

TR - 1006

OTNの物理インタフェースに
関する技術レポート

第1版

2002年9月4日制定

社団法人
情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE

本書は、(社)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(社)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

1 . はじめに.....	4
2 . 調査勧告の概要.....	4
3 . 国内の状況.....	4
4 . 今後の国内標準化 (G959.1)	4
5 . おわりに.....	5
付録 I T U T - G 9 5 9 . 1 O T N の物理インタフェース (和訳)	6
1 . 範囲規定.....	7
2 . 参照.....	7
2.1 規範的参照.....	7
2.2 有益な参照.....	8
3 . 用語と定義.....	8
3.1 この勧告は以下の用語を定義する	8
3.1.1 光トビレ 1 列信号	8
3.1.2 光トビレ 1 列信号 NRZ2.5G クラス.....	8
3.1.3 光トビレ 1 列信号 NRZ10G クラス	8
3.1.4 光伝送セクション レベル 1 (OTS1)	8
3.1.5 光伝送セクション レベル n (OTSn)	8
3.1.6 前 OTN.....	8
3.2 他の勧告を定義する用語.....	9
4 . 略語.....	9
5 . 光インタフェースの分類.....	10
5.1 アプリケーション.....	10
5.2 参照点.....	11
5.3 専門語.....	13
5.4 多重チャネル相互間インタフェース.....	14
5.4.1 増幅する短距離多重チャネル相互間インタフェース.....	15
5.4.2 非増幅自局内多重チャネル相互間インタフェース.....	16
5.4.3 非増幅短距離多重チャネル相互間インタフェース.....	17
5.5 単チャネル領域間インタフェース	18
5.6 管理信号の実現方法	21
6 . 横断的な相互の互換性.....	21
7 . パラメータ定義.....	21
7.1 システム運用波長の範囲	21
7.2 パラメータ	21
7.2.1 一般情報.....	23
7.2.2 MPI-SM 点のインタフェース	24
7.2.3 MPI-SM 点から MPI-RM の光パス (一つの区間)	25
付属資料 A マルチチャネル IrDI にてシングルチャネル特性を評価するための方法 A の構成.....	28
A.1 参照構成.....	28
付属資料 B マルチチャネル IrDI にてシングル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レシーバの特性	29

B.1 参照構成	29
B.2 参照光バンドパスフィルタ	30
B.2.1 光フィルタパラメータ	30
B.3 参照レシーバ	31
付録 I 3R 再生中継のシングルチャネルクライアントインタフェース	32
I.1 序論	32
I.2 3R 再生中継のクライアント信号インタフェースの記述	32
付録 II IrDI と IaDI 内で使用する参照ポイントの説明	34
付録 管理信号インプリメンテーションの考察	36
III.1 光チャネル管理信号インプリテーション	36
III.2 光多重化セクションと光伝送セクション管理信号インプリメンテーション	36
付録 IV 将来的な IaDI の検討	37
IV.1 検討すべき追加インタフェース	37
IV.2 ONE 転送パラメータ	37
付録 V 光信号と雑音の最小比率、OSNFR の適用	39
V.1 光信号と雑音の最小比率の定義	39
V.2 パラメータの有効性	39
V.3 IrDI 仕様での非コンプライアント	39
V.4 代替の制御方法	40

1. はじめに

ITU-Tにおいて、Optical Transport Network (OTN)に関する研究・審議がさかんに行われており、近年、WDMシステムによる超大容量伝送ネットワークシステムの要求が高まってきている背景により、OTNに関する国内標準の整備が必要となって来ている。TTCでは、以上の動向を踏まえ、OTNインタフェースに関連するITU-T勧告であるG.959.1の調査を実施した。

2. 調査勧告の概要

調査対象であるG.959.1は、OTNの物理インタフェースに関する勧告であり、その内容には以下のものが含まれている。

単一チャンネルのインタフェース（各波長毎の信号）

従来のSDHに関する物理インタフェースと同様の記述がされている。

複数チャンネルのインタフェース（WDM信号）

各アプリケーションにおける「波長数」「ビットレート」「規定エラーレート」「適合ファイバ」

「チャンネル毎の最大/最少出力光パワー」「トータル出力光パワー」「光中心周波数」

「波長間隔」「許容波長ズレ」「群遅延」など、WDM区間の基本的な特性について記述されている。

3. 国内の状況

すでに多くのWDMシステムが国内でも多く運用されつつあるが、それらの異ベンダ間接続および他事業者間接続を実施しているケースは、現在のところ報告されていない。また、TTCサブワーキング活動、専門委員会での活動を通じて、異ベンダ間接続および他事業者間接続を求める要望も少ないのが現状である。

4. 今後の国内標準化（G959.1）

ITU-T G.959.1の内容、及び上記我が国の現状から、現時点でTTCでの標準化は時期尚早と判断する。その理由を以下に述べる。

第一に、ITU-T G.959.1に記述されている単一チャンネルのインタフェース規定は、すでにG957に記述されているSDH物理インタフェース規定に包含されており、実態としても、各システムの相互接続は、SDH信号の接続として管理されている場合が殆どであり、あえてG.959.1による標準化が必要な状況ではないことが挙げられる。

第二に、ITU-T G.959.1に記述されているマルチチャンネルのインタフェース規定は、WDM信号の基本的な特性が記述されているものの、この規定だけでは、WDM信号の相互接続は事実上困難であり、標準化の意味が小さいことが挙げられる。例えば、伝送路の非線形効果の影響によるOSNR（光信号のSN）劣化分を、FEC（エラー訂正）により吸収しているシステムなど、実際のWDMシステムは、システム毎にその劣化配は異なっているのが現実であり、入出力パワーを合わせるだけでは接続はできない場合が多いと考える。

最後に、実際のシステム運用においても、異なる通信事業者・異なるベンダの装置を相互接続する要求が少ないことも挙げておく。

以上のような理由により、現時点においてITU-T G.959.1のTTCでの標準化は時期尚早と判断したが、OTNに関する標準化要求やITU-Tの動向を継続的に調査し、今後の国内標準化に向けて積極的な活動を展開する必要があるものとする。

5 . おわりに

OTNの物理インタフェースに関するITU-T勧告(G.959.1)の技術調査を行っ、これに基づき、国内の状況も鑑みた今後の国内標準化についての考え方をまとめたが、本報告書が、今後のTTC標準化活動の一助となれば幸いである。

付録 ITU-T - G 9 5 9 . 1 OTNの物理インタフェース (和訳)

前書き

国際電気通信連合 (ITU) は遠距離通信分野での国連専門機関である。ITU 遠距離通信標準化部門 (ITU-T) は ITU の常任機関である。ITU-T は技術・運営・料金問題の調査そして世界的基準の遠距離通信を標準化するために勧告を発行する責任がある。

世界遠距離通信標準化会議 (WTSA)、それは 4 年毎に開かれるのだが、ITU-T 研究グループによって研究に対する話題を確立し、次々にこれらのテーマに関する勧告を生み出す。

ITU-T 勧告の認可は WTSA 決議案 1 で規定される手続きによって取扱われる。

ITU-T の権限内に入る情報技術のいくらかの領域内に、必要な基準が ISO と IEC 共同基準のうえで準備されている。

注

この勧告で、“本部”という表現語句は遠距離通信本部と認められた経営機関の両方を手短かに示すために使用される。

知的所有権

ITU は、この勧告の実践あるいは実行が、知的所有権請求の使用権に関係するかもしれないという可能性に注意を引いている。ITU は、ITU メンバ[®]-や勧告開発過程を除く他メンバ[®]-によって主張するかどうか、証拠や有効性あるいは知的所有権を主張する適応性に関しては位置をとらない。

この勧告の認可の現在は、ITU は知的所有、特許による保護の注意を受け止めない、この勧告を実行するよう要求されるかもしれない特許によって保護されない。しかしながら実行は、これが最初の情報を言わない、したがって TSB 特許を協議するよう熱心に勤めると警告した。

概要

この勧告は以前の OTN 片側チャネルと多重チャネル相互間インタフェースの光パラメータ値に焦点をおく。そして、OTN 物理的インタフェース体制を規定する。

1 . 範囲規定

この勧告は、以前の OTN 物理レイヤ相互間インタフェース (IrDI) 波長・分割・多重 (WDM) を使っている光ネットワークに対する仕様を規定する。物理レイヤ仕様は以前の OTN IrDI に有効である。と同時に勧告 G.709 によると OTN IrDI に関するアプリケーションをもまた可能にする。以前の OTN IrDI の場合、OTN 管理能力は要求されない。光輸送ネットワーク (OTN) の範囲内で IrDIs は、片方向、ポイント・ポイント、単一多重チャネル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線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、自局、近距離そして長距離のアプリケーションを含む。

注-この勧告の目的で、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内部ユーザのような単一プレーヤに属する資源の範囲を意味すると理解されている。異なるプレーヤの管理領域はそれら自身の間で重ならない。

IrDI 仕様の定義に関する体制を提供する目的で、勧告は物理レイヤ OTN 考察の一般様相を含む。一般的参照モデルは光ネットワークエレメント間物理レイヤインタフェースを定義することを提供する。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、多くのチャネル個数の可能な組合せ、光トビユ列単一タイプ、全範囲キャリ、ファイバ型そして通信網形状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レイヤパラメータを明示するための基礎を形作る。

この初期勧告が以前の OTN ポイント・ポイント IrDIs に焦点をおいている間、それは G.709 に明記されるように IrDIs を適用する事もできる。しかしながらこの勧告では、いかなる可能な利得が前方誤り修正の使用あるいは光監督チャネルの使用の結果であることを良くは考えないのである。

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・ポイントよりも複雑な光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・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。

この勧告は、光チャネル内を運ぶ光トビユ列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。アナログ光トビユ列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。このリストの参照を通してこの勧告の規定を構成する。出版の時必要とする版は有効であった。全勧告と他の参照は改訂版を条件とする。この勧告の全ての使用者は、したがって、勧告の最新版と以下に記録されている他の参照の適用の実現を研究する促進をしている。一般に有効な ITU-T 勧告の記録は正式に公表されている。

2.1 規範的参照

以下の規定を含む ITU-T 勧告、それはこのリストの参照を通して、この勧告の規定を構成している。

- ITU-T G.652 単一モード光ファイバケーブルの属性
- ITU-T G.653 分散シフト単一モード光ファイバケーブルの属性
- ITU-T G.655 0以外の分散シフト単一モード光ファイバケーブルの属性
- ITU-T G.664 光安全手順と光輸送システムの要求条件
- ITU-T G.691 単一チャネルの光インタフェース STM-64、STM-256 システムと他の光増幅器付 SDH システム
- ITU-T G.692 光増幅器付多重チャネルシステムの光インタフェース
- ITU-T G.709 光輸送ネットワークのインタフェース (OTN)
- ITU-T G.872 光輸送ネットワークの構成
- ITU-T G.957 同期デジタル外乱イラキと関係している装置とシステムの光インタフェース
- IEC 60825-1 レザ-製品の安全。Part1：装置分類、要求条件とユーザ-ズ ガイド
- IEC 60825-2 レザ-製品の安全。Part2：光ファイバ通信システムの安全

2.2 有益な参照

以下の規定を含む ITU-T 勧告、それはこのリストの参照を通して、他の関連する情報を構成している。

- ITU-T G.707 同期デジタル外乱イラキの網ノード インタフェース (SDH)
- ITU-T G.871 光輸送ネットワーク勧告のわく組

3 . 用語と定義

3.1 この勧告は以下の用語を定義する

3.1.1 光トビレ ユ列信号

単一チャネル信号それは光ネットワークの向こう側に輸送する光チャネル内に位置している。

3.1.2 光トビレ ユ列信号 NRZ2.5G クラス

名目上 622Mbit/s から名目上 2.67Gbit/s まで、ゼロまで戻らない伝送符号の連続的デジタル信号を適用する。OTN 光トビレ ユ列信号の場合、NRZ2.5G は G.709 によると OTU1 ビットレートの信号を含んでいる。

3.1.3 光トビレ ユ列信号 NRZ10G クラス

名目上 2.4Gbit/s から名目上 10.71Gbit/s まで、ゼロまで戻らない伝送符号の連続的デジタル信号を適用する。OTN 光トビレ ユ列信号の場合、NRZ10G は G.709 によると OTU2 ビットレートの信号を含んでいる。

3.1.4 光伝送セクション レベル 1 (OTS1)

単一チャネル信号それは、二つの光ネットワークエレメント間の光チャネル輸送を提供する。

3.1.5 光伝送セクション レベル n (OTS_n)

光端局セクションの輸送を提供する多重チャネル信号、それは次々に二つの光ネットワークエレメント間の光チャネルを n まで (n は 1 以上) 輸送を提供する。

3.1.6 前 OTN

この用語は G.871 に表示されている OTN 勧告 1 そろいにとごとく応じる将来的システムに先立って展開するシステムに関連する。特に前 OTN システムは、高性能エタ、取扱い、そして単一チャネルクライアント信号の保護切替/修復に関する特定クライアントオーバーヘッド 情報に依存しているであろう。

3.2 他の勧告を定義する用語

この勧告は G.692 に定義される用語を使用する。

- 光監視チャネル (OSC)

この勧告は G.709 に定義される用語を使用する。

- 完全標準化 OTUk (OTUk)

この勧告は G.872 に定義される用語を使用する。

- 相互間インタフェース (IaDI)
- 相互内インタフェース (IrDI)
- 光チャネル (OCh)
- 光多重通信セクション (OMS)
- 光伝送セクション (OTS)
- 3R (再増幅、再形成、再調整) 改造

4 . 略語

この勧告は以下の略語を使用する。

2R	(改造)再増幅、再形成
3R	(改造)再増幅、再形成、再調整
APD	殺到する光ダイオード
ATM	非同期転送モード
BER	ビット誤り率
DGD	差分遅延グループ
DWDM	高密度波長分割多重
EA	電気吸収
EX	消光比
ffs	さらなる研究
IaDI	相互間インタフェース
IP	インターネットプロトコル
IrDI	相互内インタフェース
MLM	マルチモード
MPI	メインインタフェース
MPI-R _M	多重チャネル受信メインインタフェース参照点
MPI-S _M	多重チャネル発信元メインインタフェース参照点
NA	適用なし
NE	ネットワークエレメント
NRZ	ゼロに戻らない
OA	光増幅器
OADM	光アドドロップ多重化部
Och	光チャネル
OD	光分離部
OEO	光-電気-光
OM	光多重化部
OMS	光多重セクション

ONE	光ネットワークエレメント
OSC	光監視チャネル
OSNFR	ノイズフロア率光信号
OTN	光輸送ネットワーク
OTS	光伝送セクション
OTS1	光伝送セクションレベル 1
OTSn	光伝送セクションレベル n
OTUk	完全標準化光チャネル輸送ユニット-k
PIN	Pタイプ固有 n 型
PDH	プレジコウステディ外階層
PMD	分極モード分散
RMS	
RZ	0 へ戻る
R _M	多重チャネル受信参照点 (OAs 伝送路)
R _{S-M}	単一チャネル (多重チャネルに対する) 受信参照点
R _S	単一チャネル受信参照点
S _M	単一チャネル発信元参照点 (OAs 伝送路)
S _{M-S}	単一チャネル (多重チャネルから) 発信元参照点
S _S	単一チャネル発信元参照点
SDH	同期デジタライズ
SLM	シングルモード
SONET	同期光ネットワーク
VSR	
WDM	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

この勧告は、光輸送ネットワーク (OTN) 範囲内の前 OTN 単一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。

G.872 に記述されているように、標準相互接続はポイント-to-ポイント通信形態の相互接続管理領域を必要とされる。

異なる管理領域間相互接続はまた、G.707、G.709 あるいは他の仕様で記述されている相互間インタフェースを横切って輸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、それは単一ビットレート、フォーマットとバイト割り当てを含むのだが、勧告の範囲外である。

光システムの技術発展と展開の現状は、G.872 に記述されている目標アクションと比較される管理領域間相互接続に対する機会を幾分制限されると規定している。特に、初めは OTN 地帯が単一管理領域の範囲内に展開すると予想していた。領域間の相互接続と現存の輸送ネットワーク (例えば PDH や PDH ネットワーク) OTN の相互接続は、この勧告内の前 OTN と呼ばれる IrDI インタフェースの簡潔型を通して標準に達する。G.872 の 8 節では、OTN 目標に向かってこの今の段階からの発展の予知を記述している。

伝送の観点から、1つの光接続はアロウの性質を示している。(例えば、希薄化、ばらつき、非線型ファイバ、自発的放射の増大など、ある意味でアロウネットワークでの騒音や他の損害と同類の蓄積物を蓄積している。)デジタルネットワークの範囲内では、そのような損害の軽減が3R再生局で一定の標準に達し、必要とされるリク誤り特性目標を標準に達するために作成された工学ガイドラインによれば伝送パス内に位置している。同様にOTNの範囲内では、3R再生はOTN誤り特性目標を良い状態にしておく一定の位置を必要とされる。現在は、3Rの仮定は典型的に電気-光変換に依存している。2R再生の使用は、前OTNの特殊なアプリケーションに対する3R再生への2者択一の回答としてさらなる研究に向かっている。全-光2R/3R再生の使用もまたさらなる研究をしている。

IrDIは単一チャネルインターフェースか又は多重チャネルインターフェースのいずれかを実現するかもしれない。

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し、しかし同量の光チャネル容量を持つ複数の単一チャネルIrDIと比較する、より少しのファイバを使用する。図5-7は単一チャネルIrDIを表す。図5-4、5-5そして5-6は多重チャネルIrDIの3タイプを表す。

この勧告は物理レイアウトパラメータとして図5-4、5-5、5-6と5-7に示されるように単一チャネルとインターフェース両側の3R再生多重チャネル、前OTNの両方に一致するアプリケーションコード値を規定する。

この勧告で使われる仕様方式は、“ブロッカージュ”という手引きで、それにはこの勧告の範囲内でIrDIに対する光インターフェースだけが明記されている。内部エレメント及び/又はブロッカージュ内エレメント間接続を制限あるいは明記することはねらっていない。しかしながらブロッカージュに対しての機能条件と、最も重要な3R再生の算入がある。

仕様は以下の特性を持つ単一チャネル相互領域インターフェースに示される。その特性とは、NRZ2.5GとNRZ10Gに一致するチャネルビットレート、自局内、短距離と長距離の全範囲距離、そして単一指向性伝送。将来、仕様はまた、おおよそ40Gbit/sビットレートの単一チャネルIrDIを予想する。パラメータとそのビットレートの伝送符号化はさらなる研究をしている。

付録 はそれ以上の単一チャネルクライアントインターフェースを含む。

仕様はまた多重チャネル相互間インターフェースに示される。このインターフェースはG.692グリッドに一致する中心の周波数、NRZ2.5GとNRZ10Gに一致するチャネルビットレート、自局内と短距離(40km)光端局セクション単一全範囲距離、片方向伝送、そしてポイント-to-ポイント通信形態と共に16チャ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見越している。それはG.692グリッドに一致する中心の周波数、NRZ2.5GとNRZ10Gに一致するチャネルビットレート、伝送路増幅器、片方向伝送そしてポイント-to-ポイント通信形態なしの長距離(80km)光端局セクション全範囲距離と共に16チャネルまで適応させる。

将来、仕様はまた、おおよそ40Gbit/s(OTU3)チャネルビットレートの多重チャネルIrDIsを予想している。

5.2 参照点

図5-1は将来のOTNに光ネットワークエレメント(ONEs)に対する一連の凡用参照点を示す。

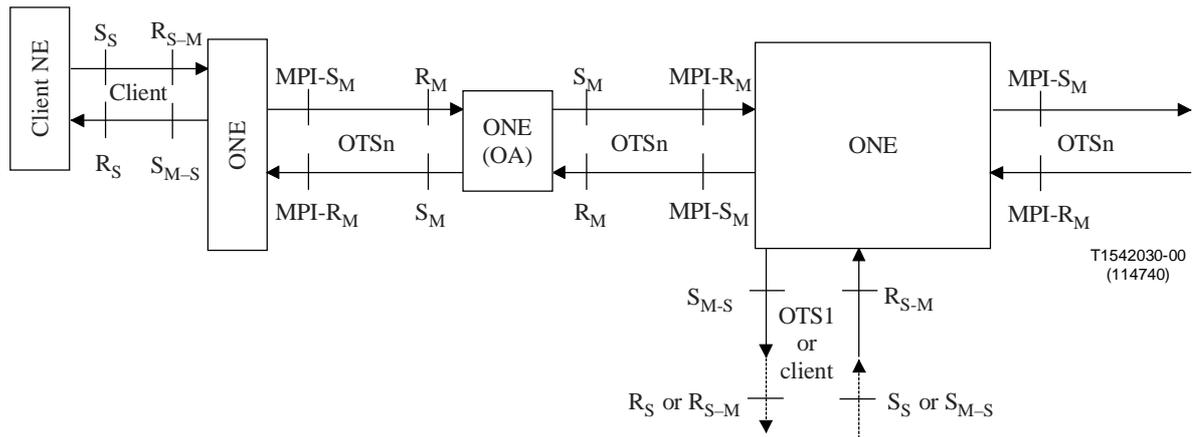


図 5-1/G.959.1 光ネットワークエレメント汎用参照点

図 5-1 の参照点は以下のように定義する。

- S_S は NE 送信側光ネットワーク単一チャネルクライアントのちょうど後ろからの光ファイバに関する（単一チャネル）参照点である。
- R_S は NE 受信側光ネットワーク単一チャネルクライアントのちょうど後からの（単一チャネル）参照点である。
- S_{M-S} は光ネットワークエレメント出力光ネットワーク（下付きの“S-M”は多重チャネルシステムから単一チャネル出力を示す表示）各々のちょうど後の（単一チャネル）参照点である。
- R_{S-M} は光ネットワークエレメント入力光ネットワーク（下付きの“S-M”は多重チャネルシステムへ単一チャネル入力を示す表示）各々のちょうど前の光ファイバに関する（単一チャネル）参照点である。
- $MPI-S_M$ は光ネットワークエレメント輸送インターフェース出力光ネットワークのちょうど後の光ファイバに関する（多重チャネル）参照点である。
- $MPI-R_M$ は光ネットワークエレメント輸送インターフェース入力光ネットワークのちょうど前の光ファイバに関する（多重チャネル）参照点である。
- S_M は伝送路多重チャネル OA 出力光ネットワークのちょうど後の参照点である。
- R_M は伝送路多重チャネル OA 入力光ネットワークのちょうど前の光ファイバに関する参照点である。

参照点 S_S 、 R_S のクライアントインターフェース、そして参照点 S_M と R_M を持つ伝送路増幅器はこの勧告の範囲外である。

光ネットワークエレメント (ONE) その用語は光伝送ネットワーク内の一般汎用ネットワークエレメントを説明するのに役に立つ。一般に、ONE は 1) 唯一の多重チャネルインターフェースである。2) 唯一の単一チャネルインターフェースである。あるいは 3) 単一そして多重チャネルインターフェースのいかなる組合せ（すなわち図 5-1 に見られる ONEs はいかなる特有の通信形態を含むことを意味しない。）を持つ。

全 OTN IrDI を明記したこの勧告の目的で、多重チャネル IrDI と単一チャネル IrDI に適切な関連のある参照点は図 5-2、図 5-3 それぞれに示される。

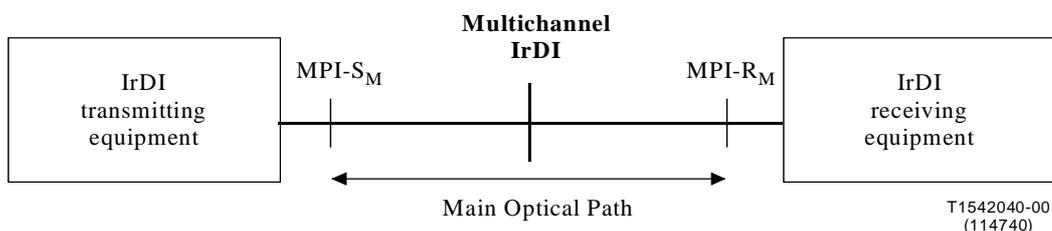


図 5-2/G.959.1 多重チャネル IrDI 参照通信形態

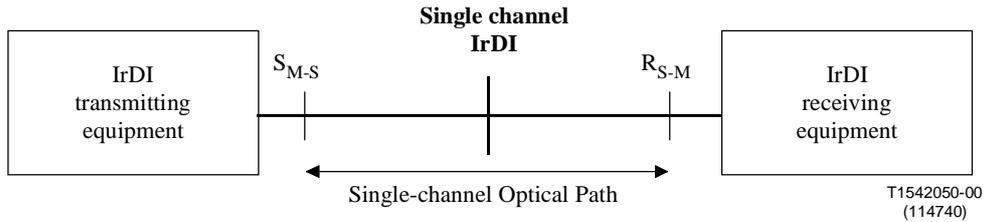


図 5-3/G.959.1 単一チャネル IrDI 参照通信状態

参照点のさらなる説明はこの勧告で定義している。そして G.872 に明記しているように IrDI と IaDI へのそれらの適用を付録 に示す。

5.3 専門語

アプレ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）そしてアプレケーションのアーキテクチャ特性を識別する。

アプレ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。：

PnW_x-ytz

こうした場合、

P_nと表示したとき、IrDI に適用する前 OTN アプレケーションコードを示す。

n はアプレケーションコードで提供されているチャネルの最大番号である。

W は次のように全幅距離/減衰を示す活字である。

- VSR 非常に短い範囲を示す（さらなる研究にとって減衰の時間的な幅）。
- I 自局内を示す（最高 7dB 幅減衰）。
- S は短距離を示す（11dB 幅減衰）。
- L は長距離を示す（22dB 幅減衰）。
- V は非常に長い長距離（33dB 幅減衰）。

x はアプレケーションコード内可能な幅の最大番号である。

y は光トビレシ列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。

t は次のようにアプレケーションコードで提供されている通信状態を示す活字である。

- A ONE から始まったブスタ増幅器として使用された 1 つの OA、語尾が ONE で終わる前増幅器として使用された 2 番目の OA を示す。
- B 使用された唯一のブスタ増幅器を示す。
- C 使用された唯一の前増幅器を示す。
- D 使用されないどちらかの増幅器を示す。

z は以下のような発信元そしてファイバ型である。

- 1 名義上 G.652 ファイバ 1310nm ソース（源）
- 2 名義上 G.652 ファイバ 1550nm ソース（源）
- 3 名義上 G.653 ファイバ 1550nm ソース（源）
- 5 名義上 G.655 ファイバ 1550nm ソース（源）

G.959.1 の現版で、単一幅 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。

両方向システム、もし取り入れるならば、アプレシオ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 アプレシオンにとって、これはそうなる。：

BnWx-ytz

いくつかの単一チャネルアプレシオンコードの場合、接尾辞はコードの最後に付けられた。3つの接尾辞が以下のように定義されている。：

- r 減じた目標距離を示すための r。これらのアプレシオンコードは分散区域である。同じ目標距離は他の技術説明の意味によって、それはさらなる研究をしているのだが、一定の標準に達する事も可能である。
(例えば並行回路取り組み)
- a このコードは APD 受信に適切な送信部を持つことを示す。
- b このコードは PIN 受信に適切な送信部を持つことを示す。

この表記法水準は、他の建築上と新しい履行が証明された時、増さなければならないだろう。表 5-1 はアプレシオンコードの例を規定している。

表 5-1/G.959.1 アプレシオンコード例

Example Application Code	Pre-OTN or OTN	Maximum Number of Channels	Maximum Span Attenuation	Maximum Number of Spans	Highest Class of Optical tributary Signal	ONE Type	Fibre Type
P1I1-1D1	Pre-OTN	1	6 dB	1	NRZ 2.5G	No amplifier	G.652
P16S1-2C5	Pre-OTN	16	11 dB	1	NRZ 10G	Preamplifier only	G.655
16S1-2B5	OTN	16	11 dB	1	NRZ 10G (OTU2)	Booster only	G.655

5.4 多重チャネル相互間インタフェース

副節 5.4.1、5.4.2 と 5.4.3 で記述している多重チャネル IrDI インタフェースは、横の（自動）互換性を可能にするつもりである。これらのインタフェースは G.652、G.653 あるいは G.655 ファイル上で作用し、同時に NRZ2.5G あるいは NRZ10G 光トリビュタリ信号のどちらかを使用しながら、また特別のアプレシオンコードに依存しながら、16 光チャネルまで輸送するであろう。同じ光パラメータは表 8-1 のそれぞれ個々の列に表示される全アプレシオンコードを適用する。

横断する互換性に大いに関連のある必要条件は 6 節で見つけることができる。

表 5-2 は多重チャネル IrDI アプレシオンコードを要約し、それは副節 5.3 の専門語によって組み立てられている。

表 5-2/G.959.1 アプリケーションとアプリケーションコードを示すことを基本とした多重チャネル相互間インタフェースの分類

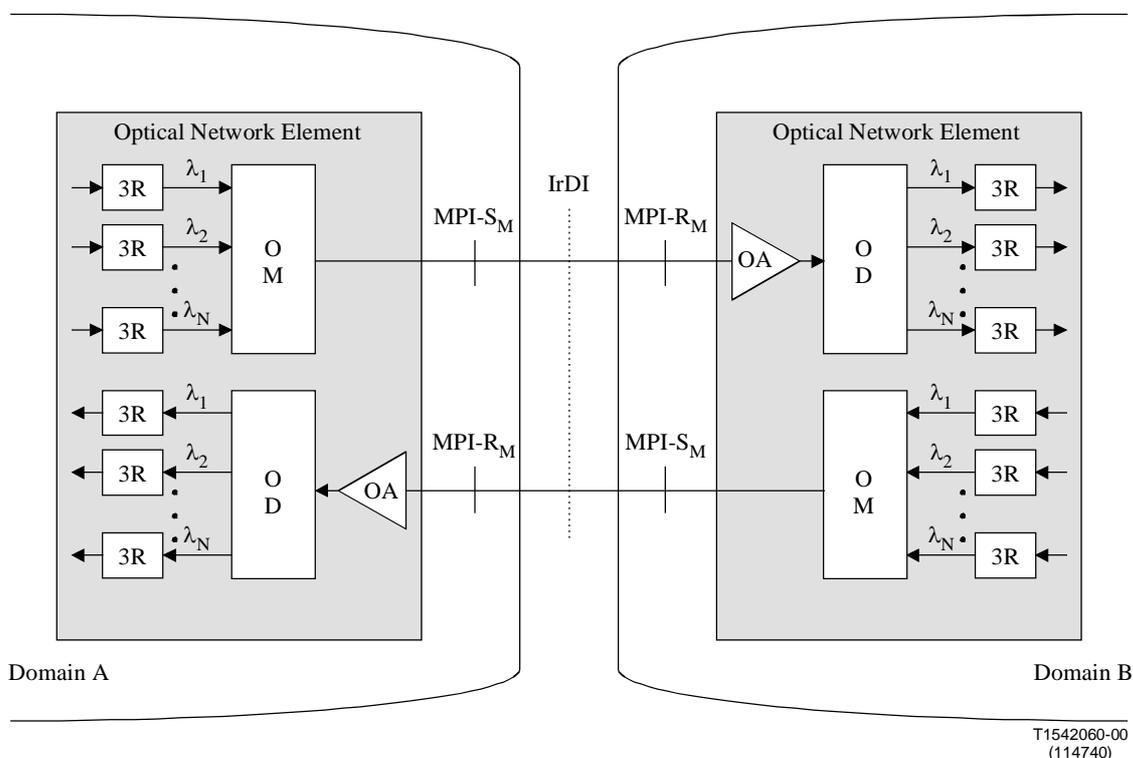
Application	Intra-office			Short-haul		
Source nominal wavelength (nm)	1550 (G.692 grid) ²			1550 (G.692 grid) ²		
Type of fibre	G.652	G.653	G.655	G.652	G.653	G.655
Target Distance (km) ¹	20	2	20	40	40	40
Optical tributary signal class NRZ 2.5G	-	-	-	P16S1-1D2	-	P16S1-1D5
Optical tributary signal class NRZ 10G	P16I1-2D2	P16I1-2D3	P16I1-2D5	P16S1-2B2 P16S1-2C2	P16S1-2C3	P16S1-2B5 P16S1-2C5

NOTE 1 - These target distances are for classification and not for specification.
NOTE 2 - See Table 8-1.

5.4.1 増幅する短距離多重チャネル相互間インタフェース

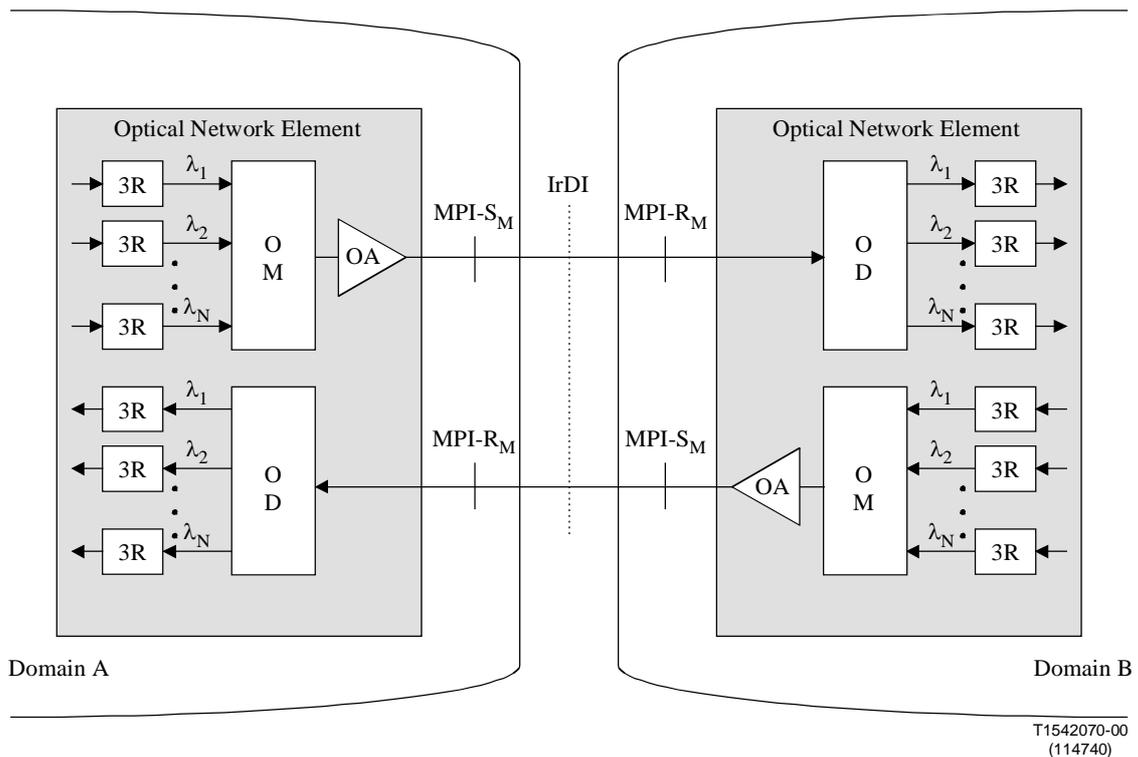
この勧告にある増幅する短距離多重チャネル前 OTN IrDI は、表 8-1 に明記されている。これらの増幅する短距離多重チャネルインタフェース仕様は 11dB の光ロスはずれを可能にする。そのように光ロスはずれは 40km の目標距離に及ぶつもりである。しかしながらこの目標距離は分類のためだけで仕様のためでないのである。

P16S1-2C2、P16S1-2C3 と P16S1-2C5 のアプリケーションは図 5-4 に説明される前増幅器使用のそれぞれ増幅した短距離多重チャネル IrDI 仕様である。P16S1-2B2 と P16S1-2B5 のアプリケーションはブースター増幅器使用のそれぞれ増幅した短距離多重チャネル IrDI 仕様で、図 5-5 で説明されている。



T1542060-00
(114740)

図 5-4/G.959.1 前増幅器使用短距離多重チャネル IrDI アプリケーション



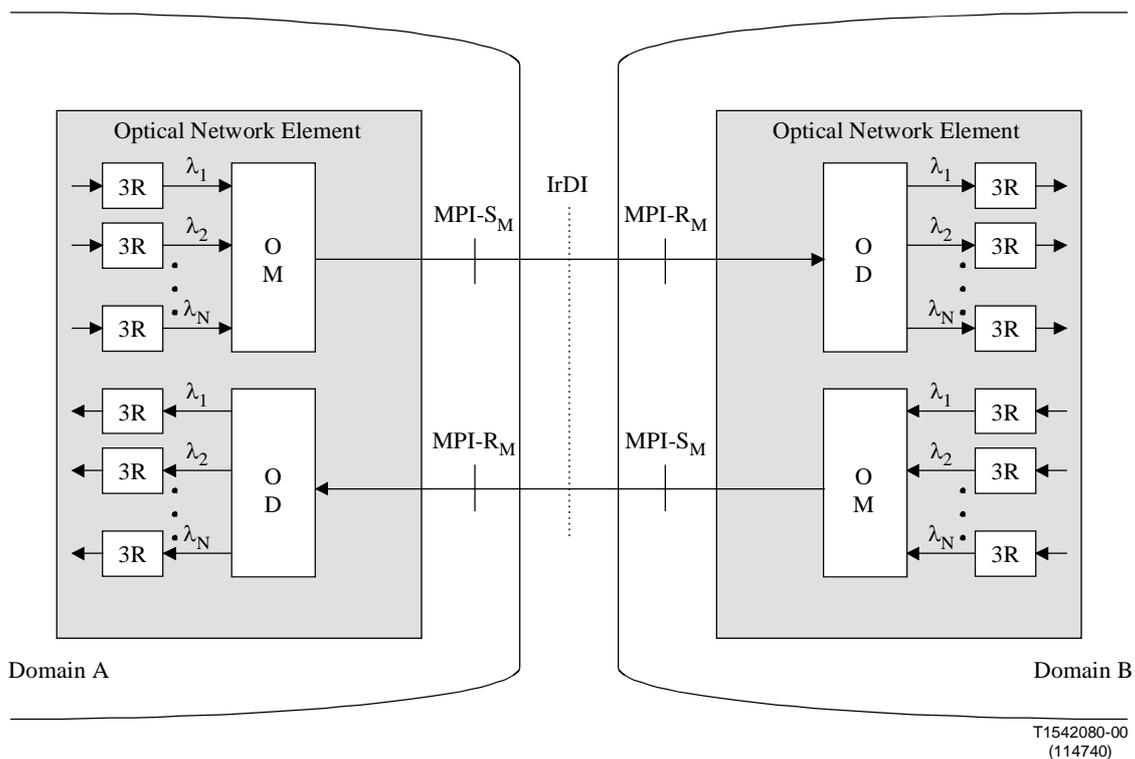
T1542070-00
(114740)

図 5-5/G.959.1 プラスター増幅器使用短距離多重チャネル IrDI アプリケーション

5.4.2 非増幅自局内多重チャネル相互間インタフェース

この勧告での非増幅自局内多重チャネル前 OTN IrDIs は表 8-1 に明記されている。これらの自局内多重チャネルインタフェースは 6dB までの光ロスはずれを可能にする G.652、G.653 と G.655 ファイルに明記されている。G.653 ファイル自局内多重チャネルインタフェースまでの伝送距離は 2km 以内にとどめることを勧める。もし G.653 ファイルの距離がこの自局内多重チャネルインタフェースまで 2km より著しく長いければ、光ロスパリティに加えて大いなるパリティが 4 つの波長が混合することになると言われるだろう。

P16I1-2D2、P16I1-2D3 と P16I1-2D5 アプリケーションは図 5-6 に説明されるそれぞれ非増幅自局内多重チャネル IrDI 仕様である。



T1542080-00
(114740)

図 5-6/G.959.1 非増幅自局内あるいは短距離多重チャネル IrDI アプリケーション

5.4.3 非増幅短距離多重チャネル相互間インタフェース

この勧告での非増幅短距離多重チャネル前 OTN IrDI は表 8-1 に明記されている。これらの短距離多重チャネルインタフェース仕様は 11dB までの光ロスはずれを可能にする。そのように光ロスはずれは 40km の目標距離に及ぶつもりである。しかしながらこの目標距離は分類のためだけで仕様のためではないのである。

P16S1-1D2 と P16S1-1D5 アプリケーションは図 5-6 に説明されるそれぞれ非増幅短距離多重チャネル IrDI 仕様である。

5.5 単チャンネル領域間インタフェース

単チャンネル領域間インタフェースは図 5-7 に示される。

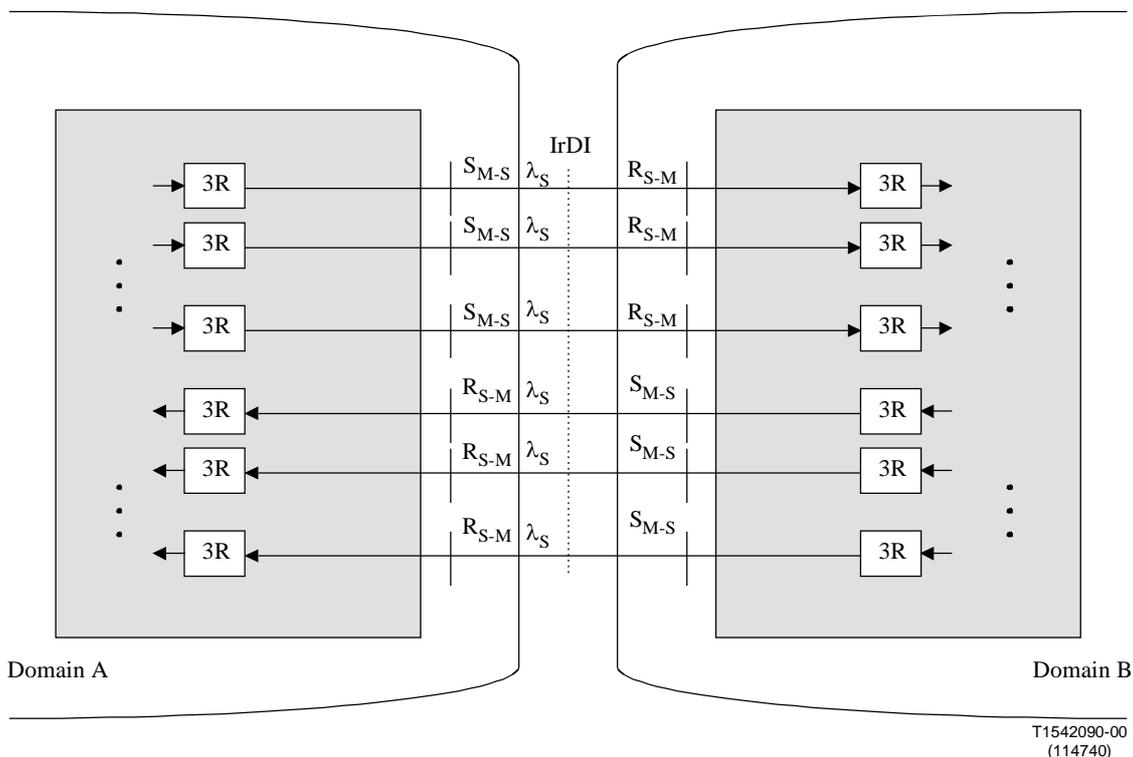


図 5-7/G.959.1 事務所内、短距離あるいは長距離の単チャンネル IrDI のアプリケーション

単チャンネル IrDI のアプリケーションは以下の 3 つの距離のカテゴリーに分類される：

- 事務所内；
- 短距離の事務所間；
- 長距離の事務所間。

距離のカテゴリーに付け加えて言うならば、さらにもっと短い距離も定義される。もっと短い距離の IrDI のアプリケーションの詳細は、今後の研究課題である。

これらのカテゴリー（事務所内、短距離、長距離）それぞれに対して、少なくとも、光のトリビュタリ信号（クラス 2.5G の NRZ）のあるアプリケーション、光のトリビュタリ信号（クラス 10G の NRZ）のあるアプリケーションが分類される。

G.652 に対応するファイバと公称 1550nm の光源を使うおよびアプリケーションと、G.652、G.653 および G.655 ファイバと公称 1310nm の光源を使うアプリケーションが、含まれる。

アプリケーションは距離のカテゴリー、光の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すべ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、広い範囲にネットワークの要求を満足させる予定である。

表 5-3 は、節 5.3 の中の専門用語により構成され単チャンネル IrDI のアプリケーションコードをまとめている。

事務所内、短距離および、長距離のアプリケーションのためのパラメータ値は節 8.2 において示される。

光のトリビュタリ信号（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、近い、あるいは、G.957 に見られるアプリケーションに対する値（G.957 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。節 8.2 での値は同様だ。

光のトリビュタリ信号（クラスの NRZ 10G）のアプリケーションに対して、ほとんどの例で節 8.2 の中の値と、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。事務所内の場合の仕様は、単チャネルインタフェースに対して、7dB までの光の経路の損失を容認する。

表 5-3/G.959.1 アプリケーションに基礎を置いて、アプリケーションコードを表示する単チャンネル領域間インタフェースの分類

Application	Very short reach	Intra-office						Short-haul				Long-haul	
Source nominal wavelength (nm)	1310	1310		1550				1310	1550			1310	1550
Type of fibre	G.652	G.652		G.652	G.653	G.655	G.652	G.652	G.653	G.655	G.652	G.652, G.653, G.655	
Optical tributary signal class NRZ 2.5G	P1VSR1-1D1	--	P1I1-1D1	--	--	--	--	P1S1-1D1	P1S1-1D2	--	--	P1L1-1D1	
Target distance for class NRZ 2.5G (km) ¹	ffs	--	2	ffs	ffs	ffs	ffs	15	15	15	ffs	40	80
Optical tributary signal class NRZ 10G	P1VSR1-2D1	P1I1-2D1r	P1I1-2D1	P1I1-2D2r	P1I1-2D2	P1I1-2D3	P1I1-2D5	--	P1S1-2D2	P1S1-2D3	P1S1-2D5	P1L1-2D1	
Target distance for class NRZ 10G (km) ¹	ffs	...	2	2	25	25	25	20	40	40	ffs	40	80

注 1 - これらの目標の距離は、仕様のためにではなく、分類のためにある。

5.6 管理信号の実現方法

オーバヘッドの実現は、現状の pre-OTN IrDI のオーバヘッドの実現は要求されないけれども、光チャンネル、光多重セクション、そして、光伝達セクション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。

6 . 横断的な相互の互換性

この勧告の中の 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相互の(すなわち複数ベンダ)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。領域間でのインタフェースは2個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個の異なったベンダからの設備により構成される。2個の管理領域は、2個の異なったネットワークオペレーターに帰属する。

- 同一のアプリケーションコード nllx-ytz を正確に持っているすべての IrDIs に対して、横断的な相互の(複数ベンダ)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 インタフェースもう1個のベンダの P16S1-2B2 インタフェースと接続できる光のトリビュタリ信号のビットレートと形式は、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フェースの相互接続は、接続技術の話である。例えば、MPI-SM の出力、MPI-RM 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 のインタフェース P16S1?2B2 (ブースタ増幅器の種類)と領域 B のインタフェース P16S1?2C2 (プリ増幅器の種類)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、ブースタ増幅器の出力は+15dBm の(表 8-1 を参照)で、減衰量は 0dB である。このように、プリ増幅器の種類インタフェースに対する入力された入力+15dBm である。しかしながら、プリ増幅器の種類インタフェースの入力の、最大受信入力、+5dBm の(表 8-1 を参照)を越えるべきではなく、その場合、受信機は 10dB ほど過負荷となっている。

7 . パラメータ定義

7.1 システム運用波長の範囲

この勧告の中の複数チャン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、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、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 の拡大の範囲の将来の使用は除外されるべきでない。この勧告以内で単チャン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、G.957 か G.691 にみられる内容の制約を受けない。

7.2 パラメータ

表 7-1 と表 7-2 で示されるパラメーターは、インタフェース点で定義され、定義は以下の節で与えられる。さらに、付録 IV は可能な将来の IaDI の仕様の考慮すべき内容を提供する。

表 7-1/G.959.1 複数チャネル IrDI の物理レイヤパラメータ

Proposed Parameter	Units	Defined in
General information		
Maximum number of channels	-	7.2.1.1
Bit rate/line coding of optical tributary signals	-	7.2.1.2
Maximum bit error ratio	-	7.2.1.3
Fibre type	-	7.2.1.4
Interface at point MPI-S_M		
Maximum mean channel output power	dBm	7.2.2.1
Minimum mean channel output power	dBm	7.2.2.2
Maximum mean total output power	dBm	7.2.2.3
Central frequency	THz	7.2.2.4
Channel spacing	GHz	7.2.2.5
Maximum central frequency deviation	GHz	7.2.2.6
Minimum channel extinction ratio	dB	7.2.2.7
Eye mask	-	7.2.2.8
Optical path (single span) from point MPI-S_M to MPI-R_M		
Maximum attenuation	dB	7.2.3.1
Minimum attenuation	dB	7.2.3.2
Maximum chromatic dispersion	ps/nm	7.2.3.3
Minimum optical return loss	dB	7.2.3.4
Maximum discrete reflectance	dB	7.2.3.5
Maximum differential group delay	ps	7.2.3.6
Interface at point MPI-R_M		
Maximum mean channel input power	dBm	7.2.4.1
Minimum mean channel input power	dBm	7.2.4.2
Maximum mean total input power	dBm	7.2.4.3
Maximum channel power difference	dB	7.2.4.4
Maximum optical path penalty	dB	7.2.4.5
Maximum reflectance of optical network element	dB	7.2.4.6

表 7-2/G.959.1 単チャンネル IrDI に対する物理レイヤパラメータ

Proposed Parameter	Units	Defined in
General information		
Maximum number of channels	-	7.2.1.1
Bit rate/line coding of optical tributary signals	-	7.2.1.2
Maximum bit error ratio	-	7.2.1.3
Fibre type	-	7.2.1.4
Interface at point S_{M-S}		
Operating wavelength range	nm	7.2.5.1
Source type		7.2.5.2
Maximum RMS width (σ)	nm	7.2.5.3
Maximum -20 dB width	nm	7.2.5.4
Minimum side mode suppression ratio	dB	7.2.5.5
Maximum mean output power	dBm	7.2.5.6
Minimum mean output power	dBm	7.2.5.7
Minimum extinction ratio	dB	7.2.5.8
Optical path from point S_{M-S} to R_{S-M}		
Maximum attenuation	dB	7.2.6.1
Minimum attenuation	dB	7.2.6.2
Maximum chromatic dispersion	ps/nm	7.2.6.3
Minimum optical return loss at S_{M-S}	dB	7.2.6.4
Maximum discrete reflectance between S_{M-S} and R_{S-M}	dB	7.2.6.5
Maximum differential group delay	ps	7.2.6.6
Interface at point R_{S-M}		
Maximum mean input power	dBm	7.2.7.1
Minimum sensitivity	dBm	7.2.7.2
Maximum optical path penalty	dB	7.2.7.3
Maximum reflectance	dB	7.2.7.4

7.2.1 一般情報

7.2.1.1 最大チャンネル数

複数チャンネルインタフェース点で、同時に存在する最大光チャンネル数

7.2.1.2 光トリビュタリのビットレート/回線符号

光のトリビュタリ信号（クラス NRZ 2.5G）が、公称 622Mbit/s から公称 2.67Gbit/s の範囲で、NRZ 信号により、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（G.709 で定義されたいる OTU2 ビットレートを含む）、NRZ 信号により、連続的なデジタル信号に適用される。

注 - この勧告がのみ現在 NRZ のコーディングを取り扱うので、将来のバージョンは、例えば、他の回線符号、例えば RZ を含むかもしれない。

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、各光チャンネルに適用される。前方誤り訂正 (FEC) (例えば OTUK で) の存在により、このパラメータ定義の可能な効果は、この勧告の現在のバージョンで考慮されなかった。

7.2.1.4 ファイバ種類

シングルモード光ファイバの種類は、G.652、G.653、および G.655 で定義されものから選ばれる。

7.2.2 MPI-SM 点のインタフェース

7.2.2.1 最大平均チャンネル出力

参照点 MPI-SM における各光のチャンネルの入射平均パワーは、ONE からの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、通電の効果の下で、許容値をカバーするために、与えられる。

7.2.2.2 最小平均チャンネル出力

7.2.2.1 節を参照。

7.2.2.3 最大平均総合出力

MPI-SM 点における最大の入射光パワー。

7.2.2.4 中心周波数

特別な光波長チャンネルのデジタル符号化された情報単チャンネルの公称周波数は、G.957 および G.691 で定義された NRZ の回線符号の使用によって変調される。

中心周波数は G.692 の付属資料 A で与えられた周波数配置を元に配置される。複数チャンネル IrDI のための与えられた中心周波数は表 8-1 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である。

7.2.2.5 チャンネル間隔

隣り合った2チャンネル間の公称周波数差。取りうるすべての実際の周波数は節 7.2.2.6 に検討されている。

7.2.2.6 最大中心周波数偏差

公称中心周波数と実際の中心周波数間の相違。チャンネルのビットレートに対する適切な測定間隔において、光源の中心周波数が実際の値に影響を与えるすべての過程が、中心周波数の偏差に含まれる。これらの過程は、光源のチャープング、情報帯域、自己位相変調による帯域の広がり、そして、温度と通電による影響を含む。

7.2.2.7 最小チャンネル消光比

慣習的な光論理レベルは、

- 論理的な「1」のための光の発光；
- 論理的な「0」のための消光。

消光比 (EX) は、以下のように定義される：

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

ただし、A は、論理的な「1」の中心における平均光パワーレベルであり、B は論理的な「0」の中心における平均光パワーレベルである。

この定義は直接に単チャンネルシステムに適用出来るものである。複数チャンネル IrDI の場合、2 個の代替の方法を適用することができる。

- 方法 A は、単チャンネル参照点が、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、G.957 と 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書類 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、標準受信器に接続される。標準光バンドパスフィルタと、標準受信器の構成は、付属資料 B に示される。

7.2.2.8 アイマスク

このパラメータに対する定義と制限は G.691 にみられる。この定義は、単チャンネル信号システムに直接、適用できる。複数チャンネル IrDI の場合は、2 個の方法のどちらかが適用される。

- 方法 A は、単チャンネル参照点が、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、G.957 と 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書類 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、標準受信器に接続される。標準光バンドパスフィルタと、標準受信器の構成は、付属資料 B に示される。

7.2.3 MPI-SM 点から MPI-RM の光パス (一つの区間)

7.2.3.1 最大損失

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) の最終性能の条件で稼動する場合の最大経路損失である。最大損失に含まれる影響の定義は、節 6.3.1/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ヅンを含む) 0.275dB/キロメートルを仮定しており、1310nm の単チャンネル IrDI のために、0.55dB/キロメートルを仮定している。実際的な見地から、きわめて短距離の場合と、事務所内のアプリケーションを除いて、1550nm において 40 キロメートルの 11dB、80 キロメートルの 22dB、1310nm において 20 キロメートルの 11dB、40 キロメートルの 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使われるこの方法が、理論的な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 最大波長分散

このパラメータは、システムは許容することができる光パスの分散の最大値を定義する。システムに必要とされる最大分散許容値は、1550nm 帯域において、G.652 ファイバに対して想定距離 $\times 3.3\text{ps/nm/km}$ 、G.653 ファイバに対して想定距離 $\times 20\text{ps/nm/km}$ であり、1310nm 帯域における G.652 ファイバの場合も同様である。これは、それぞれのファイバに対して最悪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。許容される光パスのペナルティは、最大群遅延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影響を考慮する。

7.2.3.4 最小光リターン損失

反射は、光パスにおいて、屈折率分布の不連続によって発生する。どの受信機での干渉計ノイズに対する先頭多様な感想を通して、か、統制しなかったら、彼らは光の光源か増幅器の操作の上の彼らの妨げる結果を通してシステムの性能を降格することができる。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。

- 光源参照点におけるケーブル設備の最小光リターン損失（例えば、MPI-SM、SM-S）いくつかのコネクタを含む；
- 光源参照点間の最大個別反射率（例えば、MPI-SM、SM-S）と、受信参照点（例えば、MPI-RM、RS-M）。光リターン損失は、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資料 I/G.957 で記述される。反射率とリターン損失の測定において、SM-S 点と RS-M 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。

7.2.3.5 最大個別反射率

最大反射率の定義は、節 7.2.7.4 節を参照。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リターン損失が許容されるようであればならない。これが節 8 の表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、コネクタ数を減少させなければならない。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。

節 8 の表にあるように、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。

7.2.3.6 最大群遅延（DGD）

群遅延（DGD）は、光信号の 2 個の基本的な偏波の状態で送られるパルス列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（DGD）は、マックスウェル方程式の分散もつように統計的にモデル化することができる。この勧告で、最大群遅延は、受信感度の最大劣化 1dB を許容しなければならないように DGD の値が定義される。

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、確率論的に定義することができる。DGD が与えられた値を即時に越える確率は、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、私たちが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、私たちは、受け入れることができる確率に対応する、最大値と平均値の比を分割することにより、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/G.959.1 DGD means and probabilities

Ratio of maximum to mean	Probability of exceeding maximum
3.0	4.2×10^{-5}
3.5	7.7×10^{-7}
4.0	7.4×10^{-9}

付属資料 A マルチチャンネル IrDI にてシングルチャネル特性を評価するための方法 A の構成

A.1 参照構成

マルチチャネル IrDI の場合、シングルチャネル参照ポイントはシングルチャネル特性（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。

消光比とアイマスクの測定は、図 B.1/G.957 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 参照ポイントでのシングル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 を成し遂げ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 参照ポイントの信号でも繰り返される。（測定 2）

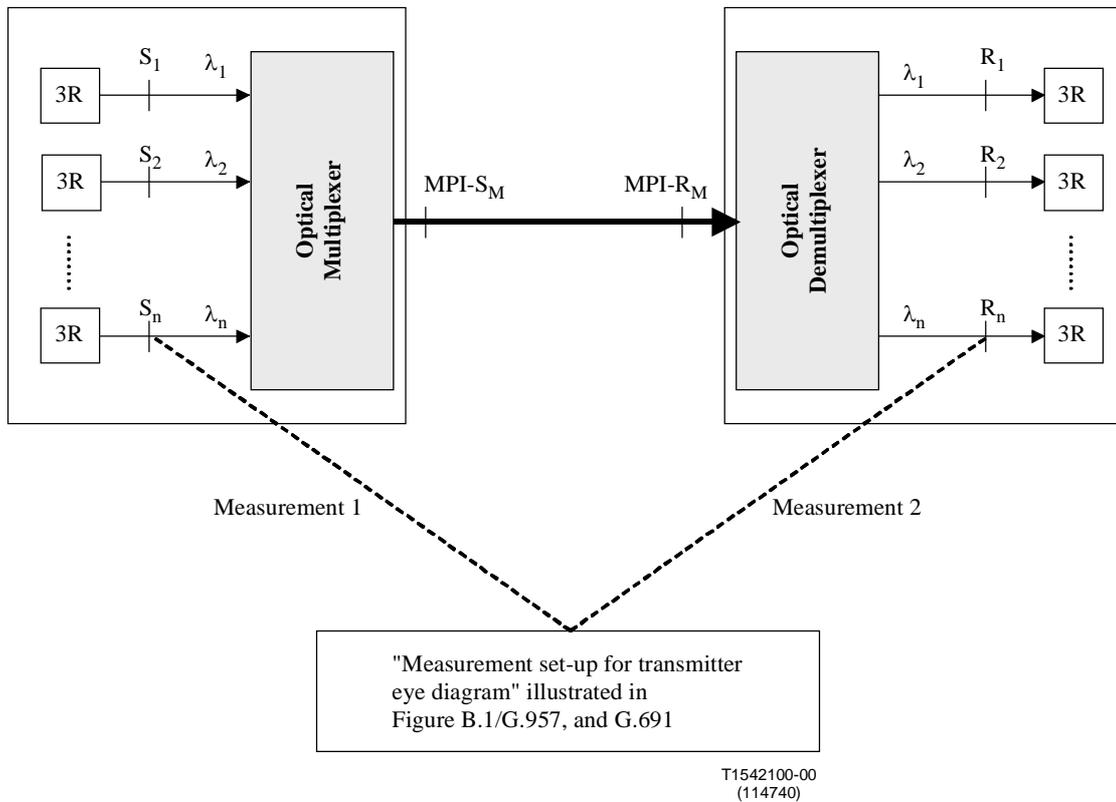


図 A.1/G.959.1 方法 A の構成

付属資料 B マルチチャネル IrDI にてシングル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レシーバの特性

B.1 参照構成

マルチチャネル IrDI の場合、光バンドパスフィルタは参照レシーバを使用してシングルチャネル特性（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。

消光比とアイマスクの測定は、Annex B/G.957 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、その出力を参照レシーバ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 を成し遂げ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 の信号でも繰り返される。（測定 2）

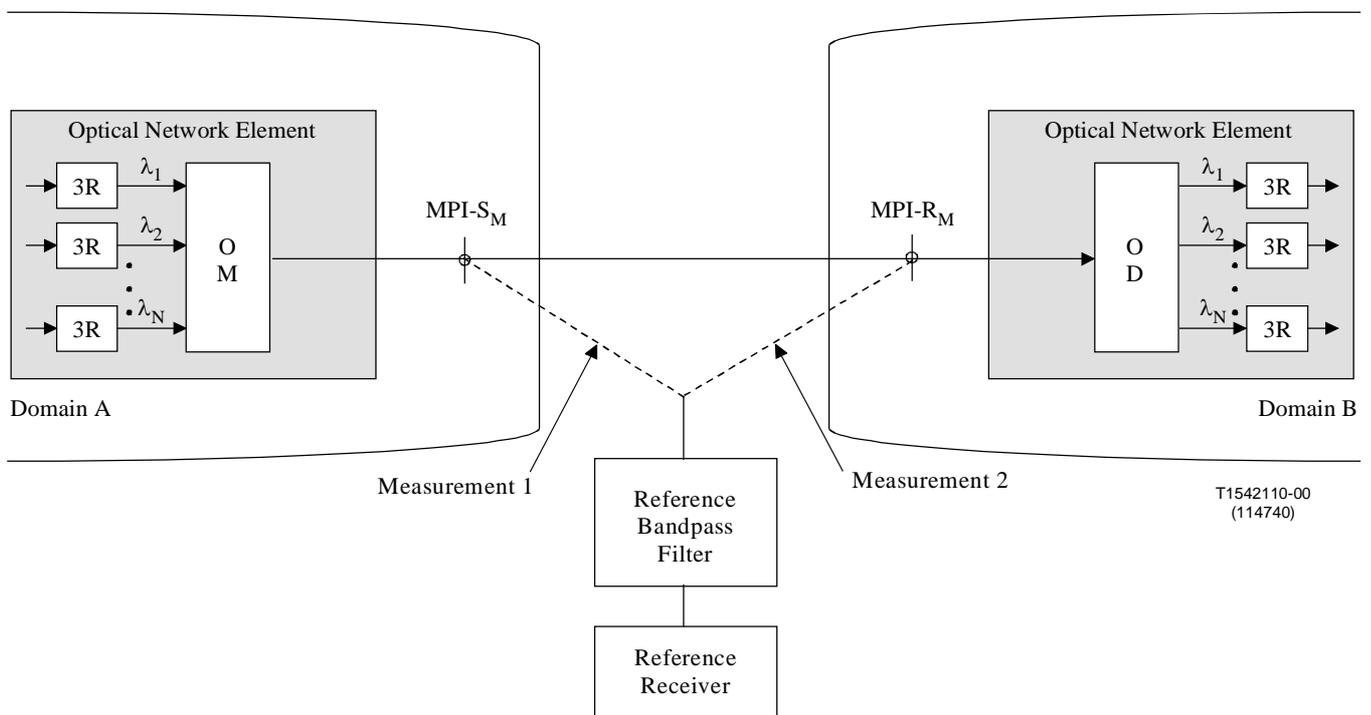


図 B.1/G.959.1 方法 B の構成

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、合成されたマルチチャンネル信号から個々の光チャンネルを分離することである。フィルタは、測定下信号に対し無視できる歪が導入されている間は、隣接チャンネルからの干渉を最小限にする十分な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。

調整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 光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 値は全ての測定外チャンネルの合計パワーと測定チャンネルパワーの比率が、20dB 以上になるように選択される。

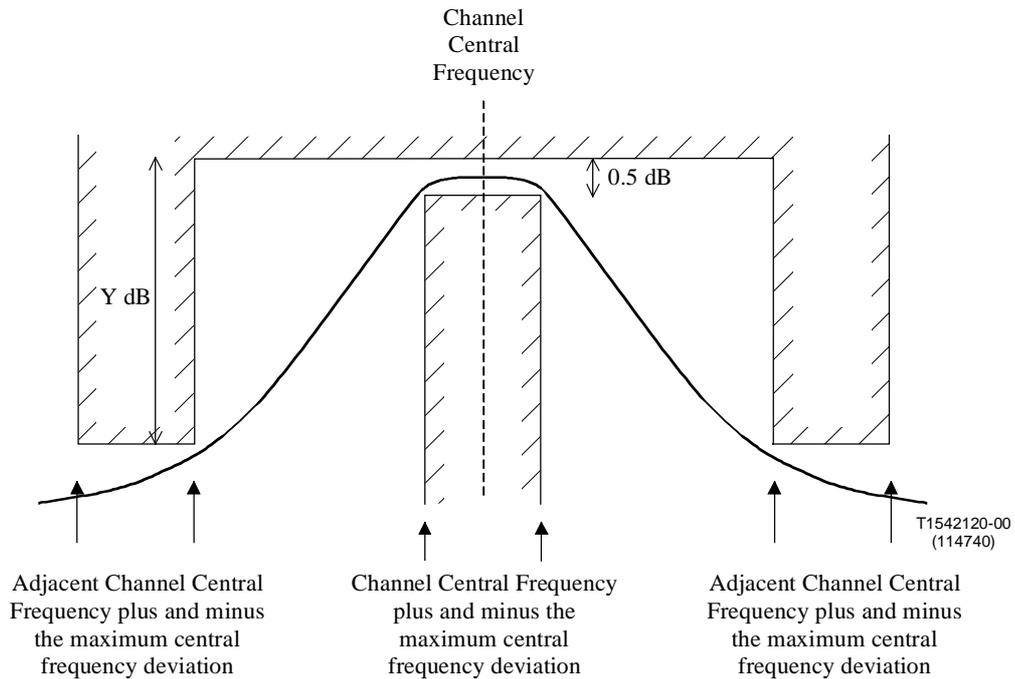


図 B.2/G.959.1 光バンドパスフィルタ周波数応答

フィルタの設計は、最速信号が振幅及び位相リップルのために重要でない歪に耐えられるように選択されるべきである。

B.3 参照レシーバ

これは、Annex A/G.691 で略図されているような周波数応答をもつレシーバであり、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 - 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/G.691 で述べられる。

参照レシーバが光パスペナルティとしての BER を測定するために使用される場合、閾値決定の評価は測定 1 としてもっとも低い BER で調節されるべきであり、また異なるアプリケーションコードの要求を受け入れるため、そのアプリケーションコードを満たしている様々な設計インプリメンテーションを含むため測定 2 として再最適化されるべきである。

いくつかのアプリケーションコードでシングルチャネルの試験を行うために、参照レシーバ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/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、異なる参照レシーバの特性が要求される。

付録 I 3R 再生中継のシングルチャネルクライアントインタフェース

I.1 序論

この付録では、OTN 以前の光ネットワークへのクライアント信号インタフェースとして、3R 再生中継の使用を記述する。3R 中継再生の使用は、SDH ネットワークのような現存するトランスポートネットワークと光ネットワークとの相互接続を促進するであろう、また光ネットワーク技術の成熟とともに OTN 配備が加速することが期待される。

I.2 3R 再生中継のクライアント信号インタフェースの記述

OTN 以前の光ネットワークの波長や周波数耐力等の物理レイア仕様を満たす光特性を備えたクライアント信号は魅力的に現れるかもしれない、なぜなら、そのようなネットワークではネットワークインタフェースで光 - 電気 光 (OEO) 過程の費用を避けられるからである。

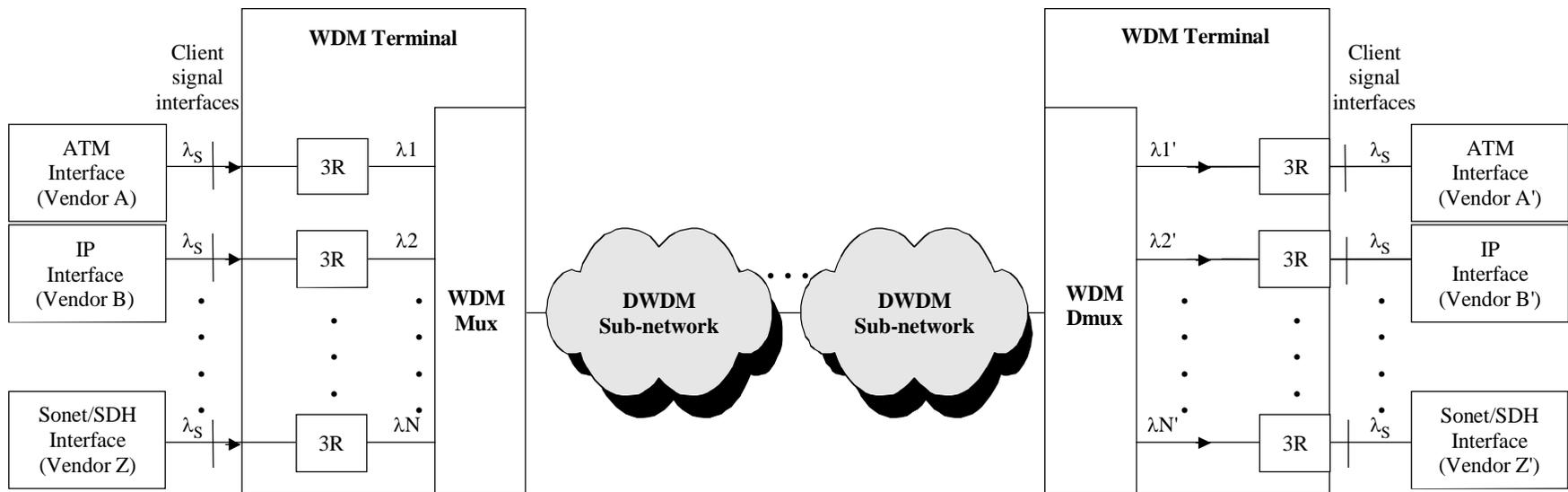
しかしながら、従来の SONET/SDH 装置からクライアント信号を伝送するためには、OEO 変換が必要になるかもしれない。加えて、相互動作を達成するためには、要求される物理レイアの光インタフェース仕様が同意されるまでは、共同作業が要求されるであろう。

仮に上述の OEO 過程が、波長変換等の他に要求されるアダプテーションを加えた 3R 中継を含むのであれば、クライアントインタフェースでの物理レイア光パラメータの仕様は、G.957 で指定される短距離が適用される。

インタフェースのネットワーク側で 3R 再生中継を使用することを基本としている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及び受信だけでなく、従来のクライアント信号にも使われる。

このインタフェースは、G.872 光トランスポートネットワークの構成で記述される非 OTN ドメイン内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、 λ_S は短距離の相互接続で使用される波長を示される。



T1542130-00
(114740)

図 1.1 3R 再生中継のクライアント信号インターフェース例

付録 II IrDI と IaDI 内で使用する参照ポイントの説明

図 II.1 における更なる説明は 5.2 節で明記される一般的な OTN 参照ポイントの適用で述べられる。

単純な光ネットワークは、光アド・ドロップ多重 (OADM) を形成するバック・ツー・バック接続される WDM 分離器と多重器を使って構成される。それらは、シングルチャネルインタフェースを經由して相互接続される。図 II.1 にその整理を示す。

付録 管理信号インプリメンテーションの考察

光チャネルレイア、光多重化セクションレイアと光伝送セクションレイアを管理する信号の存在は、OTN IaDIs として定義され、いくらかは将来的な OTN IrDIs として予知されている。そのような信号の物理的なインプリメンテーションの考察が以下に示される。

III.1 光チャネル管理信号インプリテーション

チャネルに依存する OCh 管理信号とチャネルに依存しない OCh 管理信号の両方が要求されるかもしれない。

チャネルに依存する管理信号は“デジタルラッパ”として G.709 で定義される。

この方法は、オーバーヘッドバイト、ペイロードバイト、FEC バイトを含んでいるデジタルフレーム構造を用いている。FEC があるためのパラメータ値緩和の実現性は、この勧告の現版には含まれていない。

サブキャリア変調のように非デジタル(光)機構によってオーバーヘッド伝送に依存する OCh が、あるアプリケーションでは期待されるかもしれない。それは今後の課題である。

さらなるシステムペナルテがこの技術により導入されるかもしれない。

光管理チャネル (OSC) は、チャネルに依存しない信号を具備するため G.709 で指定されている方法である。これは、後章の光多重セクションと光伝送セクションの管理信号装備の接続において議論される。

個々の光チャネルの OCh オーバヘッド情報は、光ネットワークエレメントの OCh レイアにて生成および終端される。

III.2 光多重化セクションと光伝送セクション管理信号インプリメンテーション

OSC は、ネットワーク管理を目的としてオーバーヘッド情報を運んでいる別チャネルである。OMS レイアと OTS レイアの管理メッセージは、チャネルに依存しないで伝送される OCh レイアの管理メッセージといっしょに OSC を共有する。

光ネットワークエレメントの OTS レイアや OMS レイアのマルチチャネル信号をモニタするため、OSC はそれぞれの送信方向へ提供されるかもしれない。

OSC はそれぞれの光ネットワークエレメントで生成および終端する。

現在、OSC として好ましい波長は G.692 で述べられている。

アプリケーションコードの十分に横断的な互換性と冗長性は、将来 OSC 波長を指定する場合に考慮されるべきである。

付録 IV 将来的な IaDI の検討

可能性がある将来的な IaDI 仕様の検討が以下に述べられる。

それらは、検討されることが必要かもしれない追加インタフェースとパラメータに集中している。

IV.1 検討すべき追加インタフェース

インタフェース及び表 7-1 と 7-2 で述べられている関連パラメータに加えて、表 IV.1 で表記されるインタフェースが検討される必要があるかもしれない。

表 IV.1/G.959.1 IaDI 検討のための追加インタフェース

S _M ポイントでのインタフェース
ポイント MPI-S _M から R _M , S _M から R _M , もしくは S _M から MPI-R _M への光パス
R _M ポイントでのインタフェース
ポイント MPI-R _M から S _{M-S} への光ネットワークエレメント
ポイント MPI-R _M から MPI-S _M への光ネットワークエレメント
ポイント R _M から S _M への光ネットワークエレメント (光アンプ)
ポイント R _{S-M} から MPI-S _M への光ネットワークエレメント
ポイント R _{S-M} から S _{M-S} への光ネットワークエレメント

IV.2 ONE 転送パラメータ

ONE 転送パラメータは、受信側インタフェースから送信側インタフェースへ ONE を横断するような信号に対して適用される。図 5-1 に記述されるように、ONE においては受信側インタフェースに 3 つのタイプ、MPI-R_M、R_{S-M} と R_M があり、送信インタフェースに 3 つのタイプ、MPI-S_M、S_{M-S} と S_M がある。ONE の受信側インタフェースから ONE の送信側インタフェースには 5 つの信号パスが可能である。5 つのパスは以下の通りである。

- MPI-R_M から S_{M-S};
- MPI-R_M から MPI-S_M;
- R_{S-M} から MPI-S_M;
- R_{S-M} から S_{M-S};
- R_M から S_M.

このパスの最初の 3 つは、しばしば“ドロップ - パス”、“パス - スルーパス”と“アッド - パス”として参照される。ONE 転送パラメータは、受信側インタフェースから送信側インタフェースへこれらの 5 つのパスが横断するような信号に対して適用される。

ONE 転送パラメータは、将来的に OTN アプリケーションで利用されるであろう。

表 IV.2 には、将来的に OTN アプリケーションで適用されるであろういくつかの転送パラメータが含まれている。

表 IV.2/G.959.1 ONE 転送パラメータ

光信号と雑音の比率の悪化(dB)
以下のような光クロストーク関連のパラメータ:
帯域内クロストーク率(dB)
帯域外クロストーク率(dB)
以下のような周波数応答関連のパラメータ:
リップル(dB)
挿入損失(dB)
チャンネル幅(GHz)
以下のような偏光に関するパラメータ:
遅延(ps)
偏光依存損失(dB)
分散(ps/nm)

表 7-1、7-2 と表 IV.2 のパラメータ以外、与えられた状況もしくは ONE で適用できるこれらのパラメータだけが指定されている。

これらのパラメータの仕様及び定義は今後の課題である。

設計目的、サービス中のモニタリングもしくはサービス外の確認など、パラメータ仕様の適用は今後の課題である。

付録 V 光信号と雑音の最小比率、OSNFR の適用

V.1 光信号と雑音の最小比率の定義

図 V.1 を参照、光スペクトラムから OSNFR は以下のように定義される。

$$\text{OSNFR} = \text{minimum value of OSNR} \text{ dB} \quad (1)$$

すべての収容チャンネルに対して

OSNR は各々のチャンネルに定義される光信号と雑音の比率であり以下のように定義される。

$$\text{OSNR} = 10 \text{Log} \frac{P_i}{N_i} + 10 \text{Log} \frac{B_r}{B_m} \text{ dB} \quad (2)$$

ここで:

P_i は、 i 番目のチャンネルでワット表示される光信号パワーである。

N_i は、 i 番目のチャンネルでの雑音等価帯域 B_m で測定されワット表示される雑音パワーの補間値である。

$$N_i = \frac{N(\nu_i - \Delta\nu) + N(\nu_i + \Delta\nu)}{2} \quad (3)$$

$\Delta\nu$ はチャンネル間隔の 1/2 に等しい補間差分である。(200GHz のチャンネル間隔の場合では、 $\Delta\nu = 100 \text{ GHz}$ である)

B_r は、参照光帯域である。(B_m と B_r の単位は周波数もしくは波長であるが、矛盾してはならない) 基準的に、参照光帯域は 0.1 nm である。

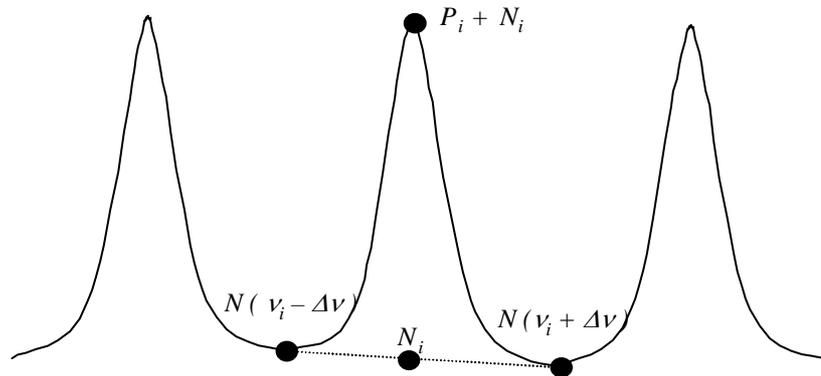


図 V.1/G.959.1 それぞれに収容されたチャンネルの OSNFR は、光スペクトラムを直接測定して得られる。

V.2 パラメータの有効性

光信号と雑音の最小比率パラメータは設計パラメータではなく、それ自体では十分でないかもしれないが、接続しているオペレータが IrDI 仕様に準拠していることを示すために使われるかもしれない制御パラメータである。より明確には、そのパラメータは光アンプにおける雑音の発生に関係し、システム内の光アンプの適切な使用について情報を与えることができる。OSNFR が与えられた光チャンネルに支配されるとしてもそれを監視し、非線形効果のような様々な信号劣化の蓄積は信号品質が不十分であることを意味する。満足な信号品質を保証するため、BER は適切なパラメータである。

V.3 IrDI 仕様での非コンプライアント

OSNFR は、接続しているオペレータが IrDI 仕様に準拠しているかどうかを、いくつかの場合に示すことができる。典型的にこれはブースタアンプの場合の問題であり、接続しているオペレータはアンプ無しもしくは予め増幅された場合とし送信側でアンプを使用すべきではない。

IrDI の下記違反は OSNFR により検出されるかもしれない。

ブースタ解決手法:

- ブースタへの光入力パワーがあまりに低い。
- 余分な光アンプが送信側に加えられている。
- 信号が光入力パワーのダイナミックレンジ以内であるのにポンプレーザが劣化している。

プリアンプもしくはアンプ無しの解決手法:

- アンプが送信側へ追加されている。

違反は、以下に例示されるように OSNFR に反映されず現れることがある。

- WDM 信号（あるいは個々のチャンネル）の適切なフィルタリングにより、接続しているオペレータは送信側で違法なアンプが含まれることを阻止できる。
- 伝送履歴をもつチャンネルは、新たに生成されるチャンネルと並列に送信しているネットワークエレメントへ加えられる。このチャンネルは非線形効果により歪を生じ、信号品質が OSNFR 上いかなる痕跡もなしに受け入れられない程度に分散の影響を受ける。

V.4 代替の制御方法

OSNFR は、接続しているオペレータが属する IrDI 部を確認する完全な解決手法ではないが今日最もよく知られている実用的な解決手法である。

より優れた解決手法が出現すれば、この手法は置き換えられる。