

G.653

(2006/12)

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
وذاات التشتت المتخالف

التوصية ITU-T G.653

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 المهاتفة الراديوية والمهاتفة السلكية
G.699 – G.600	خصائص وسائط الإرسال والأنظمة البصرية
G.609 – G.600	اعتبارات عامة
G.619 – G.610	أزواج كبلات متناظرة
G.629 – G.620	أزواج الكبلات البرية متحدة المحور
G.639 – G.630	الكبلات البحرية
G.649 – G.640	الأنظمة البصرية في الفضاء الحر
G.659 – G.650	كبلات الألياف البصرية
G.679 – G.660	خصائص المكونات والأنظمة الفرعية البصرية
G.699 – G.680	خصائص الأنظمة البصرية
G.799 – G.700	التجهيزات الطرفية 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 العامة والجوانب المتعلقة بالمستعمل
G.6999 – G.6000	خصائص وسائط الإرسال
G.7999 – G.7000	البيانات عبر طبقة النقل – الجوانب العامة
G.8999 – G.8000	جوانب الرزم عبر طبقة النقل
G.9999 – G.9000	شبكات النفاذ

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

خصائص الكبلات والألياف البصرية أحادية الأسلوب وذات التشتت المتخالف

ملخص

تصف هذه التوصية النعوت الهندسية والميكانيكية ونعوت الإرسال في الكبلات والألياف البصرية أحادية الأسلوب التي يتخالف أطوال موجاتها معدومة التشتت في منطقة الموجات البالغ طولها 1550 nm. وهذه الطبعة هي أحدث مراجعة لتوصية يرجع تاريخ أول طبعة لها إلى عام 1988.

وهي تبين في الجدول 2 (G.653.B) خصائص التشتت اللوني. وتقيّد هذه الفئة معامل التشتت اللوني من خلال زوج من المنحنيات المحددة لطول الموجات الواقع بين 1460 nm و 1625 nm. والغرض من التوسيع إلى أطوال الموجات هذه هو توفير المعلومات اللازمة لتطبيقات تعدد الإرسال بتقسيم تقريبي لطول الموجات التي لا تسبب انخفاطاً كبيراً ناجماً عن التأثير اللاخطي.

المصدر

وافقت لجنة الدراسات 15 (2005-2008) لقطاع تقييس الاتصالات بتاريخ 14 ديسمبر 2006 على التوصية ITU-T G.653 بموجب الإجراء المحدد في التوصية ITU-T A.8.

التواريخ

1988	الطبعة 1.
1993	الطبعة 2.
1997	الطبعة 3.
2000	الطبعة 4. أُناحت هذه المراجعة تكييف بنية التوصية مع التوصيات الأخرى المتعلقة بالألياف البصرية مثل التوصيات G.652 و G.654 و G.655.
2003	الطبعة 5. أُناحت هذه المراجعة تعديل وصف معامل التشتت اللوني بهدف تسهيل فهمه. وأُناحت أيضاً، للحد الأعلى للنطاق L الذي يساوي 16xx nm أن يصبح 1625 nm طبقاً للاتفاق بشأن وصف نطاقات الطيف. وتمت الاستعاضة عن تسميتي الفئة الفرعية الأساسية والفئة الفرعية بالفئة الأساسية والفئة على التوالي. ونشأت فئة جديدة هي G.653.B، تم إنقاص حد تشتتها PMD (بالنسبة إلى 0,5 ps/√km). وفيما يخص اختبار الانحناء الموسع تم تنقيص نصف قطر الأسطوانة إلى 30 mm.
2006	الطبعة 6. وفقاً للاتصالات مع المسائل الأخرى طُبقت في الجدول 2 (G.653.B) منحنيات التحديد بديلاً من "مواصفات الإطار". وفيما يتعلق بالجدول 2 تم تحيين النعوت الأخرى لتنسجم مع التوصيتين ITU-T G.652 (2005) و ITU-T G.655 (2006).

يلاحظ مما تقدم أن هذه التوصية تطورت كثيراً مع الزمن؛ ويرجى من القارئ أن يرجع إلى الطبعة المناسبة لتحديد خصائص المنتجات المستعملة مع مراعاة تاريخ إنتاجها. وبالحقيقة يفترض أن تكون المنتجات مطابقة للتوصية التي كانت نافذة أثناء إنتاجها وقد لا تكون متطابقة بشكل كامل مع الطبقات اللاحقة للتوصية.

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. والتقييد بهذه التوصية اختياري. غير أنها قد تضم بعض الأحكام الإلزامية (بهدف تأمين قابلية التشغيل البيئي والتطبيق مثلاً). ويعتبر التقيد بهذه التوصية حاصلًا 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 2009

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

جدول المحتويات

الصفحة

1	 مجال التطبيق	1
1	 المراجع	2
1	 1.2 المراجع المعيارية	
2	 2.2 المراجع الإعلامية	
2	 المصطلحات والتعاريف	3
2	 المختصرات	4
3	 نعوت الألياف	5
3	 1.5 قطر مجال الأسلوب	
3	 2.5 قطر الغمد	
3	 3.5 خطأ المركزة اللبية	
3	 4.5 اللادائرية	
3	 5.5 طول موجة القطع	
4	 6.5 خسارة الانحناء الكلي	
4	 7.5 الخصائص المادية للألياف	
4	 8.5 خصائص دليل الانكسار	
5	 9.5 الانتظام الطولي للتشتت اللوني	
5	 10.5 معامل التشتت اللوني	
6	 نعوت الكبل	6
6	 1.6 معامل التوهين	
6	 2.6 معامل التشتت العياري للاستقطاب (PMD)	
7	 جدول القيم الموصى بها	7
10	 التذييل I - معلومات عن نعوت الوصلات وتصميم الأنظمة	
10	 1.I التوهين	
10	 2.I التشتت اللوني	
11	 3.I مهلة انتشار المجموعة التفاضلية (DGD)	
11	 4.I معامل اللاحطية	
11	 5.I جدول القيم النمطية العادية	
12	 6.I القيم الحدية لمعامل التشتت اللوني في الجدول 2	
14	 بيليوغرافيا	

خصائص الكبلات والألياف البصرية أحادية الأسلوب وذات التشتت المتخالف

1 مجال التطبيق

تصف هذه التوصية الكبلات والألياف البصرية أحادية الأسلوب ذات التشتت المتخالف والتي يقارب طول موجتها معدومة التشتت 1550 nm مع معامل تشتت يتزايد بوتيرة واحدة مع طول الموجة. ويتم استمثال هذه الألياف في منطقة الموجات البالغ طولها 1550 nm، ولكنها تستعمل أيضاً في جوار منطقة الموجات 1310 nm شريطة استيفاء الشروط الواردة في هذه التوصية. ولقد تم وضع عدد من الأحكام لتوفير إرسال الموجات بأطوال أعلى تصل إلى 1625 nm وبأطوال أدنى تصل إلى 1460 nm. ويمكن تحديد قيم معامل التشتت اللوني عند أطوال الموجات هذه بهدف دعم أنظمة تعدد الإرسال بتقسيم تقريبي لطول الموجات (CWDM) التي لا تعاني من انحطاط كبير ناجم عن التأثيرات اللاخطية. وتقسم المعلومات الهندسية والميكانيكية ومعلومات الإرسال فيما بعد إلى ثلاث فئات من النعوت:

- نعوت الألياف المحفوظ عليها طوال التكبير والتركيب؛
 - نعوت الكبل للكبلات كما يجري تسليمها؛
 - نعوت الوصلة الخاصة بالكبلات المتفرعة والتي تصف طريقة تقدير معلومات السطح البيني للنظام الذي يستند إلى القياسات أو النموذج أو إلى اعتبارات أخرى. ويقدم التذييل I معلومات عن نعت الوصلة وعن مفهوم الأنظمة.
- وتخصص هذه التوصية وفئات الأداء المختلفة الواردة في جداول الفقرة 7 لتوفير الأنظمة المحددة في التوصيات التالية:

- التوصية G.957.
- التوصية G.691.
- التوصية G.692.
- التوصية G.693.
- التوصية G.959.1.
- التوصية G.977.
- التوصية G.695.
- التوصية G.698.1.

وتتناول التوصيتان [G.650.1] و [G.650.2] بالدراسة معنى المصطلحات المستخدمة في هذه التوصية والخطوط التوجيهية الواجب اتباعها لأغراض القياسات التي تهدف إلى التحقق من مختلف الخصائص. وتتزايد دقة تحديد خصائص هذه الألياف بما في ذلك تعريف المعلومات المطبقة وطرائق اختبارها والقيم الخاصة بها مع تطور الدراسات والتجارب.

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 الطباعات المذكورة سارية الصلاحية في وقت النشر. ولما كانت جميع التوصيات والمراجع الأخرى تخضع إلى المراجعة، يرجى من جميع المستعملين لهذه التوصية السعي إلى تطبيق أحدث طبعة للتوصيات والمراجع الأخرى الواردة أدناه. وتُنشر بانتظام قائمة توصيات قطاع تقييس الاتصالات السارية الصلاحية. والإشارة إلى وثيقة ما في هذه التوصية لا يضفي على الوثيقة في حد ذاتها صفة التوصية.

- [G.650.1] التوصية ITU-T G.650.1 (2004)، تعاريف وطرائق اختبار الخصائص الخطية المحددة للألياف والكبلات أحادية الأسلوب.
- [G.650.2] التوصية ITU-T G.650.2 (2005)، تعاريف وطرائق اختبار الخصائص الإحصائية وغير الخطية للألياف والكبلات أحادية.

2.2 المراجع الإعلامية

- تتضمن توصيات قطاع تقييس الاتصالات أحكاماً تشكل من خلال الإشارة إليها في هذا النص معلومات أخرى ذات الصلة.
- [G.663] التوصية ITU-T G.663 (2000)، جوانب تتعلق بتطبيقات الأنظمة الفرعية والمكبرات البصرية.
- [G.691] التوصية ITU-T G.691 (2006)، السطوح البينية البصرية للأنظمة STM-64 و STM-256 وأنظمة الترتاب الرقمي المتزامن الأخرى ذات المكبرات البصرية.
- [G.692] التوصية ITU-T G.692 (1998)، السطوح البينية البصرية للأنظمة متعددة القنوات ذات المكبرات البصرية.
- [G.693] التوصية ITU-T G.693 (2006)، السطوح البينية البصرية للتوصيلات المحلية.
- [G.695] التوصية ITU-T G.695 (2006)، السطوح البينية البصرية لتطبيقات تعدد الإرسال بتقسيم تقريبي لطول الموجات.
- [G.698.1] التوصية ITU-T G.698.1 (2006)، تطبيقات متعددة القنوات لتعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجات (DWDM) مع سطوح بينية بصرية أحادية القناة.
- [G.957] التوصية ITU-T G.957 (2006)، السطوح البينية البصرية للمعدات والأنظمة المتعلقة بالتراتب الرقمي المتزامن.
- [G.959.1] التوصية ITU-T G.959.1 (2006)، السطوح البينية البينية للطبقة المادية لشبكة النقل البصرية.
- [G.977] التوصية ITU-T G.977 (2006)، خصائص أنظمة الكبلات البحرية البصرية مع تكبير بصري.

3 المصطلحات والتعاريف

تنطبق التعاريف الواردة في التوصيتين ITU-T G.650.1 و ITU-T G.650.2 على هذه التوصية. وينبغي أن يتم تقريب القيم من الأرقام الواردة في جدول القيم الموصى بها قبل تقويم المطابقة.

4 المختصرات

تستعمل هذه التوصية المختصرات التالية:

CWDM	تعدد إرسال بتقسيم تقريبي لطول الموجات (Coarse Wavelength Division Multiplexing)
DGD	مهلة انتشار المجموعة التفاضلية (Differential Group Delay)
GPa	وحدة جيغاباسكال (GigaPascal)
PMD	التشتت العياري للاستقطاب (Polarization Mode Dispersion)
PMD _Q	معلمة إحصائية لتشتت الاستقطاب العياري في الوصلة (Statistical parameter for link PMD)
SDH	ترابطة رقمية تزامنية (Synchronous Digital Hierarchy)
TBD	للتحديد لاحقاً (To be determined)
WDM	تعدد الإرسال بتقسيم طول الموجة (Wavelength Division Multiplexing)

5 نعوت الألياف

لا توصي هذه التوصية إلا بالخصائص التي توفر إطار الحد الأدنى الأساسي لتصميم صنع الألياف. وتقدم جداول الفقرة 7 مديات القيم أو حدودها. ومن بين هذه القيم يظهر أن صنع الكبلات أو تركيبها يؤثران كثيراً على طول موجة قطع الليف المكبل والنشتت PMD. غير أن الخصائص الموصى بها تطبق بنفس الطريقة سواء تعلّق الأمر بالألياف الإفرادية أو الألياف المدججة في كبل ملفوف على أسطوانة أو الألياف التي تشكل جزءاً من الكبل المركب.

1.5 قطر مجال الأسلوب

ينبغي تحديد القيمة الاسمية والتفاوت المسموح به لهذه القيمة عند الموجات البالغ طولها 1550 nm. ويتعين أن ترد هذه القيمة الاسمية المحددة بين القيم المذكورة في الفقرة 7. وينبغي ألا يتجاوز التفاوت المسموح به القيمة المذكورة في الفقرة 7. كما ينبغي ألا يتجاوز الفرق مع القيمة الاسمية التفاوت المسموح به.

2.5 قطر الغمد

تبلغ القيمة الاسمية التي يوصى بها لقطر الغمد 125 µm. ويتم تحديد قيمة التفاوت المسموح به على ألا تتجاوز القيمة المذكورة في الفقرة 7. وينبغي ألا يتجاوز الفرق بين الغمد والقيمة الاسمية قيمة التفاوت المحددة.

3.5 خطأ المركزة البلية

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

4.5 اللادائرية

1.4.5 اللادائرية في مجال الأسلوب

إن اللادائرية ضعيفة في مجال أسلوب الألياف ذات مجالات الأسلوب الدائرية اسماً بقدر لا يؤثر على الانتشار أو التوصيل، عملياً ولذا فمن غير المفيد أن يوصى بقيمة خاصة للادائرية في مجال الأسلوب أثناء اختبارات الاستقبال. وفي العادة، لا يعد قياس دائرية مجال الأسلوب أثناء اختبارات الاستقبال ضرورياً.

2.4.5 لا دائرية الغمد

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

5.5 طول موجة القطع

ثمة ثلاثة أنماط مفيدة لطول موجة القطع هي:

(أ) طول موجة قطع الكبل λ_{cc} ؛

(ب) طول موجة قطع الكبل λ_c ؛

(ج) طول موجة قطع الكبل λ_{cj} .

وتتوقف العلاقة بين القيم المقيسة λ_c و λ_{cc} و λ_{cj} على الألياف المعنية ونمط الكبل وشروط القياس. وعموماً تكون $\lambda_c > \lambda_{cj} > \lambda_{cc}$ ولكنه من الصعب إقامة علاقة كمية فيما بينها. ومن الهام جداً تأمين إرسال وحيد الأسلوب على طول الحد الأدنى من الكبل بين التوصيلات البينية بأقصر طول موجة يمكن العمل بها. وذلك أمر ممكن في حال التوصية بأن يكون أقصى طول موجة قطع، λ_{cc} ، 1270 nm في كبل الليف وحيد الأسلوب المكبل أو أن يكون أقصى طول موجة قطع في وصلات العبور العادية قدره 1270 nm أو أن يكون أقصى طول موجة قطع لليف في طول منحنيات الحالة الأسوأ مساوياً للقيمة λ_c .

أما طول موجة قطع الكبل λ_{cc} فينبغي ألا يتجاوز الحد الأقصى المحدد في الفقرة 7.

الملاحظة 1 - بالنسبة إلى بعض التطبيقات الخاصة للكبلات البحرية قد تنشأ الحاجة إلى قيم أطوال موجات قطع أخرى.

الملاحظة 2 - لا تكفي التوصية الواردة أعلاه لتأمين تشغيل وحيد الأسلوب في منطقة الموجات nm 1310 لأغراض جميع إمكانيات التجميع لطول الموجة وطول الكبل وشروط تركيب الكبل. ويستحسن وضع حدود مناسبة للقيمتين λ_{cc} و λ_c في حالة التفكير بالعمل في منطقة الموجات nm 1310 مع الحرص الشديد على تفادي آثار الضوضاء العيارية في القيم الدنيا لطول الكبل بين وصلات التوصيل ووصلات العبور.

6.5 خسارة الانحناء الكلي

تتغير خسارة الانحناء الموسع بتغير طول الموجة ونصف قطر الانحناء وعدد الدورات حول أسطوانة بنصف قطر معين. وينبغي ألا تتجاوز خسارة الانحناء الكلي القيمة القصوى المحددة في الفقرة 7 بالنسبة لطول أو أطوال الموجة ونصف قطر الانحناء وعدد الدورات أيضاً.

الملاحظة 1 - قد يكون اختيار الكفاءة كافياً من أجل التحقق من استيفاء هذا الشرط.

الملاحظة 2 - يقابل عدد الدورات المطلوب العدد التقريبي للدورات الجارية في مجموع صناديق الجدالة في المكرر. ويعادل نصف القطر المطلوب أصغر نصف قطر انحناء مقبول عملياً في تركيب الألياف في الشبكات الحقيقية على الأمد الطويل وذلك من أجل تفادي الأعطال التي تنجم عن قيود الوهن الساكن.

الملاحظة 3 - في حال إجراء الاختبار لأسباب عملية مع عدد دورات أقل من العدد الموصى به، ينصح بألا يقل العدد عن 40 دورة وباستعمال قيمة توهين أدنى تتناسب مع عدد اللفات.

الملاحظة 4 - تتعلق التوصية المتصلة بخسارة الانحناء بتركيب الألياف في الشبكات الفعلية بالألياف وحيدة الأسلوب. ويدخل التأثير على خصائص توهين نصف قطر الانحناء الناتج من جدالة الألياف وحيدة الأسلوب المكبلة ضمن مواصفات توهين ألياف الكبلات.

الملاحظة 5 - لإجراء اختبارات دورية ولتسهيل القياس ولزائد من الدقة أيضاً يمكن استعمال عروة صغيرة القطر بلغة واحدة أو أكثر بدلاً من إجراء الاختبار الموصى به. ويستحسن في هذه الحالة اختيار قطر العروة وعدد اللفات والقيمة القصوى المقبولة لخسارة الانحناء على نحو يضمن توافق النتائج مع الاختبار الموصى به والمسموح.

7.5 الخصائص المادية للألياف

1.7.5 المواد المكونة للألياف

يستحسن الإشارة إلى المواد التي تكوّن منها الألياف.

ملاحظة - يتوجب توخي الحذر أثناء جدالة ودمج الألياف المكونة من مواد مختلفة. وتشير النتائج الأولية أن جدالة من السيلكا ذات النوعية العالية الجودة يعطي قيمة جيدة من حيث الخسارة وصلابة الجدالات.

2.7.5 مواد الحماية

يستحسن الإعلان عن الخواص الفيزيائية والكيميائية للمواد المستعملة في الكساء الأولي للليف وعن أفضل طريقة لإزالتها (عند الحاجة). وفي حالة الألياف وحيدة الغلاف ينبغي ذكر هذه المعلومات أيضاً.

3.7.5 عتبة الصمود

ينبغي ألا يقل حد الصمود σ_p عن الحد الأدنى المذكور في الفقرة 7.

ملاحظة - ترد تعاريف المعلمات الحركية في الفقرتين 2.3 و 6.5 من [G.650.1].

8.5 خصائص دليل الانكسار

من غير الضروري عموماً معرفة خصائص دليل الانكسار.

9.5 الانتظام الطولي للتشتت اللوني

قيد الدراسة.

ملاحظة - قد تختلف القيمة المطلقة المحلية لمعامل التشتت اللوني عند طول موجة معين اختلافاً شديداً عن القيمة المقيسة على مدى طول كبير. وإذا تناقصت هذه القيمة بشكل كبير لتصل إلى قيمة صغيرة عند طول موجة يقارب طول موجة التشغيل في نظام تعدد إرسال بتقسيم طول الموجة (WDM)، فإن خلط أربع موجات قد يؤدي إلى انتشار القدرة في أطوال موجات أخرى، بما في ذلك أطوال موجات تشغيل أخرى من جملة أطوال أخرى. واتساع قدرة خلط الموجات الأربع دلالة القيمة المطلقة لمعامل التشتت اللوني وميل التشتت اللوني وأطوال موجات التشغيل والقدرة البصرية وبعد النقطة التي يحدث فيها خلط الموجات الأربع.

10.5 معامل التشتت اللوني

يمكن الحصول على القيمة التقريبية لوقت انتشار المجموعة أو التشتت اللوني لكل وحدة من وحدات طول الليف بدلالة طول الموجة باستخدام المعادلة رباعية الحدود كما يحددها الملحق A من التوصية [G.650.1]. (انظر الفقرة 5.5 من [G.650.1] بشأن الخطوط التوجيهية المتعلقة باستقطاب قيم التشتت في أطوال الموجات غير المقيسة).

وتماشياً مع المواصفات المتصلة بدقة فواصل أطوال الموجات تصل إلى 35 nm، تقبل المعادلة الرباعية في منطقة الموجات البالغة 1550 nm. وفيما يخص فواصل أطوال الموجات الأكبر يوصى باستعمال نموذج "سيلمر" ذي الحدود الخمسة أو النموذج متعدد الحدود من الترتيب الرابع. ولا تستعمل المعادلة في منطقة الموجات البالغة 1310 nm.

ثمّة طريقتان لتعيين الحدود، الطريقة القديمة وهي مواصفة بدائية. والطريقة الجديدة والتي تتحدد فيها قيمتا معامل التشتت باستعمال زوج من المنحنيات.

ملاحظة - من غير الضروري إجراء قياسات روتينية لمعامل التشتت اللوني وطول الموجة معدومة التشتت.

1.10.5 نسق المواصفة القديمة

ينطبق هذا النسق مع الجدول 1 في الفقرة 7.

ويتحدد معامل التشتت اللوني $D(\lambda)$ في مدى أطوال الموجات بفرض فاصل من القيم المطلقة المقبولة لمعامل التشتت اللوني. ويكون شكل المواصفة هو التالي:

$$|D(\lambda)| \leq D_{\max} \text{ for } \lambda_{\min} \leq \lambda \leq \lambda_{\max}$$

حيث:

$$1525 \text{ nm} \leq \lambda_{\min} \leq \lambda_{\max} \leq 1575 \text{ nm}$$

وفي نفس الوقت يتحدد طول الموجة معدومة التشتت، λ_0 ، وميل التشتت المعدوم، S_0 ، بالمعادلتين التاليتين:

$$\lambda_{0\min} \leq \lambda_0 \leq \lambda_{0\max}$$

$$S_0 \leq S_{0\max}$$

وتقع القيم $D_{\max}$ و $\lambda_{\min}$ و $\lambda_{\max}$ و $\lambda_{0\min}$ و $\lambda_{0\max}$ و $S_{0\max}$ ضمن الفواصل الزمنية المشار إليها في الفقرة 7.

2.10.5 مواصفة زوج المنحنيات المحددة

تنطبق هذه المواصفة على الجدول 2 في الفقرة 7.

وفيما يتعلق بكل طول موجة يتعين الحد من معامل التشتت اللوني $(D(\lambda))$ ، ليصل إلى مدى القيم المصاحبة للمنحنيين المحددين $D_{\min}(\lambda)$ و $D_{\max}(\lambda)$ لمدى أطوال موجات محدد من $\lambda_{\min}$ إلى $\lambda_{\max}$. وإضافة إلى ذلك، يمكن تعيين حدود التشتت بشكل صريح لطول موجة محدد واحد أو أكثر.

وفيما يلي مثال لمجموعة منحنيات يمثل نظرياً زوجاً من الخطوط المستقيمة:

$$D_{\min}(\lambda) = a_{\min} + b_{\min} (\lambda - 1525) \quad (\text{ps/nm} \cdot \text{km})$$

$$D_{\max}(\lambda) = a_{\max} + b_{\max} (\lambda - 1575) \quad (\text{ps/nm} \cdot \text{km})$$

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

وتتغير منحنيات التحديد بتغير مدى طول الموجات.

6 نعوت الكبل

بما أن الخصائص الهندسية والبصرية للألياف المذكورة في الفقرة 5 لم تتأثر إلا قليلاً من عملية التكبيل، فإن هذه الفقرة تقدم توصيات خاصة بخصائص إرسال القطع الكبلية حسب طولها.

ويرد وصف الشروط المحيطة وشروط القياس البالغة الأهمية في الخطوط التوجيهية لطرائق القياس.

1.6 معامل التوهين

يتحدد معامل التوهين بقيمة قصوى في طول موجة واحد أو أكثر في منطقة الموجات بطول 1550 nm. وعندما تخصص هذه الكبلات للاستعمال بجوار منطقة الموجات بطول 1300 nm يكون معامل التوهين عموماً في هذه المنطقة أقل من 0,55 dB/km. وينبغي ألا تتجاوز قيمة معامل توهين كبلات الألياف البصرية القيم الواردة في الفقرة 7.

ملاحظة - يمكن حساب معامل التوهين لطيف أطوال الموجات استناداً إلى القياسات التي تجري على بعض (3 أو 4) أطوال الموجات المتنبأ بها. ويرد وصف هذا الإجراء في الفقرة 4.5 من التوصية [G.650.1] كما يرد مثال لليف G.652 في التذييل III من التوصية [G.650.1].

2.6 معامل التشتت العياري للاستقطاب (PMD)

ينبغي تحديد تشتت الاستقطاب العياري لليف الكبل استناداً إلى قاعدة إحصائية وليس إلى حالات ألياف إفرادية. ولا تنطبق الأحكام إلا على مظهر الوصلة المحسوبة استناداً إلى معلومات عن الكبل. ويعطى قياس المواصفة الإحصائية لاحقاً. وترد طرائق الحساب في الوثيقة IEC 61282-3 ويرد تلخيصها في التذييل IV من التوصية [G.650.2].

يتوجب على المصنّع توفير قيمة للوصلة PMD وهي المعلمة PMDQ التي تغير كحد إحصائي أعلى لمعامل تشتت الاستقطاب العياري في كبلات الألياف البصرية المتسلسلة في وصلة تقديرية محددة بين أقسام الكبلات M. ويعرّف الحد الأعلى بأنه سوية الاحتمال الضعيف، Q، التي تمثل احتمال تجاوز قيمة معامل التشتت العياري للاستقطاب المتسلسل للقيمة PMDQ. وبالنسبة إلى القيمتين M و Q الواردتين في الفقرة 7، ينبغي ألا تتجاوز القيمة PMDQ القيمة القصوى المحددة لمعامل التشتت العياري للاستقطاب.

إن قياسات ومواصفات الليف غير المكبل ضرورية لكنها غير كافية لتوفير مواصفة الليف المكبل. ويجب أن تكون القيمة القصوى المحددة لتصميم الوصلة في الليف غير المكبل أقل من تلك المحددة لليف المكبل أو تساويها. وتتوقف نسبة القيم PMD في الليف غير المكبل إلى الليف المكبل على تفاصيل تتعلق ببناء الكبل ومعالجته وعلى شروط أسلوب اقتران الليف غير المكبل. وتوصي التوصية [G.650.2] بنشر الاقتران بالأسلوب المنخفض الذي يتطلب لف منخفض الضغط في بكرة كبيرة القطر لأغراض قياسات التشتت PMD لليف غير المكبل.

ويمكن تفسير الحدود المفروضة على توزيع قيم معاملات التشتت العياري للاستقطاب بأنها مكافئة تقريباً لحدود التباين الإحصائي لمهلة انتشار المجموعة التفاضلية (DGD) وهي تغير عشوائياً بدلالة الوقت وطول الموجة. وعند تحديد توزيع معاملات التشتت العياري للاستقطاب في كبلات الألياف البصرية، يمكن تحديد قيم مكافئة لتغير مهلة انتشار المجموعة التفاضلية. ويقدم التذييل I قياس قيم حدود توزيع مهلة الانتشار DGD في الوصلات.

الملاحظة 1 - ينبغي عدم تحديد القيمة PMDQ إلا في حالة استعمال كبلات في الأنظمة التي تكون فيها انتشار المجموعة التفاضلية (DGD) القصوى محددة. وبعبارة أخرى ليس من الضروري مثلاً تحديد المعلمة PMDQ في حال استعمال الأنظمة التي توصي بها التوصية [G.957].

الملاحظة 2 - ينبغي حساب القيمة PMD_Q في عدة أنماط كبلات مختلفة، ويتم ذلك مبدئياً بواسطة قيم PMD للاعتيان، إذ إن أخذ العينات يجري في كبلات مشابهة من حيث تركيبها.

الملاحظة 3 - من غير الضروري تحديد القيمة PMD_Q في كبلات قصيرة مثل كبلات الوصلة (وصلات العبور) والكبلات الداخلية وكبلات التفريع.

7 جدول القيم الموصى بها

تلخص الجداول التالية القيم الموصى بها لعدد من فئات الألياف التي تستوفي شروط هذه التوصية. وصنفت هذه الفئات أساساً حسب القيم PMD المطلوبة ومواصفات التشتت اللوني. ولزيادة من المعلومات عن مسافات الإرسال ومعدلات البتات فيه نسبة إلى القيم PMD راجع التذييل I. ويقدم الجدول G.653.A/1 الذي يتناول النعوت، الفئة الأساسية لكبلات الألياف البصرية وحيدة الأسلوب ذات التشتت المتخالف وتحتفظ بالطريقة القديمة، "مواصفة الإطار"، لأغراض معامل التشتت. وتتلاءم هذه الفئة مع الأنظمة التي يرد وصفها في التوصيات [G.691] و [G.692] و [G.693] و [G.957] و [G.977] مع وجود تباعد مختلف بين القنوات في منطقة أطوال الموجات البالغة 1550 nm.

ويمكن استعمال الفئة الفرعية في العديد من التطبيقات البحرية. وبالنسبة إلى عدد من هذه التطبيقات يمكن اختيار حدود مختلفة عن تلك المذكورة هنا بغية التوصل إلى استمثال كامل. فيمكن مثلاً السماح بقيم طول موجة لأغراض الكبلات يصل إلى 1500 nm.

وأما الجدول G.653.B/2 الذي يتناول النعوت أيضاً، فيشبه الجدول G.653.A، غير أن المواصفات فيه الأكثر صرامة بالنسبة إلى التشتت PMD تضمن إمكانية أن توفر الأنظمة STM-64 أطوالاً أكبر على مسافة 400 km وتطبيقات النظام STM-256 المذكور في التوصية G.959.1.

ويحدد الجدول 2 الذي يعرض النعوت G.653.B شروط معامل التشتت اللوني كزوج منحنيات تحديد لطول الموجة فيما يتعلق بأطوال الموجات الواقفة بين 1460 nm و 1625 nm. وتتمكن هذه الفئة من القيام بتطبيقات تعدد الإرسال CWDM كما يبين الجدول 1. وتتيح قيم التشتت PMD المطلوبة للأنظمة STM-64 أن تمتد إلى أكثر من 400 km وتطبيقات النظام STM-256 المذكور في التوصية G.959.1.

الجدول G.653/1 - النعوت G.653.A

نوعت الألياف		
القيمة	التفصيل	النعت
nm 1550	طول الموجة	قطر مجال الأسلوب
μm 8,5-7,8	مدى القيم الاسمية	
μm 0,8±	التفاوت المسموح به	
μm 125	الاسمي	قطر الغمد
μm 1±	التفاوت المسموح به	
μm 0,8	الحد الأقصى	خطأ مركزة لبية
%2,0	الحد الأقصى	لا دائرية الغمد
nm 1270	الحد الأقصى	طول موجة قطع الكبل
mm 30	نصف القطر	خسارة الانحناء الموسع
100	عدد الدورات	
dB 0,5	الحد الأقصى عند الطول nm 1550	
GPa 0,69	الحد الأدنى	حد الصمود
nm 1525	λ _{min}	معامل التشتت اللوني
nm 1575	λ _{max}	
ps/(nm × km) 3,5	D _{max}	
nm 1500	λ _{0min}	
nm 1600	λ _{0max}	
ps/(nm ² × km) 0,085	S _{0max}	
(ملاحظة)	الحد الأقصى	معامل التشتت العياري للاستقطاب في ليف غير مكبل
نوعت الكبلات		
القيمة	التفصيل	النعت
dB/km 0,35	الحد الأقصى عند الطول nm1550	معامل التوهين
20 كبلًا	M	معامل التشتت العياري للاستقطاب (PMD)
%0,01	Q	
ps/√km 0,5	الحد الأقصى للمعامل PMD _Q	
ملاحظة - وفقاً للفقرة 2.6، تتحدد قيمة قصوى للتشتت PMD _Q في الألياف غير المكبلية بهدف توفير الشروط الأولية للقيمة PMD _Q في الكبل.		

الجدول G.653/2 – النعوت G.653.B

نعوت الألياف		
القيمة	التفصيل	النعوت
قطر مجال الأسلوب	طول الموجة	nm 1550
	مدى القيم الاسمية	μm 8,5-7,8
	التفاوت المسموح به	μm 0,6±
قطر الغمد	الاسمي	μm 125
	التفاوت المسموح به	μm 1±
خطاً مركزة لبية	الحد الأقصى	μm 0,6
لا دائرية الغمد	الحد الأقصى	%1,0
طول موجة قطع الكبل	الحد الأقصى	nm 1270
خسارة الانحناء الموسع	نصف القطر	mm 30
	عدد الدورات	100
	الحد الأقصى عند الطول nm 1550	0,1 dB
حد الصمود	الحد الأدنى	GPa 0,69
معامل التشتت اللوني (ps/nm × km)	$D_{min}(\lambda)$: 1460-1525 nm	$3,5 - (1525 - \lambda) * 0,085$
	$D_{min}(\lambda)$: 1525-1625 nm	$(1600 - \lambda) * 75/3,5$
	$D_{max}(\lambda)$: 1460-1575 nm	$(1500 - \lambda) * 75/3,5$
	$D_{max}(\lambda)$: 1575-1625 nm	$3,5 + (1575 - \lambda) * 0,085$
معامل التشتت العياري للاستقطاب في ليف غير مكبل	الحد الأقصى	(ملاحظة)
نعوت الكبلات		
القيمة	التفصيل	النعوت
معامل التوهين	الحد الأقصى عند الطول nm1550	dB/km 0,35
معامل التشتت العياري للاستقطاب (PMD)	M	20 كبلًا
	Q	%0,01
	الحد الأقصى للمعامل PMD _Q	ps/√km 0,20
الملاحظة 1 - وفقاً للفقرة 2.6، تتحدد قيمة قصوى للتشتت PMD_Q في الألياف غير المكبلة بهدف توفير الشروط الأولية للقيمة PMD_Q في الكبل. الملاحظة 2 - يمكن القبول بقيم تشتت PMD_Q أعلى (مثال $\geq 0,5$ ps/√km) في التطبيقات الخاصة بين المصنع والمستخدم.		

التذييل I

معلومات عن نعوت الوصلات وتصميم الأنظمة

تضم الوصلة المتسلسلة عادة عدداً من قطع أطوال الصنع التي خضعت للجدالة من كبل الألياف البصرية. وترد الشروط المتعلقة بقطع طول الصنع في الفقرتين 5 و6. وينبغي أن تراعي خصائص الإرسال في الوصلات المتسلسلة لا خصائص تشغيل قطع الكبل الخاصة وحسب بل إحصائيات التسلسل أيضاً.

ولخصائص إرسال كبلات الألياف البصرية بطول الصنع توزيع خاص للاحتمالات غالباً ما يتعين مراعاته إذا ما توجب اختيار التصميم الأكثر اقتصادية. وينبغي قراءة هذه الفقرة مع الانتباه إلى الطبيعة الإحصائية لمختلف المعلومات.

وتتأثر قيم نعوت الوصلة بعوامل أخرى غير كبلات الألياف البصرية مثل الجدالات والموصلات والتركيب. ولا مجال لتحديد هذه العوامل في هذه التوصية. وفيما يخص تقدير قيم نعوت الوصلة تقدم الفقرة 5.I قِيماً تغطي لوصلات الألياف البصرية. وتستند طريقة تقدير معلومات الليف اللازمة لتصميم الوصلات إلى القياسات أو القولية أو اعتبارات أخرى.

1.I التوهين

يعطى التوهين A في وصلة ما في الصيغة التالية:

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

حيث:

$$\alpha = \text{معامل التوهين النمطي لكبل الألياف البصرية في الوصلة؛}$$

$$L = \text{طول الوصلة؛}$$

$$\alpha_s = \text{متوسط خسارة الجدالة؛}$$

$$x = \text{عدد الجدالات في الوصلة؛}$$

$$\alpha_c = \text{متوسط التوهين في موصلات الخط؛}$$

$$y = \text{عدد موصلات الخط في الوصلة (إن توفر ذلك).}$$

يستحسن إعطاء هامش ملائم للتعديلات اللاحقة التي قد تدخل على تشكيلات الكبلات (جدالات إضافية، أطوال كبل إضافية، آثار القدم، تغير درجات الحرارة وغيرها). ولا تتضمن الصيغة المبينة أعلاه الخسارة الناجمة عن موصلات التجهيزات. أما القيم النمطية المعطاة في الفقرة 5.I فتتعلق بمعامل توهين وصلات الألياف البصرية. وينبغي أن تراعي حصيلة التوهين التي تستعمل في تصميم نظام التغيرات الإحصائية لهذه المعلومات.

2.I التشتت اللوني

يمكن حساب التشتت اللوني بالوحدات ps/nm استناداً إلى معاملات التشتت اللوني للقطع بأطوال الصنع بافتراض وجود علاقة خطية مع الطول ومع مراعاة إشارات المعاملات حسب الأصول (راجع الفقرة 10.5).

ويرد طول الموجة معدومة التشتت، λ_{0tp} ، وميل التشتت، S_{0tp} ، عند λ_{0tp} في الفقرة 5.I. ويمكن استخدام هذه القيم مع طول الوصلة، L_{Link} ، في حساب التشتت النمطي الواجب استعماله أثناء تصميم وصلة الألياف البصرية.

$$D_{Link}(\lambda) = L_{Link}[S_{0tp}(\lambda - \lambda_{0tp})] \quad (\text{ps/nm})$$

3.I مهلة انتشار المجموعة التفاضلية (DGD)

مهلة انتشار المجموعة التفاضلية هي الفرق بين لحظات وصول أسلوبي الاستقطاب في طول موجة ووقت معينين. وبالنسبة إلى وصلة ذات معامل تشتت استقطاب عياري محدد، تتغير المهلة DGD في هذه الوصلة عشوائياً بتغير الوقت وطول الموجة مثل توزيع ماكسويل ذي المعلمة الواحدة، مع العلم بأن هذه المعلمة هي حاصل ضرب معامل تشتت الاستقطاب العياري في الجذر التربيعي لطول الوصلة. ويرتبط انحناء النظام الناجم عن تشتت استقطاب عياري في لحظة محددة ولطول موجة محدد بوقت انتشار المجموعة التفاضلية في هذه اللحظة وعند هذا الطول للموجة. وتتضمن الوثيقة IEC 61282-3 شروحات ووثائق تتعلق بالوسائل التي تمكن من وضع حدود مفيدة لتوزيع وقت انتشار المجموعة التفاضلية المتصل بتوزيع معامل تشتت الاستقطاب العياري لكبلات الألياف البصرية وقيمتها الحدية. وقياس حدود توزيع الوقت DGD هو التالي:

ملاحظة - لا يندرج تحديد مساهمة المكونات الأخرى غير كبل الألياف البصرية في إطار هذه التوصية ولكنه معالج في الوثيقة IEC 61282-3.

طول الوصلة المرجعي، L_{Ref} : أقصى طول وصلة ينطبق مع أقصى DGD وأقصى احتمال. وبالنسبة إلى أطوال وصلة أكبر ينبغي ضرب DGD الأقصى في الجذر التربيعي للنسبة بين الطول الفعلي والطول المرجعي.

أقصى طول للكبل النمطي، L_{Cab} : تنتج القيم القصوى عندما تكون أطوال الكبلات الإفرادية النمطية للتسلسل أو أطوال الكبلات المقيسة لتحديد توزيع معامل التشتت PMD أقل من هذه القيمة.

أقصى وقت DGD، DGD_{max} : قيمة المهلة DGD التي تصلح للاستعمال في تصميم نظام بصري.

الاحتمال الأقصى، P_F : احتمال أن تكون القيمة الفعلية للمهلة DGD أكبر من القيمة DGD_{max} .

4.I معامل اللاحطية

يتفاعل أثر التشتت اللوني مع معامل اللاحطية، n_2/A_{eff} فيما يتعلق بانحناء النظام الذي تسببه الآثار البصرية غير الخطية (راجع التوصيتين ITU-T G.663 و ITU-T G.650.2). وتتغير القيم النمطية تبعاً للتطبيق. وما تزال طرائق اختبار معامل اللاحطية قيد الدراسة.

5.I جدول القيم النمطية العادية

تمثل القيم الواردة في الجدولين 1.I و 2.I وصلات الألياف البصرية المتسلسلة طبقاً للفقرتين 1.I و 3.I على التوالي. أما قيم الوقت DGD الأقصى الناجم عن الألياف المدرجة في الجدول 2.I فتعطي على سبيل الإرشاد فيما يتعلق بمواصفات العناصر البصرية الأخرى التي قد تتواجد في الوصلة.

الجدول G.653/1.I - القيمة النمطية لوصلة متسلسلة من الألياف البصرية

القيمة	التفصيل	النعت
القيمة النمطية للوصلة (ملاحظة)	طول الموجة	معامل التوهين
dB/km 0,275	nm 1550	
TBD	nm 1625	
nm 1550	λ_{0typ}	معلومات التشتت اللوني
ps/(nm ² × km) 0,07	S_{0typ}	
ملاحظة – تعادل القيمة النمطية للوصلة معاملات توهين الوصلة المستخدمة في التوصيتين [G.957] و[G.691].		

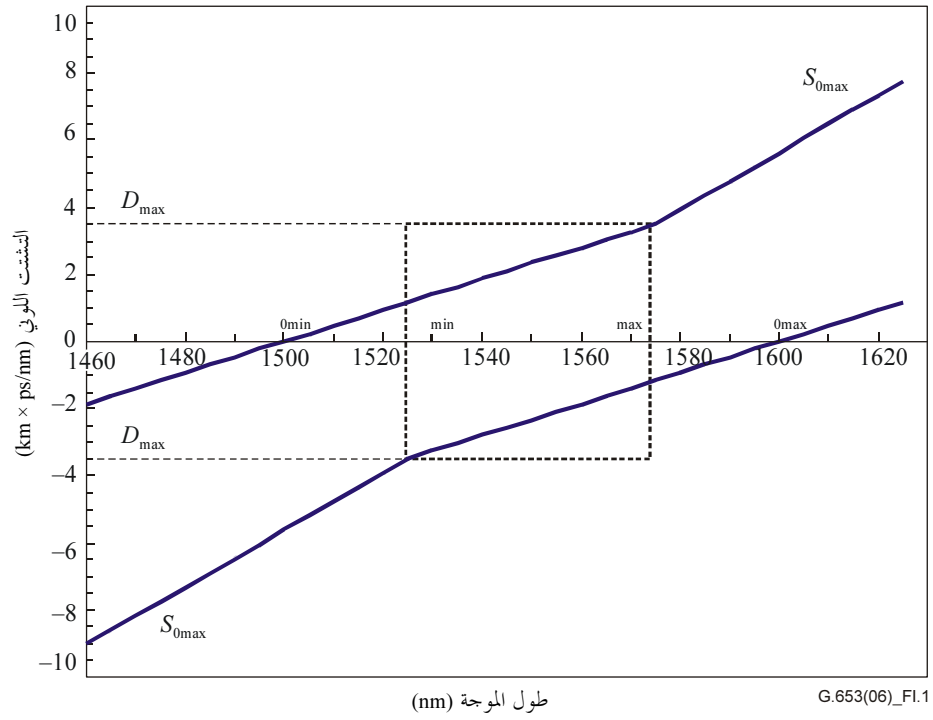
الجدول G.653/2.I – مهلة انتشار المجموعة التفاضلية

الحد الأقصى للتشتت PMD_Q (ps/√km)	طول الوصلة (km)	أقصى مهلة DGD تسببها الألياف المدرجة (ps)	معدل البتات في القنوات
دون مواصفة			تصل إلى 2,5 Gbit/s
0,5	400	25,0	Gbit/s 10
	40	19,0 (ملاحظة)	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
ملاحظة – تنطبق هذه القيمة أيضاً على أنظمة الإترنت 10 Gbit/s.			

ملاحظة – يبلغ طول قسم الكبل 10 km ما عدا فيما يخص الوصلة الأكبر من 4000 km بالمعدل 0,10 ps/√km حيث تتحدد بـ 25 km مع العلم بأن سوية الاحتمال تبلغ $6,5 \times 10^{-8}$.

6.I القيم الحدية لمعامل التشتت اللوني في الجدول 2

تحدد معادلات تحديد معامل التشتت اللوني نسبةً إلى طول الموجة باستخدام المواصفة القديمة "نمط الإطار" لأغراض معامل التشتت D_{max} و λ_{min} و λ_{max} و λ_{0min} و λ_{0max} و S_{0max} . وقد ارتبطت القيم القصوى بين λ_{0min} للطول 1500 nm و λ_{max} للطول 1575 nm خطياً بدءاً من التشتت صفر عند الطول 1500 nm إلى التشتت الأقصى D_{max} البالغ 3,5 ps/nm × km عند الطول 1575. وقيمة المنحنى البياني لهذا الخط تعادل 0,0467 ps/nm² × km. وفيما يتعلق بأطوال الموجات التي تقل عن 1500 nm يتابع هذا الخط بنفس النسبة. وقد أضيفت القيم القصوى التي تزيد عن 1575 nm من خلال رسم خط بمنحنى بياني مساو للمنحنى الأقصى S_{0max} ، البالغ 0,085 ps/nm² × km. كما استنتجت القيم الدنيا لمعامل التشتت باستعمال زوج ثان من الخطوط المستقيمة وبنفس الطريقة السابقة. والخطوط المتصلة في الشكل 1.I هي منحنيات التحديد. وتمثل الخطوط المتقطعة المواصفة القديمة "نمط الإطار" حيث تكون القيم المطلقة لمعامل التشتت اللوني أقل من D_{max} البالغة 3,5 ps/nm × km بين λ_{min} البالغة 1525 nm و λ_{max} البالغة 1575 nm. وتشبه المواصفة القائمة على منحنيات التحديد في الجدول 2 المواصفة القديمة "نمط الإطار" في الجدول 1.



الشكل G.653/1.I - حدود تشتت الليف حسب الجدول 2

بيليو غرافيا

- [IEC 61282-3] الوثيقة IEC/TR 61282-3 (2006)، دليل تصميم أنظمة الاتصال بالألياف البصرية -
الجزء 3: حساب التشتت بأسلوب استقطاب الوصلة.

سلاسل التوصيات الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

السلسلة A	تنظيم العمل في قطاع تقييس الاتصالات
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 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 المطراية للخدمات البرقية
السلسلة T	المطاريف الخاصة بالخدمات التلمائية
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