الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-T

قطاع تقييس الاتصالات
في الاتحاد الدولي للاتصالات

G.656

(2006/12)

السلسلة G: أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية

خصائص وسائط الإرسال – كبلات الألياف البصرية

خصائص الكبلات والألياف البصرية ذات التشتت المتخالف غير المعدوم المخصصة للنقل في النطاق العريض

التوصية ITU-T G.656

الاتحاد الدولي للاتصالات
ITU

توصيات السلسلة G الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية

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

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

التوصية ITU-T G.656

خصائص الكبلات والألياف البصرية ذات التشتت المتخالف غير المعدوم المخصصة للنقل في النطاق العريض

ملخص

تصف هذه التوصية الخصائص الهندسية والميكانيكية وخصائص الإرسال للألياف البصرية أحادية الأسلوب حيث تكون القيمة المطلقة لمعامل التشتت اللوني فيها على مدى أطوال الموجات بين 1 460 nm و1 625 nm، أعلى من قيمة غير معدومة معينة. وهذا التشتت يقلل من زيادة الآثار غير الخطية الضارة جداً في أنظمة تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجات (DWDM).

ويمكن استخدام هذه الألياف في كلا النظامين CWDM وDWDM وفي مدى أطوال الموجات بين 1 460 و1 625 nm.

وتضيف هذه المراجعة فئة جديدة من الألياف. وتحدد هذه الفئة معاملة التشتت اللوني بزوج من منحنيات تعيين الحدود مقابل طول الموجة في مدى أطوال الموجات الواقع بين 1 460 و1 625 nm، مما يوفر المعلومات عن القيام بتطبيقات نظامي تعدد الإرسال CWDM وDWDM.

المصدر

وافقت لجنة الدراسات 15 (2005-2008) لقطاع تقييس الاتصالات بتاريخ 14 ديسمبر 2006 على التوصية ITU-T G.656 بموجب الإجراء المحدد في التوصية ITU-T A.8.

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 والتعريفة، وإصدار التوصيات بشأنها بغرض تقييس الاتصالات على الصعيد العالمي.

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

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

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

ملاحظة

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

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

حقوق الملكية الفكرية

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

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

© ITU 2007

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
2 المراجع 2
1.2 المراجع المعيارية 2
2.2 المراجع الإعلامية 2
3 مصطلحات وتعاريف 2
4 المختصرات 3
5 نعوت الألياف 3
1.5 قطر مجال الأسلوب 3
2.5 قطر الغمد 3
3.5 خطأ مركزة اللب 3
4.5 اللادائرية 3
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
6 نعوت الكبلات 6
1.6 معامل التوهين 6
2.6 معامل التشتت بأسلوب الاستقطاب (PMD) 6
7 جداول القيم الموصى بها 7
التذييل I – معلومات عن نعوت الوصلات وتصميم الأنظمة 9
1.I التوهين 9
2.I التشتت اللوني 9
3.I زمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات (DGD) 10
4.I المعامل غير الخطي 10
5.I جداول القيم النمطية الشائعة 11
6.I حدود معامل التشتت اللوني 11
بيبليوغرافيا 13

التوصية ITU-T G.656

خصائص الكبلات والألياف البصرية ذات التشتت المتخالف غير المعدوم المخصصة للنقل في النطاق العريض

1 مجال التطبيق

تصف هذه التوصية الألياف أحادية الأسلوب التي يكون معامل تشتتها اللوني أعلى من قيمة غير معدومة على مدى طول الموجات بين 460 1 و625 1 nm. وهذا التشتت يقلل من زيادة الآثار غير الخطية التي يمكن أن تكون ضارة جداً في أنظمة تعدد الإرسال بتقاسم مكثف لطول الموجات (DWDM). وتستخدم هذه الألياف التشتت غير المعدوم لتنقص من الخلط بالموجات الأربع وتشكيل الطور المتقاطع على طول موجة أكبر من الليف الذي يرد وصفه في التوصية ITU-T G.655. ويمكن توسيع نطاق استعمال هذه الألياف مستقبلاً لتعمل على أطوال موجات تتجاوز المدى 460 1-625 1 nm (ستحدد لاحقاً). ويرد فيما يلي وصف للمعلمات الهندسية والبصرية والميكانيكية ومعلمات الإرسال، طبقاً لفئات ثلاث:

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

ويمكن استخدام هذه الألياف في النظاميين CWDM وDWDM على مدى طول موجات موسع للإرسال بين 460 1 و625 1 nm.

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.959.1؛
- التوصية ITU-T G.698.1؛
- التوصية ITU-T G.696.1.

وترد في التوصيتين G.650.1 وG.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 تعاريف المعلمات 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 يضفي على الوثيقة في حد ذاتها وضع التوصية.

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

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

2.2 المراجع الإعلامية

[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، وأنظمة التراتب الرقمي المتزامن (SDH) الأخرى ذات المكبرات البصرية.*

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

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

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

[G.694.2] التوصية ITU-T G.694.2 (2003)، *جداول الطيف المتعلقة بتطبيقات تعدد الإرسال بتقاسم مكثف لطول الموجات (WDM): جدول طول الموجات CWDM.*

[G.695] التوصية ITU-T G.695 (2006)، *السطوح البينية البصرية لتطبيقات تعدد الإرسال بتقسيم تقريبي لطول الموجات.*

[G.696.1] التوصية ITU-T 696.1 (2006)، *تطبيقات متلائمة طولياً لتعدد الإرسال بتقاسم مكثف لطول الموجات (DWDM) بين الميادين.*

[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 (SDH).*

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

3 مصطلحات وتعاريف

لأغراض هذه التوصية، تنطبق التعاريف الواردة في التوصيتين G.650.1 وG.650.2 الصادرتين عن قطاع تقييس الاتصالات. وينبغي جبر 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)*

CWDM تعدد الإرسال بتقاسم تقريبي لطول الموجات *(Coarse Wavelength Division Multiplexing)*

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

DWDM تعدد الإرسال بتقاسم مكثف لطول الموجات *(Dense Wavelength Division Multiplexing)*

PMD التشتت بأسلوب الاستقطاب *(Polarization Mode Dispersion)*

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

SDH التراتب الرقمي المتزامن *(Synchronous Digital Hierarchy)*

TBD تحدّد فيما بعد *(To Be Determined)*

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 أمدية أو حدود القيم. ومن بين هذه القيم أن صنع الكبلات أو تركيبها قد يؤثر تأثيراً قوياً على طول موجة قطع الليف وعلى التشتت بأسلوب الاستقطاب. ومع ذلك فإن الخصائص الموصى بها تنطبق على الألياف الفردية والألياف المدمجة في كبل ملفوف على طبلة (اسطوانة)، والألياف التي تشكل جزءاً من كبل جرى تركيبه.

1.5 قطر مجال الأسلوب

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

2.5 قطر الغمد

إن القيمة الاسمية الموصى بها لقطر الغمد هي 125 µm. كما تحددت قيمة التفاوت المسموح به على ألا تتجاوز القيمة المذكورة في الفقرة 7. وينبغي لانحراف الغمد بالنسبة للقيمة الاسمية ألا يجاوز قيمة التفاوت المسموح به.

3.5 خطأ مركزة اللّب

ينبغي ألا يجاوز 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 الضعف 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 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 λ_{cc}؛

ب) طول موجة القطع لليف λ_c؛

ج) طول موجة القطع لكبل العبور λ_{cj}.

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

ويتوقف الترابط بين القيم λ_c وλ_{cc} وλ_{cj} المقيسة على التصميم المعين لليف والكبل وعلى شروط الاختبار المحددة، علماً بأن من الصعب عامة إنشاء علاقة كمية نظراً لكون $\lambda_c > \lambda_{cj} > \lambda_{cc}$. 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 1450 nm، أو لكبل العبور عن طريق التوصية بأن تكون القيمة القصوى لقطع كبل العبور هي 1450 nm، أو بالتوصية في أسوأ حالات الطول والانحناء بقيمة قصوى لطول موجة القطع تبلغ 1440 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 اسطوانة بنصف قطر معين. وينبغي ألا تتجاوز الخسارة الناجمة عن الانحناء الكلي القيمة القصوى المبينة في الفقرة 7 بالنسبة إلى طول أو أطوال الموجات المعينة، ونصف قطر الانحناء المعين، وبالنسبة إلى عدد الدورات المحددة.

الملاحظة 1 – قد يكون اختبار تأهيل كافياً لاستيفاء هذا الشرط.

الملاحظة 2 – يناظر العدد الموصى به للدورات العدد التقريبي للدورات في جميع خانات الجدالات لمدى مكرّر نمطي. ويعادل 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 الكبلي باستعمال الألياف في تركيبات في الشبكات الحقيقية ذات الألياف أحادية الأسلوب. ويدخل في تعيين خصائص خسارة الليف المكبل تأثير أنصاف أقطار الانحناء الناتجة عن تفتيل 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 تتمشى 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 جدل الألياف لصهرها عندما تكون هذه الألياف مصنوعة من مواد مختلفة. وتشير النتائج الأولية إلى أن جدالة ألياف مختلفة تحتوي على السليكا ذات النوعية العالية تساعد 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 الصمود

يجب ألا يقل إجهاد الصمود σ_p المعين عن الحد الأدنى المذكور في الفقرة 7.

ملاحظة – ترد تعاريف المعلمات الميكانيكية في الفقرتين 3.2.3 و6.5 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 تبتعد 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 وظيفة ترتبط بالقيمة المطلقة لمعامل التشتت اللوني، ومنحنى التشتت اللوني، وأطوال موجات التشغيل، والقدرة البصرية، والمسافة التي يحدث عليها خلط الموجات الأربع.

10.5 معامل التشتت اللوني

وتقدم التوصية [G.650.1] طرائق القياس. وتوجد طريقتان لوضع الحدود هما الطريقة القديمة وهي مواصفة تعتمد المربعات والطريقة الجديدة التي تحدد فيها قيم معامل التشتت من خلال زوج منحنيات والقيمة عند طول الموجة 1 550 nm.

وتتوافق مهلة الانتشار التفاضلي المقيسة أو التشتت اللوني لكل وحدة طول لليف مقابل طول الموجة مع معادلة سيلمير بالحدود الخمسة أو معادلة متعددة الحدود من المرتبة الرابعة كما هو محدد في الملحق A بالتوصية [G.650.1]. (يرجى مراجعة الفقرة 5.5 من التوصية G.650.1 للاسترشاد بشأن الاستقطاب الداخلي لقيم التشتت لأطوال الموجات غير المقيسة).

وينبغي عدم استعمال المعادلة المتوافقة من أجل التنبؤ بالتشتت اللوني عند طول موجة يقع خارج المدى المستخدم في عملية التوافق.

وفيما يخص كل طول موجة λ ينحصر معامل التشتت اللوني $D(\lambda)$ في مدى قيم ترفق مع منحنيين محددين $D_{min}(\lambda)$ و$D_{max}(\lambda)$ لمدى طول موجات محدد واحداً أو أكثر يعرفه الحدان λ_{min} وλ_{max}.

وفيما يلي مثال لمجموعة منحنيات تحديد ممثلة رمزياً بأزواج من الخطوط المستقيمة:

$$D_{min}(\lambda) = a_{min} + b_{min}\,(\lambda - 1460) \qquad [ps/nm \cdot km]$$

$$D_{max}(\lambda) = a_{max} + b_{max}\,(\lambda - 1460) \qquad [ps/nm \cdot km]$$

$$D_{min}(\lambda) \le D(\lambda) \le D_{max}(\lambda) \qquad [ps/nm \cdot km]$$

وقد تتغير منحنيات التحديد من مدى طول موجات إلى آخر.

الملاحظة 1 – ينبغي أن يكون نظام 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 بريلوان المستحدث وتكوين موجات السوليتون (التوصية G.663). ويتفاعل تأثير التشتت اللوني مع لاخطية الألياف التي يصفها معامل اللاخطية.

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

6 نعوت 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 أجزاء الكبلات حسب الأطوال التي يحددها 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 مناطق الموجات 1 460 و1 625 nm. وينبغي ألا تجاوز قيم معامل توهين كبلات 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، ومثال في التذييل III من التوصية G.650.1.

2.6 معامل التشتت بأسلوب الاستقطاب (PMD)

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 الكهرتقنية الدولية، كما يرد عرض موجز لها في التذييل IV للتوصية G.650.2.

ويجب على الصانع أن يقدم قيمة لتصميم وصلة للتشتت بأسلوب الاستقطاب، PMD_Q، تكون بمثابة حد إحصائي أعلى لمعامل التشتت بأسلوب الاستقطاب كبلات 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 وQ المبينة في الفقرة 7، فإن قيمة PMD_Q لا ينبغي أن تجاوز الحد الأقصى لمعامل التشتت بأسلوب الاستقطاب المبين في تلك الفقرة.

وإجراء قياسات ومواصفات للألياف غير المكبلة ضروري لكنه غير كاف من أجل ضمان مواصفة الألياف المكبلة وينبغي ألاّ تتجاوز أعلى قيمة تصميم وصلة محددة في الليف غير المكبل القيمة المحدودة لليف المكبل. وتتوقف نسبة القيم PMD لليف غير المكبل إلى الليف المكبل على تفاصيل تركيب الليف ومعالجته وكذلك على شروط أسلوب اقتران الليف غير المكبل. وتوصي التوصية [G.650.2] بأسلوب اقتران بانتشار بطيء يتطلب توتر لف منخفض في قطر بكرة كبيرة من أجل قياسات التشتت PMD لليف غير المكبل.

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 يتحدد توزيع معاملات التشتت بأسلوب الاستقطاب على كبلات 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 – قد لا تشترط المواصفة PMD_Q إلاّ عند استخدام الكبلات في الأنظمة التي تعتمد مواصفة أقصى مهلة انتشار تفاضلي أي أن المواصفة PMD_Q على سبيل المثال قد لا تطبق على أنظمة توصي بها التوصية [G.957].

الملاحظة 2 – ينبغي حساب قيمة PMD_Q في أنواع الكبلات مختلفة، 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

يلخص الجدول 1 القيم الموصى بها لفئة من فئات الألياف التي تفي بأغراض هذه التوصية. ويحدد الجدول 1 "النعوت G.656" متطلبات معامل التشتت اللوني بأنها زوج منحنيات الحدود مقابل طول الموجة في مدى أطوال موجات بين 460 1 nm و625 1 nm. ويفترض أن يوفر ذلك السطوح البينية البصرية الواردة في بعض التوصيات مثل [G.691] و[G.692] و[G.959.1] و[G.693].

وفيما يخص الأنظمة DWDM تتوفر المباعدة بين القنوات المحددة في التوصية [G.694.1] تبعاً للتشتت الأدنى المختار. وشروط التشتت PMD تشغيل الأنظمة STM-64 بأطوال تصل إلى 000 2 km تبعاً لعناصر أخرى في النظام.

الجدول G.656/1 – النعوتG.656.A

نعوت الألياف		
النعت	**التفصيل**	**القيمة**
قطر مجال الأسلوب	طول الموجة	1550 nm
	مدى القيم الاسمية	7,0–11,0 µm
	مدى التسامح	± 0,7 µm
قطر الغمد	القيمة الاسمية	125 µm
	مدى التسامح	± 1 µm
خطأ مركزه اللب	الحد الأقصى	0,8 µm
لا دائرية الغمد	الحد الأقصى	2,0%
طول موجة قطع الكبل	الحد الأقصى	1450 nm
خسارة الانحناء الكلي	نصف القطر	30 mm
	عدد الدورات	100
	الحد الأقصى عند 1625 nm	0,50 dB
إجهاد الصمود	الحد الأدنى	0,69 GPa
معامل التشتت اللوني (ps/nm·km)	$D_{min}(\lambda)$: 1460-1550 nm	$\frac{2,60}{90}(\lambda - 1460) + 1,00$
	$D_{min}(\lambda)$: 1550-1625 nm	$\frac{0,98}{75}(\lambda - 1550) + 3,60$
	$D_{max}(\lambda)$: 1460-1550 nm	$\frac{4,68}{90}(\lambda - 1460) + 4,60$
	$D_{max}(\lambda)$: 1550-1625 nm	$\frac{4,72}{75}(\lambda - 1550) + 9,28$
معامل التشتت بأسلوب الاستقطاب لليف غير المكبل	الحد الأقصى	(انظر الملاحظة 2)

نعوت الكبلات		
النعت	**التفصيل**	**القيمة**
معامل التوهين	الحد الأقصى عند 1 460 nm	0,4 dB/km
	الحد الأقصى عند 1 550 nm	0,35 dB/km
	الحد الأقصى عند 1 625 nm	0,4 dB/km
المعامل PMD	M	20 كبلاً
	Q	0,01%
	الحد الأقصى PMD_Q	0,20 ps/√km

الملاحظة 1 – في حال استعمال مضخة رامان خارج منطقة طول الموجة هذه يجب أن تكون خواص الليف ملائمة لتشغيل هذه المضخة.

الملاحظة 2 – وفقاً للفقرة 2.6 تتحدد قيمة الحد الأقصى للتشتت PMD_Q بحيث توفر الشروط الأولية المطلوبة في الليف PMD_Q المكبل.

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 المتطلبات الخاصة بطول الصنع. وينبغي لمعلمات 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 للمعلمات 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 I.5 أدناه القيم النمطية لوصلات الألياف البصرية. وترتكز طرائق تقدير المعلمات الخاصة بتصميم الأنظمة على القياسات أو النمذجة أو على اعتبارات أخرى.

I.1 التوهين

توضح الصيغة التالية التوهين A لوصلة:

$$A = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y \qquad \text{(I-1)}$$

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 I-1 الخسارة الناجمة عن واصلات المعدات. وتتعلق القيم النمطية الواردة في الفقرة I.5 بمعامل توهين وصلات الألياف البصرية. وينبغي لموازنة التوهين المستخدمة في تصميم نظام فعلي أن تراعي التغيرات الإحصائية في هذه المعلمات.

I.2 التشتت اللوني

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

وعندما تستخدم هذه الألياف للإرسال في المنطقة nm 1550، يستخدم أحياناً التشتت اللوني بعد تكييفه ومواءمته. وفي هذه الحالة يستخدم متوسط التشتت اللوني للوصلة لأغراض التصميم.

وفيما يتعلق بطريقة التقدير المبسَّطة توصف هذه العلاقة استناداً إلى المعاملات النمطية للتشتت اللوني ومعامل منحنى التشتت اللوني عند 1550 nm.

وتختلف القيم النمطية لمعامل التشتت اللوني، D_{1550}، ومعامل انحدار التشتت اللوني، S_{1550}، عند 1550 nm باختلاف التنفيذ. ويمكن الاستعانة بهذه القيم وطول الوصلة L_{Link} في حساب نوع التشتت المستخدم لتصميم الوصلة البصرية.

$$D_{Link}(\lambda) = L_{Link}[D_{1550} + S_{1550}(\lambda - 1550)] \quad (ps/nm) \tag{I-2}$$

وفيما يتعلق بطريقة تقدير أكثر دقة. تتحدد العلاقة استناداً إلى معاملات التشتت اللوني عند أطوال الموجات 1 460 و1 550 و1 625 nm ومعامل منحني التشتت اللوني عند 1 550 nm. ويمكن استخدام هذه القيم سويةً مع طول الوصلة. L_{Link} في حساب التشتت النمطي لاستعماله لأغراض تصميم الوصلة البصرية.

يرجى مراجعة [G.sup.39] للحصول على مزيد من المعلومات عن تصميم النظام وإحصائيات التشتت اللوني.

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، تتمثل 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 نسبة الجذر التربيعي للطول الفعلي إلى الطول 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 تجاوز 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 بانحطاطات النظام نتيجة للآثار البصرية غير الخطية (انظر التوصيتين ITU-T G.663 وITU-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 و2.I وصلات الألياف البصرية المتسلسلة طبقاً للفقرتين 1.I و3.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.656/1.I – قيم نمطية لوصلة الألياف البصرية المتسلسلة

النعت	منطقة أطوال الموجات	قيمة الوصلة النمطية (ملاحظة)
معامل التوهين	nm 1 530 - nm 1 460	dB/km 0,35
	nm 1 565 - nm 1 530	dB/km 0,275
	nm 1 625 - nm 1 565	dB/km 0,35
معامل التشتت النمطي	D_{1460}	TBD
	D_{1550}	TBD
	D_{1625}	TBD
	S_{1550}	TBD
ملاحظة – تعادل قيمة الوصلة النمطية معامل توهين الوصلة المستخدمة في التوصيتين [G.957] و[G.691].		

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

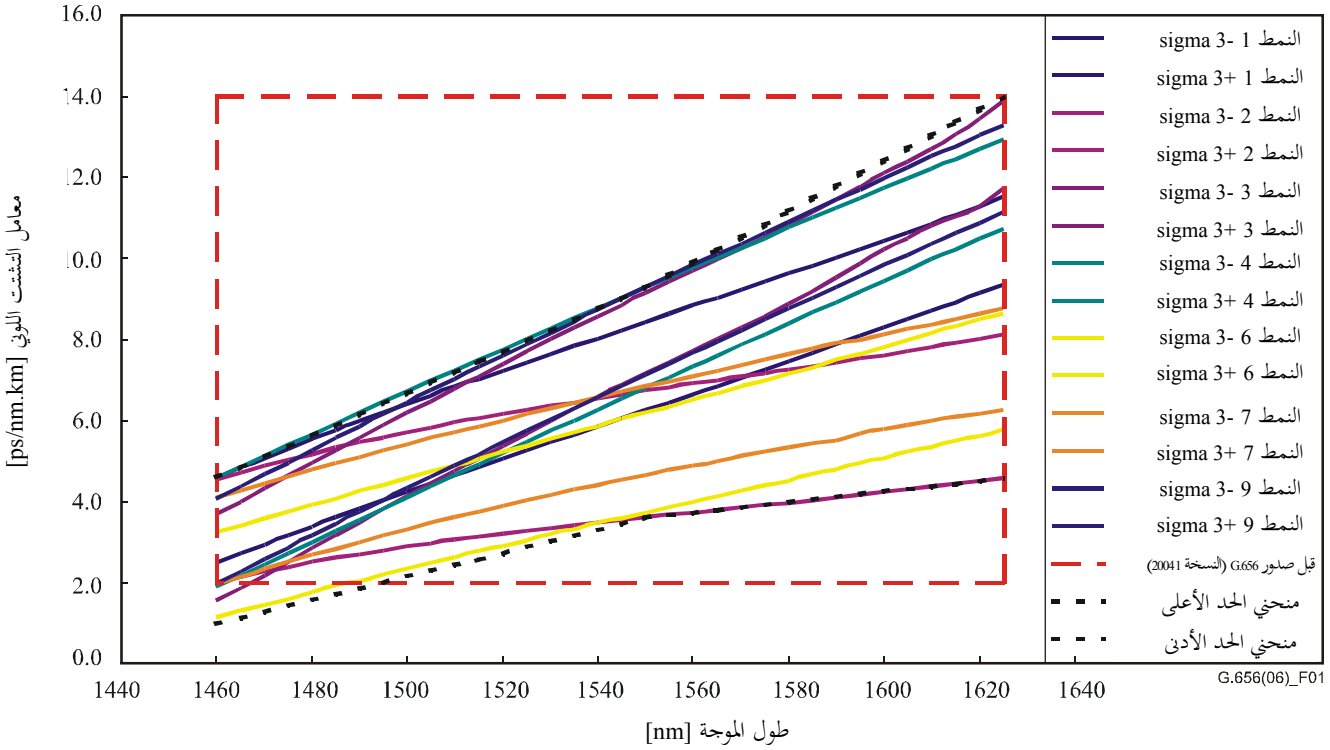
القيمة القصوى PMDQ (√km/ps)	طول الوصلة (km)	الحد الأقصى الضمني لزمن الانتشار التفاضلي لمجموعة الترددات، المستحث بواسطة الألياف (ps)	معدلات البتات في القنوات
بدون تحديد			حتى 2,5 Gbit/s
0,5	400	25,0	10 Gbit/s
	40	19,0 (الملاحظة 1)	10 Gbit/s
	2	7,5	40 Gbit/s
0,20	3000	19,0	10 Gbit/s
	80	7,0	40 Gbit/s
0,10	> 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/s.			

ملاحظة – يبلغ طول قسم الكبل 10 km باستثناء الوصلة التي يتجاوز طولها 4000 km إلى 0,10 √km/ps، حيث يبلغ طول قسم الكبل 25 km، ومستوى الاحتمال هو $6,5 \times 10^{-8}$.

6.I حدود معامل التشتت اللوني

تستند المعادلات التي تحدد معامل التشتت اللوني مقابل طول الموجة إلى دراسة تتعلق بالألياف G.656. وكان هناك تسعة منتجات صادرة عن سبعة مصنعين. وقدم كل منتج انحرافاً وسطياً ومعيارياً كدالة لطول الموجة فيما يتعلق بأطوال موجات تقع بين 1 460 nm و1 625 nm وتتزايد بمقدار 5 nm. وفيما يتعلق بطول الموجة وبالمصنع، حسب متوسط الانحراف المعياري مع زيادة وتنقيص ثلاثة ثم حسب الحد الأدنى والحد الأقصى لعموم المصنعين. ووضعت هذه النتائج في خطوط منحنية تستخدم نقطة قطع عند الطول 1 550 nm من أجل تنقيص قيم الفرق المطلقة إلى أبعد حد ممكن مع الحفاظ على مبدأ إدراج جميع البيانات داخل الشكل.

ويبين الشكل 1.I النتائج. وتمثل الخطوط المنقطة الحدود المذكورة في الفقرة 7. وتمثل بقية البيانات نتائج الدراسة.



الشكل I.1 – الجدول 1 للتشتت في الليف

بيبليوغرافيا

[G.Sup.39] الإضافة 39 إلى توصيات السلسلة ITU-T G (2006)، *تصميم أنظمة الاتصال بالألياف البصرية واعتبارات هندسية*.

[IEC 61282-3] *الوثيقة* IEC 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 للتعريفة

السلسلة E التشغيل العام للشبكة والخدمة الهاتفية وتشغيل الخدمات والعوامل البشرية

السلسلة F خدمات الاتصالات غير الهاتفية

السلسلة G أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية

السلسلة H الأنظمة السمعية المرئية والأنظمة متعددة الوسائط

السلسلة I الشبكة الرقمية متكاملة الخدمات

السلسلة J الشبكات الكبلية وإرسال إشارات 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 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

السلسلة Y البنية التحتية العالمية للمعلومات وبروتوكول الإنترنت

السلسلة Z لغات البرمجة والخصائص العامة للبرامجيات في أنظمة الاتصالات

طبعت في سويسرا
جنيف، 2006