

TTC標準
Standard

JT-G959.1

光伝送網の物理インタフェース

〔 Optical transport network physical layer interfaces 〕

第3版

2019年2月21日制定

一般社団法人
情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE



本書は、一般社団法人情報通信技術委員会が著作権を保有しています。
内容の一部又は全部を一般社団法人情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、転載、改変、転用及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

目次

<参考>	5
1. 概要	6
2. 参照	7
3. 用語と定義	9
3.1 他で定義された用語	9
3.2 この標準で定義される用語	9
4. 略語	11
5. 光インタフェースの分類	13
5.1 アプリケーション	13
5.2 参照点	14
5.3 専門語	15
5.4 多重チャネル相互領域間インタフェース	17
5.5 単一チャネル相互領域間インタフェース	20
5.6 管理信号の実現方法	23
6. 横断的な互換性	24
7. パラメータ定義	25
7.1 システム運用波長の範囲	25
7.2 パラメータ	25
7.2.1 一般情報	26
7.2.2 MPI-S _M またはMPI-S点のインタフェース	27
7.2.3 MPI-S _M からMPI-R _M またはMPI-SからMPI-Rへの光パス (一区間)	34
7.2.4 MPI-R _M 点またはMPI-Rのインタフェース	37
8. パラメータ値	41
8.1 多重チャネルIrDI	41
8.2 単一チャネルIrDI	47
9. 光の安全上の注意	59
10. パワーレベル管理	59
付属資料A 多重チャネルIrDIにて単一チャネル特性を評価するための方法Aの構成	60
A.1 参照構成	60
付属資料B 多重チャネルIrDIにて単一チャネル特性を評価するための方法Bとしての参照光バンドパス フィルタと参照受信器の特性	61
B.1 参照構成	61
B.2 参照光バンドパスフィルタ	62
B.2.1 フィルタパラメータ	62
B.3 参照受信器	63
付録I 3R再生の単一チャネルクライアントインタフェース	64
I.1 序論	64
I.2 3R再生のクライアント信号インタフェースの記述	64
付録II OTN内の一般的な参照点	65
付録III IrDIとIaDI内の参照点の使用に関する説明	67
付録IV 管理信号接続性に関する考察	68
IV.1 光トリビュタリ信号の管理信号の実装	68
IV.2 光多重セクションと光中継セクションの管理信号	68

付録 V 光トリビュタリ信号が提供する最も高い階層に関する命名法.....	69
付録 VI 光トリビュタリ信号クラスRZ 40Gアプリケーション.....	70
付録 VII 電気分散補償を用いたアプリケーション.....	72
参考文献.....	73

〈参考〉

1. 国際勧告との関係

本標準は、ITU-T勧告G.959.1 (07/2018) に準拠したものである。

2. 上記国際勧告等との相違

2.1 オプション選択項目

なし

2.2 ナショナルマター項目

なし

2.3 追加項目

なし

2.4 削除項目

なし

2.5 変更項目

なし

2.6 章立ての相違

なし

2.7 その他

なし

3. 改版の履歴

版数	制定日	改版内容
第1版	2007年5月31日	制定
第2版	2011年2月23日	局内多重チャネルNRZ25Gおよび単一チャネルNRZ40Gの局内および1300nm帯短長距離アプリケーションを追加
第3版	2019年2月21日	ITU-T G.959.1 (07/2018) 版の内容を盛り込み。 参考扱いとしていた項目も標準化した。

4. 工業所有権

本標準に関わる「工業所有権等の実施の権利に係る確認書」の提出状況は、TTCホームページでご覧になれます。

5. その他

(1) 参照する勧告、標準など

ITU-T勧告 G.653, G.655, G.664, G.691, G.692, G.709.1, G.870, G8251

IEC規格 IEC60825-1, IEC60825-2

IEEE標準 IEEE Std 802.3bs-2017

TTC標準 JT-G652, JT-G693, JT-G694.1, JT-G695, JT-G707, JT-G709, JT-G872, JT-G957

6. 標準作成部門

光ファイバ伝送専門委員会

1. 概要

この標準は、波長分割多重通信(WDM)を使用する光ネットワークのために物理層相互領域インタフェース(IrDI)仕様を規定する。これらのインタフェースは、適用可能であれば、領域内インタフェース(IaDI)としても使用される。物理仕様はOTNを用いないIrDIに有効であり、同様にJT-G709に従ってOTN IrDIに関するアプリケーションもまた可能にする。OTNを用いないIrDIの場合、OTN管理能力は要求されない。光伝送網(OTN)の範囲内でIrDIは、単方向、ポイントツーポイント、単一と多重チャネルラインシステムによって提供される。それらの主要目的は二つの管理領域間の境界をつなぐ互換性あるインタフェースの横断を可能にすることである。IrDI仕様は、増幅器なしに、局内、近距離そして長距離のアプリケーションを含む。

注-この標準の目的で、管理領域という用語は、ネットワークオペレータ、サービスプロバイダあるいはエンドユーザのような単一プレイヤーに属する資源の範囲を意味すると理解されている。異なるプレイヤーの管理領域はそれら自身の間で重ならない。

仕様はアプリケーションコードに従ってまとめられている。それは(アプリケーションコードは)、チャネル数、光トリビュタリ信号の種類、スパン距離、ファイバの種類そして通信網形状などの多くの可能な組合せを考慮に入れている。参照構成とアプリケーションコードは光ネットワーク物理パラメータを明示するための基礎を形作る

この標準において、光監視チャネルの使用は、(付録IVの議論を除いて)考察されなかった。将来的改版や他の新しい勧告は大いにこれらのOTNの様相を扱い、あるいはポイントツーポイントよりも複雑な光サブネットワークインタフェースのどちらかの側の光ネットワークエレメントの準備を必要とするであろう。これらのアプリケーションに対して、ポイントツーポイント構成に対して明記されたこれらを超える、異なったパラメータが要求されるであろう。

この標準は、光ネットワーク物理層内を運ぶ光トリビュタリ信号がアナログよりもむしろデジタルであると仮定した。アナログ光トリビュタリ信号の伝達を可能にするシステムに対する仕様は、さらなる研究が必要である。

2. 参照

次のITU-T勧告と他の参照は、規定を含む。このテキストの参照を通してこの標準の規定を構成する。出版時に示された版は有効であった。全勧告と他の参照は改訂版を条件とする。この標準のユーザは、以下でリストされた勧告、及び、他の参照の最新版を適用することを奨励する。

現在有効な ITU-T勧告のリストは定期的な出版される。この標準中のドキュメントの参照は、独立した文章として、勧告の状態を与えるものではない。

注) 以下の参照文章において、ITU-T勧告をTTC標準化したものは、TTC標準 (JT-xxxx) を参照文章として記載している。TTC標準がITU-T勧告の最新版と異なる場合は、ITU-T勧告の最新版も参照すること。

- JT-G652, シングルモード光ファイバ及びケーブルの諸特性, 第1.1版 (2018年5月24日)
- ITU-T Recommendation G.653 (2010), *Characteristics of a dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable*. (分散シフト単一モード光ファイバケーブルの属性)
- ITU-T Recommendation G.655 (2009), *Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable*. (非零分散シフトの単一モード光ファイバケーブルの属性)
- ITU-T Recommendation G.664 (2012), *Optical safety procedures and requirements for optical transport systems*. (光安全手順と光伝送システムの要求条件)
- ITU-T Recommendation G.691 (2006), *Optical interfaces for single channel STM-64 and other SDH systems with optical amplifiers*. (単一チャンネルSTM-64とその他の光増幅器付SDHシステムの光インタフェース)
- ITU-T Recommendation G.692 (1998), *Optical interfaces for multichannel systems with optical amplifiers*. (光増幅器付多重チャンネルシステムの光インタフェース)
- JT-G693, 局内システムのための光インタフェース, 第1版 (2008年5月29日)
- JT-G694.1, WDM用途のスペクトル・グリッド:DWDM周波数グリッド, 第2版 (2012年8月30日)
- JT-G695, CWDMアプリケーションのための光インタフェース, 第2版 (2011年2月23日)
- JT-G707, 同期デジタルハイアラキーのNNI, 第7版 (2006年11月27日)
- JT-G709, 光伝送網のインタフェース, 第2.1版 (2011年3月1日)
- ITU-T Recommendation G.709.1/Y.1331.1 (2018), *Flexible OTN short-reach interface*. (フレキシブルOTN短距離インタフェース)
- ITU-T Recommendation G.870/Y.1352 (2016), *Terms and definitions for optical transport networks*. (光伝送網の用語と定義)
- JT-G872, 光伝送網のアーキテクチャ, 第1版 (2007年11月26日)
- JT-G957, SDH多重系光インタフェース条件, 第3版 (2001年4月19日)
- ITU-T Recommendation G.8251 (2010), *The control of jitter and wander within the optical transport network (OTN)*. (光伝送網におけるジッタとワンダの制御)
- IEC 60825-1 (2014), *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide*. (レーザ製品の安全。Part1 : 装置分類、要求条件とユーザーズガイド)
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/037864?opendocument>>
- IEC 60825-2 (2010), *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)*. (レーザ製品の安全。Part2 : 光ファイバ通信システムの安全)
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/037463?opendocument>>
- IEEE Std 802.3bs-2017, *Standard for Ethernet Amendment 10: Media Access Control Parameters, Physical Layers and Management Parameters for 200 Gb/s and 400 Gb/s Operation*. (改正イーサネットの標準 改

正10 : 200 Gb/sおよび400 Gb/s動作のメディアアクセス制御パラメータ、物理層および管理パラメータ)

3. 用語と定義

3.1 他で定義された用語

この標準は他で定義された以下の用語を使用する。

3.1.1 完全標準化OTUk (OTUk) [JT-G709]

3.1.2 ネットワーク物理層 (network media channel) [ITU-T G.870]

3.1.3 光多重セクション (OMS : Optical Multiplex Section) [JT-G872]

3.1.4 光監視チャネル (OSC : Optical Supervisory Channel) [ITU-T G.692]

3.1.5 光中継セクション (OTS : Optical Transmission Section) [JT-G872]

3.2 この標準で定義される用語

この標準は以下の用語を定義する。

3.2.1 相互領域間インタフェース (IrDI : inter-domain interface)

2つの管理ドメイン間の境界を表す物理インタフェース。

3.2.2 領域内インタフェース (IaDI : intra-domain interface)

管理ドメイン内の物理インタフェース。

3.2.3 非OTN (non-OTN : non-optical transport network)

この用語はITU-T勧告G.871で表されるOTN勧告一式に従わないシステムを指す。特にOTN を用いないシステムはパフォーマンスモニタリングと管理、そして単一チャネルクライアント信号の保護切替/復元のためにクライアント固有のオーバーヘッド情報に依存するであろう。

3.2.4 光トリビュタリ信号 (OTSi : optical tributary signal)

光ネットワークを介して伝送するために、ネットワーク物理層内に配置される光信号。これは、単一の変調された光キャリアまたは変調された複数の光キャリアまたはサブキャリアのグループからなることができる。

3.2.5 光トリビュタリ信号NRZ 1.25Gクラス

公称622Mbit/sから公称1.25Gbit/sまで、NRZ回線符号の連続的デジタル信号を適用する。光トリビュタリ信号クラスNRZ 1.25GはJT-G707に従ってSTM-4ビットレートの信号を含んでいる。

3.2.6 光トリビュタリ信号NRZ 2.5Gクラス

公称622Mbit/sから公称2.5Gbit/sまで、NRZ回線符号の連続的デジタル信号を適用する。光トリビュタリ信号クラスNRZ 2.5GはJT-G707に従ってSTM-16ビットレートとJT-G709に従ったOTU1ビットレートの信号を含んでいる。

3.2.7 光トリビュタリ信号 NRZ 10G クラス

公称2.4Gbit/sから公称10.71Gbit/sまで、NRZ回線符号の連続的デジタル信号を適用する。光トリビュタリ信号クラスNRZ 10GはJT-G707に従ってSTM-64ビットレートとJT-G709に従ったOTU2ビットレートの信号を含んでいる。

3.2.8 光トリビュタリ信号NRZ 25Gクラス

公称9.9Gbit/sから公称28Gbit/sまで、NRZ回線符号の連続的デジタル信号を適用する。光トリビュタリ信号クラスNRZ 25GはJT-G709に従ったOTL4.4ビットレート (4つの物理レーンに分けられたOTU4) の信号を含んでいる。

3.2.9 光トリビュタリ信号NRZ 40Gクラス

公称9.9Gbit/sから公称43.02Gbit/sまで、NRZ回線符号の連続的デジタル信号を適用する。光トリビュタリ信号クラスNRZ 40GはJT-G707に従ってSTM-256ビットレートとJT-G709に従ったOTU3ビットレートの信号を含んでいる。

3.2.10 光トリビュタリ信号RZ 40Gクラス

公称9.9Gbit/sから公称43.02Gbit/sまで、RZ回線符号の連続的デジタル信号を適用する。光トリビュタリ信号クラスRZ 40GはJT-G707に従ってSTM-256ビットレートとJT-G709に従ったOTU3ビットレートの信号を含んでいる。

3.2.11 光トリビュタリ信号PAM4 50Gクラス

公称53.1Gbit/sから公称55.91Gbit/sまで、PAM4回線符号の連続的デジタル信号を適用する。光トリビュタリ信号クラスPAM4 50GはITU-T G.709.1に従ったFOIC2.4とFOIC4.8の信号を含んでいる。

4. 略語

この標準は以下の略語を使用する。

2R	(Re-generation) Re-amplification,reshaping	(再生)再増幅、再整形
3R	(Re-generation) Re-amplification,reshaping,retiming	(再生)再増幅、再整形、再同期
APD	Avalanche Photodiode	アバランシェフォトダイオード
BER	Bit Error Ratio	ビット誤り率
DC	Dispersion Compensation	分散補償
DGD	Differential Group Delay	群遅延時間差
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing	高密度波長分割多重
ER	Extinction ratio	消光比
FEC	Forward Error Correction	前方誤り訂正
ffs	For Further Study	今後の課題
IaDI	Intra-Domain Interface	領域内インタフェース
IrDI	Inter-Domain Interface	相互領域間インタフェース
MLM	Multi-Longitudinal Mode	マルチ縦モード
MPI-R	single channel Receive Main Path Interface	単一チャンネル受信メインパスインタフェース
MPI-R _M	Multichannel receive main path interface	多重チャンネル発信元メインパスインタフェース
MPI-S	single channel source Main Path Interface	単一チャンネル発信メインパスインタフェース
MPI-S _M	Multichannel source main path interface	多重チャンネル発信元メインパスインタフェース
NA	Not Applicable	適用なし
NE	Network Element	ネットワークエレメント
NRZ	Non-Return to Zero	NRZ符号化方式
OA	Optical Amplifier	光増幅器
OADM	Optical Add-Drop Multiplexer	光アッドドロップ多重化部
OD	Optical Demultiplexer	光分離部
OEO	Optical-to-Electrical-to-Optical	光-電気-光
OM	Optical Multiplexer	光多重化部
OMA _{outer}	Optical Modulation Amplitude (between the outer levels for PAM4)	光変調振幅 (PAM4の最小最大レベル差)
OMS	Optical Multiplex Section	光多重セクション
ONE	Optical Network Element	光ネットワークエレメント
OSC	Optical Supervisory Channel	光監視チャンネル
OTL	Optical channel Transport Lane	光チャンネル伝送レーン
OTN	Optical Transport Network	光伝送網
OTS	Optical Transmission Section	光中継セクション
OTSi	Optical Tributary Signal	光トリビュタリ信号
OTUk	Optical channel Transport Unit – k	光チャンネル伝送ユニット-k
PAM4	Pulse Amplitude Modulation with 4 levels	4レベルのパルス振幅変調
PIN	P type-Intrinsic-N type	P型-固有-N型
PMD	Polarization Mode Dispersion	偏波モード分散
R _M	Multichannel Receive	多重チャンネル受信
RMS	Root Mean Square	実効値
R _S	Single channel Receive	単一チャンネル受信

RS-M	Single channel (to Multichannel) Receive	単一チャンネル (多重チャンネルに対する) 受信
RZ	Return to Zero	RZ符号化方式
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	同期デジタルハイアラーキ
SECQ	Stressed Eye Closure for PAM4	PAM4のストレストアイクロージャ
SLM	Single-Longitudinal Mode	シングル縦モード
SM	Multichannel Source	多重チャンネル発信元
SM-S	Single channel (from multichannel) source	単一チャンネル (多重チャンネルから) 発信元
SONET	Synchronous Optical Network	同期光ネットワーク
SS	Single channel Source	単一チャンネル発信元
TDECQ	Transmitter and Dispersion Eye Closure for PAM4	PAM4の送信および分散アイクロージャ
WDM	Wavelength Division Multiplexing	波長分割多重

5. 光インタフェースの分類

5.1 アプリケーション

この標準は、単一と多重チャネル光システムに言及し、光インタフェースパラメータと相互領域間インタフェースアプリケーションの範囲に対する数値を規定している。

この標準におけるアプリケーションコードの大多数は、一連の適切な光トリビュタリ信号クラスの中のビットレートを持つ光トリビュタリ信号の範囲に適用される(これらが「複数の」アプリケーションコードと称され、そして、レターPを含む)。例えば、コードP1I1-2D2は、JT-G707に基づいたSTM-64ビットレートを持つ信号、そしてまたJT-G709に基づいたOTU2ビットレートを持つ信号に適用される。

JT-G872に記述されているように、ポイントツーポイント通信形態の管理領域の相互接続には標準化された接続が必要とされる。

異なる管理領域間相互接続はまた、JT-G707、JT-G709あるいは他の仕様で記述されている相互領域間インタフェース (IrDI) を横切って伝送する特性情報の仕様をも必要とされる。この特性情報の定義、それは信号ビットレート、フォーマットとバイト割り当てを含むのだが、この標準の範囲外である。

伝送の観点から、光リンクはアナログ動作を示す (例えば、減衰や分散、ファイバ非線形性、増幅された自然放出等による光伝送損傷は、アナログネットワークにおける雑音などの損傷の累積と同じように累積する)。デジタルネットワークの中で、そのような損傷の緩和は、3R再生ポイントで成し遂げられ、必要とされるリンク誤り特性目標を達成するために作成された工学ガイドラインによれば、それは伝送パス内に位置している。同様にOTNの範囲内では、OTN誤り特性目標を維持するために、3R再生が一定の位置で必要とされる。現在は、3Rの過程は典型的に電気-光変換に依存している。IrDIsにおける特別なアプリケーションのための3R再生への代替的な問題解決手法としての2R再生の使用は、更なる研究のために残される。全-光2R/3R再生の使用もまたさらなる研究が必要である。

IrDIは単一チャネルインタフェースか又は多重チャネルインタフェースのいずれかとして実現されるかもしれない。多重チャネルIrDIは付加的波長多重/分離装置とあるいは光増幅器を必要とするが、同量の容量を持つ複数の単一チャネルIrDIと比較すると、より少しのファイバを使用する。図5-6は単一チャネルIrDIを表す。図5-3、5-4そして5-5は多重チャネルIrDIの3タイプを表す。

この標準は、図5-3、5-4、5-5及び5-6 で示されるように、インタフェースの両側の3R再生と共に単一チャネル、そしてまた多重チャネルIrDIsに一致するアプリケーションコードの物理層パラメータと値を提供する。

この標準で使われる仕様方式は、“ブラックボックス”手法で、それにはこの標準の範囲内でIrDIに対する光インタフェースだけが明記されている。内部エレメント又はブラックボックス内エレメント間接続を制限あるいは明記することを意図する訳ではない。しかしながらブラックボックスに対しての機能条件、最も重要な3R再生の包含である。

仕様は以下の特性を持つ単一チャネル相互領域間インタフェースに示される。その特性とは、NRZ 2.5G、NRZ 10G、NRZ 25G、NRZ 40GおよびPAM4 50Gに一致するチャンネルビットレート、局内、短距離と長距離のスパン距離、そして単方向伝送。将来において仕様は、RZ 40Gのビットレート/回線符号による単一チャ

ネルIrDIのために同じく予期される。これらの可能性のある将来のアプリケーションに関する情報を付録VIに示す。

付録Iは単一チャネルクライアントインタフェースの詳細を含む。

多重チャネル相互領域間インタフェースに対しても仕様が示される。このインタフェースは、JT-G694.1のグリッドに一致する中心周波数、NRZ2.5GとNRZ10Gに一致するチャネルビットレート、局内と短距離(40km)光多重セクション単一区間距離、単方向伝送、そしてポイントツーポイント通信形態で、32チャンネルまで適応させる。

将来、仕様はさらなる多重チャネルアプリケーションを予期する。それはJT-G694.1のグリッドに一致する中心周波数、NRZ2.5GとNRZ10Gに一致するチャネルビットレート、長距離(80km)光多重セクション区間距離に伝送路増幅器なしで、単方向伝送、そしてポイントツーポイント通信形態で、32チャンネルまで適応させる。

5.2 参照点

将来のOTNの光ネットワークエレメント(ONEs)に対する一連の「一般的」参照点を付録IIに示す。

この標準のために、多重チャネルIrDIと単一チャネルIrDIに適用できる適切な参照点を各々、図5-1及び5-2に示す。

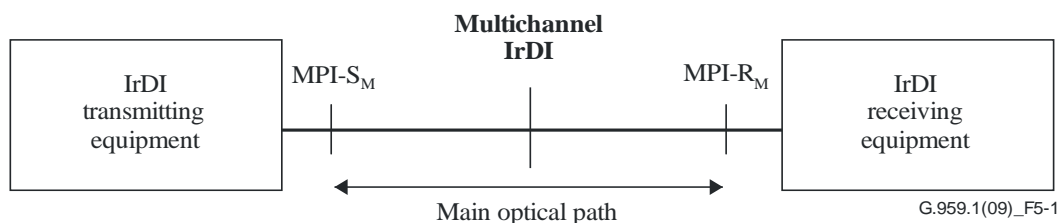


図5-1 多重チャネルIrDI参照構成

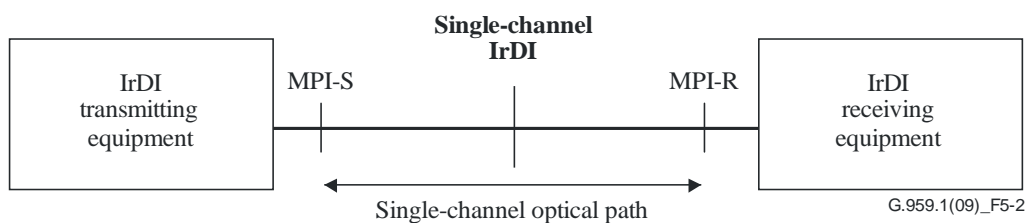


図5-2 単一チャネルIrDI参照構成

図5-1および図5-2の参照点は以下のように定義する。

- MPI-Sは、各光ネットワークエレメントのトリビュタリインタフェースの出力光コネクタの直後の単一チャンネル参照点である；
- MPI-Rは、各光ネットワークエレメントのトリビュタリインタフェースの入力光コネクタの直前の光ファイバの単一チャンネル参照点である；
- MPI-S_mは、各光ネットワークエレメントのトリビュタリインタフェースの出力光コネクタの直後の多重チャンネル参照点である；
- MPI-R_mは、各光ネットワークエレメントのトリビュタリインタフェースの入力光コネクタの直前の光ファイバの多重チャンネル参照点である；

IrDIとIaDI両方に適用される一般的な参照点のセットの使用の明記は、付録IIIで与えられる。

5.3 専門語

アプリケーションコードはネットワーク、インプリメンテーション (実現方式) そしてアプリケーションのアーキテクチャ特性を識別する。

アプリケーションコード表記法は以下のように作成されている。

PnWx-ytz

こうした場合、

- P と表示したとき、IrDIに適用する「複数の」アプリケーションコードを示す。複数のコードは、定義されたクラスの中のあらゆる光トリビュタリ信号に適用される。
- n は、アプリケーションコードによってサポートされた最大チャンネル数である。
- W は、次のようにスパン距離/減衰量を示す活字である。
 - R は超短距離を示す (最高4dB減衰)。
 - I は局内を示す (最高7dB減衰)。
 - S は短距離を示す (11dB減衰)。
 - L は長距離を示す (22dB減衰)。
 - V は超長距離を示す (33dB減衰)。
 - U は極超長距離を示す (44dB減衰)。
- x はアプリケーションコード内可能な最大スパン数である。
- y はサポートされる光トリビュタリ信号の最も高いクラスを示す。
 - 1はNRZ 2.5Gを示す。
 - 2はNRZ 10Gを示す。
 - 9はNRZ 25Gを示す。
 - 3はNRZ 40Gを示す。
 - 7はRZ 40Gを示す。
 - 4はPAM4 50Gを示す。付録V は、いかにこれらの数が割当てられたかの説明を含む。
- t は次のようにアプリケーションコードで提供されているパワーレベルを示す活字である。
 - A は始点のONEのブースタ増幅器の適合するパワーレベルと、終点のONEの前置増幅器に適合するパワーレベルを示す。

- ・ B はブースタ増幅器のみに適当なパワーレベルが使われることを示す。
 - ・ C は前置増幅器のみに適当なパワーレベルが使われることを示す。
 - ・ D は増幅器なしの操作に適合するパワーレベルが使われることを示す。
- zは以下のような光源そしてファイバの種類である。
- ・ 1はJT-G652ファイバ上の公称1310nm光源
 - ・ 2はJT-G652ファイバ上の公称1550nm光源
 - ・ 3はITU-T G.653ファイバ上の公称1550nm光源
 - ・ 5はITU-T G.655ファイバ上の公称1550nm光源

この標準の現版で、単スパンIrDI_s (すなわち対x=1) の物理パラメータ値だけが定義されてきた。

双方向システムをもし取り入れるならば、アプリケーションコードの先頭に活字Bを付加して示されるであろう。OTNアプリケーションにとって、これは以下になる。

BnWx-ytz

いくつかのアプリケーションコードのために、接尾辞はコードの最後に付けられた。6つの接尾辞が以下のように定義されている：

- このアプリケーションがJT-G709またはITU-T G.709.1 において明記されたFECバイトが送信されることを必要とすることを示すためのF。
- このアプリケーションが適応分散補償を含むことを示すためのD。
- 分散補償が可能である受信器の使用をこのアプリケーションが必要とすることを示すためのE。
注-これは電気分散補償かもしれない。
- 減少した目標距離を示すためのr。これらのアプリケーションコードは分散で制限されている。同じ目標距離は他の技術的解決策によって達成されることもあるが、それはさらなる研究が必要である。(例えば、並列伝送インタフェース手法)
- このコードがAPD受信に適切な送信パワーレベルを持つことを示すためのa。
- このコードがPIN受信に適切な送信パワーレベルを持つことを示すためのb。

この表記法水準は、他のアーキテクチャまたは実装の代替手段が識別される時、増さなければならないだろう。表5-1はアプリケーションコードの例を規定している。

表5-1 アプリケーションコード例

アプリケーションコード例	複数のコード？	最大チャネル数	スパンの最大減衰	最大スパン数	光トリビュタリ信号が提供する最も高い階層	ONEタイプに適したパワーレベル	ファイバの種類
P1I1-1D1	Yes	1	6 dB	1	NRZ 2.5G	増幅器なし	JT-G652
P16S1-2C5	Yes	16	11 dB	1	NRZ 10G	前置増幅器のみ	G.655
16S1-2B5	No	16	11 dB	1	NRZ 10G	ブースタ増幅	G.655

					(OTU2)	器のみ	
--	--	--	--	--	--------	-----	--

5.4 多重チャネル相互領域間インタフェース

この標準における多重チャネルIrDIインタフェースは、横断的な (マルチベンダ) 互換性を可能にすることを意図している。これらのインタフェースはJT-G652、G.653あるいはG.655ファイバ上で動作し、特定のアプリケーションコードに依存して、NRZ2.5G、NRZ10GあるいはNRZ25G光トリビュタリ信号クラスのいずれかを使用しながら、同時に32光トリビュタリ信号 (OTSis) まで伝送するであろう。同じ光パラメータは表8-1から8-5のそれぞれ個々の列に表示される全アプリケーションコードに適用する。

横断的な互換性に関連するさらなる必要条件は6章で見つけることができる。

表5-2から5-4は多重チャネルIrDIアプリケーションコードを要約し、それは5.3節の専門語によって組み立てられている。

表5-2 局内アプリケーションの多重チャネル相互領域間インタフェースの分類

アプリケーション	局内 (I-R)				
	1310 (JT-G694.1グリッド) (注2)		1550 (JT-G694.1グリッド) (注2)		
光源の公称波長 (nm)	1310 (JT-G694.1グリッド) (注2)		1550 (JT-G694.1グリッド) (注2)		
ファイバの種類	JT-G652	JT-G652	JT-G652	G.653	G.655
ターゲット距離 (km) (注1)	2	10	20	2	20
光トリビュタリ信号クラス NRZ2.5G	—	—	—	—	—
パラメータ表	—	—	—	—	—
光トリビュタリ信号クラス NRZ10G	—	P4I1-2D1 P1I-2D1F	P16I1-2D2 P32I1-2D2	P16I1-2D3	P16I1-2D5
パラメータ表	—	JT-G695	表8-2	表8-2	表8-2
コード	—	C4S1-2D1	—	—	—
光トリビュタリ信号クラス NRZ25G	—	4I1-9D1F	—	—	—
パラメータ表	—	表8-5	—	—	—
光トリビュタリ信号クラス PAM4 50G	8R1-4D1F	4I1-4D1F 8I1-4D1F	—	—	—
パラメータ表	表8-6	表8-6	—	—	—
注1-これらのターゲット距離は、仕様ではなく分類のためのものである。					
注2-表8-2、8-5または8-6を参照。					

表5-3 短距離用アプリケーションの多重チャネル相互領域間インタフェースの分類

アプリケーション	短距離 (S)		
光源の公称波長 (nm)	1550 (JT-G694.1グリッド) (注2)		
ファイバの種類	JT-G652	G.653	G.655
ターゲット距離 (km) (注1)	40	40	40
光トリビュタリ信号クラス NRZ2.5G	P16S1-1D2	–	P16S1-1D5
パラメータ表	表8-1	–	表8-1
光トリビュタリ信号クラス NRZ10G	P16S1-2B2 P16S1-2C2	P16S1-2C3	P16S1-2B5 P16S1-2C5
パラメータ表	表8-3	表8-3	表8-3
注1- これらのターゲット距離は、仕様ではなく分類のためのものである。			
注2- 表8-1または8-3を参照。			

表5-4 長距離用アプリケーションの多重チャネル相互領域間インタフェースの分類

アプリケーション	長距離 (L)		
光源の公称波長 (nm)	1550 (JT-G694.1グリッド) (注2)		
ファイバの種類	JT-G652	JT-G652	G.655
ターゲット距離 (km) (注1)	40	80	80
光トリビュタリ信号クラス NRZ2.5G	–	P16L1-1A2	P16L1-1A5
パラメータ表	–	表8-4	表8-4
光トリビュタリ信号クラス NRZ10G	–	P16L1-2A2	P16L1-2A5
パラメータ表	–	表8-4	表8-4
光トリビュタリ信号クラス NRZ25G	4L1-9C1F 4L1-9D1F	–	–
パラメータ表	表8-5	–	–
注1- これらのターゲット距離は、仕様ではなく分類のためのものである。			
注2- 表8-4または8-5を参照。			

前置増幅器のみに適したパワーレベルを持つアプリケーションは、アプリケーションコードにレターCを含み、そして、図5-3において図解される。

ブースタ増幅器のみに適したパワーレベルを持つアプリケーションは、アプリケーションコードにレターBを含み、そして、図5-4において図解される。

増幅器無しの操作に適したパワーレベルを持つアプリケーションは、アプリケーションコードにレターDを含み、そして、図5-5において図解される。

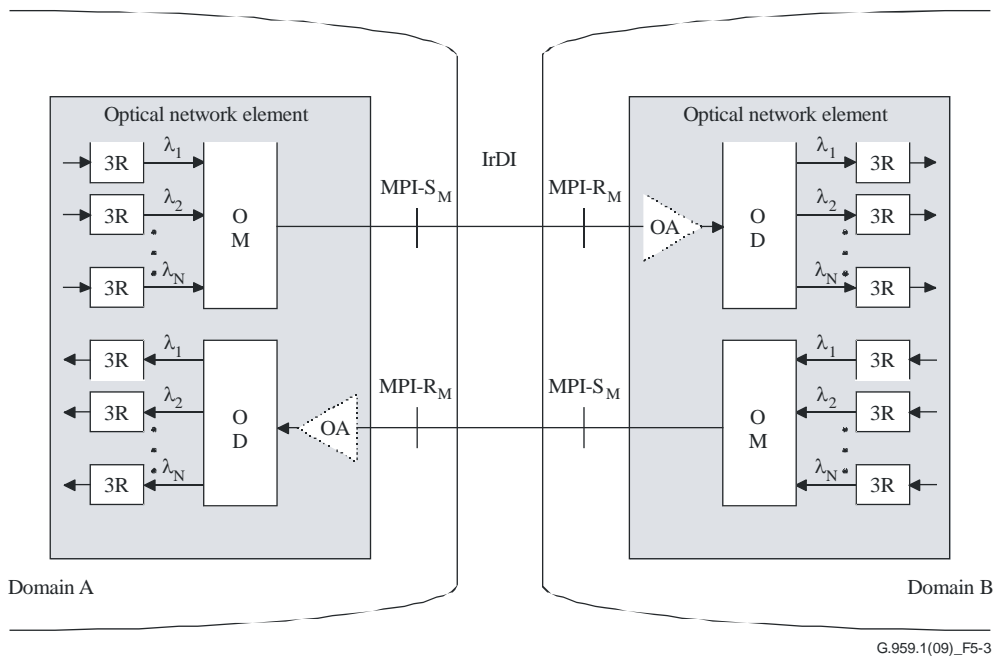


図5-3 前置増幅器使用多重チャンネルIrDIアプリケーション

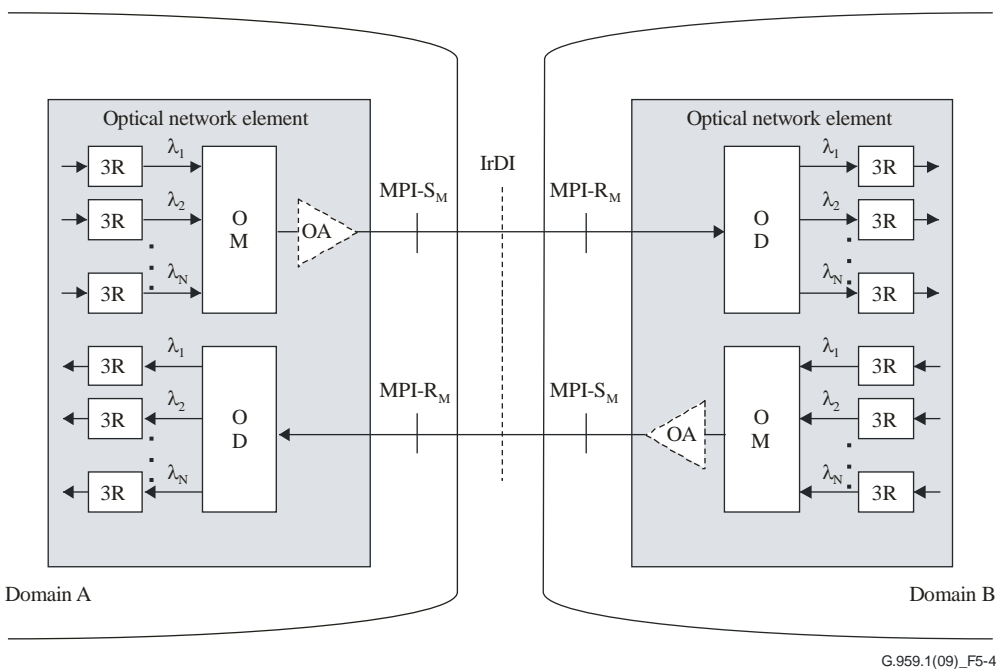
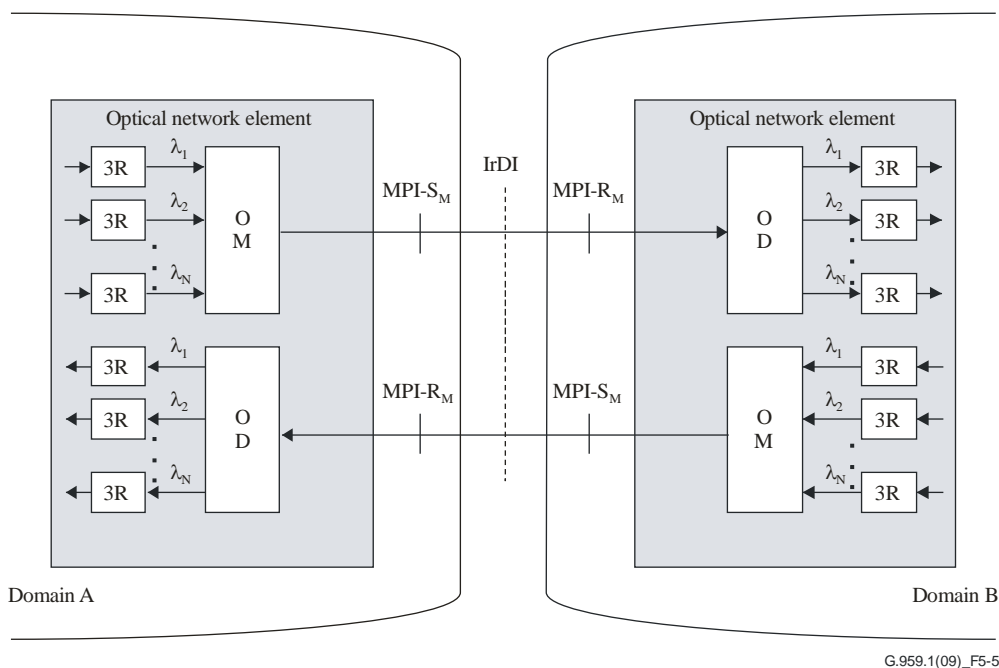


図5-4 ブースタ増幅器使用多重チャンネルIrDIアプリケーション

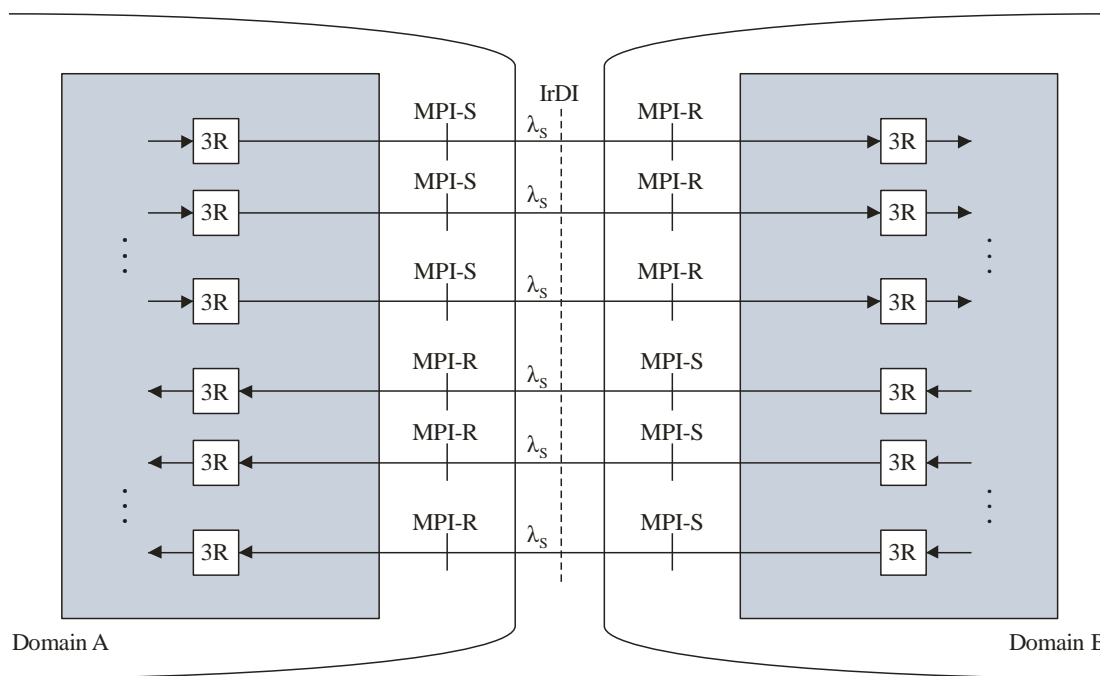


G.959.1(09)_F5-5

図5-5 増幅器なし多重チャンネルIrDIアプリケーション

5.5 単一チャンネル相互領域間インタフェース

単一チャンネル領域間インタフェースは図5-6に示される。



G.959.1(12)_F5-6

図5-6 単一チャンネルIrDIアプリケーション

これらのインタフェースは、横断的な (マルチベンダ) 互換性を可能にすることを意図しており、特定のアプリケーションコードに依存して、NRZ 2.5G、NRZ 10GまたはNRZ 40G光トリビュタリ信号のいずれかを使用しながら、JT-G652、G.653あるいはG.655ファイバ上で動作する。

アプリケーションは距離のカテゴリ、光トリビュタリ信号クラス、光源の公称波長、および、ファイバの種類との全ての可能な組み合わせをアプリケーションとしてカバーするわけではない。ここに含まれるアプリケーションは、低価格の実現により、広範囲のネットワークの要求を満足させることを意図している。表5-5～5-9は5.3節における専門語に従って構成され、単一チャネルIrDIアプリケーションコードを要約する。

局内、短距離、長距離、超長距離および極超長距離アプリケーションのためのパラメータ値は8.2節に示される。光トリビュタリ信号(クラスNRZ 2.5G)のアプリケーションに対して8.2節の中の値が、同じか、あるいは、JT-G957に見られるアプリケーションに対する値(JT-G957の中の値が変更されたことを除いて)と、必要であれば、 10^{-12} 以下のビット誤り率を実現するために、ほとんどの例で、同じである。光トリビュタリ信号(クラスNRZ 10G)のアプリケーションに対して、ほとんどの例で8.2節の中の値と、ITU-T勧告G.691に見られるアプリケーションに対する値とは同じである。

表5-5 局内アプリケーションの単一チャネル相互領域間インタフェース分類

アプリケーション	局内 (I)					
	1310		1550			
ファイバの種類	JT-G652		JT-G652		G.653	G.655
光トリビュタリ信号クラスNRZ2.5G	–	P1I1-1D1	–	–	–	–
クラスNRZ2.5Gのターゲット距離 (km) (注1)	–	2	–	–	–	–
パラメータが与えられている表	–	表8-7	–	–	–	–
光トリビュタリ信号クラスNRZ 10G	P1I1-2D1r	P1I1-2D1	P1I1-2D2r	P1I1-2D2	P1I1-2D3	P1I1-2D5
クラスNRZ10Gのターゲット距離 (km) (注1)	0.6	2	2	25	25	25
パラメータが与えられている表	JT-G693 (注2)	JT-G693 (注2)	JT-G693 (注2)	表8-10	表8-10	表8-10
参照コード	VSR600-2R1	VSR2000-2R1	VSR2000-2L2			
光トリビュタリ信号クラスNRZ 40G	–	P1I1-3D1 I1I-3D1F			P1I1-3D3	P1I1-3D5
クラスNRZ40Gのターゲット距離 (km) (注1)	–	10			10	5 (注3)
パラメータが与えられている表	–	表8-16			表8-16	表8-16
注1- これらのターゲット距離は、仕様ではなく分類のためのものである。 注2- これらのアプリケーション(この標準の前版で規定されていたもの)は、JT-G693に含まれている。 注3- これは、G.655.Dファイバを使用した場合である。G.655.Eファイバを使用した場合は、ターゲット距離は減少する。						

表5-6 短距離アプリケーションの単一チャネル相互領域間インタフェース分類

アプリケーション	短距離 (S)			
	1310	1550		
光源の公称波長 (nm)	1310	1550		
ファイバの種類	JT-G652	JT-G652	G.653	G.655
光トリビュタリ信号クラスNRZ2.5G	P1S1-1D1	P1S1-1D2	–	–
クラスNRZ2.5Gのターゲット距離 (km) (注)	20	40	–	–
パラメータが与えられている表	表8-7	表8-7	–	–
光トリビュタリ信号クラスNRZ 10G	P1S1-2D1	P1S1-2D2a,b 1S1-2D2bF	P1S1-2D3a,b 1S1-2D3bF	P1S1-2D5a,b 1S1-2D5bF
クラスNRZ10Gのターゲット距離 (km) (注)	20	40	40	40
パラメータが与えられている表	表8-11	表8-11	表8-12	表8-12
光トリビュタリ信号クラスNRZ40G	P1S1-3D1 1S1-3D1F	P1S1-3C2	P1S1-3C3	P1S1-3C5
クラスNRZ40Gのターゲット距離 (km) (注)	20	40	40	40
パラメータが与えられている表	表8-17	表8-18	表8-18	表8-18

注-これらのターゲット距離は、仕様ではなく分類のためのものである。

表5-7 長距離アプリケーションの単一チャネル相互領域間インタフェース分類

アプリケーション	長距離 (L)			
	1310	1550		
光源の公称波長 (nm)	1310	1550		
ファイバの種類	JT-G652	JT-G652	G.653	G.655
光トリビュタリ信号クラスNRZ2.5G	P1L1-1D1	P1L1-1D2 1L1-1D2F	–	–
クラスNRZ2.5Gのターゲット距離 (km) (注)	40	80	–	–
パラメータが与えられている表	表8-8	表8-8	–	–
光トリビュタリ信号クラスNRZ 10G	P1L1-2D1	P1L1-2D2 1L1-2D2F P1L1-2D2E 1L1-2D2FE		
クラスNRZ10Gのターゲット距離 (km) (注)	40	80		
パラメータが与えられている表	表8-13	表8-13 表VII.1		
光トリビュタリ信号クラスNRZ40G	P1L1-3C1 1L1-3C1F	P1L1-3A2 1L1-3C2F 1L1-3C2FD	P1L1-3A3 1L1-3C3F 1L1-3C3FD	P1L1-3A5 1L1-3C5F 1L1-3C5FD
クラスNRZ40Gのターゲット距離 (km) (注)	40	80	80	80
パラメータが与えられている表	表8-17	表8-18	表8-18	表8-18
光トリビュタリ信号クラスRZ40G	–	P1L1-7A2	P1L1-7A3	P1L1-7A5
クラスRZ40Gのターゲット距離 (km) (注)	–	80	80	80

パラメータが与えられている表		表VI.1	表VI.1	表VI.1
注-これらのターゲット距離は、仕様ではなく分類のためのものである。				

表5-8 超長距離アプリケーションの単一チャネル相互領域間インタフェース分類

アプリケーション	超長距離 (V)		
光源の公称波長 (nm)	1550		
ファイバの種類	JT-G652	G.653	G.655
光トリビュタリ信号クラスNRZ10G	P1V1-2C2 1V1-2C2F P1V1-2B2E 1V1-2B2FE	—	P1V1-2B5 1V1-2B5F
クラスNRZ10Gのターゲット距離 (km) (注)	120	—	120
パラメータが与えられている表	表8-14 表VII.1	—	表8-14
注-これらのターゲット距離は、仕様ではなく分類のためのものである。			

表5-9 極超長距離アプリケーションの単一チャネル相互領域間インタフェース分類

アプリケーション	極超長距離(U)		
光源の公称波長 (nm)	1550		
ファイバの種類	JT-G652	G.653	G.655
光トリビュタリ信号クラスNRZ2.5G	P1U1-1A2 1U1-1B2F	P1U1-1A3 1U1-1B3F	P1U1-1A5 1U1-1B5F
クラスNRZ2.5Gのターゲット距離 (km) (注)	160	160	160
パラメータが与えられている表	表8-9	表8-9	表8-9
注-これらのターゲット距離は、仕様ではなく分類のためのものである。			

5.6 管理信号の実現方法

現状のIrDIのオーバーヘッドの実現は要求されていないが、OTSiと同様に、光多重セクション (OMS) そして光中継セクション (OTS) を管理するための信号の必要性は、将来のOTNの実現に向けて予見される。そのような信号の物理的実現のための考察事項は、付録IVに示される。

6. 横断的な互換性

この標準の中のIrDIのための目標は、短距離あるいは、長距離のポイントツーポイントのアプリケーションのための横断的な (すなわちマルチベンダ) 互換性のある伝送システムを可能にするため、パラメータを仕様化することである。

相互領域間インターフェースは2つの異なった管理領域を相互間接続するためのものである。そのような領域は2つの異なったベンダからの設備により構成される。2つの管理領域は、2つの異なったネットワークオペレータに帰属する。

- 同一のアプリケーションコード $nWx-ytz$ を正確に持っているすべてのIrDIsに対して、横断的な (マルチベンダ) 互換性は可能にされる。例として、1個のベンダにより領域Aで実現されたP16S1-2B2インターフェースは、領域B内のもう1つのベンダのP16S1-2B2インターフェースと接続できる。光トリビュタリ信号のビットレートとフォーマットは、考慮されなければならない。
- 異なるアプリケーションコードとのインターフェースの相互接続は、接続技術の問題である。例えば、MPI-S_Mの出力、MPI-R_Mのパワーレベル、最大分散値、最小/最大損失、その他のクリティカルなパラメータに関するところは、特に、考慮されなければならない。例えば、領域AのインターフェースP16S1-2B2 (ブースタ増幅器のパワーレベル) と領域BのインターフェースP16S1-2C2 (前置増幅器のパワーレベル) で、付加的な手段 (例えば減衰器を加えるなど) なしで、相互間接続されるべきではない。この例で、ブースタ増幅器タイプのインターフェースの出力は+15dBm (表8-3を参照) で、減衰量は0dBである。よって、前置増幅器タイプのインターフェースに対する入力は+15dBmである。しかしながら、前置増幅器タイプのインターフェースの最大受信入力、+5dBm (表8-3を参照) を越えるべきではなく、その場合、受信器は10dBほど過負荷となっている。同じく光トリビュタリ信号のビットレート、及び、フォーマットに整合するように注意が払われなければならない。

7. パラメータ定義

7.1 システム運用波長の範囲

この標準の中の多重チャネルのアプリケーションに対する運用波長範囲は、必ずしも、ITU-T勧告G.692にみられる内容の制限を受けることはない。特に、運用波長の範囲は、ITU-T勧告G.692にみられるそれを超えるかもしれない(例えば1525-1625nm)。

さらに、1285-1330nmの光増幅帯域の将来の使用は除外されるべきでない。

この標準における単一チャネルのアプリケーションのための運用波長範囲は、必ずしも、JT-G957かITU-T勧告G.691の制約を受けない。

7.2 パラメータ

表7-1で示されるパラメータは、インタフェース点で定義され、定義は7.2.1から7.2.4節で与えられる。

表7-1 単一チャネルと多重チャネルIrDIsの物理パラメータ

パラメータ	単位	表8-1から8-5の ために定義さ れている節	表8-6のために 定義されている 節	表8-7から8-17 のために定義 されている節	表8-18のた めに定義さ れている節	表VI.1のため に定義され ている節
一般情報						
最大チャネル数	-	7.2.1.1	7.2.1.1	7.2.1.1	7.2.1.1	7.2.1.1
光トリビュタリ信号のビットレート/回線符号	-	7.2.1.2	7.2.1.2	7.2.1.2	7.2.1.2	7.2.1.2
最大ビット誤り率	-	7.2.1.3	7.2.1.3	7.2.1.3	7.2.1.3	7.2.1.3
ファイバの種類	-	7.2.1.4	7.2.1.4	7.2.1.4	7.2.1.4	7.2.1.4
MPI-S_MまたはMPI-S点のインタフェース						
最大平均(チャネル)出力	dBm	7.2.2.1	7.2.2.1	7.2.2.1	7.2.2.1	7.2.2.1
最小平均(チャネル)出力	dBm	7.2.2.1	7.2.2.1	7.2.2.1	7.2.2.1	7.2.2.1
最大平均総合出力	dBm	7.2.2.2	7.2.2.2	NA	NA	NA
中心周波数	THz	7.2.2.3	7.2.2.3	7.2.2.3	7.2.2.3	7.2.2.3
チャネル間隔	GHz	7.2.2.4	7.2.2.4	NA	NA	NA
最大スペクトル変位	GHz	7.2.2.5	7.2.2.5	7.2.2.5	7.2.2.5	7.2.2.5
運用波長範囲	nm	NA	NA	7.2.2.6	NA	7.2.2.6
光源の種類		NA	NA	7.2.2.7	7.2.2.7	7.2.2.7
最大デューティサイクル	%	NA	NA	NA	NA	7.2.2.8
最小デューティサイクル	%	NA	NA	NA	NA	7.2.2.8
最大RMS幅(σ)	nm	NA	NA	7.2.2.9	NA	NA
最大-20dB幅	nm	NA	NA	7.2.2.10	NA	NA
最大スペクトルパワー密度	mW/ 10MH z	NA	NA	7.2.2.11	7.2.2.11	7.2.2.11
最小サイドモード抑制比	dB	NA	NA	7.2.2.12	7.2.2.12	7.2.2.12
最小(チャネル)消光比	dB	7.2.2.13	7.2.2.13	7.2.2.13	7.2.2.13	7.2.2.13
アイマスク	-	7.2.2.14	NA	7.2.2.14	7.2.2.14	7.2.2.15

パラメータ	単位	表8-1から8-5の ために定義さ れている節	表8-6のため に定義されて いる節	表8-7から8-17 のために定義 されている節	表8-18のため に定義されて いる節	表VI.1のため に定義されて いる節
最大チャンネルOMAouter出力	dBm	NA	7.2.2.16	NA	NA	NA
最小チャンネルOMAouter出力	dBm	NA	7.2.2.16	NA	NA	NA
最小TDECQ	dB	NA	7.2.2.17	NA	NA	NA
最小チャンネルOMAouter出力-TDECQ	dBm	NA	7.2.2.18	NA	NA	NA
MPI-S_MからMPI-R_MまたはMPI-SからMPI-Rへの光パス (単一区間)						
最大損失	dB	7.2.3.1	7.2.3.1	7.2.3.1	7.2.3.1	7.2.3.1
最小損失	dB	7.2.3.2	7.2.3.2	7.2.3.2	7.2.3.2	7.2.3.2
上限波長での最大波長分散	ps/nm	7.2.3.3	7.2.3.3	7.2.3.3	7.2.3.3	7.2.3.3
下限波長での最大波長分散	ps/nm	7.2.3.3	7.2.3.3	7.2.3.3	7.2.3.3	7.2.3.3
最大波長分散偏差	ps/nm	NA	NA	NA	7.2.3.4	7.2.3.4
MPI-S _M またはMPI-Sの最小光反射損失	dB	7.2.3.5	7.2.3.5	7.2.3.5	7.2.3.5	7.2.3.5
MPI-S _M とMPI-R _M またはMPI-SとMPI-R間の最大離散反射率	dB	7.2.3.6	7.2.3.6	7.2.3.6	7.2.3.6	7.2.3.6
最大群遅延(DGD)	ps	7.2.3.7	7.2.3.7	7.2.3.7	7.2.3.7	7.2.3.7
MPI-R_M点またはMPI-Rのインタフェース						
最大平均(チャンネル)入力パワー	dBm	7.2.4.1	7.2.4.1	7.2.4.1	7.2.4.1	7.2.4.1
最小平均チャンネル入力パワー	dBm	7.2.4.2	7.2.4.2	NA	NA	NA
最大平均合計入力パワー	dBm	7.2.4.3	7.2.4.3	NA	NA	NA
最大チャンネルパワー差	dB	7.2.4.4	7.2.4.4	NA	NA	NA
最大光パスペナルティ	dB	7.2.4.5	NA	7.2.4.5	7.2.4.5	7.2.4.5
最小等価感度	dBm	7.2.4.6	NA	NA	NA	NA
光ネットワークエレメントの最大反射率	dB	7.2.4.7	7.2.4.7	7.2.4.7	7.2.4.7	7.2.4.7
最小感度	dBm	NA	NA	7.2.4.8	7.2.4.8	7.2.4.8
最大チャンネルOMAouter入力	dBm	NA	7.2.4.9	NA	NA	NA
最小チャンネルOMAouter入力	dBm	NA	7.2.4.9	NA	NA	NA
最大マルチパス干渉ペナルティ	dB	NA	7.2.4.10	NA	NA	NA
最小等価感度 (OMAouter- SECQ)	dBm	NA	7.2.4.11	NA	NA	NA

NA: 適応外; RMS: 実効値

7.2.1 一般情報

7.2.1.1 最大チャンネル数

同時にインタフェースに存在する最大OTSi数。

7.2.1.2 光トリビュタリ信号のビットレート/回線符号

光トリビュタリ信号クラスNRZ 2.5Gが、公称622Mbit/sから公称2.67Gbit/sの範囲でNRZ回線符号により、連続的なデジタル信号に適用される。

光のトリビュタリ信号クラスNRZ 10Gが、公称2.4Gbit/sから公称10.71Gbit/sの範囲でNRZ回線符号により、連続的なデジタル信号に適用される。

光のトリビュタリ信号クラスNRZ 25Gが、公称9.9Gbit/sから公称28Gbit/sの範囲でNRZ回線符号により、連続的なデジタル信号に適用される。

光のトリビュタリ信号クラスNRZ 40Gが、公称9.9Gbit/sから公称43.02Gbit/sの範囲でNRZ回線符号により、連続的なデジタル信号に適用される。

光のトリビュタリ信号クラスNRZ 40Gが、公称9.9Gbit/sから公称43.02Gbit/sの範囲でRZ回線符号により、連続的なデジタル信号に適用される。

光のトリビュタリ信号クラスPAM4 50Gが、公称53.1Gbit/sから公称55.91Gbit/sの範囲でPAM4回線符号により、連続的なデジタル信号に適用される。入力ビットストリームからPAM4光シンボルへのマッピングと出力ビットストリームへの戻しはIEEE 802.3bsの120.5.7、122.5.2と122.5.3に従って実行される。

OTNの光のトリビュタリ信号のために、NRZ 2.5Gは、OTU1ビットレートを含み、NRZ 10Gは、OTU2ビットレートを含み、そして、NRZ 40Gと、RZ 40Gの両方は、JT-G709において定義されたOTU3ビットレートを含む。

アプリケーションコード（「複数の」コードの内の1つ）の初めに「P」を持つアプリケーションの場合、パラメータ値は、適用できる光トリビュタリ信号クラスの範囲の中の任意のビットレートで同じである。従って、光のシステムがこれらの複数のコードの内の1つを利用するとき、従って、アプリケーションコードと、同じくシステムの正確なビットレートの両方を指定することが必要である。すなわち、その光トリビュタリ信号クラスのために指定されたビットレートの完全な範囲に作用するために、複数のコードの内の1つによって従う装置の必要条件がない。

7.2.1.3 最大ビット誤り率

パラメータはアプリケーションコードによって仕様化された値より悪くならないよう光セクションのビット誤り率 (BER) の設計目標と関係付けて規定される。この値は、それぞれのアプリケーションにおいて光パス減衰量と分散の最悪の条件で、各OTSiに適用される。送信するのに(すなわち、Fの接尾部コードを持つ) FECバイトを必要とするアプリケーションコードの場合は、BERは、修正(使われるならば)が適用された後でのみ、満たされるのに必要とされる。全ての他のアプリケーションコードのために、BERは、FECの使用なしで満たされるのに必要とされる。

FECを適用したBERの詳細は [b-TR-GSup.39] を参照。

7.2.1.4 ファイバの種類

シングルモード光ファイバの種類は、ITU-T勧告JT-G652、G.653およびG.655で定義されるものから選ばれる。

7.2.2 MPI-S_MまたはMPI-S点のインターフェース

7.2.2.1 最大と最小平均(チャネル)出力パワー

参照点MPI-S_MまたはMPI-Sにおける各OTSiの平均出射パワーは、ONEからファイバへの結合された擬似ランダムデータ列の平均パワーである。範囲(最大値および最小値)は、コストの最適化のためと、標準的な運用状態、コネクタ劣化、測定の許容値、および、経年劣化の効果の下で、許容値をカバーするために、与えられる。

7.2.2.2 最大平均総合出力

MPI-S_M点における最大の平均出射光パワー。

7.2.2.3 中心周波数

特別なOTSiのデジタル符号化された情報のチャンネルの公称周波数は、NRZ回線符号,RZ回線符号またはPAM4回線符号の使用によって変調される。

中心周波数はITU-T勧告G.692で与えられた周波数配置を元に配置される。多重チャンネルIrDIのために与えられた中心周波数は表8-1から8-6で分類される。

注：周波数と波長の変換に使われる「c」（真空での光の速度）の値は、 2.99792458×10^8 m/sである。

7.2.2.4 チャンネル間隔

チャンネル間隔は隣接する2チャンネル間の公称周波数差を定義する。取りうるすべての実際の周波数は7.2.2.5節に考慮されている。

7.2.2.5 最大スペクトル変位

チャンネルの公称中心周波数と公称中心周波数から最も遠いトランスミッタースペクトルの-15dB点間のMPI-SM点で測定された最大許容差。これは図7-1において説明される。

注：ランスミッタースペクトル-15dB点の測定は0.01nmの分解能帯域幅によって実行されるべきである。

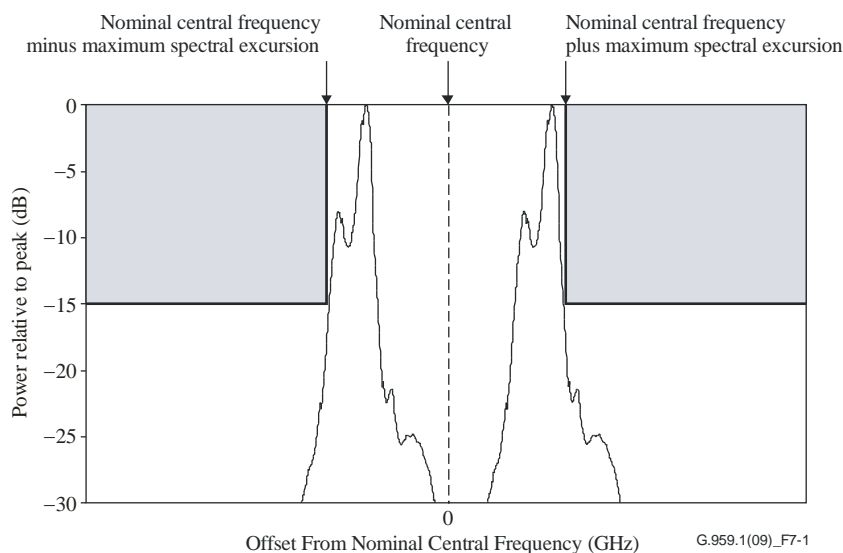


図7-1 最大スペクトル変位の説明

7.2.2.6 波長操作範囲

装置の波長操作範囲は、光源の特性、伝送ファイバ特性（減衰、波長分散）、そして、光増幅器の利得帯域幅(使用するならば)に依存する。

7.2.2.7 光源の種類

マルチ縦モード (MLM) レーザ、及び、単一縦モード (SLM) レーザを含む、使用可能な送信器デバイスは、減衰/分散特性、そして、階層型レベルの各アプリケーションに依存する。各々のアプリケーションのために、この標準は、公称の光源の種類を示す。この標準では公称の光源の指示の要求をせず、そしてSLMデバイスは装置パフォーマンスのどんな劣化もない公称の光源の種類として、MLMにあるどんなアプリケーションの代用にできることは理解されている。

7.2.2.8 最大最小デューティサイクル

今後の課題。

7.2.2.9 最大実行値幅

最大の平方平均(実行値)幅、または、MLMレーザのスペクトル分布の標準偏差 σ (nmにおいて) は、全てのレーザモードにおいてピークモードから20dB以下で考慮する。1310nmのMLMレーザによるシステムのみが、この仕様を必要とする。

7.2.2.10 最大-20dB幅

SLMレーザの最大-20dBスペクトル幅 (nmにおいて) は、標準の操作状態の下で中心波長の最大振幅から20dB下で測定された、中心波長ピークの最大全幅によって指定される。

7.2.2.11 最大スペクトルパワー密度

最大(光)スペクトラムパワー密度は、変調信号スペクトラム中のあらゆるところで 10 MHz 間隔毎平均時間の最も高いパワーレベルで定義する。このためその測定は、10MHz FWHM (Full Width at Half Maximum半値全幅) より良い分解能で(すなわち、光フィルタ帯域幅は少なくする)行われなければならない。

このパラメータは、レーザー変調器-アンプの組み合わせなど、潜在的に狭い固有のライン幅の高パワー光源に対して、ブリルアン散乱領域に入ることを回避するために使用される。しかしながら、その仕様は、全ての光源の種類に適用される。

7.2.2.12 最小サイドモード抑制比

最小サイドモード抑制比は、トータルの送信器スペクトルの最も大きなピークと、2番目に大きなピークの比率の最小値である。7.2.2.10節において定義されたように、測定のスペクトルの解像度は、ピークの最大のスペクトルの幅より良いことになっている。2番目に大きなピークはメインピークの隣、または、それから離れた箇所にあるかもしれない。

注—この定義中では、クロック周波数によって最大ピークから分離されるスペクトラムのピークはサイドモードとしない。

7.2.2.13 最大、最小(チャンネル)消光比

NRZ並びにRZ光送信信号の場合、消光比(ER)は、次のように定義される

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

こうした場合

Aは論理的「1」の中心の光平均パワー　そして

Bは論理的「0」の中心の光平均パワー

採用する慣習的な光論理レベルは、

- 論理的「1」のため光の発光；
- 論理的「0」のための消光

PAM4光送信信号の場合、消光比(ER)は、次のように定義される。

$$ER = 10 \log_{10} (P_3/P_0)$$

こうした場合

P₃は図7-2に記載される7連続3レベルの中心の2UIにおける光平均パワー

P₀は図7-2に記載される6連続0レベルの中心の2UIにおける光平均パワー

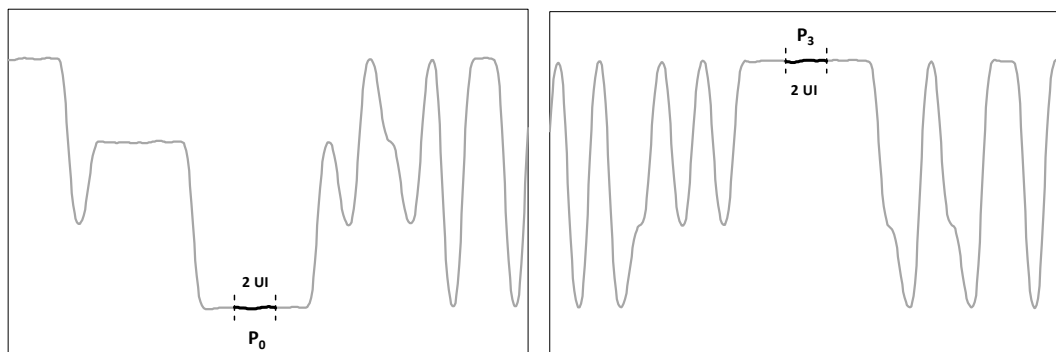


図 7-2 P₀と P₃パワーレベル例

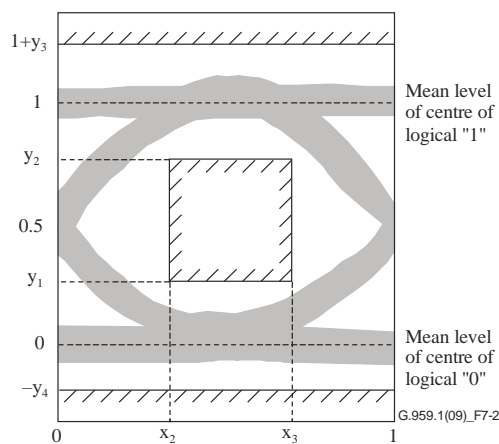
最大、最小チャネル消光比は4次元ベッセルトムソンフィルタを適用することを要求されない。

この定義は直接に単一チャネルシステムに適用できるものである。多重チャネルIrDIの場合、2つの代替の方法を適用することができる。

- 方法Aは、単一チャネル参照点が、検証のためリンクの終端点においてアクセスできる場合に、適用できる。この方法のために、JT-G957とITU-T勧告G.691とに記述された手順が使われる。この方法の構成は付属資料Aに示される。
- 方法Bでは、送信された各信号を分離するために標準光バンドパスフィルタを用いる。標準光バンドパスフィルタと、参照受信器の構成は、付属資料Bに示される。

7.2.2.14 NRZ光送信信号のアイマスク

この標準中では、NRZ並びにRZ光送信信号の場合、立ち上り時間、立ち下り時間、パルスオーバーシュート、アンダーシュートおよびリングングを含む一般的な送信パルス波形特性は、受信感度の過度の劣化を防ぐためにそれらの全てが制御されるべきであり、MPI-S点での送信器のアイダイアグラムのマスクという形で指定される。送信信号の評価の目的のため、アイオープニングだけでなくオーバーシュートおよびアンダーシュートを制限することを考慮することが重要である。全てのNRZ送信信号について送信器アイダイアグラムを定義するパラメータを、アイマスク「比率」を除き、図7-3に示す。アイオープニングだけでなくオーバーシュートの制限およびアンダーシュートの制限を考慮することが重要である。送信器のアイダイアグラムのマスクを指定するパラメータは、図7-4に示すアイマスク「比率」を除き、全てのNRZ送信光信号に対して図7-2に示される。図7-3に示されるマスクに対して、許容される送信器アイダイアグラムは、網掛けを横切ることを回避しなければならない。図7-4の「比率」マスクにおいて、許容される網掛け領域外のサンプルに対する網掛け領域内のサンプルの比率（「ヒット率」）は、満たされなければならない。テスト配列はAnnex A/G.691においてSTM-64に対して指定される。NRZ 10GとNRZ 25G 光参照受信器のフィルタ耐力はAnnex A/G.691においてSTM-64に対して指定される。

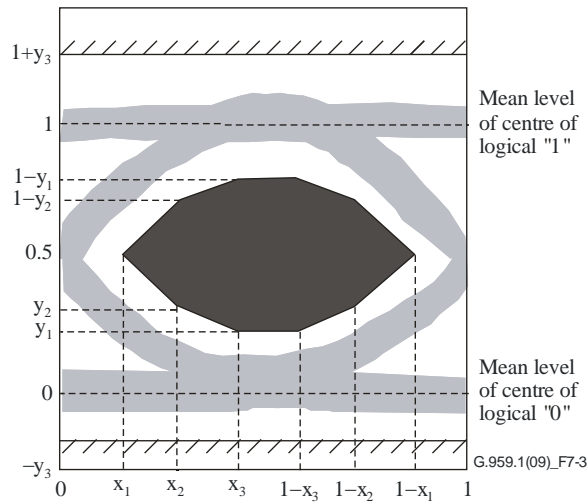


	NRZ 2.5G	NRZ 10G 1310 nm帯	NRZ 10G 1550 nm帯	NRZ 10G 増幅あり	NRZ 40G
x_3-x_2 (注2)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
y_1	0.25	0.25	0.25	$\Delta + 0.25$ (注1)	0.25
y_2	0.75	0.75	0.75	$\Delta + 0.75$ (注1)	0.75
y_3	0.25	0.4	0.25	0.25	0.25
y_4	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

注1 - Δ は変化する。 $-0.25 < \Delta < +0.25$

注2 - 長方形のアイマスクの x_2 と x_3 は、0 UIと1 UIにおける縦軸に関して等距離である必要はない。

図7-3 ヒットレシオ有りマスク比を除くNRZ光送信信号のアイダイアグラムマスク



	NRZ 10G 比小値(注)	NRZ 10G 比大値(注)	NRZ 25G 比
x ₁	0.25	0.25	0.25
x ₂	0.4	0.4	0.4
x ₃	0.45	0.45	0.45
y ₁	0.25	0.22	0.25
y ₂	0.28	0.25	0.28
y ₃	0.4	0.4	0.4
Max hit ratio	5 x 10 ⁻⁵	5 x 10 ⁻⁵	5 x 10 ⁻⁵
注： NRZ10G Ratio smallとNRZ10G Ratio largeアイマスク仕様は他のTTC標準で使用される。			

図7-4 NRZ 10G ratioおよびNRZ 25G ratio のアイダイアグラムのマスク

この定義は、単一チャネル信号システムに直接、適用できる。多重チャネルIrDIの場合は、2つの方法のどちらかが適用される。

- 方法Aは、単一チャネル参照点が、検証のためリンクの終端点においてアクセスできる場合に、適用できる。この方法のために、JT-G957とITU-T勧告G.691とに記述された手順が使われる。この方法の構成は付属資料Aに示される。
- 方法Bでは、送信された各信号を分離するために標準光バンドパスフィルタを用いて、参照受信器に接続される。標準光バンドパスフィルタと、参照受信器の構成は、付属資料Bに示される。

7.2.2.15 RZ光送信信号のアイマスク

パルス波高変化などの光トリビュタリ信号クラスRZ40Gパルス特性もこのトランスミッターアイダイアグラムのマスクによって規定される。

送信器アイダイアグラムのマスクを指定するパラメータは、図7-5に示される。受け入れられる送信器アイダイアグラムは、ハッチラインのうちのどれでもクロスすることを回避しなければならない。Annex A/G.691における、STM-64のために指定されたようなテスト配列である。RZ 40Gの光参照受信器に対するフィルタ耐性は、今後の課題である。

	RZ 40G
x_4-x_1	FFS
x_3-x_2	FFS
y_1	FFS
y_2	FFS
y_3	FFS
y_4	FFS

FFS: for further study

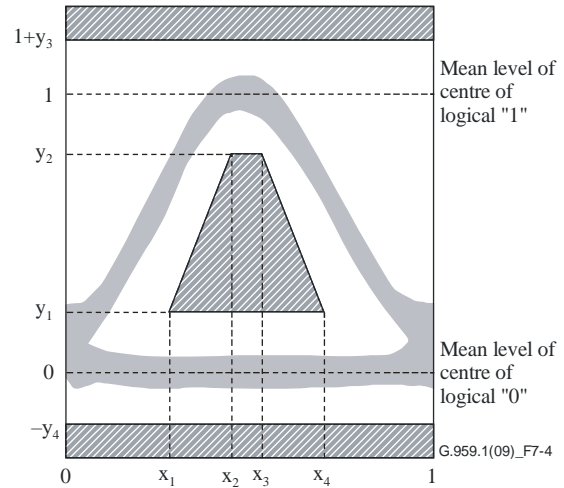


図7-5 RZ 40G光送信信号のアイダイアグラムマスク

この定義は、単一チャネル信号システムに直接、適用できる。多重チャネルIrDIの場合は、2つの方法のどちらかが適用される。

- 方法Aは、単一チャネル参照点が、検証のためリンクの終端点においてアクセスできる場合に、適用できる。この方法のために、JT-G957とITU-T勧告G.691とに記述された手順が使われる。この方法の構成は付属資料Aに示される。
- 方法Bでは、送信された各信号を分離するために標準光バンドパスフィルタを用いて、参照受信器に接続される。標準光バンドパスフィルタと、参照受信器の構成は、付属資料Bに示される。

7.2.2.16 最大、最小チャネルOMA_{outer}出力

PAM4光信号の場合、チャネルOMA_{outer}出力は図7-2に記載される7連続3レベルの中心の2UIにおける光平均パワーP3と6連続0レベルの中心の2UIにおける光平均パワーP0間の差として定義される。

7.2.2.17 最大TDECQ

PAM4光信号の場合、TDECQ (PAM4の送信および分散アイクロージャ) は次の例外をもってIEEE802.3bsの121.8.5.1、121.8.5.2並びに121.8.5.3内の記述で定義される。

- 試験パターン発生器の信号レートはアプリケーションコードの信号レートと同一である。例えば、FOIC4.8 PAM4の光トリビュタリ信号のビットレート/回線符号のアプリケーションコードは約55.904737223 Gbit/sのビットレートと約27.952368612 GBdのアプリケーションコード信号レートを有する。
- O/E変換器とオシロスコプの組み合わせはアプリケーションコード信号レートの約半分の帯域をもつ4次ベッセルトムソンフィルタ応答を有する。
- 参照等化器は5タップ、T間隔のフィードフォワード等化器(FFE)であり、ここでTはシンボル間隔である。等化器のタップ係数の和は1に等しい。注意—この参照等化器はTDECQの一部であり、特定の受信等化器の実装を意味するものではない。

- 規格化雑音パワー密度スペクトル $N(f)$ は、アプリケーションコード信号レートの半分の帯域を持つ4次ベッセルトムソン応答フィルタによりフィルタリングされたホワイトノイズに等しい。

7.2.2.18 最小チャネルOMA_{outer} – TDECQ

PAM4光信号の場合、TDECQの最大値を有する送信器は、TDECQの最大値未満の送信器よりも大きなOMA_{outer}値を必要とする。これは、OMA_{outer}からTDECQを引いた値を指定することによって実現される。TDECQが非常に低い送信器であっても、最小チャネルOMA_{outer}出力はこの条件を満たす必要があることに注意する。

7.2.3 MPI-S_MからMPI-R_MまたはMPI-SからMPI-Rへの光パス (一区間)

7.2.3.1 最大損失

最大送信側の信号および分散が最悪の場合で、該当のシステムが 10^{-12} の誤り率 (あるいは、アプリケーションコードによって与えられるように) の使用終了条件で稼動する場合の最大パス損失である。最大損失に含まれる影響の定義は、6.3.1節/G.691の中で与えられる。IrDIの目標の距離に要求される最大損失の値は、1530-1565nmの範囲で、設置されたファイバの最大損失値 (融着接続およびケーブルのマージンを含む) 0.275dB/Kmを仮定しており、1310nmの単一チャネルIrDIのために、0.55dB/kmの値を仮定している。実際的な見地から、極めて短距離の場合と、局内のアプリケーションを除いて、1550nmにおいて40Kmの11dB、80Kmの22dB、1310nmにおいて20Kmの11dB、40Kmの22dBが、定義される。所定の波長における他のインタフェース定義のために使われるこの方法が、理論的なスパン距離の値を与えることに注目すべきである。現在の実践的な運用において、コネクタおよび融着接続の損失は、他の距離に適用できるかもしれない。

7.2.3.2 最小損失

該当するシステムに許容できる最小区間損失は、送信側の最悪の条件下で、少なくとも誤り率 10^{-12} を実現する (あるいは、アプリケーションコードによって与えられる) ものである。

7.2.3.3 上下限波長における最大波長分散

これら二つのパラメータは、システムが許容することができるメインパスの波長分散の最大の非補償の値を定義する。

上下の波長限界間の波長に対して、最大分散は両端の波長での値を直線的に内挿して与えられる。最大分散値が同じ場合、この値は波長帯域全体で満たされることを必要とする。

JT-G652ファイバにおける、上下限波長で要求される最大分散許容値は、それらの波長におけるJT-G652ファイバの最大分散係数と目標距離との積の1.05倍 (因数1.0が使用されるアプリケーションコード4I1-9D1F、4L1-9C1F、4L1-9D1F、8R1-4D1F、4I1-4D1F並びに8I1-4D1Fを除く) に等しく設定される。G.653ファイバにおける、要求される最大分散許容値は、G.653.Bファイバでの上下限波長における最大分散係数の絶対値の最大と目標距離との積の±1.05倍に設定される。G.655ファイバにおける、上下限波長で要求される最大分散許容値は、それらの波長におけるG.655.Eファイバの最大分散係数と目標距離との積の1.05倍に設定される。

これらは、有効なファイバ種類に対する最悪の場合の分散値だと考えられる。このパラメータに関する最悪の場合のアプローチは、低損失ファイバ設備により伝送距離を伸ばすことを可能にするのと同様に、影響を受けやすいパラメータにある程度のマージンを与える意図がある。

許容光パスペナルティは、最大群遅延差によるペナルティと同様に、波長分散に起因するすべての決定論的な効果を考慮する。

7.2.3.4 最大波長分散偏差

これは、MPI-SからMPI-Rまでの光パスの分散の実値、及び、インストール時に決定されたパス分散値の間の最大の許容差異の量である。分散偏差は、分散補償 (DC) を使うアプリケーションにおいて考慮される。例は、図7-5に図解する。その受信器は、検出器 (Det) の前にDCモジュールを含む。任意の光増幅器(OA)も、存在するかもしれない。

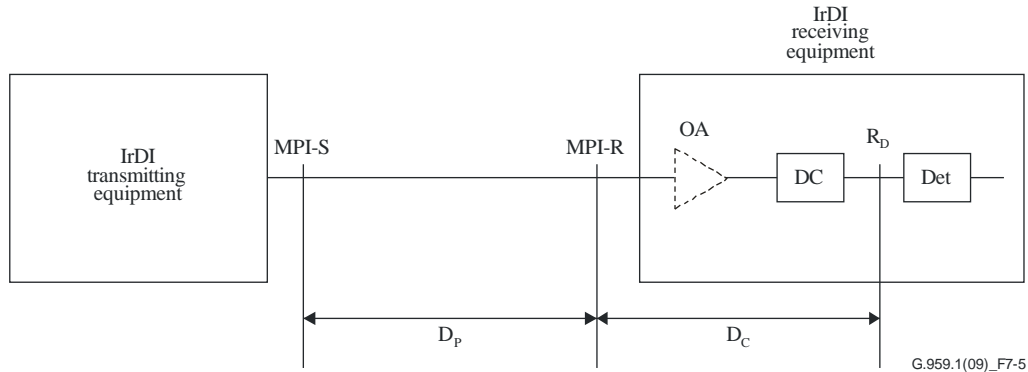


図7-6 受信器の分散補償(DC)による単一チャネルIrDI

受信器のインストールの時に、光パスの分散 D_I の測定された値は、分散補償の大きさを受信器の中にセットするために使われる。 D_p である光パス分散の実値、及び、 D_c である受信器中の分散補償の実値を定義すること、それらはインストール後いつでも要求がある。

$$|D_p + D_c| < D_{r \max}$$

D_r は許容される最大残留分散である。適応分散補償なしのNRZ 40G アプリケーションの場合、 $D_{r \max}=30\text{ps/nm}$ を例とする。測定正確度、温度、修理、及び、エージングを含む効果によって、 D_p は量 δ_p によって D_I と異なる。同様に、設定粒度、温度、及び、エージングを含む影響によって、 D_c は量 δ_c だけ D_I と異なる。従って、前述の制限は、確実であるためにその $D_{r \max}$ が越えられないことを意味する。それはこのように要求される。

$$|\delta_p| + |\delta_c| < D_{r \max}$$

$D_{r \max}$ 及び δ_c のための適正值が、波長分散偏差 (δ_p) のための仕様を作成する際使われたのと同時に、この標準は δ_p の値だけを指定し、そして、これらは、表8-1～表8-18に見ることができる。

7.2.3.5 MPI-S_MまたはMPI-Sの最小光反射損失

反射は、光パスに沿った屈折率分布の不連続によって発生する。反射が制御されない場合、光源や増幅器の不安定動作や受信器での干渉雑音となる多重反射を通じてシステム性能を低下させる可能性がある。光パスからの反射は、以下のことを仕様化することにより設定される。

- 光源参照点 (例えば、MPI-S_M、MPI-S) におけるケーブル設備の最小光リターン損失といくつかのコネクタを含む；そして

- 光源参照点 (例えば、MPI-SM、MPI-S) と受信参照点 (例えば、MPI-RM、MPI-R)間の最大個別反射率。

光反射損失は、レイリーの散乱のようなバック散乱と個別反射点からの反射の両方を含むファイバ全体の戻り光に対する比率であり、反射率は、いくつかの個別反射点からの反射を意味する。

反射の測定方法は付録I/JT-G957で記述される。反射率と反射損失の測定において、MPI-S点とMPI-R点とは、それぞれのコネクタプラグの内面で同時に接触しているとみなされる。運営上のシステムで、これが、それぞれのコネクタの実際の反射性能を含まないとみなされる。これらの反射率は、使われるコネクタの種類に対する反射の公称値が、あるとみなされる。

7.2.3.6 MPI-S_MとMPI-R_MまたはMPI-SとMPI-R間の最大個別反射率

光反射は、そのポイントに入射する光パワーと、そのポイントで現れる反射光パワーの比率で定義される。反射の制御について、JT-G957において広範囲で論じられる。コネクタ、あるいは、光パス (例えば、分配架、WDMの構成要素) に含まれる他の個別の反射点数の最大数は、実現されるべき全体の光反射損失が許容されるようであればなければならない。これが表8-1～表8-18で引用される最大個別反射点に合うコネクタを使うことができなければ、もっと良い反射特性のコネクタを用いなければならない。あるいは、コネクタ数を減らさなければならない。多重反射による許容できない障害を避けるために、コネクタ数を制限するか、あるいは、反射性能を改良したコネクタを使う必要がある。

表8-1～表8-18にあるように、光源参照点と受信参照点間の最大個別反射率-27dBという値は、多重反射の影響を最小にするという意図がある (例えば、干渉ノイズ)。受信器の最大反射率の値は、複数のコネクタなどを含むすべての同様のシステム構成に対して、多重反射による許容できるペナルティを保証するように選ばれている。より少ないか、あるいは、もっと高い性能のコネクタを用いるシステムは、多重反射を少なくして、さらに、より高い反射率を示す受信器を許容することができる。

PAM4アプリケーションコードの場合、各個別反射はチャンネル内-55dB以上の個別反射率の数に対応して表7-2に示す値以下が要求される。表に示される2つの間の個別反射率の数については、対応する2つの最大個別反射率のうちの低い方の値が適用される。

表7-2-PAM4アプリケーションコードの場合の最大個別反射率

-55dBを超える各個別反射率の数	各個別反射率の最大値	
	8R1-4D1F	4I1-4D1F, 8I1-4D1F
1	-25	-22
2	-31	-29
4	-35	-33
6	-38	-35
8	-40	-37
10	-41	-39

7.2.3.7 最大群遅延差 (DGD)

群遅延差 (DGD) は、光信号の2つの主偏波状態で送られる1パルスの主偏波間の時間の差である。数キロメートルを超えるような距離に対して、ランダムな(強い) 偏波モード接続を仮定することにより、ファイバでの群遅延差 (DGD) は、マックスウェル分布をもつように統計的にモデル化することができる。

この標準では、最大群遅延差は、受信感度の最大劣化が約0.5dBであるアプリケーション4I1-9D1Fの場合を除き、システムが最大約1dBの受信感度劣化で許容しなければならないDGDの値として定義される。

偏波モード分散 (PMD) 統計的な性質によって、最大のDGDと平均のDGDとの関係は、確率論的にのみ定義することができる。瞬時DGDが与えられた値を越える確率は、マックスウェル統計学から推測することができる。したがって、もし、システムが許容することができる最大のDGDを知っていれば、受け入れることができる確率に対応する、平均値に対する最大値の比で割ることにより、等価な平均のDGDを導くことができる。いくつかの比率の例は、表7-3で以下に与えられる。

表 7-3 DGD平均と確率

最大値と平均値の比	最大値を越える確率
3.0	4.2×10^{-5}
3.5	7.7×10^{-7}
4.0	7.4×10^{-9}

7.2.4 MPI-R_M点またはMPI-Rのインターフェース

7.2.4.1 最大平均 (チャンネル) 入力パワー

アプリケーションコードで指定された最大のBERを達成するための、MPI-R_M、または、MPI-R点での平均受信チャンネルパワーの最大許容値。

7.2.4.2 最小平均チャンネル入力パワー

MPI-R_M点での平均受信チャンネルパワーの最小値。このパワーは、アプリケーションの最小平均チャンネル出力パワーからアプリケーションの最大減衰量を差し引いたものである。

注—MPI-R_Mの最小平均チャンネル入力パワーは、最大の光パスペナルティの値による最小感度より高くなければならない。

7.2.4.3 最大平均合計入力パワー

MPI-R_M点における最大許容合計入力パワー。

7.2.4.4 最大チャンネルパワー差異

アプリケーションの中で、チャンネルの数に関係なく、光分解能帯域幅の中の同じ時間内に存在する、平均チャンネル入力パワーの最小値と平均チャンネル入力パワーの最大値間の差。

7.2.4.5 最大光パスペナルティ

パスペナルティは、パス上の伝送間の信号波形の歪による受信器感度 (あるいは、多重チャンネルアプリケーションの場合における等価感度) の明白な減少である。それは、更に高い入力パワーレベルの方へシステムのBER曲線の移動するため明白である。これは、正のパスペナルティと一致する。負のパスペナルティ

は、いくらかの状況の下に存在するかもしれない。しかし、小さいはずである (負のパスペナルティが示すのは、あまり完璧でない送信器のアイがパスの従属歪によって部分的に向上したということである。)。理想的に、BER曲線は、ただ変換されるべきである。しかし、形の変化は珍しくなく、そして、BERフロアの出現を示すかもしれない。パスペナルティは受信器の感度変化であるので、それは、 10^{-12} のBERレベルで測定される。

伝送するのにFECバイトを必要とするアプリケーションコード (すなわち、Fの接尾辞をコードに持つ) のために、誤り訂正 (使われるならば) が適用された後で、双方の受信器感度 (光パスによる劣化のあり、なし) は、測定される。

NRZ 2.5GとNRZ 10Gに相当するチャネルビットレートを持つアプリケーションの場合、低い分散システムでは1dB、高い分散システムでは2dBの最大のパスペナルティを許容する。パスペナルティは、高いペナルティを有するオペレーティングシステムを回避するために、目標距離に比例しない。

NRZ 40Gに相当するチャネルビットレートを持つアプリケーションの場合、光パスペナルティの値は、それより更に低いレートのより更に1dB高い。これはPMD (第1と、第2のオーダーの両方) に関係したペナルティを考慮するためである。

将来、送信器の信号の前歪に基づく分散適応設備技術を使うシステムが、導入されるかもしれない。この場合、前述の意味におけるパスペナルティは、歪められない信号によるポイントの間でのみ定義ができる。しかしながら、これらのポイントは、メインパスインタフェースと一致せず、したがって、アクセス可能でなくてもよい。このケースに対するパスペナルティの定義は、今後の課題である。

PMDによるランダムな分散ペナルティの平均値は、許容されるパスペナルティに含まれる。この点で、ほとんどのアプリケーションコードの場合、送信器/受信器の組は、最大約1dB (光パワーの50%ずつが各主偏波状態にある状況) 感度劣化で、0.3ビット期間の現実のDGDに耐性があることを要求される。上手く設計された受信器の場合、これは、0.1ビット期間の瞬時DGD (最大DGDが0.3ビット期間で、最大と平均との比率が3.0の場合に対応する平均DGDに等しい) において0.1-0.2dBのペナルティに対応する。運用中に遭遇するかもしれない現実のDGDは、ランダムに変化しているファイバ/ケーブル特性であり、この標準では指定されない。この主題は、付録I/G.691において更に論じられる。

光増幅による信号対雑音比の減少は、パスペナルティに考慮されないことに注目すること。

この定義は、単一チャネル信号システムに直接、適用できる。多重チャネルIrDIの場合は、2つの方法のどちらかが適用される。

- 方法Aは、単一チャネル参照点が、検証のためリンクの終端点においてアクセスできる場合に、適用できる。この方法のために、JT-G957とITU-T勧告G.691とに記述された手順が使われる。この方法の構成は付属資料Aに示される。
- 方法Bでは、送信された各信号を分離するために標準光バンドパスフィルタを用いて、参照受信器に接続される。標準光バンドパスフィルタと、参照受信器の構成は、付属資料Bに示される。

注一参照受信器において観察される光パスペナルティは、設計実装に依存する受信装置で実際に受け取る量と正確に同じではないかもしれない。

7.2.4.6 最小等価感度

これは、チャンネル内の1つを除く全てが、MPI-R_M点で除去される（理想的な損失がないフィルタによって）べきであったならば、アプリケーションコードの指定された最大のBERを達成するための多重チャンネルアプリケーションにおける、MPI-R_Mに置かれた受信器に要求されるであろう最小の感度である。これは、送信器アイマスク、消光比、MPI-S_M点の光反射損失、コネクタ劣化、転送サイドクロストーク、光増幅器ノイズ、及び、測定許容差の最も悪いケース値を持つ送信器によって満たされなければならない。これが分散、非線形性、または、光パスからの反射に直面して満たされる必要はない；これらの影響は、最大の光パスペナルティの割当において別々に指定される。

注1—MPI-R_Mの最小平均チャンネル入力パワーは、最大の光パスペナルティの値による最小感度より高くななければならない。

注2—受信器の感度が適切なジッタ発生限界を超える送信器のジッタが存在する場合に条件が満たされる必要はない（例えば、OTN光トリビュタリ信号のためのITU-T G.8251）。

老朽化の影響は、別々に指定されない。最悪条件、使用終了値は指定される。

7.2.4.7 光ネットワークエレメントの最大反射率

ケーブル設備にONEから戻る反射は、参照点MPI-R_MまたはMPI-Rで測られるONEの最大許容反射率によって指定される。光反射率は、7.2.3.6節において定義される。

7.2.4.8 最小感度

アプリケーションコードで指定された最大のBERを達成するための、MPI-R点での平均受信チャンネルパワーの最小値。これは、送信器アイマスク、消光比、MPI-S点の光反射損失、コネクタ劣化、光増幅器ノイズ、及び、測定許容差の最も悪いケース値を持つ送信器によって満たされなければならない。これが分散、非線形性、または、光パスからの反射に直面して満たされる必要はない；これらの影響は、最大の光パスペナルティの割当において別々に指定される。

注1—受信器の最小平均入力パワーは、最大の光パスペナルティの値による最小感度より高くななければならない。

注2—受信器の感度が適切なジッタ発生限界を超える送信器のジッタが存在する場合に条件が満たされる必要はない（例えば、OTN光トリビュタリ信号のためのITU-T G.8251）。

老朽化の影響は、別々に指定されない。最悪条件、使用終了値は指定される。

7.2.4.9 最大、最小チャンネルOMA_{outer}入力

アプリケーションコードで指定された最大BERを達成するためのMPI-R_MまたはMPI-R点におけるチャンネルOMA_{outer}（定義は7.2.2.16を参照）の最大許容値。

7.2.4.10 最大多重パス干渉ペナルティ許容値

PAM4アプリケーションコードの場合、光パワーバジェットは送受信器間の多重個別反射があるため、多重パス干渉の許容値を含む(7.2.3.6を参照)。

7.2.4.11 最小等価感度 ($OMA_{outer}-SECQ$)

PAM4アプリケーションコードの場合、これは、チャンネルの1つを除くすべてが(理想的な損失のないフィルタによって) MPI-R_M点で除去される場合、アプリケーションコードの指定された最大BERを達成するために多重チャンネルアプリケーションのMPI-R_Mに設置された受信器に必要なとされる最小の感度である。これは、0 dBのSECQを持つ送信器を使用して測定した場合、受信器が持つ感度として指定される。ここでSECQ (PAM4のストレスダイクロージャ) は、試験ファイバを使用しないことを除いて、7.2.2.17のTDECQと同様に定義される。最小等価感度は、光パスの最大群遅延差の存在下で満たされなければならない。

受信器感度は、実用的なSECQの値が低い試験送信器を使用して測定し、以下の式から求められる等価感度($OMA_{outer}-SECQ$)の値を使用して測定すべきである。

$$\text{感度} = \text{測定 感度}OMA_{outer} - \text{試験送信器のSECQ}$$

8. パラメータ値

8.1 多重チャネルIrDI

多重チャネル相互領域間インタフェースに対する物理パラメータを、表8-1から8-6に示す。

表8-1 NRZ2.5Gクラス光トリビュタリ信号短距離アプリケーションに対する多重チャネルIrDIパラメータ

パラメータ(注)	単位	P16S1-1D2 P16S1-1D5	P32S1-1D2 P32S1-1D5
一般情報			
最大チャネル数	–	16	32
光トリビュタリ信号のビットレート/回線符号	–	NRZ 2.5G	NRZ 2.5G
最大ビット誤り率	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
ファイバの種類	–	JT-G652, G.655	JT-G652, G.655
MPI-S_M点のインタフェース			
最大平均チャネル出力	dBm	–4	–4
最小平均チャネル出力	dBm	–10	–10
最大平均総合出力	dBm	+8	+11
中心周波数	THz	192.1 + 0.2 m, m = 0 ~ 15	192.1 + 0.1 m, m = 0 ~ 31
チャネル間隔	GHz	200	100
最大スペクトル変位	GHz	40	20
最小チャネル消光比	dB	8.2	8.2
アイマスク	–	NRZ 2.5G	NRZ 2.5G
MPI-S_M点からMPI-R_Mの光パス (単一区間)			
最大損失	dB	11	11
最小損失	dB	2	2
上限波長での最大波長分散	ps/nm	800 … JT-G652, 420 … G.655	800 … JT-G652, 420 … G.655
下限波長での最大波長分散	ps/nm	800 … JT-G652, 420 … G.655	800 … JT-G652, 420 … G.655
MPI-S _M の最小光反射損失	dB	24	24
MPI-S _M とMPI-R _M 間の最大離散反射率	dB	–27	–27
最大群遅延	ps	120	120
MPI-R_M点のインタフェース			
最大平均チャネル入力	dBm	–6	–6
最小平均チャネル入力	dBm	–21	–21
最小平均総合入力	dBm	+6	+9
最大チャネルパワー差	dB	NA	NA
最大光パスペナルティ	dB	1	1
最小等価感度	dBm	–22	–22
光ネットワークエレメントの最大反射率	dB	–27	–27
注 - ラインアンプを使う将来のシステムや領域内インタフェース (IaDIs) には適用できない場合がある。			

表8-2 NRZ10Gクラス光トリビュタリ信号局内アプリケーションに対する多重チャネルIrDLパラメータ

パラメータ (注1)	単位	P16I1-2D2 P16I1-2D3 (注2) P16I1-2D5	P32I1-2D2 P32I1-2D5
一般情報			
最大チャネル数	–	16	32
光トリビュタリ信号のビットレート/回線符号	–	NRZ 10G	NRZ 10G
最大ビット誤り率	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
ファイバの種類	–	JT-G652, G.653, G.655	JT-G652, G.655
MPI-S_M点のインタフェース			
最大平均チャネル出力	dBm	–3	–3
最小平均チャネル出力	dBm	–6	–6
最大平均総合出力	dBm	+9	+12
中心周波数	THz	192.1 + 0.2 m, m = 0 ~ 15	192.1 + 0.1 m, m = 0 ~ 31
チャネル間隔	GHz	200	100
最大スペクトル変位	GHz	40	20
最小チャネル消光比	dB	8.2	8.2
アイマスク	–	NRZ 10G 増幅	NRZ 10G 増幅
MPI-S_M点からMPI-R_Mの光パス (単一区間)			
最大損失	dB	6 (注 2)	6
最小損失	dB	0	0
上限波長での最大波長分散	ps/nm	400 … JT-G652, ±70 … G.653, 210 … G.655	400 … JT-G652, 210 … G.655
下限波長での最大波長分散	ps/nm	400 … JT-G652, ±70 … G.653, 210 … G.655	400 … JT-G652, 210 … G.655
MPI-S _M の最小光反射損失	dB	24	24
MPI-S _M とMPI-R _M 間の最大離散反射率	dB	–27	–27
最大群遅延	ps	30	30
MPI-R_M点のインタフェース			
最大平均チャネル入力	dBm	–3	–3
最小平均チャネル入力	dBm	–12	–12
最小平均総合入力	dBm	+9	+12
最大チャネルパワー差	dB	NA	NA
最大光パスペナルティ	dB	2 … JT-G652, 1 … G.653 (注 2), 1 … G.655	2 … JT-G652, 1 … G.655
最小等価感度	dBm	–14 … JT-G652, –13 … G.653, –13 … G.655	–14 … JT-G652, –13 … G.655
光ネットワークエレメントの最大反射率	dB	–27	–27
注 1 – ラインアンプを使う将来のシステムや領域内インタフェース (IaDIs) には適用できない場合がある。			
注 2 – G.653ファイバの多重チャネル局内インタフェースの伝送距離は、ファイバの非線形性による1dBの光損失の為に2km以内であることが推奨される。2km以上の場合、(1dBの光パスペナルティに加えて) 更なるペナルティが発生しうる。代わりに、不等配置されたチャネル波長での接続設計により使用可能となるだろう。			

表8-3 NRZ10Gクラス光トリビュタリ信号短距離アプリケーションに対する多重チャネルIaDIパラメータ

パラメータ (注)	単位	P16S1-2B2 P16S1-2B5	P16S1-2C2 P16S1-2C3 P16S1-2C5	P32S1-2B2 P32S1-2B5	P32S1-2C2 P32S1-2C5
一般情報					
最大チャネル数	–	16	16	32	32
光トリビュタリ信号のビット レート/回線符号	–	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ 10G
最大ビット誤り率	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
ファイバの種類	–	JT-G652, G.655	JT-G652, G.653, G.655	JT-G652, G.655	JT-G652, G.655
MPI-S_M点のインタフェース					
最大平均チャネル出力	dBm	+3	-7	+3	-7
最小平均チャネル出力	dBm	0	-11	0	-11
最大平均総合出力	dBm	+15	+5	+18	+8
中心周波数	THz	192.1 + 0.2 m, m = 0 ~ 15	192.1 + 0.2 m, m = 0 ~ 15	192.1 + 0.1 m, m = 0 ~ 31	192.1 + 0.1 m, m = 0 ~ 31
チャネル間隔	GHz	200	200	100	100
最大スペクトル変位	GHz	40	40	20	20
最小チャネル消光比	dB	8.2	8.2	8.2	8.2
アイマスク	–	NRZ 10G 増幅	NRZ 10G 増幅	NRZ 10G 増幅	NRZ 10G 増幅
MPI-S_M点からMPI-R_Mの光パス (単一区間)					
最大損失	dB	11	11	11	11
最小損失	dB	0	0	0	0
上限波長での最大波長分散	ps/nm	800 … JT-G652, 420 … G.655	800 … JT-G652, ±130 … G.653, 420 … G.655	800 … JT-G652, 420 … G.655	800 … JT-G652, 420 … G.655
下限波長での最大波長分散	ps/nm	800 … JT-G652, 420 … G.655	800 … JT-G652, ±130 … G.653, 420 … G.655	800 … JT-G652, 420 … G.655	800 … JT-G652, 420 … G.655
MPI-S _M の最小光反射損失	dB	24	24	24	24
MPI-S _M とMPI-R _M 間の最大離 散反射率	dB	-27	-27	-27	-27
最大群遅延	ps	30	30	30	30
MPI-R_M点のインタフェース					
最大平均チャネル入力	dBm	+3	-7	+3	-7
最小平均チャネル入力	dBm	-11	-22	-11	-22
最小平均総合入力	dBm	+15	+5	+18	+8
最大チャネルパワー差	dB	NA	2	NA	2
最大光パスペナルティ	dB	2 … JT-G652, 1 … G.655	2 … JT-G652, 1 … G.653, 1 … G.655	2 … JT-G652, 1 … G.655	2 … JT-G652, 1 … G.655
最小等価感度	dBm	-13 … JT-G652, -12 … G.655	-24 … JT-G652, -23 … G.653, -23 … G.655	-13 … JT-G652, -12 … G.655	-24 … JT-G652, -23 … G.655
光ネットワークエレメントの 最大反射率	dB	-27	-27	-27	-27
注 – ラインアンプを使う将来のシステムや領域内インタフェース (IaDIs) には適用できない場合がある。					

表8-4 NRZ2.5GとNRZ10Gクラス光トリビュタリ信号長距離アプリケーションに対する多重チャネルIrDIパラメータ

パラメータ (注)	単位	P16L1-1A2 P16L1-1A5	P16L1-2A2 P16L1-2A5
一般情報			
最大チャネル数	–	16	16
光トリビュタリ信号のビットレート/回線符号	–	NRZ 2.5G	NRZ 10G
最大ビット誤り率	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
ファイバの種類	–	JT-G652, G.655	JT-G652, G.655
MPI-S_M点のインタフェース			
最大平均チャネル出力	dBm	+5	+5
最小平均チャネル出力	dBm	+2	0
最大平均総合出力	dBm	+17	+17
中心周波数	THz	192.1 + 0.2 m, m = 0 ~ 15	192.1 + 0.2 m, m = 0 ~ 15
チャネル間隔	GHz	200	200
最大スペクトル変位	GHz	40	40
最小チャネル消光比	dB	8.2	8.2
アイマスク	–	NRZ 2.5G	NRZ 10G 増幅
MPI-S_M点からMPI-R_Mの光パス (単一区間)			
最大損失	dB	22	22
最小損失	dB	11	11
上限波長での最大波長分散	ps/nm	1600 … JT-G652, 840 … G.655	1600 … JT-G652, 840 … G.655
下限波長での最大波長分散	ps/nm	1600 … JT-G652, 840 … G.655	1600 … JT-G652, 840 … G.655
MPI-S _M の最小光反射損失	dB	24	24
MPI-S _M とMPI-R _M 間の最大離散反射率	dB	-27	-27
最大群遅延	ps	120	30
MPI-R_M点のインタフェース			
最大平均チャネル入力	dBm	-6	-6
最小平均チャネル入力	dBm	-20	-22
最小平均総合入力	dBm	+6	+6
最大チャネルパワー差	dB	3	3
最大光パスペナルティ	dB	2 … JT-G652, 1 … G.655	2 … JT-G652, 1 … G.655
最小等価感度	dBm	-22 … JT-G652, -21 … G.655	-24 … JT-G652, -23 … G.655
光ネットワークエレメントの最大反射率	dB	-27	-27
注 – ラインアンプを使う将来のシステムや領域内インタフェース (IaDIs) には適用できない場合がある。			

表8-5 NRZ25Gクラス光トリビュタリ信号アプリケーションに対する多重チャネルIrDIパラメータ

パラメータ	単位	4I1-9D1F	4L1-9C1F	4L1-9D1F
一般情報				
最大チャネル数	-	4	4	4
光トリビュタリ信号のビットレート/回線符号	-	OTL4.4 or FOIC1.4-RS	OTL4.4 or FOIC1.4-RS	OTL4.4 or FOIC1.4-RS
最大ビット誤り率	-	10 ⁻¹² (注)	10 ⁻¹² (注)	10 ⁻¹² (注)
ファイバの種類	-	JT-G652	JT-G652	G.625
MPI-S_M点のインタフェース				
最大平均チャネル出力	dBm	4.5	2.9	5.1
最小チャネル消光比 (注2)	dB	4	8	7
最大チャネル消光比 (注2)	dB	7	-	-
最小平均チャネル出力 (注2)	dBm	-0.6	-2.7	0.6
最大平均総合出力	dBm	10	8.9	11.1
最大チャネルパワー差	dB	5	3.6	3.6
中心周波数	THz	229.0 + 0.8 m m=0~3	229.0 + 0.8 m, m=0~3	229.0 + 0.8 m, m=0~3
チャネル間隔	GHz	800	800	800
最大スペクトル変位	GHz	±184	±184	±184
アイマスク	-	NRZ 25G 比	NRZ 25G 比	NRZ 25G 比
MPI-S_M点からMPI-R_Mの光パス (単一区間)				
最大損失	dB	6.3	18	18
最小損失	dB	0	0	10
上限波長での最大波長分散	ps/nm	-28.5 ~ +9.5	-114 ~ +38	-114 ~ +38
下限波長での最大波長分散	ps/nm	-28.5 ~ +9.5	-114 ~ +38	-114 ~ +38
MPI-S _M の最小光反射損失	dB	20	20	20
MPI-S _M とMPI-R _M 間の最大離散反射率	dB	-26	-26	-26
最大群遅延	ps	8	10.3	10.3
MPI-R_M点のインタフェース				
最大平均チャネル入力	dBm	4	4.5	-4.9
最小平均チャネル入力	dBm	-6.9	-20.7	-17.4
最小平均総合入力	dBm	10.5	10.5	1.1
最大チャネルパワー差	dB	5.5	4.5	4.5
最大光パスペナルティ	dB	1.5	2.5	1.5
最小等価感度	dBm	-8.4	-23.2	-18.9
光ネットワークエレメントの最大反射率	dB	-26	-26	-26
注1 - これらのアプリケーションコードのBERは誤り訂正 (使用する場合) 後にパラメータを満たす必要がある。したがってFECデコーダーの入力におけるBERは10 ⁻¹² を超過することがある。				
注2 - 4I1-9D1Fのパラメータは、最大および最小平均チャネル出力パワー、最大および最小チャネル消光比および最大平均総合出力パワーの異なる値を有する送信器の2つのオプション (列の分割で示されている) を可能にする。送信器パラメータ値の2つのセットは、これらのパラメータが分割されて示されている値のように、同じ物理的受信器に対する最大および最小平均チャネル入力パワー、最大平均総合入力パワーおよび最小等価感度について異なる値を提供する。送信器は2つの列のいずれかの仕様に適合し、受信器は両方の列の仕様を満たさなければならない。				

表8-6 PAM4 50Gクラス光トリビュタリ信号アプリケーションに対する多重チャネルIrDIパラメータ

パラメータ	単位	8R1-4D1F	4I1-4D1F	8I1-4D1F
一般情報				
最大チャネル数	-	4	4	8
光トリビュタリ信号のビットレート/回線符号	-	FOIC4.8 PAM4	FOIC2.4 PAM4	FOIC4.8 PAM4
最大ビット誤り率	-	10 ⁻¹³ (注1)	10 ⁻¹³ (注1)	10 ⁻¹³ (注1)
ファイバの種類	-	JT-G652	JT-G652	JT-G652
MPI-S_M点のインタフェース				
最大平均チャネル出力	dBm	5.3 (注2)	5.3	5.3 (注2)
最小平均チャネル出力	dBm	-3.5	-3.4	-2.8
最大平均合計チャネル出力	dBm	+13.2	+11.3	+13.2
最小チャネル消光比	dB	3.5 4.5	3.5 4.5	3.5 4.5
最大チャネル消光比	dB	4.5 -	4.5 -	4.5 -
最大チャネルOMA _{outer} 出力	dBm	+5.5	+5.1	+5.7
最小チャネルOMA _{outer} 出力	dBm	-0.5	-0.4	+0.2
最大TDECQ	dB	3.1	3.4	3.3
最大チャネルパワー差	dB	4	4	4
最小チャネル出力OMA _{outer} - TDECQ	dBm	-1.8 -1.9	-1.7 -1.8	-1.1 -1.2
中心周波数	THz	229.0 + 0.8 m, m = 0 to 3 and 5 to 8	229.0 + 0.8 m, m = 0 to 3	229.0 + 0.8 m, m = 0 to 3 and 5 to 8
チャネル間隔	GHz	800	800	800
最大スペクトル変位	GHz	±184	±184	±184
MPI-S_M点からMPI-R_Mの光パス (単一区間)				
最大損失	dB	4	6.3	6.3
最小損失	dB	0	0	0
上限波長での最大波長分散	ps/nm	-10.2 to +1.9	-28.4 to +9.5	-50.8 to +9.5
下限波長での最大波長分散	ps/nm	-10.2 to +1.9	-28.4 to +9.5	-50.8 to +9.5
MPI-S _M の最小光反射損失	dB	16.5	15.1	15.1
MPI-S _M とMPI-R _M 間の最大離散反射率	dB	7.2.3.6 参照	7.2.3.6 参照	7.2.3.6 参照
最大群遅延	ps	3	8	8
MPI-R_M点のインタフェース				
最大平均チャネル入力	dBm	+5.3	+5.3	+5.3
最小平均チャネル入力	dBm	-7.5	-9.7	-9.1
最大平均総合入力	dBm	+13.2	+11.3	+13.2
最大チャネルOMA _{outer} 入力	dBm	+5.7	+5.1	+5.7
最小チャネルOMA _{outer} 入力	dBm	-4.5	-6.7	-6.1
最大チャネルパワー差	dB	4.1	4.2	4.5
最大マルチパス干渉ペナルティ (注3)	dB	0.4 0.3	0.6 0.4	0.3 0.6
最小等価感度(OMA _{outer} - SECQ)	dBm	-6.2	-8.6	-8
光ネットワークエレメントの最大反射率	dB	-26	-26	-26
注1-これらのアプリケーションコードのBERは、誤り訂正 (もし使用する場合) 後にパラメータを満たす必要がある。したがってFECデコーダーの入力におけるBERは、10 ⁻¹³ を超過することがある。				
注2-最大平均総合出力パワー制限を満たすため、すべてのレーンが最大平均チャネル出力パワーで動作するわけではない。				

パラメータ	単位	8R1-4D1F	4I1-4D1F	8I1-4D1F
注3 - これらのアプリケーションのパラメータは、最小および最大チャンネル消光比と最小チャンネルOMAouterからTDECQを差し引いた値がそれぞれ異なっている送信器（列内で分割して示されている）のために、2つのオプションをとることを許容しています。送信器パラメータ値の2つのセットは、このパラメータが分割されて示されているように、同じ物理的な受信機に対する最大マルチパス干渉ペナルティ許容値に対して異なる値を提供する。送信器は、2つの列のいずれかの仕様に適合し、受信器は両方の列の仕様を満たさなければならない。				

8.2 単一チャンネルIrDI

単一チャンネル相互領域間インタフェースに対する物理パラメータを、表8-7～8-18に示す。

表8-7 NRZ2.5G光トリビュタリ信号の局内及び短距離アプリケーションにおける単一チャンネルIrDIパラメータ

パラメータ	単位	P1I1-1D1	P1S1-1D1	P1S1-1D2
一般情報		(注)	(注)	(注)
最大チャンネル数	–	1	1	1
光トリビュタリ信号のビットレート/回線符号	–	NRZ 2.5G	NRZ 2.5G	NRZ 2.5G
最大ビット誤り率	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
ファイバの種類	–	JT-G652	JT-G652	JT-G652
MPI-S点のインタフェース				
運用波長範囲	nm	1266–1360	1260–1360	1530-1565
光源の種類		MLM	SLM	SLM
最大RMS幅 (σ)	nm	3.4	NA	NA
最大-20dB幅	nm	NA	1	< 1
最大スペクトルパワー密度	mW/ 10 MHz	FFS	FFS	FFS
最小サイドモード抑制比率	dB	NA	30	30
最大平均出力パワー	dBm	-3	0	0
最小平均出力パワー	dBm	-10	-5	-5
最小消光比	dB	8.2	8.2	8.2
アイマスク	–	NRZ 2.5G	NRZ 2.5G	NRZ 2.5G
MPI-S点からMPI-Rの光パス				
最大損失	dB	6	11	11
最小損失	dB	0	0	0
上限波長での最大波長分散	ps/nm	±12	+140	800
下限波長での最大波長分散	ps/nm	±12	±140	715
MPI-Sの最小光リターン損失	dB	14	14	14
MPI-SとMPI-Rの間の最大離散反射率	dB	-27	-27	-27
最大群遅延	ps	120	120	120
MPI-R点のインタフェース				
最大平均入力パワー	dBm	-3	0	0
最小感度	dBm	-17	-17	-17
最大光パスペナルティ	dB	1	1	1
光ネットワークエレメントの最大反射率	dB	-14	-14	-14

パラメータ	単位	P1I1-1D1	P1S1-1D1	P1S1-1D2
注 - これらのアプリケーションコードに対するパラメータは、JT-G957に基づく。				

表8-8 NRZ2.5Gクラス光トリビュタリ信号長距離アプリケーションにおける単一チャネルIrDIパラメータ

パラメータ	単位	P1L1-1D1	P1L1-1D2	1L1-1D2F
一般情報				
最大チャネル数	-	1	1	1
光トリビュタリ信号のビットレート/回線符号	-	NRZ 2.5G	NRZ 2.5G	NRZ OTU1 FEC可能
最大ビット誤り率	-	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹² (注2)
ファイバの種類	-	JT-G652	JT-G652	JT-G652
MPI-S点のインタフェース				
運用波長範囲	nm	1280-1335	1530-1565	1530-1565
光源の種類		SLM	SLM	SLM
最大RMS幅 (σ)	nm	NA	NA	NA
最大-20dB幅	nm	1	1	1
最大スペクトルパワー密度	mW/ 10 MHz	FFS	FFS	FFS
最小サイドモード抑制比率	dB	30	30	30
最大平均出力パワー	dBm	+3	+3	+3
最小平均出力パワー	dBm	-2	-2	-2
最小消光比	dB	8.2	8.2	8.2
アイマスク	-	NRZ 2.5G	NRZ 2.5G	NRZ 2.5G
MPI-S点からMPI-Rの光パス				
最大損失	dB	22	22	24
最小損失	dB	12	12	12
上限波長での最大波長分散	ps/nm	±180	1600	1600
下限波長での最大波長分散	ps/nm	±180	1430	1430
MPI-Sの最小光リターン損失	dB	24	24	24
MPI-SとMPI-Rの間の最大離散反射率	dB	-27	-27	-27
最大群遅延	ps	120	120	120
MPI-R点のインタフェース				
最大平均入力パワー	dBm	-9	-9	-9
最小感度	dBm	-25	-26	-28
最大光パスペナルティ	dB	1	2	2
光ネットワークエレメントの最大反射率	dB	-27	-27	-27
注1 - これらのアプリケーションコードに対するパラメータ値は、主にJT-G957に基づく。				
注2 - これらのアプリケーションコードのBERは誤り訂正後にパラメータを満たす必要がある。したがってFECデコーダーの入力におけるBERは10 ⁻¹² を超過することがある。				

表8-9 NRZ2.5Gクラス光トリビュタリ信号超長距離アプリケーションに対する単一チャネルIrDIパラメータ

タ

パラメータ	単位	P1U1-1A2	P1U1-1A3	P1U1-1A5	1U1-1B2F 1U1-1B5F	1U1-1B3F
G.691 アプリケーションコード		U-16.2	U-16.3	–	–	–
一般情報		(注1)	(注1)			
最大チャネル数	–	1	1	1	1	1
光トリビュタリ信号のビットレート/回線符号	–	NRZ 2.5G	NRZ 2.5G	NRZ 2.5G	NRZ OTU1 FEC可能	NRZ OTU1 FEC可能
最大ビット誤り率	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹² (注2)	10 ⁻¹² (注2)
ファイバの種類	–	JT-G652	G.653	G.655	JT-G652, G.655	G.653
MPI-S点のインタフェース						
運用波長範囲	nm	1530–1565	1530–1565	1530–1565	1530–1565	1530–1565
光源の種類		SLM	SLM	SLM	SLM	SLM
最大スペクトルパワー密度	mW/ 10 MHz	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
最小サイドモード抑制比率	dB	30	30	30	30	30
最大平均出力パワー	dBm	+15	+15	+15	+18	+18
最小平均出力パワー	dBm	+12	+12	+12	+15	+15
最小消光比	dB	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
アイマスク	–	NRZ 2.5G	NRZ 2.5G	NRZ 2.5G	NRZ 2.5G	NRZ 2.5G
MPI-S点からMPI-Rの光パス						
最大損失	dB	44	44	44	44	44
最小損失	dB	33	33	33	27	27
上限波長での最大波長分散	ps/nm	3200	±550	1700	3200 JT-G652, 1700 G.655	±550 (注3)
下限波長での最大波長分散	ps/nm	2860	±550	1390	2860 JT-G652, 1390 G.655	±550 (注3)
MPI-Sの最小光リターン損失	dB	24	24	24	24	24
MPI-SとMPI-Rの間の最大離散 反射率	dB	–27	–27	–27	–27	–27
最大群遅延	ps	120	120	120	120	120
MPI-R点のインタフェース						
最大平均入力パワー	dBm	–18	–18	–18	–9	–9
最小感度	dBm	–34	–33	–34	–31	–30
最大光パスペナルティ	dB	2	1	2	2	1
光ネットワークエレメントの最大 反射率	dB	–27	–27	–27	–27	–27

パラメータ	単位	P1U1-1A2	P1U1-1A3	P1U1-1A5	1U1-1B2F 1U1-1B5F	1U1-1B3F
注1 - これらのアプリケーションコードに対するパラメータ値は、主にITU-T G.691に基づく。						
注2 - これらのアプリケーションコードのBERは誤り訂正後にパラメータを満たす必要がある。したがってFECデコーダーの入力におけるBERは 10^{-12} を超過することがある。						
注3 - G.653ファイバのために、送信波長とファイバゼロ分散波長の組合せによっては、マイナス分散に終わることがあり得る。前述の事象は、このアプリケーションで要求するパワーレベルでは確認されなかった。G.653ファイバ使用環境下では、マイナス分散を避けるために接続プロバイダとシステムベンダの間で相互調整が必要となる。						

表8-10 NRZ10Gクラス光トリビュタリ信号局内アプリケーションに対する単一チャンネルIrDIパラメータ

パラメータ	単位	P1I1-2D2	P1I1-2D3	P1I1-2D5
G.691 アプリケーションコード		I-64.2	I-64.3	I-64.5
一般情報				
最大チャンネル数	-	1	1	1
光トリビュタリ信号のビットレート/回線符号	-	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ 10G
最大ビット誤り率	-	10^{-12}	10^{-12}	10^{-12}
ファイバの種類	-	JT-G652	G.653	G.655
MPI-S点のインタフェース				
運用波長範囲	nm	1500-1565	1500-1565	1500-1565
光源の種類		SLM	SLM	SLM
最大スペクトルパワー力密度	mW/ 10 MHz	FFS	FFS	FFS
最小サイドモード抑制比率	dB	30	30	30
最大平均出力パワー	dBm	-1	-1	-1
最小平均出力パワー	dBm	-5	-5	-5
最小消光比	dB	8.2	8.2	8.2
アイマスク	-	NRZ 10G 1550 nm帯	NRZ 10G 1550 nm帯	NRZ 10G 1550 nm帯
MPI-S点からMPI-Rの光パス				
最大損失	dB	7	7	7
最小損失	dB	0	0	0
上限波長での最大波長分散	ps/nm	500	±150	270
下限波長での最大波長分散	ps/nm	400	±150	180
MPI-Sの最小光リターン損失	dB	24	24	24
MPI-SとMPI-Rの間の最大離散反射率	dB	-27	-27	-27
最大群遅延	ps	30	30	30
MPI-R点のインタフェース				
最大平均入力パワー	dBm	-1	-1	-1
最小感度	dBm	-14	-13	-13
最大光パスペナルティ	dB	2	1	1
光ネットワークエレメントの最大反射率	dB	-27	-27	-27

表8-11 JT-G652ファイバにおけるNRZ10Gクラス光トリビュタリ信号短距離アプリケーションに対する単一チャンネルIrDIパラメータ

パラメータ	単位	P1S1-2D1	P1S1-2D2a	P1S1-2D2b	1S1-2D2bF
G.691 アプリケーションコード		S-64.1	S-64.2a	S-64.2b	
一般情報					
最大チャンネル数	–	1	1	1	1
光トリビュタリ信号のビットレート/回線符号	–	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ OTU2 FEC可能
最大ビット誤り率	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹² (注2)
ファイバの種類	–	JT-G652	JT-G652	JT-G652	JT-G652
MPI-S点のインタフェース					
運用波長範囲	nm	1290–1330	1530–1565	1530–1565	1530–1565
光源の種類	–		SLM	SLM	SLM
最大スペクトルパワー密度	mW/ 10 MHz	FFS	FFS	FFS	FFS
最小サイドモード抑制比率	dB	30	30	30	30
最大平均出力パワー	dBm	+5	-1	+2	+2
最小平均出力パワー	dBm	+1	-5	-1	-2
最小消光比	dB	6	8.2	8.2	8.2
アイマスク	–	NRZ 10G 1310 nm帯	NRZ 10G 1550 nm帯	NRZ 10G 1550 nm帯	NRZ 10G 1550 nm帯
MPI-S点からMPI-Rの光パス					
最大損失	dB	11	11	11	12
最小損失	dB	6	7	3	3
上限波長での最大波長分散	ps/nm	±70	800	800	800
下限波長での最大波長分散	ps/nm	±70	720	720	720
MPI-Sの最小光リターン損失	dB	14	24	24	24
MPI SとMPI-Rの間の最大離散反射率	dB	-27	-27	-27	-27
最大群遅延	ps	30	30	30	30
MPI-R点のインタフェース					
最大平均入力パワー	dBm	-1	-8	-1	-1
最小感度	dBm	-11	-18	-14	-16
最大光パスペナルティ	dB	1	2	2	2
光ネットワークエレメントの最大反射率	dB	-14	-27	-27	-27
注1 - 「a」のアプリケーションコードはAPD受信器に適した送信パワーレベルをもつ; 「b」のアプリケーションコードはPIN受信器に適した送信パワーレベルをもつ。					
注2 - これらのアプリケーションコードのBERは誤り訂正後にパラメータを満たす必要がある。したがってFECデコーダーの入力におけるBERは10 ⁻¹² を超過することがある。					

表8-12 G.653とG.655ファイバにおけるNRZ10Gクラス光トリビュタリ信号短距離アプリケーションに対する単一チャネルIrDIパラメータ

パラメータ	単位	P1S1-2D3a P1S1-2D5a	P1S1-2D3b P1S1-2D5b	1S1-2D3bF 1S1-2D5bF
G.691 アプリケーションコード		S-64.3a S-64.5a	S-64.3b S-64.5b	
一般情報				
最大チャネル数	–	1	1	1
光トリビュタリ信号のビットレート/回線符号	–	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ OTU2 FEC可能
最大ビット誤り率	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹² (注2)
ファイバの種類	–	G.653, G.655	G.653, G.655	G.653, G.655
MPI-S点のインタフェース				
運用波長範囲	nm	1530–1565	1530–1565	1530–1565
光源の種類	–	SLM	SLM	SLM
最大スペクトルパワー密度	mW/ 10 MHz	FFS	FFS	FFS
最小サイドモード抑制比率	dB	30	30	30
最大平均出力パワー	dBm	–1	+2	+2
最小平均出力パワー	dBm	–5	–1	–2
最小消光比	dB	8.2	8.2	8.2
アイマスク	–	NRZ 10G 1550 nm帯	NRZ 10G 1550 nm帯	NRZ 10G 1550 nm帯
MPI-S点からMPI-Rの光パス				
最大損失	dB	11	11	12
最小損失	dB	7	3	3
上限波長での最大波長分散	ps/nm	±140 G.653, 430 G.655	±140 G.653, 430 G.655	±140 G.653, 430 G.655
下限波長での最大波長分散	ps/nm	±140 G.653, 350 G.655	±140 G.653, 350 G.655	±140 G.653, 350 G.655
MPI-Sの最小光リターン損失	dB	24	24	24
MPI SとMPI-Rの間の最大離散反射率	dB	–27	–27	–27
最大群遅延	ps	30	30	30
MPI-R点のインタフェース				
最大平均入力パワー	dBm	–8	–1	–1
最小感度	dBm	–17	–13	–15
最大光パスペナルティ	dB	1	1	1
光ネットワークエレメントの最大反射率	dB	–27	–27	–27
<p>注1 - 「a」のアプリケーションコードはAPD受信器に適した送信パワーレベルをもつ; 「b」のアプリケーションコードはPIN受信器に適した送信パワーレベルをもつ。</p> <p>注2 - これらのアプリケーションコードのBERは誤り訂正後にパラメータを満たす必要がある。したがってFECデコーダーの入力におけるBERは10⁻¹²を超過することがある。</p>				

表8-13 NRZ10Gクラス光トリビュタリ信号長距離アプリケーションに対する単一チャネルIrDIパラメータ

パラメータ	単位	P1L1-2D1	P1L1-2D2	1L1-2D2F
G.691 アプリケーションコード		L-64.1	-	-
一般情報				
最大チャネル数	-	1	1	1
光トリビュタリ信号のビットレート/回線符号	-	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ OTU2 FEC可能
最大ビット誤り率	-	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹² (注)
ファイバの種類	-	JT-G652	JT-G652	JT-G652
MPI-S点のインタフェース				
運用波長範囲	nm	1290-1320	1530-1565	1530-1565
光源の種類	-	SLM	SLM	SLM
最大スペクトルパワー密度	mW/ 10 MHz	FFS	FFS	FFS
最小サイドモード抑制比率	dB	30	30	30
最大平均出力パワー	dBm	+7	+4	+4
最小平均出力パワー	dBm	+3	0	-1
最小消光比	dB	6	9	8.2
アイマスク	-	NRZ 10G 1310 nm帯	NRZ 10G 1550 nm帯	NRZ 10G 1550 nm帯
MPI-S点からMPI-Rの光パス				
最大損失	dB	22	22	22
最小損失	dB	16	11	11
上限波長での最大波長分散	ps/nm	±140	1600	1600
下限波長での最大波長分散	ps/nm	±140	1430	1430
MPI-Sの最小光リターン損失	dB	24	24	24
MPI-SとMPI-Rの間の最大離散反射率	dB	-27	-27	-27
最大群遅延	ps	30	30	30
MPI-R点のインタフェース				
最大平均入力パワー	dBm	-9	-7	-7
最小感度	dBm	-20	-24	-25
最大光パスペナルティ	dB	1	2	2
光ネットワークエレメントの最大反射率	dB	-27	-27	-27
注 - これらのアプリケーションコードのBERは誤り訂正後にパラメータを満たす必要がある。したがってFECデコーダーの入力におけるBERは10 ⁻¹² を超過することがある。				

表8-14 NRZ10Gクラス光トリビュタリ信号超長距離アプリケーションに対する単一チャネルIrDIパラメータ

タ

パラメータ	単位	P1V1-2C2	1V1-2C2F	P1V1-2B5	1V1-2B5F
一般情報					
最大チャネル数	–	1	1	1	1
光トリビュタリ信号のビットレート/回線符号	–	NRZ 10G	NRZ OTU2 FEC可能	NRZ 10G	NRZ OTU2 FEC可能
最大ビット誤り率	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹² (注1)	10 ⁻¹²	10 ⁻¹² (注1)
ファイバの種類	–	JT-G652	JT-G652	G.655	G.655
MPI-S点のインタフェース					
運用波長範囲	nm	–	–	1530–1565	1530–1565
中心周波数	THz	192.1	192.1	–	–
最大スペクトル変位	GHz	40	40	–	–
光源の種類	–	SLM	SLM	SLM	SLM
最大スペクトルパワー密度	mW/ 10 MHz	FFS	FFS	FFS	FFS
最小サイドモード抑制比率	dB	30	30	30	30
最大平均出力パワー	dBm	+7	+7	+13	+13
最小平均出力パワー	dBm	+4	+3	+10	+10
最小消光比	dB	9 (注2)	9 (注2)	9	8.2
アイマスク	–	NRZ 10G 増幅あり	NRZ 10G 増幅あり	NRZ 10G 1550 nm帯	NRZ 10G 1550 nm帯
MPI-S点からMPI-Rの光パス					
最大損失	dB	33	33	33	33
最小損失	dB	21	21	20	20
上限波長での最大波長分散	ps/nm	2400	2400	1280	1280
下限波長での最大波長分散	ps/nm	2400	2400	1050	1050
MPI-Sの最小光リターン損失	dB	24	24	24	24
MPI-SとMPI-Rの間の最大離散反射率	dB	–27	–27	–27	–27
最大群遅延	ps	30	30	30	30
MPI-R点のインタフェース					
最大平均入力パワー	dBm	–14	–14	–7	–7
最小感度	dBm	–30	–31	–24	–24
最大光パスペナルティ	dB	1	1	1	1
光ネットワークエレメントの最大反射率	dB	–27	–27	–27	–27
注1 - これらのアプリケーションコードのBERは誤り訂正後にパラメータを満たす必要がある。したがってFECデコーダーの入力におけるBERは10 ⁻¹² を超過することがある。					
注2 - これらのアプリケーションコードの消光比は、4次元ベッセル・トムソンフィルタを適用することを要求されない。					

表8-15 電気分散補償を用いたNRZ10Gクラス光トリビュタリ信号長距離及び超長距離アプリケーションの
単一チャネルIrDIパラメータ

パラメータ	単位	P1L1-2D2E	1L1-2D2FE	P1V1-2B2E	1V1-2B2FE
一般情報		(注1)	(注1)	(注1)	(注1)
最大チャネル数	–	1	1	1	1
光トリビュタリ信号のビットレート/ 回線符号	–	NRZ 10G	NRZ OTU2 FEC可能	NRZ 10G	NRZ OTU2 FEC可能
最大ビット誤り率	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹² (注2)	10 ⁻¹²	10 ⁻¹² (注2)
ファイバの種類	–	JT-G652	JT-G652	JT-G652	JT-G652
MPI-S点のインタフェース					
運用波長範囲	nm	FFS	FFS	FFS	FFS
光源の種類	–	SLM	SLM	SLM	SLM
最大スペクトルパワー密度	mW/ 10 MHz	FFS	FFS	FFS	FFS
最小サイドモード抑制比率	dB	FFS	FFS	FFS	FFS
最大平均出力パワー	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS
最小平均出力パワー	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS
最小消光比	dB	FFS	FFS	FFS	FFS
アイマスク	–	FFS	FFS	FFS	FFS
MPI-S点からMPI-Rの光パス					
最大損失	dB	22	22	33	33
最小損失	dB	FFS	FFS	FFS	FFS
上限波長での最大波長分散	ps/nm	FFS	FFS	FFS	FFS
下限波長での最大波長分散	ps/nm	FFS	FFS	FFS	FFS
MPI-Sの最小光リターン損失	dB	FFS	FFS	FFS	FFS
MPI-SとMPI-Rの間の最大離散反射率	dB	FFS	FFS	FFS	FFS
最大群遅延	ps	30	30	30	30
MPI-R点のインタフェース					
最大平均入力パワー	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS
最小感度	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS
最大光パスペナルティ	dB	FFS	FFS	FFS	FFS
光ネットワークエレメントの最大反 射率	dB	FFS	FFS	FFS	FFS
<p>注1 - これらのアプリケーションコードは、送信機のスペクトル特性を満足するために追加パラメータを必要が、パラメータは検討中である。上記のパラメータに対する初期値は、付録VIIを参照のこと。</p> <p>注2 - これらのアプリケーションコードのBERは誤り訂正後にパラメータを満たす必要がある。したがってFECデコーダーの入力におけるBERは10⁻¹²を超過することがある。</p>					

表8-16 NRZ40Gクラス光トリビュタリ信号局内アプリケーションに対する単一チャンネルIrDIパラメータ

パラメータ	単位	P1I1-3D1	I1I-3D1F	P1I1-3D3	P1I1-3D5
一般情報					
最大チャンネル数	–	1	1	1	1
光トリビュタリ信号のビットレート/回線符号	–	NRZ 40G	NRZ OTU3 FEC可能	NRZ 40G	NRZ 40G
最大ビット誤り率	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹² (注1)	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
ファイバの種類	–	JT-G652	JT-G652	ITU-T G.653	ITU-T G.655.D (注2)
MPI-S点のインタフェース					
運用波長範囲	nm	1307-1317	1307-1317	1 530– 1 565	1 530– 1 565
光源の種類	–	SLM	SLM	SLM	SLM
最大スペクトルパワー密度	mW/ 10 MHz	FFS	FFS	FFS	FFS
最小サイドモード抑制比率	dB	35	35	35	35
最大平均出力パワー	dBm	+4	+4	+3	+3
最小平均出力パワー	dBm	0	0	0	0
最小消光比	dB	8.2	8.2	8.2	8.2
アイマスク	–	NRZ 40G	NRZ 40G	NRZ 40G	NRZ 40G
MPI-S点からMPI-Rの光パス					
最大損失	dB	6	6	5	4
最小損失	dB	0	0	0	0
上限波長での最大波長分散	ps/nm	±16	±16	±33	33
下限波長での最大波長分散	ps/nm	±16	±16	±33	33
MPI-Sの最小光リターン損失	dB	24	24	24	24
MPI-SとMPI-Rの間の最大離散反射率	dB	–27	–27	–27	–27
最大群遅延	ps	7.5	7.5	7.5	7.5
MPI-R点のインタフェース					
最大平均入力パワー	dBm	+4	+4	+3	+3
最小感度	dBm	–7	–7	–7	–6
最大光パスペナルティ	dB	1	1	2	2
光ネットワークエレメントの最大反射率	dB	–27	–27	–27	–27
注1 - これらのアプリケーションコードのBERは誤り訂正後にパラメータを満たす必要がある。したがってFECデコーダーの入力におけるBERは10 ⁻¹² を超過することがある。					
注2 - G655ファイバを使用する場合は、目標距離は減少する。					

表8-17 NRZ40Gクラス光トリビュタリ信号1300nm帯域の短長距離アプリケーションに対する単一チャネルIrDIパラメータ

パラメータ	単位	P1S1-3D1	1S1-3D1F	P1L1-3C1	1L1-3C1F
一般情報					
最大チャンネル数	-	1	1	1	1
光トリビュタリ信号のビットレート/ 回線符号	-	NRZ 40G	NRZ OTU3 FEC可能	NRZ 40G	NRZ OTU3 FEC可能
最大ビット誤り率	-	10 ⁻¹²	10 ⁻¹² (注)	10 ⁻¹²	10 ⁻¹² (注)
ファイバの種類	-	JT-G652	JT-G652	JT-G652	JT-G652
MPI-S点のインタフェース					
運用波長範囲	nm	1310-1314	1310-1314	1310-1314	1310-1314
光源の種類	-	SLM	SLM	SLM	SLM
最大スペクトルパワー密度	mW/ 10 MHz	FFS	FFS	FFS	FFS
最小サイドモード抑制比率	dB	35	35	35	35
最大平均出力パワー	dBm	+7	+4	+7	+4
最小平均出力パワー	dBm	+4	+1	+4	+1
最小消光比	dB	8.2	8.2	8.2	8.2
アイマスク	-	NRZ 40G	NRZ 40G	NRZ 40G	NRZ 40G
MPI-S点からMPI-Rの光パス					
最大損失	dB	10.5	10.5	20	20
最小損失	dB	3	0	9	6
上限波長での最大波長分散	ps/nm	±27	±27	±53	±53
下限波長での最大波長分散	ps/nm	±27	±27	±53	±53
MPI-Sの最小光リターン損失	dB	24	24	24	24
MPI-SとMPI-Rの間の最大離散反射率	dB	-27	-27	-27	-27
最大群遅延	ps	7.5	7.5	7.5	7.5
MPI-R点のインタフェース					
最大平均入力パワー	dBm	+4	+4	-2	-2
最小感度	dBm	-7.5	-10.5	-18	-21
最大光パスペナルティ	dB	1	1	2	2
光ネットワークエレメントの最大反射率	dB	-27	-27	-27	-27
注 - これらのアプリケーションコードのBERは誤り訂正後にパラメータを満たす必要がある。したがってFECデコーダーの入力におけるBERは10 ⁻¹² を超過することがある。					

表8-18 NRZ40Gクラス光トリビュタリ信号1550nm帯域の短長距離アプリケーションに対する単一チャネルIrDIパラメータ

パラメータ	単位	P1S1-3C2	P1L1-3A2	1L1-3C2FD	1L1-3C2F
		P1S1-3C3	P1L1-3A3	1L1-3C3FD	1L1-3C3F
		P1S1-3C5	P1L1-3A5	1L1-3C5FD	1L1-3C5F
一般情報					
最大チャンネル数	-	1	1	1	1
光トリビュタリ信号のビットレート/ 回線符号	-	NRZ 40G	NRZ 40G	NRZ OTU3 FEC可能	NRZ OTU3 FEC可能
最大ビット誤り率	-	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹² (注3)	10 ⁻¹² (注3)

パラメータ	単位	P1S1-3C2 P1S1-3C3 P1S1-3C5	P1L1-3A2 P1L1-3A3 P1L1-3A5	1L1-3C2FD 1L1-3C3FD 1L1-3C5FD	1L1-3C2F 1L1-3C3F 1L1-3C5F
ファイバの種類	–	JT-G652, G.653, G.655	JT-G652, G.653, G.655	JT-G652, G.653, G.655	JT-G652, G.653, G.655
MPI-S点のインタフェース					
中心周波数	THz	192.1	192.1	192.1	192.1
最大スペクトル変位	GHz	40	40	40	40
光源の種類	–	SLM	SLM	SLM	SLM
最大スペクトルパワー密度	mW/ 10 MHz	FFS	FFS	FFS	FFS
最小サイドモード抑制比率	dB	35	35	35	35
最大平均出力パワー	dBm	+3	+8	+5	+5
最小平均出力パワー	dBm	-3	+5	+2	+2
最小消光比	dB	8.2	10	10	10
アイマスク	–	NRZ 40G	NRZ 40G	NRZ 40G	NRZ 40G
MPI-S点からMPI-Rの光パス					
最大損失	dB	11	22	22	22
最小損失	dB	0	11	11	11
上限波長での最大波長分散	ps/nm	800 … JT-G652, ±120 … G.653, 420 … G.655	1600 … JT-G652, ±240 … G.653, 840 … G.655	1600 … JT-G652, ±240 … G.653, 840 … G.655	1600 … JT-G652, ±240 … G.653, 840 … G.655
下限波長での最大波長分散	ps/nm	800 … JT-G652, ±120 … G.653, 420 … G.655	1600 … JT-G652, ±240 … G.653, 840 … G.655	1600 … JT-G652, ±240 … G.653, 840 … G.655	1600 … JT-G652, ±240 … G.653, 840 … G.655
最大波長分散偏差	ps/nm	(注2)	(注2)	± 80	(注2)
MPI-Sの最小光リターン損失	dB	24	24	24	24
MPI-SとMPI-Rの間の最大 離散反射率	dB	-27	-27	-27	-27
最大群遅延	ps	7.5 (注1)	7.5 (注1)	7.5 (注1)	7.5 (注1)
MPI-R点のインタフェース					
最大平均入力パワー	dBm	+3	-3	-6	-6
最小感度	dBm	-17	-20	-22	-23
最大光パスペナルティ	dB	3	3	2	3
光ネットワークエレメント の最大反射率	dB	-27	-27	-27	-27
<p>注1 - JT-G652、G.653とG.655のファイバには、PMD係数が高すぎ、群遅延の規定値を満足しないものがある。</p> <p>注2 - この値は、接続プロバイダとシステムベンダ間の相互調整が必要となる。</p> <p>注3 - これらのアプリケーションコードのBERは誤り訂正後にパラメータを満たす必要がある。したがってFECデコーダーの入力におけるBERは10^{-12}を超過することがある。</p>					

9. 光の安全上の注意

光の安全上の注意についてはITU-T勧告G.664を参照。

注 - この標準のバージョンで指定される光出力レベルについては、ITU-T勧告G.664とIEC 60825-1とIEC 60825 2を満足すれば、自動出力低減機能 (APR) は必要ではない。但し、この標準の将来のバージョンでは、その限りではない。この場合、OTNを用いないアプリケーションでは、ITU-T勧告G.664で定義されたALS手順は、個々のSDHクライアント信号インタフェースのみに適用される。

10. パワーレベル管理

今後の課題。

付属資料A 多重チャネルIrDIにて単一チャネル特性を評価するための方法Aの構成

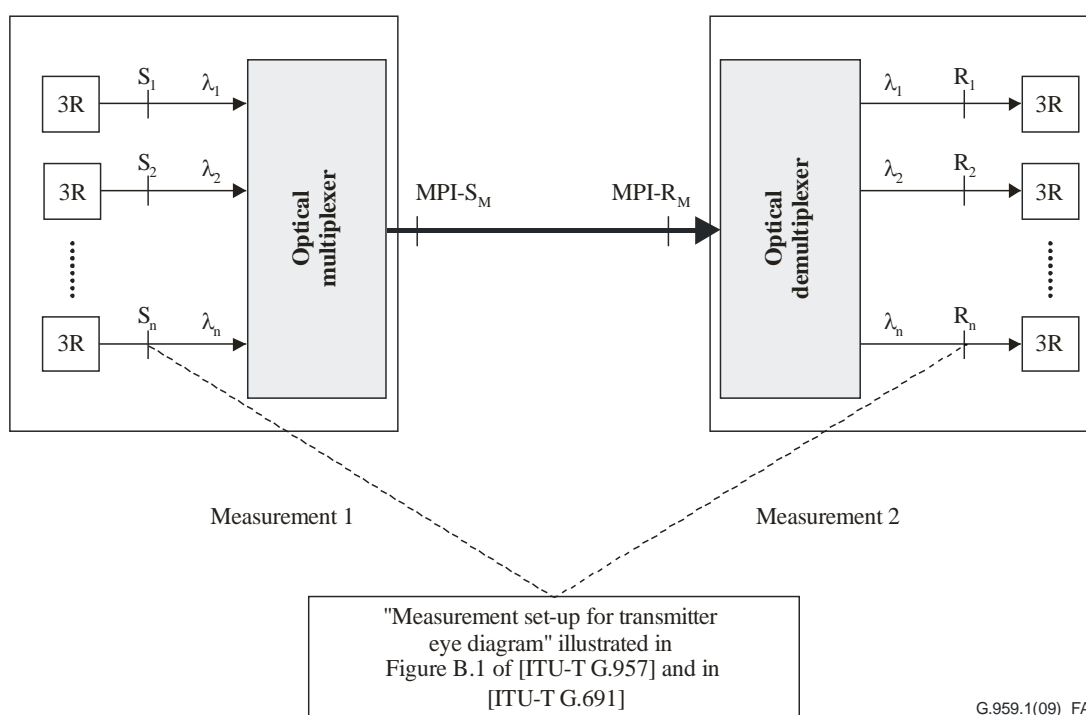
(本付属資料は仕様の一部である)

A.1 参照構成

多重チャネルIrDIの場合、単一チャネル参照点は単一チャネル特性 (消光比、アイマスク、光パスペナルティ) を評価するため、個々の伝送される信号へアクセスするために使われる。

アイマスクの測定は、JT-G957の付属図B.1に図示される“送信アイダイアグラムの測定セットアップ”へ S_x 参照点での単一チャネル信号を託して行われる。

光パスペナルティとしての二つの測定は、図 A.1に図示されるように行われる。始めに (測定1) S_x での信号を使用し参照BERを達成するため必要とされるパワーの測定が含まれる。これは、 R_x 参照点の信号でも繰り返される。(測定2)



G.959.1(09)_FA.1

図A.1 方法Aの構成

付属資料B 多重チャネルIrDIにて単一チャネル特性を評価するための方法Bとしての参照光バンドパスフィルタと参照受信器の特性

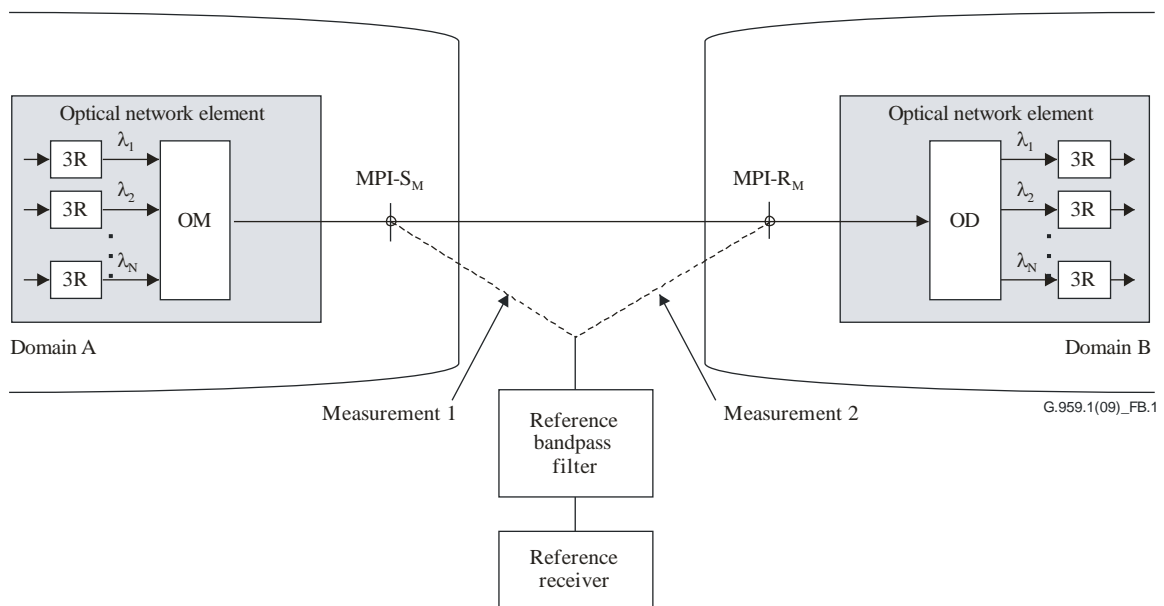
(本付属資料は仕様の一部である)

B.1 参照構成

多重チャネルIrDIの場合、光バンドパスフィルタは単一チャネル特性 (消光比、アイマスク、光パスペナルティ) を評価するため、個々に伝送される信号を分離するために使われる。

アイマスクの測定は、Annex B [JT-G957] の構成のようにMPI-S_Mでの信号を参照光バンドパスフィルタへ託し、その出力を参照受信器へ受け渡して行われる。

光パスペナルティとしての二つの測定は、図 B.1に図示されるように行われる。始めに (測定1) MPI-S_Mでの信号を使用し参照BERを達成するため必要とされるパワーの測定が含まれている。これは、MPI-R_Mにおいても同様である。(測定2)



図B.1 方法Bの構成

B.2 参照光バンドパスフィルタ

参照光バンドパスフィルタの目的は、合成された多重チャネル信号から個々の光トリビュタリ信号を分離することである。フィルタは、測定環境化により起こる信号に対する歪が無視できる限り、隣接信号からの干渉を最小限にするための特性を持つべきである。最小限の要求は、B.2.1節で述べられる。

可変可能なフィルタや分離器等、この機能を実現できるいくつかの技術が存在する。

B.2.1 フィルタパラメータ

参照光バンドパスフィルタ周波数応答の要求は、図 B.2に図示される。Y値は全ての測定外信号の合計パワーと測定OTSiパワーの比率が、20dB以上になるように選択される。

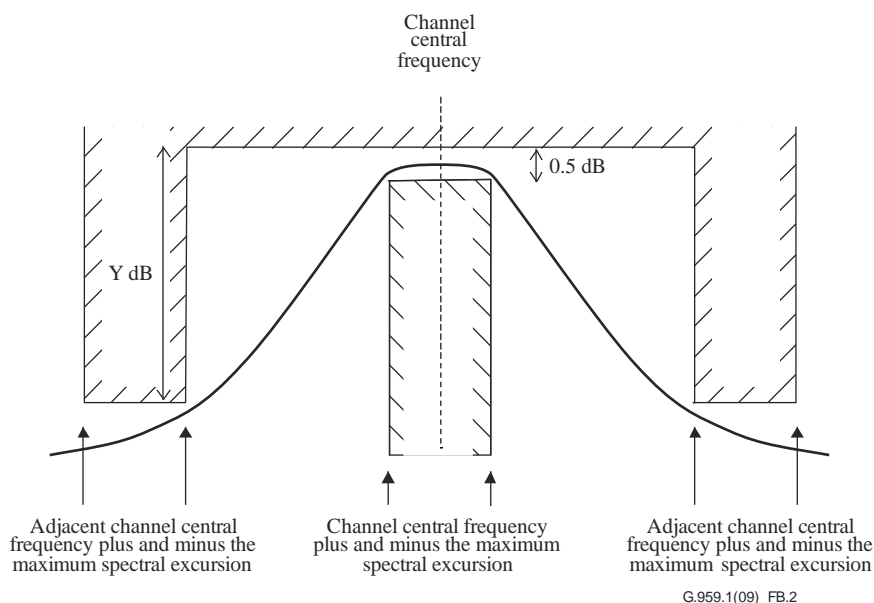


図 B.2 光バンドパスフィルタ周波数応答

フィルタの設計は、最高伝送速度の信号が振幅及び位相リップルの影響により甚大な波形歪を受けないように設計されるべきである。

B.3 参照受信器

これは、Annex A [ITU-T G.691] で略図されているような周波数応答をもつ受信器であり、すなわち、ビットレート 0.75 倍のカットオフ周波数をもつ4次元ベッセルートムソンフィルタである。このフィルタの耐力値は表 A.1 [ITU-T G.691] で述べられる。

参照受信器が、光パスの劣化評価のためのBER測定に用いられる場合には、測定1に対しては、最もBERが低くなるような閾値が決定されるべきであり、測定2に対しては、異なるアプリケーションコードからの要求条件や設計実装を満たすために閾値が再最適化されなければならない。

いくつかのアプリケーションコードで単一チャネルの試験を行うために、参照受信器の内側にプリアンプを含むことが必要になるかもしれない。

Annex A [ITU-T G.691] で定義されるように、チャンネル単位で様々な信号ビットレートが存在するため、異なる参照受信器の特性が要求される。

付録I 3R再生の単一チャネルクライアントインタフェース

(本付録は参考情報であり、仕様ではない)

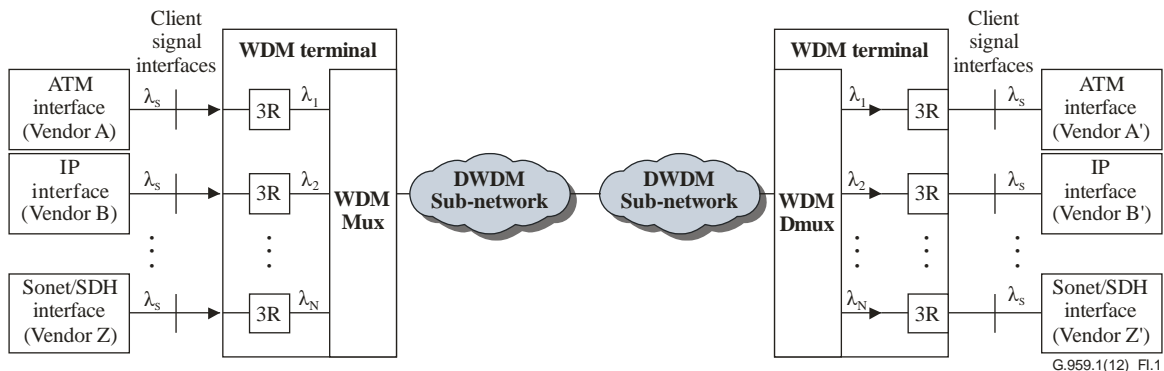
I.1 序論

この付録では、OTN光ネットワークに対するクライアント信号インタフェースで、3R再生を使用する場合について記述する。3R再生を行うことにより、このような光ネットワークと現存する伝送網、すなわちSDHネットワークとの相互接続が促進されるであろう。また、光ネットワーク技術の進展に伴い、3R再生が行われ、OTNの導入が加速されることが期待できる。

I.2 3R再生のクライアント信号インタフェースの記述

OTN光ネットワークの物理レイヤの要求仕様(波長、周波数に関して)を満たすクライアント信号は魅力的である。なぜなら、ネットワークインタフェースにおいて、光-電気-光(OEO)変換のためのコストの削減が可能となるからである。しかしながら、従来のSONET/SDH装置からクライアント信号を伝送するためには、OEO変換が必要になり得る。加えて、相互接続性を実現するために、物理レイヤにおける光インタフェースの仕様が決まるまでは、物理的に準拠したクライアント信号の使用に際して接続工学が必要になると考えられる。

上述のOEO変換が、他の波長変換などの適合処理に加えて3R再生を含む場合、クライアント・インタフェースの物理レイヤのパラメータ仕様は、JT-G957で規定される短距離向けアプリケーションから得られる。インタフェースのネットワーク側で3R再生を使用することに基づいたこの短距離クライアント信号インタフェースは、新しいクライアント信号の送信器、及び受信器だけでなく、従来のクライアント信号にも用いることができる。このインタフェースは、JT-G872「光伝送網のアーキテクチャ」で記述されるOTNを用いない相互領域間インタフェースの一例である。そのインタフェースは図I.1に示される。ここで、 λ_s は短距離の相互接続で使用される波長を示す。

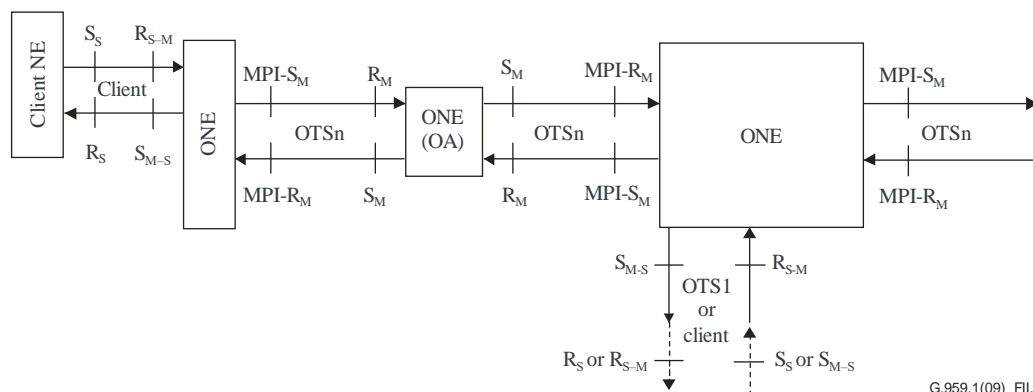


図I.1 再生を有するクライアント信号インタフェースの例

付録 II OTN内の一般的な参照点

(本付録は参考情報であり、仕様ではない)

図II.1は将来のOTNにおける光ネットワークエレメント (ONE) のための「一般的な」参照点の組を示す。



G.959.1(09)_Fl.1

図II.1 3R再生のクライアント信号インタフェース例

図II.1で示される参照点は以下のように定義される。

- S_S は単一チャンネルのクライアントNE送信機における光コネクタ直後の光ファイバに関する(単一チャンネル)参照点である。
- R_S は単一チャンネルのクライアントNE受信器における光コネクタ直前の(単一チャンネル)参照点である。
- S_{M-S} は光ネットワークエレメントのトリビュタリインタフェースにおける、それぞれの出力光コネクタ直後の(単一チャンネル)参照点である (下付文字 (M-S) は多重チャンネルを持つ可能性のあるシステムからの単一チャンネル出力を示す)。
- R_{S-M} は光ネットワークエレメントのトリビュタリインタフェースにおける、それぞれの入力光コネクタ直前の(単一チャンネル)参照点である (下付文字 (S-M) は多重チャンネルを持つ可能性のあるシステムへの単一チャンネル入力を示す)。
- $MPI-S_M$ は光ネットワークエレメント伝送インタフェースにおける、出力光コネクタ直後の光ファイバの(多重チャンネル)参照点である。
- $MPI-R_M$ は光ネットワークエレメント伝送インタフェースにおける、入力光コネクタ直前の光ファイバの(多重チャンネル)参照点である。
- S_M はライン・多重チャンネルOAの出力光コネクタ直後の参照点である。
- R_M はライン・多重チャンネルOAの入力光コネクタ直前の参照点である。

参照点 S_S 、 R_S のクライアント・インタフェース、および参照点 S_M と R_M のラインアンプはこの標準が規定する範囲に含まれない

「光ネットワークエレメント」 (ONE) という用語は光伝送ネットワーク内の一般的なネットワーク要素を示すのに用いられる。一般に、ONEは

- 1) 多重チャンネルインタフェースだけ、または
- 2) 単一チャンネルインタフェースだけ、または、

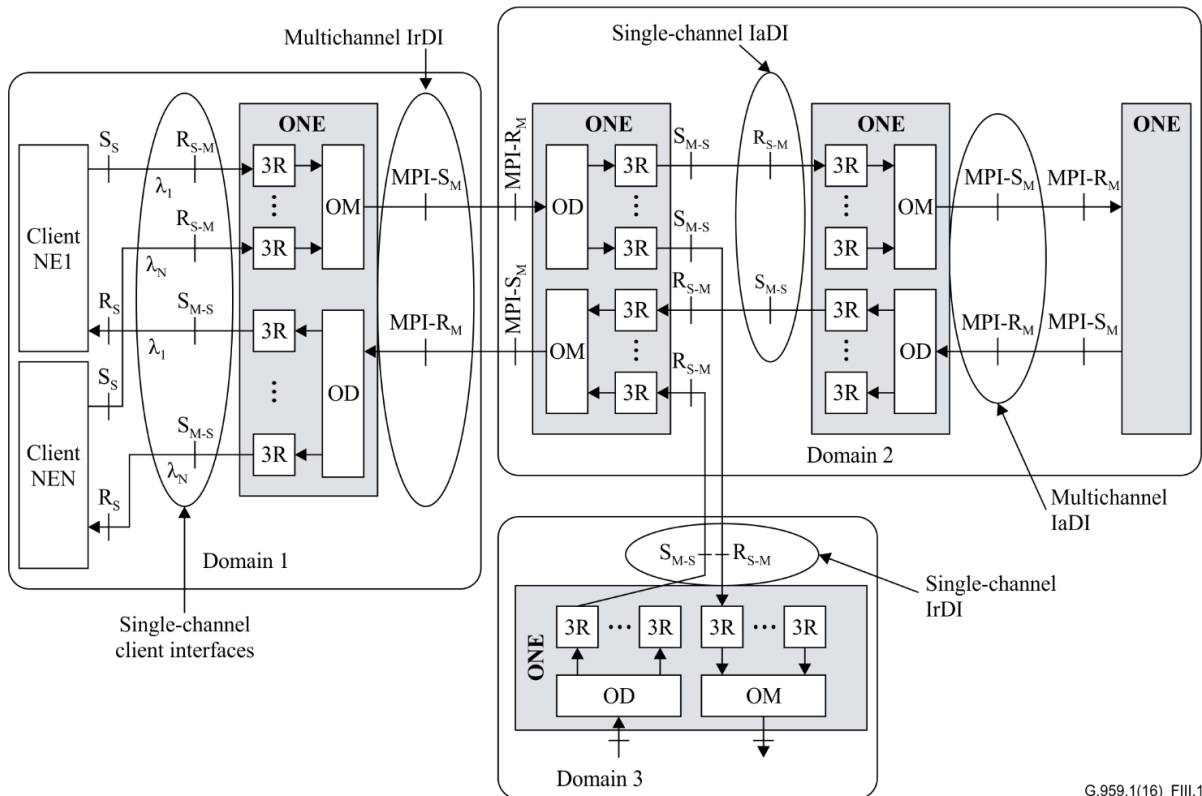
3) 単一チャンネルと多重チャンネルの複合 (すなわち、図II.1のONEはなんらかの特別な構成を示唆するものではない)
を持つ。

付録 III IrDIとIaDI内の参照点の使用に関する説明

(本付録は参考情報であり、仕様ではない)

図III.1に付録IIで規定したOTNの一般的な参照点を説明している。

シンプルな光ネットワークは光OADMによりWDM分波器と合波器が連続的に接続されることで構成される。これらは単一チャンネルインターフェースにより接続される。図III.1はこのような配置を示している。



G.959.1(16)_Fill.1

図III.1 多重チャンネルと単一チャンネルの相互領域間や領域内のインターフェース

付録 IV 管理信号接続性に関する考察

(本付録は参考情報であり、仕様ではない)

光トリビュタリ信号の制御信号の使用は、OMSとOTSはOTN IaDIsおよび将来的にはOTN IrDIIsを定義する。そのような信号の物理実装に向けて考慮すべき事柄を以下に記す。

IV.1 光トリビュタリ信号の管理信号の実装

OTSiの使用および未使用に関わらず管理信号は必要となる。

関連する管理信号はデジタルラッパーアプローチがJT-G709により定義されている。本手法はオーバーヘッドバイト、ペイロードバイトおよびエラー訂正バイトのデジタルフレーム構造を採用している。

非デジタル (光) 伝送のオーバーヘッド、例えばサブキャリア変調はある種のアプリケーションに適用される可能性があるが、更なる研究が必要となる。更なるシステムペナルティは、これらの技術により導入される可能性がある。

光監視チャンネル (OSC) は、無関係なオーバーヘッド信号を実装するためにJT-G709で規定されるアプローチである。これは、以下でOTSとOMS管理信号の実装に関連して議論される。

それぞれのオーバーヘッド情報は光ネットワークエレメントのOTSiレイヤで生成、終端される。

IV.2 光多重セクションと光中継セクションの管理信号

OSCは分割された信号であり、ネットワーク管理のためのオーバーヘッド情報を伝達する。OMSとOTSに対する管理メッセージは、無関連な装置を通じて伝送されるOTSi(s)に対するメッセージと共にOSCを共有する。光ネットワークエレメントのOTS、OMSにおける多重チャンネルの監視のために、OSCは、両伝送方路に送出される。OSCはそれぞれの光ネットワークエレメントにおいて、始端、終端される。

現在、OSCの推奨波長は [ITU-T G.692] により規定されている。包括的な横断的互換性や、アプリケーションコードの冗長性により、将来、OSCに利用される波長が規定される場合には、包括的な横断的互換性や、アプリケーションコードの冗長性が検討される必要がある。

付録 V 光トリビュタリ信号が提供する最も高い階層に関する命名法

(本付録は参考情報であり、仕様ではない)

5.3節における、アプリケーションコードの表記法は以下の通り構築される。

PnWx-ytz

この構造においてyは光トリビュタリ信号が提供する最も高い階層を示す。

- 1はNRZ2.5Gを示す
- 2はNRZ10Gを示す
- 9はNRZ 25Gを示す
- 3はNRZ40Gを示す
- 7はRZ40Gを示す
- 4はPAM4 50Gを示す。

現在の数の割り当てが表V.1に示される。

表V.1—アプリケーションコード命名法でyに割り当てられた値

光トリビュタリ信号のレート	NRZ	PAM4	RZ
1.25G	0		
2.5G	1		
10G	2		
25G	9		
40G	3		7
50G		4	
100G			

付録 VI 光トリビュタリ信号クラスRZ 40Gアプリケーション

(本付録は参考情報であり、仕様ではない)

この標準の将来の改訂は、RZ40Gのビットレート/回線符号を持つ単一チャネルIrDIに関する仕様を含むことが予想される。これらのアプリケーションは、NRZ40Gのビットレート/回線符号を持つアプリケーションが示すよりも高いPMDへの耐力を示すことが予想される。

これらのアプリケーションの特性は異なる3つのRZ duty cycle (33%、50%、67%) について研究中である。

- 一次PMDに対する耐力は33%が最も高く、67%が最も低いと予想される。
- 二次PMDに対する耐力は、より広い光スペクトルにより67%のトレランスが最も高く、33%が最も低いという逆順になると予想される。
- それぞれのduty cycleが与えられたペナルティに対して許容できる二次PMDの量は、検出器 (図7-6におけるR_D点) での残留分散に依存し、リンクの最大分散偏差とブラックボックス受信器の設計に依存する。最大分散偏差はこのようなレートではリンク設計に関するクリティカル要因なので、適応分散補償を持たないアプリケーションは、通信事業者とシステムベンダ間の連携によってこのパラメータを設定する。

この将来のアプリケーションに関する基礎を形成すると予想されるパラメータリストと値が表VI.1に見出される。

表VI.1 RZ40G階層の光トリビュタリ信号に関する単一チャネルIrDIのパラメータと値

パラメータ	単位	P1L1-7A2 P1L1-7A3 P1L1-7A5
一般情報		
最大チャネル数	-	1
光トリビュタリ信号のビットレート/回線符号	-	RZ 40G
最大ビット誤り率	-	10 ⁻¹²
ファイバの種類	-	JT-G652, G.653, G.655
MPI-S点のインタフェース		
中心周波数	THz	192.1
中心周波数の最大分散	GHz	40
光源の種類	-	SLM
最大デューティサイクル	%	ffs
最小デューティサイクル	%	ffs
最大スペクトルパワー密度	mW/10 MHz	ffs
最小サイドモード抑制比	dB	35
最大平均出力パワー	dBm	+12
最小平均出力パワー	dBm	+9
最小消光比	dB	10
アイマスク	-	RZ 40G
MPI-S点からMPI-Rの光パス		
最大損失	dB	22

パラメータ	単位	P1L1-7A2 P1L1-7A3 P1L1-7A5
最小損失	dB	11
上限波長における最大波長分散	ps/nm	1600・・・JT-G652, ±240・・・G.653 (注1), 840・・・G.655 (注1)
下限波長における最大波長分散	ps/nm	1600・・・JT-G652, ±240・・・G.653 (注1), 840・・・G.655 (注1)
最大波長分散偏差	ps/nm	(注2)
MPI-Sの最小光リターン損失	dB	24
MPI-SとMPI-Rの間の最大離散反射率	dB	-27
最大群遅延	ps	ffs
MPI-R点のインタフェース		
最大平均入力パワー	dBm	+1
最小感度	dBm	-16
最大光パスペナルティ	dB	3 (注1)
光ネットワークエレメントの最大反射率	dB	-27
注1-G.653もしくはG.655ファイバを用いた接続は、その接続における正確な分散分布に依存する非線形効果により過度のパスペナルティを示すだろう		
注2-この値は、接続事業者とシステムベンダ間の連携によって同意されなければならない。		

付録 VII 電気分散補償を用いたアプリケーション

(本付録は参考情報であり、仕様ではない)

この標準の将来の改訂は、表8-15のP1L1-2D2E、1L1-2D2FE、P1V1-2B2E、1V1-2B2FEアプリケーションに関するパラメータ値を含むと予想される。これらのアプリケーションコードは、送信器のスペクトル特性が適切であることを保証するための開発されるべき追加のパラメータが必要である。このパラメータは研究中である。これらのアプリケーションに関するその他のパラメータ値の初期値を表VII.1に見出せる。

表VII.1 電気分散補償を用いた長距離/超長距離アプリケーションNRZ10G階層の光トリビュタリ信号に関する単一チャネルIrDIパラメータ

パラメータ	単位	P1L1-2D2E	1L1-2D2FE	P1V1-2B2E	1V1-2B2FE
一般情報					
最大チャンネル数	–	1	1	1	1
光トリビュタリ信号のビットレート/ 回線符号	–	NRZ 10G	NRZ OTU2 FEC可能	NRZ 10G	NRZ OTU2 FEC可能
最大ビット誤り率	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
ファイバの種類	–	JT-G652	JT-G652	JT-G652	JT-G652
MPI-S点のインタフェース					
運用波長範囲	nm	1530-1565	1530-1565	1530-1565	1530-1565
光源の種類	–	SLM	SLM	SLM	SLM
最大スペクトルパワー密度	mW/ 10 MHz	ffs	ffs	ffs	ffs
最小サイドモード抑制比	dB	30	30	30	30
最大平均出力パワー	dBm	+4	+4	+14	+14
最小平均出力パワー	dBm	0	-1	+11	+11
最小消光比	dB	9	8.2	8.2	8.2
アイマスク	–	NRZ 10G 1550 nm帯	NRZ 10G 1550 nm帯	NRZ 10G 1550 nm帯	NRZ 10G 1550 nm帯
MPI-S点からMPI-Rの光パス					
最大損失	dB	22	22	33	33
最小損失	dB	11	11	21	21
上限波長における最大波長分散	ps/nm	1600	1600	2400	2400
下限波長における最大波長分散	ps/nm	1430	1430	2150	2150
MPI-Sの最小光リターン損失	dB	24	24	24	24
MPI-SとMPI-Rの間の最大離散反射率	dB	-27	-27	-27	-27
最大群遅延	ps	30	30	30	30
MPI-R点のインタフェース					
最大平均入力パワー	dBm	-7	-7	-7	-7
最小感度	dBm	-24	-25	-24	-24
最大光パスペナルティ	dB	2	2	2	2
光ネットワークエレメントの最大反射率	dB	-27	-27	-27	-27

参考文献

[b-ITU-T G.871]

Recommendation ITU-T G.871/Y.1301 (2000), *Framework of Optical Transport Network Recommendations*.

[b-TR-GSup.39]

TTC技術レポートTR-GSup.39, 光伝送システムの開発と技術的考察, 第3版 (2017年2月10日)