

الاتحاد الدولي للاتصالات

G.698.1

(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 متعدد القنوات بتقسيم مكثف
لطول الموجة (DWDM)

التوصية ITU-T G.698.1

توصيات السلسلة G الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات
أنظمة الإرسال ووسائطه 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 مطرافي ة 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 متعدد القنوات بتقسيم مكثف لطول الموجة (DWDM)

ملخص

تقدم هذه التوصية ITU-T G.698.1 قيم المعلمات البصرية المتعلقة بالسطوح البينية للطبقة المادية لأنظمة تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة (DWDM) المصممة أساساً للتطبيقات المتعلقة بالشبكات الحضرية. وهذه التطبيقات محددة باستعمال معلمات السطح البيني البصري في نقاط التوصيل الأحادية القناة بين المرسلات ومعدلات الإرسال البصرية، وكذلك بين المستقبلات ومزيلات تعدد الإرسال البصرية في نظام تعدد الإرسال DWDM. وتستخدم هذه التوصية طريقة معينة لتحديد الحد الأقصى لتوهين معدّل الإرسال/مزيل تعدد الإرسال والليفة معاً، ولذلك، فهي لا تحدد بوضوح الحد الأقصى لطول وصلة الألياف البصرية. وتضم هذه التوصية تطبيقات أحادية الاتجاه لتعدد الإرسال DWDM تعمل بمعدلي 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. وتتضمن آخر مراجعة للتوصية ITU-T G.698.1 استخدام معدلات إرسال بصرية للإدراج - الإخراج (OADM) في الوصلة السوداء.

التسلسل التاريخي

الطبعة	التوصية	تاريخ الموافقة عليها	لجنة الدراسات
1.0	ITU-T G.698.1	2005-06-29	15
2.0	ITU-T G.698.1	2006-12-14	15
3.0	ITU-T G.698.1	2009-11-13	15

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 حاصلاً 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 مصطلحات معرفة في مصادر أخرى	
2	2.3 مصطلحات معرفة في هذه التوصية	
2	 المختصرات والأسماء المختصرة	4
3	 تصنيف السطوح البينية البصرية	5
3	1.5 التطبيقات	
4	2.5 النقاط المرجعية	
6	3.5 تسميات	
7	4.5 السطوح البينية أحادية القناة عند النقطتين المرجعيتين R_S و S_S	
8	 التوافق المستعرض	6
8	 تعاريف المعلامات	7
9	1.7 معلومات عامة	
10	2.7 السطح البيني عند النقطة SS	
11	3.7 معلامات المسير البصري (المسافة الواحدة) من النقطة S_S إلى النقطة R_S	
15	4.7 السطح البيني عند النقطة R_S	
16	 قيم المعلامات	8
23	 اعتبارات السلامة البصرية	9
24	 التذييل I - عدد معدّات الإرسال البصرية للإدراج - الإخراج (OADM) المدعومة في وصلة	
24	1.I مقدمة	
24	2.I الخسارة القصوى لإدراج قناة	
24	3.I التموج الأقصى	
25	4.I التشتت اللوني الأقصى	
25	5.I الانعكاسات	
26	6.I الحد الأقصى لتأخر المجموعة التفاضلي	
26	7.I أقصى لغط للقياس بالتداخل	
27	 بيبلوغرافيا	

تطبيقات متعددة القنوات لتعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة (DWDM) ذات سطوح بينية بصرية أحادية القناة

1 مجال التطبيق

غرض هذه التوصية تقديم مواصفات السطوح البينية البصرية في سبيل تنفيذ أنظمة تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة DWDM المتوائمة توافقاً مستعرضاً والمصممة أساساً لتطبيقات حضرية.

وبتطبيق نهج "الوصلة السوداء"، تحدد التوصية وتقدم قيم معلمات السطوح البينية البصرية الأحادية القناة التي تدخل في التطبيقات المادية لتعدد الإرسال DWDM الحلقية ومن نقطة إلى نقطة (بمسافة إرسال ضمن مدى يتراوح بين 30 إلى 80 كم تقريباً) عبر ألياف بصرية أحادية الأسلوب.

أما التطبيقات التي تحوي مكبرات ضمن الوصلة السوداء فهي غير مشمولة بنطاق تطبيق هذه التوصية.

وتصف التوصية أنظمة تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة (DWDM) التي تتسم بالخصائص التالية:

- مباعدة ترددية بين القنوات: 50 GHz فأعرض (محددة في التوصية [ITU-T G.694.1] الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات؛
 - معدل بتات قناة الإشارة: يصل إلى 10 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. ونُشر بانتظام قائمة توصيات قطاع تقييس الاتصالات السارية الصلاحية. والإشارة إلى وثيقة في هذه التوصية لا يضمن على الوثيقة في حد ذاتها صفة التوصية.

- [ITU-T G.652] التوصية ITU-T G.652 (2005)، خصائص الكبلات والألياف البصرية أحادية الأسلوب.
- [ITU-T G.653] التوصية ITU-T G.653 (2006)، خصائص الكبلات والألياف البصرية أحادية الأسلوب وذات التششت المتخالف.
- [ITU-T G.655] التوصية ITU-T G.655 (2006)، خصائص الكبلات والألياف البصرية أحادية الأسلوب وذات التششت 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 البينية 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.698.2] التوصية ITU-T G.698.2 (2009)، تطبيقات ذات سطوح بينية بصرية أحادية القناة لتعدد الإرسال المكبر متعدد القنوات بتقسيم مكثف لطول الموجة.

- [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 الكهروتقنية الدولية (IEC) (2007)، سلامة منتجات الليزر – الباب 1: تصنيف التجهيزات ومتطلباتها.
- [IEC-60825-2] الوثيقة 60825-2 الصادرة عن اللجنة الكهروتقنية الدولية (IEC) (2007)، سلامة منتجات الليزر – الباب 2: سلامة أنظمة الاتصالات ذات الألياف البصرية (OFCS).

3 المصطلحات والتعاريف

1.3 مصطلحات معرفة في مصادر أخرى

تستعمل هذه التوصية المصطلحات التالية المعرفة في مصادر أخرى، وهي:

- 1.1.3 خسارة إدراج قناة [ITU-T G. 671]
- 2.1.3 مبادعة بين القنوات [ITU-T G. 671]
- 3.1.3 وحدة k كاملة النقيس لنقل القنوات البصرية (OTuk) [ITU-T G. 709]
- 4.1.3 جهاز تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة (DWDM) [ITU-T G. 671]
- 5.1.3 تأخر المجموعة التفاضلي [ITU-T G. 671]
- 6.1.3 شبكة تردد [ITU-T G. 694.1]
- 7.1.3 هندسة مشتركة [ITU-T G. 957]
- 8.1.3 إشارة بصرية رافدة [ITU-T G. 959.1]
- 9.1.3 صنف إشارة بصرية رافدة NRZ 10G [ITU-T G. 959.1]
- 10.1.3 صنف إشارة بصرية رافدة NRZ 2.5G [ITU-T G. 959.1]
- 11.1.3 انعكاسية [ITU-T G. 671]
- 12.1.3 تموج [ITU-T G. 671]
- 13.1.3 توافق مستعرض [ITU-T G. 957]

2.3 مصطلحات معرفة في هذه التوصية

لا تعرف هذه التوصية أي مصطلحات.

4 المختصرات والأسماء المختصرة

تستعمل هذه التوصية المختصرات التالية:

البث التلقائي المكثف (Amplified Spontaneous Emission)	ASE
نسبة الخطأ في البتات (Bit Error Ratio)	BER
تأخر انتشار المجموعة التفاضلي (Differential Group Delay)	DGD
نسبة الخمود (Extinction Ratio)	EX
تصحيح أمامي للأخطاء (Forward Error Correction)	FEC
غير قابل للانطباق (Not Applicable)	NA

عنصر شبكة (Network Element)	NE
لا عودة إلى الصفر (Non-Return to Zero)	NRZ
مكبر بصري (Optical Amplifier)	OA
معدّد إرسال بصري للإدراج - الإخراج (Optical Add-Drop multiplexer)	OADM
مزيل تعدّد إرسال بصري (Optical Demultiplexer)	OD
معدّد إرسال بصري (Optical Multiplexer)	OM
عنصر شبكة بصري (Optical Network Element)	ONE
وحدة k كاملة التقييس لنقل القنوات البصرية (Completely standardized optical channel transport unit - k)	OTUk
تشتت بأسلوب الاستقطاب (Polarization Mode Dispersion)	PMD
نقطة مرجعية للوصلة عند الإدخال المجمع لعنصر شبكة تعدّد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة DWDM (Link reference point at the DWDM network element aggregate input)	RP _R
نقطة مرجعية للوصلة عند الخرج المجمع لعنصر شبكة تعدّد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة DWDM (Link reference point at the DWDM network element aggregate output)	RP _S
نقطة مرجعية أحادية القناة عند الخرج الرافد لعنصر شبكة تعدّد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة DWDM (Single-channel reference point at the DWDM network element tributary output)	R _S
نقطة مرجعية أحادية القناة عند الإدخال الرافد لعنصر شبكة تعدّد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة DWDM (Single-channel reference point at the DWDM network element tributary input)	S _S
تعدد الإرسال بتقاسم طول الموجات (Wavelength Division Multiplexing)	WDM

5 تصنيف السطوح البينية البصرية

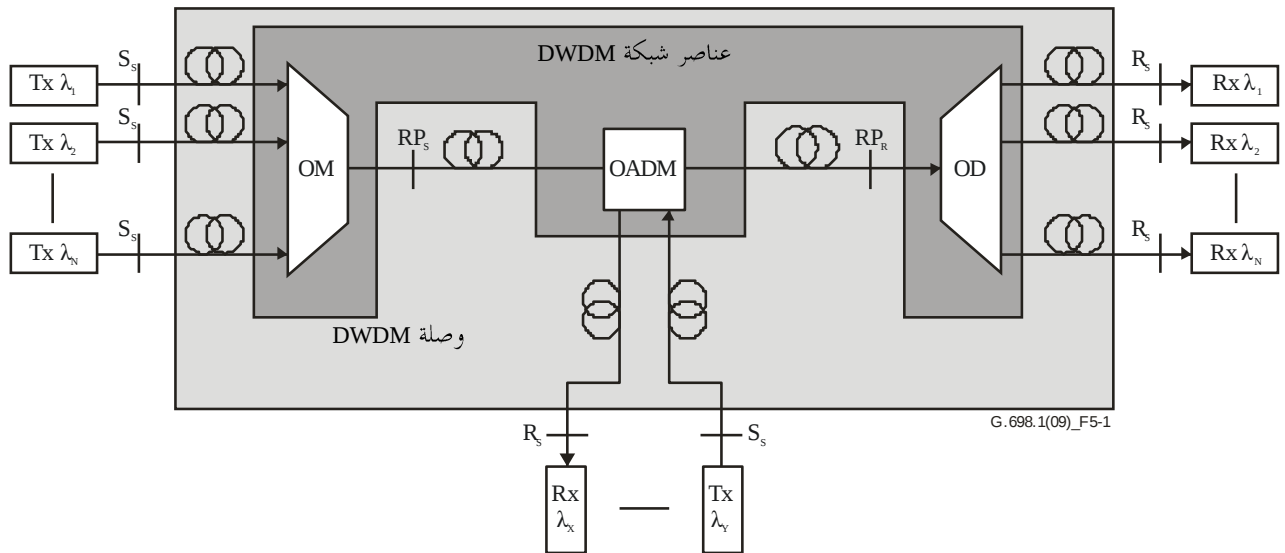
1.5 التطبيقات

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 حلقيّة ومن نقطة إلى نقطة. وأنظمة DWDM هذه ذات السطوح البينية الأحادية القناة هي أنظمة مصممة أساساً لاستعمالها في شبكات مناطق العواصم الحضرية لطائفة من الزبائن، والخدمات، والبروتوكولات. وتطبق طريقة تحديد المواصفات الواردة في هذه التوصية نهج "الوصلة السوداء" الذي يعني أن معلومات السطوح البينية البصرية للإشارات البصرية الرافدة (أحادية القناة) وحدها هو المحدد هنا. وتقدم التوصية مواصفات إضافية لمعلومات الوصلة السوداء من قبيل الحد الأقصى للتوهين والتشتت اللوني والتموج والتشتت بأسلوب الاستقطاب. ويؤمن هذا النهج تحقيق توافق مستعرض على مستوى النقاط الأحادية القناة باستعمال تشكيلة تعدّد إرسال مباشر لطول الموجة. غير أنه لا يؤمن تحقيق هذا التوافق على مستوى النقاط المتعددة القنوات. ووفق هذا النهج يُعامل معدّد الإرسال البصري (OM) ومزيل تعدّد الإرسال البصري (OD) معاملة مجموعة واحدة من الأجهزة البصرية، ويمكن تضمين معدّات إرسال بصرية للإدراج - الإخراج (OADM). ولا تدرس هذه التوصية سوى تطبيقات تعدّد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة (DWDM) التي لا تضم فيها الوصلة السوداء مكبرات بصرية.

2.5 النقاط المرجعية

1.2.5 التطبيقات الأحادية الاتجاه

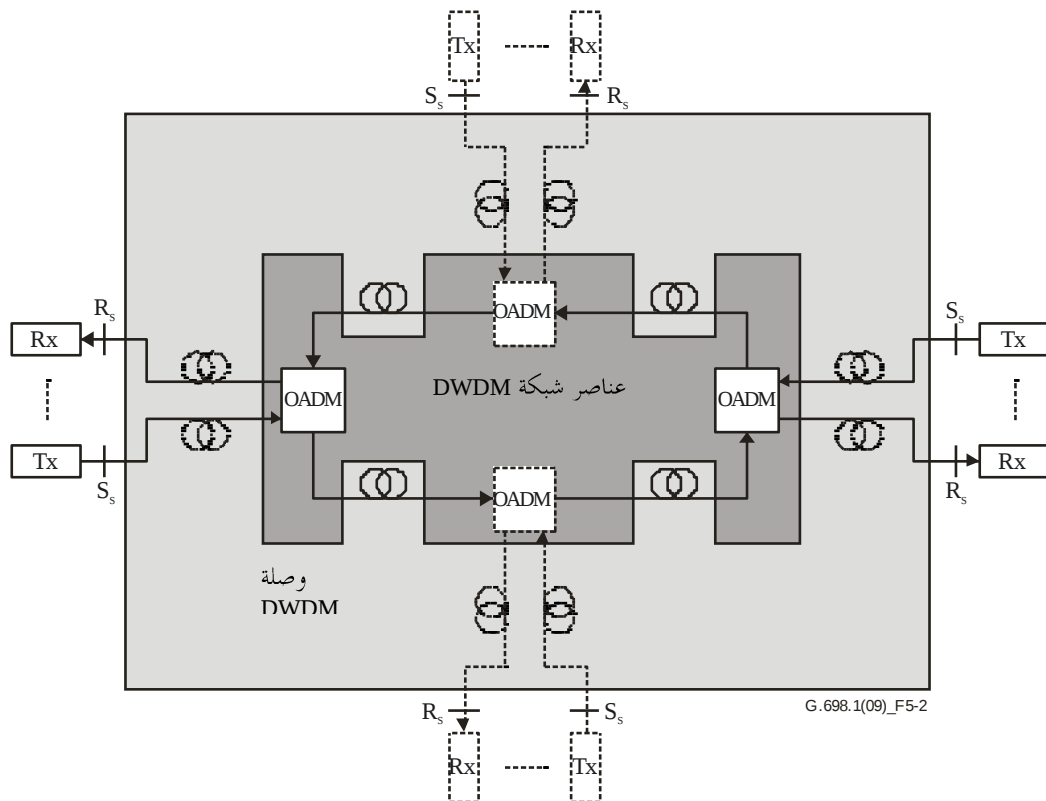
يوضح الشكل 1-5 مجموعة نقاط مرجعية محددة في إطار نهج "الوصلة السوداء" الخطية لتوصيل أحادي القناة (النقطتان المرجعيتان R_S و S_S) بين مرسلات (Tx) ومستقبلات (Rx). ويتضمن عنصر شبكة DWDM في هذا الشكل معدّد إرسال بصري (OM) ومزيل تعدّد إرسال بصري (OD)، يستعملان كزوج مع العنصر المقابل، وقد يتضمن أيضاً معدّد إرسال بصري واحد أو أكثر للإدراج - الإخراج (OADM).



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 (R_s و S_s) بين المرسلات (Tx) والمستقبلات (Rx). وتضم عناصر الشبكة هنا معددي إرسال OADM اثنين أو أكثر موصولة بين بعضها البعض حلقياً.



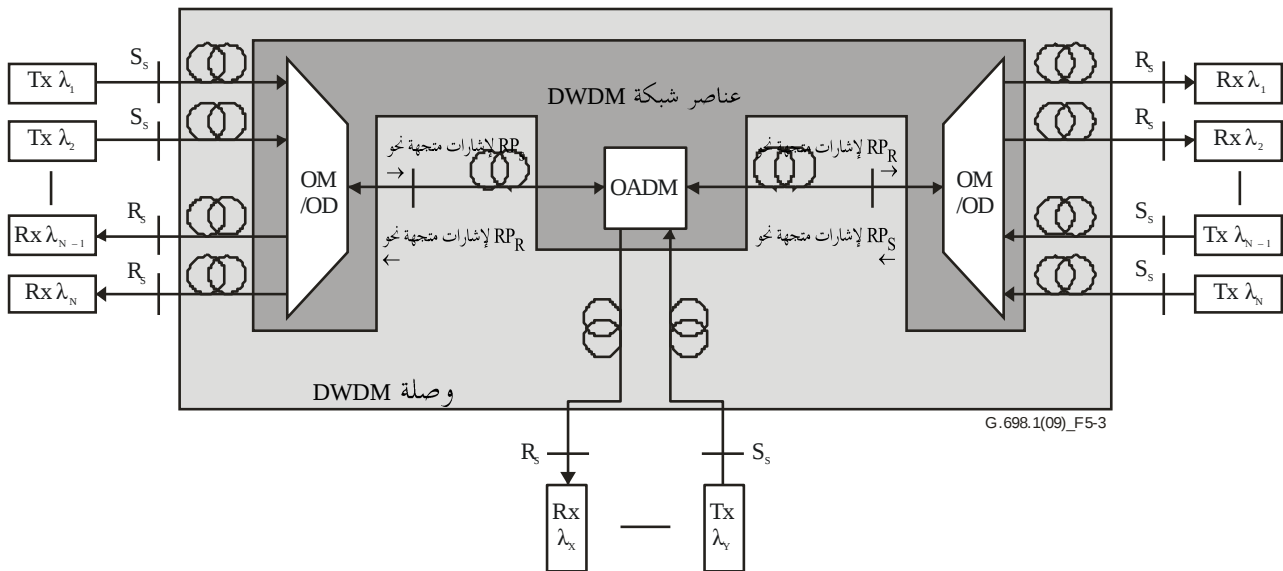
الشكل 2-5 - نهج "الوصلة السوداء" الحلقية

ولا تحوي هذه النماذج المرجعية أية مكبرات بصرية داخل نظام تعدد الإرسال DWDM. 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 الخرج الراجع لعنصر شبكة تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة DWDM؛
 - RP_S هي نقطة مرجعية للوصلة عند الخرج المجمع لعنصر شبكة تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة DWDM؛
 - RP_R هي نقطة مرجعية للوصلة عند الإدخال المجمع 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.
- ومن الجدير بالذكر أن النقطتين RP_S و RP_R محددتان حصراً لتقديم معلومات عن الوصلات البصرية وليس عن خصائص الإشارات في هذه النقاط.

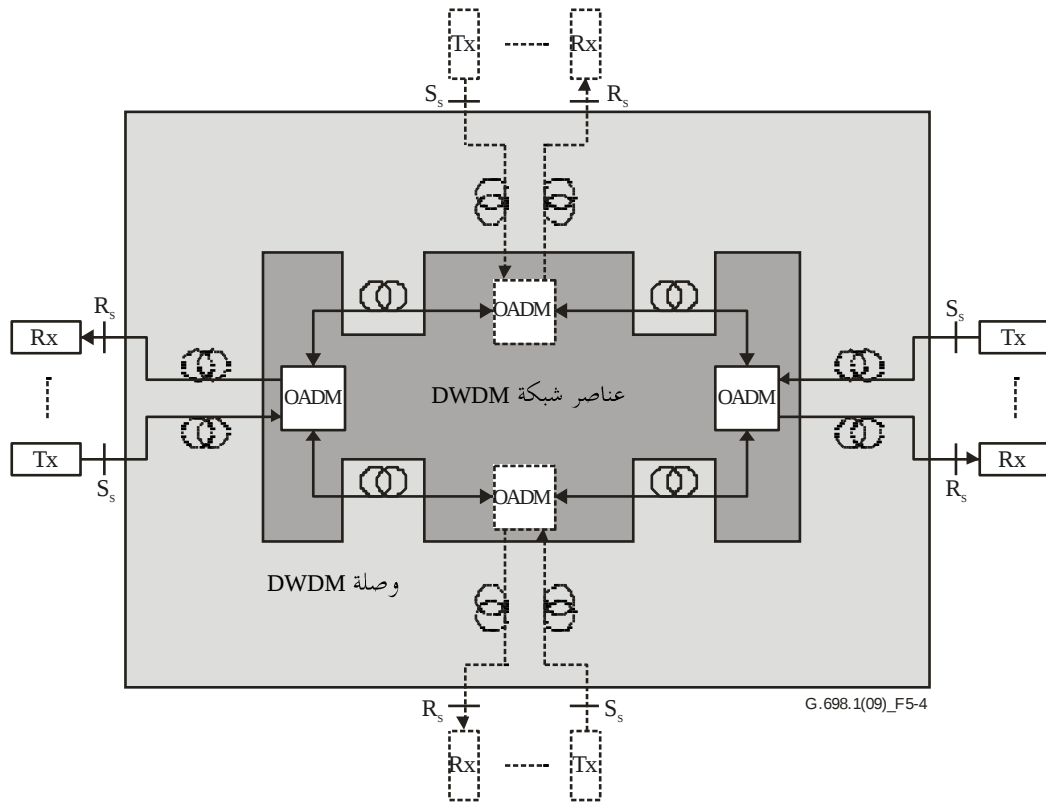
2.2.5 التطبيقات ثنائية الاتجاه

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 نهج "وصلة سوداء" خطية ثنائية الاتجاه أحادية الليفة لتوصيل أحادي القناة (النقطتان المرجعيتان S_S و R_S) بين المرسلات (Tx) والمستقبلات (Rx). ويحوي عنصر شبكة DWDM في هذا الشكل معدداً إرسال بصري (OM) /مزيل تعدد إرسال بصري (OD)، يستعملان كزوج مع العنصر المقابل، وقد يتضمن أيضاً معدداً 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 للتطبيقات أحادية الليف بالاتجاهين الخاصة بالتوصيل أحادي القناة (S_S و R_S) بين المرسلات (Tx) والمستقبلات (Rx). وتضم عناصر الشبكة DWDM 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

تحدد شفرة التطبيق الشبكة، والتنفيذ، والخصائص المعمارية لتطبيق معين.

ويتكون ترميز شفرة التطبيق من المعادلة التالية:

$$DScW-ytz(v)$$

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** المباعدة بين القنوات محسوبة بالوحدة GHz.
- W** حرف يدل على مسافة المدى مثل ما يلي:
 - S** - يشير إلى مسافة قصيرة؛
 - L** - يشير إلى مسافة بعيدة.
- y** يشير إلى أعلى صنف للإشارة البصرية الرافدة المدعومة:
 - 1 - يدل على الصنف NRZ 2.5G؛
 - 2 - يشير إلى الصنف NRZ 10G.
- t** حرف رمزي يشير إلى التشكيل المدعومة بشفرة التطبيق. ولا تستعمل في الصيغة الحالية من هذه التوصية سوى القيمة الآتية:
- D** - تدل على أن الوصلة السوداء لا تحوي أية 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 [ITU-T G-Sup.39]):

v	الواصف	المدى الاسمي لطول الموجة
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.

ملاحظة - 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] الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات.

4.5 السطوح البينية أحادية القناة عند النقطتين المرجعيتين S_s و R_s

يُقصد من السطوح البينية أحادية القناة التي يرد وصف لها في الجداول من 1-8 إلى 5-8 التمكن من تحقيق توافق مستعرض في السطوح البينية أحادية القناة عند نقاط الدخول/الخروج لوصلة تعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة DWDM (معدّد إرسال بصري (OM)، وليفة، ومزيج تعدد إرسال (OD)) مثلما يوضح ذلك في الأشكال من 1-5 إلى 4-5. ويمكن الاطلاع على المزيد من متطلبات التوافق المستعرض في الفقرة 6.

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

الجدول 1-5 - تصنيف التطبيقات

التطبيق	مسافة قصيرة (S)	مسافة بعيدة (L)
نوع الليفة	G.652, G.653, G.655	G.652, G.653, G.655
صنف NRZ 2,5G للإشارة البصرية الرافدة	DN100S-1D2(C), DW100S-1D2(C), DN100S-1D3(L), DW100S-1D3(L), DN100S-1D5(C), DW100S-1D5(C)	DN100L-1D2(C), DW100L-1D2(C), DN100L-1D3(L), DW100L-1D3(L), DN100L-1D5(C), DW100L-1D5(C)

الجدول 1-5 - تصنيف التطبيقات

التطبيق	مسافة قصيرة (S)	مسافة بعيدة (L)
الوحدة 1 كاملة التقييس لنقل القنوات البصرية (OTU1) منشطة ببايتات التصحيح FEC	DN100S-1D2(C)F, DW100S-1D2(C)F, DN100S-1D3(L)F, DW100S-1D3(L)F, DN100S-1D5(C)F, DW100S-1D5(C)F	DN100L-1D2(C)F, DW100L-1D2(C)F, DN100L-1D3(L)F, DW100L-1D3(L)F, DN100L-1D5(C)F, DW100L-1D5(C)F
صنف NRZ 10G للإشارة البصرية الرافدة	DN100S-2D2(C), DW100S-2D2(C), DN100S-2D3(L), DW100S-2D3(L), DN100S-2D5(C), DW100S-2D5(C) DN50S-2D2(C), DN50S-2D3(L), DN50S-2D5(C)	DN100L-2D2(C), DW100L-2D2(C), DN100L-2D3(L), DW100L-2D3(L), DN100L-2D5(C), DW100L-2D5(C) DN50L-2D2(C), DN50L-2D3(L), DN50L-2D5(C)
الوحدة 2 كاملة التقييس لنقل القنوات البصرية (OTU2) منشطة ببايتات التصحيح FEC	DN100S-2D2(C)F, DW100S-2D2(C)F, DN100S-2D3(L)F, DW100S-2D3(L)F, DN100S-2D5(C)F, DW100S-2D5(C)F DN50S-2D2(C)F, DN50S-2D3(L)F, DN50S-2D5(C)F	DN100L-2D2(C)F, DW100L-2D2(C)F, DN100L-2D3(L)F, DW100L-2D3(L)F, DN100L-2D5(C)F, DW100L-2D5(C)F DN50L-2D2(C)F, DN50L-2D3(L)F, DN50L-2D5(C)F

تحدد الجداول 1-8 إلى 5-8 هذه الأنظمة الواردة في هذه التوصية.

6 التوافق المستعرض

تحدد هذه التوصية معلومات من أجل تحقيق توافق مستعرض (بين الأجهزة الموردة من عدة جهات بائعة) عند النقطتين المرجعيتين أحاديي 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 (S_s و R_s) هو تحقيق توافق مستعرض بين العديد من السطوح البينية الرافدة لعناصر شبكة تعدد الإرسال DWDM. وفي هذه الحالة، يمكن أن يكون مصدر العديد من مرسلات (λ_i Tx) ومستقبلات (λ_i Rx) الإشارات الرافدة هو جهات بائعة مختلفة. وتجدر الإشارة إلى أن عناصر الشبكة DWDM (معدن الإرسال البصري (OM) ومزبل تعدد الإرسال البصري (OD)) المحددة في إطار نهج "الوصلة السوداء" هي عناصر توردها جهة بائعة واحدة، وتعتبر مجموعة واحدة من الأجهزة البصرية.

وبالإمكان تحقيق توافق مستعرض (لعدة جهات بائعة) بالنسبة لجميع 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 توحي الحيلة والحذر، وخاصة فيما يتصل بالمعلومات الأساسية التي يجب أن تكون متسقة، مثل قدرة الخرج في النقطة S_s وقدرة الدخل عند النقطة R_s ، معدل البتات S_s /التشفير الخطي، ومعدل الثبات 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 المواءمة بين مابين المرسل ومبين الوصلة يؤدي إلى عدم التوافق 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 المعلامات

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

الجدول 1-7 - معلامات الطبقة المادية لتطبيقات تعدد الإرسال DWDM

التي تستعمل نهج "الوصلة السوداء"

المعلمة	الوحدات	محددة في الفقرة الفرعية
معلومات عامة		
أدنى مباعدة 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 الليقة	—	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 الجانبي	dB	4.2.7
الحد الأدنى لنسبة خمود القناة	dB	5.2.7
قناع العين	—	6.2.7
المسير البصري من النقطة S_s إلى النقطة R_s		
أقصى خسارة لإدراج القناة	dB	1.3.7
أدنى خسارة لإدراج القناة	dB	1.3.7
أقصى تموج	dB	2.3.7
أقصى تشتت لوني	ps/nm	3.3.7
أدنى خسارة للعودة البصرية عند النقطة S_s	dB	4.3.7
أقصى انعكاسية منفصلة بين النقطتين S_s و R_s	dB	5.3.7
الحد الأقصى لتأخر انتشار المجموعة التفاضلي	ps	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
السطح البيني عند النقطة R_s		
الحد الأقصى لمتوسط قدرة الدخول	dBm	1.4.7
حساسية المستقبل	dBm	2.4.7
أقصى ترددي للمسير البصري	dB	3.4.7
انعكاسية المستقبل القصوى	dB	4.4.7

1.7 معلومات عامة

1.1.7 أدنى مباعدة بين القنوات

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.

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، فإن 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 [ITU-T G.652] و[ITU-T G.653] و[ITU-T G.655] الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات (ITU-T).

2.7 السطح البيني عند النقطة SS

1.2.7 الحدان الأقصى والأدنى لمتوسط قدرة خرج القناة

متوسط قدرة كل قناة بصرية على الإطلاق عند النقطة المرجعية Ss هو متوسط قدرة تتابع معطيات شبه عشوائي مُطلق 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.

2.2.7 الحدان الأدنى والأقصى للتردد المركزي

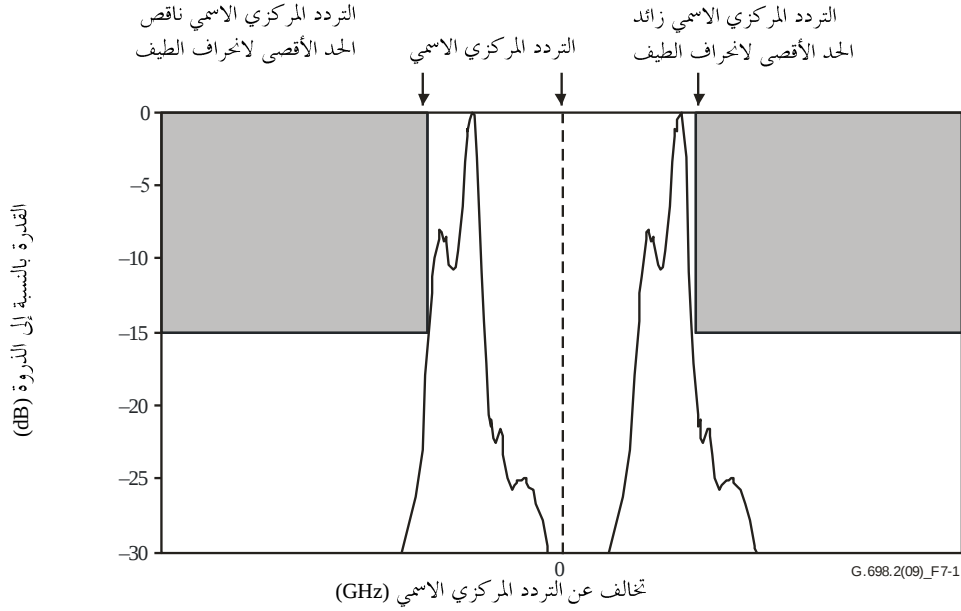
التردد المركزي هو تردد اسمي أحادي القناة تُشكّل عليه المعلومات المشفرة الرقمية لقناة بصرية معينة باستعمال الشفرة الخطية NRZ. وتتوقف الترددات المركزية لجميع القنوات في تطبيق معين على شبكة ترددات الحد الأدنى للمباعدة بين قنوات التطبيق المبينة في التوصية [ITU-T G.694.1] الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات. 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 الفراغ) التي ينبغي أن تُستعمل لتحويل 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 Ss. 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 خسارة إدراج القناة والتموج.

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 [ITU-T 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.

3.7 معلومات المسير البصري (المسافة الواحدة) من النقطة SS إلى النقطة RS

1.3.7 الحدان الأدنى والأقصى لخسارة إدراج القناة

خسارة إدراج القناة محددة في التوصية [ITU-T G.671] الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات. وهذه الخسارة بالنسبة لأي قناة بصرية هي الحد الأدنى أو الأقصى لخفض القدرة البصرية بين منفذي الدخل والخرج في الوصلة السوداء لهذه القناة في مدى تردد الترددات المركزية للقناة $\pm$ الحد الأقصى للانحراف الطيفي.

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

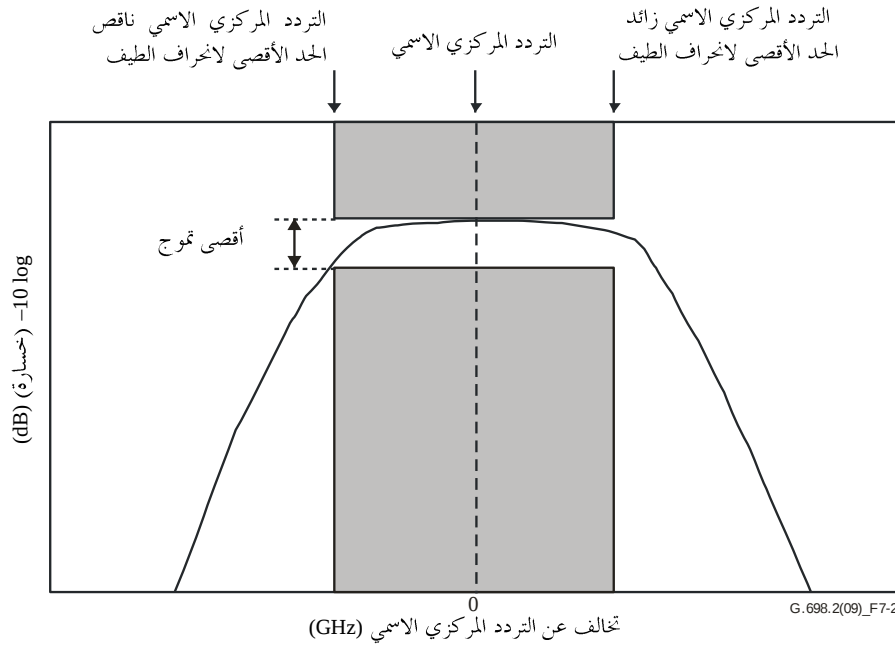
(1) التعديلات المقبلة على تشكيلة الكبل (الجداول الإضافية، الزيادات في أطوال الكبل، وما إلى ذلك)؛

(2) وحالات تفاوت أداء كبلات الألياف الناجمة عن عوامل بيئية؛

(3) وتردي الموصلات أو الموهنات البصرية أو غيرها من الأجهزة البصرية المنفصلة، في حال استعمالها، بين النقطتين S_s و R_s .

2.3.7 الحد الأقصى للتموج

تحدد التوصية [ITU-T 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 دخل وخرج الوصلة السوداء لهذه القناة في مدى تردد الترددات المركزية للقناة $\pm$ الحد الأقصى للانحراف الطيفي. ويوضح ذلك الشكل 2-7.



الشكل 2-7 - مثال توضيحي للحد الأقصى للتموج

3.3.7 الحد الأقصى للتشتت اللوني

تحدد هذه المعلمة الحد الأقصى لقيمة التشتت اللوني عبر المسير البصري التي يستطيع النظام أن يتسامح معها. وتعتبر هذه قيمة التشتت في أسوأ الحالات. والغرض من نهج أسوأ الحالات المطبق بشأن هذه المعلمة هو منح هوامش معينة لمعلمة حساسة، فضلاً عن توفير إمكانية لتطويل مسافات إرسال وصلات الألياف البصرية القليلة الخسارة.

وقيم الحد الأقصى للتشتت اللوني، الواردة في الجداول 1-8 إلى 4-8، هي قيم مستنبطة من تقدير الحد الأقصى لطول الوصلة المدعومة بكل شفرة تطبيق، وهذا التقدير محسوب من الحد الأقصى لخسارة إدراج القناة (مطروح منه حد التسامح المسموح به لخسارة زوج معدد الإرسال (OM)/مزيل تعدد الإرسال (OD) البصريين) ومقسوم على المقدار 0,21 dB/km. وفي الحالات التي تُعتبر فيها قيم التشتت التي يُحصل عليها بهذه الطريقة أعلى من تلك التي يمكن بلوغها من الناحية العملية بواسطة ما هو متوفر حالياً من مرسلات بصرية فعالة من حيث التكلفة، تُخفض قيم التشتت وفقاً للقدرات التكنولوجية المتوفرة حالياً، ويمكن بالتالي أن تكون هذه التطبيقات محدودة التشتت بينما تكون الأخرى محدودة الخسارة.

ويراعي الترددي المسموح به عبر المسير البصري جميع الآثار الحتمية الناجمة عن التشتت اللوني إلى جانب الترددي الذي يسببه الحد الأقصى لتأخر انتشار المجموعة التفاضلي.

4.3.7 الحد الأدنى لخسارة العودة البصرية عند النقطة SS

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

- الحد الأدنى لخسارة العودة البصرية للكابل 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 تمثل خسارة العودة البصرية في نسبة القدرة البصرية الساقطة إلى إجمالي القدرة البصرية العائدة من الليفة بأكملها، بما في ذلك الانعكاسات المنفصلة والانتشار 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 الموصل المستعمل.

5.3.7 الحد الأقصى للانعكاسية المنفصلة بين النقطتين SS و RS

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 أطر التوزيع، أو معدّات إرسال بصرية للإدراج - الإخراج (OADM) أو مكونات أخرى لتعدد الإرسال بتقاسم 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 الموصلات ذات أداء الانعكاس الأفضل. وكبدل عن ذلك، يجب تقليل عدد الموصلات. وقد تقتضي الضرورة أيضاً تحديد عدد الموصلات أو استعمال موصلات بأداء انعكاسية محسّن من أجل تلافي حالات الترددي غير المقبولة الناجمة عن تعدد الانعكاسات.

والقصد من القيم الواردة في جداول الفقرة 8 والمعبّرة عن أقصى انعكاسية منفصلة بين نقطتي الإرسال والاستقبال المرجعيتين هو تقليل آثار الانعكاسات المتعددة إلى أدنى حد (مثل ضوضاء قياس التداخل). 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. غير أن قيم الحد الأقصى للانعكاسية المنفصلة بين النقطتين S_S و R_S الواردة في الجداول من 1-8 إلى 5-8 قد لا تكفي لضمان الالتزام بخسارة العودة البصرية الدنيا في النقطة S_S في حال وجود أكثر من بضعة معدّات إرسال بصرية للإدراج - الإخراج في وصلة.

وتسبب الأنظمة التي تستعمل موصلات ذات أداء أقل أو أكثر انعكاسات متعددة أقل وتكون بالتالي قادرة على التسامح مع المستقبلات التي تبدي انعكاسية أكبر.

6.3.7 الحد الأقصى لتأخر انتشار المجموعة التفاضلي

تأخر انتشار المجموعة التفاضلي (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 التأخر DGD في ليفة بصرية نمذجة إحصائية بوصفها إحدى توزيعات ماكسويل.

وتعرّف هذه التوصية التأخر القصوى لانتشار المجموعة التفاضلي على أنها قيمة التأخر DGD التي يجب أن يتسامح معها النظام بالتزامن مع تعيين حد أقصى لتردي الحساسية قدره 1 dB.

وبالنظر إلى الطابع الإحصائي للتشتت بأسلوب الاستقطاب (PMD)، فإن تحديد العلاقة القائمة بين التأخر 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 التأخر. وعليه، إذا علمنا التأخر القصوى DGD التي يمكن أن يتسامح معها النظام، فبمقدورنا أن نستنبط المتوسط المكافئ لها (DGD)، وذلك بقسمة نسبة التأخر القصوى على متوسطها المقابل لاحتمال مقبول. ويرد في الجدول 2-7 بعض الأمثلة على هذه النسب.

الجدول 2-7 - متوسطات التأخر 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	$10^{-9} \times 7,4$

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 الخرج 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 الخرج 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 للغط للقياس بالتداخل.

4.7 السطح البيني عند النقطة R_s

1.4.7 الحد الأقصى لمتوسط قدرة الدخل

القيمة القصوى المقبولة لمتوسط القدرة المستقبلية عند النقطة R_s لبلوغ الحد الأقصى المعين لنسبة الخطأ في البتات (BER) في شفرة التطبيق.

2.4.7 حساسية المستقبل

تُعرف حساسية المستقبل بوصفها الحد الأدنى لقيمة متوسط القدرة المستقبلية عند النقطة R_s لبلوغ نسبة خطأ في البتات (BER) قدرها 10⁻¹². ولا بد من بلوغ هذه القيمة بواسطة مرسل يقيم أسوأ حالات قناع عين المرسل ونسبة خمود وخسارة عودة بصرية عند النقطة S_s وحالات ترددي على مستوى موصل المستقبل وحالات تسامح فيما يتعلق بالقياس. وليس من الضروري استيفاء حساسية المستقبل بوجود التشتت أو الانعكاسات الساقطة من المسير البصري أو اللغظ البصري؛ وهذه الآثار محددة على حدة في تخصيص الحد الأقصى لتردي المسير البصري.

ملاحظة - ليس من الضروري استيفاء حساسية المستقبل عندما يفوق ارتعاش المرسل الحد الملائم لتوليد الارتعاش (على غرار ما هو مبين مثلاً في التوصية [ITU-T G.8251] المتعلقة بالإشارات البصرية الرافدة OTN).

ولا تُعين آثار التقادم على حدة لأنها في العادة مسألة يتم تحديدها بين مشغّل الشبكة والجهة المصنّعة للأجهزة.

3.4.7 الحد الأقصى لتردي المسير البصري

تردي المسير هو الانخفاض الواضح في حساسية المستقبل بسبب تشوه شكل موجة الإشارة أثناء إرسالها عبر المسير. ويتجلى هذا في صورة تحول لمنحنيات نسبة BER في النظام إلى مستويات أعلى لقدرة الإدخال. ويمثل هذا تردياً لمسير إيجابي. وقد تكون هناك حالات ترددي سلبية للمسير في ظل ظروف معينة، ولكنها ينبغي أن تكون محدودة. (يدل أي ترددي سلبي للمسير على تحسين عين المرسل التي هي دون المستوى الأمثل تحسباً جزئياً بواسطة التشوهات المعتمدة على المسير) ومن الناحية المثالية، ينبغي حصراً التعبير عن منحنيات نسبة الخطأ في البتات (BER)، غير أن حالات اختلاف الشكل ليست نادرة، وقد تدل على نشوء أرضيات النسبة BER. ونظراً لأن ترددي المسير هو تغير في حساسية المستقبل، فإنه يُقاس بمستوى نسبة BER قدرها 10⁻¹².

وفيما يتعلق بالتطبيقات المحددة في هذه التوصية، فإن حالات ترددي المسير محددة بحد أقصى قدره 1,5 dB لأنظمة المسافات القصيرة NRZ 2.5G وبحد 2,5 dB لجميع الأنظمة الأخرى. وهذا الحدان أعلى من الحدود المبينة في توصيات أخرى بسبب الترددي الإضافي الناجم عن اللغظ البصري.

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.

ومتوسط قيمة حالات ترددي التشتت العشوائي الناجمة عن التشتت بأسلوب الاستقطاب (PMD) هو متوسط مدرج في الترددي المسموح به للمسير. وفي هذا الخصوص، تعد توليفة المرسل/المستقبل ضرورية للتسامح مع تأخر DGD فعلية بفترة بتات قدرها 0,3 بته مع حد أقصى لتردي الحساسية بمقدار 1 dB (بالتأخر مع ما نسبته 50% من القدرة البصرية في كل حالة استقطاب أساسية). ويقابل ذلك، في مستقبل جيد التصميم، تردياً مقداره 0,1-0,2 dB لتأخر DGD بفترة بتات قدرها 0,1 بته. والتأخر الفعلية لانتشار المجموعة التفاضلي (DGD) التي يمكن ملاحظتها أثناء التشغيل هي خاصية الليفة/الكبل المتباينة تبايناً عشوائياً، ومن المتعذر تحديدها في هذه التوصية. ويناقش التذييل الأول/التوصية [ITU-T G.691] هذا الموضوع مناقشة إضافية.

ويُلاحظ أن تخفيض نسبة الإشارة إلى الضوضاء الناجم عن التضخيم البصري (في حال طرح هذه التقنية في مراجعة مقبلة لهذه التوصية) لا يُعتبر تردياً للمسير.

وبالنسبة للتطبيقات التي تتبع نهج "الوصلة السوداء"، يشمل ترددي المسير ترددي اللغظ.

4.4.7 انعكاسية المستقبل القصوى

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

8 قيم المعلومات

يرد في الجداول 1-8 إلى 5-8 معلومات وقيم الطبقة المادية.

الجدول 1-8 - معلمات وقيم الطبقة المادية للتطبيقات القصيرة المسافة من الصنف NRZ 2,5G
بمباعدة ترددية بين القنوات قدرها 100-GHz

المعلمة	الوحدات	DN100S-1D2(C) DN100S-1D3(L) DN100S-1D5(C)	DW100S-1D2(C) DW100S-1D3(L) DW100S-1D5(C)	DN100S-1D2(C) DN100S-1D3(L) DN100S-1D5(C)	DW100S-1D2(C) DW100S-1D3(L) DW100S-1D5(C)
معلومات عامة أدنى مباعدة بين القنوات معدل البتات/التشفير الخطي للإشارات البصرية الراجعة الحد الأقصى لنسبة الخطأ في البتات نوع الليقة	GHz — — —	100 NRZ 2,5G 10 ⁻¹² G.655، G.653، G.652	100 NRZ 2,5G 10 ⁻¹² G.655، G.653، G.652	100 NRZ 2,5G 10 ⁻¹² G.655، G.653، G.652	100 NRZ 2,5G 10 ⁻¹² 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	dBm dBm THz THz GHz dB dB —	4+ 0 191,5 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 ITU-T G.959.1	4+ 0 191,5 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 ITU-T G.959.1	4+ 0 191,5 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 ITU-T G.959.1	4+ 0 191,5 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 ITU-T G.959.1
المسير البصري من النقطة S_s إلى النقطة R_s أقصى خسارة لإدراج القناة أدنى خسارة لإدراج القناة أقصى تموج أقصى تشتت لوني أدنى خسارة للعودة البصرية عند النقطة S _s أقصى انعكاسية منفصلة بين النقطتين S _s و R _s الحد الأقصى لتأخر انتشار المجموعة التفاضلي أقصى لغط بين القنوات أقصى لغط للقياس بالتداخل	dB dB dB ps/nm dB dB ps dB dB	19,5 4 2 1200 24 27— 120 15— 45—	16,5 4 2 950 24 27— 120 15— 45—	16,5 4 2 950 24 27— 120 15— 45—	16,5 4 2 950 24 27— 120 15— 45—
السطح البيني عند النقطة R_s الحد الأقصى لمتوسط قدرة دخل القناة الحد الأدنى لحساسية المستقبل أقصى ترددي للمسير البصري انعكاسية المستقبل القصوى	dBm dBm dB dB	0 21— 1,5 27—	0 18— 1,5 27—	0 18— 1,5 27—	0 18— 1,5 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 2-8 – معلمات وقيم الطبقة المادية للتطبيقات الطويلة المسافة من الصنف NRZ 2,5G
بمباعدة ترددية بين القنوات قدرها 100-GHz

المعلمة	الوحدات	DN100L-1D2(C) DN100L-1D3(L) DN100L-1D5(C)	DW100L-1D2(C) DWN100L-1D3(L) DWN100L-1D5(C)	DN100L-1D2(C) DN100L-1D3(L) DN100L-1D5(C)	DW100L-1D2(C) DWN100L-1D3(L) DWN100L-1D5(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 2,5G ¹²⁻¹⁰ G.655 ، G.653 ، G.652	100 NRZ OTU1 مع تفعيل التصحيح الأمامي للأخطاء ¹²⁻¹⁰ (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	dBm dBm THz THz GHz dB dB —	4+ 0 191,5 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 ITU-T G.959.1	4+ 0 191,5 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 ITU-T G.959.1		
المسير البصري من النقطة S_s إلى النقطة R_s أقصى خسارة لإدراج القناة أدنى خسارة لإدراج القناة أقصى تموج أقصى تشتت لوني أدنى خسارة للعودة البصرية عند النقطة S _s أقصى انعكاسية منفصلة بين النقطتين S _s و R _s الحد الأقصى لتأخر انتشار المجموعة التفاضلي أقصى لغط بين القنوات أقصى لغط للقياس بالتداخل	dB dB dB ps/nm dB dB ps dB dB	28,5 13 2 1600 24 27- 120 16- 45-	25,5 13 2 1400 (الملاحظة 2) 24 27- 120 16- 45-		

الجدول 2-8 - معلمات وقيم الطبقة المادية للتطبيقات الطويلة المسافة من الصنف NRZ 2,5G بمباعدة ترددية بين القنوات قدرها 100-GHz

المعلمة	الوحدات	DN100L-1D2(C) DN100L-1D3(L) DN100L-1D5(C)	DW100L-1D2(C) DW100L-1D3(L) DW100L-1D5(C)	DN100L-1D2(C) DN100L-1D3(L) DN100L-1D5(C)	DW100L-1D2(C) DW100L-1D3(L) DW100L-1D5(C)
السطح البيني عند النقطة R_s الحد الأقصى لمتوسط قدرة دخل القناة الحد الأدنى لحساسية المستقبل أقصى ترددي للمسير البصري انعكاسية المستقبل القصوى	dBm dBm dB dB	9- 28- 2,5 27-	9- 28- 2,5 27-	9- 28- 2,5 27-	9- 28- 2,5 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 - ينطبق حد أقصى للتشتت اللوني بمقدار 1600 ps/nm في الحالات التي يكون فيها الحد الأقصى لمعدل البتات مقيداً بقيمة 2,488 Gbit/s (STM-16).					

الجدول 3-8 - معلمات وقيم الطبقة المادية للتطبيقات القصيرة المسافة من الصنف NRZ 10G بمباعدة ترددية بين القنوات قدرها 100-GHz

المعلمة	الوحدات	DN100S-2D2(C) DN100S-2D3(L) DN100S-2D5(C)	DW100S-2D2(C) DW100S-2D3(L) DW100S-2D5(C)	DN100S-2D2(C) DN100S-2D3(L) DN100S-2D5(C)	DW100S-2D2(C) DW100S-2D3(L) DW100S-2D5(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 OTU2 مع تفعيل التصحيح الأمامي للأخطاء 12-10 (ملاحظة) G.655، G.653، G.652	100 NRZ 10G 12-10 G.655، G.653، G.652	100 NRZ 10G 12-10 G.655، G.653، G.652	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	dBm dBm THz THz GHz	3+ 1- 191,5 من أجل (C) 186,0 من أجل (L) 196,2 من أجل (C) 191,5 من أجل (L) 20±	3+ 1- 191,5 من أجل (C) 186,0 من أجل (L) 196,2 من أجل (C) 191,5 من أجل (L) 20±	3+ 1- 191,5 من أجل (C) 186,0 من أجل (L) 196,2 من أجل (C) 191,5 من أجل (L) 20±	3+ 1- 191,5 من أجل (C) 186,0 من أجل (L) 196,2 من أجل (C) 191,5 من أجل (L) 20±

الجدول 3-8 – معلمات وقيم الطبقة المادية للتطبيقات القصيرة المسافة من الصنف NRZ 10G
بمباعدة ترددية بين القنوات قدرها 100-GHz

المعلمة	الوحدات	DN100S-2D2(C) DN100S-2D3(L) DN100S-2D5(C)	DW100S-2D2(C) DW100S-2D3(L) DW100S-2D5(C)	DN100S-2D2(C) DN100S-2D3(L) DN100S-2D5(C)	DW100S-2D2(C) DW100S-2D3(L) DW100S-2D5(C)
الحد الأدنى لنسبة كبت الأسلوب الجانبي	dB	30	30	30	30
الحد الأدنى لنسبة خمود القناة	dB	8,2	8,2	8,2	8,2
قناع العين	–	NRZ 10G منطقة 1550 nm حسب التوصية ITU-T G.959.1	NRZ 10G منطقة 1550 nm حسب التوصية ITU-T G.959.1	NRZ 10G منطقة 1550 nm حسب التوصية ITU-T G.959.1	NRZ 10G منطقة 1550 nm حسب التوصية ITU-T G.959.1
المسير البصري من النقطة S _s إلى النقطة R _s	dB	21,5	18,5	21,5	18,5
أقصى خسارة لإدراج القناة	dB	10	10	10	10
أدنى خسارة لإدراج القناة	dB	2	2	2	2
أقصى تموج	ps/nm	1400	1100	1400	1100
أقصى تشتت لوني	dB	24	24	24	24
أدنى خسارة للعودة البصرية عند النقطة S _s	dB	27–	27–	27–	27–
أقصى انعكاسية منفصلة بين النقطتين S _s و R _s	ps	30	30	30	30
الحد الأقصى لتأخر انتشار المجموعة التفاضلي	Db	16–	16–	16–	16–
أقصى لغط بين القنوات	dB	45–	45–	45–	45–
أقصى لغط للقياس بالتداخل					
السطح البيني عند النقطة R _s	dBm	7–	7–	7–	7–
الحد الأقصى لمتوسط قدرة دخل القناة	dBm	25–	22–	25–	22–
الحد الأدنى لحساسية المستقبل	dB	2,5	2,5	2,5	2,5
أقصى ترددي للمسير البصري	dB	27–	27–	27–	27–
انعكاسية المستقبل القصوى					
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 4-8 – معلمات وقيم الطبقة المادية للتطبيقات البعيدة المدى من الصنف NRZ 10G
بمباعدة ترددية بين القنوات قدرها 100-GHz

المعلمة	الوحدات	DN100L-2D2(C) DN100L-2D3(L) DN100L-2D5(C)	DW100L-2D2(C) DWN100L-2D3(L) DWN100L-2D5(C)	DN100L-2D2(C) DN100L-2D3(L) DN100L-2D5(C)	DW100L-2D2(C) DWN100L-2D3(L) DWN100L-2D5(C)
معلومات عامة أدنى مباعدة بين القنوات معدل البتات/التشفير الخطي للإشارات البصرية الراجعة الحد الأقصى لنسبة الخطأ في البتات نوع الليفة	GHz – – –	100 NRZ 10G 12-10 G.655 ،G.653 ،G.652	100 NRZ 10G 12-10 G.655 ،G.653 ،G.652	100 NRZ OTU2 مع تفعيل التصحيح الأمامي للأخطاء 12-10 (ملاحظة) G.655 ،G.653 ،G.652	100 NRZ OTU2 مع تفعيل التصحيح الأمامي للأخطاء 12-10 (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 همود القناة قناع العين	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) 20± 12,5± 30 9 NRZ 10G منطقة 1550 nm حسب التوصية ITU-T G.959.1	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 9 NRZ 10G منطقة 1550 nm حسب التوصية ITU-T G.959.1	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 9 NRZ 10G منطقة 1550 nm حسب التوصية ITU-T G.959.1	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 9 NRZ 10G منطقة 1550 nm حسب التوصية ITU-T G.959.1
المسير البصري من النقطة S _s إلى النقطة R _s أقصى خسارة لإدراج القناة أدنى خسارة لإدراج القناة أقصى تموج أقصى تشتت لوني أدنى خسارة للعودة البصرية عند النقطة S _s أقصى انعكاسية منفصلة بين النقطتين S _s و R _s الحد الأقصى لتأخر انتشار المجموعة التفاضلي أقصى لغط بين القنوات أقصى لغط للقياس بالتداخل	dB dB dB ps/nm dB dB ps dB dB	27,5 13 2 1700 24 27– 30 16– 45–	24,5 13 2 1600 24 27– 30 16– 45–	27,5 13 2 1700 24 27– 30 16– 45–	27,5 13 2 1700 24 27– 30 16– 45–

الجدول 4-8 – معلمات وقيم الطبقة المادية للتطبيقات البعيدة المدى من الصنف NRZ 10G
بمباعدة ترددية بين القنوات قدرها 100-GHz

المعلمة	الوحدات	DN100L-2D2(C) DN100L-2D3(L) DN100L-2D5(C)	DW100L-2D2(C) DW100L-2D3(L) DW100L-2D5(C)	DN100L-2D2(C) DN100L-2D3(L) DN100L-2D5(C)	DW100L-2D2(C) DW100L-2D3(L) DW100L-2D5(C)
السطح البيني عند النقطة Rs					
الحد الأقصى لمتوسط قدرة دخل القناة	dBm	7-	7-		
الحد الأدنى لحساسية المستقبل	dBm	24-	24-		
أقصى ترددي للمسير البصري	dB	2,5	2,5		
انعكاسية المستقبل القصوى	dB	27-	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
بمباعدة ترددية بين القنوات قدرها 50-GHz

المعلمة	الوحدات	DN50S-2D2(C) DN50S-2D3(L) DN50S-2D5(C)	DN50L-2D2(C) DN50L-2D3(L) DN50L-2D5(C)	DN50S-2D2(C) DN50S-2D3(L) DN50S-2D5(C)	DN50L-2D2(C) DN50L-2D3(L) DN50L-2D5(C)
معلومات عامة					
أدنى بمباعدة بين القنوات	GHz	50	50		
معدل البتات/التشفير الخطي للإشارات البصرية الرافدة	-	NRZ OTU2	NRZ 10G		
الحد الأقصى لنسبة الخطأ في البتات	-	مع تفعيل التصحيح الأمامي للأخطاء 10 ⁻¹² (ملاحظة)	10 ⁻¹²		
نوع الليقة	-	G.652, G.653, G.655	G.652, G.653, G.655		
السطح البيني عند النقطة Ss					
الحد الأقصى لمتوسط قدرة خرج القناة	dBm	3+	3+		
الحد الأدنى لمتوسط قدرة خرج القناة	dBm	1-	1-		
أدنى تردد مركزي	THz	191,5 من أجل (C) 186,0 من أجل (L)	191,5 من أجل (C) 186,0 من أجل (L)		
أقصى تردد مركزي	THz	196,2 من أجل (C) 191,5 من أجل (L)	196,2 من أجل (C) 191,5 من أجل (L)		
أقصى انحراف للطيف	GHz	±12,5 (±11 الملاحظة 2)	±12,5 (±11 الملاحظة 2)		
الحد الأدنى لنسبة كبت الأسلوب الجانبي	dB	30	30		
الحد الأدنى لنسبة حمود القناة	dB	8,2 9	8,2 9		
قناع العين	-	NRZ 10G منطقة 1550 nm حسب التوصية ITU-T G.959.1	NRZ 10G منطقة 1550 nm حسب التوصية ITU-T G.959.1		

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

المعلمة	الوحدات	DN50S-2D2(C) DN50S-2D3(L) DN50S-2D5(C)	DN50L-2D2(C) DN50L-2D3(L) DN50L-2D5(C)	DN50S-2D2(C) DN50S-2D3(L) DN50S-2D5(C)	DN50L-2D2(C) DN50L-2D3(L) DN50L-2D5(C)
المسار البصري من النقطة S _s إلى النقطة R _s أقصى خسارة لإدراج القناة أدنى خسارة لإدراج القناة أقصى تموج أقصى تشتت لوني أدنى خسارة للعودة البصرية عند النقطة S _s أقصى انعكاسية منفصلة بين النقطتين S _s و R _s الحد الأقصى لتأخر انتشار المجموعة التفاضلي أقصى لغط بين القنوات أقصى لغط للقياس بالتداخل	dB dB dB ps/nm dB dB ps Db dB	18,5 10 2 1100 24 27- 30 16- 45-	24,5 13 2 1600 24 27- 30 16- 45-	21,5 10 2 1400 24 27- 30 16- 45-	27,5 13 2 1700 24 27- 30 16- 45-
السطح البيني عند النقطة R _s الحد الأقصى لمتوسط قدرة دخل القناة الحد الأدنى لحساسية المستقبل الغرامة القصوى للمسار البصري انعكاسية المستقبل القصوى	dBm dBm dB dB	22- 2,5 27-	24- 2,5 27-	25- 2,5 27-	27- 2,5 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 - لكي يُستخدم مرسل شائع في هذا التطبيق وكذلك من أجل شفرات التطبيق البالغة 10 Gbit/s، بمباعدة بين القنوات قدرها 50 GHz في التوصية [ITU-T G.698.2]، قد تدعو الحاجة لخفض أقصى انحراف لطيف المرسل إلى ± 11 GHz. وفي هذه الحالة، يمكن تضيق عرض توصيف التمرج للوصلة السوداء إلى ± 11 GHz.					

9 اعتبارات السلامة البصرية

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

التذييل I

عدد معدات الإرسال البصرية للإدراج - الإخراج (OADM) المدعومة في وصلة

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

1.I مقدمة

يتقيد العدد الأقصى لمعدات الإرسال البصرية للإدراج - الإخراج (OADM) التي يمكن أن تُدعم في وصلة، والطول الأقصى للوصلة، بالمعلومات التي تميز المسير البصري بين النقطتين R_s و S_s (انظر الجداول 1-8 إلى 5-8).

وترد في هذا التذييل بعض المؤشرات بشأن طريقة تقييم العدد الأقصى لمعدات الإرسال البصرية للإدراج - الإخراج (OADM) التي يمكن أن تُدعم في وصلة، والطول الأقصى للوصلة نفسها.

2.I الخسارة القصوى لإدراج قناة

تتضمن قيمة "أقصى خسارة لإدراج القناة" المبينة في الجداول 1-8 إلى 5-8 توهين معدات OM/OD ومعدات الإرسال البصرية للإدراج - الإخراج (OADM) والألياف البصرية الممدودة.

ويمكن حساب العدد الأقصى لمعدات الإرسال البصرية للإدراج - الإخراج (OADM) كما يلي:

عدد معدات الإرسال OADM

$$\leq \frac{\text{خسارة OD} - \text{الخسارة الكلية لليفة البصرية} - \text{خسارة OM} - \text{الخسارة القصوى لإدراج قناة}}{\text{خسارة إدراج OADM}}$$

ملاحظة - يعتمد توهين معدد الإرسال البصري للإدراج - الإخراج بشدة على نمطه (ثابت، يمكن تغيير تشكيلته، وما إلى ذلك).

وإذا عُرف العدد المطلوب من معدات الإرسال البصرية للإدراج - الإخراج (OADM)، تمكن إعادة ترتيب هذا التقييد لتحديد الطول الأقصى للألياف البصرية:

$$\leq \frac{\text{خسارة OD} - \text{الخسارة الكلية لليفة البصرية} - \text{خسارة OM} - \text{الخسارة القصوى لإدراج قناة}}{\text{خسارة اليفة البصرية في وحدة الطول (بما في ذلك الجدلات وغيرها)}}$$

3.I التمدد الأقصى

يمكن أن يضع التمدد الأقصى بعض القيود على عدد معدات الإرسال البصرية للإدراج - الإخراج (OADM) الموصولة على التعاقب في نظام DWDM.

ويعتمد تأثير التمدد على ماهية القنوات المدرجة أو المخرجة في المواقع الموصولة على التعاقب. فإذا كانت القناة نفسها في كل موقع (وهي حالة عملية ممكنة)، يميل تموج الجهاز للتأثير على القناة المجاورة نفسها في كل من مواقع معدات الإرسال البصرية للإدراج - الإخراج. وفي حال الرغبة بالحفاظ على مرونة كاملة في إدراج وإخراج أي قناة أو مجموعة من القنوات في كل معدد إرسال بصري للإدراج - الإخراج (بمعدات إرسال يمكن تغيير تشكيلتها مثلاً)، يتقيد عدد معدات الإرسال البصرية للإدراج - الإخراج (OADM) بحيث:

$$\leq \frac{\text{تموج OD} - \text{تموج OM} - \text{التمدد الأقصى}}{\text{تموج OADM}}$$

وقيمة تموج معدد إرسال بصري للإدراج - الإخراج هي التموج الذي تراه أي قناة فيما يمر مباشرة عبر معدد الإرسال. ولكن تتوفر بعض السبل للتخفيف من عبء هذا القيد. فإذا صُمم نظام DWDM بهيكل مرتب النطاقات (بحيث يتكون مثلاً من أربع قنوات مستخدمة وفجوتين وأربع قنوات مستخدمة وفجوتين، وهكذا دواليك)، أمكن إخراج مجموعة من أربع قنوات دفعة واحدة. عندئذ، تمتلك المراشيع قناتين غير مستخدمتين بحيث يتضاءل كثيراً تدرج القطع والتموج في أقرب قناة مستخدمة إلى المجموعة المخرجة، مما يزيد من عدد معددات الإرسال البصرية للإدراج - الإخراج (OADM) التي يمكن وصلها على التعاقب قبل أن تُقيد بالتموج.

4.I التشتت اللوني الأقصى

كما جاء في الفقرة 3.3.7، فإن قيم الحد الأقصى للتشتت اللوني لكل تطبيق حُسبت من الحد الأقصى لخسارة إدراج القناة (مطروح منه حد التسامح المسموح به لخسارة زوج معدد الإرسال (OM)/مزيل تعدد الإرسال (OD) البصريين) ومقسوم على المقدار $0,21 \text{ dB/km}$. وفي الحالات التي تُعتبر فيها قيم التشتت التي يُحصل عليها بهذه الطريقة أعلى من تلك التي يمكن بلوغها من الناحية العملية بواسطة ما هو متوفر حالياً من مرسلات بصرية فعّالة من حيث التكلفة، تُخفض قيم التشتت وفقاً للقدرة التكنولوجية المتوفرة حالياً. ومن ثم، إذا كانت نسبة التشتت اللوني إلى خسارة الإدراج لأي معدد إرسال بصري للإدراج - الإخراج (OADM) يُدرج في الوصلة تقل عن أو تساوي تلك النسبة لليف البصري الذي تحل محله (حوالي 68 ps/nm/dB في أسوأ حالة)، فإن هذه المعلمة لا تقيد عدد معددات الإرسال البصرية للإدراج - الإخراج (OADM) في أي وصلة واحدة. أما إذا زادت النسبة أعلاه عن تلك النسبة لليف البصري الذي تحل محله، فإن عدد معددات الإرسال البصرية للإدراج - الإخراج قد يقيد الطول الأقصى للوصلة في بعض شفرات التطبيق (وخاصة في أزواج معدد الإرسال (OM)/مزيل تعدد الإرسال (OD) البصريين قليلة الخسارة).

وفي جميع الحالات (بما فيها حالة عدم وجود معددات الإرسال البصرية للإدراج - الإخراج)، يُقيد طول الوصلة بالمتراجحة التالية:

$$\text{مجموع التشتت في } OM \text{ و } ODAM \text{ و } OD - \text{التشتت اللوني الأقصى} \leq \frac{\text{الطول الأقصى لللفة البصرية}}{\text{تشتت اللفة البصرية في وحدة الطول}}$$

5.I الانعكاسات

كما جاء في الفقرة 5.3.7، يجب أن يكون الحد الأقصى لعدد الموصلات أو نقاط الانعكاس المنفصل الأخرى التي يمكن أن يضمها المسير البصري (وهي تتضمن أي معددات إرسال بصرية للإدراج - الإخراج (OADM) وما يرتبط بها من موصلات)، حداً يسمح ببلوغ كامل الخسارة المحددة للعودة البصرية. ولأن أي انعكاسات عن معددات إرسال بصرية للإدراج - الإخراج (OADM) وما يرتبط بها من موصلات ستفصل فيما بينها مسافة وخسارة مجهولة، لا تعطى مبادئ توجيهية هنا بشأن ماهية القيود التي تفرضها هذه الانعكاسات على عدد معددات الإرسال البصرية للإدراج - الإخراج (OADM) في وصلة.

وقد لا تكفي قيم الانعكاسية المنفصلة القصوى بين النقطتين S_s و R_s الواردة في الجداول 1-8 إلى 5-8 لضمان الالتزام بالخسارة الدنيا للعودة البصرية في النقطة S_s في حال وجود أكثر من بضعة معددات إرسال بصرية للإدراج - الإخراج في وصلة. وإن لم تتحقق القيم المحددة للخسارة الدنيا للعودة البصرية في النقطة S_s أو الانعكاسية المنفصلة القصوى بين النقطتين S_s و R_s ، يجب استخدام مكونات ذات أداء انعكاسي أفضل و/أو خفض عدد نقاط الانعكاسية المنفصلة. وترد في المرجع [b-IEC 61300-3-6] معلومات عن قياس الانعكاسات.

6.I الحد الأقصى لتأخر المجموعة التفاضلي

إن الحد الأقصى لتأخر المجموعة التفاضلي (DGD) المبين في الجداول 1-8 إلى 5-8 هو الحد الأقصى لتأخر المجموعة التفاضلي لكامل الوصلة بين النقطتين S_s و R_s .

ويمكن استعمال المعادلة الواردة أدناه لحساب الحد الأقصى للتأخر DGD لوصلة معينة (تضم العديد من معدلات إرسال بصرية للإدراج - الإخراج (OADM) وأقسام الليفة) مع تحديد احتمال تجاوز هذه التأخر.

$$DGDmax_{link} = \left[DGM \max_F^2 + S^2 \sum_i PMD_{Oi}^2 \right]^{1/2}$$

حيث:

$DGDmax_{link}$: الحد الأقصى لتأخر المجموعة التفاضلي (DGD) للوصلة (ps)

$DGDmax_F$: الحد الأقصى للتأخر DGD لكبل بألياف بصرية متسلسلة (ps)

S: عامل ضبط توزيع ماكسويل (انظر نسبة القيمة القصوى إلى المتوسطة في الجدول 2-7)

PMD_{Oi} : قيمة التشتت بأسلوب الاستقطاب (PMD) لمعدل الإرسال البصري للإدراج - الإخراج (OADM) ذي الترتيب i (ps)

وتفترض هذه المعادلة أن إحصاءات التأخر DGD الآنية تقريبية بواسطة توزيع ماكسويل، مع احتمال تجاوز هذا التأخر الآني الحد الأقصى لتأخر انتشار المجموعة التفاضلي (DGD) للوصلة ($DGDmax_{link}$) التي تتحكم في قيمة عامل ضبط توزيع ماكسويل المأخوذة من الجدول 2-7.

وبالإمكان الاطلاع على المزيد من التفاصيل في التوصيتين ITU-T G.650.2 و ITU-T G.691. ويمكن قياس قيمة $DGDmax_F$ (الحد الأقصى للتأخر DGD الناجم عن الجزء الليفي)، والحل الآخر هو إمكانية حساب حد أعلى لطول ليفة معينة باستعمال معامل المعلمة الإحصائية لتشتت الوصلة بأسلوب الاستقطاب (PMDQ) في التوصية المعنية بهذه الليفة.

7.I أقصى لغط للقياس بالتداخل

يمكن أن يحدث لغط القياس بالتداخل عندما تُستخدم قناة أكثر من مرة في وصلة معينة. وإذا لم يُحمد معدل إرسال بصري للإدراج - الإخراج (OADM) تماماً الإشارة من قناة مخرجة في مكان إخراجها، فقد تتداخل على إشارة القناة نفسها عندما تُدرج لاحقاً. ولكن إذا حدثت هذه العملية مرتين (أُخرجت القناة وأُدرجت، ثم أُخرجت وأُدرجت تارة أخرى)، سيُحمد كلا معددي الإرسال البصريين للإدراج - الإخراج الإشارة الواردة من المصدر الأول في مكان إخراج القناة، وسيطغى أداء معدل الإرسال الأخير الذي أُخرج القناة وأُدرجها على لغط القياس بالتداخل. ولذلك، لا تقيد هذه المعلمة عدد معدلات الإرسال البصرية للإدراج - الإخراج (OADM) في وصلة.

بييليوغرافيا

- [b-ITU-T G-Sup.39] سلسلة التوصيات ITU-T G – التتمة 39 (2006)، تصميم الأنظمة البصرية والاعتبارات الهندسية.
- [b-ITU-T G.650.2] التوصية ITU-T G.650.2 (2007)، تعاريف وطرائق اختبار النعوت الإحصائية وغير الخطية للألياف والكبلات أحادية الأسلوب.
- [b-ITU-T G.696.1] التوصية ITU-T G.696.1 (2005)، تطبيقات متوافقة طوياً لتعدد الإرسال بتقسيم مكثف لطول الموجة (DWDM) ضمن الميدان الواحد.
- [b-ITU-T G.8251] التوصية ITU-T G.8251 (2001)، التحكم في الارتعاش والجنوح في شبكة النقل البصرية (OTN).
- [b-IEC 61300-3-6] IEC 61300-3-6 (2008), *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-6: Examinations and measurements – Return loss.*

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