الاتحـــاد الـدولـــي للاتصـــالات

# ITU-T G.652

(2005/06)

قطـاع تقييس الاتصـالات
في الاتحاد الدولي للاتصالات

السلسلة G: أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية

خصائص وسائط الإرسال – كبلات الألياف البصرية

## خصائص الكبلات والألياف البصرية أحادية الأسلوب

التوصية ITU-T G.652

الاتحاد الدولي للاتصالات

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 بموجات حاملة على مرحّل راديوي أو وصلات ساتلية والتوصيل البيني بخطوط معدنية | G.449 - G.400 |
| تنسيق المهاتفة الراديوية والمهاتفة على الخطوط | G.499 - G.450 |
| خصائص وسائط الإرسال | G.699 - G.600 |
| عموميات | G.609 - G.600 |
| أزواج الكبلات المتناظرة | G.619 - G.610 |
| أزواج الكبلات البرّية 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 |
| تجهيزات مطرافية رقمية | G.799 - G.700 |
| الشبكات الرقمية | G.899 - G.800 |
| الأقسام الرقمية وأنظمة الخطوط الرقمية | G.999 - G.900 |
| نوعية الخدمة وأداء الإرسال – الجوانب الخاصة والجوانب المتعلقة بالمستعمل | G.1999 - G.1000 |
| خصائص وسائط الإرسال | G.6999 - G.6000 |
| المعطيات على طبقة النقل - جوانب عامة | G.7999 - G.7000 |
| الجوانب المتعلقة ببروتوكول الإثرنت على طبقة النقل | G.8999 - G.8000 |
| شبكات النفاذ | G.9999 - G.9000 |

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

.

# خصائص الكبلات والألياف البصرية أحادية الأسلوب

## ملخص

تعرض هذه التوصية الصفات الهندسية والميكانيكية وصفات الإرسال للكبلات والألياف البصرية أحادية الأسلوب، ذات طول موجة تشتت معدوم يبلغ حوالي 1310 nm. وقد استمثلت هذه الألياف منذ البداية لكي تستخدم في منطقة تبلغ حوالي 1310 nm، ولكن يمكن استخدامها أيضاً في مدى يصل إلى حوالي 1550 nm. والنص الحالي لهذه التوصية هو أحدث طبعة مراجعة للتوصية ITU-T G.652 التي تعود طبعتها الأولى إلى 1984. والطبعة المراجعة الحالية توضح أن المعلمة $PMD_Q$ (المعلمة الاحصائية للتشتت بأسلوب الاستقطاب (PMD) على الوصلة) ينبغي أن تحدد على ألياف غير مكبّلة، كما أن هذه الطبعة تزيد من صرامة تسامحات معينة. وترمي هذه المراجعة إلى الحفاظ على النجاح التجاري المستمر لهذه الألياف في إطار الأنظمة العالمية المتطورة ذات الأداء العالي في مجال الإرسال البصري.

## المصدر

وافقت لجنة الدراسات 15 (2005-2008) التابعة لقطاع تقييس الاتصالات بتاريخ 29 يونيو 2005 على التوصية ITU-T G.652، بموجب الإجراء المحدد في التوصية A.8.

## لمحة تاريخية

| الطبعة | تاريخ الموافقة | |
|---|---|---|
| الطبعة 1 | (1984/10) | |
| الطبعة 2 | (1988/11) | |
| الطبعة 3 | (1993/03) | |
| الطبعة 4 | (1997/04) | |
| الطبعة 5 | (2000/10) | تشمل هذه المراجعة إضافة جداول لمستويات مختلفة لدعم الأنظمة. |
| الطبعة 6 | (2003/03) | أوضحت هذه المراجعة تسميات الفئات أو الألياف المختلفة. وبالإضافة إلى ذلك، ووفقاً للاتفاق الخاص بوصف النطاقات الطيفية، ارتفع الحد العلوي للنطاق L من 16XX إلى 1625 nm. وجرى توسيع خصائص التوهين للفئات التي يلاحظ فيها انخفاض ذروة المياه (G.652.C وG.652.D)، لتشمل منطقة عريضة لطول الموجات انطلاقاً من طول موجة واحدة. وأضيفت اشتراطات التشتت بأسلوب الاستقطاب (PMD) إلى جميع الفئات، وخفضت الحدود لفئتين (بالنسبة إلى القيمة $0{,}5\ ps/\sqrt{km}$). وفيما يتعلق باختبار الخسارة نتيجة للانحناء الكلي خفض قطر الشياق إلى 30 mm. وكما لوحظ أعلاه، فإن هذه التوصية تطورت إلى حد كبير عبر السنين، ومن ثم يتعين على القارئ أن يحرص على الاطلاع على الطبعة الملائمة من التوصية لتحديد خصائص منتج تم استخدامه، وذلك بمراعاة سنة الإنتاج. والواقع أن من المفترض أن تمتثل المنتجات لأحكام التوصية التي كانت سارية عند صناعة هذه المنتجات، ولكنها قد لا تمتثل تماماً لأحكام الطبعات اللاحقة من التوصية. |
| الطبعة 7 | (2005/06) | لوحظ إدراج تطبيقات G.695.<br>أضيفت إلى الفقرة 10.5 إيضاحات بشأن طريقة ضبط إدراج قيم معامل التشتت اللوني واستعمال هذه القيم. وأدرج نص عن استعمال إحصائيات التشتت اللوني لأغراض تصميم هذه الأنظمة.<br>أدخلت على الفقرة 2.6 إيضاحات بشأن العلاقة بين قيم المعلمة $PMD_Q$ للألياف غير المكبلة والألياف المكبلة.<br>في الجداول المتعلقة بالمتطلبات:<br>شطبت صفة "معامل التشتت بأسلوب الاستقطاب لألياف غير مكبلة من الجداول"، وعدّلت الملحوظة المتعلقة بالمتطلب الخاص بمعدل التشتت بأسلوب الاستقطاب لألياف غير مكبلة.<br>خفّض قطر مجال الأسلوب إلى 1310 mm.<br>خفض الحد الأقصى لمنحني التشتت بطول موجة تشتت معدوم.<br>خفّض الحد الأقصى لخطأ المركزة.<br>خفّض الحد الأقصى لخسارة الانحناء الكلي.<br>عدلت صياغة القيم المطلوبة لذروة المياه، الواردة في الجدولين 3 و4، بالنظر إلى القيمة المعينة للمدى المعني بالنسبة إلى القيمة المعينة عند 1310 mm. |

## تمهيـد

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 بشأنا 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 بشأنا.

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 با.

والتقيد بذه التوصية اختياري. غير أنا قد تضم بعض الأحكام الإلزامية (بدف تأمين قابلية التشغيل البيني والتطبيق مثلاً). ويعتبر التقيّد بذه 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 بذه 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 با 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 با 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).

© ITU 2005

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**

**التوصية ITU-T G.652**

# خصائص الكبلات والألياف البصرية أحادية الأسلوب

## 1 مجال التطبيق

تتناول هذه التوصية الكبلات ذات الألياف البصرية أحادية الأسلوب، وذات طول موجة تشتت معدوم تبلغ حوالي 1310 nm والتي تم استمثالها للاستخدام في المدى 1310 nm ويمكن أيضاً استعمالها في المدى 1550 nm (وهو طول الموجة الذي لم تستمثل له هذه الألياف). ويمكن استعمال هذه الألياف للإرسال التماثلي والإرسال الرقمي أيضاً.

وتنقسم المعلمات الهندسية والبصرية والميكانيكية ومعلمات الإرسال الواردة أدناه إلى ثلاث فئات من الصفات:

- صفات الألياف التي يحتفظ بها أثناء مختلف مراحل عملية التكبيل والتركيب؛
- صفات الكبلات الموصى بها للكبلات عند تسليمها؛
- صفات الوصلات وهي التي تتسم بها الكبلات المتسلسلة، وتتعلق بطرائق التقدير لمعلمات السطح البيني للنظام وترتكز على القياسات والنمذجة أو أي عوامل أخرى. ويقدم التذييل I معلومات عن صفات الوصلات وتصميم الأنظمة.

وترمي هذه التوصية وفئات الأداء المختلفة المحددة في الفقرة 7 إلى دعم الأنظمة المماثلة المذكورة في التوصيات التالية:

- التوصية ITU-T G.957 (2000).
- التوصية ITU-T G.691 (2003).
- التوصية ITU-T G.692 (1998).
- التوصية ITU-T G.693 (2005).
- التوصية ITU-T G.959.1 (2003).
- التوصية ITU-T G.695.

**ملاحظة** - تبعاً لطول الوصلات، يمكن أن يكون تكييف التشتت ضرورياً لبعض شفرات التطبيق الواردة في التوصيات G.691 وG.692 وG.959.1 الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات.

وترد معاني المصطلحات المستخدمة في هذه التوصية، والخطوط التوجيهية التي يجدر اتباعها في القياسات الرامية إلى التحقق من الخصائص المختلفة، في التوصيتين G.650.1 وG.650.2. أما خصائص هذه الألياف، بما في ذلك تعاريف المعلمات ذات الصلة، وطرائق اختبارها والقيم التي تنطوي عليها، فسيجري توضيحها مع تقدم الدراسات واكتساب الخبرات.

## 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 المراجعة، نحث جميع المستعملين لهذه التوصية على السعي إلى تطبيق أحدث طبعة للتوصيات والمراجع الواردة أدناه. وتُنشر 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.650.1 (2004)، *تعاريف وطرائق اختبار الصفات الخطية المحددة للألياف والكبلات أحادية الأسلوب*.

- التوصية ITU-T G.650.2 (2005)، *تعاريف وطرائق اختبار الصفات الإحصائية وغير الخطية للألياف والكبلات أحادية الأسلوب.*
- الوثيقة IEC 60793-2-50:2004 (2004)، *الألياف البصرية – الجزء 2-50: مواصفات المنتجات – مواصفات وسيطة للفئة B من الألياف أحادية الأسلوب.*

### 2.2 المراجع الإعلامية

- التوصية ITU-T G.663 (2000)، *جوانب تتعلق بتطبيقات الأنظمة الفرعية والمكّبرات البصرية.*
- التوصية ITU-T G.691 (2003)، *السطوح البينية البصرية للأنظمة STM-64 وأنظمة التراتب الرقمي المتزامن (SDH) الأخرى ذات المكّبرات البصرية.*
- التوصية ITU-T G.692 (1998)، *السطوح البينية البصرية للأنظمة متعددة القنوات ذات المكّبرات البصرية.*
- التوصية ITU-T G.693 (2005)، *السطوح البينية البصرية للتوصيلات المحلية.*
- التوصية ITU-T G.695 (2005)، *السطوح البينية البصرية لتطبيقات تعدد الإرسال بتقسيم متباعد لطول الموجة.*
- التوصية ITU-T G.957 (1999)، *السطوح البينية البصرية للمعدات والأنظمة المتعلقة بالتراتب الرقمي المتزامن (SDH).*
- التوصية ITU-T G.959.1 (2003)، *السطوح البينية للطبقة المادية لشبكة النقل البصرية.*

## 3 المصطلحات والتعاريف

لأغراض هذه التوصية، تنطبق التعاريف الواردة في التوصيتين G.650.1 وG.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 *(Effective area)*

DGD زمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات *(Differential Group Delay)*

DWDM تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة *(Dense Wavelength Division Multiplexing)*

GPa جيغا باسكال *(GigaPascal)*

PMD التشتت بأسلوب الاستقطاب *(Polarization Mode Dispersion)*

$PMD_Q$ المعلمة الإحصائية للتشتت بأسلوب الاستقطاب على الوصلة *(Statistical parameter for link PMD)*

SDH التراتب الرقمي المتزامن *(Synchronous Digital Hierarchy)*

TBD تحدد فيما بعد *(To be determined)*

WDM تعدد الإرسال بتقسيم طول الموجات *(Wavelength Division Multiplexing)*

## 5 صفات الألياف

لا يوصى في هذه الفقرة إلاّ بالخصائص التي تشكل الحد الأدنى الأساسي للتصميم من أجل صنع هذه الألياف. وتتضمن جداول الفقرة 7 نطاقات أو حدود القيم. ومن بين هذه القيم أن صنع الكبلات أو تركيبها قد يؤثر تأثيراً كبيراً على طول موجة قطع الليف المكّبل والتشتت بأسلوب الاستقطاب. ومع ذلك تنطبق الخصائص الموصى بها على الألياف الفردية والألياف المدمجة في كبل ملفوف على طبلة (اسطوانة) والألياف التي تشكل جزءاً من كبل تم تركيبه.

### 1.5 فطر مجال الأسلوب

ينبغي تعيين قيمة اسمية أو قيمة التفاوت المسموح به بشأن هذه القيمة، عند 1310 nm. وستكون القيمة الاسمية المعينة في الحدود المذكورة في الفقرة 7. ولا تتجاوز قيمة التفاوت المسموح به القيمة الواردة في الفقرة 7. وينبغي ألاّ يجاوز الانحراف عن القيمة الاسمية قيمة التفاوت المسموح به.

### 2.5 فطر الغمد

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

### 3.5 خطأ مركزة اللب

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

### 4.5 اللادائرية

#### 1.4.5 لا دائرية مجال الأسلوب

وجد عملياً أن لا دائرية مجال أسلوب الألياف التي لها مجالات أسلوب دائرية اسمياً منخفضة بشكل كاف بحيث لا يتأثر الانتشار والتوصيل. ولذلك لا يعتبر من الضروري التوصية بقيمة معينة فيما يتعلق بلا دائرية مجال الأسلوب. وليس من الضروري عادة قياس لا دائرية مجال الأسلوب لأغراض القبول.

#### 2.4.5 لا دائرية الغمد

ينبغي ألاّ تجاوز 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 $\lambda_{cc}$؛

ب) طول موجة القطع لليف $\lambda_c$؛

ج ) طول موجة القطع لكبل العبور $\lambda_{cj}$.

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

ويتوقف ترابط القيم $\lambda_c$ و$\lambda_{cc}$ و$\lambda_{cj}$ المقيسة على التصميم المعين لليف والكبل وعلى شروط الاختبار. علماً بأنه من الصعب عامة إنشاء علاقة كمية نظراً لكون $\lambda_c > \lambda_{cj} > \lambda_{cc}$. ومن الأهمية الفائقة بمكان ضمان إرسال أحادي الأسلوب في الطول الأدنى للكبل بين الوصلات عند الطول الأدنى لطول موجة تشغيل النظام. ويمكن أداء ذلك بالتوصية بأن تكون القيمة القصوى لطول موجة القطع $\lambda_{cc}$ لليف بكبل أحادي الأسلوب هي 1260 nm، أو لكبل العبور، عن طريق التوصية بأن تكون القيمة القصوى لقطع كبل العبور 1250 nm أو بالتوصية في أسوأ حالات الطول والانحناء بقيمة قصوى لطول موجة القطع تبلغ 1250 nm.

وسيكون طول موجة القطع للكبل، $\lambda_{cc}$، 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 ألاّ تجاوز الخسارة الناجمة عن الانحناء الكلي القيمة القصوى المبينة في الفقرة 7 بالنسبة إلى طول أو أطوال الموجة المعينة، ونصف قطر الانحناء المعين، وبالنسبة إلى عدد الدورات المحددة.

**الملاحظة 1** – قد يكفي اختبار تأهيل لضمان استيفاء هذا الشرط.

**الملاحظة 2** – يطابق العدد الموصى به للدورات العدد التقريبي للدورات في جميع خانات الجدالات لمدى مكرر نمطي. ويعادل نصف القطر الموصى به نصف قطر الانحناء الأدنى المقبول عادة لنشر الألياف على المدى الطويل في تركيبات الأنظمة العملية 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 توهين أقل تتناسب مع عدد الدورات.

**الملاحظة 4** – تتعلق توصية خسارة الانحناء الكلي باستعمال الألياف في تركيبات الألياف العملية أحادية الأسلوب. ويدخل في تعيين خسارة الليف المكبّل تأثير أنصاف أقطار الانحناء المتعلقة بالتفتيل للألياف المكبلة أحادية الأسلوب على أداء الخسارة.

**الملاحظة 5** – في حال اقتضى الأمر اختبارات روتينية، يمكن استخدام عروة ذات قطر أصغر بدورة واحدة أو عدة دورات بدلاً من الاختبار الموصى به وذلك من أجل الدقة وسهولة القياس. وفي هذه الحالة، يجب انتقاء قطر العروة وعدد اللفات وخسارة الانحناء القصوى المسموح بها لاختبار عدة دورات بحيث تترابط مع الاختبار الموصى به والخسارة المسموح بها.

### 7.5 خصائص مواد الألياف

#### 1.7.5 مواد الألياف

يتعين ذكر المواد التي تصنع منها الألياف.

**ملاحظة** – قد يتوجب اتخاذ الحيطة في دمج ألياف جدالات من مواد مختلفة. وتدل النتائج المؤقتة على أنه يمكن الحصول على شدة الجدالة وخسارتا الملائمتين عند تجديل مختلف الألياف الغنية بالسليكا.

#### 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 ألاّ يقل إجهاد الصمود $\sigma_p$ المعين عن الحد الأدنى المذكور في الفقرة 7.

**ملاحظة** – ترد تعاريف المعلمات الميكانيكية في الفقرتين 2.3 و6.5 من التوصية G.650.1.

### 8.5 الملامح الرئيسية لمؤشر الانكسار

لا حاجة بشكل عام لمعرفة 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 تبتعد عن القيمة المقيسة على طول ممتد. وإذا انخفضت هذه القيمة إلى حد كبير لكي تصل 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. 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.

وفيما يتعلق بعمليات تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجات (DWDM) عند 1550 nm، يكون التشتت اللوني للألياف وفقاً للتوصية ITU-T G.652، من الاتساع بحيث يمكن تحاشي خلط الموجات الأربع. ومن ثم فإن وحدة التشتت اللوني لا تعتبر مسألة تشغيلية.

### 10.5 معامل التشتت اللوني

يمكن إعطاء زمن انتشار الزمرة أو معامل التشتت اللوني المقيس تبعاً لطول الموجة عن طريقة معادلة Sellmeier ثلاثية الحدود كما ورد بيانا في الملحق G.650.1/A (انظر الفقرة 5.5 من التوصية G.650.1 للحصول على بيانات إرشادية عن استكمال قيم التشتت من أطوال الموجات غير المقيسة).

ويمكن استعمال معادلة Sellmeier لضبط المعطيات في كل مدى (1310 nm و1550 nm) كل على حدة في عملية ضبط أو في عملية واحدة مشتركة تشمل معطيات المديين.

وقد يكون ضبط معادلة Sellmeier في منطقة 1310 nm غير دقيق تماماً، عندما تطبق بالاستكمال الخارجي من منطقة 1550 nm. وبالنظر إلى أن التشتت اللوني في هذه المنطقة الأخيرة مرتفع، فقد يكون انخفاض الدقة مقبولاً؛ وإذا لم تكن هذه هي الحالة فيمكن زيادة الدقة عن طريق إدخال معطيات المنطقة 1550 nm عند أداء الضبط المشترك، أو عن طريق أداء ضبط منفصل للمنطقة 1550 nm. وجدير بالملاحظة أن الضبط المشترك قد يؤدي إلى تخفيض الدقة في المنطقة 1550 nm.

يتم تعيين معامل التشتت اللوني، D، عن طريق فرض حدود على معلمات منحني التشتت اللوني الذي هو دالة لطول الموجة عند 1310 nm. ويحسب حد معامل التشتت اللوني لأي طول موجة، $\lambda$، بمساعدة الحد الأدنى لطول موجة تشتت معدوم $\lambda_{0min}$، والحد الأقصى لطول موجة تشتت معدوم، $\lambda_{0max}$، والمعامل الأقصى لمنحني تشتت معدوم، $S_{0max}$، على النحو التالي:

$$\frac{\lambda S_{0\max}}{4}\left[1-\left(\frac{\lambda_{0\max}}{\lambda}\right)^4\right] \le D(\lambda) \le \frac{\lambda S_{0\max}}{4}\left[1-\left(\frac{\lambda_{0\min}}{\lambda}\right)^4\right]$$

وتكون القيم $\lambda_{0min}$ و$\lambda_{0max}$ و$S_{0max}$ داخل الحدود المبينة في الفقرة 7.

كما تستعمل قيم معامل التشتت الوني عند أطوال موجات تتراوح بين 1550 nm و1625 nm، لأغراض تصمم الأنظمة أو كقيم معوّضة لتشتت اللوني. ويجري تقيم قيم معامل التشتت اللوني عند أطوال موجات مختارة في هذا المدى عن طريق استعمال نموذج Sellmeier خماسي الحدود أو النموذج متعدد الحدود من الدرجة الرابعة، بناءً على قياسات في نقاط مختلف في مدى أطوال الموجات. وعادة ما تستند النماذج وقيم معادل التشتت اللوني إلى نج إحصائي من النوع المبين في المرفق G.39. ويتضمن الملحق 1 قائمة بالقيم النمطية لنطاق يبلغ حوالي 1550 nm.

**ملاحظة** – ليس من الضروري قياس معامل التشتت اللوني للألياف أحادية الأسلوب على أساس روتيني.

## 6 صفات الكبلات

نظراً لأن الخصائص الهندسية والبصرية للألياف المذكورة في الفقرة 5، لا تكاد تتأثر بعملية التكبيل، فإن هذه الفقرة من التوصيات تتناول أساساً خصائص إرسال قطع الكبلات حسب طول الصنع.

وتكتسي الشروط البيئية وشروط القياس أهمية فائقة وقد جاء وصفها في الخطوط التوجيهية المتعلقة بطرق القياس.

### 1.6 معامل التوهين

يعين معامل التوهين بقيمة قصوى في طول موجة أو عدة أطوال موجات عند 1310 nm و1550 nm. وينبغي لقيم معامل توهين الكبلات ذات الألياف البصرية ألاّ تجاوز القيم المبينة في الفقرة 7.

**ملاحظة** – يمكن حساب معامل التوهين عبر طيف لأطوال موجات، بالاستناد إلى قياسات أجريت لبعض أطوال الموجات التنبؤية (3 إلى 4). ويرد وصف لهذا الإجراء في الفقرة 4.4.5 من التوصية G.650.1، وقدم مثل له في التذييل III من التوصية G.650.1.

### 2.6 معامل التشتت بأسلوب الاستقطاب

لا تتضمن جميع الجداول الاشتراطات الخاصة بالتشتت بأسلوب الاستقطاب. وينبغي عند الاقتضاء تعيين التشتت بأسلوب الاستقطاب للألياف المكبلة على أساس إحصائي وليس على أساس كل ليف على حدة. والاشتراطات تتعلق فقط بجانب الوصلة التي تم حسابا من المعلومات المتعلقة بالكبل. وترد فيما يلي وحدات قياس المواصفات الإحصائية. وترد طرائق الحساب في الوثيقة IEC/TR 61282-3 الصادرة عن اللجنة الكهرتقنية الدولية، كما يرد عرض موجز لها في التذييل IV من التوصية G.650.2.

ويجب على الصانع أن يقدم قيمة لتصميم الوصلة بشأن التشتت بأسلوب الاستقطاب، $PMD_Q$، تكون بمثابة حد إحصائي أعلى لمعامل التشتت بأسلوب الاستقطاب للكبلات ذات الألياف البصرية المتسلسلة داخل وصلة محتملة 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 وQ المبينة في الفقرة 7، فإن قيمة $PMD_Q$ ينبغي ألاّ تجاوز الحد الأقصى لمعامل التشتت بأسلوب الاستقطاب، PMD، المبين في تلك الفقرة.

وتعتبر القياسات والمواصفات للألياف غير المكبّلة ضرورية ولكنها غير كافية لأغراض تحدد مواصفات ليف غير مكبّل. وتكون القيمة القصوى لتصميم وصلة معينة لليف غير مكبّل أقل من القيمة المناظرة المحددة لليف مكبّل أو مساوية لها. وتتوقف النسبة بين قيم التشتت بأسلوب الاستقطاب لليف غير مكبّل وقيم التشتت بأسلوب الاستقطاب لليف مكبّل، على تفاصيل وخصائص تكوين الكبل ومعالجته، وعلى شروط أسلوب قرن الليف غير المكبّل. وتدعو التوصية ITU-T G.650.2 إلى الاستعاضة بتطبيق أسلوب قرن منخفض يتطلب استخدام ضغط منخفض في عملية اللف حول بكرة ذات قطر كبير لأغراض قياسات التشتت بأسلوب الاستقطاب لليف غير مكبّل.

ويمكن تفسير الحدود المفروضة على توزيع قيم معاملات التشتت بأسلوب الاستقطاب باعتبارها معادلة تقريباً لحدود الفارق الإحصائي لزمن 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** – لا ينبغي تعيين قيمة $PMD_Q$، إلاّ في حالة استخدام كبلات لأنظمة أمكن فيها تعيين الحد الأقصى لزمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات. وبعبارة أخرى، لن يكون هناك ما يستدعي تعيين المعلمة $PMD_Q$، في حالة استخدام الأنظمة الموصى بها في التوصية ITU-T G.957.

**الملاحظة 2** – ينبغي حساب القيمة $PMD_Q$ لأنواع مختلفة من الكبلات، وذلك، على سبيل المثال، باستخدام عينات من قيم PMD. وتؤخذ العينات من كبلات ذات تركيب مماثل.

**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 قيم التشتت بأسلوب الاستقطاب (PMD) المطلوبة وقيمة التوهين المطلوبة عند 1383 nm. انظر التذييل I لمزيد من الإيضاحات بشأن المسافات ومعدلات البتات الخاصة بالإرسال بالنسبة إلى قيم PMD المطلوبة.

الجدول 1، صفات G.652.A، ويتضمن الصفات والقيم الموصى بها لمساندة تطبيقات مثل تلك التي أوصي بها في التوصيتين G.957 وG.691 حتى الوحدة STM-16 – بالإضافة إلى 10 Gbit/s حتى 40 كيلومتراً (Ethernet) وللوحدة STM-256 في التوصية G.693.

الجدول 2، صفات G.652.B، ويتضمن الصفات والقيم الموصى بها لمساندة تطبيقات معدلات أعلى حتى الوحدة STM-64، مثل بعض التطبيقات المبينة في G.691 وG.692 وSTM-256، وحتى الوحدة STM-256 لبعض التطبيقات المبينة في التوصيتين G.693 وG.959.1. وقد يقتضي الأمر مطابقة التشتت اللوني حسب الحالة.

الجدول 3، صفات G.652.C، وهو مماثل للجدول G.652.A، ولكنه يسمح بعمليات إرسال في أجزاء من نطاق طول الموجة الممتد بين 1360 nm و1530 nm.

الجدول 4، صفات G.652.D، وهو مماثل للجدول G.652.B، ولكنه يسمح بعمليات إرسال في أجزاء من نطاق طول الموجة الممتد بين 1360 nm و1530 nm.

**الجدول G.652/1 – صفات G.652.A**

| صفات الألياف | | |
|---|---|---|
| **الصفة** | **التفصيل** | **القيمة** |
| قطر مجال الأسلوب | طول الموجة | 1310 nm |
| | مدى القيم الاسمية | 9,5-8,6 µm |
| | مدى التسامح | ±0,6 µm |
| قطر الغمد | القيم الاسمية | 125,0 µm |
| | مدى التسامح | ±1 µm |
| خطأ مركزة اللُب | الحد الأقصى | 0,6 µm |
| لا دائرية الغمد | الحد الأقصى | 1,0 % |
| طول موجة القطع للكبل | الحد الأقصى | 1260 |
| خسارة الانحناء الكلي | نصف القطر | 30 mm |
| | عدد الدورات | 100 |
| | الحد الأقصى عند 1550 nm | 0,1 dB |
| إجهاد الصمود | الحد الأدنى | 0,69 GPa |
| معامل التشتت اللوني | $\lambda_{0min}$ | 1300 nm |
| | $\lambda_{0max}$ | 1324 nm |
| | $S_{0max}$ | 0,092 $ps/nm^2 \times km$ |
| **صفات الكبلات** | | |
| **الصفة** | **التفصيل** | **القيمة** |
| معامل التوهين | الحد الأقصى عند 1310 nm | 0,5 dB/km |
| | الحد الأقصى عند 1550 nm | 0,4 dB/km |
| معامل التشتت بأسلوب الاستقطاب | M | 20 كبلاً |
| | Q | 0,01% |
| | الحد الأقصى $PMD_Q$ | 0,5 $ps/\sqrt{km}$ |
| **ملاحظة** – طبقاً للفقرة 2.6 تحدد قيمة قصوى لـ $PMD_Q$ على ليف غير مكّبل لتلبية المتطلب الأولي على الكبل $PMD_Q$. | | |

**الجدول G.652/2 – صفات G.652.B**

| صفات الألياف | | |
|---|---|---|
| **الصفة** | **التفصيل** | **القيمة** |
| قطر مجال الأسلوب | طول الموجة | 1310 nm |
| | مدى القيم الاسمية | 8,6-9,5 µm |
| | مدى التسامح | ±0,6 µm |
| قطر الغمد | القيم الاسمية | 125,0 µm |
| | مدى التسامح | ±1 µm |
| خطأ مركزة اللُب | الحد الأقصى | 0,6 µm |
| لا دائرية الغمد | الحد الأقصى | 1,0 % |
| طول موجة القطع للكبل | الحد الأقصى | 1260 nm |
| خسارة الانحناء الكلي | نصف القطر | 30 mm |
| | عدد الدورات | 100 |
| | الحد الأقصى عند 1625 nm | 0,1 dB |
| إجهاد الصمود | الحد الأدنى | 0,69 GPa |
| معامل التشتت اللوني | $\lambda_{0min}$ | 1300 nm |
| | $\lambda_{0max}$ | 1324 nm |
| | $S_{0max}$ | 0,092 $ps/nm^2 \times km$ |
| **صفات الكبلات** | | |
| **الصفة** | **التفصيل** | **القيمة** |
| معامل التوهين | الحد الأقصى عند 1310 nm | 0,4 dB/km |
| | الحد الأقصى عند 1550 nm | 0,35 dB/km |
| | الحد الأقصى عند 1625 nm | 0,4 dB/km |
| معامل التشتت بأسلوب الاستقطاب | M | 20 كبلاً |
| | Q | 0,01% |
| | الحد الأقصى عند $PMD_Q$ | 0,20 $ps/\sqrt{km}$ |
| **ملاحظة** – طبقاً للفقرة 2.6 تحدد قيمة قصوى لـ $PMD_Q$ على ليف غير مكّبل لتلبية المتطلب الأولي على الكبل $PMD_Q$. | | |

**الجدول G.652/3 – صفات G.652.C**

| صفات الألياف | | |
|---|---|---|
| **الصفة** | **التفصيل** | **القيمة** |
| قطر مجال الأسلوب | طول الموجة | 1310 nm |
| | مدى القيم الاسمية | 8,6-9,5 µm |
| | مدى التسامح | ±0,6 µm |
| قطر الغمد | القيم الاسمية | 125,0 µm |
| | مدى التسامح | ±1 µm |
| خطأ مركزة اللُب | الحد الأقصى | 0,6 µm |
| لا دائرية الغمد | الحد الأقصى | 1,0 % |
| طول موجة القطع للكبل | الحد الأقصى | 1260 nm |
| خسارة الانحناء الكلي | نصف القطر | 30 mm |
| | عدد الدورات | 100 |
| | الحد الأقصى عند 1625 nm | 0,1 dB |
| إجهاد الصمود | الحد الأدنى | 0,69 GPa |
| معامل التشتت اللوني | $\lambda_{0min}$ | 1300 nm |
| | $\lambda_{0max}$ | 1324 nm |
| | $S_{0max}$ | 0,092 $ps/nm^2 \times km$ |
| **صفات الكبلات** | | |
| **الصفة** | **التفصيل** | **القيمة** |
| معامل التوهين | الحد الأقصى من 1310 nm إلى 1625 nm (الملاحظة 2) | 0,4 dB/km |
| | الحد الأقصى عند 1383 nm ±3 nm | (الملاحظة 3) |
| | الحد الأقصى عند 1550 nm | 0,3 dB/km |
| معامل التشتت بأسلوب الاستقطاب | M | 20 كبلاً |
| | Q | 0,01% |
| | الحد الأقصى $PMD_Q$ | 0,5 $ps/\sqrt{km}$ |

**الملاحظة 1** – طبقاً للفقرة 2.6 تحدد قيمة قصوى لـ $PMD_Q$ على ليف غير مكّبل لتلبية المتطلب الأولي على الكبل $PMD_Q$.

**الملاحظة 2** – يمكن تمديد منطقة طول الموجة هذه إلى 1260 nm بإضافة 0,07 dB/km ناتجة عن خسارة انتشار رايلي إلى قيمة التوهين عند 1310 nm. وفي هذه الحالة، ينبغي ألاّ تجاوز قيمة طول موجة القطع للكبل 1250 nm.

**الملاحظة 3** – ينبغي أن يكون متوسط التوهين المأخوذ كعينة عند طول الموجة هذا أقل من أو معادل للقيمة القصوى المعينة عند المدى 1310 nm إلى 1625 mm، بعد تعتق الهيدروجين طبقاً للوثيقة IEC 60793-2-50 الصادرة عن اللجنة الكهرتقنية الدولية والمتعلقة بفئة الليف B1.3.

**الجدول G.652/4 – صفات G.652.D**

| صفات الألياف | | |
|---|---|---|
| **الصفة** | **التفصيل** | **القيمة** |
| قطر مجال الأسلوب | طول الموجة | 1310 nm |
| | مدى القيم الاسمية | 8,6-9,5 µm |
| | مدى التسامح | ±0,6 µm |
| قطر الغمد | القيم الاسمية | 125,0 µm |
| | مدى التسامح | ±1 µm |
| خطأ مركزة اللُب | الحد الأقصى | 0,6 µm |
| لا دائرية الغمد | الحد الأقصى | 1,0 % |
| طول موجة القطع للكبل | الحد الأقصى | 1260 nm |
| خسارة الانحناء الكلي | نصف القطر | 30 mm |
| | عدد الدورات | 100 |
| | الحد الأقصى عند 1625 nm | 0,1 dB |
| إجهاد الصمود | الحد الأدنى | 0,69 GPa |
| معامل التشتت اللوني | $\lambda_{0min}$ | 1300 nm |
| | $\lambda_{0max}$ | 1324 nm |
| | $S_{0max}$ | 0,092 $ps/nm^2 \times km$ |
| **صفات الكبلات** | | |
| **الصفة** | **التفصيل** | **القيمة** |
| معامل التوهين | الحد الأقصى من 1310 nm إلى 1625 nm (الملاحظة 2) | 0,4 dB/km |
| | الحد الأقصى عند 1383 nm ±3 nm | (الملاحظة 3) |
| | الحد الأقصى عند 1550 nm | 0,3 dB/km |
| معامل التشتت بأسلوب الاستقطاب | M | 20 كبلاً |
| | Q | 0,01% |
| | الحد الأقصى $PMD_Q$ | 0,20 $ps/\sqrt{km}$ |

**الملاحظة 1** – طبقاً للفقرة 2.6 تحدد قيمة قصوى لـ $PMD_Q$ على ليف غير مكّبل لتلبية المتطلب الأولي على الكبل $PMD_Q$.

**الملاحظة 2** – يمكن تمديد منطقة طول الموجة هذه إلى 1260 nm بإضافة 0,07 dB/km ناتجة عن خسارة انتشار رايلي إلى قيمة التوهين عند 1310 nm. وفي هذه الحالة، ينبغي ألاّ تجاوز قيمة طول موجة القطع للكبل 1250 nm.

**الملاحظة 3** – ينبغي أن يكون متوسط التوهين المأخوذ كعينة عند طول الموجة هذا أقل من أو معادل للقيمة القصوى المعينة عند المدى 1310 nm إلى 1625 nm، بعد تعتق الهيدروجين طبقاً للوثيقة IEC 60793-2-50 الصادرة عن اللجنة الكهرتقنية الدولية والمتعلقة بفئة الليف B1.3.

# التذييل I

# معلومات عن صفات 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 لمعلمات الإرسال الخاصة بالوصلات المتسلسلة ألاّ تأخذ في الحسبان أطوال فرادى الكبلات فقط بل إحصاءات التسلسل أيضاً.

ستحتوي خصائص الإرسال لكبلات الألياف البصرية بأطوال الصنع على درجة معينة من توزيع الاحتمالات، وهي مسألة لا بد من 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 للمعلمات المختلفة.

وتتأثر نعوت الوصلات بعوامل أخرى غير كبلات الألياف البصرية، منها أجزاء الوصلات، ومعدات التوصيل، والتركيب. ولا يمكن تحديد هذه العوامل في هذه التوصية. ولأغراض تقدير قيم نعوت الوصلات، سترد في الجداول أدناه القيم النمطية لوصلات الألياف البصرية. وترتكز أساليب تقدير المعلمات الخاصة بتصميم الأنظمة على القياسات أو النمذجة أو اعتبارات أخرى.

## 1.I التوهين

توضح الصيغة التالية التوهين A لوصلة:

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

حيث:

$\alpha$ المعامل النمطي للتوهين لكبلات الألياف في وصلة؛
$\alpha_s$ متوسط خسارة الجدالة؛
$x$ عدد الجدالات في وصلة؛
$\alpha_c$ متوسط الخسارة الناتجة عن واصلات الخط؛
$y$ عدد واصلات الخط في وصلة (في حالة وجودها)؛
$L$ طول الوصلة.

وينبغي السماح بامش 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 أعلاه خسارة 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 المعلمات.

## 2.I التشتت اللوني

يمكن حساب التشتت اللوني بواسطة ps/nm انطلاقاً من معاملات التشتت اللوني لأطوال الصنع، بافتراض اعتماد خطي على الطول، وبالاعتبار الواجب لعلامات المعاملات (انظر الفقرة 10.5).

وعندما تستخدم هذه الألياف للإرسال عند 1550 nm، غالباً ما تستخدم بعض أشكال تعويض التشتت اللوني. وفي هذه الحالة، يستخدم متوسط التشتت اللوني للوصلة لأغراض التصميم. ويمكن وصف التشتت المقيس في النافذة 1550 nm عن طريق علاقة خطية داخل منطقة 1550 nm مع طول الموجة. وتوصف هذه العلاقة استناداً إلى المعالم النمطية للتشتت اللوني، ومعامل انحدار التشتت اللوني عند 1550 nm.

وترد في الفقرة 1.I القيم النمطية لمعامل التشتت اللوني، $D_{1550}$، ومعامل انحدار التشتت اللوني، $S_{1550}$، عند 1550 nm في الفقرة 1.I. ويمكن استخدام هذه القيم، مع طول الوصلات، $L_{Link}$، لحساب التشتت اللوني النمطي لاستخدامه في تصميم الوصلة البصرية.

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

### 3.I زمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات (DGD)

زمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات هو الفرق بين وقت وصول أسلوبين مختلفين للاستقطاب بطول موجة معين وفي وقت معين. وبالنسبة إلى وصلة لها معامل معين للتشتت بأسلوب الاستقطاب، تختلف وصلة زمن الانتشار التفاضلي بصورة عشوائية باختلاف الوقت وطول الموجة مثل حالة توزيع ماكسويل الذي يحتوي معلمة واحدة فقط، تتمثل في حاصل ضرب معامل التشتت بأسلوب الاستقطاب للوصلة في الجذر التربيعي لطول الوصلة. وإضعاف النظام بسبب التشتت بأسلوب الاستقطاب في وقت وطول موجة معينين إنما يتوقف على زمن الانتشار التفاضلي في ذلك الوقت وبطول الموجة ذاتا. وهكذا فقد استحدثت وسائل تسمح بوضع حدود مفيدة لتوزيع زمن الانتشار التفاضلي، وهو يرتبط بتوزيع معامل التشتت بأسلوب الاستقطاب لكبل الألياف البصرية، وقد نشرت في النشرة رقم IEC/TR 61282-3، وقدم عرض موجز لها في التذييل IV للتوصية G.650.2. وترد فيما يلي مقاسات حدود توزيع زمن الانتشار التفاضلي:

**ملاحظة** – لا تتناول هذه التوصية تحديد إسهام العوامل الأخرى، غير كبلات الألياف البصرية، ولكن هذه المسألة بحثت في الوثيقة IEC/TR 61282-3.

طول الوصلة المرجعي، $L_{Ref}$: هو الحد الأقصى للوصلة الذي ينطبق عليه الحد الأقصى لزمن الانتشار التفاضلي والاحتمال الأقصى. وبالنسبة إلى الوصلات الأكثر طولاً، ينبغي ضرب الحد الأقصى لزمن الانتشار التفاضلي في النسبة بين الجذر التربيعي للطول الفعلي والطول المرجعي.

الحد الأقصى لطول الكبل النمطي، $L_{Cab}$: يمكن الحصول على الحد الأقصى، 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، $DGD_{max}$: قيمة زمن الانتشار التفاضلي التي تستخدم عند النظر في تصميم نظام بصري.

الاحتمال الأقصى، $P_F$: هو احتمال أن تجاوز قيمة فعلية لزمن الانتشار التفاضلي الحد الأقصى لهذا الزمن ($DGD_{max}$).

### 4.I المعامل غير الخطي

يتفاعل تأثير التشتت اللوني مع المعامل غير الخطي، $n_2/A_{eff}$، وذلك فيما يتعلق بإضعاف النظام الناجم عن الآثار البصرية غير الخطية (انظر التوصيتين ITU-T G.663 وITU-T G.650.2). وتختلف القيم النمطية باختلاف التطبيق. ولا تزال أساليب الاختبار للمعامل غير الخطي قيد الدراسة.

### 5.I جداول القيم النمطية الشائعة

تتعلق القيم الواردة في الجدولين 1.I و2.I بوصلات الألياف البصرية المتسلسلة طبقاً للفقرتين 1.I و3.I، على التوالي. أما القيم الضمنية الواردة في الجدول 2.I بشأن زمن الانتشار التفاضلي في الألياف، فقد قدمت على سبيل الإرشاد فيما يتعلق بالمتطلبات من العناصر البصرية الأخرى التي قد توجد في الوصلة.

**ملاحظة** – يبلغ طول قسم الكبل 10 km، باستثناء الوصلة $0{,}10 \sqrt{\text{km}}$ ps/ < 4000 km، حيث يبلغ الطول 25 km ويبلغ مستوى احتمال الخطأ $6{,}5 \times 10^{-8}$.

**الجدول G.652/1.I – القيمة التمثيلية لوصلة ألياف بصرية مجدولة**

| معامل التوهين | منطقة طول الموجة | القيمة النمطية للوصلة |
|---|---|---|
| (ملاحظة) | nm 1360 – nm 1260 | dB/km 0,5 |
| | nm 1565 – nm 1530 | dB/km 0,275 |
| | nm 1625 – nm 1565 | dB/km 0,35 |
| معامل التشتت اللوني | $D_{1550}$ | km × ps/nm 17 |
| | $S_{1550}$ | $ps/nm^2$ × km 0,056 |
| **ملاحظة** – تناظر القيمة النمطية للوصلة معامل توهين الوصلة المستخدم في التوصيتين ITU-T G.957 وITU-T G.691. | | |

**الجدول G.652/2.I – زمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات (DGD)**

| القيمة القصوى $PMD_Q$ ($ps/\sqrt{km}$) | طول الوصلة (km) | القيمة الضمنية لزمن الانتشار التفاضلي المستحث في الألياف (ps) | معدلات البتات في القنوات |
|---|---|---|---|
| بدون تحديد | | | حتى 2,5 Gbit/s |
| 0,5 | 400 | 25,0 | 10 Gbit/s |
| | 40 | 19,0 (ملاحظة) | 10 Gbit/s |
| | 2 | 7,5 | 40 Gbit/s |
| 0,20 | 3000 | 19,0 | 10 Gbit/s |
| | 80 | 7,0 | 40 Gbit/s |
| 0,10 | >4000 | 12,0 | 10 Gbit/s |
| | 400 | 5,0 | 40 Gbit/s |
| **ملاحظة** – هذه القيمة تنطبق أيضاً على أنظمة إثرنت التي تبلغ قدرتها 10 Gbit. | | | |

# بيبليوغرافيا


- الوثيقة IEC/TR 61282-3 (2002)، *دليل تصميم أنظمة الاتصال بالألياف البصرية - الجزء 3: حساب التشتت بأسلوب الاستقطاب.*
- الوثيقة IEC 60793 (2003)، *الألياف البصرية - الجزء 2: مواصفات المنتج.*

# سلاسل التوصيات الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

السلسلة A تنظيم العمل في قطاع تقييس الاتصالات
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 وتعدد 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 إدارة الاتصالات بما فيها 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 والأمن
السلسلة Y البنية التحتية العالمية للمعلومات وملامح بروتوكول الإنترنت وشبكات الجيل التالي
السلسلة Z لغات البرمجة والخصائص العامة للبرامجيات في أنظمة الاتصالات

طُبعت في سويسرا
جنيف، 2005