

الاتحاد الدولي للاتصالات

G.655

(2006/03)

ITU-T

قطاع تقييس الاتصالات
في الاتحاد الدولي للاتصالات

السلسلة G: أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة
والشبكات الرقمية

خصائص ووسائط الإرسال - كبلات الألياف البصرية

خصائص الكبلات والألياف البصرية أحادية الأسلوب
وذات التشتت المتخالف غير المعدوم

التوصية ITU-T G.655



توصيات السلسلة G الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات
أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية

G.199–G.100	التوصيلات والدارات الهاتفية الدولية
G.299–G.200	الخصائص العامة المشتركة لكل الأنظمة التماثلية بموجات حاملة
G.399–G.300	الخصائص الفردية للأنظمة الهاتفية الدولية بموجات حاملة على خطوط معدنية
G.449–G.400	الخصائص العامة للأنظمة الهاتفية الدولية اللاسلكية، أو الساتلية والتوصيل البيني مع الأنظمة على خطوط معدنية
G.499–G.450	تنسيق الهاتف الراديوية والمهاتفة على الخطوط
G.599–G.500	تجهيزات اختبار
G.699–G.600	خصائص ووسائط الإرسال
G.609–G.600	عموميات
G.619–G.610	أزواج الكبلات المتناظرة
G.629–G.620	أزواج الكبلات البرية متحدة المحور
G.649–G.630	الكبلات البحرية
G.659–G.650	كبلات الألياف البصرية
G.699–G.660	خصائص المكونات والأنظمة الفرعية البصرية
G.799–G.700	التجهيزات المطرفية الرقمية
G.899–G.800	الشبكات الرقمية
G.999–G.900	الأقسام الرقمية وأنظمة الخطوط الرقمية
G.1999–G.1000	نوعية الخدمة وأداء الإرسال – الجوانب الخاصة والجوانب المتعلقة بالمستعمل
G.6999–G.6000	خصائص ووسائط الإرسال
G.7999–G.7000	التجهيزات المطرفية الرقمية
G.8999–G.8000	الشبكات الرقمية

يرجى الرجوع إلى قائمة التوصيات الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات للحصول على مزيد من التفاصيل.

خصائص الكبلات والألياف البصرية أحادية الأسلوب وذاات التششت المتخالف غير المعدوم

ملخص

تصف هذه التوصية الخصائص الهندسية والميكانيكية وخصائص الإرسال للألياف البصرية أحادية الأسلوب حيث القيمة المطلقة لمعامل التششت اللوني فيها على مدى أطوال الموجات بين nm 1 530 و nm 1 565، أعلى من قيمة غير معدومة معينة. وهذا التششت يقلل من زيادة الآثار غير الخطية التي تكون ضارة جداً في أنظمة تعدد الإرسال بتقاسم مكثف لطول الموجات (DWDM). وهذه هي المراجعة الأخيرة لتوصية وضعت لأول مرة في 1996. وتضيف هذه المراجعة فئتين جديدتين من الألياف تظهران في الجدولين D و E. ويتم الحد من معامل التششت اللوني في هاتين الفئتين من خلال زوج منحنيات يتبعان طول الموجة في مدى أطوال الموجة التي تتراوح بين nm 1460 و nm 1625. وبالرغم من أن التششت قد يغير عند أطوال الموجات التي تقل عن nm 1530، فإن إدراج هذه الأطوال يوفر معلومات تتيح القيام بتطبيقات تعدد إرسال بتقاسم تقريبي لطول الموجات غير معرضة لانحطاط غير خطي هام في القنوات المصاحبة لطول موجة يساوي nm 1471 أو يزيد عنه. وترد هذه الجداول هنا بقصد التمييز بين مجموعتين كبيرتين من الألياف G.655 التي يوفرها مزودون متفرقون. ولم تُدخل تعديلات على الجداول A و B و C. ولم يدرج الجدولان A و B في هذه النسخة، إلا أنهما يردان في طبعة عام 2003 لهذه التوصية.

مصدر التوصية

وافقت لجنة الدراسات 15 (2005-2008) التابعة لقطاع تقييس الاتصالات على التوصية G.655، بموجب إجراءات التوصية ITU-T A.8 بتاريخ 29 مارس 2006.

1996 الطبعة 1.

2000/10 الطبعة 2. تتضمن هذه المراجعة جداول إضافية تتعلق بمختلف مستويات توفير النظام.

2003/03 الطبعة 3. وفقاً للاتفاق الخاص بنطاقات الطيف، تغير الحد الأعلى للنطاق L من 16xx إلى nm 1 625. وعدل المصطلحان "الفئة الفرعية الأساسية" و"الفئة الفرعية" إلى "فئة الأساس" و"الفئة"، على التوالي. وأضيفت اشتراطات التششت بأسلوب الاستقطاب إلى جميع الفئات، وخفضت الحدود لفئتين (مقارنة بالقيمة $0,5 \sqrt{\text{km/ps}}$). وفيما يتعلق باختبار الانحناء الكلي، انخفض قطر الشياق إلى نصف قطر يبلغ 30 mm. وهكذا يتضح أن التوصية قد تطورت تطوراً ملحوظاً بمرور السنين. وبناءً على ذلك، يجدر بالقارئ أن ينظر في الطبعة الملائمة لتحديد مزايا منتج جرى تركيبه فعلاً مع مراعاة سنة إنتاجه. والواقع أنه ينبغي للمنتجات أن تكون مطابقة للتوصية التي كانت سارية عند صناعة هذه المنتجات، ولكنها قد لا تكون مطابقة تماماً للطبعات اللاحقة من التوصية.

تمهيد

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 والتعريف، 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 الكهروتقنية 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 البيئي والتطبيق مثلاً). ويعتبر التقيد بهذه التوصية حاصلاً عندما يتم التقيد 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 التقيد 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، كان 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.

جدول المحتويات

1	 نطاق التطبيق	1
2	 المراجع	2
2	 1.2 المراجع المعيارية	
2	 2.2 المراجع الإعلامية	
3	 مصطلحات وتعريف	3
3	 المختصرات	4
3	 نعوت الألياف	5
3	 1.5 قطر مجال الأسلوب	
3	 2.5 قطر الغمد	
3	 3.5 خطأ مركزة اللب	
3	 4.5 اللادائرية	
4	 5.5 طول موجة القطع	
4	 6.5 خسارة الانحناء الكلي	
4	 7.5 خصائص مواد الألياف	
5	 8.5 الملامح الرئيسية لمؤشر الانكسار	
5	 9.5 الانتظام الطولي للتشتت اللوني	
5	 10.5 معامل التشتت اللوني	
5	 10.5 معامل التشتت اللوني	
6	 نعوت الكبلات	6
6	 1.6 معامل التوهين	
6	 2.6 معامل التشتت بأسلوب الاستقطاب	
7	 جداول القيم الموصى بها	7
11	 التذييل I - معلومات عن نعوت الوصلات وتصميم الأنظمة	
11	 1.I التوهين	
11	 2.I التشتت اللوني	
12	 3.I زمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات (DGD)	
12	 4.I المعامل غير الخطي	
12	 5.I جداول القيم النمطية الشائعة	
13	 6.I أمثلة التنفيذ	
13	 7.I حدود معامل التشتت اللوني للجدولين D و E	

خصائص الكبلات والألياف البصرية أحادية الأسلوب وذات التشتت المتخالف غير المعدوم

1 مجال التطبيق

تصف هذه التوصية الألياف أحادية الأسلوب التي يكون معامل تشتتها اللوني (بالقيمة المطلقة) أعلى من قيمة غير معدومة على مدى طول الموجة أكبر من 1530 nm. وهذا التشتت يقلل من زيادة الآثار غير الخطية التي يمكن أن تكون ضارة جداً في أنظمة تعدد الإرسال بتقاسم مكثف لطول الموجات (DWDM).

وقد يغير معامل التشتت اللوني إشارته على أطوال موجات أقل من 1530 nm. ولكن قيمه على هذه الأطوال يمكن تحديدها تبعاً لأغراض توفير أنظمة تعدد الإرسال بتقاسم تقريبي لطول الموجات (CWDM) غير معرضة للانحطاط الكبير الناجم عن التأثيرات غير الخطية.

وكانت هذه الألياف بداية مخصصة للاستعمال على أطوال موجات في منطقة محددة تنحصر بين 1530 nm و 1565 nm. ووضعت أحكام تتعلق بالإرسال على أطوال موجات أعلى تصل حتى 1625 nm وعلى أطوال موجات أدنى تصل إلى 1460 nm.

ويبين الجدولان D و E في الفقرة 7 المجموعتين الكبيرتين من تطبيقات الألياف G.655 التي يوفرها مختلف المزودين. وتستعمل الجداول A و B و C لتحديد تطبيقات أخرى. ولا يدرج الجدولان A و B في هذه النسخة ولكنهما يردان في طبعة عام 2003 لهذه التوصية.

وفيما يلي وصف للمعلومات الهندسية والبصرية والميكانيكية ومعلومات الإرسال طبقاً لفئات ثلاث:

- نعوت الألياف التي يمكن الحفاظ عليها طوال عملية التكيل والتركيب؛
- نعوت الكبلات الموصى بها للكبلات عند تسليمها؛
- نعوت الوصلات التي تتميز بها الكبلات المتسلسلة، وتتمثل في وصف طريقة تقدير معلومات السطح البيني للنظام على أساس القياسات أو النمذجة أو أي اعتبارات أخرى. ويتضمن التذييل I معلومات عن نعوت الوصلات وتصميم الأنظمة.

والغرض من هذه التوصية، والفئات المختلفة للأداء الواردة في جداول الفقرة 7، هو دعم التوصيات التالية المتعلقة بأنظمة متقاربة:

- التوصية ITU-T G.691؛
- التوصية ITU-T G.692؛
- التوصية ITU-T G.693؛
- التوصية ITU-T G.695؛
- التوصية ITU-T G.696.1؛
- التوصية ITU-T G.698.1؛
- التوصية ITU-T G.957؛
- التوصية ITU-T G.959.1؛

وتحتوي هذه التوصية على مجموعة من تصميمات الألياف القادرة على تغطية نطاق عريض من التطبيقات. ويمكن النظر في إجراء إعادة ترتيب في المستقبل. ومع ذلك فإنه لم يثبت حتى الآن التوافق النظامي للألياف ذات الخصائص المختلفة، ويمكن بوجه عام الاعتراض على استخدامها في نظام واحد، وتجدر الموافقة المسبقة على ذلك بين المستعمل والصانع.

وترد في التوصيتين G.650.1 و G.650.2 معاً المصطلحات المستخدمة في هذه التوصية والخطوط التوجيهية التي يجدر اتباعها في القياس الرامي إلى التحقق من الخصائص المختلفة. أما خصائص هذه الألياف، بما في ذلك تعريف العلامات ذات الصلة، وطرائق اختبارها والقيم التي تنطوي عليها، فسيجري توضيحها مع تقدم الدراسات واكتساب الخبرات.

2 المراجع

1.2 المراجع المعيارية

تشير هذه التوصية إلى أحكام معينة في التوصيات الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات في الاتحاد والنصوص اللاحقة، وبناء على ذلك، فإن هذه الأحكام تشكل جزءاً لا يتجزأ من التوصية. والطبعات المشار إليها كانت سارية عند نشر هذه التوصية. وبالنظر إلى أن أي توصية أو أي مرجع يمكن أن يخضع للتعديل، فإنه يرجى ممن يستعملون هذه التوصية أن ينظروا في الاستعانة قدر المستطاع بآخر طبعة من التوصيات والمراجع الأخرى الواردة أدناه. وتنشر على نحو منتظم قائمة بتوصيات القطاع التي لا تزال سارية. والإشارة إلى وثيقة في هذه التوصية لا يضيفي على الوثيقة في حد ذاتها وضع التوصية.

- التوصية ITU-T G.650.1 (2004)، تعريف وطرائق اختبار النعوت الخطية المحددة للألياف والكبلات أحادية الأسلوب.

- التوصية ITU-T G.650.2 (2005)، تعريف وطرائق اختبار النعوت الإحصائية وغير الخطية للألياف والكبلات أحادية الأسلوب.

2.2 المراجع الإعلامية

- التوصية ITU-T G.663 (2000)، جوانب تتعلق بتطبيقات الأنظمة الفرعية والمكبرات البصرية.

- التوصية ITU-T G.691 (2006)، السطوح البينية البصرية للأنظمة STM-64، وأنظمة التراتب الرقمي المتزامن (SDH) الأخرى ذات المكبرات البصرية.

- التوصية ITU-T G.692 (1998)، السطوح البينية للأنظمة متعددة القنوات ذات المكبرات البصرية.

- التوصية ITU-T G.693 (2006)، السطوح البينية البصرية للتوصيلات المحلية.

- التوصية ITU-T 694.1 (2002)، جداول الطيف المتعلقة بتطبيقات تعدد الإرسال بتقاسم مكثف لطول الموجات (WDM): جدول الترددات DWDM.

- التوصية ITU-T 695 (2005)، السطوح البينية البصرية الخاصة بتطبيقات تعدد الإرسال بتقاسم تقريبي لطول الموجات.

- التوصية ITU-T G.696.1 (2005)، تطبيقات تعدد الإرسال بتقاسم مكثف لطول الموجات ضمن المجالات والمتوائمة طولانياً.

- التوصية ITU-T G.698.1 (2005)، التطبيقات متعددة القنوات لتعدد إرسال بتقاسم مكثف لطول الموجات وسطوح بينية بصرية وحيدة القناة.

- التوصية ITU-T G.957 (2006)، السطوح البينية البصرية للمعدات والأنظمة المتعلقة بالتتابع الرقمي المتزامن.

- التوصية ITU-T G.959.1 (2006)، السطوح البينية للطبقة المادية لشبكة النقل البصرية.

3 مصطلحات وتعريف

لأغراض هذه التوصية، تنطبق التعاريف الواردة في التوصيتين G.650.1 و G.650.2 الصادرتين عن قطاع تقييس الاتصالات. وينبغي تدوير القيم إلى عدد الأرقام الواردة في جداول القيم الموصى بها قبل تقييم التطابق.

4 المختصرات

تستخدم هذه التوصية المختصرات التالية:

A_{eff}	السطح الفعال (<i>Effective Area</i>)
CWDM	تعدد الإرسال بتقاسم تقريبي لطول الموجات (<i>Coarse Wavelength Division Multiplexing</i>)
DGD	زمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات (<i>Differential Group Delay</i>)
DWDM	تعدد الإرسال بتقاسم مكثف لطول الموجات (<i>Dense Wavelength Division Multiplexing</i>)
GPa	جيجا باسكال (<i>GigaPascal</i>)
PMD	التشتت بأسلوب الاستقطاب (<i>Polarization Mode Dispersion</i>)
PMD _Q	المعلمة الإحصائية للتشتت بأسلوب الاستقطاب على الوصلة (<i>Statistical Parameter for PMD link</i>)
SDH	التراتب الرقمي المتزامن (<i>Synchronous Digital Hierarchy</i>)
TBD	تحدد فيما بعد (<i>To Be Determined</i>)
WDM	تعدد الإرسال بتقاسم طول الموجات (<i>Wavelength Division Multiplexing</i>)

5 نعوت الألياف

لا يوصى في هذه الفقرة إلا بالخصائص التي تشكل الحد الأدنى الأساسي للتصميم من أجل صانعي هذه الألياف. وتتضمن جداول الفقرة 7 نطاقات أو حدود القيم. ومن بين هذه القيم أن صنع الكبلات أو تركيبها قد يؤثر تأثيراً قوياً في طول موجة قطع الليف وفي التشتت بأسلوب الاستقطاب. ومع ذلك فإن الخصائص الموصى بها تنطبق على الألياف الفردية والألياف المدججة في كبل ملفوف على طلبة (اسطوانة)، والألياف التي تشكل جزءاً من كبل جرى تركيبه.

1.5 قطر مجال الأسلوب

ينبغي تعيين قيمة اسمية أو قيمة التفاوت المسموح به بشأن هذه القيمة عند 1550 nm. وينبغي أن تكون القيمة الاسمية المعينة في الحدود المذكورة في الفقرة 7. وينبغي ألا يتجاوز قيمة التفاوت المسموح به القيمة المبينة في الفقرة 7. وينبغي ألا يتجاوز الانحراف عن القيمة الاسمية قيمة التفاوت المسموح به.

2.5 قطر الغمد

إن القيمة الاسمية الموصى بها لقطر الغمد هي 125 μm. وحددت أيضاً قيمة التفاوت المسموح به، وينبغي ألا يتجاوز القيمة المذكورة في الفقرة 7. وينبغي لانحراف الغمد بالنسبة للقيمة الاسمية ألا يتجاوز قيمة التفاوت المسموح به.

3.5 خطأ مركزة اللب

ينبغي ألا يتجاوز خطأ مركزة اللب القيمة المحددة في الفقرة 7.

4.5 اللادائرية

1.4.5 لا دائرية مجال الأسلوب

ثبت عملياً أن لا دائرية مجال أسلوب الألياف التي لها مجالات أسلوب دائرية اسمياً هي من الضعيف بحيث لا تؤثر على الانتشار أو التوصيل. وليس من الضروري التوصية بقيمة معينة فيما يتعلق بمسألة لا دائرية مجال الأسلوب. وليس من الضروري عادة قياس لا دائرية مجال الأسلوب لأغراض القبول.

2.4.5 لا دائرية الغمد

ينبغي ألا تتجاوز لا دائرية الغمد القيمة المحددة في الفقرة 7.

5.5 طول موجة القطع

يمكن تمييز ثلاثة أنماط مفيدة لطول موجة القطع:

أ) طول موجة القطع للكبل λ_{cc} ؛

ب) طول موجة القطع لليف λ_c ؛

ج) طول موجة القطع لكبل العبور λ_{cz} .

ملاحظة - قد يستدعي الأمر وجود قيم أخرى لطول موجة القطع في حالة تطبيقات معينة للكبلات المغمورة بمياه البحر.

ويتوقف الترابط بين القيم λ_c و λ_{cc} و λ_{cz} المقيسة على التصميم المعين لليف والكبل وعلى شروط الاختبار المحددة، علماً بأن من الصعب عامة إنشاء علاقة كمية نظراً لكون $\lambda_c > \lambda_{cz} > \lambda_{cc}$. وإن من الأهمية الفائقة بمكان ضمان إرسال أحادي الأسلوب على طول الكبل في الحد الأدنى بين الوصلات عند الطول الأدنى لموجة تشغيل النظام. ويمكن أداء ذلك عن طريق التوصية بأن تكون القيمة القصوى لطول موجة القطع للكبل لليف مكبل أحادي الأسلوب هي 1480 nm، أو لكبل العبور عن طريق التوصية بأن تكون القيمة القصوى لقطع كبل العبور هي 1480 nm، أو بالتوصية في أسوأ حالات الطول والانحناء بقيمة قصوى لطول موجة القطع تبلغ 1470 nm.

وسيكون طول موجة القطع للكبل، λ_{cc} ، أقل من القيمة القصوى المحددة في الفقرة 7.

6.5 خسارة الانحناء الكلي

تختلف خسارة الانحناء الكلي باختلاف طول الموجة ونصف قطر الانحناء وعدد الدورات حول شياق بنصف قطر معين. وينبغي ألا تتجاوز الخسارة الناجمة عن الانحناء الكلي القيمة القصوى المبينة في الفقرة 7 بالنسبة إلى طول أو أطوال الموجات المعنية، ونصف قطر الانحناء المعين، وبالنسبة إلى عدد الدورات المحددة.

الملاحظة 1 - قد يكفي اختبار تأهيل لاستيفاء هذا الشرط.

الملاحظة 2 - يناظر العدد الموصى به للدورات العدد التقريبي للدورات في جميع خانات الجدالات لمدى مكرّر نمطي. ويعطي نصف القطر الموصى به نصف قطر الانحناء الأدنى المقبول عادة لنشر الألياف على المدى الطويل في منشآت الأنظمة الحقيقية من أجل تفادي الأعطال الناجمة عن الكلال السكوني.

الملاحظة 3 - إذا استدعت الأسباب العملية انتقاء دورات يقل عددها عن الدورات الموصى بها لتنفيذ هذا الاختبار، يقترح استخدام 40 دورة كحد أدنى واستخدام قيمة خسارة أكثر ضعفاً بالتناسب مع عدد اللفات.

الملاحظة 4 - تتعلق توصية خسارة الانحناء الكلي باستعمال الألياف في تركيبات في الشبكات الحقيقية ذات الألياف أحادي الأسلوب. ويدخل في تعيين خصائص خسارة الليف المكبل تأثير أنصاف أقطار الانحناء الناجمة عن تقطيل الألياف المكبلة أحادية الأسلوب على مواصفات خسارة الألياف المكبلة.

الملاحظة 5 - في حال اقتضى الأمر اختبارات روتينية، يمكن استخدام عروة ذات قطر أصغر ذات لفة واحدة أو عدة لفات بدلاً من إجراء الاختبار الموصى به وذلك لضمان الدقة وسهولة القياس. وفي هذه الحالة يجب انتقاء قطر العروة وعدد اللفات والقيمة القصوى المسموح بها للخسارة الناتجة عن الانحناء، بحيث تتماشى مع الاختبار الموصى به والخسارة المسموح بها.

7.5 خصائص مواد الألياف

1.7.5 مواد الألياف

ينبغي ذكر المواد التي تصنع منها الألياف.

ملاحظة - ينبغي مراعاة الحذر عند صهر الألياف لأغراض التوصيل عندما تكون هذه الألياف مصنوعة من مواد مختلفة. وتشير النتائج الأولية إلى أن توصيل ألياف مختلفة تحتوي على السليكا ذات النوعية العالية يمكن أن يساعد في الحصول على قيم مرضية فيما يتعلق بالخسارة والمتانة.

2.7.5 مواد الحماية

يتعين ذكر الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمواد المستخدمة للكساء الأولي للألياف وأفضل طريقة لإزالته عند الاقتضاء. وفي حالة الألياف وحيدة الغلاف، يتعين إعطاء معلومات مماثلة.

3.7.5 سوية إجهاد الصمود

يجب ألا يقل إجهاد الصمود σ_p المعين عن الحد الأدنى المذكور في الفقرة 7. ملاحظة - ترد تعاريف الملمات الميكانيكية في الفقرتين 3.2.3 و 6.5 من التوصية G.650.1.

8.5 الملامح الرئيسية لمؤشر الانكسار

لا حاجة بوجه عام إلى معرفة ملامح مؤشر الانكسار فيما يتعلق بالألياف.

9.5 الانتظام الطولي للتشتت اللوني

قيد الدراسة.

ملاحظة - عند طول موجة معين يمكن للقيمة المطلقة المحلية لمعامل التشتت اللوني أن تبعد عن القيمة المقيسة على طول ممتد. وإذا انخفضت هذه القيمة انخفاضاً كبيراً لتصل إلى قيمة ضعيفة على طول موجة يقترب من طول موجة التشغيل في نظام تعدد الإرسال بتقاسم طول الموجات، يمكن أن يؤدي خلط أربع موجات إلى انتشار القدرة على أطوال موجات أخرى بما في ذلك أطوال موجات تشغيل أخرى وإن لم يكن قاصراً عليها. واتساع قدرة الخلط للموجات الأربع إنما يتوقف على القيمة المطلقة لمعامل التشتت اللوني، ومنحنى التشتت اللوني، وأطوال موجات التشغيل، والقدرة البصرية، والمسافة التي يحدث عليها خلط الموجات الأربع.

10.5 معامل التشتت اللوني

يحدد معامل التشتت اللوني، D ، في مدى معين لأطوال الموجات وتقدم التوصية ITU-T G.650.1 طرائق القياس. وهناك طريقتان لتعيين الحدود هما: الطريقة القديمة التي تقدم مواصفات إجمالية والطريقة الحديثة التي تحدد قيم معامل التشتت من خلال زوج من المنحنيات.

الملاحظة 1 - ينبغي أن يكون انتظام التشتت اللوني متوافقاً مع تشغيل النظام.

الملاحظة 2 - المواصفات المتعلقة بالتشتت اللوني تنبع من تصميم نظام تعدد الإرسال بتقاسم طول الموجات الذي ينبغي أن يوازن بين التشتت اللوني ذي النوعية الأولى وبين مختلف التأثيرات غير الخطية مثل خلط الموجات الأربع وتشكيل الطور المتقاطع، وعدم استقرار التشكيل، وانتشار Brillouin المستحث، وتكوين موجات السوليتون (انظر التوصية ITU-T G.663). ويتفاعل تأثير التشتت اللوني مع لا خطية الألياف، التي يصفها معامل اللاخطية.

الملاحظة 3 - ليس من الضروري قياس معامل التشتت اللوني على أساس روتيني.

1.10.5 المواصفة القديمة

تطبق هذه المواصفة على الجدول C من الفقرة 7 وكذلك على الجدولين A و B من طبعة عام 2003 للتوصية ITU-T G.655.

يحدد معامل التشتت اللوني، D ، في مدى أطوال موجات عن طريق فرض حدود على القيم المطلقة المسموح بها لمعامل التشتت اللوني. وينبغي أن يتجاوز معامل التشتت اللوني الصفر في مدى طول الموجة المعين. وتحدد أيضاً علامة التشتت اللوني، وسيكون شكل المواصفات على النحو التالي:

$$D_{min} \leq |D(\lambda)| \leq D_{max} \quad \text{من أجل} \quad \lambda_{min} \leq \lambda \leq \lambda_{max}$$

حيث:

$$0.1 \text{ ps/nm}\cdot\text{km} \leq D_{min} \leq D_{max} \leq 10.0 \text{ ps/nm}\cdot\text{km}$$

$$1530 \text{ nm} \leq \lambda_{min} \leq \lambda_{max} \leq 1565 \text{ nm}$$

$$D_{max} \leq D_{min} + 5.0 \text{ ps/nm}\cdot\text{km}$$

وينبغي أن تدرج القيم D_{min} و D_{max} و λ_{min} و λ_{max} ، والعلامة في إطار الحدود المذكورة في الفقرة 7. وترد بعض أمثلة التنفيذ في التذييل I. ويجري حالياً النظر في تمديد نطاقات طول الموجة فوق 1565 nm وأقل من 1530 nm.

الملاحظة 1 - D_{min} لا تحدث بالضرورة عند λ_{min} و D_{max} لا تحدث بالضرورة عند λ_{max} .

الملاحظة 2 - لا تتغير العلامة D على مدى أطوال الموجات المذكورة أعلاه لليف معين، ولكنها قد تتغير من ليف إلى آخر داخل نظام محدد.

الملاحظة 3 - قد يكون من الضروري تحديد العلامة D ، وذلك وفقاً لتصميم النظام ونوع الإرسال.

2.10.5 المواصفة القائمة على حدود زوج المنحنيات

تطبق هذه المواصفة على الجدولين D و E من الفقرة 7.

وينحصر معامل التشتت اللوني، $D(\lambda)$ ، لكل طول موجة، λ ، ضمن مدى قيم مرفقة بمنحنيين اثنين هما $D_{min}(\lambda)$ و $D_{max}(\lambda)$ فيما يتعلق بمدى واحد أو أكثر لأطوال الموجات المحددة في الدالة λ_{min} و λ_{max} .

كمثال على ذلك مجموعة منحنيات ممثلة رمزياً بزواج من الخطوط المستقيمة:

$$D_{min}(\lambda) = a_{min} + b_{min}(\lambda - 1460) \text{ (ps/nm·km)}$$

$$D_{max}(\lambda) = a_{max} + b_{max}(\lambda - 1460) \text{ (ps/nm·km)}$$

$$D_{min}(\lambda) \leq D(\lambda) \leq D_{max}(\lambda) \text{ (ps/nm·km)}$$

وقد تتغير منحنيات الحدود من مدى إلى آخر لأطوال الموجات.

6 نغوت الكبلات

نظراً لأن الخصائص الهندسية والبصرية للألياف المذكورة في الفقرة 5، تكاد لا تتأثر بعملية التكبيل، فإن هذه الفقرة ستعطي توصيات تتعلق أساساً بخصائص إرسال الكبلات حسب طول المصنع. وتكتسي الشروط البيئية وشروط الاختبار أهمية فائقة وقد جاء وصفها في الخطوط التوجيهية المتعلقة بطرائق الاختبار.

1.6 معامل التوهين

يعين معامل التوهين بقيمة قصوى على طول موجة واحدة أو عدة أطوال للموجات في المنطقة 1 550 nm. وينبغي ألا تتجاوز قيم معامل توهين الكبلات ذات الألياف البصرية القيم المذكورة في الفقرة 7.

ملاحظة - يمكن حساب معامل التوهين عبر طيف أطوال الموجات على أساس قياسات لبعض أطوال الموجات التنبؤية (3 إلى 4). ويرد وصف لهذا الإجراء في الفقرة 4.4.5 من التوصية G.650.1 وقدم مثل لذلك في التذييل III من التوصية G.650.1.

2.6 معامل التشتت بأسلوب الاستقطاب

ينبغي عند الاقتضاء تعيين التشتت بأسلوب الاستقطاب على أساس إحصائي، وليس على أساس كل ليف على حدة. وتتعلق الاشتراطات فقط بجانب الوصلة الذي تم حسابه استناداً إلى المعلومات الخاصة بالكبل. وترد فيما يلي وحدات قياس المواصفات الإحصائية. وترد طرائق الحساب في الوثيقة IEC/TR 61282-3 الصادرة عن اللجنة الكهروتقنية الدولية، كما يرد عرض موجز لها في التذييل IV من التوصية G.650.2.

ويجب على الصانع أن يقدم قيمة لتصميم وصلة للتشتت بأسلوب الاستقطاب و PMD_Q ، تكون بمثابة حد إحصائي أعلى لمعامل التشتت بأسلوب الاستقطاب للكبلات ذات الألياف البصرية المتسلسلة داخل وصلة محتملة محددة تقع بين أقسام الكبلات M. ويعرّف الحد الأعلى على أساس مستوى الاحتمال الضعيف، Q، الذي يمثل احتمال تجاوز قيمة معامل التشتت بأسلوب الاستقطاب لمستوى الاحتمال الضعيف، PMD_Q . وفيما يتعلق بقيم M و Q المبينة في الفقرة 7، فإن قيمة PMD_Q لا ينبغي أن تتجاوز الحد الأقصى لمعامل التشتت بأسلوب الاستقطاب المبين في تلك الفقرة.

والقياسات والمواصفات الخاصة بالألياف غير المكبلية ضرورية ولكنها غير كافية لتوفير مواصفة الألياف المكبلية. وينبغي أن تكون أقصى قيمة اسمية للوصلة المخصصة للألياف غير المكبلية أقل من القيمة المناظرة المخصصة للألياف المكبلية أو تساويها. والنسبة بين القيم PMD للليف غير مكبل والقيم المناظرة للليف مكبل تخضع لخصائص التصنيع ومعالجة الكبلات وشروط اقتران الليف غير المكبل. وتوصي التوصية ITU-T G.650.2 باستعمال اقتران ضعيف للأساليب التي تتطلب جهداً ضعيفاً للـ على بكرة ذات نصف قطر كبير من أجل قياس القيم PMD في الألياف غير المكبلية.

ويمكن تفسير الحدود المفروضة على توزيع قيم معاملات التشتت بأسلوب الاستقطاب باعتبارها معادلة تقريباً لحدود الفارق الإحصائي لزمّن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات (DGD) والذي يتفاوت عشوائياً تبعاً للوقت وطول الموجة. وعندما يتم توزيع معاملات التشتت بأسلوب الاستقطاب للكبلات ذات الألياف البصرية، يمكن وضع حدود معادلة على تنوع زمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات. ويرد في التذييل I قياسات وقيم حدود توزيع زمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات فيما يتعلق بالوصلات.

الملاحظة 1 - ينبغي عدم تحديد القيمة PMD_Q إلا في حال استعمال كبلات في الأنظمة التي يتحدد فيها الحد الأقصى لمهلة الانتشار التفاضلي للزمرة (DGD) - وبعبارة أخرى لا ينبغي على سبيل المثال تحديد المعلمة PMD_Q في حال استعمال الأنظمة التي تنص عليها التوصية ITU-T G.957.

الملاحظة 2 - ينبغي حساب قيمة PMD_Q بالنسبة إلى مختلف أنواع الكبلات، وينبغي عادة حسابها باستخدام عينات من قيم PMD. وينبغي اختيار العينات من كبلات متماثلة من حيث الصنع.

الملاحظة 3 - لا ينبغي تطبيق مواصفات PMD_Q على كبلات قصيرة مثل كبلات الربط والكبلات الداخلية والكبلات المتفرعة.

7 جداول القيم الموصى بها

تلخص الجداول التالية القيم الموصى بها لعدد من فئات الألياف التي تفي بأغراض هذه التوصية. وجرى تحديد هذه الفئات أساساً بناء على اشتراطات التشتت بأسلوب الاستقطاب (PMD) وخصائص التشتت اللوني. انظر التذييل I لمزيد من الإيضاح بشأن المسافات ومعدلات البتات الخاصة بالإرسال بالنسبة إلى اشتراطات PMD المطلوبة.

الجدول 1، "نعوت G.655.A"، والجدول 2 "نعوت G.655.B" يردان في طبعة عام 2005 لهذه التوصية.

ويستعيد الجدول 3 "نعوت G.655.C" المواصفة القديمة الإجمالية الخاصة بمعامل التشتت، مما يتيح مراعاة الألياف ذات التشتت السلبي التي قد تكون مفيدة في إطار وصلات إدارة التشتت كذلك التي يمكن استخدامها في الأنظمة البحرية. ويتيح ذلك أيضاً إعداد توصيات تتعلق بالسطوح البينية البصرية مثل التوصيات ITU-T G.691 و G.959.1 و G.693. وفيما يتعلق بالأنظمة DWDM فتتوفر المبادعة بين القنوات المحددة في التوصية ITU-T G.694.1 تبعاً لأقل تشتت مذكور. وتتيح القيمة PMD المطلوب للأنظمة STM-64 بالعمل على أطوال تصل حتى 2000 km تبعاً لعناصر أخرى في هذه الأنظمة.

ويحدد الجدول 4 "نعوت G.655.D" القيم المطلوبة لمعامل التشتت اللوني على شكل زوج منحنيات الحدود تبعاً لطول الموجة في أطوال الموجات الواقعة بين 1460 nm و 1625 nm. وفيما يتعلق بأطوال الموجات التي تتجاوز 1530 nm يكون التشتت إيجابياً وذا اتساع كافٍ لإزالة معظم الانحطاطات غير الخطية. وتتوفر التطبيقات المذكورة في الجدول 3 لهذه الأطوال. أما فيما يتعلق بأطوال الموجات التي تقل عن 1530 nm، فإن التشتت يغير علامته، ولكن يمكن استعمال الليف للقيام بالتطبيقات CWDM في القنوات المصاحبة لطول موجة يساوي 1471 nm أو ما فوق.

ويحدد الجدول 5 "نعوت G.655.E" لأغراض التشتت اللوني القيم المطلوبة الشبيهة بالقيم الواردة في الجدول 4 ولكنها أعلى. مما قد يكون هاماً بالنسبة إلى بعض الأنظمة كذلك التي تحتوي على مبادعة أصغر بين القنوات. وتتوفر التطبيقات المذكورة في الجدول 3. والألياف التي تستوفي هذه القيم المطلوبة لها تشتت موجب وغير معدوم عند أطوال الموجات التي تتجاوز 1460 nm.

ملاحظة - يمكن لتطبيقات كثيرة تحت سطح مياه البحر أن تستخدم هذه الألياف. وفيما يتعلق بعدد من هذه التطبيقات، يمكن اختيار حدود تختلف عن الحدود المذكورة هنا من أجل بلوغ الاستخدام الأمثل. ومن الأمثلة على ذلك السماح لطول موجة كبل القطع بأن تصل إلى قيم قد تبلغ 1500 nm.

ويقدم التذييل I أمثلة متنوعة للتنفيذ تختلف على أساس اختلاف قيم التشتت اللوني، ومنحني التشتت وقيم معامل اللاخطية فيما يتعلق بالوصلات. وهذه الخيارات توضح الإمكانيات المختلفة للتسوية بين القدرة، والمباعدة بين القنوات، وطول الوصلة ومباعدة المكبر ومعدل البتات.

الجدول G.655/3 - النعوت G.655.C

نوعت الألياف		
القيمة	التفصيل	النعت
nm 1550	طول الموجة	قطر مجال الأسلوب
μm 8-11	مدى القيم الاسمية	
μm 0,7 ±	نسبة التسامح	
μm 125	القيم الاسمية	قطر الغمد
μm 1 ±	نسبة التسامح	
μm 0,8	الحد الأقصى	خطأً مركزة اللب
%2,0	الحد الأقصى	لا دائرية الغمد
nm 1450	الحد الأقصى	طول موجة قطع الكبل
mm 30	نصف القطر	خسارة الانحناء الكلي
100	عدد الدورات	
dB 0,50	الحد الأقصى عند nm 1625	
GPa 0,69	الحد الأدنى	
nm 1565 و nm 1530	λ _{max} و λ _{min}	معامل التشتت اللوني مدى أطوال الموجة: nm 1565-1530
km ps/nm 1,0	أدنى قيمة D _{min}	
km ps/nm 10,0	أقصى قيمة D _{max}	
موجبة أو سالبة	علامة	
ps/nm km 5,0 ≥	D _{min} - D _{max}	
TBD	λ _{max} و λ _{min}	معامل التشتت اللوني مدى أطوال الموجة: nm 1565-1530
TBD	أدنى قيمة D _{min}	
TBD	أقصى قيمة D _{max}	
موجبة أو سالبة	علامة	
(انظر الملاحظة 1)	الحد الأقصى	المعامل PMD في ليف غير مكبل
نوعت الكبلات		
القيمة	التفصيل	النعت
dB/km 0,35	الحد الأقصى عند nm 1550	توهين المعامل
dB/km 0,4	الحد الأقصى عند nm 1625	
20 كبلًا	M	المعامل PMD
%0,01	Q	
ps/√km 0,20	أقصى تشتت PMD _Q	
الملاحظة 1 - تتحدد أقصى قيمة PMD _Q في الليف غير المكب بموجب الفقرة 2.6، بهدف تأمين القيمة الأولية المطلوبة للمعلمة PMD _Q في الكبل.		
الملاحظة 2 - يمكن أن يتفق المصنع والمستعمل على قيم PMD _Q أعلى (≥ 0,5 ps/√km مثلاً) لأغراض بعض التطبيقات الخاصة.		

الجدول 4/655.G - النعوت G.655.D

نعوت الألياف		
القيمة	التفصيل	النعت
nm 1550	طول الموجة	قطر مجال الأسلوب
μm 11-8	مدى القيم الاسمية	
μm 0,6 ±	نسبة السماح	
μm 125	القيمة الاسمية	قطر الغمد
μm 1 ±	نسبة السماح	
μm 0,6	الحد الأقصى	خطأ مركزه اللب
%1,0	الحد الأقصى	لا دائرية الغمد
nm 1450	الحد الأقصى	طول موجة قطع الكبل
mm 30	نصف القطر	خسارة الانحناء الكلي
100	عدد الدورات	
dB 0,1	الحد الأقصى عند 1625 nm	
GPa 0,69	الحد الأدنى	
$\frac{7,00}{90}(\lambda - 1460) + 4,20$	$D_{min}(\lambda): 1460-1550 \text{ nm}$	معامل التشتت اللوني (ps/nm·km)
$\frac{2,97}{75}(\lambda - 1550) + 2,80$	$D_{min}(\lambda): 1550-1625 \text{ nm}$	
$\frac{2,91}{90}(\lambda - 1460) + 3,29$	$D_{max}(\lambda): 1460-1550 \text{ nm}$	
$\frac{5,06}{75}(\lambda - 1550) + 6,20$	$D_{max}(\lambda): 1550-1625 \text{ nm}$	
نعوت الكبلات		
القيمة	التفصيل	النعت
dB/km 0,35	الحد الأقصى عند 1550 nm	توهين المعامل
dB/km 0,4	الحد الأقصى عند 1625 nm	
20 كبلًا	M	المعامل PMD
%0,01	Q	
ps/√km 0,20	أقصى تشتت PMD _Q	
الملاحظة 1 - تتحدد أقصى قيمة PMD_Q في الليف غير المكب بموجب الفقرة 2.6، بهدف تأمين القيمة الأولية المطلوبة للمعلمة PMD_Q في الكبل. الملاحظة 2 - يمكن أن يتفق المصنع والمستعمل على قيم PMD_Q أعلى ($\geq 0,5 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$ مثلاً) لأغراض بعض التطبيقات الخاصة.		

الجدول 5/G.655 - نعوت G.655.E

نوعت الألياف		
القيمة	التفصيل	النعت
nm 1550	طول الموجة	قطر مجال الأسلوب
μm 8-11	مدى القيم الاسمية	
μm 0,6 ±	مدى التسامح	
μm 125	مدى القيم الاسمية	قطر الغمد
μm 1 ±	مدى التسامح	
μm 0,6	الحد الأقصى	خطاً مركزة اللب
%1,0	الحد الأقصى	لا دائرية الغمد
nm 1450	الحد الأقصى	طول موجة قطع الكبل
mm 30	نصف القطر	خسارة الانحناء الكلي
100	عدد الدورات	
dB 0,1	الحد الأقصى عند 1625 nm	
GPa 0,69	الحد الأدنى	إجهاد الصمود
$\frac{5,42}{90}(\lambda - 1460) + 0,64$	$D_{min}(\lambda): 1460-1550 \text{ nm}$	معامل التشتت اللوني (ps/nm·km)
$\frac{3,30}{75}(\lambda - 1550) + 6,06$	$D_{min}(\lambda): 1550-1625 \text{ nm}$	
$\frac{4,65}{90}(\lambda - 1460) + 4,66$	$D_{max}(\lambda): 1460-1550 \text{ nm}$	
$\frac{4,12}{75}(\lambda - 1550) + 9,31$	$D_{max}(\lambda): 1550-1625 \text{ nm}$	
نوعت الكبلات		
القيمة	التفصيل	النعت
dB/km 0,35	الحد الأقصى عند 1550 nm	توهين المعامل
dB/km 0,4	الحد الأقصى عند 1625 nm	
20 كبلًا	M	المعامل PMD
%0,01	Q	
ps/√km 0,20	أقصى تشتت PMD _Q	
الملاحظة 1 - تتحدد أقصى قيمة PMD_Q في الليف غير المكعب بموجب الفقرة 2.6، بهدف تأمين القيمة الأولية المطلوبة للمعلمة PMD_Q في الكبل. ملاحظة 2 - يمكن أن يتفق المصنع والمستعمل على قيم PMD_Q أعلى (≥ 0,5 ps/√km مثلاً) لأغراض بعض التطبيقات الخاصة.		

التذييل I

معلومات عن نعوت الوصلات وتصميم الأنظمة

عادة ما تشتمل الوصلة المتسلسلة على عدد من أطوال الصنع المتراكبة من كبلات الألياف البصرية. وترد في الفقرتين 5 و6 الاشتراطات الخاصة بطول الصنع. وينبغي لمعلومات الإرسال الخاصة بالوصلات المتسلسلة ألا تأخذ في الحسبان أطوال فرادى الكبلات فقط بل إحصاءات التسلسل أيضاً.

وستحتوي خصائص الإرسال لكبلات الألياف البصرية بأطوال الصنع على درجة معينة من توزيع الاحتمالات، وهي مسألة لا بد أن تؤخذ في الحسبان حتى يمكن التوصل إلى أكثر التصميمات نجاعة من الوجهة الاقتصادية. وينبغي قراءة الفقرات التالية من هذا التذييل مع مراعاة الطبيعة الإحصائية للمعلومات المختلفة.

وتتأثر خصائص الوصلات بعوامل أخرى غير كبلات الألياف البصرية، مثل أجزاء الوصلات، ومعدات التوصيل، والتركيب. ولا يمكن تفصيل كل هذه العوامل في هذه التوصية. ولأغراض تقدير قيم نعوت الوصلات، سترد في الفقرة 5.I أدناه القيم النمطية لوصلات الألياف البصرية. وتقدم الفقرة 6.I بعض أمثلة للتنفيذ، حيث يتضح أن القيم النمطية للتشتت اللوني تختلف من مثال إلى آخر. وتركز طرائق تقدير المعلومات الخاصة بتصميم الأنظمة على القياسات أو النمذجة أو على اعتبارات أخرى.

1.I التوهين

توضح الصيغة التالية التوهين A لوصلة:

$$A = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y$$

حيث:

α المعامل النمطي للتوهين لكبلات الألياف في وصلة

α_s متوسط خسارة الجدالة

x عدد الجدالات في وصلة

α_c متوسط الخسارة الناتجة عن واصلات الخط

y عدد واصلات الخط في وصلة (في حالة وجودها)

L طول الوصلة

وينبغي السماح بهامش ملائم للتعديلات التي يمكن إدخالها مستقبلاً على تشكيلات الكبل (جدالات إضافية، أطوال كبل زائدة، آثار التقادم، تغيرات درجة الحرارة، وما إلى ذلك). ولا تشمل المعادلة الواردة أعلاه الخسارة الناجمة عن واصلات المعدات. وتتعلق القيم النمطية الواردة في الفقرة 5.I بمعامل توهين وصلات الألياف البصرية. وينبغي لموازنة التوهين المستخدمة في تصميم نظام فعلي أن تراعي التغيرات الإحصائية في هذه المعلومات.

2.I التشتت اللوني

يمكن حساب التشتت اللوني، بالوحدة nm/ps، انطلاقاً من معاملات التشتت اللوني لأطوال الصنع، بافتراض وجود علاقة خطية مع الطول ومع الاعتبار الواجب لعوامل المعاملات (انظر الفقرة 10.5).

وعندما تستخدم هذه الألياف للإرسال في المنطقة 1550 nm، يستخدم أحياناً التشتت اللوني بعد تكييفه ومواءمته. وفي هذه الحالة يستخدم متوسط التشتت اللوني للوصلة لأغراض التصميم. وتوصف هذه العلاقة استناداً إلى المعاملات النمطية للتشتت اللوني ومعامل منحني التشتت اللوني عند 1550 nm.

وتختلف القيم النمطية لمعامل التشتت اللوني، D_{1550} ، ومعامل انحدار التشتت اللوني، S_{1550} ، عند 1550 nm باختلاف التنفيذ المعين. ويمكن العثور على القيم في الفقرة 6.I فيما يتعلق بالأمثلة المقدمة. ويمكن الاستعانة بهذه القيم وطول الوصلة L_{Link} في حساب نوع التشتت المستخدم لتصميم الوصلة البصرية.

$$D_{Link}(\lambda) = L_{Link} [D_{1550} + S_{1550}(\lambda - 1550)] \quad (ps/nm)$$

3.I زمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات (DGD)

زمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات هو الفرق بين لحظة وصول أسلوبين مختلفين للاستقطاب بطول موجة معين وفي وقت معين. وفيما يتعلق بوصلة لها معامل معين للتشتت بأسلوب الاستقطاب، تختلف وصلة زمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات بصورة عشوائية باختلاف الوقت وطول الموجة مثل حالة توزيع ماكسويل الذي يحتوي معلمة واحدة فقط، تمثل في حاصل ضرب معامل التشتت بأسلوب الاستقطاب للوصلة في الجذر التربيعي لطول الوصلة. وإضعاف النظام الناشئ عن التشتت بأسلوب الاستقطاب في لحظة معينة وعند طول موجة معين إنما يتوقف على زمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات في تلك اللحظة وعند طول الموجة ذاتها. وهكذا استحدثت وسائل تسمح بوضع حدود مفيدة لتوزيع زمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات، ويرتبط هذا التوزيع بتوزيع وحدود معامل التشتت بأسلوب الاستقطاب لكبل الألياف البصرية. وقد جرى عرض هذه الوسائل وتوثيقها في النشرة رقم IEC/TR 61282-3. وترد فيما يلي مقاسات حدود توزيع زمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات:

- طول الوصلة المرجعي L_{Ref} : هو الحد الأقصى للوصلة الذي ينطبق عليه الحد الأقصى لزمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات والاحتمال الأقصى. وبالنسبة إلى الوصلات الأكثر طولاً، ينبغي ضرب الحد الأقصى لزمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات في النسبة بين الجذر التربيعي للطول الفعلي والطول المرجعي.
- الحد الأقصى لطول الكبل النمطي، L_{Cab} : يمكن الحصول على القيم القصوى، عندما يكون طول فرادى كبلات التسلسل أو طول الكبلات المقيسة لتحديد توزيع معامل التشتت بأسلوب الاستقطاب، أقل من هذه القيمة.
- الحد الأقصى لزمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات، DGD_{max} : قيمة زمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات التي يمكن استخدامها في تصميم نظام بصري.
- الاحتمال الأقصى، P_F : هو احتمال أن تتجاوز قيمة فعلية لزمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات الحد الأقصى لهذا الزمن (DGD_{max}).

ملاحظة - لا تتناول هذه التوصية تحديد إسهام عناصر أخرى غير كبلات الألياف البصرية، ولكن هذه المسألة بحثت في النشرة IEC/TR 61282-3.

4.I المعامل غير الخطي

يتفاعل تأثير التشتت اللوني مع المعامل غير الخطي، n_2/A_{eff} ، وذلك فيما يتعلق بأنحطاطات النظام نتيجة لآثار البصرية غير الخطية (انظر التوصيتين ITU-T G.663 و ITU-T G.650.2). وتختلف القيم النمطية باختلاف التطبيق. ولا تزال طرائق الاختبار للمعامل غير الخطي قيد الدراسة.

5.I جداول القيم النمطية الشائعة

تمثل القيم الواردة في الجدولين 1.I و 2.I وصلات الألياف البصرية المتسلسلة طبقاً للفقرتين 1.I و 3.I على التوالي. أما القيم الضمنية الواردة في الجدول 2.I بشأن زمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات في الألياف، فقد قدمت على سبيل الإرشاد فيما يخص المتطلبات من العناصر البصرية الأخرى التي قد توجد في الوصلة.

الجدول G.655/1.I – قيم التوهين في الوصلة

معامل التوهين	منطقة طول الموجة	القيمة النمطية للوصلة
(ملاحظة)	nm 1565 – 1530	km/dB 0,275
	nm 1625 – 1565	km/dB 0,35
ملاحظة – تناظر القيمة النمطية للوصلة معامل توهين الوصلة المستخدم في التوصيتين ITU-T G.957 و ITU-T G.692.		

الجدول G.655/2.I – زمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات

القيمة القصوى PMDQ ($\sqrt{\text{km/ps}}$)	طول الوصلة (km)	الحد الأقصى الضمني لزمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات، المستحث بواسطة الألياف (ps)	معدلات البتات في القنوات
بدون تحديد			Gbit/s 2,5 حتى
0,5	400	25,0	Gbit/s 10
	40	19,0 (الملاحظة 1)	Gbit/s 10
	2	7,5	Gbit/s 40
0,20	3000	19,0	Gbit/s 10
	80	7,0	Gbit/s 40
0,10	4000 <	12,0	Gbit/s 10
	400	5,0	Gbit/s 40
الملاحظة 1 – هذه القيمة تنطبق أيضاً على أنظمة إيثرنت التي تبلغ قدرتها 10 Gbit/s.			
الملاحظة 2 – يبلغ طول قسم الكبل 10 km باستثناء الوصلة التي يتجاوز طولها 4000 km إلى 0,10 $\sqrt{\text{km/ps}}$ ، حيث يبلغ طول قسم الكبل 25 km، ومستوى الاحتمال هو $10^{-8} \cdot 6,5$.			

6.I أمثلة التنفيذ

ترد فيما يلي بعض أمثلة التنفيذ التي جرى تصميمها لاستمثال بدائل مختلفة في القدرة، ومباعدة القنوات، وفصل المكبر، وطول الوصلة، ومعدل البتات. وهذه الأمثلة ليست سوى تنويعات في معاملات التشتت اللوني وانحدار التشتت ومعامل اللاخطية. وما هي إلا أمثلة لا تستبعد إمكانات أخرى في مجال التنفيذ. وقد تم اختيار معرفاتها بطريقة عشوائية ومن ثم فإنها لا تعبر عن الأولوية.

الجدول G.655/3.I – أمثلة تنطوي على $\lambda_{min} = \text{nm } 1530$ و $\lambda_{max} = \text{nm } 1565$

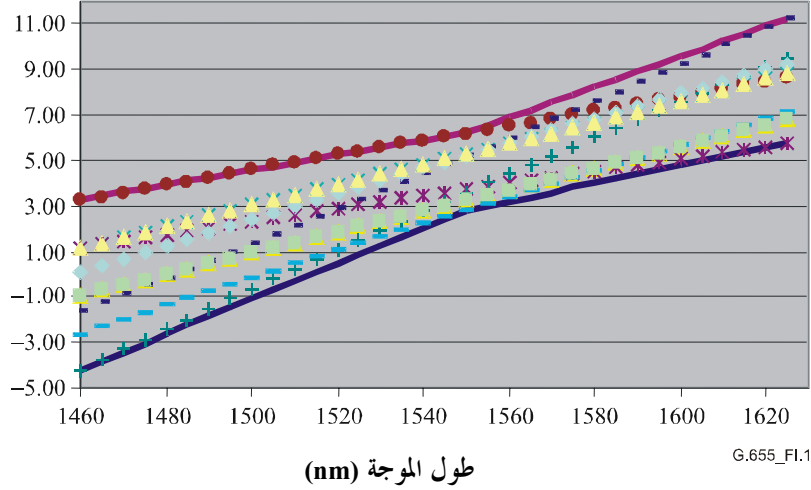
مثال المَعْرِف	D_{min} (km·nm/ps)	D_{max} (km·nm/ps)	العلامة	معامل التشتت النمطي عند nm 1 550 (km·nm/ps)	انحدار التشتت النمطي عند nm 1 550 (km ² ·nm/ps)
A	1,3	5,8	+	3,7	0,070
B	2,0	6,0	+	4,2	0,085
C	2,6	6,0	+	4,4	0,045
D	5,0	10,0	+	8,0	0,058
E	1,0	6,0	–	2,3–	0,065
ملاحظة – تجري حالياً دراسة القيم المناظرة للتشتت اللوني في منطقة nm 1 600.					

7.I حدود معامل التشتت اللوني للجدولين D و E

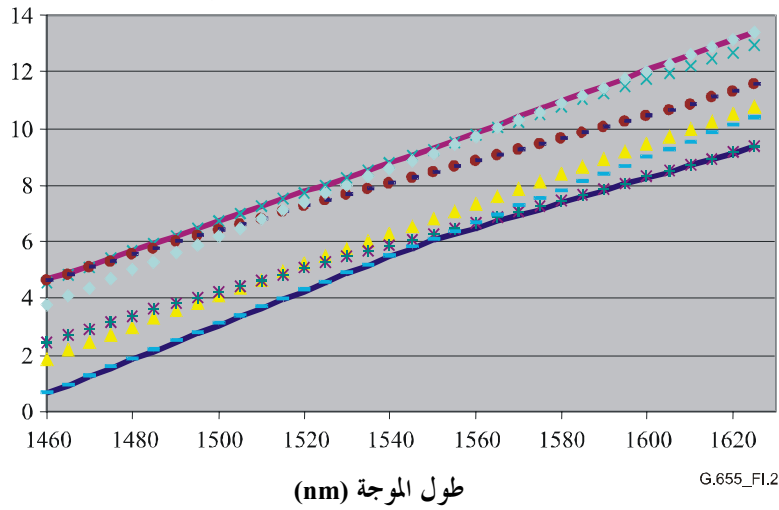
تستند المعادلات المستخدمة في تعيين حدود معامل التشتت اللوني تبعاً لطول الموجة إلى دراستين تتناولان الألياف الواردة في الجدول D والألياف الواردة في الجدول E على التوالي. في الدراسة الأولى خمسة مصنعين وفي الثانية أربعة، قدم كل منهم

متوسط القيمة والتخالف النمطي تبعاً لطول الموجة فيما يتعلق بطول الموجات المنحصرة بين 1460 nm و 1625 nm، بفارق 5 nm لكل منها. وتم حساب القيمة المتوسطة زائد أو ناقص ثلاثة أضعاف التخالف النمطي وذلك لكل طول موجة وكل مصنع. وتم حساب الحدين الأدنى والأقصى لمجموع المصنعين. وتمت تسوية النتائج الحاصلة بواسطة منحني خطي مع نقطة قطع عند 1550 nm من أجل خفض مجموع القيم المطلقة للفرق إلى أكبر حد ممكن مع الحفاظ على مبدأ إدراج جميع المعطيات بين المنحنيين.

وتظهر نتائج الجدولين D و E في الشكلين 1.I و 2.I على التوالي. ويعادل الخطان المتصلتان الحدود الواردة في الفقرة 7. أما المعطيات المتبقية فهي نتائج الدراسة.



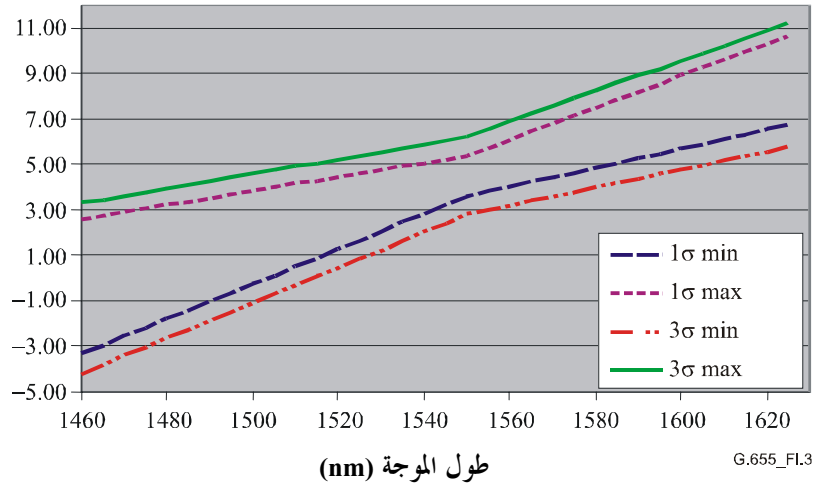
الشكل 1.I - حدود التشتت في الألياف حسب القيم الواردة في الجدول D



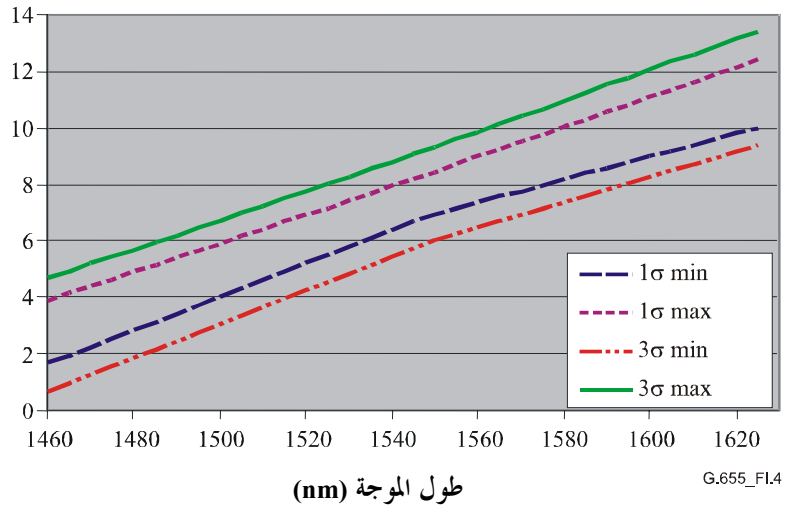
الشكل 2.I - حدود التشتت في الألياف حسب القيم الواردة في الجدول E

تنطبق الحدود الواردة في الفقرة 7 على الألياف المتفرقة. وقد يكون مدى القيم المرافقة لوصلات الألياف المتسلسلة أصغر. أما بالنسبة إلى الألياف G.652 التي يقل تنوع قيمها من مصنع إلى آخر، فإن القيمة المتوسطة زائد التخالف النمطي الواردة في الملحق 39 لسلسلة التوصيات ITU-T G هي الحد المعتمد في النظام.

وتم تطبيق هذه الطريقة من أجل تحديد المنحنيات الحدية التي تضم جميع النتائج المتصلة بالقيمة المتوسطة زائد أو ناقص التخالف النمطي. وتظهر النتائج على شكل رسم بياني في الشكلين 3.I و 4.I. كما تظهر المعطيات المتصلة بالقيمة المتوسطة زائد أو ناقص ثلاثة أضعاف التخالف النمطي على سبيل المقارنة. ويقدم الجدولان 4.I و 5.I المعادلات المتعلقة بالقيم الحدية التي تضم نتائج الدراسات فيما يتعلق بالقيمة المتوسطة زائد أو ناقص ثلاثة أضعاف التخالف النمطي.



الشكل 3.I - مقارنة القيم الحدية للألياف الواردة في الجدول D



الشكل 4.I - مقارنة القيم الحدية للألياف الواردة في الجدول E

الجدول G.655/I.4 - حدود القيمة المتوسطة زائد أو ناقص التخالف النمطي في الألياف الواردة في الجدول D

$\frac{6,94}{90}(\lambda - 1460) - 3,34$	$D_{min}(\lambda): 1460-1550 \text{ nm}$	معامل التشتت اللوني (ps/nm·km)
$\frac{3,13}{75}(\lambda - 1550) + 3,60$	$D_{min}(\lambda): 1550-1625 \text{ nm}$	
$\frac{2,78}{90}(\lambda - 1460) + 2,60$	$D_{max}(\lambda): 1460-1550 \text{ nm}$	
$\frac{5,28}{75}(\lambda - 1550) + 5,38$	$D_{max}(\lambda): 1550-1625 \text{ nm}$	

الجدول G.655/I.5 - حدود القيمة المتوسطة زائد أو ناقص التخالف النمطي في الألياف الواردة في الجدول E

$\frac{5,28}{90}(\lambda - 1460) + 1,68$	$D_{min}(\lambda): 1460-1550 \text{ nm}$	معامل التشتت اللوني (ps/nm·km)
$\frac{3,05}{75}(\lambda - 1550) + 6,96$	$D_{min}(\lambda): 1550-1625 \text{ nm}$	
$\frac{4,56}{90}(\lambda - 1460) + 3,89$	$D_{max}(\lambda): 1460-1550 \text{ nm}$	
$\frac{3,96}{75}(\lambda - 1550) + 8,45$	$D_{max}(\lambda): 1550-1625 \text{ nm}$	

بييليوغرافيا

- الوثيقة IEC/TR 61282-3 (2002)، دليل تصميم أنظمة الاتصال بالألياف البصرية - الجزء 3: حساب التشتت بأسلوب الاستقطاب.

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 للتعريف
السلسلة E	التشغيل العام للشبكة والخدمة الهاتفية وتشغيل الخدمات والعوامل البشرية
السلسلة F	خدمات الاتصالات غير الهاتفية
السلسلة G	أنظمة الإرسال ووسائله والأنظمة والشبكات الرقمية
السلسلة H	الأنظمة السمعية المرئية والأنظمة متعددة الوسائط
السلسلة I	الشبكة الرقمية متكاملة الخدمات
السلسلة J	الشبكات الكبلية وإرسال إشارات البرامج الإذاعية الصوتية والتلفزيونية وإشارات أخرى متعددة الوسائط
السلسلة K	الحماية من التداخلات
السلسلة L	إنشاء الكبلات وغيرها من عناصر المنشآت الخارجية وتركيبها وحمايتها
السلسلة M	شبكة إدارة الاتصالات (TMN) وصيانة الشبكات: أنظمة الإرسال والدارات الهاتفية والإبراق والطبصلة والدارات المؤجرة الدولية
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 المطرافة للخدمات البرقية
السلسلة T	المطاريق الخاصة بالخدمات التلمائية
السلسلة U	التبديل البرقي
السلسلة V	اتصالات المعطيات على الشبكة الهاتفية
السلسلة X	شبكات المعطيات والاتصالات بين الأنظمة المفتوحة
السلسلة Y	البنية التحتية العالمية للمعلومات وبروتوكول الإنترنت
السلسلة Z	لغات البرمجة والخصائص العامة للبرامجيات في أنظمة الاتصالات