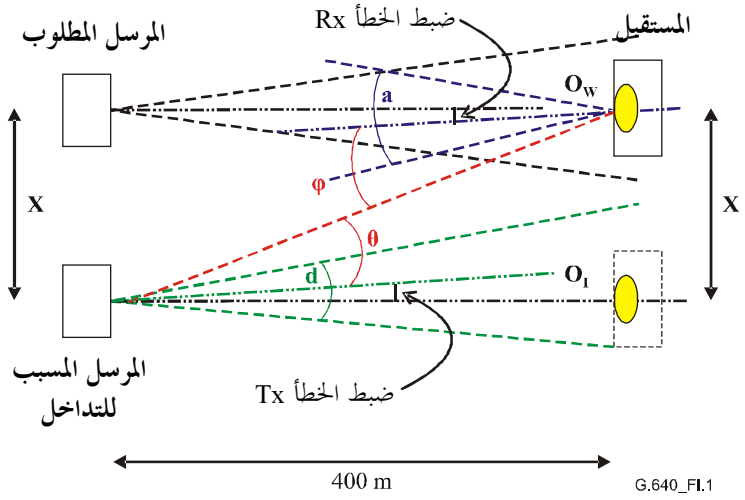
أمثلة عن حسابات اللغط

1.I المثال 1

يجب وضع نظامين FSO بالتصميم نفسه بين نفس الزوج من الأبنية، مما يؤدي إلى وصلتين متوازيتين في الفضاء الحر. إن خصائص الأنظمة الفردية هي التالية:

- المسافة بين المرسل والمستقبل 400 متر.
- إجمالي القدرة القصوى المرسلة يتراوح بين حد أعلى هو 8 mW وحد أدنى هو mW.
- أقصى تباعد لحزمة المرسل في أسوأ ظروف الطقس هو: 4 mrad.
- نسبة الإخماد الدنيا للمرسل 8,2 dB.
- أقصى مخروط قبول (a) للمستقبل 5 mrad.
- للمستقبل عتبة متوسطة لقرار القدرة.
- ضبط دقة المرسل والمستقبل عند 1 mrad.
- أقصى تدهور ناجم عن اللغط 0,5 dB.

ما هي المسافة الدنيا التي تفصل بين نظامين؟ يرد مخطط مرجعي عن هذا المثال في الشكل 1.I.



الشكل I-G.640/1 – المثال 1 عن المخطط المرجعي للغط

وفقاً للإجراء الوارد في الفقرة 5.6:

1) التدهور البصري الأقصى بسبب اللغط: 0,5 dB.

2) بما أن للنظامين نفس التصميم، يمكن لأطوال الموجات أن تكون هي نفسها ولذا فهي الحالة A – اللغط ذو مقياس التداخل.

3) حساب نسبة اللغط للحالة A.

أ) الحالة A. بالنسبة إلى اللغط ذي مقياس التداخل مع عتبة متوسطة لقرار القدرة، تُستخدم المعادلة 6-4 لحساب أن القيمة C_I = −33,3 dB تولّد تدهوراً يبلغ 0,5 dB مع نسبة إخماد تبلغ 8,2 dB. وفي التعبير الخطي، يكون C_I = 0,000463.

4) بما أن الوصلات، في هذا المثال، متوازية وأخطاء الضبط بالنسبة للمرسل والمستقبل هي نفسها، تكون الزاويتان θ وφ ذاتهما بالنسبة لكافة قيم الفصل X. وبما أن للوصلتين الطول ذاته، تكون نسبة OI إلى OW هي نفس نسبة القدرة المرسلة بحديها الأعلى والأدنى (بما أن المرسل المسبب للتداخل يمكن أن يكون عند الحد الأقصى للقدرة والمرسل المطلوب عند حدها الأدنى). وبما أن أطوال الموجات هي نفسها، فإن L=1. وبالتالي تصبح المعادلة 6-3 كما يلي:

$$0.000463 = \frac{8}{5} e^{\frac{-8\theta^2}{4^2}} e^{\frac{-8\theta^2}{5^2}}$$

تتحقق هذه المعاملة عندما تساوي θ (وبالتالي φ) 3,06 mrad.

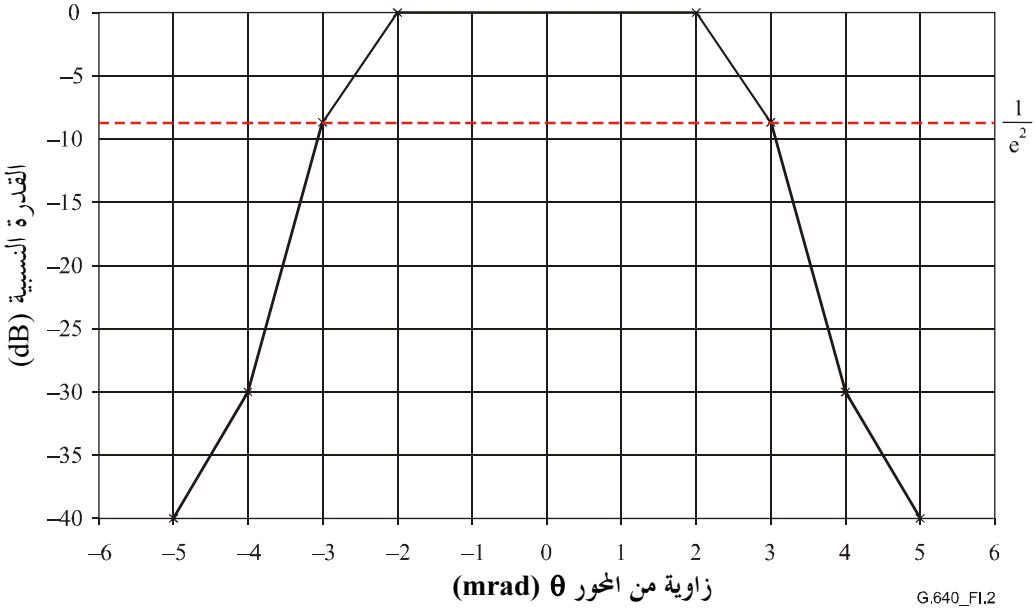
من هندسة الوصلات:

$$\tan\left(\frac{1+3.06}{1000}\right) = \frac{X}{200}$$

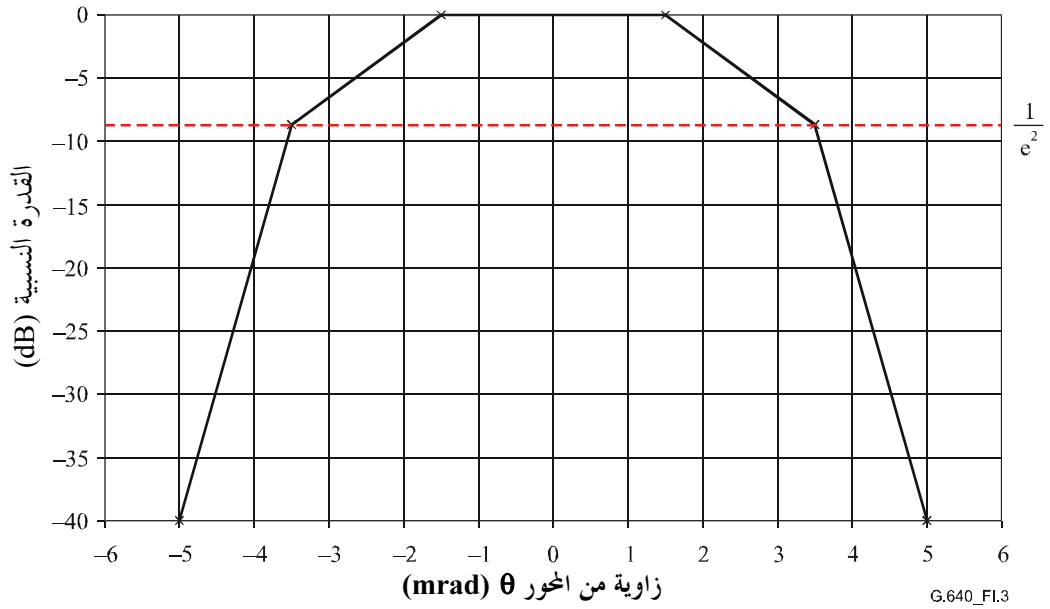
مما يعطي مسافة مباعدة X = 1,6 m.

2.I المثال 2

هذا المثال هو نفس المثال 1 باستثناء خصائص أسوأ حالة لحزمة المرسل الموجودة داخل المنحني الوارد في الشكل 2.I وقيم أسوأ حالة للقدرة البصرية التي يكشفها المستقبل إزاء الزاوية الموجودة في الشكل 3.I.



الشكل G.640/2.I – أسوأ حالة لمنحني لكثافة القدرة تبعاً للزاوية الخاصة بالمرسلات



الشكل G.640/3-I – أسوأ حالة لمنحني القدرة البصرية التي يكشفها المستقبل تبعاً للزاوية

إن الإجراء المطبق في هذا المثال مطابق لإجراء المثال 1 حتى الخطوة 4. وبذلك تصبح المعادلة 6-3:

$$0{,}000463 = \frac{8}{5} \qquad \textit{(قيمة من الشكل 2.I x قيمة من الشكل 3.I)}$$

تتحقق هذه المعاملة عندما تساوي θ (وبالتالي φ) 3,82 mrad.

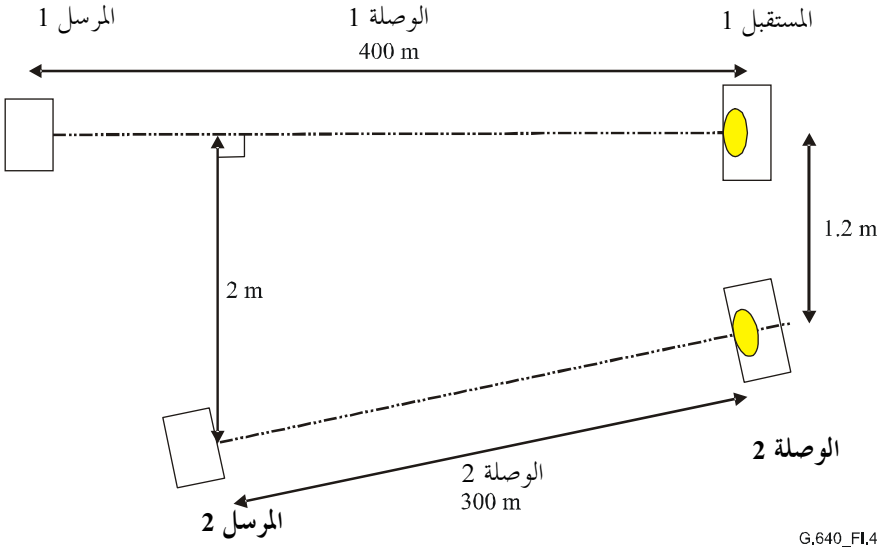
واستناداً إلى هندسة الوصلات:

$$\tan\left(\frac{1+3{,}82}{1000}\right) = \frac{X}{200}$$

مما يعطي مسافة مباعدة X = 1,9 m.

3.I المثال 3

يجب وضع نظامين FSO بالتصميم نفسه وفقاً للتشكيل الموضح في الشكل 4.I.



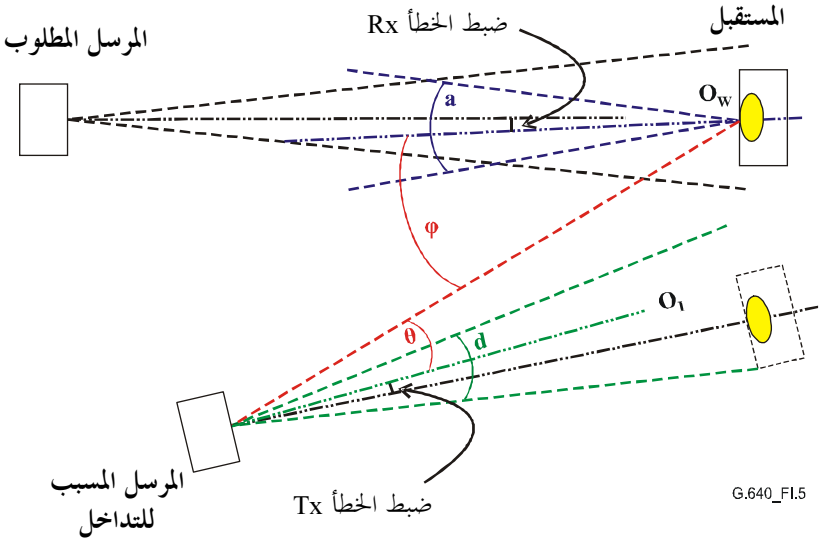
الشكل G.640/4-I – تشكيلة المثال 3

خصائص النظامين هي التالية:

- إجمالي القدرة القصوى المرسلة تتراوح بين حد أعلى هو 8 mW وحد أدنى هو 5 mW.
- تباعد الحزمة الأقصى للمرسل في أسوأ ظروف الطقس: 4 mrad.
- نسبة الإخماد الدنيا للمرسل: 10 dB.
- مخروط القبول الأقصى للمستقبل: 6 mrad.
- للمستقبل عتبة متوسطة لقرار القدرة.
- ضبط دقة المرسل والمستقبل عند 1 mrad.
- أقصى جزاء للغط: 0,5 dB.
- الوصلة 1، المسافة بين المرسل والمستقبل: 400 متر.
- تخصيص في ميزانية الوصلة 1 للتوهين الجوي: 25 dB.
- الوصلة 2، المسافة بين المرسل والمستقبل: 300 متر.

هل يكون التدهور الناجم عن اللغط مقبولاً للنظامين؟

يرد في الشكل 5.I مخطط مرجعي مع الوصلة 1 باعتبارها النظام المطلوب.



الشكل I-G.640/5– المثال 3 عن المخطط المرجعي للوصلة 1

وفقاً للإجراء الوارد في الفقرة 5.6 بالنسبة إلى Tx 1 باعتباره المرسل المطلوب وبالنسبة إلى Tx 2 المسبب للتداخل:

1) يبلغ الجزاء البصري الأقصى بسبب اللغط: 0,5 dB.

2) بما أن النظامين من نفس التصميم، يمكن لأطوال الموجات أن تكون هي نفسها كما في الحالة A– اللغط ذو قياس التداخل.

3) تُحسب نسبة اللغط للحالة A.

أ) الحالة A. بالنسبة للغط ذي مقياس التداخل مع عتبة متوسطة لقرار القدرة، تُستخدم المعادلة 6-4 لحساب القيمة CI البالغة –32,6 dB التي قد تولّد تدهوراً يبلغ 0,5 dB مع نسبة إخماد تبلغ 10 dB. وبشكل خطي، يكون ذلك CI = 0.000545.

4) انطلاقاً من الهندسة المحددة في الشكل 4.I، إن الزاوية 1 mrad – 1000 × arctan(2/300) ≈ φ تبلغ 5,67 mrad، أما الزاوية 1 mrad – 1000 × arctan(1.2/300) ≈ θ فتبلغ 3,0 mrad. وبما أن الوصلة 2 أقصر من الوصلة 1، تتوقف نسبة OI إلى OW على مربع مسافات الوصلة وظروف الطقس ونسبة القدرة المرسلة بحديها الأعلى والأدنى (بما أن المرسل المسبب للتداخل يمكن أن يكون عند القدرة القصوى والمرسل المطلوب عند القدرة الدنيا). وبالتالي، تكون النسبة:

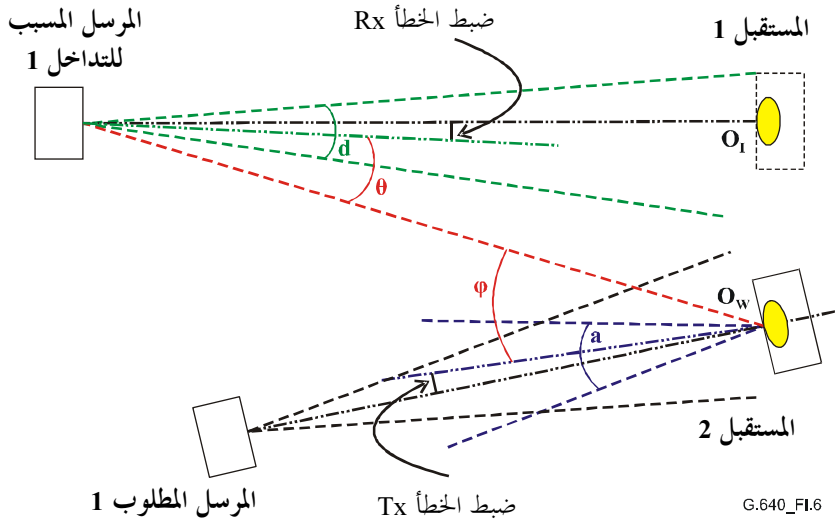
$$\frac{O_I}{O_W} = \frac{8}{5}\frac{400^2}{300^2}10^{\frac{\left(25-25\frac{300}{400}\right)}{10}} = 12$$

على أن يأخذ الحد الأخير في الاعتبار التوهين الجوي في الوصلة 2 في الحالات التي يبلغ فيها التوهين 25 dB في الوصلة 1. وبما أن أطوال الموجات هي نفسها، L=1 وبالتالي تصبح المعادلة 6-3 كما يلي:

$$C = 12\, e^{\frac{-8\times 3.0^2}{4^2}} e^{\frac{-8\times 5.67^2}{6^2}} = 0.0000106 = -39.7\ \text{dB}$$

بما أن سوية اللغط هي أدنى من القيمة –32,6 dB، وهي القيمة القصوى التي يمكن للمستقبل أن يتحملها، يجب تغيير الهندسة المقترحة للوصلات حتى لا تتجاوز الوصلة 1 التدهور الأقصى الناجم عن اللغط.

يرد في الشكل 6.I مخطط مرجعي مع الوصلة 2 باعتبارها النظام المطلوب.



الشكل G.640/6-I – المثال 3 عن المخطط المرجعي للوصلة 2

وفقاً للإجراء الوارد في الفقرة 5.6 بالنسبة إلى Tx 2 باعتباره المرسل المطلوب وبالنسبة إلى Tx 1 المسبب للتداخل:

1) يبلغ الجزاء البصري الأقصى بسبب اللغط: 0,5 dB.

2) بما أن النظامين من نفس التصميم، يمكن لأطوال الموجات أن تكون هي نفسها كما في الحالة A– اللغط ذو قياس التداخل.

3) تُحسب نسبة اللغط للحالة A.

أ) الحالة A. بالنسبة إلى اللغط ذي مقياس التداخل مع عتبة متوسطة لقرار القدرة، تُستخدم المعادلة 6-4 لحساب القيمة C_I البالغة –32,6 dB التي قد تولّد جزاء يبلغ 0,5 dB مع نسبة إخماد تبلغ 10 dB. وبشكل خطي، يكون ذلك $C_I = 0{,}000545$.

4) انطلاقاً من الهندسة المحددة في الشكل 4.I، إن الزاوية $\varphi \approx 1000 \times (\arctan(0.8/300) + \arctan(1.2/400)) - 1$ mrad تبلغ 4,67 mrad، أما الزاوية $\theta \approx 1000 \times \arctan(1.2/400) - 1$ mrad فتبلغ 2,0 mrad.

وبما أن الوصلة 2 أقصر من الوصلة 1، تتوقف نسبة PI إلى PW على مربع مسافات الوصلة وظروف الطقس ونسبة القدرة المرسلة بحديها الأعلى والأدنى (بما أن المرسل المسبب للتداخل يمكن أن يكون عند القدرة القصوى والمرسل المطلوب عند القدرة الدنيا). ويكون اللغط في أسوأ حالة بالنسبة إلى الظروف الصافية وبالتالي، تكون النسبة الأسوأ:

$$\frac{P_I}{P_W} = \frac{8}{5}\frac{300^2}{400^2} = 0.9$$

وبما أن أطوال الموجات هي نفسها، L=1 وبالتالي تصبح المعادلة 6-3 كما يلي:

$$C = 0.9\, e^{\frac{-8\times 2.0^2}{4^2}}\, e^{\frac{-8\times 4.67^2}{6^2}} = 0.000964 = -30.2\ \text{dB}$$

بما أن سوية اللغط هي أعلى من القيمة –32,6 dB، (وهي القيمة القصوى التي يمكن للمستقبل أن يتحملها) ينبغي أن تعدّل الهندسة المقترحة للوصلات لتفادي أن تؤدي الوصلة 1 إلى تجاوز القيمة القصوى للتدهور الناجم عن اللغط. ويمكن تحقيق ذلك من خلال زيادة المسافة بين المستقبلات إلى ما لا يقل عن 1,4 متر.

سلاسل التوصيات الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

السلسلة A	تنظيم العمل في قطاع تقييس الاتصالات
السلسلة B	وسائل التعبير: التعاريف والرموز والتصنيف
السلسلة C	الإحصائيات العامة للاتصالات
السلسلة D	المبادئ العامة للتعريفة
السلسلة E	التشغيل العام للشبكة والخدمة الهاتفية وتشغيل الخدمات والعوامل البشرية
السلسلة F	خدمات الاتصالات غير الهاتفية
السلسلة G	**أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية**
السلسلة H	الأنظمة السمعية المرئية والأنظمة متعددة الوسائط
السلسلة I	الشبكة الرقمية متكاملة الخدمات
السلسلة J	الشبكات الكبلية وإرسال إشارات تلفزيونية وبرامج صوتية وإشارات أخرى متعددة الوسائط
السلسلة K	الحماية من التداخلات
السلسلة L	إنشاء الكبلات وغيرها من عناصر المنشآت الخارجية وتركيبها وحمايتها
السلسلة M	إدارة الاتصالات بما في ذلك شبكة إدارة الاتصالات (TMN) وصيانة الشبكات
السلسلة N	الصيانة: الدارات الدولية لإرسال البرامج الإذاعية الصوتية والتلفزيونية
السلسلة O	مواصفات تجهيزات القياس
السلسلة P	نوعية الإرسال الهاتفي والمنشآت الهاتفية وشبكات الخطوط المحلية
السلسلة Q	التبديل والتشوير
السلسلة R	الإرسال البرقي
السلسلة S	التجهيزات المطرافية للخدمات البرقية
السلسلة T	المطاريف الخاصة بالخدمات التلماتية
السلسلة U	التبديل البرقي
السلسلة V	اتصالات المعطيات على الشبكة الهاتفية
السلسلة X	شبكات المعطيات والاتصالات بين الأنظمة المفتوحة ومسائل الأمن
السلسلة Y	البنية التحتية العالمية للمعلومات وملامح بروتوكول الإنترنت وشبكات الجيل التالي
السلسلة Z	اللغات والجوانب العامة للبرمجيات في أنظمة الاتصالات

طُبعت في سويسرا
جنيف، 2007