الاتحـــــــــاد الدولـــــــــي للاتصـــــــــالات

ITU-T

قطـــاع تقييس الاتصـــالات
في الاتحاد الدولي للاتصالات

G.697

(2012/02)

السلسلة G: أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية

خصائص وسائط الإرسال والأنظمة البصرية – خصائص الأنظمة البصرية

المراقبة البصرية لأنظمة تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي

التوصيـــة ITU-T G.697

توصيات السلسلة G الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية

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

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

التوصيـــة ITU-T G.697

المراقبة البصرية لأنظمة تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي

ملخص

تعرِّف التوصية ITU T G.697 المراقبة البصرية (OM) التي يمكن أن تساعد أنظمة تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM) في القيام بالأنشطة التالية:

- إدارة التشكيلة لتفعيل النظام والقناة، وإضافة قنوات جديدة، وما إلى ذلك؛
- إدارة الأعطال وكشفها وعزلها؛
- إدارة التردي من أجل الحفاظ على تشغيل النظام ولكشف حالات التردي قبل حدوث العطل.

وإذ تتحسن تكنولوجيا تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM) بوتيرة سريعة، فهي توسع باستمرار عديد القنوات وسرعاتها وحدود امتدادها. وتستطيع أنظمة الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي بعيدة المدى ومتعددة الامتدادات أن تأخذ الإشارات البصرية عبر آلاف الكيلومترات دون انتهائية كهربائية أو تجديد كهربائي.

واستمرار هذا الاتجاه هو ما يؤدي إلى تزايد أهمية المراقبة البصرية، التي هي موضوع هذه التوصية.

وتوفر هذه الطبعة من هذه التوصية معلومات عن تغيرات قدرة القناة البصرية التغيرات جراء تبدل الكسب، وعن قياسات نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR)، وتقدم تذييلات جديدة بشأن المواقع الممكنة لمعدات المراقبة وتشفير المعلمات.

التسلسل التاريخي

الصيغة	التوصية	تاريخ الموافقة	لجنة الدراسات
1.0	ITU-T G.697	2004-06-13	15
2.0	ITU-T G.697	2009-11-13	15
2.1	ITU-T G.697 (2009) Cor. 1	2011-02-25	15
3.0	ITU-T G.697	2012-02-13	15

تمهيـــد

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

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

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

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

ملاحظـــة

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

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

حقوق الملكية الفكرية

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

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

© ITU 2014

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

جدول المحتويات

الصفحة

1 مجال التطبيق 1

2 المراجع 1

1.2 المراجع المعيارية 1

3 المصطلحات والتعاريف 2

1.3 المصطلحات المعرَّفة في وثائق أخرى 2

2.3 المصطلحات المعرَّفة في هذه التوصية 2

4 المختصرات 3

5 نظرة عامة على المراقبة البصرية 4

6 تصنيف أساليب المراقبة 5

1.6 مراقبة الإشارة 5

2.6 مراقبة المعدات (أساليب غير مباشرة) 6

3.6 معدات المراقبة المضمنة 6

4.6 معدات المراقبة الخارجية 6

7 الترديات البصرية 7

8 معلمات المراقبة البصرية 8

9 التلازم بين آثار التردي وتدهور معلمات المراقبة البصرية 8

1.9 تنوع التوهين 8

2.9 انحراف التردد (أو الطول الموجي) عن القيمة الاسمية 8

3.9 التغيرات في قدرة القناة البصرية جراء تبدل الكسب 8

10 تطبيقات 9

11 اعتبارات السلامة البصرية 9

التذييل I – شدة الترديات البصرية 10

التذييل II – قيمة شدة العجز X 12

التذييل III – أداء المراقبة البصرية 13

1.III قياس نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) 15

2.III قياس عامل الجودة 19

التذييل IV – المواضع الممكنة لمعدات المراقبة المناسبة ووظائفها النسبية في عدد من عناصر الشبكة البصرية 22

1.IV مقدمة 22

2.IV نقاط المراقبة المضمنة 23

3.IV نقاط المراقبة الخارجية 25

الصفحة

التذييل V – تشفير المعلمة 27

1.V معرف الطول الموجي (32 بتة) 27

2.V مصدر معرف معلمة (8 بتات) 28

3.V معرف معلمة (8 بتات) 28

4.V قيمة المعلمات (32 بتة) 28

بيبليوغرافيا 29

مقدمة

إن شبكات الألياف البصرية التي تتجدد الإشارة فيها بالكامل كانت تحتوي تقليدياً على تحويلات للإشارة البصرية إلى إشارة كهربائية في جميع عناصر الشبكة. ويقاس أداء الإرسال في الطبقة الكهربائية بمعلمات أداء مثل الثواني التي تتخللها أخطاء (ES) والثواني التي تتخللها أخطاء جسيمة (SES). وبما أن المعلومات الخدمية مدمجة في هيكل إطار التراتب الرقمي المتزامن (SDH) لقياس الأداء من حيث الخطأ في طبقات المقطع والخط والمسير، يسهل نسبياً قياس أداء الشبكة في جميع عناصر الشبكة ضمن شبكة التراتب الرقمي المتزامن التي تتجدد الإشارة فيها بالكامل. وتشمل شبكات الألياف البصرية الحالية عادة العديد من عناصر الشبكة البصرية الشفافة بين نقاط التجديد الكهربائية. وهذا يتطلب مراقبة الأداء في الميدان البصري لتقييم صحة القناة البصرية (OCh).

وعلاوة على ذلك، تتحسن تكنولوجيا تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM) بوتيرة سريعة، فتوسع باستمرار عديد القنوات وسرعاتها وحدود امتدادها. وتستطيع أنظمة الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي بعيدة المدى ومتعددة الامتدادات أن تأخذ الإشارات البصرية عبر آلاف الكيلومترات دون انتهائية كهربائية أو تجديد كهربائي. وهذا يقلل من عدد من نقاط المراقبة الكهربائية.

وتشكل التوصية ITU T G.697 الخطوة الأولى نحو معالجة هذه الاحتياجات من خلال المراقبة البصرية.

التوصيـــة ITU-T G.697

المراقبة البصرية لأنظمة تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي

1 مجال التطبيق

الغرض من هذه التوصية هو بيان الحد الأدنى غير الشامل، من مجموعة المعلمات البصرية التي يمكن استخدامها لأداء وظائف المراقبة البصرية (OM)، في أنظمة تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM) وعناصر الشبكة البصرية (كمعددات إرسال الإضافة والحذف البصرية القابلة لإعادة التشكيل (ROADM))، ذات الصلة الخاصة بعناصر الشبكة تلك، دون التحويلات البصرية–الكهربائية–البصرية. ومن أجل تحقيق ذلك الهدف، تقوم هذه التوصية بما يلي:

1) تبين أساليب قياس تردي الإشارة البصرية؛

2) تصنف هذه الأساليب حسب نوعها؛

3) تحدد المعلمات البصرية المناسبة لكشف تردي الإشارة البصرية؛

4) تصف التطبيقات أو الظروف التي يمكن أن تكون فيها هذه المعلمات البصرية ذات صلة.

وتشير هذه التوصية إلى أنظمة تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي وعناصر الشبكة البصرية ذات القنوات البصرية التي تصل معدلات البتات فيها إلى حوالي 10 Gbit/s باستخدام تشفير خط عدم العودة إلى الصفر (NRZ) أو العودة إلى الصفر (RZ). أما معدلات البتات التي تعلو على 10 Gbit/s والأنظمة التي تستخدم أنساق التشكيل الأخرى فهي تحتاج لمزيد من الدراسة.

2 المراجع

1.2 المراجع المعيارية

تتضمن التوصيات التالية لقطاع تقييس الاتصالات وغيرها من المراجع أحكاماً تشكل من خلال الإشارة إليها في هذا النص جزءاً لا يتجزأ من هذه التوصية. وقد كانت جميع الطبعات المذكورة سارية الصلاحية في وقت النشر. ولما كانت جميع التوصيات والمراجع الأخرى تخضع إلى المراجعة، يرجى من جميع المستعملين لهذه التوصية السعي إلى تطبيق أحدث طبعة للتوصيات والمراجع الأخرى الواردة أدناه. وتُنشر بانتظام قائمة توصيات قطاع تقييس الاتصالات السارية الصلاحية. والإشارة إلى وثيقة ما في هذه التوصية لا يضفي على الوثيقة في حد ذاتها صفة التوصية.

[ITU-T G.650.2] التوصية ITU-T G.650.2 (2007)، *تعاريف وطرائق اختبار النعوت الإحصائية وغير الخطية للألياف والكبلات أحادية الأسلوب*.

[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 والمنزاحة بالتشتت*.

[ITU-T G.655] التوصية ITU-T G.655 (2006)، *خصائص الكبلات والألياف البصرية أحادية الأسلوب والمنزاحة بالتشتت غير الصفري*.

[ITU-T G.663] التوصية ITU-T G.663 (2000)، *جوانب تتعلق بتطبيقات أجهزة المكبرات البصرية وأنظمتها الفرعية*.

[ITU-T G.664] التوصية ITU-T G.664 (2006)، *إجراءات ومتطلبات السلامة البصرية لأنظمة النقل البصرية*.

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

[ITU-T O.201] التوصية ITU-T O.201 (2003)، *معدات اختبار عامل الجودة (Q) لتقدير أداء الإرسال في القنوات البصرية*.

3 المصطلحات والتعاريف

1.3 المصطلحات المعرَّفة في وثائق أخرى

تستخدم هذه التوصية المصطلح التالي المعرَّف في التوصية [ITU-T G.650.2]:

- انتثار بريلوين المستحث (SBS)

وتستخدم هذه التوصية المصطلحات التالية المعرَّفة في التوصية [ITU-T G.663]:

- التشتت بأسلوب الاستقطاب (PMD) (من المرتبة الأولى فأعلى)
- مزج الموجات الأربع (FWM)
- ضوضاء البث التلقائي المكبَّر (ASE) في التكبير البصري (OA)
- التشتت اللوني
- الانعكاسات (انظر الانعكاسية)
- تشكيل الطور التناقلي (XPM)
- تشكيل الطور الذاتي (SPM)
- انتثار رامان المستحث (SRS)

وتستخدم هذه التوصية المصطلح التالي المعرَّف في التوصية [ITU-T G.692]:

- انحراف التردد (أو الطول الموجي) عن القيمة الاسمية (انظر انحراف التردد المركزي)

وتستخدم هذه التوصية المصطلح التالي المعرَّف في التوصية [ITU-T O.201]:

- عامل الجودة (Q)

وتستخدم هذه التوصية المصطلحات التالية المعرَّفة في الإضافة [b-ITU-T G.Sup39]:

- نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR)
- اللغط بين القنوات
- اللغط لدى القياس بالتداخل

2.3 المصطلحات المعرَّفة في هذه التوصية

تعرِّف هذه التوصية المصطلحات التالية:

1.2.3 ميل التشتت اللوني: ميل منحنى معامل التشتت اللوني مقابل الطول الموجي.

2.2.3 شبكات الألياف البصرية التي تتجدد الإشارة فيها بالكامل: شبكات الألياف البصرية التي يجرى فيها التحويل البصري–الكهربائي–البصري في كل عنصر من عناصر الشبكة بتجديد إعادة التكبير وإعادة القولبة وإعادة التوقيت (3R).

3.2.3 عنصر الشبكة البصرية الشفاف: عنصر الشبكة البصرية الذي لا يجرى فيه التحويل البصري–الكهربائي–البصري للإشارة البصرية.

4 المختصرات

تستخدم هذه التوصية المختصرات التالية:

3R	إعادة التكبير وإعادة القولبة وإعادة التوقيت *(Re-amplification, Reshaping and Retiming)*
ASE	البث التلقائي المكبَّر *(Amplified Spontaneous Emission)*
BER	نسبة الخطأ في البتات *(Bit Error Ratio)*
DCM	وحدة تعويض التشتت *(Dispersion Compensation Module)*
Demux	مزيل تعدد الإرسال *(Demultiplexer)*
DWDM	تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي *(Dense Wavelength Division Multiplexing)*
EME	معدات المراقبة المضمنة *(Embedded Monitoring Equipment)*
EMP	نقطة مراقبة خارجية *(External Monitoring Point)*
ES	ثانية تتخللها أخطاء *(Errored Second)*
ESR	نسبة الثواني التي تتخللها أخطاء *(Errored Second Ratio)*
FWM	مزج الموجات الأربع *(Four-Wave Mixing)*
Mux	معدد إرسال *(Multiplexer)*
NOC	مركز عمليات الشبكة *(Network Operations Centre)*
NRZ	عدم العودة إلى الصفر *(Non-Return to Zero)*
OA	التكبير البصري *(Optical Amplification)*
OADM	معددات إرسال الإضافة والحذف البصرية *(Optical Add-Drop Multiplexer)*
OD	مزيل تعدد الإرسال البصري *(Optical Demultiplexing)*
OLA	مكبر الخط البصري *(Optical Line Amplifier)*
OM	المراقبة البصرية *(Optical Monitoring)*
OM	تعدد الإرسال البصري *(Optical Multiplexing)*
ONE	عنصر الشبكة البصري *(Optical Network Element)*
OSA	محلل الطيف البصري *(Optical Spectrum Analyser)*
OSNR	نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية *(Optical Signal-to-Noise Ratio)*
OTN	شبكة النقل البصرية *(Optical Transport Network)*
PDL	الخسارة حسب الاستقطاب *(Polarization-Dependent Loss)*
PMD	تشتت أسلوب الاستقطاب *(Polarization Mode Dispersion)*
ROADM	معددات إرسال الإضافة والحذف البصرية القابلة لإعادة التشكيل *(Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer)*
RZ	العودة إلى الصفر *(Return to Zero)*
SBS	انتثار بريلوين المستحث *(Stimulated Brillouin Scattering)*
SDH	التراتب الرقمي المتزامن *(Synchronous Digital Hierarchy)*
SES	الثواني التي تتخللها أخطاء جسيمة *(Severely Errored Second)*
SESR	نسبة الثواني التي تتخللها أخطاء جسيمة *(Severely Errored Second Ratio)*
SLA	اتفاق مستوى الخدمة *(Service Level Agreement)*
SPM	تشكيل الطور الذاتي *(Self Phase Modulation)*
SRS	انتثار رامان المستحث *(Stimulated Raman Scattering)*
XPM	تشكيل الطور التناقلي *(Cross Phase Modulation)*

5 نظرة عامة على المراقبة البصرية

تعتمد إدارة شبكات التراتب الرقمي المتزامن (SDH) القائمة على مراقبة المعلمات الرقمية مثل نسبة الخطأ في البتات (BER) ونسبة الثواني التي تتخللها أخطاء (ESR) ونسبة الثواني التي تتخللها أخطاء جسيمة (SESR) التي تقاس في الطبقة الكهربائية (في مجددات 3R) التي يرد وصفها في التوصية [b-ITU-T G.826].

ويُستخدم نهج مماثل في شبكة النقل البصرية (OTN) (باستخدام تأطير التوصية ITU-T G.709) لمراقبة التوصيلات من طرف إلى طرف والتوصيلات البصرية على المستوى الكهربائي.

وفي حين أن هذه الأساليب تعطي مقياساً يمكن الاعتماد عليه لأداء قناة البصرية من طرف إلى طرف، لا يمكن تطبيقها داخل ميدان بصري شفاف، لا توجد فيه مجددات 3R لإنهاء المعلومات الخدمية لإطار. وبالتالي، فإنها قد لا توفر معلومات كافية لعزل السبب الجذري للمشاكل في شبكات تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM) المعقدة.

وعلاوة على ذلك، فإن التقدم السريع في التكنولوجيا البصرية يؤدي إلى زيادة دائمة في عديد القنوات وسرعات الإرسال وطول التوصيلات البصرية البحتة داخل ميدان بصري.

وهذا يؤدي إلى التأثير المتزايد للتشوهات الخطية وغير الخطية، الأمر الذي يزيد مهمة تشغيل النظام تعقيداً.

والحل الأمثل لشبكة النقل البصرية يجمع بين ما يلي:

- تصميم الشبكات السليم للحد من مؤثرات مصادر الضوضاء والتشتت والتشكيل البيني.
- إنذارات مناسبة للمكونات البصرية النشطة داخل الشبكة للكشف عن الأعطال وعزلها.
- استخدام المراقبة البصرية المناسبة في جميع أنحاء الشبكة لمراقبة المعلمات البصرية الأكثر أهمية.

ولا يمكن لفرادى هذه الإجراءات الثلاثة أن تضمن جودة بصرية مناسبة، ولكن عندما تجتمع معاً، فهي توفر حلاً مناسباً لإدارة شبكات النقل البصرية.

ويتيح المستوى المناسب من المراقبة البصرية شيئاً من الرؤية داخل شبكات الألياف البصرية لضمان تشكُّل مسيرات القناة بشكل صحيح وكون المعلمات البصرية مناسبة لتقديم خدمة موثوقة. وجمع بيانات المراقبة البصرية في مركز عمليات الشبكة (NOC) يسهل من إدارة شبكات تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM) المعقدة.

وتتمثل أهداف المراقبة البصرية في الكشف عن التشوهات والعيوب والترديات والأعطال التي تؤثر على جودة طبقة البصرية. ينبغي وضع المعلمات البصرية التي يتعين مراقبتها وتحديدها وفقاً لمتطلبات محددة.

والقدرة على تحسين المراقبة من طرف إلى طرف بواسطة المراقبة البصرية الموزعة يمكن أن تعود بفوائد من حيث الموثوقية والتكلفة على السواء في إدارة التشكيلة وإدارة العطل/التردي؛ لأن بعض العيوب والترديات والأعطال التي تؤثر على جودة طبقة البصرية تُكشف على نحو أكثر سهولة لدى عزلها من خلال المراقبة البصرية.

ومؤثرات التقادم، والتغيرات في الضوضاء نتيجة للتغيرات في درجة الحرارة والرطوبة، هي أعطال يمكن أن تتسبب بتردٍ خطير في جودة إرسال الإشارة. والمراقبة البصرية تتيح الكشف عن هذا التردي بطريقة موثوقة.

والمراقبة البصرية هي عملية استباقية يمكن أن تساعد على إدارة اتفاقات مستوى الخدمة وتخفيف التكاليف التشغيلية (على الرغم من أن ذلك يستتبع في كثير من الأحيان زيادة في تكاليف المعدات). وتتزايد أهمية المراقبة البصرية لأن تزايد تعقيد الشبكة يطرح تحديات في الحفاظ على درجة عالية من موثوقية المعدات، وكذلك في القدرة على تشخيص التردي والأعطال بسرعة، وتحديد مكان مشاكل الشبكة وإصلاحها.

والمراقبة البصرية هي مكمل هام لتقنيات المراقبة المطبقة في طبقات العميل الرقمية من شبكة الطبقة البصرية.

والمراقبة البصرية هي عنصر رئيسي في إدارة شبكات الألياف البصرية، نظراً لتعذر إدارة إلا ما يمكن قياسه.

وفي حين تُنفَّذ المراقبة البصرية (ضمن الخدمة) في العديد من أنظمة الإرسال البصري الحالية، هناك اختلافات كبيرة في متطلبات المراقبة البصرية بينها. ويرجع ذلك إلى اختلاف تصميم نظام الإرسال والتحكم واختلاف استراتيجيات إدارة التردي في الأنظمة المتنوعة. ولهذا السبب لا يمكن تعميم متطلب عام يقضي بقيمة معينة لمعلمة وبدقة معينة ليكون مؤشراً موثوقاً للحالة التشغيلية لنظام فحتى داخل نظام واحد، قد تختلف المعلمات ذات الأهمية بين عناصر الشبكة المختلفة ومتطلبات المراقبة، حتى بالنسبة للتحكم الداخلي، وهي تختلف على اختلاف عناصر الشبكة. وبالتالي، فإن المتطلب العام الداعي للإشراف على معلمات معينة يجانب عادة الحل الأمثل (وهو بالتالي غير فعال من حيث التكلفة). ولهذا السبب، يرتبط دوماً مخطط الإشراف البصري المناسب بخصوصية تصميم نظام الإرسال والتحكم وبالقواعد الهندسية وبتنفيذ إدارة تردي هذا النظام. ومع ذلك، يمكن تحديد بعض خيارات المراقبة على النحو المبين في هذه التوصية، استناداً إلى ما هو ممكن من وجهة نظر تكنولوجية وإلى ما يحتاجه مشغلو الشبكة.

6 تصنيف أساليب المراقبة

تصف الفقرات التالية شكلين مختلفين من مراقبة الإشارات، وهما أسلوبا الميدان الزمني والميدان الترددي، وهي تشرح الفروق بين مراقبة الإشارة ومراقبة المعدات، فضلاً عن الاختلافات بين أجهزة المراقبة المدمجة والخارجية.

1.6 مراقبة الإشارة

تقتصر هذه التوصية على قياسات غير تدخلية تسمح بمراقبة جودة الإشارة البصرية ضمن الخدمة.

ولا تقيس القياسات المحددة في هذه التوصية كل تردٍ مدرج في الجدول 1، بل تأثير هذه الترديات على المعلمات التي يمكن قياسها.

ويمكن التمييز بين أساليب قياس الميدان الزمني والميدان الترددي.

1.1.6 أساليب الميدان الزمني

تميل الأساليب التي تحلل سلوك الإشارة البصرية في الميدان الزمني إلى أن تكون أقرب إلى القياس الكامل لنسبة الخطأ في البتات من تلك التي تقوم بذلك في الميدان الترددي. وهذه الأساليب حساسة لمؤثرات الضوضاء والتشويه معاً. وتتمثل أساليب أخذ العينات (أساليب متزامنة) بكواشف التذبذب الآخذة للعينات ومقاييس عامل الجودة التي يرد وصفها في التوصية [b-ITU-T O.201]. بيد أن أساليب الميدان الزمني بحاجة عموماً إلى إزالة تعدد الإرسال وإلى تحويل البصري إلى كهربائي، وإلى التزامن مع معدل البتات في حالة أساليب أخذ العينات. ولا بد من النظر أيضاً في الاختلاف في خصائص المستقبِل المرجعي وفي تأثير التشتت المتبقي عند نقطة القياس، كما يرد بحثه في الفقرة 2.III.

2.1.6 أساليب الميدان الترددي (ميدان الطول الموجي)

إن أساليب الميدان الترددي/ميدان الطول الموجي للمراقبة البصرية تحلل الخصائص الطيفية للإشارة البصرية. وما تشترك فيه هذه الأساليب الطيفية هو عدم أخذها لعينات من الإشارة أو عدم تزامنها مع الإشارة، مستغنيةً بذلك عن المستقبِل المرجعي بأكمله. وهي تستخدم نمطياً جهاز تحليل الطيف الذي يمكن أن تتبدل استبانته وقد يستشعر أو لا يستشعر بجميع القنوات في وقت واحد.

ويتمثل أبسط شكل للتحليل الطيفي في المراقبة البسيطة للقدرة في كل قناة. ويمكن القيام بذلك، على سبيل المثال، بمشبك انعراج وصفيف كواشف للاستشعار بجميع القدرات في القناة في وقت واحد. ويمكن التوسع بهذا الأسلوب أيضاً، نظير زيادة في التعقيد والدقة، للنظر في الشكل الدقيق لطيف الإشارة.

والخاصية الأساسية لهذه الأساليب الطيفية هي أنها أساليب حساب المتوسط التي لا تستشعر بتشوه النبضة، حسب تعريفها. وهذا يعني أن مراقبة الجودة من خلال الأساليب الطيفية لن تتحسس بأي من الآثار الناجمة عن التشوهات.

2.6 مراقبة المعدات (أساليب غير مباشرة)

تستفيد الأساليب غير المباشرة من وجود علاقة تجريبية بين أعطال المعدات وجودة الإشارة. ويمكن كشف أعطال المعدات مثل أعطال إمدادات القدرة وحرارة الليزر وغيرها، بواسطة وظائف الاختبار الذاتي المضمنة. ومن المرجح أن تعتمد هذه المؤشرات على النظام نفسه وعلى التنفيذ.

وتشير الأساليب غير المباشرة أساساً إلى أن النظام يعمل، ويُفترض أيضاً تردي جودة الإشارة عند وقوع معلمة المعدات خارج المدى الموصَّف.

غير أن صحة معلمة المعدات لا تشكل ضمانة بسلامة الإشارة نظراً لإمكانية وجود ترديات أخرى تؤثر على جودة الإشارة (كتوهين الألياف على سبيل المثال).

3.6 معدات المراقبة المضمنة

عادة ما تُدمج معدات المراقبة المضمنة بإحكام في وظائف إدارة عنصر الشبكة البصرية. ولأسباب تتعلق بالتكلفة، عادة ما تقتصر المراقبة المدمجة على عدد قليل من المعلمات الأساسية.

ويمكن لنقاط مراقبة مختلفة متموضعة في عنصر الشبكة نفسه أن تشترك في استخدام معدات المراقبة المضمنة.

1.3.6 دقة معدات المراقبة المضمنة

يُستحسن أن تكون دقة أجهزة المراقبة المضمنة عالية بما فيه الكفاية لتوفير مدخلات ذات مغزى لقرارات الإدارة المؤتمتة، إذا تقررَ تعريف أي منها. وكثيراً ما يمكن تحقيق ذلك بقليل من الجهد نسبياً بالمقارنة مع أداة اختبار للأغراض العامة، نظراً لأن من يدعو للاهتمام في كثير من الحالات يقتصر على الانحراف عن القيمة الاسمية، ولضيق مدى التشغيل العادي لعناصر الشبكة.

4.6 معدات المراقبة الخارجية

تخدم معدات المراقبة الخارجية غرضاً مختلفاً عادة عما تقوم به معدات المراقبة المضمنة. وعادة ما تُستخدم لقياس معلمات أداء إضافية أكثر تطوراً أو عندما تُتطلب قيمة أكثر دقة لمعلمات أداء معينة.

وتتمثل التطبيقات الرئيسية لها في تحديد موقع الأعطال التي يصعب العثور عليها وعزلها بأجهزة المراقبة المضمنة، وكذلك اختبارات الوظائف وقياسات المعلمة الدقيقة أثناء التثبيت أو بدء التشغيل أو الإصلاح.

وعلى النقيض من معدات المراقبة المضمنة، لا تثبَّت أدوات المراقبة الخارجية عادة بشكل دائم، وإنما توصل حسب الطلب بقطاعات الشبكة الحرجة وتُستخدم بأسلوب تفاعلي، وكثيراً ما يُتحكم فيها عن بُعد من مركز عمليات الشبكة.

1.4.6 دقة معدات المراقبة الخارجية

تتميز معدات المراقبة الخارجية عموماً بدقة أعلى ومدى قياس أوسع من أجهزة المراقبة المضمنة لأنها يجب أن توفر قياسات مطلقة موثوقة على نطاق التشغيل الكامل لنظام إرسال بصري، وارتفاع تكلفة الذي ينطوي عليه ذلك يمكن تقاسمه بين عدد كبير من عناصر الشبكة البصرية.

7 الترديات البصرية

تسرد هذه الفقرة وتصنف الترديات الرئيسية للأنظمة في الطبقة البصرية التي تحد من قدرة النظام على نقل المعلومات.

وترد في الجدول 1 قائمة الترديات الرئيسية الممكنة في نظام.

الجدول 1 – الترديات البصرية

تنوعات التردي	الوتيرة النسبية لوقوع التردي	الوصف
توهين	عالية	
تغيرات في قدرة القناة البصرية جراء تبدل الكسب	عالية	
انحراف التردد (أو الطول الموجي) عن القيمة الاسمية	عالية	في التوصية [ITU-T G.692]
التشتت بأسلوب الاستقطاب (PMD) (من المرتبة الأولى فأعلى)	متوسطة	في التذييل II للتوصية [ITU-T G.663]
مزج الموجات الأربع (FWM)	متوسطة	في التذييل II للتوصية [ITU-T G.663]
ضوضاء البث التلقائي المكبَّر (ASE) في التكبير البصري (OA)	متوسطة	في التذييل II للتوصية [ITU-T G.663]
التشتت اللوني	متوسطة	في التذييل II للتوصية [ITU-T G.663]
ميل التشتت اللوني	متوسطة	في التوصيات [ITU-T G.652]، [ITU-T G.653]، [ITU-T G.655]
انعكاسات	متوسطة	في التذييل III للتوصية [ITU-T G.663]
الضوضاء الليزرية	متوسطة	
اللغط بين القنوات	متوسطة	في الإضافة [b-ITU-T G-Sup.39]
اللغط لدى القياس بالتداخل	متوسطة	في الإضافة [b-ITU-T G-Sup.39]
تشكيل الطور التناقلي (XPM)	منخفضة	في التذييل II للتوصية [ITU-T G.663]
تشكيل الطور الذاتي (SPM)	منخفضة	في التذييل II للتوصية [ITU-T G.663]
انتثار بريلوين المستحث (SBS)	منخفضة	في التذييل II للتوصية [ITU-T G.650.2]، وفي التذييل II للتوصية [ITU-T G.663]
انتثار رامان المستحث (SRS)	منخفضة	في التذييل II للتوصية [ITU-T G.663]

ويمكن أن تشتد هذه الترديات بما يكفي للتسبب بتدهور حاد في إشارة بصرية يصل إلى مستوى لا يعود فيه بوسع المستقبِل أن يكشف البيانات بنسبة خطأ معقولة. ولأي من الترديات، يوجد منحنى عجز مقابل احتمال وقوع التردي في وحدة الزمن (انظر التذييل I).

أما مستويات الوتيرة النسبية لوقوع التردي في الجدول رقم 1 فهي كما يلي:

- وتيرة منخفضة: عندما يكون احتمال التأثير شديداً بما فيه الكفاية للتسبب في عجز بمقدار dB X ≈ حدث واحد في 10 سنين.
- وتيرة متوسطة: عندما يكون احتمال التأثير شديداً بما فيه الكفاية للتسبب في عجز بمقدار dB X ≈ حدث واحد في السنة.
- وتيرة عالية: عندما يكون احتمال التأثير شديداً بما فيه الكفاية للتسبب في عجز بمقدار dB X ≈ 10 أحداث في السنة.

الملاحظـــة 1 – تشير الأرقام المذكورة أعلاه إلى فترة حالة مستقرة من عمر الأنظمة. ويمكن لحدث أن يسبب عجزاً بمقدار dB X على قناة بصرية واحدة، أو على نظام متعدد القنوات. وترد القيم الإرشادية لعجز بمقدار dB X في التذييل II.

الملاحظـــة 2 – تشير الوتيرة النسبية لوقوع الترديات البصرية الواردة في الجدول 1 إلى قنوات بصرية تصل معدلات البتات فيها إلى حوالي 10 Gbit/s. وفي الوقت الحاضر، ليس هناك ما يكفي من الخبرة لإعداد جدول مماثل لقنوات بصرية تصل معدلات البتات فيها إلى 40 Gbit/s، ولكن يمكن توقع تأثير مختلف للترديات الممكنة جراء التشتت اللوني والتشتت بأسلوب الاستقطاب عند معدل البتات هذا مقارنةً مع حالة القنوات البصرية التي يبلغ معدل البتات فيها 10 Gbit/s. ويتوقف هذا التأثير المحتمل أيضاً على نسق التشكيل المعتمد.

8 معلمات المراقبة البصرية

ترد أدناه قائمة المعلمات البصرية التي يمكن قياسها باستخدام التكنولوجيا الحالية في أنظمة الإرسال البصري:

- قدرة القناة
- إجمالي القدرة
- نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) عند غياب قولبة ضوضاء ذات شأن
- الطول الموجي للقناة
- عامل الجودة.

ويحتوي التذييل III على معلومات بشأن الأداء يمكن الحصول عليها من تكنولوجيا المراقبة المتاحة حالياً.

9 التلازم بين آثار التردي وتدهور معلمات المراقبة البصرية

الجدول 2 – قائمة التلازم بين الترديات المذكورة ومعلمات المراقبة

المعلمات	إجمالي القدرة	قدرة القناة	الطول الموجي للقناة	OSNR	عامل الجودة
تنوع التوهين	X	X		X	X
انحراف التردد (أو الطول الموجي) عن القيمة الاسمية		X	X	X	X
تغيرات في قدرة القناة البصرية جراء تبدل الكسب		X		X	X

1.9 تنوع التوهين

يحتاج لمزيد من الدراسة.

2.9 انحراف التردد (أو الطول الموجي) عن القيمة الاسمية

هناك تلازم مباشر بين التردي المتمثل في "انحراف التردد عن القيمة الاسمية" وبين معلمة "الطول الموجي للقناة" للمراقبة البصرية. وتعتمد دقة القياس المطلوبة للطول الموجي للقناة على "أقصى انحراف للتردد المركزي" للقناة. وتُسند التوصية [ITU-T G.692] قيمة n/5 لهذه المعلمة (حيث n هو التباعد بين القنوات) للتطبيقات بتباعد بين القنوات قدره 200 GHz وما فوق، ولكن لا تعطى أي قيمة للتباعد بين القنوات دون ذلك.

3.9 التغيرات في قدرة القناة البصرية جراء تبدل الكسب

هناك تلازم مباشر بين التردي المتمثل في "التغيرات في قدرة القناة البصرية جراء تبدل الكسب" وبين معلمة "قدرة القناة" للمراقبة البصرية. وفي التبدلات البطيئة في كسب القناة، توفر مراقبة قدرة القناة البصرية معلومات كافية لتحديد مكان وجود تبدل الكسب. بيد أن أنظمة تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM) قد تنطوي على العديد من حلقات التحكم المدمج في مثل التوليف الليزري للطول الموجي والتحكم في قدرة الخرج والتحكم في قدرة تسوية القناة والتحكم في كسب المكبر والتحكم العابر والتحكم في قدرة مستقبِل القناة وفي تشتت القناة، وذلك للحفاظ على أداء الإرسال من طرف إلى طرف. وقد تعمل حلقات التحكم هذه على فترات زمنية تقاس بميلي ثانية أو حتى ميكروثانية وستستجيب لأحداث فوتونية مدتها ما دون الثانية الواحدة أو حتى تنشئها وهي أحداث يمكن أن تؤثر على جودة الإرسال من طرف إلى طرف. ولأنه ليس

من العملي أن تراقَب قدرة القناة بتقسيمات زمنية صغيرة بما فيه الكفاية لالتقاط هذه الأحداث، فإنه من المفيد الحصول على الحد الأقصى والحد الأدنى لمعلمات والدخل والخرج لدالة التحكم ضمن تقسيمات زمنية أطول.

10 تطبيقات

في أنظمة تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM)، يمكن للمراقبة البصرية أن تساعد في الأنشطة التالية:

'1' إدارة التشكيلة لتفعيل النظام والقناة، وإضافة قنوات جديدة، وما إلى ذلك

'2' إدارة الأعطال لكشفها وعزلها

'3' إدارة التردي من أجل الحفاظ على تشغيل النظام ولكشف التردي قبل حدوث العطل.

ومن أجل تحقيق الأهداف المذكورة أعلاه، يمكن النظر في واحد أو أكثر من الخيارات التالية للمراقبة الداخلية في أنظمة تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي حيث تتاح البيانات الناتجة محلياً ومن موقع بعيد. ويعتمد اختيار الخيار المدرَج على الخصائص المحددة لنظام تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (على سبيل المثال، الطول وعدد الامتدادات وعدد القنوات وعدم إمكانية الوصول إلى المواقع)، فضلاً عن اعتبارات التكلفة/المنفعة:

أ) إجمالي القدرة في دخل مراحل مختلفة من التكبير البصري

ب) إجمالي القدرة في خرج مراحل مختلفة من التكبير البصري

ج) قدرة القناة في خرج مرسل تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM) قبل معدد الإرسال

د) قدرة القناة في دخل مستقبِل تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM) قبل مزيل تعدد الإرسال

هـ) قدرة القناة في خرج مراحل مختلفة من التكبير البصري

و) نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) للقناة في خرج مراحل مختلفة من التكبير البصري

ز) انحراف الطول الموجي للقناة في نقطة واحدة على الأقل على طول مسير بصري.

ويمكِّن مأخذ في خرج مختلف مراحل التكبير البصري إجراء تحليل أكثر تفصيلاً لحالة القناة البصرية عبر معدات قياس خارجية. ويعتمد إدراج هذا المأخذ من عدمه على الخصائص المحددة لنظام تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي، فضلاً عن اعتبارات التكلفة/المنفعة.

11 اعتبارات السلامة البصرية

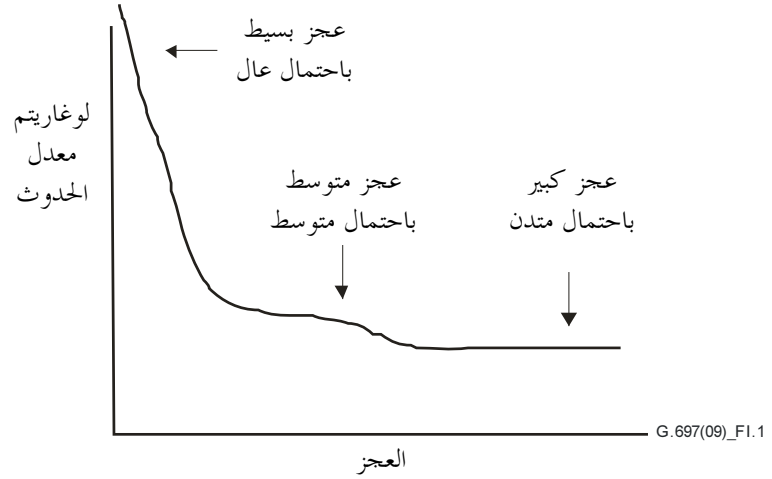
انظر التوصية [ITU-T G.664] للاطلاع على اعتبارات السلامة البصرية.

التذييل I

شدة الترديات البصرية

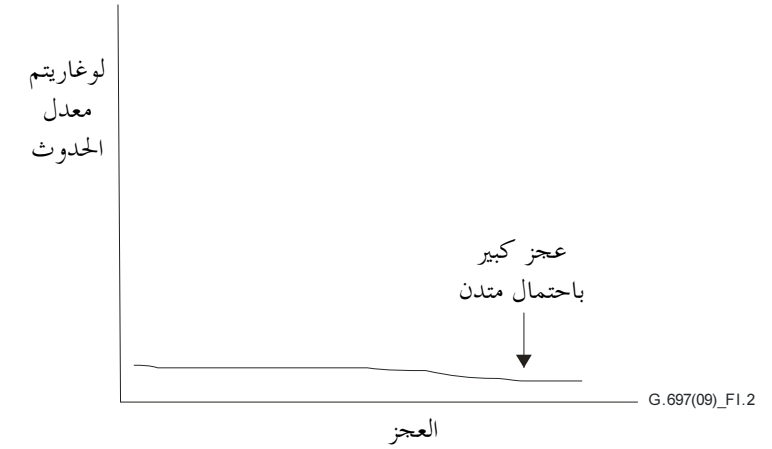
(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

إن الترديات البصرية المدرجة في الجدول 1 كلها قادرة على التسبب في تدهور حاد في إشارة بصرية إلى حد عدم تمكن المستقبِل من كشف البيانات بنسبة خطأ معقولة. ولأي من الترديات، يمكن رسم منحنى عجز مقابل معدل الحدوث (احتمال وقوع التردي في وحدة الزمن). ومثال منحنى في حالة توهين قد يأخذ شكل المنحنى أدناه.



الشكل 1.I – مثال منحنى العجز مقابل معدل الحدوث نتيجة لتبدل التوهين

بطبيعة الحال، يختلف شكل المنحنى ومستويات الاحتمال لكل من الترديات الواردة في القائمة. وفي منحنى التوهين، يكثر جداً احتمال الترديات الصغيرة بواقع dB 0,1 بينما يقل عن ذلك كثيراً احتمال الترديات الكبيرة (على سبيل المثال، 6 dB أو أكثر). وسيختلف شكل منحنى تردٍ مختلف. فعلى سبيل المثال، قد يبدو انتثار بريلوين المستحث (SBS) كالمنحنى أدناه.



الشكل 2.I – مثال منحنى العجز مقابل معدل الحدوث نتيجة لتبدل انتثار بريلوين المستحث (SBS)

وهنا يكون معدل الحدوث منخفضاً جداً (تعطل دارة القلقلة أو قدرة أعلى بكثير جداً في الألياف من القدرة المتوقعة) ولكن العجز الناتج يمكن أن يكون شديداً جداً.

ولأن ذلك هو الحال، فإن النهج المتخذ في هذه التوصية هو تحديد العجز التقريبي الذي يُعتبر بأنه يشكل ترديداً كبيراً (3 dB على سبيل المثال) ثم إعطاء مؤشر على وتيرة حدوثه في شبكة بصرية نمطية.

التذييل II

قيمة شدة العجز X

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

تقترح إحدى الجهات التشغيلية، في إشارة إلى شبكة تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM) بطول 10 000 km، تحديد قيمة X تساوي عجزاً بمقدار 3 dB بمثابة الرقم الذي يشكل ترديداً ذا شأن.

التذييل III

أداء المراقبة البصرية

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

يحتوي هذا التذييل على معلومات بشأن الأداء يمكن الحصول عليها من تكنولوجيا المراقبة البصرية المتاحة حالياً. ولا ينبغي تفسير هذه المعلومات كمتطلب أو توصيف، ولكن الغرض منها هو المساعدة في تحديد الحالات التي يمكن (أو لا يمكن) فيها تلبية متطلب معين مرغوب من أداء المراقبة البصرية باستخدام التكنولوجيا المتاحة حالياً. ولا يمكن أن تتولد متطلبات أداء المراقبة البصرية إلا فيما يتعلق بوظيفة معينة وبتصميم نظام معين، وفي معظم الحالات، فإن المواصفات العملية والفعالة من حيث التكلفة لأي حل مراقبة فردي يمكن أن تختلف كثيراً عن البيانات الواردة أدناه.

ويعطي الجدول 1.III معلومات عن قياس الأداء المعياري يمكن الحصول عليها بواسطة معدات قياس منخفضة التكلفة مضمنة في عناصر الشبكة البصرية عند مدخل مستقبِل تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM). ويعطي الجدول 2.III معلومات عن قياس الأداء المعياري يمكن الحصول عليها بواسطة معدات قياس منخفضة التكلفة مضمنة في عناصر الشبكة البصرية في نقاط متعددة القنوات حيث لا يوجد أي متطلب لقياس نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR). ويعطي الجدول 3.III نفس المعلومات والتي يمكن الحصول عليها بواسطة معدات قياس منخفضة التكلفة مضمنة في عناصر الشبكة البصرية التي يمكنها قياس نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية. ويعطي الجدول 4.III أداء القياس لمعدات قياس تتضمن رسوماً إضافية مع التكاليف المناسبة لقياسات يقوم بها موظفو الصيانة في عدد أقل بكثير من الأماكن في الشبكة.

الجدول 1.III – أداء المراقبة البصرية المضمنة في مدخل مستقبِل تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM)

المعلمة	الدقة	قابلية التكرار	مدى القياس
قدرة القناة	±0,2 dB (الملاحظة 1)	±0,5 dB	مدى تشغيل المستقبل (الملاحظة 2)
الملاحظـــة 1 – بما أن هذه الوظيفة يجب أن تؤدى داخل كل مستقبِل DWDM، يجب أن تظل الفعالية من حيث التكلفة بسيطة للغاية، ولهذا السبب، يُتهاون بهذه القيمة مقارنة بالقيمة الواردة في الجدول 2.III. الملاحظـــة 2 – مدى قدرة الدخل الذي يُتوقع تشغيل المستقبِل فيه عادةً.			

الجدول 2.III – أداء المراقبة البصرية المضمنة من دون نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR)

المعلمة	الدقة	قابلية التكرار	مدى القياس
مجموع القدرة	±1 dB (الملاحظة 1)	±0,5 dB	(–60 إلى +5) + خسارة المأخذ dBm (الملاحظة 2)
قدرة القناة	±1 dB (الملاحظة 1)	±0,5 dB	(–60 إلى –10) + خسارة المأخذ dBm (الملاحظة 2)
الملاحظـــة 1 – تتضمن هذه القيمة مساهمات من كل من الارتياب في القياس والتباين في خسارة المأخذ. وفي بعض الأنظمة، قد يؤدي التباين في خسارة المأخذ إلى دقة أسوأ من ذلك، علماً بإمكانية تعويض ذلك عن طريق المعايرة (بتكلفة إضافية). الملاحظـــة 2 – بما أن أنظمة مختلفة تستخدم مآخذ مراقبة ذات كسور تقسيم مختلفة (على سبيل المثال، 5% أو 2%)، يظهر مدى القياس في خرج المأخذ. ولاشتقاق مدى القياس، يجب أن تضاف خسارة المأخذ إلى القيم. على سبيل المثال، فإن مأخذاً بنسبة 2% من شأنه أن يرفع القيم بواقع 17 dB.			

الجدول 3.III – أداء المراقبة البصرية المضمنة مع نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR)

المعلمة	الدقة	قابلية التكرار	مدى القياس
مجموع القدرة	± 1 dB (الملاحظة 1)		
قدرة القناة	± 1 dB (الملاحظة 1)	±0,5 dB	(–40 إلى –10) + خسارة المأخذ dBm (الملاحظة 2)
الطول الموجي للقناة	±75 pm		
OSNR حيث لا توجد قولبة ضوضاء ذات شأن (في عرض نطاق بصري لطول 0,1 nm)	±1,5 dB	±0,5 dB	لقدرة قناة ≤ 25 dBm OSNR من 10 إلى 30 dB لتباعد ≤ 100 GHz OSNR من 10 إلى 25 dB لتباعد قدره 50 GHz (الملاحظة 3)

الملاحظـــة 1 – تتضمن هذه القيمة مساهمات من كل من الارتياب في القياس والتباين في خسارة المأخذ. وفي بعض الأنظمة، قد يؤدي التباين في خسارة المأخذ إلى دقة أسوأ من ذلك، علماً بإمكانية تعويض ذلك عن طريق المعايرة (بتكلفة إضافية).

الملاحظـــة 2 – بما أن أنظمة مختلفة تستخدم مآخذ مراقبة ذات كسور تقسيم مختلفة (على سبيل المثال، 5% أو 2%)، يظهر مدى القياس في خرج المأخذ. ولاشتقاق مدى القياس، يجب أن تضاف خسارة المأخذ إلى القيم. على سبيل المثال، فإن مأخذاً بنسبة 2% من شأنه أن يرفع القيم بواقع 17 dB.

الملاحظـــة 3 – قد لا يتسنى الحصول على مدى القياس هذا في الحالات التي يوجد فيها توسيع طيفي ذو شأن بسبب الآثار غير الخطية في الوصلة.

الجدول 4.III – أداء القياس لمعدات المراقبة البصرية التي تتطلب رسوماً إضافية

المعلمة	الدقة	قابلية التكرار	مدى القياس
مجموع القدرة	±0,2 dB (الملاحظة 1)		
قدرة القناة	±0,4 dB (الملاحظة 1)	±0,2 dB	(–80 إلى +23) + خسارة المأخذ dBm (الملاحظة 2)
الطول الموجي للقناة	±0,5 pm		
OSNR حيث لا توجد قولبة ضوضاء ذات شأن (في عرض نطاق بصري لطول 0,1 nm)	±0,4 dB OSNR < 20 ±0,7 dB OSNR < 30		من 0 إلى 42 dB لتباعد قدره 100 GHz من 0 إلى 28 dB لتباعد قدره 50 GHz (الملاحظة 3)
عامل الجودة	±10%	±5%	4 إلى 14
معلمات أخرى			

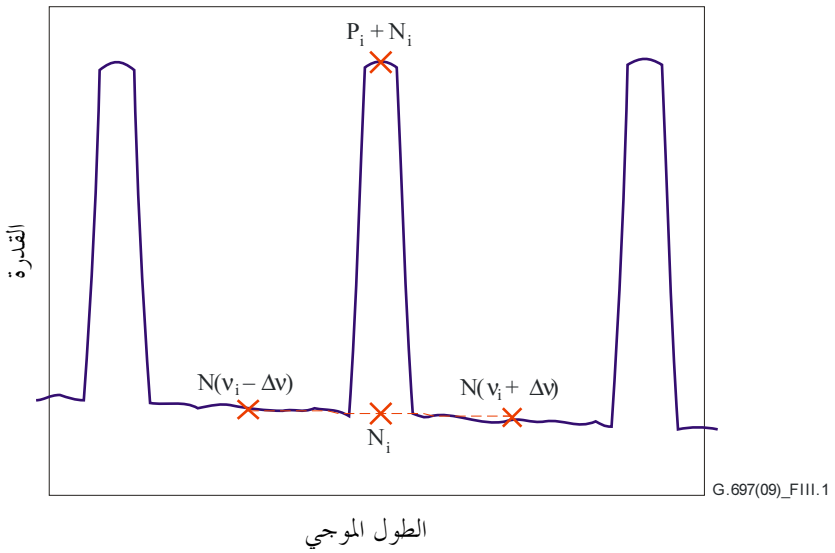
الملاحظـــة 1 – لا تتضمن هذه القيمة أي مساهمة من التباين في خسارة المأخذ يتعين تعويضها بالمعايرة.

الملاحظـــة 2 – بما أن أنظمة مختلفة تستخدم مآخذ مراقبة ذات كسور تقسيم مختلفة (على سبيل المثال، 5% أو 2%)، يظهر مدى القياس في خرج المأخذ. ولاشتقاق مدى القياس، يجب أن تضاف خسارة المأخذ إلى القيم. على سبيل المثال، فإن مأخذاً بنسبة 2% من شأنه أن يرفع القيم بواقع 17 dB.

الملاحظـــة 3 – قد لا يتسنى الحصول على مدى القياس هذا في الحالات التي يوجد فيها توسيع طيفي ذو شأن بسبب الآثار غير الخطية في الوصلة.

1.III قياس نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR)

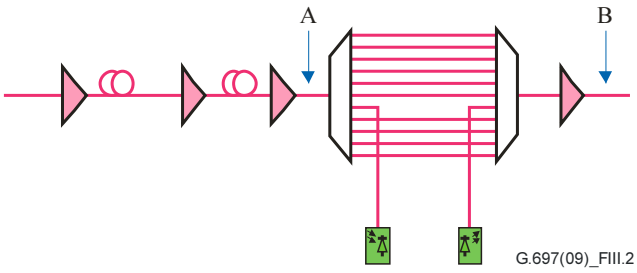
يستخدم قياس نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية حالياً مبدأ قياس الضوضاء بين القنوات من أجل تقدير الضوضاء في الطول الموجي لقناة. انظر الشكل 1.III أدناه.



الشكل 1.III – أسلوب قياس نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR)

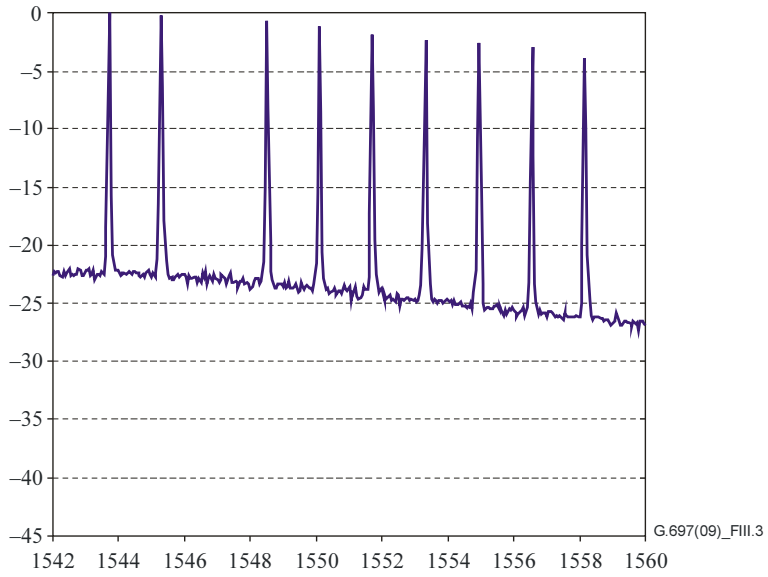
هذا الأسلوب يعمل بشكل جيد لأنظمة بسيطة من نقطة إلى نقطة لا شيء فيها سوى الألياف والمكبرات في المسير البصري. أما لأنظمة تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM) الأكثر تعقيداً، فإن إدخال أي عنصر يسبب قولبة الضوضاء بين القنوات يجعل هذا الأسلوب غير دقيق.

ففي قسم نظام تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي الموضح في الشكل 2.III، على سبيل المثال، هناك معدد إرسال بصري بسيط للإضافة والحذف، وهو مشكَّل لحذف وإضافة قناة واحدة.



الشكل 2.III – قسم نظام تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM) بمعدد إرسال الإضافة والحذف البصري (OADM)

وترد الأطياف البصرية التي يمكن العثور عليها في النقطتين A وB في الشكلين 3.III و4.III، على التوالي.



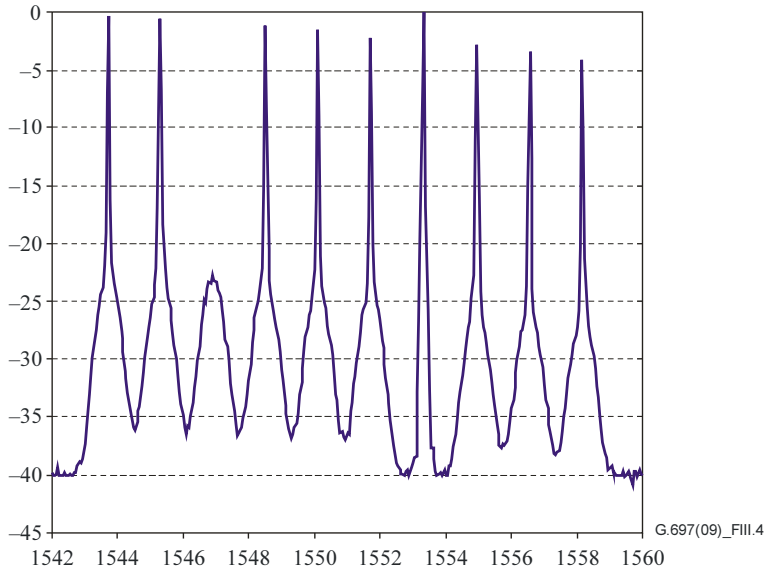
الشكل III.3 – الطيف البصري في النقطة A

كما يمكن أن يرى من الشكل III.3، في النقطة A يعطي أسلوب قياس نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) الموضح في الشكل III.1 نتائج دقيقة لأن الاختلاف في الضوضاء مع الطول الموجي بطيء إلى حد ما.

ملاحظـــة – في هذا النظام الافتراضي ذي القنوات العشر، القناة 3 غير موجودة.

ويبين الشكل III.4 الطيف بعد معدد إرسال الإضافة والحذف البصري (OADM) والمكبر المعزز. فالوضع هنا مختلف جذرياً. إذ إن الضوضاء بين القنوات تقولبت بقوة بوظيفة الاصطفاء المشترك لمزيل تعدد الإرسال/معدد الإرسال. وكما يمكن أن يرى من ذروة الضوضاء في الطول الموجي للقناة الغائبة في هذا المثال، هناك زيادة في الضوضاء بنحو 15 dB في الأطوال الموجية للقناة عنها في نقاط المنتصف بين القنوات، وبالتالي فإن تقدير نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية في هذه النقطة متفائل بنحو 15 dB. ولكن الوضع معكوس بالنسبة إلى الطول الموجي الذي أضيف، ويكون مستوى الضوضاء في نقاط المنتصف أعلى بكثير من الضوضاء المضافة في الطول الموجي للقناة. وبالتالي فإن تقدير نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية في هذه القناة متشائم جداً.

ويمكن للمعيار [b-IEC 61280-2-9] يمكن أن يكون مرجعاً مفيداً للحصول على معلومات إضافية بشأن قياسات نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية.

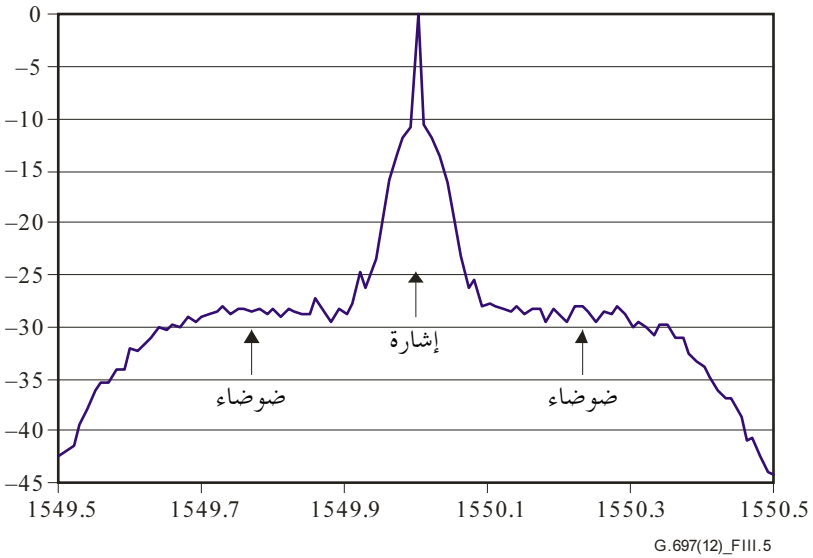


الشكل III.4 – الطيف البصري في النقطة B

ولقياس نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) على نحو واقعي بوجود قولبة الضوضاء، تقتضي الضرورة قياس قيمة الضوضاء المصطفاة في نطاق التمرير للمراشيح البصرية في نظام (وكثيراً ما يسمى ذلك بقياس نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية "ضمن النطاق"). ويرد وصف ثلاثة أساليب لتحقيق ذلك في الفقرات التالية.

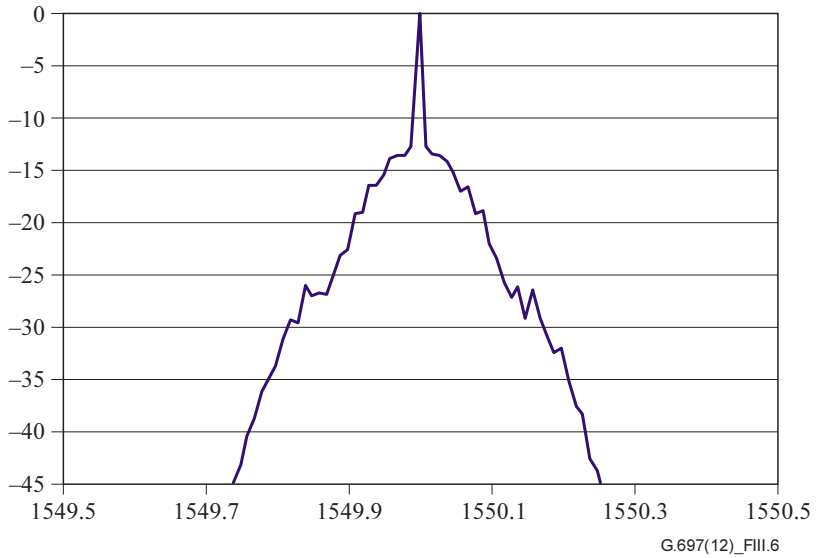
1.1.III أسلوب محلل الطيف البصري ضيق النطاق

في الحالة التي لا يشغل فيها طيف الإشارة عرض النطاق الكامل للقناة وتوجد في شكل المرشاح البصري منطقة مستوية، يمكن قياس نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) بمحلل طيف بصري ضيق النطاق. ويرد مثال على ذلك في الشكل 5.III لحالة إشارة معدلها 10 Gbit/s في نظام تباعد بين القنوات بمقدار 100 GHz. وهنا يمكن تقدير نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية عن طريق قياس قدرة الإشارة والضوضاء في المنطقة المستوية بعيداً عن الإشارة. ولا بد من توخي الحرص لقياس الإشارة باستبانة ذات سعة كافية من عرض النطاق لالتقاط كل قدرة الإشارة، وقياس الضوضاء باستبانة ذات ضيق كاف من عرض النطاق لاستبعاد الإشارة. وقد يتطلب ذلك اختلاف عرض نطاق الاستبانة لكل جزء من القياس، والتوسيع التناسبي لقدرة الضوضاء من عرض نطاق القياس إلى القيمة المرجعية المعتادة البالغة 0,1 nm.



الشكل 5.III – الطيف البصري حيث لا تشغل الإشارة عرض النطاق الكامل للقناة

ولكن إذ يصبح معدل البود قابلاً للمقارنة مع التباعد بين القنوات، يتقاطع طيف الإشارة تماماً مع ضوضاء الخلفية على النحو الموضح في الشكل 6.III. وفي هذه الحالة، يلزم مبدأ قياس مختلف. وكذلك في الحالة التي تعبر فيها الإشارة مراشيح بصرية متعددة، تصبح دالة المرشاح في مجموعها أقل استواءً في الأعلى، مما يجعل التحديد الدقيق لمستوى الضوضاء أكثر صعوبة.



الشكل III.6 – الطيف البصري حيث تشغل الإشارة عرض النطاق الكامل للقناة

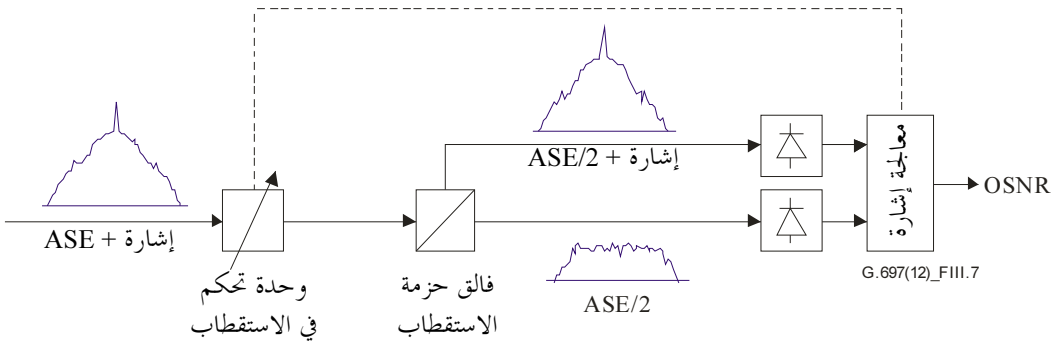
2.1.III قياس انطفاء الميدان الزمني

بهذا الأسلوب تُقطَّع إشارة القناة من آن لآخر عند نقطة مدخل النظام البصري باستخدام بدالة صوتية بصرية. ثم تؤخذ عينات من الإشارة في النقطة المراد قياسها باستخدام بدالة ثانية إما في طور مواكب لقياس الإشارة، أو في طور مخالف لقياس قدرة الضوضاء. ويتطلب هذا الأسلوب بدالات صوتية بصرية سريعة عالية الانطفاء أو محلل طيف بصري (OSA) تقطيعي. ويبقى متوسط مستوى إشارة القناة قيد القياس على حاله أثناء التشغيل العادي للحفاظ على نقطة تشغيل المكبرات.

وتتمثل العيوب الواضحة لهذا الأسلوب في القياس في أنه يتطلب إدراج معدات في نقاط متعددة في النظام، ولا يمكن استخدامه لقياس نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) أثناء وضع القناة في الخدمة.

3.1.III قياس انطفاء الاستقطاب

يتمثل الأسلوب البديل لفصل الإشارة عن الضوضاء في الاستفادة من واقع تقدير تقريبي أول تكون فيه إشارة الإرسال مستقطَبة فيما تكون ضوضاء البث التلقائي المكبَّر (ASE) غير مستقطَبة. وفي أبسط أشكاله، يُستخدم مزيج من وحدة تحكم في الاستقطاب متغيرة وفالق/مرشاح استقطاب لفصل الإشارة المستقطَبة عن الضوضاء غير المستقطَبة على النحو الموضح في الشكل III.7.



الشكل III.7 – مخطط صندوقي لأسلوب انطفاء الاستقطاب

بتغيير وحدة التحكم في الاستقطاب أمام فالق حزمة الاستقطاب، يمكن كبت الإشارة المستقطَبة والحصول على الضوضاء ضمن النطاق غير المستقطَبة في فرع واحد، حيث يبين الفرع الآخر الإشارة زائد الضوضاء [b-Rasztovits-Wiech].

وهناك أربع مشاكل في أسلوب القياس هذا وهي:

- إذا كانت حالة الاستقطاب للإشارة عند نقطة القياس تتطور بسرعة (يرجح أن يشكل ذلك مشكلة خاصة في كبلات الألياف الهوائية) أو إذا فقدت الإشارة استقطابها، يصعب جداً الحصول على انطفاء جيد للإشارة.
- في حالة وجود لغط بين القنوات، قد يكون اللغط أو لا يكون مدرجاً في قياس الضوضاء حسب الاستقطابات النسبية للإشارة واللغط.
- ويمكن للخسارة التي تتوقف على الاستقطاب (PDL) أن تؤدي إلى خطأ كبير في القياس بسبب الضوضاء ذات الاستقطاب نفسه باعتبارها إشارة لها اتساع مختلف عن الضوضاء ذات الاستقطاب المتعامد.
- وفي الإشارة التي يتعدد إرسالها وفق الاستقطاب، هناك إشارة منفصلة على كل اثنين من الاستقطابات المتعامدة ولذلك فمن غير الممكن إطفاء إشارة باستخدام فالق حزمة الاستقطاب. وبالتالي، ليس من الممكن استخدام هذه الطريقة في قياس نسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) لهذه الإشارات.

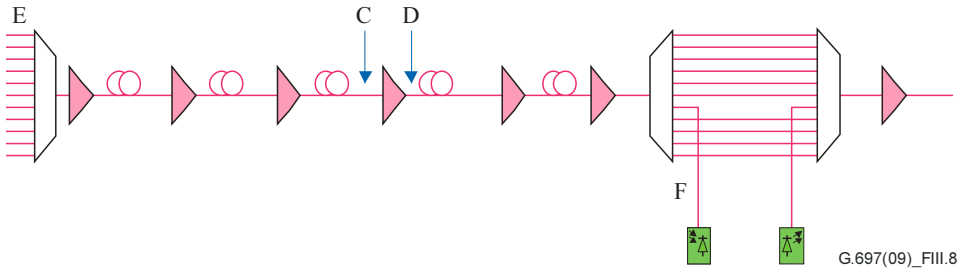
2.III قياس عامل الجودة

يحتل قياس عامل الجودة موقعاً وسطاً بين المعلمات الكلاسيكية البصرية (القدرة ونسبة الإشارة إلى الضوضاء البصرية (OSNR) والطول الموجي) وبين معلمات الأداء الرقمي من طرف إلى طرف على أساس نسبة الخطأ في البتات (BER).

ويقاس عامل الجودة في الميدان الزمني من خلال تحليل إحصاءات الشكل النبضي للإشارة البصرية. ويمكن الاطلاع على التفاصيل الكاملة في التوصية [ITU-T O.201]. وعامل الجودة هو مقياس شامل لجودة الإشارة في قناة بصرية مع الأخذ في الاعتبار آثار الضوضاء والاصطفاء والتشوهات الخطية/غير الخطية في الشكل النبضي، وهو أمر غير ممكن بالمعلمات البصرية البسيطة وحدها.

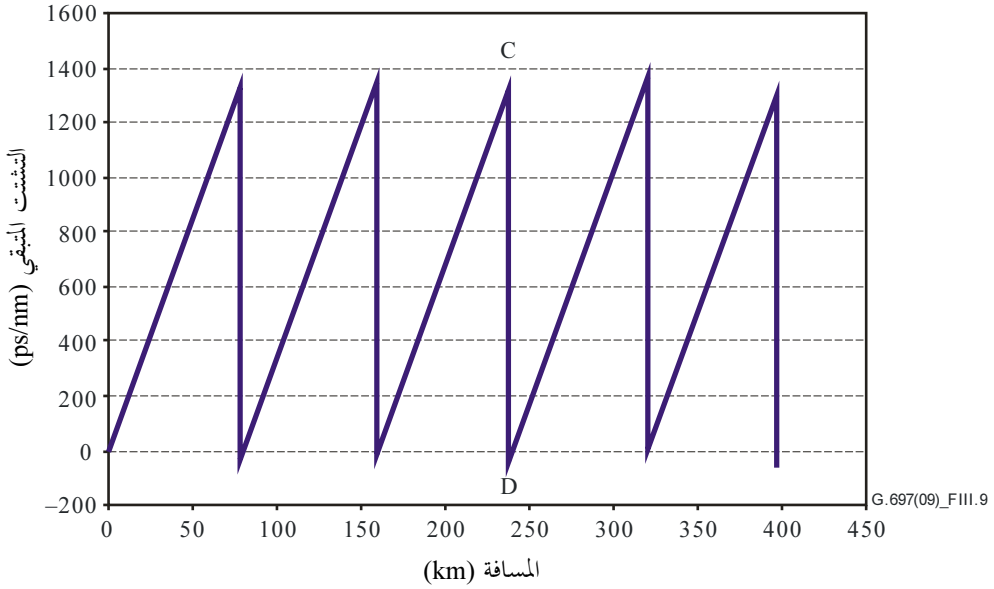
وفي ظل ظروف مثالية (بإضافة ضوضاء غوسية فقط، بدون تشوهات خطية أو غير خطية، وما إلى ذلك)، ينبغي أن تكون نسبة الخطأ في البتات هي نفس التي يبينها قياس عامل الجودة. ولكن هذه الظروف المثالية نادراً ما تكون موجودة في أنظمة حقيقية، فيتأثر التلازم بين عامل الجودة لإشارة بصرية ونسبة الخطأ المقيسة في البتات بعد التحديد بخصائص المستقبِل المختلفة (عرض نطاق الضوضاء والاستجابة النبضية، وغيرها) في وحدة التحديد مقارنةً بمقياس عامل الجودة.

والعامل الإضافي الذي يؤثر تأثيراً جدياً على صحة قياس عامل الجودة في أي نقطة في مسير بصري هو التشتت المتبقي الحاضر في تلك النقطة. ويبين الشكل 8.III المخطط الصندوقي لنظام إرسال بسيط خماسي الامتدادات يتضمن وحدات تعويض التشتت (DCM) في مكبرات الخط. وفي مثل هذا النظام، يكون للنقطتين الطرفيتين المسميتين E وF تشتت متبق صفري عادةً، ولكن تتعذر قياسات عامل الجودة في نقاط وسيطة من مسير بصري بدون تعويض التشتت المناسب في تلك النقاط.



الشكل 8.III – نظام إرسال خماسي الامتدادات يتضمن وحدات تعويض التشتت (DCM) في مكبرات الخط

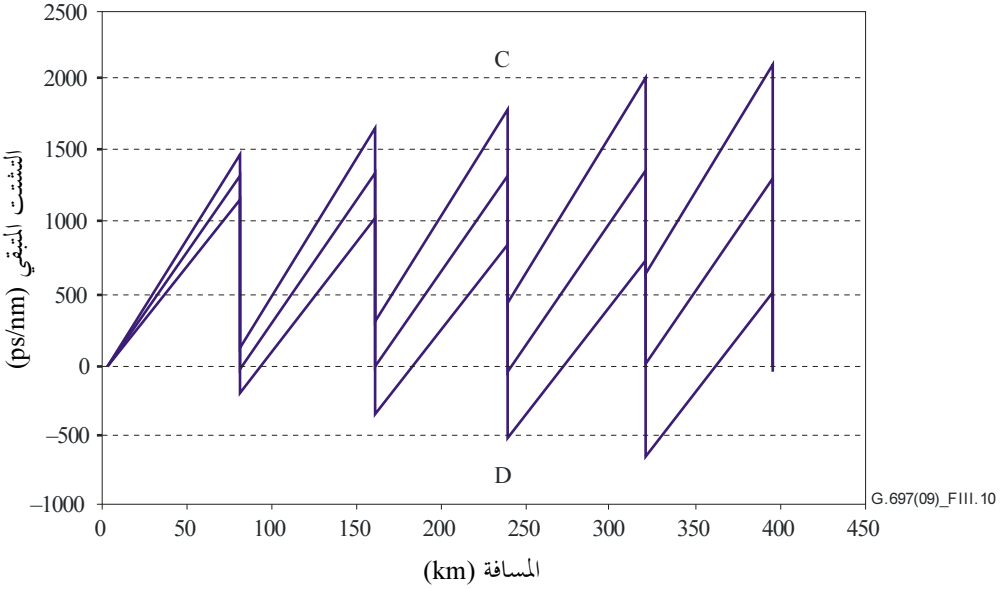
ويبين الشكل 9.III التشتت المتبقي مقابل المسافة لنظام حيث يعوَّض تشتت كل امتداد بطول 80 km اسمياً بوحدة تعويض تشتت مدمجة في كل مكبر خط على بعد 80 km من الآخر، وبوحدة تعويض تشتت إضافية ضمن المكبر الأولي المستقبل. وفي هذه الحالة، على سبيل المثال، يختلف عامل الجودة المقيس عند نقطة C (المدخل إلى مكبر الخط الثالث) كثيراً عن عامل الجودة عند النقطة D (مخرج المكبر نفسه) بسبب الفارق الكبير في التشتت المتبقي في النقطتين.



الشكل 9.III – التشتت المتبقي مقابل المسافة لنظام بسيط

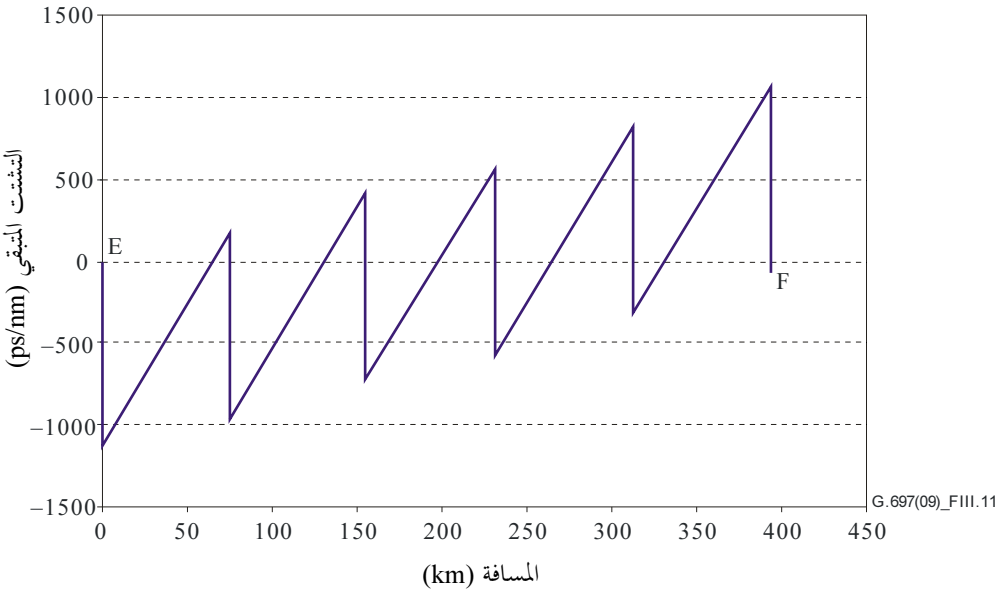
والحل لخريطة التشتت، الموضح في الشكل 9.III، هو لمجرد قياس عامل الجودة في مخرجات المكبر (كالنقطة D مثلاً).

وخريطة التشتت المتبقي في الشكل 9.III هي للطول الموجي حيث يعوَّض تشتت الألياف بدقة معقولة بواسطة وحدة تعويض التشتت (DCM). أما في أنظمة المسافات الطويلة التي تغطي مدى واسع من الأطوال الموجية، فإن ميل تشتت الألياف مع طول الموجة لا يتطابق تماماً في العادة مع مقلوب ميل تشتت وحدة تعويض التشتت مع طول الموجة، مما يعني اختلاف خريطة التشتت المتبقي عبر مدى الأطوال الموجية في القناة. ويبيَّن ذلك في الشكل 10.III حيث تظهر أيضاً خرائط التشتت المتبقي لقنوات الطول الموجي المتطرف.



الشكل 10.III – التشتت المتبقي مقابل المسافة لنظام بسيط ذي مدى واسع من الأطوال الموجية

في حالة وجود خريطة تشتت أكثر تعقيداً، كما هو موضح في الشكل 11.III، حيث توجد وحدات تعويض التشتت (DCM) في جهازي الإرسال والاستقبال وكذلك منها المضمن في مكبرات الخط، لا تتطابق الآن بالضرورة نقاط التشتت الصفري مع خرج مكبرات الخط. وهنا، ستلزم أجهزة تعويضات إضافية في معدات القياس لكي يكون قياس عامل الجودة صالحاً في نقاط المراقبة هذه.



الشكل 11.III – التشتت المتبقي مقابل المسافة لنظام أكثر تعقيداً

التذييل IV

المواضع الممكنة لمعدات المراقبة المناسبة ووظائفها النسبية في عدد من عناصر الشبكة البصرية

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

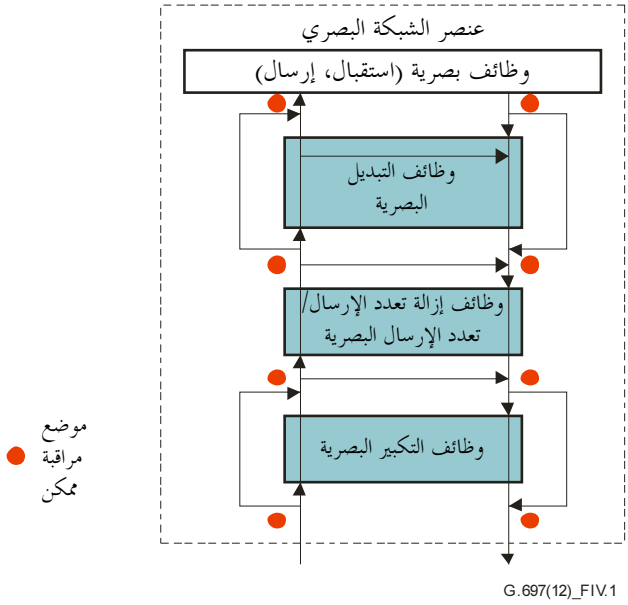
1.IV مقدمة

في حين تنفَّذ المراقبة البصرية (ضمن الخدمة) في العديد من أنظمة الإرسال البصري الحالية، هناك اختلافات كبيرة بين عمليات نشر المراقبة البصرية البينية. ويرجع ذلك إلى اختلاف تصميم نظام الإرسال والتحكم، وحجم الشبكة، واستراتيجيات إدارة التردي في مختلف الأنظمة. ولهذا السبب لا يمكن تعميم متطلب عام يقضي بقيمة معينة لمعلمة وبدقة معينة ليكون مؤشراً موثوقاً للحالة التشغيلية لنظام.

ويعتمد اختيار خيار النشر على الخصائص المحددة لعنصر الشبكة البصري (ONE)؛ ولا سيما خصائص نظام تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM) (كالطول وعدد الامتدادات وعدد القنوات، وعدم إمكانية الوصول إلى المواقع)، فضلاً عن اعتبارات التكلفة/المنفعة. وعلى وجه الخصوص، لا بد من النظر في أن نمو عدد نقاط المراقبة تواكبه زيادة استهلاك قدرة الإشارة مع ما يترتب على ذلك من تقلص مدى نظام تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي.

وختاماً، يتعين التأكيد على أن المواضع الممكنة لمعدات المراقبة المناسبة ووظائفها النسبية في عدد من عناصر الشبكة البصرية التي ترد في هذا التذييل ينبغي أن تعتبر أمثلة لا متطلبات. وتسترعي هذه الأمثلة الاهتمام لأنها يمكن أن تُظهر ما هو ممكن من وجهة نظر تكنولوجية، وما يمكن أن يحتاجه مشغلو الشبكات.

ويرد في الشكل 1.IV النموذج العام للمواضع الممكنة لمعدات المراقبة في عنصر الشبكة البصرية.

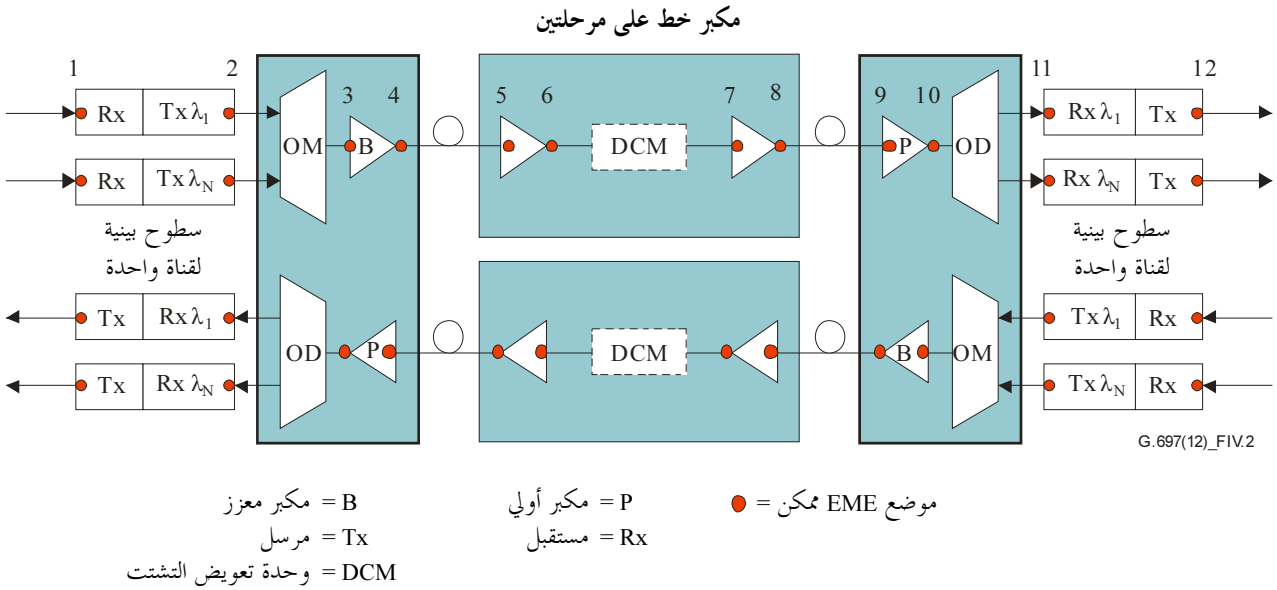


الشكل 1.IV – مثال على توضع معدات المراقبة المضمنة (EME) داخل عنصر الشبكة البصرية

2.IV نقاط المراقبة المضمنة

1.2.IV مقطع من خط تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM)

يرد في الشكل 2.IV مثال على تموضع معدات المراقبة المضمنة (EME) في مقطع من خط تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي لمسافات طويلة فيه قنوات بصرية تعمل بمعدل 10 Gbit/s.



الشكل 2.IV – مثال على تموضع معدات المراقبة المضمنة (EME) في مقطع من خط تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM) لمسافات طويلة

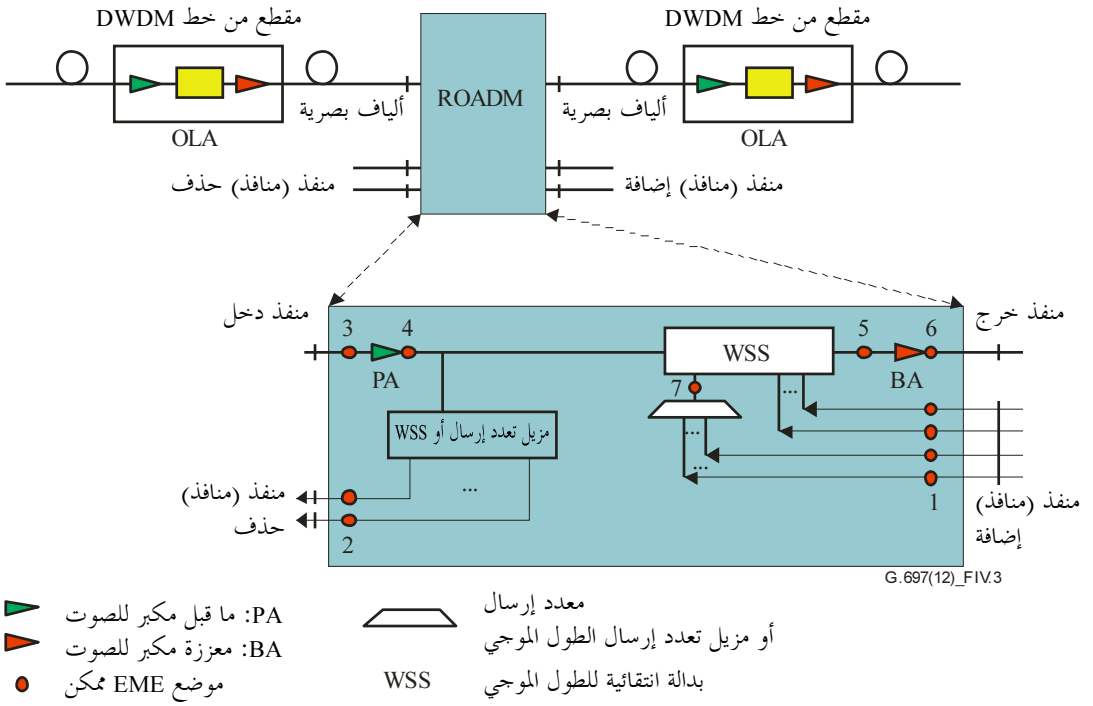
يمكن قياس المعلمات البصرية المدرجة في الفقرة 10 في مختلف نقاط المراقبة في الشكل 2.IV وفقاً للجدول 1.IV.

الجدول 1.IV – المراقبة الممكنة في مقطع من خط تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM)

معلمات المراقبة	موضع EME
أ) القدرة الإجمالية عند مدخل مراحل مختلفة من التكبير البصري	3، 5، 7، 9
ب) القدرة الإجمالية عند مخرج مراحل مختلفة من التكبير البصري	4، 6، 8، 10
ج) قدرة دخل القناة	1، 11
د) قدرة خرج القناة	2، 12
هـ) قدرة القناة عند مخرج مراحل مختلفة من التكبير البصري	4، 6، 8، 10
و) نسبة OSNR في القناة عند مخرج مراحل مختلفة من التكبير البصري	4، 6، 8، 10
ز) الطول الموجي للقناة	2
ملاحظـــة – يسرد هذا الجدول مواضع المراقبة الممكنة. ويتوقف الاختيار المناسب للمراقبة على خصوصية النظام (انظر الفقرة 1.IV).	

2.2.IV معددات إرسال الإضافة والحذف البصرية القابلة لإعادة التشكيل (ROADM)

يرد في الشكل 3.IV مثال على تموضع معدات المراقبة المضمنة في معدد إرسال الإضافة والحذف البصري القابل لإعادة التشكيل.



الشكل 3.IV – مثال على تموضع معدات المراقبة المضمنة (EME)
داخل معدد إرسال الإضافة والحذف البصري القابل لإعادة التشكيل (ROADM)

يمكن قياس المعلمات البصرية المدرجة في الفقرة 10 في مختلف نقاط المراقبة في الشكل 3.IV وفقاً للجدول 2.IV.

الجدول 2.IV – المراقبة الممكنة في مثال معدد إرسال الإضافة والحذف البصري القابل لإعادة التشكيل (ROADM)

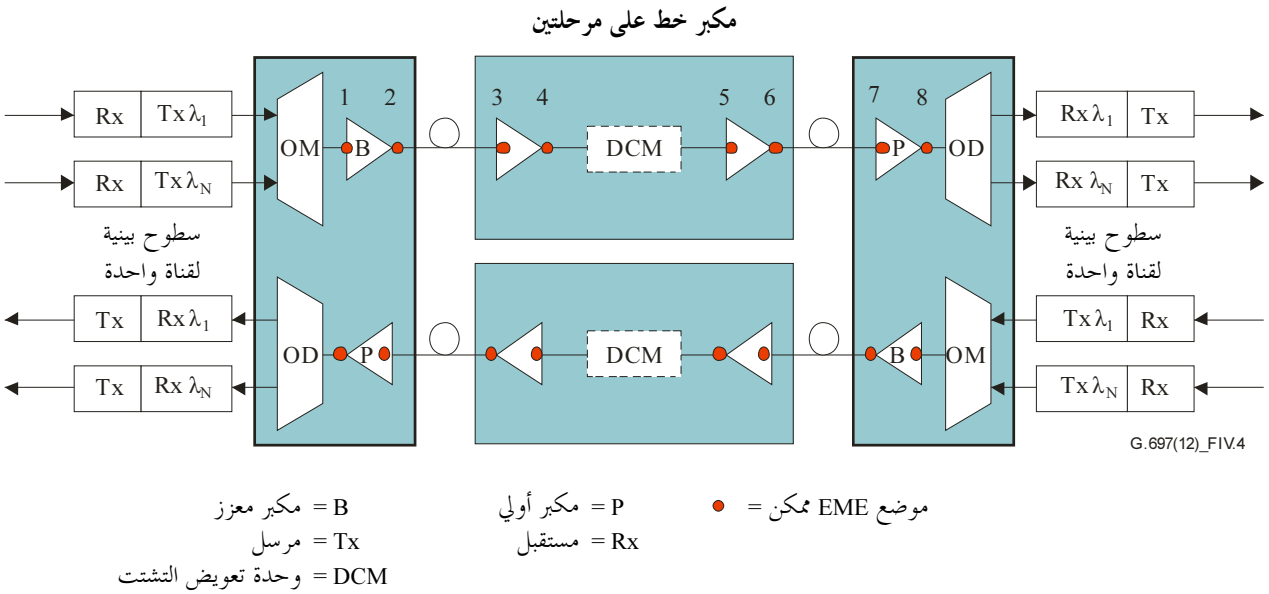
معلمات المراقبة	موضع EME
أ) القدرة الإجمالية عند مدخل مراحل مختلفة من التكبير البصري	3، 5
ب) القدرة الإجمالية عند مخرج مراحل مختلفة من التكبير البصري	4، 6
ج) قدرة دخل القناة	1
د) قدرة خرج القناة	2
هـ) قدرة القناة عند مخرج مراحل مختلفة من التكبير البصري	4، 6
و) نسبة OSNR في القناة عند مخرج مراحل مختلفة من التكبير البصري	4، 6
ز) الطول الموجي للقناة	1
ح) معلمات المراقبة	7
ملاحظـــة – يسرد هذا الجدول مواضع المراقبة الممكنة. ويتوقف الاختيار المناسب للمراقبة على خصوصية النظام (انظر الفقرة 1.IV).	

يحتاج موضع ووظيفة معدات المراقبة المضمنة (EME) ضمن التبديل الانتقائي للطول الموجي (WSS) إلى مزيد من الدراسة.

3.IV نقاط المراقبة الخارجية

1.3.IV مقطع من خط تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM)

يرد في الشكل 4.IV مثال على تموضع معدات المراقبة الخارجية(EMP) في مقطع من خط تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي لمسافات طويلة فيه قنوات بصرية تعمل بمعدل 10 Gbit/s.

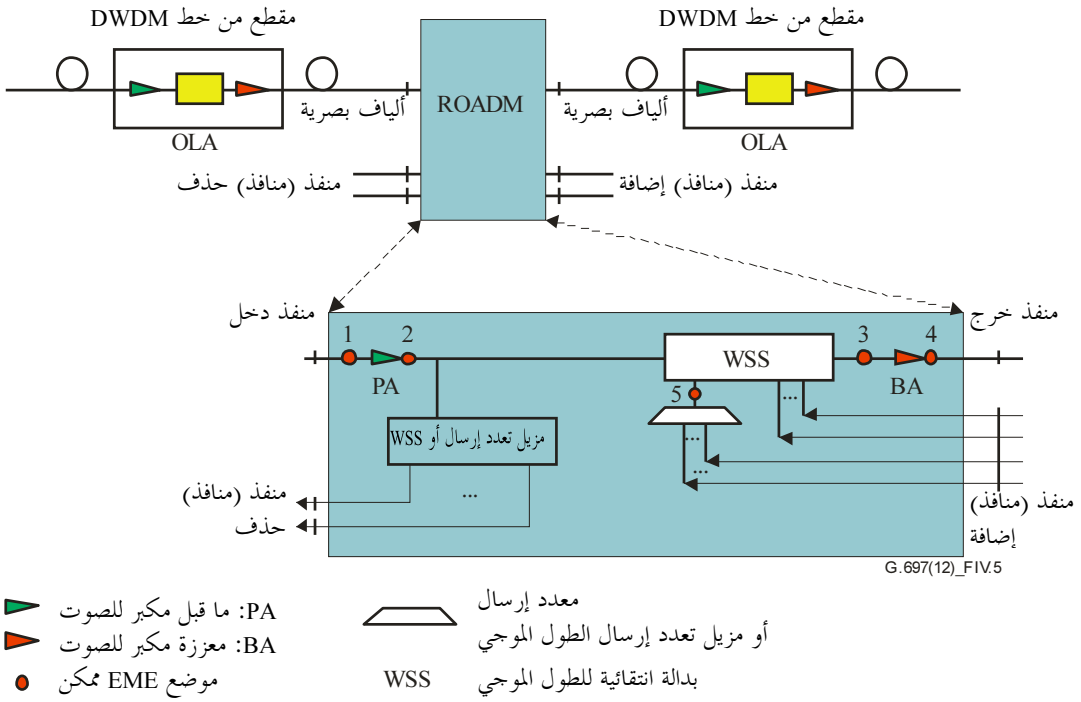


الشكل 4.IV – مثال على تموضع معدات المراقبة الخارجية (EMP) في مقطع من خط تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي (DWDM) لمسافات طويلة

يمكن قياس جميع المعلمات البصرية المدرجة في الفقرة 8 في مختلف نقاط المراقبة في الشكل 4.IV بمعدات القياس الخارجية المناسبة. ويتوقف الاختيار المناسب لنقاط المراقبة المقدمة على خصوصية النظام (انظر الفقرة 1.IV).

2.3.IV معددات إرسال الإضافة والحذف البصرية القابلة لإعادة التشكيل (ROADM)

يرد في الشكل 5.IV مثال على تموضع نقاط المراقبة الخارجية في معدد إرسال الإضافة والحذف البصري القابل لإعادة التشكيل.



الشكل 5.IV – مثال على توضع معدات المراقبة الخارجية (EMP) داخل معدد إرسال الإضافة والحذف البصري القابل لإعادة التشكيل (ROADM)

يمكن قياس جميع المعلمات البصرية المدرجة في الفقرة 10 في مختلف نقاط المراقبة في الشكل 5.IV بمعدات القياس الخارجية المناسبة. ويتوقف الاختيار المناسب لنقاط المراقبة المقدمة على خصوصية النظام (انظر الفقرة 1.IV).

التذييل V

تشفير المعلمة

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

يحتوي هذا التذييل على نظام تشفير ممكن لإيصال المعلومات المتعلقة بالمعلمات البصرية. ويقع خارج نطاق هذا التذييل استخدام هذه المعلومات، وكيفية إبلاغها، وما إذا كانت المعلومات مضمنة لأي معلمة معينة، وما إذا كان الحصول على قيمة أي معلمة يتم عن طريق القياس أو القياس قبل تثبيت النظام أو بمجرد التهيئة المسبقة.

1.V معرف الطول الموجي (32 بتة)

يحتوي هذا المجال على تسمية الطول الموجي ويتكون من 4 مجالات فرعية:

- **الشبكة** (3 بتات، 0 إلى 2): تُسند قيمة 1 إلى شبكة ITU-T DWDM على النحو المحدد في التوصية [b-ITU-T G.694.1]، وتُسند قيمة 2 إلى شبكة ITU-T CWDM على النحو المحدد في التوصية [b-ITU-T G.694.2]. ويُحتفظ بالقيم 0 و3 إلى 7 لاستخدامها في المستقبل.
- **التباعد بين القنوات** (4 بتات، 3 إلى 6): يرد في الجدول 1.V تشفير التباعد بين القنوات عندما تُسند قيمة "1" إلى الشبكة (DWDM) ويرد في الجدول 2.V تشفير التباعد بين القنوات عندما تُسند قيمة "2" إلى الشبكة (CWDM).

الجدول 1.V – تشفير التباعد بين القنوات DWDM

التباعد بين القنوات (GHz)	القيمة
100	1
50	2
25	3
12,5	4
شبكة مرنة	5
محفوظ للاستخدام المستقبلي	0، 6 إلى 15

وفي التباعدات بين القنوات التي تزيد عن 100 GHz، هناك أكثر من خيار ممكن للشبكة (انظر التوصية [b-ITU-T G.694.1])، لذلك ينبغي تشفير العنصر المناسب من الشبكة التي يبلغ التباعد بين القنوات فيها 100 GHz.

الجدول 2.V – تشفير التباعد بين القنوات CWDM

التباعد بين القنوات (nm)	القيمة
20	1
محفوظ للاستخدام المستقبلي	0، 2 إلى 15

- n (16 بتة، من 7 إلى 22): القيمة المستخدمة لحساب التردد على النحو المبين أدناه: عندما تكون قيمة الشبكة "1"، التردد (THz) = 193,1 THz +n × التباعد بين القنوات (THz). وفي الحالة التي تُسند فيها قيمة "5" إلى التباعد بين القنوات، ينبغي استخدام تباعد بين القنوات بمقدار 6,25 GHz في الصيغة أعلاه. وعندما تكون قيمة الشبكة "2"، الطول الموجي (nm) = 1 471 nm + n × التباعد بين القنوات (nm)، ويشفَّر المتحول n كرقم متمم لاثنين ذي 16 بتة.

- **m** (9 بتات، من 23 إلى 31): عندما تكون قيمة الشبكة "1" وتُسند قيمة "5" إلى التباعد بين القنوات، تكون هذه القيمة هي المستخدمة لحساب عرض الفتحة على النحو التالي: عرض الفتحة (GHz) = 12,5 GHz × m (انظر التوصية [b-ITU-T G.694.1])، وتسند إليه قيمة 0 خلاف ذلك. ويشفَّر المتحول **m** كعدد صحيح بدون إشارة جبرية.

وكمثال على ذلك، فإن تشفير عنصر 193,85 THz (حوالي 1 546,518 nm) من شبكة بتباعد 50 GHz في التوصية [b-ITU-T G.694.1] يكون شبكة = 1، تباعد بين القنوات = 2، n = 15، وتباعد محفوظ = 0. ويؤدي ذلك إلى التشفير التالي: 001 0010 0000000000001111 00000000 أو 0x00000791.

2.V مصدر معرف معلمة (8 بتات)

يحدد هذا المجال مصدر جدول البحث لمعرف المعلمة. وتتوافق القيمة "1" مع هذه التوصية، وتُحفظ جميع القيم الأخرى لتُستخدم في المستقبل.

3.V معرف معلمة (8 بتات)

عندما يساوي مصدر معرف المعلمة "1"، يسري تشفير المعلمة المبين في الجدول 3.V. ولجميع القيم الأخرى لمصدر معرف المعلمة، يعطى تشفير المعلمة في الوثيقة المشار إليها في الفقرة 2.V.

الجدول 3.V – تشفير معرف معلمة

القيمة	المعلمة	الوحدة	ملاحظات
1	إجمالي القدرة	dBm	
2	قدرة القناة	dBm	
3	انحراف التردد عن القيمة الاسمية	GHz	لقنوات DWDM
4	انحراف الطول الموجي عن القيمة الاسمية	nm	لقنوات CWDM
5	OSNR	dB (0,1 nm)	محالة إلى عرض نطاق للضوضاء بمقدار 0,1 nm
6	Q	–	الجودة الخطية
7	PMD	ps	متوسط DGD. وتقاس هذه المعلمة عادةً وقت التركيب فقط
8	التشتت المتبقي	ps/nm	تقاس هذه المعلمة عادةً وقت التركيب فقط

وتُحفظ جميع القيم الأخرى لمعرف المعلمة كي تُستخدم في المستقبل.

4.V قيمة المعلمات (32 بتة)

تشفَّر قيمة المعلمة كرقم نقطة عائمة ذي 32 بتة وفقاً للمرجع [b-IEEE 754]. ويُقسم الرقم المؤلف من 32 بتة إلى إشارة جبرية (بتة واحدة) وأس (8 بتات) وكسر لوغاريتمي (23 بتة). فتصبح قيمة المعلمة:

القيمة = $(-1)^{\text{إشارة جبرية}} \times 2^{(\text{الأس} - 127)} \times$ (عدد بين 1,0 و2,0 يُشتق من الكسر اللوغاريتمي)

وللاطلاع على التفاصيل انظر المرجع [b-IEEE 754].

بيبليوغرافيا

[b-ITU-T G.694.1] Recommendation ITU-T G.694.1 (2002), *Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid.*

[b-ITU-T G.694.2] Recommendation ITU-T G.694.2 (2003), *Spectral grids for WDM applications: CWDM wavelength grid.*

[b-ITU-T G.709] Recommendation ITU-T G.709/Y.1331 (2003), *Interfaces for the Optical Transport Network (OTN)*.

[b-ITU-T G.826] Recommendation ITU-T G.826 (2002), *End-to-end error performance parameters and objectives for international, constant bit-rate digital paths and connections*.

[b-ITU-T G-Sup.39] ITU-T G-series Recommendations – Supplement 39 (2003), *Optical system design and engineering considerations*.

[b-IEC 61280-2-9] IEC 61280-2-9 (2009), *Fibre optic communication subsystem test procedures – Part 2-9: Digital systems – Optical signal-to-noise ratio measurement for dense wavelength-division multiplexed systems.*

[b-IEEE 754] IEEE 754-2008, *Standard for Floating-Point Arithmetic.*

[b-Rasztovits-Wiech] Rasztovits-Wiech, M., Danner, and M., Leeb, W. R. (1998), *Optical signal-to-noise measurement in WDM networks using polarization extinction*, Proceedings of the 34th European Conference on Optical Communication (ECOC 1998), Madrid, September 1998, pp. 549-550.

سلاسل التوصيات الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

السلسلة A	تنظيم العمل في قطاع تقييس الاتصالات
السلسلة D	المبادئ العامة للتعريفة
السلسلة E	التشغيل العام للشبكة والخدمة الهاتفية وتشغيل الخدمات والعوامل البشرية
السلسلة F	خدمات الاتصالات غير الهاتفية
السلسلة G	**أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية**
السلسلة H	الأنظمة السمعية المرئية والأنظمة متعددة الوسائط
السلسلة I	الشبكة الرقمية متكاملة الخدمات
السلسلة J	الشبكات الكبلية وإرسال إشارات 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	المطاريف وطرائق التقييم الذاتية والموضوعية
السلسلة Q	التبديل والتشوير
السلسلة R	الإرسال البرقي
السلسلة S	التجهيزات المطرافية للخدمات البرقية
السلسلة T	المطاريف الخاصة بالخدمات التلماتية
السلسلة U	التبديل البرقي
السلسلة V	اتصالات البيانات على الشبكة الهاتفية
السلسلة X	شبكات البيانات والاتصالات بين الأنظمة المفتوحة ومسائل الأمن
السلسلة Y	البنية التحتية العالمية للمعلومات وملامح بروتوكول الإنترنت وشبكات الجيل التالي
السلسلة Z	اللغات والجوانب العامة للبرمجيات في أنظمة الاتصالات

طُبعت في سويسرا
جنيف، 2014