الاتحـــــــاد الـــدولـــــــي للاتصـــــــالات

ITU-T G.978

(2006/12)

قطـــاع تقييس الاتصـــالات
في الاتحاد الدولي للاتصالات

السلســـلة G: أنظمـــة الإرســـال ووســـائطه والأنظمـــة والشـــبكات الرقمـــية

الأقسام الرقمية وأنظمة الخطوط الرقمية – أنظمة الكبلات البحرية للألياف البصرية

خصائص كبلات الألياف البصرية البحرية

التوصيـــة ITU-T G.978

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 الراديوية أو الساتلية والتوصيل البيني مع الأنظمة على خطوط معدنية	G.449 – G.400
تنسيق المهاتفة الراديوية والمهاتفة السلكية	G.499 – G.450
خصائص وسائط الإرسال	G.699 – G.600
تجهيزات مطرافية رقمية	G.799 – G.700
الشبكات الرقمية	G.899 – G.800
الأقسام الرقمية وأنظمة الخطوط الرقمية	G.999 – G.900
اعتبارات عامة	G.909 – G.900
معلمات لأنظمة كبلات الألياف البصرية	G.919 – G.910
الأقسام الرقمية في معدلات بتات تراتبية على أساس معدل 2048 kbit/s	G.929 – G.920
أنظمة الإرسال بالخطوط الرقمية الكبلية بمعدلات بتات غير تراتبية	G.939 – G.930
أنظمة الخطوط الرقمية التي توفرها حاملات تعدد الإرسال بتقسيم التردد (FDM)	G.949 – G.940
أنظمة الخطوط الرقمية	G.959 – G.950
أنظمة الأقسام الرقمية والإرسال الرقمي لنفاذ الزبائن إلى الشبكة الرقمية متكاملة الخدمات (ISDN)	G.969 – G.960
أنظمة الكبلات البحرية للألياف البصرية	**G.979 – G.970**
أنظمة الخطوط البصرية للشبكات المحلية ولشبكات النفاذ	G.989 – G.980
شبكات النفاذ	G.999 – G.990
نوعية الخدمة وأداء الإرسال – الجوانب العامة والجوانب المتعلقة بالمستعمل	G.1999 – G.1000
خصائص وسائط الإرسال	G.6999 – G.6000
المعطيات عبر شبكات النقل – الجوانب العامة	G.7999 – G.7000
جوانب شبكة الإثرنت عبر شبكات النقل	G.8999 – G.8000
شبكات النفاذ	G.9999 – G.9000

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

التوصيـــة ITU-T G.978

خصائص كبلات الألياف البصرية البحرية

ملخص

تتناول هذه التوصية خصائص كبلات الألياف البصرية البحرية المستعملة في التوصيات G.973 وG.974 وG.977 الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات. وهي تغطي خصائص الإرسال لكبلات الألياف البصرية البحرية، الألياف البصرية المستعملة في الكبلات البحرية بما فيها الخصائص الميكانيكية ومقاومتها للظروف البيئية والخصائص الكهربائية الأخرى. وهي تغطي أيضاً خصائص الإرسال لأجزاء الكبلات الأساسية من الأنماط الليفية وحيدة النوع والليفية الهجين. وترد أي معلومات محددة تتعلق بخصائص كبلات الألياف البصرية البحرية في توصيات النظام البحري البصري ذات الصلة.

المصدر

وافقت لجنة الدراسات 15 (2005-2008) التابعة لقطاع تقييس الاتصالات بتاريخ 14 ديسمبر 2006 على التوصية ITU-T G.978، بموجب الإجراء المحدد في التوصية ITU-T A.8.

تمهيـــد

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

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

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

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

ملاحظـــة

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 1
3 المصطلحات والتعاريف 2
1.3 المصطلحات المعرّفة في هذه التوصية 2
2.3 المصطلحات المعرّفة في توصيات أخرى 3
4 المختصرات 4
5 خصائص كبل الألياف البصرية البحري 5
1.5 نظرة عامة 5
2.5 خصائص الإرسال للكبل 5
3.5 الخصائص الميكانيكية والمقاومة للظروف البيئية 5
6 خصائص كبل الألياف البصرية البحري الاحتياطي 8
1.6 عام 8
2.6 نمط نظام الاستخدام البحري 8
3.6 حماية كبل الألياف البصرية البحري الاحتياطي 8
4.6 خصائص الإرسال 9
7 الخصائص الكهربائية 9
8 خصائص الألياف في الكبل البحري 9
1.8 عام 9
2.8 الألياف البصرية 10
3.8 خصائص الإرسال للألياف 11
4.8 المعلمات الموصى بها للتوصيف 12
9 خصائص إرسال الجزء الأساسي من الكبل 13
1.9 عام 13
2.9 خصائص الإرسال للجزء الأساسي من الكبل من نمط الألياف وحيدة النوع 14
3.9 خصائص الإرسال لجزء أساسي من الكبل من نمط الليف الهجين 14
4.9 المعلمات الموصى بها للتوصيف 14
التذييل I – البنى الخاصة بكبلات الألياف البصرية البحرية والمعلومات ذات الصلة 15

خصائص كبلات الألياف البصرية البحرية

1 مجال التطبيق

تتناول هذه التوصية خصائص كبلات الألياف البصرية البحرية المستعملة في التوصيات [G.973] و[G.974] و[G.977] الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات.

ويستعمل الكبل البحري البصري في:

- نظام بحري بصري بمكرر؛
- نظام بحري بصري بدون مكرر.

وتحدد هذه التوصية خصائص الكبلات البحرية التي يمكن استعمالها في المياه العميقة والضحلة.

وتغطي هذه التوصية:

- خصائص الإرسال للألياف البصرية في الكبلات البحرية بما فيها الخصائص الميكانيكية ومقاومة الظروف البيئية؛
- خصائص كبلات الألياف البصرية البحرية بما فيها الخصائص الميكانيكية ومقاومة الظروف البيئية والخصائص الكهربائية الأخرى؛
- خصائص الإرسال للأجزاء الأساسية من الكبلات الليفية وحيدة النوع والهجين الأقسام الأولية من الكبل الأحادية والليفية الهجينة.

2 المراجع

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.

[G.650.1] ITU-T Recommendation G.650.1 (2004), *Definitions and test methods for linear, deterministic attributes of single-mode fibre and cable.*

[G.650.2] ITU-T Recommendation G.650.2 (2005), *Definitions and test methods for statistical and non-linear related attributes of single-mode fibre and cable.*

[G.652] ITU-T Recommendation G.652 (2005), *Characteristics of a single-mode optical fibre and cable.*

[G.653] ITU-T Recommendation G.653 (2006), *Characteristics of a dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable.*

[G.654] ITU-T Recommendation G.654 (2006), *Characteristics of a cut-off shifted single-mode optical fibre and cable.*

[G.655] ITU-T Recommendation G.655 (2006), *Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable.*

[G.656] ITU-T Recommendation G.656 (2006), *Characteristics of a fibre and cable with non-zero dispersion for wideband optical transport.*

[G.667] ITU-T Recommendation G.667 (2006), *Characteristics of adaptive chromatic dispersion compensators.*

[G.671] ITU-T Recommendation G.671 (2005), *Transmission characteristics of optical components and subsystems.*

[G.972] ITU-T Recommendation G.972 (2004), *Definition of terms relevant to optical fibre submarine cable systems.*

[G.973] ITU-T Recommendation G.973 (2003), *Characteristics of repeaterless optical fibre submarine cable systems.*

[G.974] ITU-T Recommendation G.974 (2004), *Characteristics of regenerative optical fibre submarine cable systems.*

[G.977] ITU-T Recommendation G.977 (2006), *Characteristics of optically amplified optical fibre submarine cable systems.*

[G-Sup.39] ITU-T G-series Recommendations – Supplement 39 (2006), *Optical system design and engineering considerations.*

[G-Sup.40] ITU-T G-series Recommendations – Supplement 40 (2006), *Optical fibre and cable Recommendations and standards guideline.*

[IEC 62285] IEC/TR 62285 (2005), *Application guide for non-linear coefficient measuring methods.*

[IEC 62324] IEC/TR 62324 (2007), *Single-mode optical fibres – Raman gain efficiency measurement using continuous wave method – Guidance.*

3 المصطلحات والتعاريف

1.3 المصطلحات المعرّفة في هذه التوصية

تعرّف هذه التوصية المصطلحات التالية.

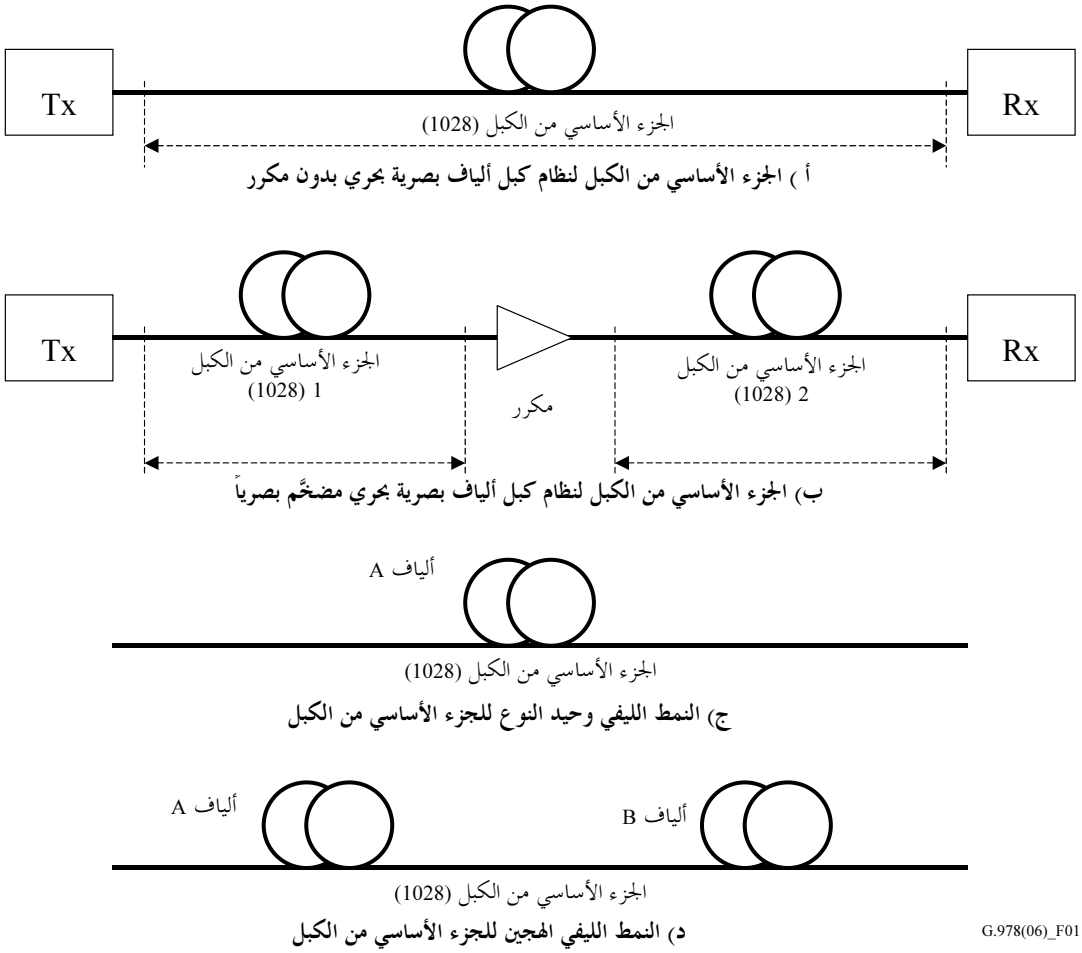
1.1.3 كبل الألياف البصرية البحري: هو كبل بحري يستعمل ألياف بصرية كخط إرسال. (1019 في التوصية [G.972]).

2.1.3 الجزء الأساسي من الكبل: هو كامل طول كبل الألياف البصرية بين جزأين في جهاز (مكررين أو وحدتي تفريع أو جهازي إرسال مطرافيين). (1028 في التوصية [G.972]). ويرد في هذه التوصية، شرح لنمطين من أنماط الجزء الأساسي من الكبل:

- نمط ليفي وحيد النوع؛
- نمط ليفي هجين.

1.2.1.3 النمط الليفي وحيد النوع للجزء الأساسي من الكبل: هو الجزء الأساسي من الكبل الذي يتكون من نوع واحد من الألياف البصرية.

2.2.1.3 النمط الليفي الهجين للجزء الأساسي من الكبل: هو الجزء الأساسي من الكبل الذي يتكون من أكثر من نوع من الألياف البصرية.



ملاحظـــة – يشير الرقم (1028) إلى رقم مواصفة مستعمل في التوصية ITU-T G.972.

الشكل G.978/1 – تعاريف القسم الأولي من الكبل

2.3 المصطلحات المعرّفة في توصيات أخرى

تستعمل هذه التوصية المصطلحات التالية المعرّفة في توصيات أخرى:

- الجزء البحري: انظر التوصية [G.972] (1005).
- مكرر بحري بصري: انظر التوصية [G.972] (1020).
- حمولة قطع الكبل (CBL): انظر التوصية [G.972] (5007).
- كبل مزدوج الدرع: انظر التوصية [G.972] (5004).
- حمولة الكبل القاطعة لليفة: انظر التوصية [G.972] (5008).
- الحد الأدنى لنصف قطر التواء الكبل: انظر التوصية [G.972] (5032).
- قوة الشد التشغيلية الاسمية (NOTS): انظر التوصية [G.972] (5010).
- قوة الشد الدائمة الاسمية (NPTS): انظر التوصية [G.972] (5009).
- قوة الشد الانتقالية الاسمية (NTTS): انظر التوصية [G.972] (5011).
- كبل مصمت الدرع: انظر التوصية [G.972] (5005)
- كبل أحادي الدرع: انظر التوصية [G.972] (5003).

- ميل التشتت النسبي (RDS): انظر التوصية [G.972] (2006).
- تجهيزات الإرسال المطرافية (TTE): انظر التوصية [G.972] (1010).

4 المختصرات

تستخدم هذه التوصية المختصرات التالية:

A_{eff}	المساحة الفعالة
CBL	حمولة قطع الكبل
CSF	ألياف وحيدة الأسلوب ذات قطع مزحزح
DA cable	كبل مزدوج الدرع
DCF	ألياف وحيدة الأسلوب معوّضة للتشتت
DSF	ألياف وحيدة الأسلوب ذات تشتت مزحزح
g_R	معامل كسب رامان
DWDM	تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة
DWDMS	أنظمة تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة
LEF	ألياف وحيدة الأسلوب ذات مساحة فعالة كبيرة
LW cable	كبل خفيف الوزن
LWP cable	كبل محمي خفيف الوزن
n_2/A_{eff}	معامل غير خطي
NDF	ألياف وحيدة الأسلوب سالبة التشتت
NOTS	قوة الشد التشغيلية الاسمية
NPTS	قوة الشد الدائمة الاسمية
NTTS	قوة الشد الانتقالية الاسمية
NZDSF	ألياف وحيدة الأسلوب ذات تشتت مزحزح لا يساوي صفراً
OFA	مكبر ألياف بصرية
PDF	ألياف وحيدة الأسلوب موجبة التشتت
PMD	تشتت أسلوب الاستقطاب
RA cable	كبل مصمت الدرع
RDS	التشتت النسبي بالنسبة إلى الميل
SA cable	كبل أحادي الدرع
SMF	ألياف وحيدة الأسلوب مزحزحة بدون تشتت
SWS	أنظمة ذات طول موجة وحيد
TTE	تجهيزات إرسال مطرافية
WDM	تعدد الإرسال بتقسيم لطول الموجة
WDMS	أنظمة تعدد الإرسال بتقسيم لطول الموجة
WNZDF	ألياف عريضة النطاق وحيدة الأسلوب ذات تشتت لا يساوي صفراً

5 خصائص كبل الألياف البصرية البحري

1.5 نظرة عامة

يُصمم كبل الألياف البصرية البحري لضمان حماية الألياف البصرية من ضغط الماء وانتشار الماء الطولي والتعدي الكيماوي وآثار التلوث بالهيدروجين طلية العمر المحدد للكبل.

يُصمم كبل الألياف البصرية البحري أيضاً بحيث نضمن عدم حدوث انحطاطات في أداء الألياف عند مد الكبل وطمره واستعادته وتشغيله باستعمال الممارسات المعيارية تحت الماء.

وحسب التطبيق، يمكن لكبل الألياف البصرية البحري أن يكون:

- كبل بحري بمكرر؛
- كبل بحري بدون مكرر.

وحسب حماية الكبل، يمكن لكبل الألياف البصرية البحري أن يكون:

- كبل خفيف الوزن (كبل LW)؛
- كبل محمي خفيف الوزن (كبل LWP)؛
- كبل أحادي الدرع (كبل SA)؛
- كبل مزدوج الدرع (كبل DA)؛
- كبل مصمت الدرع (كبل RA).

2.5 خصائص الإرسال للكبل

تعتبر خصائص الإرسال للألياف بوجه عام قبل التكبيل (أي تركيبها ضمن كبل) مشابهة أو مطابقة لتلك الموصّفة في التوصيات [G.652] و[G.653] و[G.654] و[G.655] و[G.656]. ويتم اختيار أنماط الألياف بما يحقق القدر الأمثل من الكلفة والأداء الإجماليين للنظام.

وينبغي أن تكون خصائص الإرسال للألياف المركّبة في الجزء الأساسي من الكبل داخل حد موصف لأوجه التخالف عن خصائص الألياف قبل التكبيل؛ حيث ينبغي أن يتم تصميم الكبل ووصلات الكبل والألياف بوجه خاص بحيث ينتج عن التواء الألياف والالتواء المتناهي في الصغر لهذه الألياف زيادة مهملة في التوهين. وينبغي أخذ ذلك بالحسبان عند تحديد الحد الأدنى لنصف قطر التواء الليفة في الكبل وضمن الجهاز (وصلات كبل بصري، انتهائية، مكررات، الخ).

ينبغي أن يظل توهين الألياف وتشتتها اللوني وتشتت أسلوب الاستقطاب PMD خاصتها مستقراً ضمن الحدود الموصّفة للعمر المحدد في تصميم النظام؛ وينبغي أن يقلل تصميم الكبل بوجه خاص إلى مستويات مقبولة من كل من اختراق الهيدروجين من الخارج ومن توليد الهيدروجين من الداخل، حتى بعد انقطاع الكبل عند عمق الاستخدام؛ وينبغي أيضاً أخذ حساسية الألياف البصرية لإشعاع غاما في الحسبان.

3.5 الخصائص الميكانيكية والمقاومة للظروف البيئية

1.3.5 حماية الألياف من خلال بنية الكبل

يتم الحكم على القدرة المقدرة الميكانيكية للألياف على البقاء من خلال نمو التشققات داخل بنية الزجاج، وتعتمد هذه القدرة على الحالة الميكانيكية الابتدائية للألياف قبل التكبيل وعلى البنية الفيزيائية للألياف (نمط الكساء، الإجهاد الداخلي) على الظروف البيئية أثناء إنتاج الألياف وعلى مستوى اختبار التثبّت المطبق على الألياف بعد سحب الألياف. وهي تعتمد أيضاً على البيئة التي توجد فيها الألياف في الكبل وعلى الأثر التراكمي للإجهاد المطبّق على الألياف خلال فترة عمرها.

تحدد قوة بنية الكبل بالترافق مع قوة الألياف السلوك الميكانيكي الإجمالي للكبل. وينبغي تصميمهما بما يضمن عمر النظام المحدد في التصميم آخذين في الحسبان الأثر التراكمي للحمولة المطبّقة على الكبل أثناء المد والاستعادة والإصلاح علاوة على أي حمولة دائمة أو إطالة متبقية مطبقّة على الكبل المركّب.

وهناك نمطان عامان من البنى الكبلية يستعملان على نطاق واسع لحماية الألياف البصرية:

- البنية الكبلية المحكمة حيث تُحفظ الألياف بإحكام في الكبل بحيث تساوي استطالة الألياف استطالة الكبل بشكل أساسي؛
- بنية كبل حرة حيث تكون الألياف حرة الحركة داخل الكبل وتكون استطالتها أقصر من استطالة الكبل حيث تظل صفراً إلى أن تصل استطالة الكبل قيمة معيّنة.

وفضلاً عن ذلك، ينبغي للكبل أن يحمي الألياف من الماء والرطوبة والضغط الخارجي وأن يحد من اختراق المياه الطولي بعد انقطاع كبل في عمق الاستخدام.

2.3.5 الخصائص الميكانيكية للألياف

يعتمد الأداء الميكانيكي للألياف اعتماداً كبيراً على تطبيق اختبار تثبت على كامل طول الليفة. وتُحدد خصائص اختبار التثبت لليفة البصرية من خلال الحمولة المطبقة على الليفة أو على استطالتها، ومن خلال وقت التطبيق. وينبغي تحديد مستوى هذا الاختبار بوصفه دالة في بنية الكبل. وينبغي إجراء اختبارات تثبت مماثلة على الوصلات المجدولة لليفة. ويُوصى بأن تكون مدة هذه الاختبارات مختصرة بقدر الإمكان.

ويتعين أخذ القوة الميكانيكية لليفة ووصلاتها المجدولة في الحسبان من أجل تحديد الحد الأدنى لنصف قطر انحناء الليفة داخل الكبل وفي التجهيزات (المكررات أو وحدات التفريع أو صناديق توصيل الكبلات أو نهايات الكبلات).

4.2.5 الأداء الميكانيكي للكبل

ينبغي على سفن الكبلات أن تتوخى إجراءات السلامة عند مناولة الكبلات مع صناديق توصيلها، ومقرناتها، وعمليات نقلها أثناء عمليات مد الكبلات وإصلاحها؛ ولا بد أن تكون الكبلات متينة بحيث تقاوم عملية تمريرها المتعددة فوق مقدم سفينة مد الكبلات.

وينبغي أن يكون الكبل قابلاً للإصلاح، وينبغي أن يكون الوقت المستغرق في جعل وصلة كبلية تعمل على نحو جيد على متن السفينة أثناء عملية الإصلاح وقتاً قصيراً بشكل معقول.

وفي حال علق الكبل بخطاف أو مرساة أو أداة لصيد السمك، فإن حمولة القطع الذي يُصاب به عادة ما تكون مساوية تقريباً لكسر حمولة قطع يُصيب كبل في حالات مده بخط مستقيم (وذلك اعتماداً على نوع الكبل وخواص الخطاف)؛ ومن ثم توجد مخاطر تتمثل في تقصير عمر الألياف والكبل وتقويض الاعتمادية في المنطقة المجاورة لنقطة القطع، ويرجع ذلك تحديداً إلى الضغط الممارس على الألياف أو بسبب تغلغل الماء داخل الكبل؛ ولا بد من استبدال الجزء المتضرر من الكبل؛ وينبغي أن يظل طوله ضمن حدود قيمة معينة.

وتحدد التوصية G.972 عدة معلمات لتحديد الخصائص الميكانيكية للكبل وقابلية الكبل للتركيب والاستعادة والإصلاح وذلك لاستعمال هذه المعلمات كتوجيهات عند مناولة الكبلات:

- حمولة قطع الكبل (CBL) المقاسة أثناء إجراء اختبار الأهلية؛
- قوة الشد الانتقالية الاسمية (NTTS) التي يمكن مصادفتها عرضاً، ولا سيّما أثناء عمليات الاستعادة؛
- قوة الشد التشغيلية الاسمية (NOTS) التي يمكن مواجهتها خلال عمليات الإصلاح؛
- قوة الشد الدائمة الاسمية (NPTS) التي تحدد خصائص حالة الكبل بعد مده؛
- الحد الأدنى لنصف قطر التواء الكبل الذي يعد توجيهاً يُسترشد به في مناولة الكبلات.

يحتوي الجدولان 5-1 و5-2 على القيم الموصى بها للخصائص الميكانيكية للكبل.

الجدول G.978/1-5 – القيم الموصى بها للخصائص الميكانيكية للكبل بالنسبة إلى نظام كبل ألياف بصرية بحري بدون مكرر

المعلمات	التفاصيل	القيمة الموصى بها (KN)			
		كبل LWP/LW	كبل SA	كبل DA	كبل RA
CBL	الحد الأدنى	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً
NTTS	الحد الأدنى	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً
NOTS	الحد الأدنى	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً
NPTS	الحد الأدنى	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً
ملاحظـــة – القيمة الموصى بها قيد مزيد من الدراسة.					

الجدول G.978/2-5 – القيم الموصى بها للخصائص الميكانيكية للكبل بالنسبة إلى نظام كبل ألياف بصرية بحري بمكرر

المعلمات	التفاصيل	القيمة الموصى بها (KN)			
		كبل LWP/LW	كبل SA	كبل DA	كبل RA
CBL	الحد الأدنى	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً
NTTS	الحد الأدنى	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً
NOTS	الحد الأدنى	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً
NPTS	الحد الأدنى	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً	تُحدد لاحقاً
ملاحظـــة – القيمة الموصى بها قيد مزيد من الدراسة.					

4.3.5 حماية الكبل

ينبغي أن توفر كبلات الألياف البصرية البحرية الحماية من الأخطار البيئية عند استعمالها في أعماق المياه: الحماية من الحياة البحرية ومن قضم الأسماك لها ومن التآكل، وأن تكون مدرعة لحمايتها من الأنشطة التخريبية وأنشطة السفن. وتحدد التوصية G.972 أنواعاً مختلفة من الكبلات المحمية، ولا سيما ما يلي:

- كبل خفيف الوزن (كبل LW)؛
- كبل محمي خفيف الوزن (كبل LWP)؛
- كبل أحادي الدرع (كبل SA)؛
- كبل مزدوج الدرع (كبل DA)؛
- كبل مصمت الدرع (كبل RA).

ويعتبر الكبل خفيف الوزن مناسباً للمد والاستعادة والتشغيل عندما لا تكون هناك حاجة إلى حماية خاصة.

بينما يعتبر الكبل المحمي خفيف الوزن مناسباً للمد والاستعادة والتشغيل عندما يحتاج الأمر إلى حماية خاصة.

ويعتبر الكبل أحادي الدرع مناسباً للمد والطمر والاستعادة والتشغيل وهو محمي بشكل مناسب من أجل منطقة معيّنة في المياه الضحلة.

في حين يعتبر الكبل مزدوج الدرع مناسباً للمد والطمر والاستعادة والتشغيل وهو محمي بشكل مناسب من أجل منطقة معيّنة في المياه الضحلة.

ويعد الكبل مصمت الدرع مناسباً للمد والاستعادة والتشغيل وهو محمي بشكل مناسب من أجل منطقة معيّنة في المياه الضحلة.

ويشتمل الجدول 5-3 على عمق الاستخدام النموذجي لكل كبل.

الجدول G.978/3-5 – عمق الاستخدام النموذجي لكبل ألياف بصرية بحري

	كبل LWP/LW	كبل SA	كبل DA	كبل RA
العمق (متر)	1000 <	1500-20 <	20-0	20-0

وينبغي لكبل الألياف البصرية الأرضي أن يحمي النظام والعاملين من تفريغ الشحنات الكهربائية والتداخل الصناعي والصواعق. ويُستعمل نمطان من الكبلات الأرضية المحمية على نطاق واسع:

- كبل أرضي مدرّع بدرع يكون جهده مساوياً لجهد الأرضي، وهو مناسب للطمر مباشرةً؛
- كبل مجاري مصفّح مع تصفيح أمان مطوق (الذي يمكن أن يكون تصفيح الحماية من قضمات السمك) وهو مناسب للسحب ضمن المجاري.

ملاحظـــة – يوصى أن يكون للكبل مسير لتزويد تيار المسرى الكهربائي في بنيته لتحديد موقع الكبل بواسطة تجهيزات مغمورة. يُزوَّد تيار الإسراء من محطة مطرافية بالقدر الضروري لتحديد موقع الكبل وبتردد بحدود 4 إلى 40 هرتز

6 خصائص كبل الألياف البصرية البحري الاحتياطي

1.6 عام

ينبغي أن يكون الكبل الاحتياطي المستعمل ليحل محل جزء معطوب من كبل ألياف بصرية بحري كبل ألياف بصرية بحري أيضاً. وعلى ذلك ينبغي أن يكون مستوفياً لكل المواصفات المتعلقة بكبلات الألياف البصرية البحرية (انظر القسم 5).

ومع ذلك يجب أن تأخذ سياسة إصلاح كبل الألياف البصرية البحري بالحسبان بعض المعلومات الرئيسية من قبيل نمط الاستخدام البحري وحماية الكبل وطول الكبل المضاف أثناء الإصلاح وخصائص الإرسال للكبل.

2.6 نمط نظام الاستخدام البحري

ينبغي أن يكون كبل الألياف البصرية البحري الاحتياطي من نفس نمط استخدام كبل الألياف البصرية البحري الأصلي. ويعني هذا أنه ينبغي أن يكون كبل الألياف البصرية البحري الاحتياطي:

- كبل بحري بمكرر في حالة إصلاح كبل بحري بمكرر؛
- كبل بحري بدون مكرر في حالة إصلاح كبل بحري بدون مكرر.

3.6 حماية كبل الألياف البصرية البحري الاحتياطي

ينبغي أن يكون لكبل الألياف البصرية البحري الاحتياطي نفس مستوى الحماية الميكانيكية كذاك القسم من الكبل المزمع استبداله. وفي حال عدم توافر كبلات بنمط الحماية المطلوب، يمكن استخدام كبلات احتياطية بأنماط حماية أخرى غير أنه في تلك الحالة تحديداً، ينبغي لمستوى الحماية الميكانيكية للكبل الاحتياطي أن يكون أعلى من مستوى حماية الكبل الممدود أصلاً وينبغي إدراج انتقالية كبل بين نمطي الكبلين. ويقدّم الجدول 6-1 مستويات الحماية المسموحة للكبل الاحتياطي كدالة في أنماط الحماية الأصلية.

الجدول G.978/1-6 – مستويات الحماية المسموحة للكبل الاحتياطي تبعاً لأنماط الحماية الأصلية

		نمط حماية كبل الألياف البصرية البحري الاحتياطي				
		كبل LW	كبل LWP	كبل SA	كبل DA	كبل RA
نمط حماية كبل الألياف البصرية البحري الأصلي	كبل LW	A	A	A	A	A
	كبل LWP		A	A	A	A
	كبل SA			A	A	A
	كبل DA				A	A
	كبل RA					A
ملاحظـــة – "A" يرمز إلى قابل للتطبيق.						

4.6 خصائص الإرسال

1.4.6 إدارة الألياف البصرية

ينبغي لكبل الألياف البصرية البحري المستعمل للإصلاح أن يكون له على الأقل نفس عدد الألياف كالكبل الممدود أصلاً. ويمكن أيضاً استعمال كبل ألياف بصرية بحري بعدد أكبر من الألياف ككبل احتياطي. وفي هذه الحالة، يوصّل العدد المطلوب من الألياف فقط للنظام وتظل الألياف الأخرى غير مستعملة.

2.4.6 خصائص الإرسال

ينبغي أن يكون للألياف البصرية للكبل الاحتياطي نفس خصائص الألياف البصرية المحتواة في القطعة التي سيتم استبدالها من كبل الألياف البصرية البحري. بيد أنه يمكن قبول استثناء لهذه القاعدة إذا نوّهت بذلك بوضوح توصيات معيّنة لإصلاح الكبلات في دليل الصيانة الذي ينبغي أن يقدّمه مورّد النظام عند توريد النظام. وينبغي أن تشرح هذه الوثيقة على نحو خاص بالتفضيل سياسة إدارة التشتت اللوني الواجب تطبيقها في حال عمليات إصلاح الكبل (مياه البحر العميقة والضحلة).

7 الخصائص الكهربائية

تخضع الخصائص الكهربائية للمزيد من الدراسة.

8 خصائص الألياف في الكبل البحري

1.8 عام

قد يميّز مصممو النظام البحري بين بضعة أنماط من الألياف البصرية من بينها:

- ألياف وحيدة الأسلوب محددة في توصيات قطاع التقييس للاتحاد الدولي للاتصالات السلسلة G.65x؛
- ألياف وحيدة الأسلوب موجبة التشتت (PDF)؛
- ألياف وحيدة الأسلوب سالبة التشتت (NDF)؛
- ألياف وحيدة الأسلوب ذات مساحة فعالة كبيرة (LEF)؛
- ألياف وحيدة الأسلوب معوّضة للتشتت (DCF).

وحسب مواصفات النظام (معدّل بتات المعطيات وتشفيرها وعدد أطوال الموجة ومدى المكبر وقدرة خرج المكبر وطول الوصلة، الخ)، يمكن استعمال توليفات مختلفة من أنماط الألياف هذه لضمان أفضل أداء للأنظمة.

والمعلمات الرئيسية التي تميّز الألياف البصرية أعلاه هي:

- معامل التوهين المعبر عنه بالوحدة dB/km عند جميع أطوال الموجات للإشارة العاملة من أجل أنظمة طول الموجة الوحيد SWS وعند جميعها من أجل أنظمة تعدد الإرسال بتقسيم لطول الموجة WDMS؛
- معامل التوهين المعبر عنه بالوحدة dB/km عند جميع أطوال موجات الضخ العاملة من أجل أنظمة طول الموجة الوحيد SWS وعند جميعها من أجل أنظمة تعدد الإرسال بتقسيم لطول الموجة WDMS؛
- معامل التشتت اللوني محسوباً بالوحدة ps/nm.km عند جميع أطوال موجات الإشارة العاملة؛
- طول موجة التشتت الصفري λ_0 محسوباً بالوحدة nm؛
- ميل التشتت حول أطوال الموجات العاملة محسوباً بالوحدة $ps/nm^2.km$؛
- التشتت النسبي بالنسبة إلى الميل (RDS) محسوباً بالوحدة nm؛
- دليل الانكسار غير الخطي n_2 محسوباً بالوحدة m^2/W؛
- المساحة الفعالة A_{eff} محسوباً بالوحدة μm^2؛
- المعامل غير الخطي n_2/A_{eff} محسوباً بالوحدة W^{-1}؛
- معامل كسب رامان g_R محسوباً بالوحدة m/W؛
- إجمالي متوسط تشتت أسلوب الاستقطاب (PMD) محسوباً بالوحدة $ps/(km)^{½}$.

2.8 الألياف البصرية

1.2.8 ألياف السلسلة G.65x

تحتوي توصيات ITU-T على خمسة أنماط من الألياف وحيدة الأسلوب، وهي:

- ألياف وحيدة الأسلوب مزحزحة بدون تشتت (SMF) ومعرَّفة في التوصية [G.652]؛
- ألياف وحيدة الأسلوب ذات تشتت متخالف (DSF) ومعرَّفة في التوصية [G.653]؛
- ألياف وحيدة الأسلوب ذات قطع مزحزح (CSF) ومعرَّفة في التوصية [G.654]؛
- ألياف وحيدة الأسلوب بتشتت متخالف قيمته لا تساوي صفراً (NZDSF) ومعرَّفة في التوصية [G.655]؛
- ألياف عريضة النطاق وحيدة الأسلوب بتشتت متخالف قيمته لا تساوي صفراً (WNZDF) ومعرَّفة في التوصية [G.656].

وقد تم تفنيد ألياف SMF الموصوفة في التوصية [G.652] في الأساس للاستعمال في منطقة طول الموجة 1310 nm التي لها طول موجة اسمي صفري التشتت يقارب 1310 nm. ويمكن استعمال ألياف SMF هذه في منطقة 1550 nm.

كما تم تفنيد ألياف DSF الموصوفة في التوصية [G.653] في الأساس للاستعمال في منطقة طول الموجة 1550 nm التي لها طول موجة اسمي صفري التشتت يقارب 1550 nm.

وكذلك تم تفنيد ألياف CSF الموصوفة في التوصية [G.654] للاستعمال في منطقة 1550–1625 nm وهي ألياف بصرية مُقلّصة الخسارة إلى الحد الأدنى ووحيدة الأسلوب ذات قطع مزحزح.

وفُندت ألياف NZDSF الموصوفة في التوصية [G.655] أصلاً للاستعمال في منطقة يتراوح طول الموجة فيها بين 1530 و1565 nm ولها قيمة تشتت لوني لا تساوي صفراً وتبلغ نحو 1550 nm. ويقلل هذا التشتت من نمو الآثار غير الخطية التي يمكن أن تكون ضارة بشكل خاص في أنظمة DWDMS.

وفُندت ألياف WNZDF الموصوفة في التوصية [G.656] أصلاً للاستعمال في منطقة يتراوح طول الموجة فيها بين 1460 و1625 nm ولها قيمة تشتت لوني لا تساوي صفراً في منطقة طول الموجة هذه. ويقلل هذا التشتت من نمو الآثار غير الخطية التي يمكن أن تكون ضارة بشكل خاص في أنظمة DWDMS.

2.2.8 الألياف وحيدة الأسلوب موجبة التشتت

للألياف PDF قيمة تشتت لوني D_{min} ذات إشارة موجبة في منطقة طول الموجة للإشارة العاملة. ويقلل هذا التشتت من نمو الآثار غير الخطية التي يمكن أن تكون ضارة بشكل خاص في أنظمة DWDMS.

وتُعتبر معظم الألياف وحيدة الأسلوب للسلسلة G.65x من توصيات ITU-T ألياف PDF عند طور موجة إشارة عاملة قدره 1550 nm تقريباً.

3.2.8 الألياف وحيدة الأسلوب سالبة التشتت

للألياف NDF قيمة تشتت لوني D_{max} ذات إشارة سالبة في منطقة طول الموجة للإشارة العاملة. ويقلل هذا التشتت من نمو الآثار غير الخطية التي يمكن أن تكون ضارة بشكل خاص في أنظمة DWDMS.

ويمكن اعتبار ألياف NZDSF الموصوفة في التوصية [G.655] ألياف NDF عند طول موجة إشارة عاملة قدره 1550 nm تقريباً.

ويمكن استعمال توليفة من ألياف PDF وNDF لتشكيل الجزء الأساسي من كبل ليفي هجين.

4.2.8 الليف وحيد الأسلوب ذات المساحة الفعالة الكبيرة

للألياف LEF قيمة A_{eff} مكبرة في منطقة طول الموجة للإشارة العاملة. وتقلل هذه القيمة A_{eff} من الآثار غير الخطية التي يمكن أن تكون ضارة بشكل خاص في أنظمة DWDMS.

5.2.8 الألياف وحيدة الأسلوب المعوضة للتشتت

تتوقف علامة التشتت اللوني للألياف DCF على إدارة التشتت في النظام. ولألياف DCF قيمة تشتت لوني كبيرة نسبياً عند طول موجة الإشارة العاملة. وتستعمل ألياف DCF لتعويض التشتت اللوني التراكمي لألياف PDF أو ألياف NDF.

3.8 خصائص الإرسال للألياف

1.3.8 الخسارة البصرية

تحدد خسارة الألياف البصرية بمعامل توهين يُعبَّر عنه بوحدة dB/km (للقيمة اللوغارتمية) أو بوحدة km^{-1} (للقيمة الخطية).

ويرد معامل التوهين الأقصى لكل ليفة من ألياف سلسلة التوصيات G.65x في السلسلة G.65x المقابلة من توصيات ITU-T.

ويرد وصف لطريقة قياس الخسارة البصرية في الألياف وحيدة الأسلوب في التوصية [G.650.1].

2.3.8 معامل التشتت اللوني

يتعامل معامل التشتت اللوني مع اعتماد طول الموجة لسرعة الزمرة بحيث تنتشر كل المكونات الطيفية للإشارة الضوئية بسرعات مختلفة. ويولد ذلك تمديداً للنبضة ويمكن أن يكون انحطاطاً رئيسياً. كما يؤثر ميل التشتت بالنسبة إلى طول الموجة على أداء الإرسال، على وجه الخصوص في أنظمة WDMS و/أو أنظمة الإرسال ذات معدل البتات العالي. ومعامل التشتت اللوني لليف بصري عبارة عن طول وحدة يُعبَّر عنه بوحدة ps/nm·km. كما يعبر عن ميل التشتت عند طول الموجة العاملة بوحدة $ps/nm^2 \cdot km$. كما يستعل التشتت النسبي بالنسبة إلى الميل (RDS) المُعبَّر عنه بوحدة nm لمراعاة انحطاطات التشتت في منطقة طول الموجة للإشارة العاملة، خاصةً في أنظمة WDMS.

ويرد توصيف خاصية التشتت اللوني في كل ليفة من ألياف السلسة G.65x في السلسلة G.65x المقابلة من توصيات قطاع تقييس الاتصالات.

ويمكن العثور على معلومات إضافية بخصوص انحطاط التشتت اللوني في التوصية [G-Sup.39].

وير وصف لطريقة قياس التشتت اللوني في الألياف وحيدة الأسلوب في التوصية [G.650.1].

3.3.8 تشتت أسلوب الاستقطاب (PMD)

تؤدي الانحرافات الصغيرة عن التناظر الاسطواني المثالي في قلب الليفة إلى انكسار مزدوج بسبب اختلاف دليل الأسلوب المصاحب للمكونات المستقطبة عمودياً للأسلوب الأساسي. ويسبب تشتت أسلوب الاستقطاب (PMD) تمديداً للنبضات وينبغي أن يكون مقيداً بقيمة قصوى. ويُعبر عن تشتت أسلوب الاستقطاب (PMD) لألياف و/أو وصلات بصرية وحيدة الأسلوب بالوحدة ps/√km. ويتم التعامل إحصائياً مع تشتت أسلوب الاستقطاب (PMD) في الألياف و/أو الوصلات البصرية وحيدة الأسلوب. وعلى نحوٍ خاص، تُستعمل القيمة التصميمية PMD_Q لوصلة تشتت PMD كحد أعلى لمعامل PMD لكبلات الألياف المسلسلة معٍ وصلة محتملة معرَّفة لعدد M من أقسام الكبل. ويحدد الحد الأعلى بمعلومية مستوى احتمال صغير Q يمثّل احتمال أن تتجاوز قيمة معامل PMD المسلسل القيمة PMD_Q.

وترد قيمة PMD_Q في كل كبل من كبلات الألياف الخاصة G.65x في السلسلة G.65x المقابلة من توصيات ITU-T.

ويمكن العثور على معلومات إضافية بخصوص انحطاط التشتت اللوني في التوصية [G-Sup.39].

ويرد وصف لطريقة قياس PMD والمعالجة الإحصائية في الألياف وحيدة الأسلوب وكذلك في الكبلات ضمن التوصية [G.650.2].

4.3.8 لا خطية الألياف

لا بد من مراعاة الآثار اللاخطية عند تصميم وصلات بصرية ممتدة عبر مسافات طويلة بمكبرات ألياف بصرية (OFAs) ذات قدرة خرج عالية. وتتراكم هذه الآثار على امتداد الوصلة البصرية وقد تعرض الانتشار للانحطاط بشكل كبير. وبوجه عام، يتمثل الأثر اللاخطي السائد في نظام ذي طول موجي أحادي (SWS) في تشكيل ذاتي الطور للإشارة يتناسب مع المعامل اللاخطي (النسبة n_2/A_{eff}) مضروباً في مربع اتساعه المقيس. وتتسبب هذه اللاخطية، في وجود التشتت اللوني، في توسيع النبضة في المجال الزمني، ما يستتبع ذلك من انحطاط في أداء الأنظمة. أما في نظام تعدد الإرسال بتقاسم طول الموجات (WDMS) أو نظام تعدد الإرسال بتقاسم مكثف لطول الموجات (DWDMS)، فإن الأثر السائد يكون عادة عبارة عن تشكيل متقاطع الأطوار و/أو خلط لأربعة موجات نتيجة لوجود أطوال موجية متجاورة. وتسبب هذه اللاخطية في انحطاط الأداء.

كما يؤخذ معامل كسب رامان g_R في الألياف وحيدة الأسلوب في الاعتبار في أنظمة بحرية معيّنة تستخدم تكبير رامان الموزع. ويتناسب كسب رامان مع g_R وقدرة الضخ. وتبلغ قيمة g_R لزجاج سيليكا النقي نحو $2{,}8 \times 10^{-14}$ m/W عند طول الموجة 1500 nm ويتوقف ذلك على المادة المستعملة في الألياف.

ويمكن العثور على معلومات إضافية بخصوص لا خطية الألياف في التوصية [G-Sup.39].

ويرد وصف لطريقة قياس المساحة الفعالة A_{eff} في الألياف وحيدة الأسلوب في التوصية [G.650.2].

كما يرد وصف لطرق قياس المعامل اللاخطي n_2/A_{eff} ومعامل كسب رامان g_R في الألياف وحيدة الأسلوب في التوصيتين [IEC 62285] و[IEC 62324]، على التوالي.

4.8 المعلمات الموصى بها للتوصيف

يوصى للألياف البصرية والكبلات المستعملة في أنظمة الإرسال المحدودة عبر البحار بأن توصّف المعلمات التالية. وستوصَّف هذه المعلمات عند منطقة الإشارة و/أو طول موجة الضخ العاملة.

معلمات الألياف:

- معامل التوهين الأقصى (dB/km)؛
- معامل التشتت اللوني الأقصى والأدنى D_{max} وD_{min} (ps/nm · km)؛
- ميل التشتت اللوني الأقصى (ps/nm^2 · km)؛
- الحد الأدنى للمساحة الفعالة A_{eff}، (μm^2).

معلمات الكبل:

- معامل التوهين الأقصى (dB/km)؛
- معامل PMD_Q الأقصى (ps/√km).

الملاحظـــة 1 – ترد معلمات الألياف لكل ليفة من ألياف سلسلة G.65x في السلسلة G.65x المقابلة من توصيات قطاع تقييس الاتصالات، عدا المساحة الفعالة.

الملاحظـــة 2 – توصَّف معامِلات التوهين الأقصى عند طول الموجة 1550 nm لألياف G.65x المكبّلة ضمن مدى 0,22 إلى 0,4 dB/km في السلسلة G.65x من توصيات قطاع تقييس الاتصالات. وينبغي ملاحظة أن نظام الإرسال النموذجي تحت الماء يتطلب قيمة معامل توهين أصغر. ويخضع معامل التوهين النموذجي في وصلة مركّبة تحت الماء للمزيد من الدراسة.

الملاحظـــة 3 – توصَّف معامِلات تشتت PMD_Q الأقصى لألياف السلسلة G.65x المكبّلة ضمن مدى 0,20 إلى 0,5 ps/√km في السلسلة G.65x من توصيات ITU-T. وينبغي ملاحظة أن نظام الإرسال النموذجي تحت الماء يتطلب قيمة معامل PMD_Q أصغر.

9 خصائص إرسال الجزء الأساسي من الكبل

1.9 عام

يعتبر الجزء الأساسي من الكبل هو كامل طول كبل الألياف البصرية بين جهازين (مكررين أو وحدتي تفريع أو جهازي إرسال مطرافيين). وتُصنَّف الأجزاء الأساسية من الكبل إلى:

- جزء أساسي من الكبل من نمط الليف وحيد النوع؛
- جزء أساسي من الكبل من نمط الليف الهجين.

وحسب تصميم النظام، خاصة عدد أطوال الموجات (نظام تعدد الإرسال بتقاسم طول الموجات (WDM)) ، يمكن استعمال أنماط الألياف البصرية المختلفة لضمان أفضل أداء للأنظمة. وبوجه خاص، تُدمج ألياف بصرية متنوعة بغرض خفض التشتت التراكمي عند طول موجة الإشارة. وفي تلك الحالة، يُقال عن النظام أنه مدار تشتتياً. وتؤدي هذه الإدارة عموماً إلى خريطة تشتت توضح كيفية إدارة التشتت عبر وصلة كبل الألياف البصرية البحري بأكملها.

وتعد خريطة التشتت هي الأداة الرئيسية لوصف خصائص التشتت اللوني لنظام. ويُعرف التشتت التراكمي على أنه التشتت المقاس بين خرج المرسل المطرافي وأية نقطة أخرى في المسير البصري. وخريطة التشتت هي الرسم البياني للتشتت اللوني المحلي لطول موجة تشغيل معينة، بدلالة المسافة من المرسل البصري إلى المستقبل البصري. وتعتمد خريطة التشتت أساساً على نوع النظام (من حيث كونه نظام بطول موجة أحادي (SWS) أو نظام تعدد إرسال بتقاسم طول الموجات (WDMS)).

ويرد مزيد من الشرح عن "رسم خرائط التشتت" و"تنفيذ إدارة التشتت" في التوصيتين [G.973] و[G.977].

تُعرض في هذا القسم خصائص الإرسال للجزء الأساسي من الكبل اللازمة لتصميم أنظمة كبل ألياف بصرية بحري. ويرد شرح لخصائص الإرسال للأجزاء الأساسية من الكبل من نمط الألياف وحيدة النوع والألياف الهجين في القسمين الفرعيين 2.9 و3.9 على التوالي، والمعلمات المطلوبة للتوصيف موصى بها في القسم الفرعي 4.9.

2.9 خصائص الإرسال للجزء الأساسي من الكبل من نمط الألياف وحيدة النوع

يتألف الجزء الأساسي من كبل من نمط الألياف وحيدة النوع من نمط وحيد النوع من الألياف البصرية ويُستخدم كخط الإرسال الرئيسي للإشارات. وفي فواصل من عدة أجزاء أساسية من الكبل، تُستعمل ألياف بصرية بتشتت لوني معكوس عن خط الإرسال الرئيسي بغرض تعويض التشتت في أطوال موجات الإشارات. هذه الألياف المعوّضة للتشتت تؤلف أيضاً الجزء الأساسي الآخر من الكبل لإرسال الإشارة. يحتاج هذا النمط من الأجزاء الأساسية إلى أجهزة منفصلة معوِّضة للتشتت باتجاه تجهيزات الإرسال المطرافية TTE تراعي بشكل منفصل عن الأجزاء الأساسية من الكبل. وترد خصائص معوّض التشتت اللوني في التوصيتين [G.671] و[G.667].

3.9 خصائص الإرسال لجزء أساسي من الكبل من نمط الليف الهجين

يتألف الجزء الأساسي من كبل من نمط الليف الهجين من أكثر من نمط واحد من الألياف البصرية.

وتُصنّف التوليفات النموذجية للألياف البصرية إلى نمطين:

- إحداهما عبارة عن توليفة من الألياف البصرية ذات مساحات فعالة A_{eff} مختلفة وبالإشارة نفسها لميل التشتت.

  مثلاً يتم دمج ألياف بصرية ذات مساحة فعالة A_{eff} أكبر وميل تشتت أكبر مع أخرى ذات مساحة فعالة A_{eff} أصغر وميل تشتت أقل مما يقلل من ميل التشتت الكلي للجزء الأساسي من الكبل ويتيح قدرة دخل بصرية أعلى بشكل مقبول. بيد أن ميل التشتت الإجمالي لا يمكن أن يقترب من الصفر نظراً للإشارة نفسها لميل التشتت للألياف. ويحتاج هذا النمط من الأجزاء الأساسية من الكبل عادةً إلى أجهزة منفصلة معوِّضة للتشتت في تجهيزات الإرسال المطرافية TTE تراعي بشكل منفصل عن الأجزاء الأساسية من الكبل.
- الآخر هو توليفة من الألياف البصرية ذات الإشارة المختلفة للتشتت وميل التشتت. ويعدّل ذلك من التشتت النسبي بالنسبة إلى الميل (RDS) وطول الألياف البصرية المخلوطة مما يتيح خفضاً يقترب من الصفر للتشتت الكلي وميل التشتت للجزء الأساسي من الكبل.

  وفي هذه الحالة، على سبيل المثال، يتم دمج ألياف بصرية ذات مساحة فعالة A_{eff} أكبر وتشتت موجب وميل تشتت موجب أيضاً مع أخرى ذات مساحة فعالة A_{eff} أصغر وتشتت وميل تشتت سالبيين.

وبوجه عام، يمكن للجزء الأساسي من الكبل من نمط الليف الهجين أن ينفّذ سعة إرسال ومسافة قصوى أكبر مقارنةً بالجزء الأساسي من الكبل من نمط الليف وحيد النوع.

4.9 المعلمات الموصى بها للتوصيف

يوصى بتوصيف المعلمات التالية للجزء الأساسي من الكبل من نمط الليف وحيد النوع أو الهجين.

- التوهين الكلي الأقصى والأدنى عند 1 550 nm أو طول الموجة الموصَّف (dB)، (ملاحظة 1)؛
- معامل التشتت اللوني الأقصى والأدنى (ps/nm · km)؛
- ميل التشتت اللوني الأقصى ($ps/nm^2 \cdot km$)؛
- التشتت اللوني التراكمي الأقصى على مدى طول الموجة الموصَّف (ps/nm)؛
- الحد الأدنى للمعامل اللاخطي، n_2/A_{eff}، (1/W)؛
- الحد الأقصى لمعامل PMD_Q (ps/√km)؛
- الحد الأقصى للمهلة الإجمالية لانتشار الزمرة (overall DGD) عند 1550 nm أو طول الموجة الموصَّف (ps).

الملاحظـــة 1 – يمكن تحديد معامل التوهين وطول خط الإرسال كمعلومات بديلة.

الملاحظـــة 2 – في حالة الجزء الأساسي من كبل من نمط الليف الهجين، ينبغي أن يوصي بكل معلمة لكل من الألياف الإفرادية والجزء الأساسي من الكبل بالكامل.

التذييـــل I

البنى الخاصة بكبلات الألياف البصرية البحرية والمعلومات ذات الصلة

تخضع البنى الخاصة بالكبلات والمعلومات المتعلقة بها للمزيد من الدراسة.

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 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	إدارة الاتصالات بما في ذلك شبكة إدارة الاتصالات (TMN) وصيانة الشبكات
السلسلة N	الصيانة: الدارات الدولية لإرسال البرامج الإذاعية الصوتية والتلفزيونية
السلسلة O	مواصفات تجهيزات القياس
السلسلة P	نوعية الإرسال الهاتفي والمنشآت الهاتفية وشبكات الخطوط المحلية
السلسلة Q	التبديل والتشوير
السلسلة R	الإرسال البرقي
السلسلة S	التجهيزات المطرافية للخدمات البرقية
السلسلة T	المطاريف الخاصة بالخدمات التلماتية
السلسلة U	التبديل البرقي
السلسلة V	اتصالات البيانات على الشبكة الهاتفية
السلسلة X	شبكات البيانات والاتصالات بين الأنظمة المفتوحة والأمن
السلسلة Y	البنية التحتية العالمية للمعلومات وملامح بروتوكول الإنترنت وشبكات الجيل التالي
السلسلة Z	لغات البرمجة والخصائص العامة للبرمجيات في أنظمة الاتصالات

طبعت في سويسرا
جنيف، 2007