

G.698-2

(2009/11)

ITU-T

قطاع تقييس الاتصالات
في الاتحاد الدولي للاتصالات

السلسلة G: أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة
والشبكات الرقمية

خصائص وسائط الإرسال والأنظمة البصرية –
خصائص الأنظمة البصرية

تطبيقات ذات سطوح بينية بصرية أحادية القناة
لتعدد الإرسال المكبر متعدد القنوات بتقسيم
مكثف لطول الموجة

التوصية ITU-T G.698.2

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

G.199 – G.100	التوصيلات والدارات الهاتفية الدولية
G.299 – G.200	الخصائص العامة المشتركة لكل الأنظمة التماثلية بموجات حاملة
G.399 – G.300	الخصائص الفردية للأنظمة الهاتفية الدولية بموجات حاملة على خطوط معدنية
G.449 – G.400	الخصائص العامة للأنظمة الهاتفية الدولية الراديوية أو الساتلية والتوصيل البيني مع الأنظمة على خطوط معدنية
G.499 – G.450	تنسيق المهاتفة الراديوية والمهاتفة السلكية
G.699 – G.600	خصائص وسائط الإرسال والأنظمة البصرية
G.609 – G.600	اعتبارات عامة
G.619 – G.610	أزواج كبلات متناظرة
G.629 – G.620	أزواج الكبلات البرية متحدة المحور
G.639 – G.630	الكبلات البحرية
G.640 – G.649	الأنظمة البصرية في الفضاء الطلق
G.659 – G.650	كبلات الألياف البصرية
G.679 – G.660	خصائص المكونات والأنظمة الفرعية البصرية
G.699 – G.680	خصائص الأنظمة البصرية
G.799 – G.700	تجهيزات مطرافية رقمية
G.899 – G.800	الشبكات الرقمية
G.999 – G.900	الأقسام الرقمية وأنظمة الخطوط الرقمية
G.1999 – G.1000	نوعية خدمة وأداء الوسائط المتعددة – الجوانب العامة والجوانب المتعلقة بالمستعمل
G.6999 – G.6000	خصائص وسائط الإرسال
G.7999 – G.7000	المعطيات عبر شبكات النقل – الجوانب العامة
G.8999 – G.8000	جوانب الرزم عبر شبكات النقل
G.9999 – G.9000	شبكات النفاذ

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

تطبيقات ذات سطوح بينية بصرية أحادية القناة لتعدد الإرسال المكثف متعدد القنوات بتقسيم مكثف لطول الموجة

ملخص

تقدم التوصية ITU-T G.698.2 قيم المعلومات البصرية المتعلقة بالسطوح البينية للطبقة المادية لأنظمة تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة (DWDM) المصممة أساساً للتطبيقات المتعلقة بالشبكات الحضرية الحاوية على مكبرات بصرية. وهذه التطبيقات محددة باستعمال معلومات السطح البيني البصري في نقاط التوصيل الأحادية القناة بين المرسلات ومعدات الإرسال البصرية، وكذلك بين المستقبلات ومزيلات تعدد الإرسال البصرية في نظام تعدد الإرسال DWDM. وتستخدم هذه التوصية طريقة لا تحدد بوضوح تفاصيل الوصلة البصرية، كالحدا الأقصى لطول الألياف البصرية. وتضم هذه الصيغة من هذه التوصية تطبيقات أحادية الاتجاه لتعدد الإرسال DWDM تعمل بمعدل 2,5 و 10 Gbit/s وبمباعدة ترددية بين القنوات قدرها 100 GHz، فضلاً عن تطبيقات تعمل بمعدل 10 Gbit/s وبمباعدة ترددية بين القنوات قدرها 50 GHz.

المصدر

وافقت لجنة الدراسات 15 (2009-2012) لقطاع تقييس الاتصالات في 13 نوفمبر 2009 على التوصية ITU-T G.698.2 بموجب الإجراءات المحددة في التوصية A.8 لقطاع تقييس الاتصالات.

تمهيد

الاتحاد الدولي للاتصالات وكالة متخصصة للأمم المتحدة في ميدان الاتصالات، وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات (ICT). وقطاع تقييس الاتصالات (ITU-T) هو هيئة دائمة في الاتحاد الدولي للاتصالات. وهو مسؤول عن دراسة المسائل التقنية والمسائل المتعلقة بالتشغيل والتعريف، وإصدار التوصيات بشأنها بغرض تقييس الاتصالات على الصعيد العالمي. وتحدد الجمعية العالمية لتقييس الاتصالات (WTSA)، التي تجتمع مرة كل أربع سنوات، المواضيع التي يجب أن تدرسها لجان الدراسات التابعة لقطاع تقييس الاتصالات وأن تُصدر توصيات بشأنها. وتتم الموافقة على هذه التوصيات وفقاً للإجراء الموضح في القرار رقم 1 الصادر عن الجمعية العالمية لتقييس الاتصالات. وفي بعض مجالات تكنولوجيا المعلومات التي تقع ضمن اختصاص قطاع تقييس الاتصالات، تعد المعايير اللازمة على أساس التعاون مع المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (ISO) واللجنة الكهروتقنية الدولية (IEC).

ملاحظة

تستخدم كلمة "الإدارة" في هذه التوصية لتدل بصورة موجزة سواء على إدارة اتصالات أو على وكالة تشغيل معترف بها. والتقييد بهذه التوصية اختياري. غير أنها قد تضم بعض الأحكام الإلزامية (بهدف تأمين قابلية التشغيل البيئي والتطبيق مثلاً). ويعتبر التقييد بهذه التوصية حاصلًا عندما يتم التقييد 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 التقييد 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) عبر الرابط <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2015

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

المحتويات

الصفحة

1	 مجال التطبيق	1
1	 المراجع	2
2	 المصطلحات والتعاريف	3
2	 1.3 المصطلحات المعرّفة في مصادر أخرى	
3	 2.3 المصطلحات المعرّفة في هذه التوصية	
3	 المختصرات والأسماء المختصرة	4
3	 تصنيف السطوح البينية البصرية	5
3	 1.5 التطبيقات	
4	 2.5 النقاط المرجعية	
7	 3.5 تسميات	
8	 4.5 السطوح البينية أحادية القناة عند النقطتين المرجعيتين S_s و R_s	
9	 التواؤم المستعرض	6
9	 تعاريف المعلومات	7
10	 1.7 معلومات عامة	
11	 2.7 السطح البيني عند النقطة S_s	
13	 3.7 معلومات المسير البصري من النقطة S_s إلى النقطة R_s	
16	 4.7 السطح البيني عند نقطة الاستقبال المرجعية (R_s)	
18	 قيم المعلومات	8
25	 اعتبارات السلامة البصرية	9
26	التذييل I - قياس الغرامة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) للتشتت (المتبقي) للمرسل والغرامة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية لمسير بصري	
28	التذييل II - إزالة المرسل المستجيب عبر السطوح البينية أحادية القناة لتعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة (DWDM)	
30	 بييلوغرافيا	

تطبيقات ذات سطوح بصرية أحادية القناة لتعدد الإرسال المكثف متعدد القنوات بتقسيم مكثف لطول الموجة

1 مجال التطبيق

غرض هذه التوصية تقديم مواصفات السطوح البصرية في سبيل تنفيذ أنظمة تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة (DWDM) المتوائمة تواءماً مستعرضاً والمصممة أساساً لتطبيقات حضرية تحتوي على مكبرات بصرية.

وبتطبيق نهج "الوصلة السوداء"، تحدد التوصية وتقدم قيم معلمات السطوح البصرية الأحادية القناة التي تدخل في التطبيقات المادية لتعدد الإرسال DWDM الحلقية ومن نقطة إلى نقطة عبر ألياف بصرية أحادية الأسلوب. وقد تحتوي الوصلات السوداء المشمولة بهذه التوصية مكبرات بصرية.

ويغني استخدام هذه السطوح البصرية الأحادية القناة لأنظمة تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة (DWDM) عن المرسلات المستجيبات التي من شأنها أن تلزم بخلاف ذلك في شبكات الإرسال البصرية لتعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة العائدة لمنافذ بيع متعددة. وترد تفاصيل أوفى في التذييل الثاني.

وتصف هذه التوصية السطوح البصرية الأحادية القناة لأنظمة تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة (DWDM) التي تتسم بالخصائص التالية:

- مباعدة ترددية بين القنوات: 50 GHz فأعرض (محددة في التوصية [G.694.1] الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات)؛
 - معدل بتات قناة الإشارة: يصل إلى 10 Gbit/s
- ويُتوقع أن تحتوي مراجعات لاحقة لهذه التوصية شفرات تطبيق لمعدلات بتات تصل إلى 40 Gbit/s.
- والمواصفات منظمة وفقاً لشفرات التطبيق.

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 الطباعات 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. وننشر بانتظام قائمة توصيات قطاع تقييس الاتصالات السارية الصلاحية. والإشارة إلى وثيقة في هذه التوصية لا يضيفي على الوثيقة في حد ذاتها صفة التوصية.

[ITU-T G.652] التوصية ITU-T G.652 (2005)، خصائص الكابلات والألياف البصرية أحادية الأسلوب.

[ITU-T G.653] التوصية ITU-T G.653 (2006)، خصائص الكابلات والألياف البصرية أحادية الأسلوب وذات التشتت المتخالف.

[ITU-T G.655] التوصية ITU-T G.655 (2006)، خصائص الكابلات والألياف البصرية أحادية الأسلوب وذات التشتت المتخالف غير المعدوم.

[ITU-T G.664] التوصية ITU-T G.664 (2006)، إجراءات ومتطلبات السلامة البصرية المطبقة في أنظمة النقل البصرية.

[ITU-T G.671] التوصية ITU-T G.671 (2009)، خصائص الإرسال في المكونات والأنظمة الفرعية البصرية.

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

- [ITU-T G.692] التوصية ITU-T G.692 (1998)، السطوح البينية البصرية للأنظمة متعددة القنوات وذات المكبرات البصرية.
- [ITU-T G.694.1] التوصية ITU-T G.694.1 (2002)، شبكات الطيف لتطبيقات تعدد الإرسال بتقسيم طول الموجة (WDM): شبكة تردد تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة DWDM.
- [ITU-T G.709] التوصية ITU-T G.709/Y.1331 (2003)، السطوح البينية لشبكة النقل البصرية (OTN).
- [ITU-T G.957] التوصية ITU-T G.957 (2006)، السطوح البينية البصرية للمعدات والأنظمة المتعلقة بالتراتب الرقمي المتزامن.
- [ITU-T G.959.1] التوصية ITU-T G.959.1 (2008)، السطوح البينية للطبقة المادية لشبكة النقل البصرية.
- [IEC 60825-1] الوثيقة 60825-1 الصادرة عن اللجنة الكهربائية الدولية (IEC) (2007)، سلامة منتجات الليزر – الباب 1: دليل المستعمل وتصنيف التجهيزات ومتطلباتها.
- [IEC-60825-2] الوثيقة 60825-2 الصادرة عن اللجنة الكهربائية الدولية (IEC) (2007)، سلامة منتجات الليزر – الباب 2: سلامة أنظمة الاتصالات ذات الألياف البصرية (OFCS).

3 المصطلحات والتعاريف

1.3 المصطلحات المعروفة في مصادر أخرى

- تستعمل هذه التوصية المصطلحات التالية المعروفة في التوصية G.671 الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات، وهي:
- تعدد إرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة (DWDM)؛
 - خسارة إدراج القناة؛
 - انعكاسية؛
 - تموج؛
 - مبادعة بين القنوات؛
 - تأخر المجموعة التفاضلية؛
 - انعكاسية.
- وتستعمل المصطلح المعروف في التوصية G.691 الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات، وهو الآتي:
- مرسل مستجيب (بصري).
- وتستعمل المصطلح المعروف في التوصية G.694.1 الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات، وهو الآتي:
- شبكة تردد.
- وتستعمل المصطلح المعروف في التوصية ITU-T G.709/Y.1331، وهو التالي:
- وحدة k كاملة التقييس لنقل القنوات البصرية (OTUk).
- وتستعمل التوصية المصطلحات المعروفة في التوصية G.957 الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات، وهي كما يلي:
- هندسة مشتركة؛
 - توافم مستعرض.
- وتستعمل المصطلحات المعروفة في التوصية G.959.1 الصادرة عن القطاع ITU-T، وهي كالاتي:
- إشارة بصرية رافدة؛
 - صنف إشارة بصرية رافدة NRZ 2,5G؛
 - صنف إشارة بصرية رافدة NRZ 10G.

2.3 المصطلحات المعروفة في هذه التوصية

لا تعرف هذه التوصية أي مصطلحات.

4 المختصرات والأسماء المختصرة

تستعمل هذه التوصية المختصرات التالية:

APD	دايود ضوئي انهباري (Avalanche Photodiode)
ASE	بث تلقائي مكبر (Amplified Spontaneous Emission)
BER	نسبة الخطأ في البتات (Bit Error Ratio)
DGD	تأخر المجموعة التفاضلية (Differential Group Delay)
EX	نسبة الخمود (Extinction ratio)
FEC	تصحيح أمامي للأخطاء (Forward Error Correction)
NA	غير مطبق (Not Applicable)
NE	عنصر شبكة (Network Element)
NRZ	لا عودة إلى الصفر (Non-Return to Zero)
OA	مكبر بصري (Optical Amplifier)
OADM	معدّد إرسال بصري للإدراج - الإخراج (Optical Add-Drop Multiplexer)
OD	مزيل تعدد إرسال بصري (Optical Demultiplexer)
OM	معدّد إرسال بصري (Optical Multiplexer)
ONE	عنصر شبكة بصري (Optical Network Element)
OTU _k	وحدة k كاملة التقييس لنقل القنوات البصرية (Completely standardized optical channel transport unit - k)
PDL	خسارة حسب الاستقطاب (Polarization Dependent Loss)
PIN	نمط موجب-باطني-نمط سالب (P type-intrinsic-n type)
PMD	تشتت بأسلوب الاستقطاب (Polarization Mode Dispersion)
R _s	نقطة مرجعية أحادية القناة عند الإخراج الرافد لعنصر شبكة تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة DWDM (Single-channel reference point at the DWDM network element tributary output)
SOP	حالة استقطاب (State of Polarization)
S _s	نقطة مرجعية أحادية القناة عند الإدخال الرافد لعنصر شبكة تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة DWDM (Single-channel reference point at the DWDM network element tributary input)
VOA	موهّن بصري متغير (Variable Optical Attenuator)
WDM	تعدد الإرسال بتقسيم طول الموجات (Wavelength Division Multiplexing)

5 تصنيف السطوح البينية البصرية

1.5 التطبيقات

تقدم هذه التوصية معلومات وقيم الطبقة المادية المتعلقة بسطوح بينية أحادية القناة لأنظمة بصرية متعددة القنوات لتعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة (DWDM) في تطبيقات مادية من نقطة إلى نقطة وحلقية.

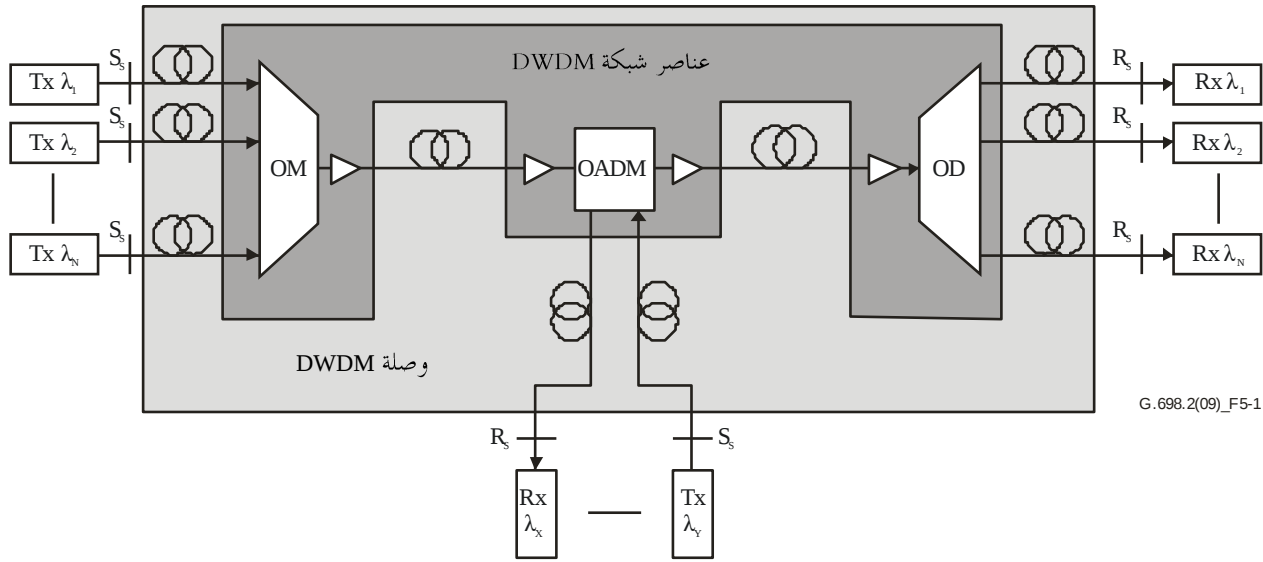
وتطبق طريقة تحديد المواصفات الواردة في هذه التوصية نهج "الوصلة السوداء" الذي يعني أن معلومات السطوح البينية البصرية للإشارات البصرية الراجعة (أحادية القناة) وحدها هو المحدد هنا. وتقدم التوصية مواصفات إضافية لمعلومات الوصلة السوداء من قبيل التشتت اللوني المتبقي والتموج والتشتت بأسلوب الاستقطاب. ويؤمن هذا النهج تحقيق توافر مستعرض على مستوى النقاط الأحادية القناة باستعمال تشكيلة تعدد إرسال مباشر لطول الموجة. غير أنه لا يؤمن تحقيق هذا التوافر على مستوى النقاط المتعددة القنوات. وتدرس هذه التوصية تطبيقات تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة (DWDM) التي قد تضم فيها الوصلة السوداء مكبرات بصرية.

2.5 النقاط المرجعية

1.2.5 التطبيقات الأحادية الاتجاه

يوضح الشكل 1-5 مجموعة نقاط مرجعية محددة في إطار نهج "الوصلة السوداء" الخطية لتوصيل أحادي القناة (النقطتان المرجعيتان S_s و R_s) بين مرسلات (Tx) ومستقبلات (Rx). وتتضمن عناصر شبكة DWDM في هذا الشكل معدد إرسال بصري (OM) أو مزيل تعدد إرسال بصري (OD)، (يستعملان كزوج مع العنصر المقابل)، ومكبر بصري واحد أو أكثر، وقد تتضمن أيضاً معدد إرسال بصري واحد أو أكثر للإدراج - الإخراج (OADMs).

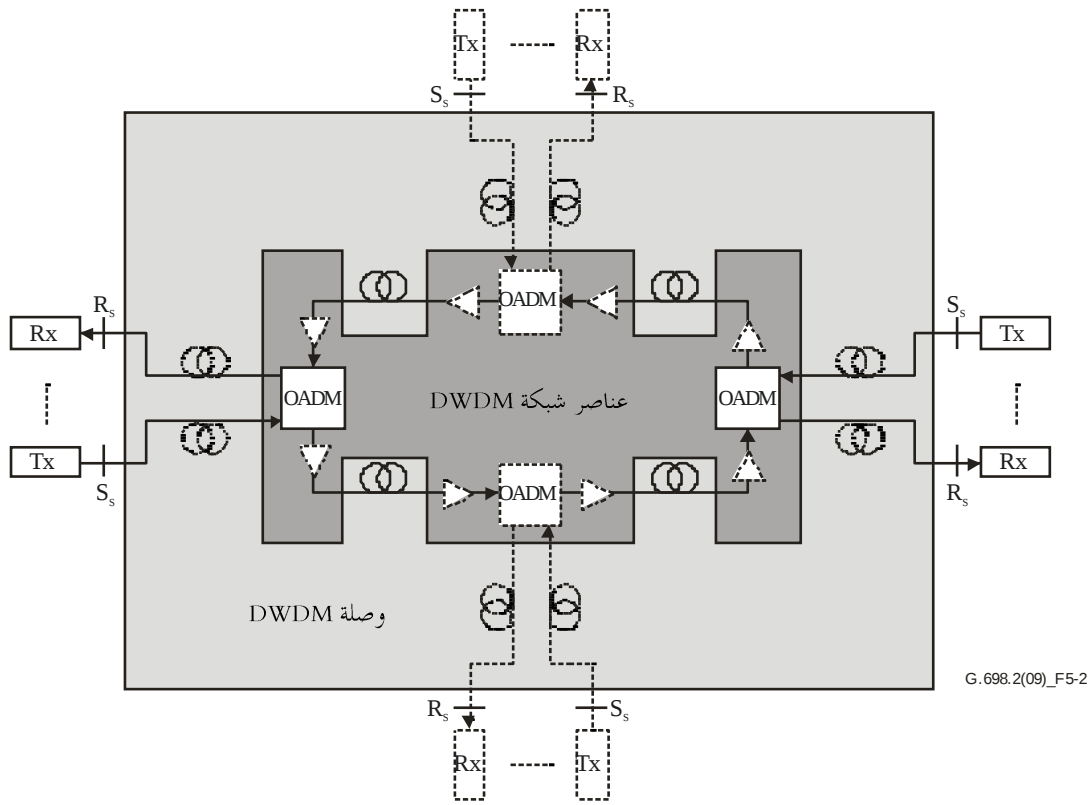
لا يُقصد من ترتيب العناصر ضمن الوصلات السوداء المبينة في الأشكال من 1-5 إلى 4-5 وضع قيود على إنشاء الوصلة السوداء، بل مجرد تحديد موقع السطوح البينية لقناة واحدة.



الشكل 1-5 - نهج "الوصلة السوداء" الخطية

كما يبيّن في الشكل 1-5، في الحالات التي يكون فيها المرسل أو المستقبل على مسافة ما من OM أو OD أو OADM، تُعتبر الألياف البصرية بين النقطة S_s أو R_s وعنصر شبكة DWDM جزءاً من الوصلة السوداء.

ويبين الشكل 2-5 مجموعة مقابلة للنقاط المرجعية الخاصة بنهج "الوصلة السوداء" الحلقية وذلك للتوصيل أحادي القناة (S_s و R_s) بين المرسلات (Tx) والمستقبلات (Rx). وتضم عناصر الشبكة هنا معددي إرسال OADM اثنين أو أكثر موصولة بين بعضها البعض حلقياً.



الشكل 2-5 - فحج "الوصلة السوداء" الحلقية

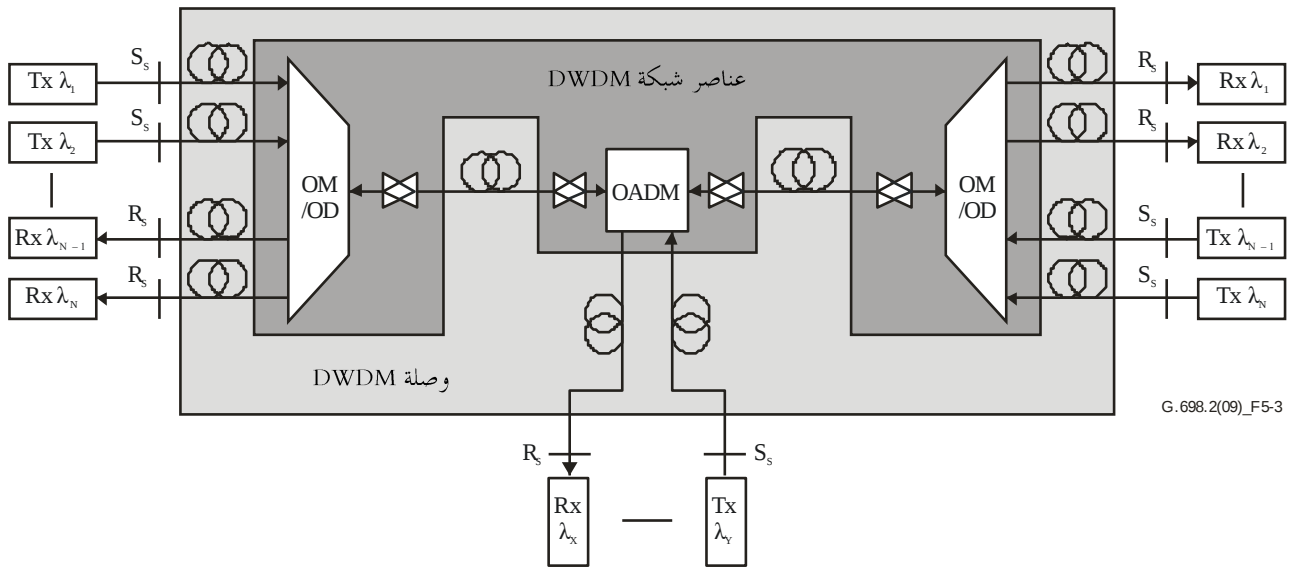
والنقاط المرجعية المبينة في الشكلين 1-5 و 2-5 محددة كالتالي:

- S_s هي نقطة مرجعية أحادية القناة عند الإدخال الراجع لعنصر شبكة تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة DWDM؛
- R_s هي نقطة مرجعية للوصلة أحادية القناة عند الإخراج الراجع لعنصر شبكة تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة DWDM.

وتطبق هنا النقطتان المرجعيتان أحاديتا القناة S_s و R_s في أنظمة "الوصلة السوداء" (الخطية أو الحلقية) حيث يجب أن يطابق كل مسير من النقطة S_s إلى النقطة المقابلة R_s قيم معلمات شفرات التطبيق.

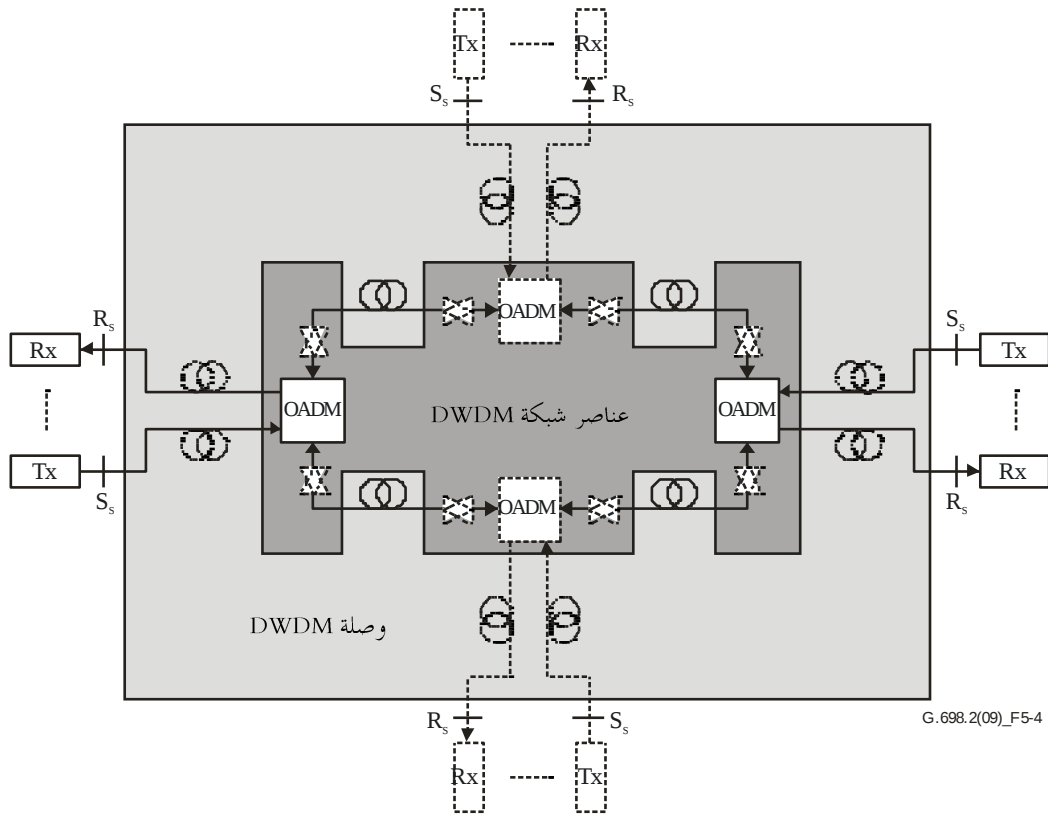
2.2.5 التطبيقات ثنائية الاتجاه

مع أن هذه التوصية لا تتضمن حالياً أية تطبيقات ثنائية الاتجاه، فإن من المتوقع إضافتها إليها في مراجعة مقبلة. ويوضح الشكل 3-5 مجموعة نقاط مرجعية محددة في إطار فحج "وصلة سوداء" خطية ثنائية الاتجاه أحادية الليفة لتوصيل أحادي القناة (النقطتان المرجعيتان S_s و R_s) بين المرسلات (Tx) والمستقبلات (Rx). وتحتوي عناصر شبكة DWDM في هذا الشكل معد إرسال بصري (OM)/مزيل تعدد إرسال بصري (OD)، (يستعملان كزوج مع العنصر المقابل)، وواحد أو أكثر من المكبرات البصرية، وقد يتضمن أيضاً معد إرسال بصري واحد أو أكثر للإدراج - الإخراج (OADM).



الشكل 3-5 - نهج "الوصلة السوداء" الخطية لتطبيقات ثنائية الاتجاه

ويبين الشكل 4-5 مجموعة مقابلة من النطاق المرجعية لنهج "الوصلة السوداء" الحلقية لتطبيقات أحادية الليف بالاتجاهين الخاصة بالتوصيل أحادي القناة (S_s و R_s) بين المرسلات (Tx) والمستقبلات (Rx). وتضم عناصر الشبكة CWDM في هذه الحالة معددي إرسال OADM اثنين أو أكثر موصولة بين بعضها البعض حلقياً.



الشكل 4-5 - نهج "الوصلة السوداء" الحلقية لتطبيقات ثنائية الاتجاه

والنقاط المرجعية الواردة في الشكلين 3-5 و 4-5 أعلاه محددة في الفقرة 1.2.5.

3.5 تسميات

يتكون ترميز شفرة التطبيق من المعادلة التالية:

DSBW-ytz(v)

حيث:

D مبيّن تطبيقات تعدد الإرسال DWDM.

S يشير إلى خيارات الحد الأقصى لانحراف الطيف من قبيل ما يأتي:

– **N** يدل على انحراف ضيق للطيف.

– **W** يشير إلى انحراف واسع للطيف.

c المبعادة بين القنوات محسوبة بالوحدة GHz.

W حرف يدل على نظام تعويض تشتت الوصلة السوداء كما يلي:

– **C** يشير إلى أن قيم التشتت اللوني مناسبة لوصلة سوداء معوّضة من حيث التشتت.

– **U** يشير إلى أن قيم التشتت اللوني مناسبة لوصلة سوداء غير معوّضة من حيث التشتت.

الملاحظة 1 – يُستخدم هذا الحرف لبيان تفاوت الرسائل والمستقبلات للتشتت، وهو لا يقيد إنشاء الوصلة السوداء. وفيما تمتلك شفرات التطبيق، الحاوية على الحرف "C"، رسائل ومستقبلات ذات تفاوت للتشتت يناسب وصلات DWDM الحاوية على تعويض للتشتت، يمكن استخدامها مع وصلات السوداء الحالية من معوضات التشتت شريطة تلبية معلمات شفرة التطبيق. وبالمثل، فيما تمتلك شفرات التطبيق، الحاوية على الحرف "U"، رسائل ومستقبلات ذات تفاوت للتشتت يناسب وصلات DWDM الحالية من تعويض للتشتت، يمكن استخدامها مع وصلات السوداء الحاوية على معوضات التشتت شريطة تلبية معلمات شفرة التطبيق.

y يشير إلى أعلى صنف للإشارة البصرية الرافدة المدعومة:

– **1** يدل على الصنف NRZ 2,5G.

– **2** يشير إلى الصنف NRZ 10G.

t حرف يشير إلى التشكيلية المدعومة بشفرة التطبيق. ولا تستعمل في الصيغة الحالية من هذه التوصية سوى القيمة الآتية:

– **A** يدل على أن الوصلة السوداء قد تحوي مكبرات بصرية.

z يشير إلى أنواع الألياف كالتالي:

– **2** يشير إلى الليفة ITU-T G.652

– **3** يشير إلى الليفة ITU-T G.653

– **5** يشير إلى الليفة ITU-T G.655

v يدل على مدى أطوال موجة التشغيل معبراً عنها بنطاقات الطيف (انظر الإضافة [b-ITU-T G-Sup.39]):

V	الواصف	المدى الاسمي لطول الموجة (nm)
S	طول الموجة القصير	1460 إلى 1530
C	تقليدي	1530 إلى 1565
L	طول الموجة الطويل	1565 إلى 1625

وفي حال استعمال أكثر من نطاق طيف واحد، يقابل الحرف **v** حينئذ حروف النطاقات المفصولة بالعلامة "+"، فمثلاً يقابل الحرف **v** الحرفين "C+L" في تطبيق يتطلب استعمال النطاقين C و L معاً.

الملاحظة 2 – المقصود من تقديم المدى الاسمي لأطوال الموجات الواردة هنا هو التصنيف وليس تحديد المواصفات. وينبغي حساب الحدين الفعليين الأدنى والأقصى لطول موجة كل تطبيق من الترددات القصوى والدنيا لقنوات هذا التطبيق.

ويُشار إلى أي نظام ثنائي الاتجاه بإضافة الحرف **B** في مقدمة شفرة التطبيق. ويكون هذا الأمر بالنسبة لشفرة تطبيق تعدد الإرسال DWDM بتقسيم مكثف لطول الموجة كالتالي:

B-DScW-ytz(v)

وتُضاف إلى بعض شفرات التطبيق لاحقة في نهاية الشفرات. واللاحقة الوحيدة المعروفة حالياً هي التالية:

- **F** للدلالة على أن هذا التطبيق يتطلب إرسال بايتات تصحيح أمامي للأخطاء (FEC) على غرار ما هو محدد في التوصية ITU-T G.709.

4.5 السطوح البينية أحادية القناة عند النقطتين المرجعيتين R_s و S_s

يُقصد من السطوح البينية أحادية القناة التي يرد وصف لها في هذه التوصية التمكن من تحقيق توازن مستعرض في السطوح البينية أحادية القناة عند طرفي وصلة سوداء لتعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة DWDM مثلما توضح ذلك الأشكال من 1-5 إلى 4-5. ويمكن الاطلاع على المزيد من متطلبات التوازن المستعرض في الفقرة 6.

ويُلخص الجدول 1-5 شفرات التطبيق أحادية القناة المحددة وفقاً للمصطلحات الواردة في الفقرة 3.5.

الجدول 1-5 - تصنيف التطبيقات

غير معوّضة من حيث التشتت	معوّضة من حيث التشتت	
DN100U-1A2(C) DN100U-1A3(L) DN100U-1A5(C)	DN100C-1A2(C) DW100C-1A2(C) DN100C-1A3(L) DW100C-1A3(L) DN100C-1A5(C) DW100C-1A5(C)	صنف NRZ 2,5G للإشارة البصرية الراجعة
	DW100C-1A2(C)F DW100C-1A3(L)F DW100C-1A5(C)F	الوحدة 1 كاملة التقييس لنقل القنوات البصرية (OTU1) منشطة ببايتات التصحيح FEC
	DN100C-2A2(C) DW100C-2A2(C) DN100C-2A3(L) DW100C-2A3(L) DN100C-2A5(C) DW100C-2A5(C) DN50C-2A2(C) DN50C-2A3(L) DN50C-2A5(C)	صنف NRZ 10G للإشارة البصرية الراجعة
DN100U-2A2(C)F DN100U-2A3(L)F DN100U-2A5(C)F DN50U-2A2(C)F DN50U-2A3(L)F DN50U-2A5(C)F	DN100C-2A2(C)F DW100C-2A2(C)F DN100C-2A3(L)F DW100C-2A3(L)F DN100C-2A5(C)F DW100C-2A5(C)F DN50C-2A2(C)F DN50C-2A3(L)F DN50C-2A5(C)F	الوحدة 2 كاملة التقييس لنقل القنوات البصرية (OTU2) منشطة ببايتات التصحيح FEC

تحدد الجداول 1-8 إلى 6-8 الأنظمة المتعددة القنوات الكبيرة بسطوح بينية أحادية القناة الواردة في هذه التوصية.

6 التواؤم المستعرض

تحدد هذه التوصية معلمات من أجل تحقيق تواؤم مستعرض (بين الأجهزة الموردة من عدة جهات بائعة) عند النقطتين المرجعيتين أحاديّتي القناة S_s و R_s لعناصر شبكة تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة DWDM المحددة في إطار نهج "الوصلة السوداء".

والغرض من هاتين النقطتين (R_s و S_s) هو تحقيق تواؤم مستعرض بين العديد من السطوح البينية الرافدة لعناصر شبكة تعدد الإرسال DWDM. وفي هذه الحالة، يمكن أن يكون مصدر العديد من مرسلات ($T_x \lambda_i$) ومستقبلات ($R_x \lambda_i$) الإشارات الرافدة هو جهات بائعة مختلفة.

وبالإمكان تحقيق تواؤم مستعرض (لعدة جهات بائعة) بالنسبة إلى جميع النقاط المرجعية S_s و R_s أحادية القناة لعناصر الشبكة DWDM المحددة في إطار نهج "الوصلة السوداء" والتي لديها نفس شفرة التطبيق تماماً.

وتواجد السطوح البينية الرافدة مع مختلف شفرات التطبيق عبر نفس الوصلة السوداء هو مسألة تتعلق بالهندسة المشتركة. ولا بد من توخي الحيلة والحذر، وخاصة فيما يتصل بالمعلومات الأساسية التي يجب أن تكون متسقة، مثل قدرة الإخراج في النقطة S_s وقدرة الإدخال عند النقطة R_s ، معدل البتات S_s /التشفير الخطي، ومعدل البتات R_s /التشفير الخطي، وما إلى ذلك.

وفيما يخص عنصر شفرة التطبيق، الذي يشير إلى أقصى انحراف للطيف (المبين S في شفرة التطبيق؛ انظر الفقرة 3.5)، فإن أي اختلاف في الموازنة بين مابين المرسل ومبين الوصلة يؤدي إلى عدم التواؤم عندما يحوي المرسل شفرة تضم الحرف W (انحراف طيفي واسع) وتشتمل الوصلة على الحرف N (انحراف طيفي ضيق). أما فيما يتعلق بالتوليفات الأخرى، فهي جميعاً متوائمة على نحو مستعرض.

7 تعاريف المعلمات

المعلمات المبينة في الجدول 1-7 محددة عند نقاط السطح البيني، وترد تعاريفها في البنود الواردة أدناه.

الجدول 1-7 - معلمات تطبيقات تعدد الإرسال DWDM

التي تستعمل نهج "الوصلة السوداء" بمكبرات

المعلمة	الوحدات	محددة في الفقرة الفرعية
معلومات عامة		
أدنى مبادعة بين القنوات	GHz	1.1.7
معدل البتات/التشفير الخطي للإشارات البصرية الرافدة	—	2.1.7
الحد الأقصى لنسبة الخطأ في البتات	—	3.1.7
نوع الليفة	—	4.1.7
السطح البيني عند النقطة S_s		
الحد الأقصى لمتوسط قدرة خرج القناة	dBm	1.2.7
الحد الأدنى لمتوسط قدرة خرج القناة	dBm	1.2.7
أدنى تردد مركزي	THz	2.2.7
أقصى تردد مركزي	THz	2.2.7
أقصى انحراف للطيف	GHz	3.2.7
الحد الأدنى لنسبة كبت الأسلوب الجاني	dB	4.2.7
الحد الأدنى لنسبة خمود القناة	dB	5.2.7
قناع العين	—	6.2.7
الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) للتشتت (المتبقي) للمرسل	dB	7.2.7

**الجدول 1-7 - معلمات تطبيقات تعدد الإرسال DWDM
التي تستعمل نهج "الوصلة السوداء" بمكبرات**

المعلمة	الوحدات	محددة في الفقرة الفرعية
المسير البصري من النقطة S_s إلى النقطة R_s أقصى تموج	dB	1.3.7
أقصى تشتت لوني (متبق)	ps/nm	2.3.7
أدنى تشتت لوني (متبق)	ps/nm	2.3.7
أدنى خسارة للعودة البصرية عند النقطة S_s	dB	3.3.7
أقصى انعكاسية منفصلة بين النقطتين S_s و R_s	dB	4.3.7
الحد الأقصى لتأخر المجموعة التفاضلية	ps	5.3.7
الخسارة القصوى حسب الاستقطاب	dB	6.3.7
أقصى لغط بين القنوات في النقطة R_s	dB	7.3.7
أقصى لغط للقياس بالتداخل في النقطة R_s	dB	8.3.7
الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) لمسير بصري	dB	9.3.7
السطح البيني عند النقطة R_s الحد الأقصى لمتوسط قدرة الدخل	dBm	1.4.7
الحد الأدنى لمتوسط قدرة الدخل	dBm	1.4.7
نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) الدنيا	dB (0,1 nm)	2.4.7
تفاوت نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) في المستقبل	dB (0,1 nm)	3.4.7
انعكاسية المستقبل القصوى	dB	4.4.7

1.7 معلومات عامة

1.1.7 أدنى مباعدة بين القنوات

هذا هو الحد الأدنى للفرق الاسمي في التردد بين قناتين متجاورتين. وتبحث الفقرة 3.2.7 جميع حالات التفاوت المسموح به الممكنة في الترددات الفعلية.

2.1.7 معدل البتات/التشفير الخطي للإشارات البصرية الرافدة

ينطبق صنف الإشارة البصرية الرافدة NRZ 2,5G على الإشارات الرقمية المستمرة بتشفير خطي بالاعودة إلى الصفر، بمعدل بتات يتراوح من حيث القيمة الاسمية بين 622 Mbit/s إلى 2,67 Gbit/s. أما صنف الإشارة البصرية الرافدة NRZ 10G فينطبق على الإشارات الرقمية المستمرة بتشفير خطي بالاعودة إلى الصفر، بمعدل بتات يتراوح من حيث القيمة الاسمية بين 2,4 إلى 10,71 Gbit/s.

وبالنسبة لتطبيق ليست لاحقته الحرف "F" تكون قيم المعلمات هي ذاتها بالنسبة لأي معدل بتات ضمن مدى الصنف المرعي للإشارة البصرية الرافدة. ولذلك عندما يستخدم نظام بصري إحدى هذه الشفرات، تقتضي الضرورة تحديد شفرة التطبيق ومعدل البتات الدقيق الخاص بالنظام معاً. وبعبارة أخرى، لا يشترط امتثال التجهيزات لإحدى هذه الشفرات من أجل أن تعمل على كامل مدى معدلات البتات المحددة لصنف إشارتها البصرية الرافدة.

3.1.7 الحد الأقصى لنسبة الخطأ في البتات

تُحدد المعلومات في إطار هدف معين لتصميم قسم بصري لنسبة خطأ في البتات (BER) لا تقل عن القيمة التي تحددها شفرة التطبيق. وتنطبق هذه القيمة على كل قناة بصرية في ظل أسوأ حالات توهين وتشتت المسير البصري في كل تطبيق. وفي حالة شفرات التطبيق التي تستوجب نقل بايتات التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) (أي، لها شفرة باللاحقة F)، فإنه ليس من الضروري بلوغ نسبة BER إلا بعد تطبيق التصحيح الأمامي للأخطاء FEC (في حال استعماله). أما فيما يتعلق بجميع شفرات التطبيق الأخرى، فإنه ينبغي بلوغ هذه النسبة (BER) من دون استعمال هذا التصحيح (FEC).

4.1.7 نوع الليفة

تُنتقى أنواع الألياف البصرية الأحادية الأسلوب من تلك المحددة في التوصيات G.652 و G.653 و G.655 الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات (ITU-T).

2.7 السطح البيني عند النقطة S_s

1.2.7 الحدان الأقصى والأدنى لمتوسط قدرة خرج القناة

متوسط قدرة كل قناة بصرية على الإطلاق عند النقطة المرجعية S_s هو متوسط قدرة تتابع معطيات شبه عشوائي مُطلَق في وصلة تعدد الإرسال DWDM. ويُعطى على هيئة مدى (أقصى وأدنى) لإفساح المجال أمام تحقيق بعض الفعالية المثلى للتكاليف وتغطية المخصصات اللازمة للتشغيل في ظل ظروف تشغيل قياسية، وحالات التفاوت المسموح به في القياسات، وآثار التقادم. وتجدر الإشارة إلى عدم لزوم توفر متوسط قدرة خرج القناة بحديه الأقصى أو الأدنى في أي تطبيق. وعلاوةً على ذلك، يجب ألا يتجاوز المتوسط الفعلي لقدرة خرج القناة الحدين الأقصى والأدنى المحددين، ولكن يمكنه أن يقع في موضع ما بينهما.

2.2.7 الحدان الأدنى والأقصى للتردد المركزي

التردد المركزي هو تردد اسمي أحادي القناة تُشكّل عليه المعلومات المشفرة الرقمية لقناة بصرية معينة باستعمال الشفرة الختية NRZ. وتتوقف الترددات المركزية لجميع القنوات في تطبيق معين على شبكة ترددات الحد الأدنى للمباعدة بين قنوات التطبيق المبينة في التوصية G.694.1 الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات.

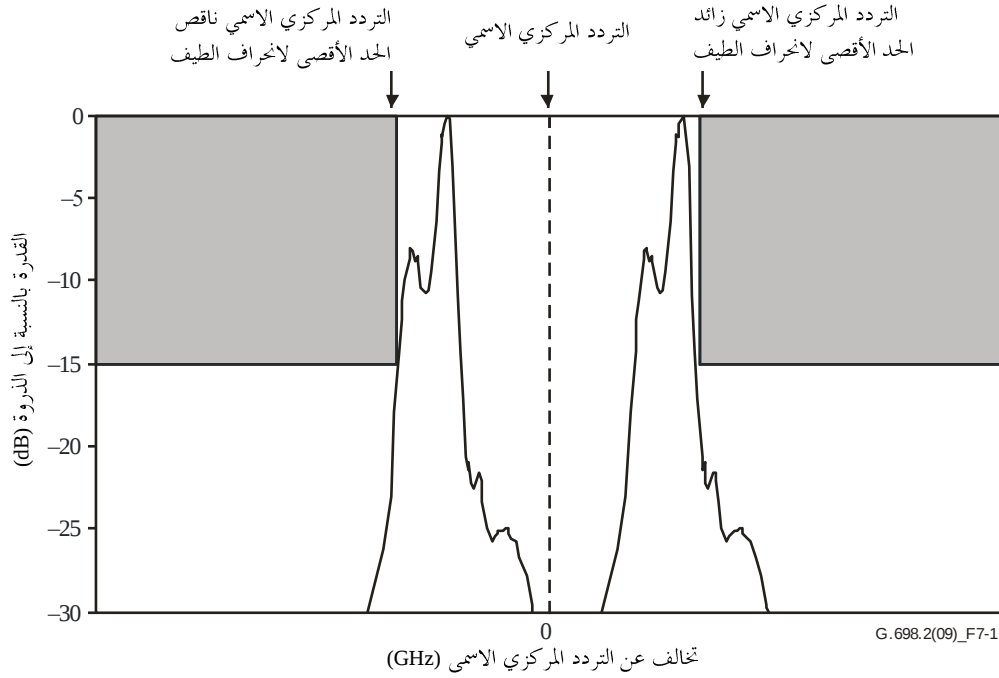
ومع أن هذه التوصية لا تحدد الترددات المركزية التي تُستعمل تحديداً في كل تطبيق، فإنه ينبغي أن تكون الترددات المركزية الاسمية لجميع قنوات التطبيق أكبر من الحد الأدنى للترددات المركزية أو مساوية لها وأقل من الحد الأقصى لهذه الترددات أو مساوية لها.

ويُلاحظ أن قيمة "c" (سرعة الضوء في خواء) التي ينبغي أن تُستعمل للتحويل بين التردد وطول الموجة هي قيمة بمقدار $2,99792458 \times 10^8$ m/s.

3.2.7 أقصى انحراف للطيف

هو أقصى فرق مقبول بين تردد القناة المركزي الاسمي ونقاط طيف المرسل عند -15 dB الأبعد عن التردد المركزي الاسمي المقيس في النقطة S_s . ويوضح ذلك الشكل 1-7.

ملاحظة - ينبغي قياس نقاط طيف المرسل عند -15 dB بعرض نطاق استبانة اسمية قدره 0,01 nm.



الشكل 1-7 - مثال توضيحي للحد الأقصى لانحراف الطيف

وتحدد أيضاً هذه المعلمة مدى الترددات التي يجب أن تُراعى على أساسها مواصفات التموج.

4.2.7 الحد الأدنى لنسبة كبت الأسلوب الجانبي

هو الحد الأدنى لقيمة النسبة بين الذروة العليا لإجمالي طيف المرسل والذروة العليا الثانية. ويتعين أن تكون الاستبانة الطيفية للقياس أفضل من الحد الأقصى للعرض الطيفي البالغ الذروة، مثلما هو محدد في التوصية G.691 الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات. وقد تجاور الذروة العليا الثانية الذروة الرئيسية، أو تكون بعيدة للغاية عنها. ملاحظة - بموجب هذا التعريف، لا تُعتبر الذرى الطيفية المفصولة عن الذروة العليا بتردد الميقاتية بمثابة أساليب جانبية.

5.2.7 الحد الأدنى لنسبة خمود القناة

تُحدد نسبة الخمود (EX) كالتالي:

$$EX = 10 \log_{10}(A/B)$$

والحرف A الوارد في تعريف النسبة EX أعلاه هو متوسط مستوى القدرة البصرية في المركز المنطقي "1" وتمثل B متوسط مستوى القدرة البصرية في المركز المنطقي "0". والاصطلاحان المعتمدان بالنسبة للمستويين البصريين المنطقيين هما كالتالي:

- انبعاث ضوء بالنسبة للمنطقي "1"؛
- لا انبعاث ضوء بالنسبة للمنطقي "0".

ولا يُتطلب تحقق الحد الأدنى لنسبة خمود القناة بوجود مرشاح بسيل-تومسون من المرتبة الرابعة.

6.2.7 قناع العين

يمكن الاطلاع على تعريف هذه المعلمة وحدودها في التوصية [G.959.1] الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات.

7.2.7 الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) للتشتت (المتبقي) للمرسل

تعرف الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) للثشت (المتبقي) للمرسل كما يلي:

أدنى نسبة إشارة إلى ضوضاء بصرية (OSNR) في النقطة S_S بأسوأ حالة تشتت (متبق) - أدنى نسبة إشارة إلى ضوضاء بصرية (OSNR) في النقطة S_S دون تشتت.

حيث:

- إن أدنى نسبة إشارة إلى ضوضاء بصرية (OSNR) في النقطة S_s دون تشتت هي أدنى نسبة إشارة إلى ضوضاء بصرية تحقق أقصى نسبة خطأ في البتات (BER) للتطبيق من مستقبل مرجعي على النحو المحدد في الفقرة 3.B من التوصية [ITU-T G.959.1] عند النقطة S_s .
- وأدنى نسبة إشارة إلى ضوضاء بصرية (OSNR) في النقطة S_s بأسوأ حالة تشتت (متبق) هي أدنى نسبة إشارة إلى ضوضاء بصرية تحقق أقصى نسبة خطأ في البتات (BER) للتطبيق من مستقبل مرجعي على النحو المحدد في الفقرة 3.B من التوصية [ITU-T G.959.1] عند النقطة S_s بتطبيق التشتت اللوني (ضمن المدى المحدد لشفرة التطبيق) الذي يعطي أعلى غرامة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية.

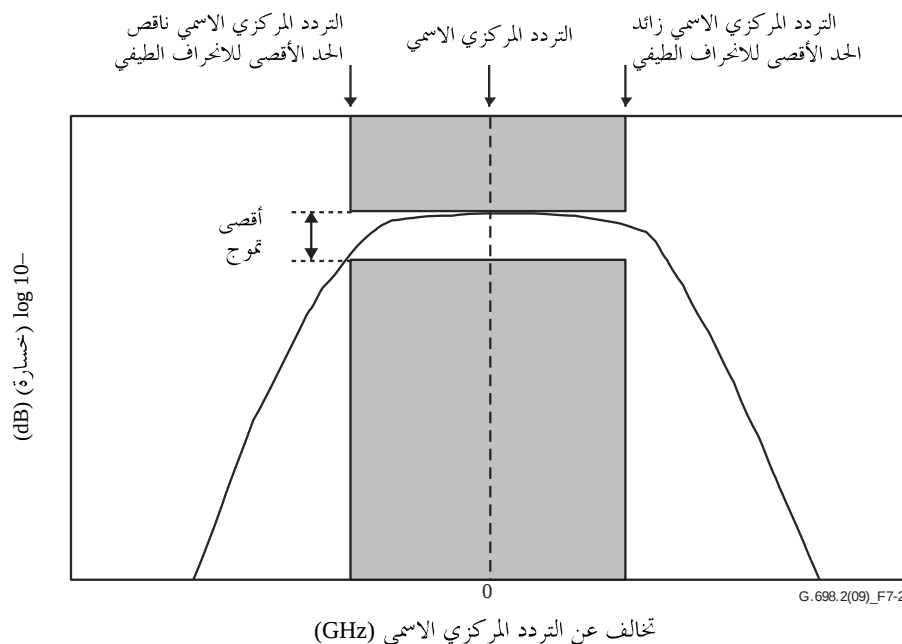
ملاحظة - لذلك يتطلب قياس الغرامة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية للتشتت (المتبقي) للمرسل إضافة ضوضاء بث تلقائي مكبر (ASE) إلى الإشارة في النقطة Ss. ويرد بحث أوفى لهذا الموضوع في التذييل الأول.

لا تشكل هذه الغرامة جزءاً من ميزانية النظام مباشرةً (لأنها مشمولة كجزء من الغرامة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية للمسير البصري والتي يرد تعريفها في الفقرة 9.3.7) بل إنها توفر الحد الأعلى للغرامة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية بفعل التشتت وحده، مما يضمن توفر شيء من الغرامة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية للمسير البصري كي تغطي الترددات الأخرى المدرجة.

3.7 معلومات المسير البصري من النقطة S_S إلى النقطة R_S

1.3.7 الحد الأقصى للتموج

تحدد التوصية G.671 الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات تموج (جهاز تعدد الإرسال DWDM). وينطبق في هذه التوصية على كامل الوصلة السوداء من النقطة المرجعية S_s إلى النقطة R_s المقابلة لها. وهذا التموج بالنسبة لأي قناة بصرية هو الفرق من الذروة إلى الذروة في خسارة الإدراج بين منفذي إدخال وإخراج الوصلة السوداء لهذه القناة في مدى تردد الترددات المركزية للقناة $\pm$ الحد الأقصى للانحراف الطيفي. ويوضح ذلك الشكل 2-7.



الشكل 7-2- مثال توضيحي للحد الأقصى للتموج

2.3.7 الحد الأقصى والأدنى للتشتت اللوني (المتبقي)

تحدد هاتان المعلمتان الحد الأقصى والأدنى لقيمة التشتت اللوني، من طرف إلى طرف عبر المسير البصري، التي يستطيع النظام أن يتقبلها. وهما قيمتا أسوأ حالة تشتت عبر المسير البصري من النقطة S_s إلى نقطة الاستقبال المرجعية المقابلة R_s . وفي حال احتواء الوصلة السوداء على تعويض للتشتت بين هاتين النقطتين، يُضمَّن تأثيرها.

وتحتوي هاتان المعلمتان كلمة "المتبقي" بين قوسين لأنهما الحد الأقصى والأدنى للتشتت اللوني المتبقي، في حالة احتواء الوصلات على معوضات عن التشتت، ولأنهما مجرد الحد الأقصى والأدنى للتشتت اللوني في حالة خلو الوصلات من أي معوضات عن التشتت.

3.3.7 الحد الأدنى لخسارة العودة البصرية عند النقطة S_s

تنجم الانعكاسات عن حالات انقطاع دليل الانكسار على امتداد المسير البصري. وإن لم يُتحكم فيها، فبمقدورها أن تعرض أداء النظام للتردي بفعل ما تخلفه من آثار تؤدي إلى اضطراب تشغيل المصدر، أو من خلال انعكاسات متعددة تتسبب في حدوث ضوضاء القياس بالتداخل عند المستقبل. ويتم التحكم في الانعكاسات الحاصلة عبر المسير البصري عن طريق تعيين ما يلي:

- الحد الأدنى لخسارة العودة البصرية للكبل في نقطة الإرسال المرجعية (S_s)، بما في ذلك جميع الموصلات؛
- والحد الأقصى للانعكاس المنفصل بين نقطة الإرسال المرجعية (S_s) ونقطة الاستقبال المرجعية (R_s).

وتشير الانعكاسية إلى الانعكاس الصادر عن أي نقطة انعكاس منفصل وحيدة، بينما تتمثل خسارة العودة البصرية في نسبة القدرة البصرية الساقطة إلى إجمالي القدرة البصرية العائدة من الليفة بأكملها، بما في ذلك الانعكاسات المنفصلة والانتثار الخلفي الموزع على حد سواء مثل انتشار رايلي.

ويصف التذييل الأول/التوصية [ITU-T G.957] طرائق قياس الانعكاسات. ولغرض قياس الانعكاسية وخسارة العودة، يُفترض أن تكون النقطتان S_s و R_s متطابقتين مع طرف كل مقبس من مقابس الموصلات. ومن المسلم به أن ذلك لا يشمل الأداء الفعلي لانعكاس الموصلات المعنية في نظام التشغيل. ويُفترض أن يكون لهذه الانعكاسات القيمة الاسمية لانعكاس النوع الخاص من الموصلات المستعملة.

4.3.7 الحد الأقصى للانعكاسية المنفصلة بين النقطتين S_s و R_s

تُعرف الانعكاسية البصرية بأنها نسبة القدرة البصرية المنعكسة عند نقطة ما، إلى القدرة البصرية الساقطة على هذه النقطة. وتناقش التوصية [ITU-T G.957] الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات موضوع التحكم في الانعكاسات مناقشة مستفيضة. ويجب أن يكون الحد الأقصى لعدد الموصلات أو نقاط الانعكاس المنفصل الأخرى التي يمكن أن يضمها المسير البصري (من قبيل أرتال التوزيع، أو مكونات تعدد الإرسال بتقسيم طول الموجات (WDM))، حداً يسمح ببلوغ كامل الخسارة المحددة للعودة البصرية. وإذا تعذر تحقيق ذلك باستعمال موصلات تستوفي القيم القصوى للانعكاس المنفصل المبينة في جداول الفقرة 8، ينبغي حينئذ استعمال موصلات ذات أداء الانعكاس الأفضل. وكبديل عن ذلك، يجب تقليل عدد الموصلات. وقد تقتضي الضرورة أيضاً تحديد عدد الموصلات أو استعمال موصلات بأداء انعكاسية محسَّن من أجل تلافي حالات الترددي غير المقبولة الناجمة عن تعدد الانعكاسات.

والقصد من القيم الواردة في جداول الفقرة 8 والمعبرة عن أقصى انعكاسية منفصلة بين نقطتي الإرسال والاستقبال المرجعيتين هو تقليل آثار الانعكاسات المتعددة إلى أدنى حد (مثل ضوضاء القياس بالتداخل). ويتم اختيار قيمة الحد الأقصى لانعكاسية المستقبل لضمان تحقيق مستوى مقبول من حالات الترددي الناجمة عن الانعكاسات المتعددة في جميع تشكيلات النظام المحتملة التي تشمل موصلات متعددة، وما إلى ذلك. وتسبب الأنظمة التي تستعمل موصلات ذات أداء أقل أو أكثر انعكاسات متعددة أقل وتكون بالتالي قادرة على التسامح مع المستقبلات التي تبدي انعكاسية أكبر.

5.3.7 الحد الأقصى لتأخر المجموعة التفاضلية

تأخر المجموعة التفاضلية (DGD) هي الفارق الزمني بين ما يُرسل من أجزاء نبضة معينة طبقاً للحالتين الأساسيتين لاستقطاب إحدى الإشارات البصرية. وبالنسبة للمسافات التي تزيد على عدة كيلومترات، وعلى فرض وجود اقتران أسلوب استقطاب (قوي) عشوائي، يمكن نمذجة المهلة DGD في ليفة بصرية نمذجة إحصائية بوصفها إحدى توزيعات ماكسويل.

وتعرّف هذه التوصية المهلة القصوى لانتشار المجموعة التفاضلية على أنها قيمة المهلة DGD التي يجب أن يتسامح معها النظام بالتزامن مع تعيين حد أقصى لغرامة نسبة الإشارة إلى الضوضاء الضوئية قدره 2 dB.

وبالنظر إلى الطابع الإحصائي للتشتت بأسلوب الاستقطاب (PMD)، فإن تحديد العلاقة القائمة بين المهلة DGD القصوى ومتوسطها (DGD) هو تحديد قائم على الاحتمالات حصراً. واحتمال تجاوز قيمة DGD الآتية لقيمة معينة هو احتمال يمكن استنباطه من إحصاءات ماكسويل المتعلقة بهذه المهلة. وعليه، إذا علمنا المهلة القصوى DGD التي يمكن أن يتسامح معها النظام، فبمقدورنا أن نستنبط المتوسط المكافئ لها (DGD)، وذلك بقسمة نسبة المهلة القصوى على متوسطها المقابل لاحتمال مقبول. ويرد في الجدول 2-7 بعض الأمثلة على هذه النسب.

الجدول 2-7 - متوسطات المهلة DGD واحتمالاتها

النسبة بين الحد الأقصى والمتوسط	احتمال تجاوز الحد الأقصى
3,0	$10^{-5} \times 4,2$
3,5	$10^{-7} \times 7,7$
4,0	$10^{-9} \times 7,4$

6.3.7 الخسارة القصوى حسب الاستقطاب

إن الخسارة حسب الاستقطاب (PDL) هي الفرق (بوحدة dB) بين القيم القصوى والدنيا لخسارة (أو كسب) إدراج قناة الوصلة السوداء من نقطة الإرسال المرجعية (S_s) إلى نقطة الاستقبال المرجعية (S_s) نتيجة للتغيرات في حالة الاستقطاب خلال جوانب هذه الحالة كافة.

ملاحظة - هذا التعريف لا يحتسب سرعة دوران الاستقطاب. وتحتاج النسخة المعدلة التي تحتسب سرعة دوران الاستقطاب إلى مزيد من الدراسة.

7.3.7 أقصى لغط بين القنوات

تفرض هذه المعلمة قيوداً على عزل وصلة وفقاً لنهج "الوصلة السوداء" مؤداها أن يكون اللغط بين القنوات في أسوأ حالات التشغيل عند أي نقطة مرجعية R_s أقل من القيمة القصوى للغط بين القنوات.

ويعرّف اللغط بين القنوات بأنه نسبة القدرة الكلية في جميع القنوات المسببة للغط إلى قدرة القناة المطلوبة مع العلم بأن للقناة المطلوبة والقنوات المسببة للغط أطوال موجات مختلفة.

ويتعين تحديداً أن يكون عزل الوصلة أكبر من المقدار اللازم لضمان أنه في الحالات التي تعمل فيها إحدى القنوات بالحد الأدنى لمتوسط قدرة الإخراج عند النقطة S_s وتعمل فيها جميع القنوات الأخرى بالحد الأقصى لمتوسط هذه القدرة، يكون اللغط بين القنوات عند النقطة المقابلة R_s أقل من القيمة القصوى للغط بين القنوات.

8.3.7 أقصى لغط للقياس بالتداخل

تفرض هذه المعلمة قيوداً بشأن عزل وصلة مطابقة لنهج "الوصلة السوداء" كأن تكون القيود المفروضة في شروط الحالة الأسوأ في نقطة مرجعية R_s ما أقل من أقصى قيمة لغط للقياس بالتداخل.

ويتحدد لغط القياس بالتداخل بأنه نسبة القدرة المسببة للتداخل إلى القدرة المطلوبة في قناة وحيدة حيث تكون القدرة المسببة للتداخل هي (القدرة التي لا تتضمن الإرسال ASE) التي تبقى في القناة البصرية إذا ألغيت الإشارة المطلوبة من الوصلة مع العلم بأن جميع شروط الوصلة المتبقية تبقى على حالها.

ويتعين تحديداً أن يكون عزل الوصلة أكبر من المقدار اللازم لضمان أنه في الحالات التي تعمل فيها إحدى القنوات بالحد الأدنى لمتوسط قدرة الإخراج عند النقطة S_s وتعمل فيها جميع القنوات الأخرى بالحد الأقصى لمتوسط هذه القدرة، يكون لغط القياس بالتداخل عند النقطة المقابلة R_s أقل من القيمة القصوى لغط القياس بالتداخل.

9.3.7 الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) لمسير بصري

تعرف الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) لمسير بصري على أنها:

أخفض نسبة إشارة إلى ضوضاء بصرية في نقطة الاستقبال المرجعية (R_s) - أخفض نسبة إشارة إلى ضوضاء بصرية في نقطة الإرسال المرجعية (S_s)

حيث:

- أخفض نسبة إشارة إلى ضوضاء بصرية في نقطة الإرسال المرجعية (S_s) هي أخفض نسبة إشارة إلى ضوضاء بصرية تحقق أقصى نسبة خطأ في البتات (BER) للتطبيق من مستقبل مرجعي على النحو المحدد في الفقرة 3.B من التوصية [ITU-T G.959.1] عند النقطة S_s ، أي قبل الإرسال عبر الوصلة السوداء.
 - أخفض نسبة إشارة إلى ضوضاء بصرية في نقطة الاستقبال المرجعية (R_s) هي أخفض نسبة إشارة إلى ضوضاء بصرية تحقق أقصى نسبة خطأ في البتات (BER) للتطبيق من مستقبل مرجعي على النحو المحدد في الفقرة 3.B من التوصية [ITU-T G.959.1] عند النقطة R_s ، أي بعد الإرسال عبر الوصلة السوداء.
- ملاحظة - لذلك يتطلب قياس الغرامة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية لمسير بصري إضافة ضوضاء بث تلقائي مكبر (ASE) مصطفة إلى الإشارة في النقطتين S_s و R_s . ويرد بحث أوفى لهذا الموضوع في التذييل الأول.
- ويمكن في المستقبل استحداث أنظمة تستعمل تقنيات مواءمة التشتت على أساس تشوّه الإشارة مسبقاً في المرسل. وفي هذه الحالة، لا يمكن تحديد ترددي المسير، الوارد بالمعنى المذكور أعلاه، إلا بين نقاط تكون فيها الإشارات غير مشوهة. غير أن هذه النقاط لا تتفق مع السطوح البينية للمسير الرئيسي، وقد يتعذر بالتالي أيضاً النفاذ إليها. وتعريف ترددي المسير في هذه الحالة يتطلب المزيد من البحث.

وتشمل المؤثرات التي تساهم في الغرامة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) لمسير بصري ما يلي:

- غرامة التشتت (المتبقي) للمرسل؛
- مؤثرات غير خطية ضمن الوصلة السوداء؛
- اللغط بين القنوات؛
- لغط القياس بالتداخل؛
- انعكاسات من المسير البصري؛
- الخسارة حسب الاستقطاب.

ومتوسط قيمة غرامات التشتت العشوائي الناجمة عن التشتت بأسلوب الاستقطاب (PMD) هو متوسط مدرج في الغرامة المسموح بها في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) للمسير. وفي هذا الخصوص، تعد توليفة المرسل/المستقبل ضرورية للتسامح مع مهلة DGD فعلية بفترة بتات قدرها 0,3 بته مع حد أقصى للغرامة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) لمسير بصري بمقدار 2 dB (بالتزام مع ما نسبته 50% من القدرة البصرية في كل حالة استقطاب أساسية). ويقابل ذلك، في مستقبل جيد التصميم، غرامة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية مقدارها 0,2-0,4 dB لمهلة DGD بفترة بتات قدرها 0,1 بته. والمهلة الفعلية لانتشار المجموعة التفاضلية (DGD) التي يمكن ملاحظتها أثناء التشغيل هي خاصية الليفة/الكبل المتباينة تبانياً عشوائياً، ومن المتعذر تحديدها في هذه التوصية. ويناقش التذييل الأول للتوصية [ITU-T G.691] هذا الموضوع مناقشة إضافية.

4.7 السطح البيني عند نقطة الاستقبال المرجعية (R_s)

1.4.7 أقصى وأدنى متوسط لقدرة الدخل

القيم القصوى والدنيا لمتوسط القدرة المستقبلية عند نقطة الاستقبال المرجعية (R_s).

يُطلب من المستقبل تحقيق أقصى نسبة خطأ في البتات (BER) موصّفة لشفرة التطبيق في أي مستوى قدرة بصرية عند نقطة الاستقبال المرجعية (R_s) الواقعة بين هاتين القيمتين فيما تقع جميع المعلومات الأخرى ضمن قيمها المحددة.

ومفاد ذلك أن المستقبل يجب أن يلبي أقصى نسبة خطأ في البتات (BER) موصّفة لمُرسل بقيم أسوأ حالة لكل مما يلي:

– قناع عين المرسل؛

– نسبة الخمود؛

– خسارة العودة البصرية في نقطة الإرسال المرجعية (S_s).

ولوصله بقيم أسوأ حالة لكل مما يلي:

– التشتت (المتبقي)؛

– نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR)؛

– الغرامة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) لمسير بصري.

ولا توصّف مؤثرات التقدم في العمر التشغيلي على نحو منفصل. وتحدّد قيم أسوأ حالة ونهاية العمر التشغيلي.

وهذه المعلمة (إلى جانب أقصى وأدنى متوسط لقدرة خرج قناة) تتطلب أيضاً قصوى ودنيا لخسارة (أو كسب) إدراج قناة للوصلة السوداء.

ويقتضي هذا المتطلب، فيما يقع متوسط قدرة خرج قناة عند نقطة الإرسال المرجعية (S_s) ضمن الحدين المحددين، بأن تكون خسارة (أو كسب) إدراج قناة للوصلة السوداء على نحو يقع فيه مستوى قدرة القناة عند نقطة الاستقبال المرجعية (R_s) ضمن الحدين الأقصى والأدنى لمتوسط قدرة الدخل.

وخسارة إدراج القناة محددة في التوصية G.671 الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات. وهذه الخسارة بالنسبة لأي قناة بصرية هي الحد الأدنى أو الأقصى لخفض القدرة البصرية بين منفذي الإدخال والإخراج في الوصلة السوداء لهذه القناة في مدى تردد الترددات المركزية للقناة $\pm$ الحد الأقصى للانحراف الطيفي.

ويفترض أن تكون مواصفات خسارة الإدراج هي قيم أسوأ الحالات بما في ذلك حالات الخسارة الناجمة عن زوج معدد الإرسال (OM)/مزبل تعدد الإرسال (OD) البصريين أو عن الجداول أو الموصلات أو الموهنات البصرية (في حال استعمالها) أو غيرها من الأجهزة البصرية المنفصلة، وجميع الهوامش الإضافية لتغطية مخصصات ما يلي:

– التعديلات المقبلة على تشكيلة الكبل (الجداول الإضافية، الزيادات في أطوال الكبل، وما إلى ذلك)؛

– تغيرات الأداء الناجمة عن عوامل بيئية؛

– ترددي أداء أي من الموصلات أو المكبرات البصرية أو الموهنات البصرية أو غيرها من الأجهزة البصرية، في حال استعمالها، بين النقطتين R_s و S_s .

2.4.7 الحد الأدنى لنسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR)

الحد الأدنى لنسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) هو القيمة الدنيا لنسبة قدرة الإشارة في القناة المطلوبة إلى أعلى كثافة لقدرة الضوضاء (الحالة إلى 0,1 nm) في مدى التردد المركزي زائداً وناقصاً الحد الأقصى لانحراف الطيف. ولأغراض هذا التعريف، تعرّف الضوضاء على أنها الضوضاء التي من شأنها أن تحضر لو أزيلت الإشارة في القناة المطلوبة من الوصلة السوداء مع إبقاء جميع الظروف الأخرى للوصلة السوداء على حالها (كالكسب وعامل الضوضاء لجميع المكبرات مثلاً).

وتتطلب هذه المعلمة من خصائص الوصلة السوداء وجوب كون نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية في أي نقطة مرجعية، R_s ، أعلى من الحد الأدنى لهذه النسبة.

3.4.7 تفاوت نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) في المستقبل

يُعرّف تفاوت نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) في المستقبل بوصفه القيمة الدنيا التي يمكن تقبلها لنسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية عند نقطة الاستقبال المرجعية (R_s) مع الحفاظ على النسبة القصوى للخطأ في البتات (BER) بالتطبيق. ولا بد من تحقق ذلك بالنسبة لجميع القدرات الواقعة بين أقصى وأدنى متوسط قدرة دخل بواسطة مرسل بقيم أسوأ حالات قناع عين المرسل ونسبة الخمود وخسارة العودة البصرية عند النقطة S_s وتردديات موصل المستقبل وتفاوتات القياس. وليس من الضروري استيفاء تفاوت نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) في المستقبل بوجود تشتت لوني أو مؤثرات غير خطية أو انعكاسات من المسير البصري أو PMD أو PDL أو لغط بصري؛ فهذه المؤثرات موصّفة على حدة في توزيع الحد الأقصى للغرامة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) لمسير بصري.

الملاحظة 1 - تفاوت نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) في المستقبل يساوي الحد الأدنى لنسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية عند نقطة الاستقبال المرجعية (R_s) ناقصاً الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية لمسير بصري.

الملاحظة 2 - ليس من الضروري استيفاء تفاوت نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) في المستقبل عندما يفوق ارتعاش المرسل الحد الملائم لتوليد الارتعاش (على غرار ما هو مبين مثلاً في التوصية [b-ITU-T G.8251] المتعلقة بالإشارات البصرية الرافدة OTN).

الملاحظة 3 - إذا عُلم من خلال هندسة الرابط تحسّن أسوأ حالات قناع العين ونسبة الخمود فيما يتعلق بمواصفات شفرة تطبيق، ينبغي عندئذ تحسين تفاوت نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) في المستقبل بالنسبة إلى القيمة المعطاة لشفرة التطبيق تلك.

ولا توصّف مؤثرات التقدم في العمر التشغيلي على نحو منفصل. وتحدّد قيم أسوأ حالة ونهاية العمر التشغيلي.

4.4.7 انعكاسية المستقبل القصوى

الانعكاسات الساقطة من المستقبل والمرتدة إلى وصلة تعدد الإرسال DWDM هي انعكاسات تحددها انعكاسية المستقبل القصوى المسموح بها المقيسة في النقطة المرجعية R_s . وتحدد التوصية G.671 الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات الانعكاسية البصرية.

8 قيم المعلومات

يرد في الجداول 1-8 إلى 6-8 معلومات وقيم الطبقة المادية.

الجدول 1-8 - معلومات وقيم الطبقة المادية للتطبيقات من الصنف NRZ 2,5G دون التصحيح الأمامي للأخطاء بمباعدة ترددية بين القنوات قدرها 100-GHz

المعلمة	الوحدات	الوحدات	الوحدات
المعلومات عامة أدنى مباعدة بين القنوات معدل البتات/التشفير الخطي للإشارات البصرية الرافدة الحد الأقصى لنسبة الخطأ في البتات نوع الليفة	GHz	100 NRZ 2,5G 12-10 G.655, G.653, G.652	100 NRZ 2,5G 12-10 G.655, G.653, G.652

الجدول 1-8 – معلمات وقيم الطبقة المادية للتطبيقات من الصنف NRZ 2,5G دون التصحيح الأمامي للأخطاء
بمعاودة ترددية بين القنوات قدرها 100-GHz

المعلمة	الوحدات	DN100C-1A2(C) DN100C-1A3(L) DN100C-1A5(C) DN100U-1A2(C) DN100U-1A3(L) DN100U-1A5(C)
السطح البيني عند النقطة S_s الحد الأقصى لمتوسط قدرة خرج القناة الحد الأدنى لمتوسط قدرة خرج القناة أدنى تردد مركزي أقصى تردد مركزي أقصى انحراف للطيف الحد الأدنى لنسبة كبت الأسلوب الجانبي الحد الأدنى لنسبة خمود القناة قناع العين الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) للتشتت (المتبقي) للمرسل	dBm dBm THz THz GHz dB dB – dB	6+ 3– 191,5 من أجل (C) 186,0 من أجل (L) 196,2 من أجل (C) 191,5 من أجل (L) 12,5± 30 8,2 NRZ 2,5G حسب التوصية G.959.1 2 6+ 3– 191,5 من أجل (C) 186,0 من أجل (L) 196,2 من أجل (C) 191,5 من أجل (L) 20± 12,5± 30 8,2 NRZ 2,5G حسب التوصية G.959.1 2
المسير البصري من النقطة S_s إلى النقطة R_s أقصى تموج أقصى تشتت لوني (متبق) أدنى تشتت لوني (متبق) أدنى خسارة للعودة البصرية عند النقطة S_s أقصى انعكاسية منفصلة بين النقطتين S_s و R_s الحد الأقصى لتأخر المجموعة التفاضلية الخسارة القصوى حسب الاستقطاب أقصى لغط بين القنوات أقصى لغط للقياس بالتداخل الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) لمسير بصري	dB ps/nm ps/nm dB dB ps dB dB dB dB dB	2 9600+ 0 24 27– 120 ffs 16– 40– 5 2 2200+ 600– 24 27– 120 ffs 16– 40– 5
السطح البيني عند النقطة R_s الحد الأقصى لمتوسط قدرة الدخل الحد الأدنى لمتوسط قدرة الدخل الحد الأدنى لنسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) تفاوت نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) في المستقبل انعكاسية المستقبل القصوى	dBm dBm dBm dB dB	9– 24– 21 16 27– 9– 24– 23 21 18 16 27–

الجدول 2-8 - معلمات وقيم الطبقة المادية للتطبيقات من الصنف NRZ 2,5G مع تفعيل التصحيح الأمامي للأخطاء بمباعدة ترددية بين القنوات قدرها 100-GHz

المعلمة	الوحدات	DW100C-1A2(C)F DW100C-1A3(L)F DW100C-1A5(C)F
معلومات عامة أدنى مباعدة بين القنوات معدل البتات/التشفير الخطي للإشارات البصرية الرافدة الحد الأقصى لنسبة الخطأ في البتات نوع الليقة	GHz — — —	100 NRZ OTU1 مع تفعيل التصحيح الأمامي للأخطاء 10 ¹² -10 (ملاحظة) G.652، G.653، G.655
السطح البيني عند النقطة S_s الحد الأقصى لمتوسط قدرة خرج القناة الحد الأدنى لمتوسط قدرة خرج القناة أدنى تردد مركزي أقصى تردد مركزي أقصى انحراف للطيف الحد الأدنى لنسبة كبت الأسلوب الجانبي الحد الأدنى لنسبة حمود القناة قناع العين الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) للتشتت (المتبقي) للمرسل	dBm dBm THz THz GHz dB dB — dB	6+ 3- 191,5 من أجل (C) 186,0 من أجل (L) 196,2 من أجل (C) 191,5 من أجل (L) 20± 30 8,2 NRZ 2,5G حسب التوصية G.9590.1 2
المسير البصري من النقطة S_s إلى النقطة R_s أقصى تموج أقصى تشتت لوني (متبق) أدنى تشتت لوني (متبق) أدنى خسارة للعودة البصرية عند النقطة S _s أقصى انعكاسية منفصلة بين النقطتين S _s و R _s الحد الأقصى لتأخر المجموعة التفاضلية الخسارة القصوى حسب الاستقطاب أقصى لغط بين القنوات أقصى لغط للقياس بالتداخل الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) لمسير بصري	dB ps/nm ps/nm dB dB ps dB dB dB dB dB	2 2200+ 600- 24 27- 120 ffs 16- 40- 5
السطح البيني عند النقطة R_s الحد الأقصى لمتوسط قدرة الدخل الحد الأدنى لمتوسط قدرة الدخل الحد الأدنى لنسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) تفاوت نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) في المستقبل انعكاسية المستقبل القصوى	dBm dBm dB (0,1 nm) dB (0,1 nm) dB	9- 26- 15 10 27-
ملاحظة - ليس من الضروري بلوغ نسبة BER لشفرات التطبيق هذه إلا بعد تطبيق تصحيح الأخطاء (في حال استعماله). ولذلك، يمكن أن تكون نسبة BER عند إدخال مزيل تشفير التصحيح الأمامي (FEC) أكبر بكثير من 10 ⁻¹² .		

**الجدول 3-8 – معلمات وقيم الطبقة المادية للتطبيقات من الصنف NRZ 10G دون التصحيح الأمامي للأخطاء
بمباعدة ترددية بين القنوات قدرها 100-GHz**

المعلمة	الوحدات	DW100C-2A2(C) DW100C-2A3(L) DW100C-2A5(C) DN100C-2A2(C) DN100C-2A3(L) DN100C-2A5(C)	DW100C-2A2(C) DW100C-2A3(L) DW100C-2A5(C)
معلومات عامة أدنى مباعدة بين القنوات معدل البتات/التشفير الخطي للإشارات البصرية الرافدة الحد الأقصى لنسبة الخطأ في البتات نوع الليفة	GHz – – –	100 NRZ 10G 12-10 G.655 ،G.653 ،G.652	
السطح البيني عند النقطة S_s الحد الأقصى لمتوسط قدرة خرج القناة الحد الأدنى لمتوسط قدرة خرج القناة أدنى تردد مركزي أقصى تردد مركزي أقصى انحراف للطيف الحد الأدنى لنسبة كبت الأسلوب الجانبي الحد الأدنى لنسبة خمود القناة قناع العين الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) للثشتت (المتبقى) للمرسل	dBm dBm THz THz GHz dB dB – dB	6+ 3– 191,5 من أجل (C) 186,0 من أجل (L) 196,2 من أجل (C) 191,5 من أجل (L) 20± 12,5± 30 8,2 NRZ 2,5G منطقة 1550 nm حسب التوصية G.959.1 2	
المسير البصري من النقطة S_s إلى النقطة R_s أقصى تموج أقصى تشتت لوني (متبق) أدنى تشتت لوني (متبق) أدنى خسارة للعودة البصرية عند النقطة S _s أقصى انعكاسية منفصلة بين النقطتين S _s و R _s الحد الأقصى لتأخر المجموعة التفاضلية الخسارة القصوى حسب الاستقطاب أقصى لغط بين القنوات أقصى لغط للقياس بالتداخل الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) لمسير بصري	dB ps/nm ps/nm dB dB ps dB dB dB dB	2 800+ 300– 24 27– 30 ffs 16– 40– 5	
السطح البيني عند النقطة R_s الحد الأقصى لمتوسط قدرة الدخل الحد الأدنى لمتوسط قدرة الدخل الحد الأدنى لنسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) تفاوت نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) في المستقبل انعكاسية المستقبل القصوى	dBm dBm dB (0,1 nm) dB (0,1 nm) dB	8– 0 17– 11– 27 22 27–	

الجدول 4-8 - معلمات وقيم الطبقة المادية للتطبيقات من الصنف NRZ 10G مع تفعيل التصحيح الأمامي للأخطاء بمباعدة ترددية بين القنوات قدرها 100-GHz

المعلمة	الوحدات	DN100C-2A2(C)F DN100C-2A3(L)F DN100C-2A5(C)F DW100C-2A2(C)F DW100C-2A3(L)F DW100C-2A5(C)F DN100U-2A2(C)F DN100U-2A3(L)F DN100U-2A5(C)F
معلومات عامة أدنى مباعدة بين القنوات معدل البتات/التشفير الخطي للإشارات البصرية الراجعة الحد الأقصى لنسبة الخطأ في البتات نوع الليفة	GHz - - -	100 NRZ OTU2 مع تفعيل التصحيح الأمامي للأخطاء 10 ⁻¹² (ملاحظة) G.655، G.653، G.652
السطح البيني عند النقطة S_s الحد الأقصى لمتوسط قدرة خرج القناة الحد الأدنى لمتوسط قدرة خرج القناة أدنى تردد مركزي أقصى تردد مركزي أقصى انحراف للطيف الحد الأدنى لنسبة كبت الأسلوب الجانبي الحد الأدنى لنسبة حمود القناة قناع العين الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) للتشتت (المتبقي) للمرسل	dBm dBm THz THz GHz dB dB - dB	6+ 3- 191,5 من أجل (C) 186,0 من أجل (L) 196,2 من أجل (C) 191,5 من أجل (L) 12,5± 30 8,2 NRZ 2,5G منطقة 1550 nm حسب التوصية G.959.1 2
المسير البصري من النقطة S_s إلى النقطة R_s أقصى تموج أقصى تشتت لوني (متبق) أدنى تشتت لوني (متبق) أدنى خسارة للعودة البصرية عند النقطة S _s أقصى انعكاسية منفصلة بين النقطتين S _s و R _s الحد الأقصى لتأخر المجموعة التفاضلية الخسارة القصوى حسب الاستقطاب أقصى لغط بين القنوات أقصى لغط للقياس بالتداخل الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) لمسير بصري	dB ps/nm ps/nm dB dB ps dB dB dB dB	2 3200+ 0 24 27- 30 ffs 16- 40- 5
السطح البيني عند النقطة R_s الحد الأقصى لمتوسط قدرة الدخل الحد الأدنى لمتوسط قدرة الدخل الحد الأدنى لنسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) تفاوت نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) في المستقبل انعكاسية المستقبل القصوى	dBm dBm dB (0,1 nm) dB (0,1 nm) dB	0 14- 21 16 27-
ملاحظة - ليس من الضروري بلوغ نسبة BER لشفرات التطبيق هذه إلا بعد تطبيق تصحيح الأخطاء (في حال استعماله). ولذلك، يمكن أن تكون نسبة BER عند إدخال مزيل تشفير التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) أكبر بكثير من 10 ⁻¹² .		

الجدول 5-8 - معلمات وقيم الطبقة المادية للتطبيقات من الصنف NRZ 10G دون التصحيح الأمامي للأخطاء
بمباعدة ترددية بين القنوات قدرها 50-GHz

المعلمة	الوحدات	DN50C-2A2(C) DN50C-2A3(L) DN50C-2A5(C)
معلومات عامة أدنى مباعدة بين القنوات معدل البتات/التشفير الخطي للإشارات البصرية الرافدة الحد الأقصى لنسبة الخطأ في البتات نوع الليفة	GHz — — —	50 NRZ 10G 12-10 G.655، G.653، G.652
السطح البيني عند النقطة S_s الحد الأقصى لمتوسط قدرة خرج القناة الحد الأدنى لمتوسط قدرة خرج القناة أدنى تردد مركزي أقصى تردد مركزي أقصى انحراف للطيف الحد الأدنى لنسبة كبت الأسلوب الجانبي الحد الأدنى لنسبة خمود القناة	dBm dBm THz THz GHz dB dB	6+ 3- 191,5 من أجل (C) 186,0 من أجل (L) 196,2 من أجل (C) 191,5 من أجل (L) 11± (12,5± الملاحظة 1) 30 8,2
قناع العين الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) للثشت (المتبقي) للمرسل	— dB	nm 1550 NRZ 2,5G حسب التوصية G.959.1 2
المسير البصري من النقطة S_s إلى النقطة R_s أقصى تموج أقصى تشتت لوني (متبق) أدنى تشتت لوني (متبق) أدنى خسارة للعودة البصرية عند النقطة S _s أقصى انعكاسية منفصلة بين النقطتين S _s و R _s الحد الأقصى لتأخر المجموعة التفاضلية الخسارة القصوى حسب الاستقطاب أقصى لغط بين القنوات أقصى لغط للقياس بالتداخل الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) لمسير بصري	dB ps/nm ps/nm dB dB ps dB dB dB dB	2 800+ 300- 24 27- 30 ffs 16- 40- 5
السطح البيني عند النقطة R_s الحد الأقصى لمتوسط قدرة الدخل الحد الأدنى لمتوسط قدرة الدخل الحد الأدنى لنسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) تفاوت نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) في المستقبل انعكاسية المستقبل القصوى	dBm dBm dB (0,1 nm) dB (0,1 nm) dB	0 (الملاحظة 2) 8- (الملاحظة 3) 11- (الملاحظة 2) 17- (الملاحظة 3) 27 22 27-
الملاحظة 1 - إذا استوفي توصيف التموذج في الوصلة السوداء عبر عرض لا يقل عن $\pm 12,5$ GHz، يمكن عندئذ أن يبلغ الانحراف الطيفي الأقصى للمرسل $\pm 12,5$ GHz. الملاحظة 2 - تناسب مستويات القدرة هذه لمستقبلات من نمط موجب-باطني-نمط سالب (PIN). ويمكن بدلاً من ذلك استخدام مستويات القدرة المناسبة لمستقبلات داوود ضوئي انهياري (APD). الملاحظة 3 - تناسب مستويات القدرة هذه لمستقبلات داوود ضوئي انهياري (APD)، ويمكن بدلاً من ذلك استخدام مستويات القدرة المناسبة لمستقبلات من نمط موجب-باطني-نمط سالب (PIN).		

**الجدول 6-8 – معلمات وقيم الطبقة المادية للتطبيقات من الصنف NRZ 10G مع التصحيح الأمامي للأخطاء
بمباعدة ترددية بين القنوات قدرها 50-GHz**

المعلمة	الوحدات	DN50C-2A2(C)F DN50C-2A3(L)F DN50C-2A5(C)F	DN50U-2A2(C)F DN50U-2A3(L)F DN50U-2A5(C)F
معلومات عامة أدنى مباعدة بين القنوات معدل البتات/التشفير الخطي للإشارات البصرية الرافدة الحد الأقصى لنسبة الخطأ في البتات نوع الليفة	GHz — — —	50 NRZ OTU2 مع تفعيل التصحيح الأمامي للأخطاء 10 ⁻¹² (الملاحظة 1) G.655، G.653، G.652	50 NRZ OTU2 مع تفعيل التصحيح الأمامي للأخطاء 10 ⁻¹² (الملاحظة 1) G.655، G.653، G.652
السطح البيني عند النقطة S_s الحد الأقصى لمتوسط قدرة خرج القناة الحد الأدنى لمتوسط قدرة خرج القناة أدنى تردد مركزي أقصى تردد مركزي أقصى انحراف للطيف الحد الأدنى لنسبة كبت الأسلوب الجانبي الحد الأدنى لنسبة خمود القناة قناع العين الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) للتشتت (المتبقي) للمرسل	dBm dBm THz THz GHz dB dB — dB	6+ 3- 191,5 من أجل (C) 186,0 من أجل (L) 196,2 من أجل (C) 191,5 من أجل (L) 11± (12,5± الملاحظة 2) 30 8,2 NRZ 10G منطقة 1550 nm حسب التوصية G.959.1 2	6+ 3- 191,5 من أجل (C) 186,0 من أجل (L) 196,2 من أجل (C) 191,5 من أجل (L) 11± (12,5± الملاحظة 2) 30 8,2 NRZ 10G منطقة 1550 nm حسب التوصية G.959.1 2
المسار البصري من النقطة S_s إلى النقطة R_s أقصى تموج أقصى تشتت لوني (متبق) أدنى تشتت لوني (متبق) أدنى خسارة للعودة البصرية عند النقطة S _s أقصى انعكاسية منفصلة بين النقطتين S _s و R _s الحد الأقصى لتأخر المجموعة التفاضلية الخسارة القصوى حسب الاستقطاب أقصى لغط بين القنوات أقصى لغط للقياس بالتداخل الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) لمسار بصري	dB ps/nm ps/nm dB dB ps dB dB dB dB dB	2 3200+ 0 24 27- 30 ffs 16- 40- 5	2 800+ 300- 24 27- 30 ffs 16- 40- 5

الجدول 6-8 - معلمات وقيم الطبقة المادية للتطبيقات من الصنف NRZ 10G مع التصحيح الأمامي للأخطاء
بمعاودة ترددية بين القنوات قدرها 50-GHz

المعلمة	الوحدات	DN50C-2A2(C)F DN50C-2A3(L)F DN50C-2A5(C)F	DN50U-2A2(C)F DN50U-2A3(L)F DN50U-2A5(C)F
السطح البيني عند النقطة R_s الحد الأقصى لمتوسط قدرة الدخل الحد الأدنى لمتوسط قدرة الدخل الحد الأدنى لنسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) تفاوت نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) في المستقبل انعكاسية المستقبل القصوى	dBm dBm dB (0.1 nm) dB (0.1 nm) dB	0 (الملاحظة 3) 8 (الملاحظة 4) 14 (الملاحظة 3) 20 (الملاحظة 4) 21 16 27-	0 (الملاحظة 3) 8 (الملاحظة 4) 14 (الملاحظة 3) 20 (الملاحظة 4) 21 16 27-
الملاحظة 1 - ليس من الضروري بلوغ نسبة BER لشفرات التطبيق هذه إلا بعد تطبيق تصحيح الأخطاء (في حال استعماله). ولذلك، يمكن أن تكون نسبة BER عند إدخال مزيل تشفير التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) أكبر بكثير من 10⁻¹². الملاحظة 2 - إذا استوفى توصيف التموج في الوصلة السوداء عبر عرض لا يقل عن $\pm 12,5$ GHz، يمكن عندئذ أن يبلغ الانحراف الطيفي الأقصى للمرسل $\pm 12,5$ GHz. الملاحظة 3 - تناسب مستويات القدرة هذه مستقبلات من نمط موجب-باطني-نمط سالب (PIN). ويمكن بدلاً من ذلك استخدام مستويات القدرة المناسبة لمستقبلات دايمود ضوئي انمباري (APD). الملاحظة 4 - تناسب مستويات القدرة هذه مستقبلات دايمود ضوئي انمباري (APD)، ويمكن بدلاً من ذلك استخدام مستويات القدرة المناسبة لمستقبلات من نمط موجب-باطني-نمط سالب (PIN).			

9 اعتبارات السلامة البصرية

انظر التوصية [G.644] الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات والوثيقتين [60825-1] و [60825-2] الصادرتين عن اللجنة الكهترتقنية الدولية (IEC) للاطلاع على هذه الاعتبارات.

التذييل I

قياس الغرامة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) للتشتت (المتبقي) للمرسل والغرامة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية لمسير بصري

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

بما أن التطبيقات المذكورة في هذه التوصية تستخدم نهج "الوصلة السوداء"، يمكن استخدام نقطتين مرجعيتين أحاديّتي القناة (R_s و S_s) للنفاد إلى فرادى الإشارات لقياس الغرامة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR). وتجرى ثلاثة قياسات للغرامة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية على النحو المبين في الأشكال من 1.I إلى 3.I.

وفي القياس 1، تثبت أدنى نسبة إشارة إلى الضوضاء البصرية لتحقيق نسبة الخطأ في البتات (BER) المرجعية عند النقطة S_s دون تشتت، بتغيير كمية ضوضاء ASE المضافة إلى الإشارة باستخدام إعدادات شبيهة بتلك المبينة في الشكل 1.I.

وفي القياس 2، تثبت أدنى نسبة إشارة إلى الضوضاء البصرية لتحقيق نسبة الخطأ في البتات (BER) المرجعية عند النقطة S_s بأسوأ حالة تشتت (متبق)، باستخدام إعدادات شبيهة بتلك المبينة في الشكل 2.I.

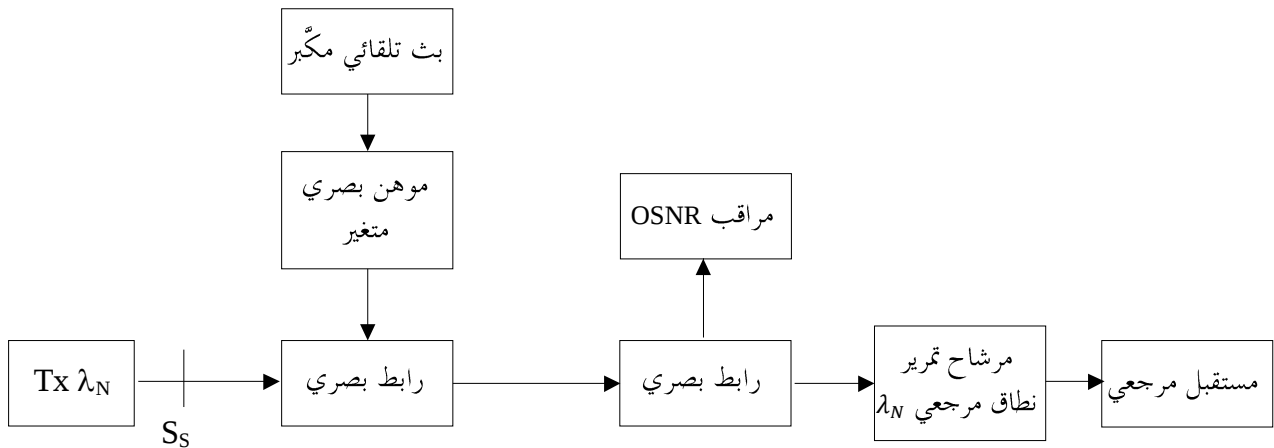
وفي القياس 3، تثبت أدنى نسبة إشارة إلى الضوضاء البصرية لتحقيق نسبة الخطأ في البتات (BER) المرجعية عند النقطة R_s بعد الإرسال عبر الوصلة السوداء، باستخدام إعدادات شبيهة بتلك المبينة في الشكل 3.I.

وفي حالة الغرامة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) للتشتت (المتبقي) للمرسل، يجرى القياسان 1 و 2 كما جاء أعلاه، وعندئذ:

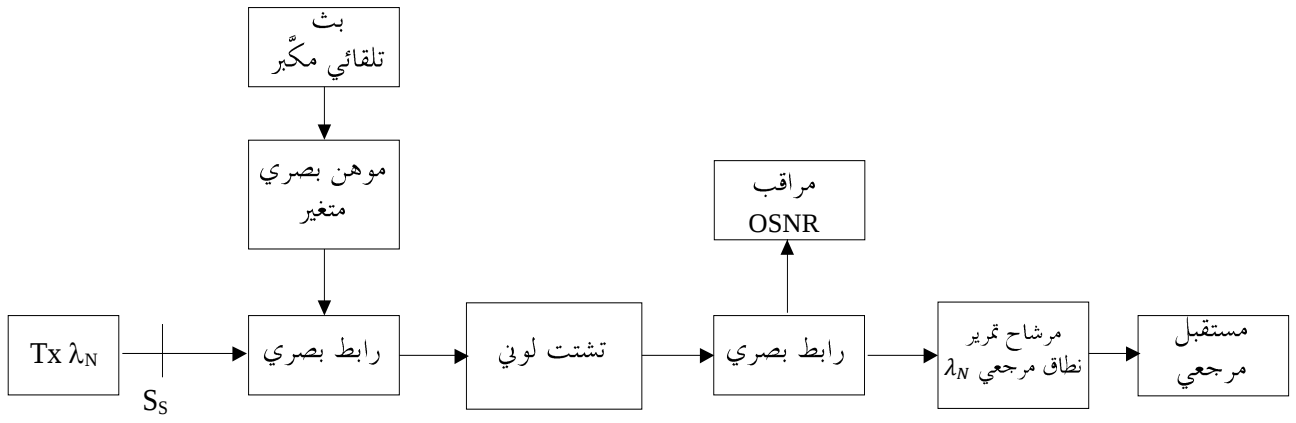
الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) للتشتت (المتبقي) للمرسل = OSNR - 2 في القياس 1.

وفي حالة الغرامة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) لمسير بصري، يجرى القياسان 1 و 3 كما جاء أعلاه، وعندئذ:

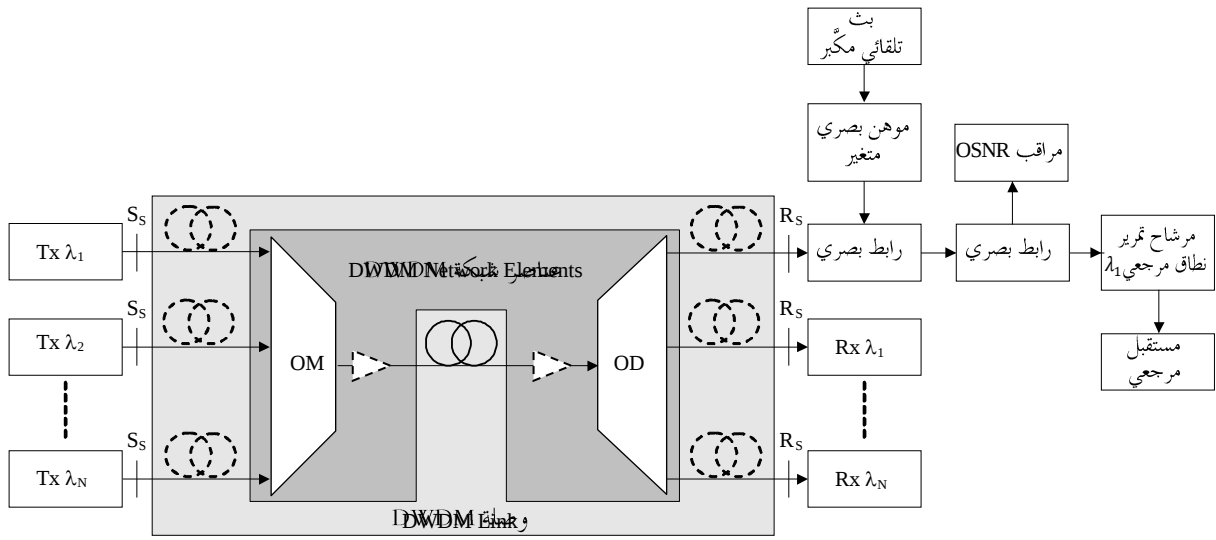
الغرامة القصوى في نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) لمسير بصري = OSNR - 3 في القياس 1.



الشكل 1.I - تشكيلة القياس 1 (عند النقطة S_s)



الشكل 2.I - تشكيلة القياس 2 (عند النقطة Ss)



الشكل 3.I - تشكيلة القياس 3 (عند النقطة Rs)

علماً بأن:

- مرشاح تمرير النطاق المرجعي معرّف في الفقرة 2.B من التوصية [ITU-T G.959.1].
- المستقبل المرجعي معرّف في الفقرة 3.B من التوصية [ITU-T G.959.1].
- المتوسط المستخدم لإدخال التشتت اللوني في القياس 2 ينبغي ألا يُنتج مؤثرات غير خطية. وينبغي إدراج أي مكبرات بصرية مستخدمة لتعويض خسارة هذا العنصر المشتت قبل نقطة مراقبة نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR). كمية ضوضاء ASE المضافة إلى الإشارة عند النقطة Ss أو Rs (ومن ثم نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR)) يُتحكم فيها بضبط الموهن البصري المتغير (VOA). وينبغي أن تقع نقطة مراقبة نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية بعد آخر مكبر بصري، قبل مرشاح تمرير النطاق المرجعي مثلاً.
- عند وجود قبولية كبيرة للضوضاء قبل نقطة المراقبة، عند النقطة Rs مثلاً بفعل اصطفاء مزيل تعدد إرسال بصري (OD) أو معدات إرسال بصرية للإدراج - الإخراج (OADMs) في الوصلة السوداء، يجب الحرص على استخدام تقنية مراقبة نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) التي تعطي قراءة دقيقة. وترد معلومات أوفى عن هذه المسألة في التذييل الثالث للتوصية [b-ITU-T G.697].
- مكبر بصري أو موهن بصري يمكن أن يستخدم عندما لا تكون قدرة دخل المستقبل المرجعي مناسبة، ولكن يجب وضع أي مكبرات بصرية مضافة قبل نقطة مراقبة نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR).

التذييل II

إزالة المرسل المستجيب عبر السطوح البينية أحادية القناة لتعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة (DWDM)

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

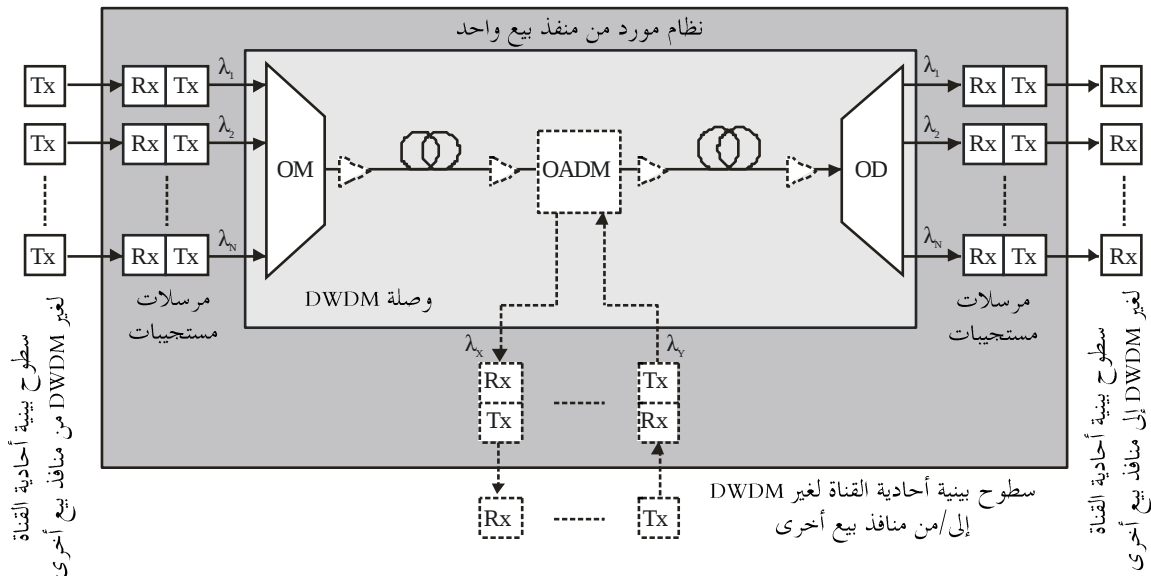
تستند شبكة النقل لدى معظم المشغلين إلى استخدام معدات مشتركة من مجموعة متنوعة من منافذ البيع المختلفة.

وقد تحقق ذلك في السابق، بالنسبة إلى أجزاء الشبكة المعنية بالإرسال البصري لتعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة (DWDM)، عبر استخدام المرسلات المستجيبة البصرية على النحو المبين في الشكل 1.II. يمكن إذن للسطوح البينية المسماة "السطوح البينية أحادية القناة لغير تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة إلى/من منافذ البيع الأخرى" أن تكون أي سطح بيني بصري مقيس قصير المطال يدعمه منفذ البيع كلاهما، كالسطوح البينية التي ترد في التوصيات [ITU-T G.957] و [ITU-T G.691] و [ITU-T G.693] و [ITU-T G.959.1] وغيرها. ويسمح هذا الترتيب بالتوصيل المباشر لمجموعة واسعة من المعدات مع نظام خط DWDM، ومن أمثلة ذلك:

- توصيل رقمي تناقلي مع سطوح بينية بصرية متعددة يوردها منفذ بيع مختلف عن نظام الخط؛
- أجهزة بصرية متعددة للتعديل، كل منها يشتري من منفذ بيع مختلف يورد قناة واحدة؛
- توليفة مما ذكر أعلاه.

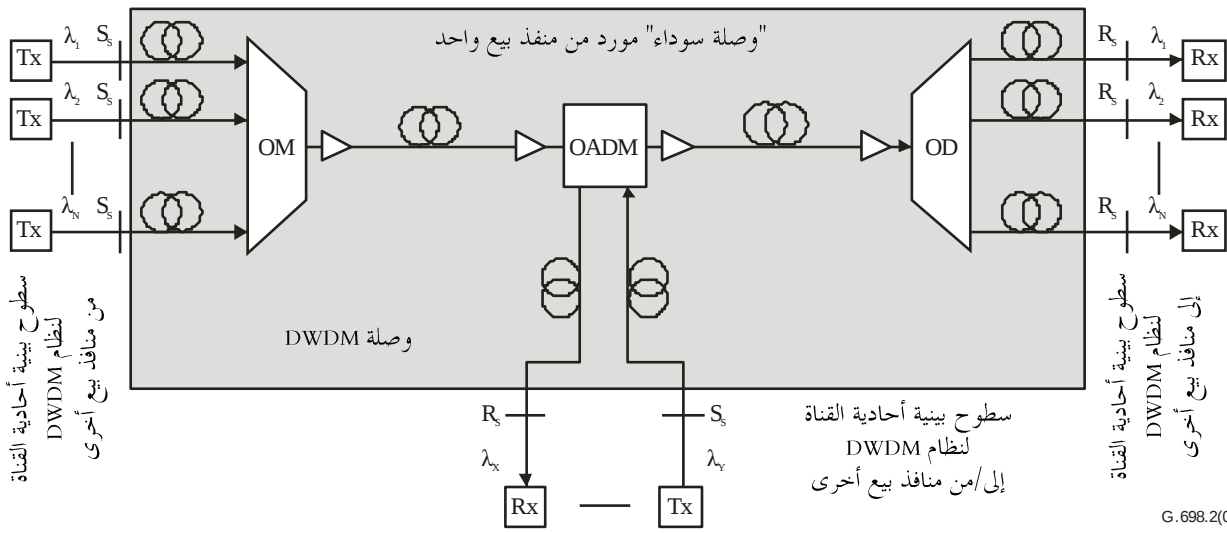
ولكن من خلال استخدام السطوح البينية أحادية القناة لتعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة (DWDM) الواردة في هذه التوصية، يمكن أيضاً تحقيق هذا التوصيل البيني فيما يستغنى عن مرسل واحد قصير المطال وزوج مستقبلات في كل قناة (إزالة المرسلات المستجيبة) مع ما يرتبط بذلك من وفورات واضحة في التكلفة.

ويظهر ذلك في الشكل 2.II.



G.698.2(09)_FII-1

الشكل 1.II - نظام خط DWDM لمنافذ بيع مختلفة مع مرسلات مستجيبة



G.698.2(09)_FII-2

الشكل 2.11 - نظام خط DWDM لمنافذ بيع مختلفة مع إزالة المرسلات المستجيبيات

بييليوغرافيا

- [b-ITU-T G.697] التوصية ITU-T G.697 (2009)، المراقبة البصرية لأنظمة تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة.
- [b-ITU-T G.8251] التوصية ITU-T G.8251 (2001)، التحكم في الارتعاش والجنوح في شبكة النقل البصرية (OTN).
- [b-ITU-T G-Sup.39] سلسلة التوصيات ITU-T G – التتمة 39 (2006)، تصميم الأنظمة البصرية والاعتبارات الهندسية.

سلاسل التوصيات الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

السلسلة A	تنظيم العمل في قطاع تقييس الاتصالات
السلسلة D	المبادئ العامة للتعريف
السلسلة E	التشغيل العام للشبكة والخدمة الهاتفية وتشغيل الخدمات والعوامل البشرية
السلسلة F	خدمات الاتصالات غير الهاتفية
السلسلة G	أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية
السلسلة H	الأنظمة السمعية المرئية والأنظمة متعددة الوسائط
السلسلة I	الشبكة الرقمية متكاملة الخدمات
السلسلة J	الشبكات الكبلية وإرسال إشارات تلفزيونية وبرامج صوتية وإشارات أخرى متعددة الوسائط
السلسلة K	الحماية من التداخلات
السلسلة L	إنشاء الكبلات وغيرها من عناصر المنشآت الخارجية وتركيبها وحمايتها
السلسلة M	إدارة الاتصالات بما في ذلك شبكة إدارة الاتصالات (TMN) وصيانة الشبكات
السلسلة N	الصيانة: الدارات الدولية لإرسال البرامج الإذاعية الصوتية والتلفزيونية
السلسلة O	مواصفات تجهيزات القياس
السلسلة P	المطاريق وطرائق التقييم الذاتية والموضوعية
السلسلة Q	التبديل والتشوير
السلسلة R	الإرسال البرقي
السلسلة S	التجهيزات المطرافية للخدمات البرقية
السلسلة T	المطاريق الخاصة بالخدمات التلمائية
السلسلة U	التبديل البرقي
السلسلة V	اتصالات البيانات على الشبكة الهاتفية
السلسلة X	شبكات البيانات والاتصالات بين الأنظمة المفتوحة ومسائل الأمن
السلسلة Y	البنية التحتية العالمية للمعلومات وملامح بروتوكول الإنترنت وشبكات الجيل التالي
السلسلة Z	اللغات والجوانب العامة للبرمجيات في أنظمة الاتصالات