

TTC標準
Standard

JT-G698.1

シングルチャネル光インタフェースを備えた
マルチチャネルDWDMアプリケーション

Multichannel DWDM applications
with single channel optical interfaces

第1版

2022年5月19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
<G.698.1 (2009/11) 和訳>.....	6
1. スコープ.....	7
2. 参考文献.....	7
3. 用語及び定義.....	8
3.1 他で定義されている用語.....	8
3.2 本勧告で定義された用語.....	8
4. 略語及び頭字語.....	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.....	10
5.2.1 単方向アプリケーション.....	10
5.2.2 双方向アプリケーション.....	11
5.3 命名法.....	13
5.4 参照点S _s およびR _s における単一チャネルインタフェース.....	14
6. 横断的な互換性.....	14
7. パラメータ.....	15
7.1 一般情報.....	16
7.1.1 最小チャネル間隔.....	16
7.1.2 光学トリビュタリ信号のビットレート/回線符号化.....	16
7.1.3 最大ビット誤り率.....	16
7.1.4 ファイバタイプ.....	16
7.2 S _s 点のインタフェース.....	16
7.2.1 最大および最小平均チャネル出力パワー.....	16
7.2.2 最小および最大中心周波数.....	17
7.2.3 最大スペクトル変位.....	17
7.2.4 最小サイドモード抑圧比.....	17
7.2.5 最小チャネル消光比.....	17
7.2.6 アイマスク.....	18
7.3 S _s からR _s までの光パスパラメータ (シングルスパン).....	18
7.3.1 最小および最大チャネル挿入損失.....	18
7.3.2 最大リップル.....	18
7.3.3 最大波長分散.....	19
7.3.4 S _s における最小光反射減衰量.....	19
7.3.5 S _s とR _s との間の最大ディスクリート反射率.....	19
7.3.6 最大群遅延差.....	20
7.3.7 最大チャネル間クロストーク.....	20
7.3.8 最大干渉クロストーク.....	20
7.4 R _s 点のインタフェース.....	20
7.4.1 最大平均入力パワー.....	20
7.4.2 受信機感度.....	21

7.4.3 最大光パスポナルティ.....	21
7.4.4 受信機の最大反射率.....	21
8. パラメータ値.....	21
9. 光学的安全性に関する考慮事項.....	26
付録I リンクでサポートされるOADM数.....	27
I.1 はじめに.....	27
I.2 最大チャネル挿入損失.....	27
I.3 最大リップル.....	27
I.4 最大波長分散.....	27
I.5 反射.....	28
I.6 最大群遅延差.....	28
I.7 最大干渉クロストーク.....	28
参考文献.....	30

<参考>

1. 国際勧告との関係

本標準は、ITU-T勧告G.698.1 (2009/11)に準拠したものである。

2. 上記国際勧告等との相違

2.1 追加項目

なし

2.2 削除項目

なし

2.3 変更項目

なし

2.4 章立ての相違

なし

2.5 その他

なし

3. 改版の履歴

版 数	発 行 日	改 版 内 容
第1版	2022年5月19日	制定

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

なし

6. 標準作成部門

光ファイバ伝送専門委員会

<G.698.1 (2009/11) 和訳>

シングルチャネル光インタフェースを備えたマルチチャネル DWDM アプリケーション

概要

本標準 JT-G.698.1 では、主にメトロアプリケーション向けの高密度波長分割多重 (DWDM) システムの物理層インタフェースの光パラメータ値が規定されている。アプリケーションは、DWDM システムにおける光送信器と光多重装置との間、および光受信器と光分離装置との間の単一チャネル接続点における光インタフェースパラメータを使用して定義される。この標準は、多重装置/分離装置とファイバの最大減衰を一緒に固定する手法を使用しているため、最大ファイバリンク長を明示的に指定していない。この標準には、2.5 および 10 Gbit/s で 100 GHz チャネル周波数間隔の単一方向 DWDM アプリケーション、および 10 Gbit/s で 50 GHz チャネル周波数間隔のアプリケーションが含まれる。標準 JT-G.698.1 の最新版には、ブラックリンク内での光挿入分岐多重装置 (OADM) の使用が含まれている。

1. スコープ

この標準の目的は、主にメトロアプリケーション向けの横断的な互換性のある高密度波長分割多重 (DWDM) システムの実現に向けて光インタフェース仕様を提供することである。

この標準は、“ブラックリンク”アプローチの使用により、シングルモード光ファイバ上の物理的なポイントツーポイントおよびリング DWDMアプリケーション（約30kmから約80kmの範囲の伝送距離）の単一チャネル光インタフェースパラメータを定義し、値を提供する。

ブラックリンク内に増幅器を含むアプリケーションは、本標準の範囲外である。

この標準では、以下の特徴を含むDWDMシステムについて説明する。

- チャネル周波数間隔:50 GHz以上([ITU-T G.694.1]で定義されている);
- 信号チャネルのビットレート:最大10 Gbit/s。

仕様は、アプリケーションコードに従って構成される。

2. 参考文献

次のITU-T勧告およびその他の参考文献には、このテキストでの参照を通じて、この勧告の規定を構成する規定が含まれている。発行の時点で、下記の版が有効であった。すべての勧告およびその他の参考文献は改訂の対象となる。したがって、本勧告の利用者は、最新版の勧告及び以下に示すその他の参考文献を適用する可能性を調査することが推奨される。現在有効なITU-T勧告のリストは定期的に発行されている。この勧告内の文書への言及は、単独の文書として、勧告の状態を与えない。

- [ITU-T G.652] 勧告ITU-T G.652 (2005) シングルモード光ファイバおよびケーブルの特性。
- [ITU-T G.653] 勧告ITU-T G.653 (2006) 分散シフト型シングルモード光ファイバおよびケーブルの特性。
- [ITU-T G.655] 勧告G.655 (2006)、非ゼロ分散シフトシングルモード光ファイバおよびケーブルの特性。
- [ITU-T G.664] 勧告ITU-T G.664 (2006)、光トランスポートシステムのための光学安全手順および要件。
- [ITU-T G.671] 勧告ITU-T G.671 (2009)、光学部品およびサブシステムの伝送特性。
- [ITU-T G.691] 勧告ITU-T G.691 (2006) 光増幅器を有する単一チャネルSTM 64およびその他のSDHシステムのための光インタフェース。
- [ITU-T G.692] 勧告ITU-T G.692 (1998) 光増幅器を有するマルチチャネルシステムのための光インタフェース。
- [JT-G694.1] TTC 標準JT-G694.1、WDM用途のスペクトル・グリッド：DWDM周波数グリッド
- [JT-G698.2] TTC 標準 JT-G698.2、単一チャネル光インタフェースを有する光増幅DWDMアプリケーション
- [ITU-T G.709] 勧告ITU-T G.709/Y.1331 (2003) 勧告ITU-T G.709/Y.1331 (2016)、光トランスポートネットワーク (OTN) のためのインタフェース
- [JT-G957] TTC 標準 JT-G957、SDH多重系光インタフェース条件
- [JT-G959.1] TTC 標準 JT-G959.1、光伝送網の物理インタフェース
- [IEC 60825-1] IEC 60825-1 (2007) レーザ製品の安全性-パート1:装置の分類および要件。
- [IEC 60825-2] IEC 60825-2 (2007) レーザ製品の安全性-パート2:光ファイバ通信システム (OFCS) の安全性。

3. 用語及び定義

3.1 他で定義されている用語

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 チャンネル挿入損失[ITU-T G.671]
- 3.1.2 チャンネル間隔[ITU-T G.671]
- 3.1.3 完全に標準化されたOTUk (OTUk) [ITU-T G.709]
- 3.1.4 高密度波長分割多重 (DWDM) 装置[ITU-T G.671]
- 3.1.5 群遅延時間差 [ITU-T G.671]
- 3.1.6 周波数グリッド[ITU-T G.694.1]
- 3.1.7 ジョイントエンジニアリング[ITU-T G.957]
- 3.1.8 光トリビュタリ信号[ITU-T G.959.1]
- 3.1.9 光トリビュタリ信号クラスNRZ 10 G [ITU-T G.959.1]
- 3.1.10 光トリビュタリ信号クラス NRZ 2.5 G [ITU-T G.959.1]
- 3.1.11 屈折率[ITU-T G.671]
- 3.1.12 リップル[ITU-T G.671]
- 3.1.13 横断的な互換性[ITU-T G.957]

3.2 本勧告で定義された用語

本標準では用語を定義しない。

4. 略語及び頭字語

本標準では、以下の略語と頭字語を使用する。

ASE	自然放射増幅光
BER	ビット誤り率
DGD	群遅延時間差
EX	消光比
FEC	前方誤り修正
NA	非該当
NE	ネットワークエレメント
NRZ	非ゼロ復帰符号方式
OA	光増幅器
OADM	光挿入分岐多重装置
OD	光分離装置
OM	光多重装置
ONE	光ネットワークエレメント
OTU _k	光チャネルトランスポートユニット-k
PMD	偏波モード分散
RP _R	DWDMネットワークエレメント多重化された入力における伝送路参照点
RP _S	DWDMネットワークエレメント多重化された出力における伝送路参照点
RS	DWDMネットワークエレメントトリビュタリ出力における単一チャネル参照点
SS	DWDMネットワークエレメントトリビュタリ入力における単一チャネル参照点
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

この標準は、物理的なポイントツーポイントおよびリングアプリケーションにおけるDWDMマルチチャネル光システムの単一チャネルインタフェースのための物理層パラメータおよび値を提供する。

単一チャネルインタフェースを備えたこれらのDWDMシステムは、さまざまなクライアント、サービス、およびプロトコルのメトロエリアネットワークで主に使用される。

本標準における指定方法では、“ブラックリンク”アプローチを使用し、これは光トリビュタリ信号のみのための光インタフェースパラメータが指定されることを意味する。最大減衰量、波長分散、リップルおよび偏波モード分散のようなブラックリンクパラメータのための追加の仕様が提供される。このアプローチは、直接波長多重構成を用いて単一チャネル点における横断的な互換性を可能にする。ただし、マルチチャネル点での横断的な互換性を可能にしない。このアプローチでは、光多重装置(OM)と光分離装置(OD)は光デバイスの単一セットとして扱われ、光挿入分岐多重装置(OADM)を含めることができる。

この標準では、ブラックリンクが光増幅器を含んでいないDWDMアプリケーションだけを考慮している。

5.2 参照点

5.2.1 単方向アプリケーション

図5-1は、線形“ブラックリンク”アプローチのための、送信機(Tx)と受信機(Rx)との間の単一チャネル接続(S_s および R_s)のための参照点のセットを示す。ここで、DWDMネットワークエレメントは、光多重装置(OM)および光分離装置(OD)を含み、これらは、対向する要素との対として使用され、また、1つ以上の光挿入分岐多重装置(OADM)を含むことができる。

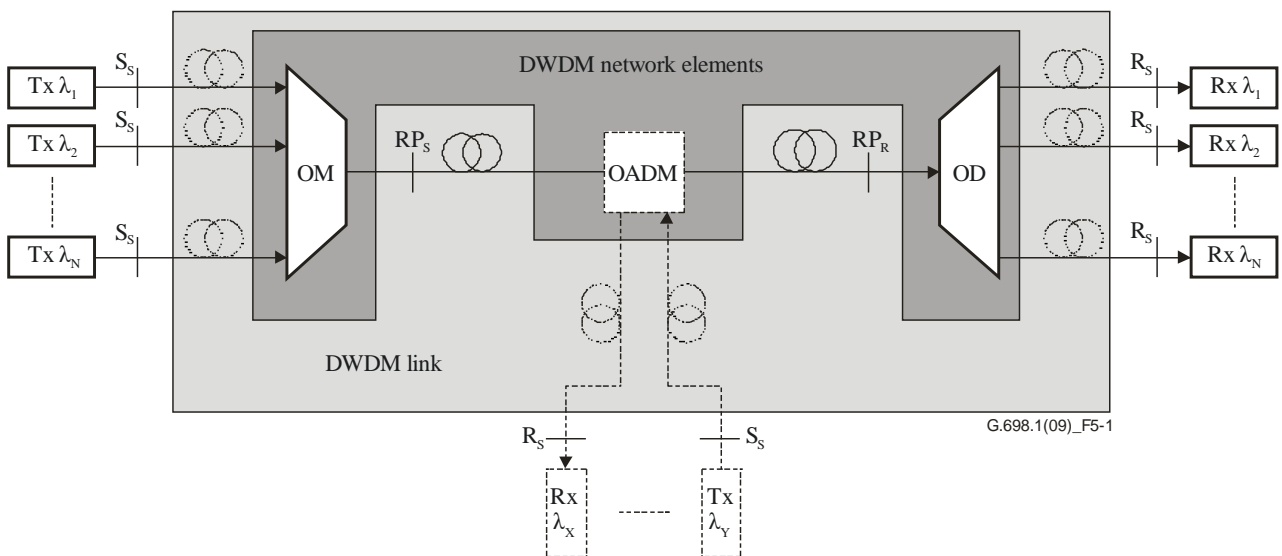


図5-1 線形“ブラックリンク”アプローチ

図5-1に示すように、送信機または受信機がOM、ODまたはOADMからある程度の距離にある場合、ポイント S_s または R_s とDWDMネットワークエレメントとの間のファイバは、ブラックリンクの一部であると見なされる。

図5-2は、送信機(Tx)と受信機(Rx)の間の単一チャネル接続(S_s および R_s)に対するリング“ブラックリンク”アプローチのための参照点のセットを示す。ここで、DWDMネットワークエレメントは、リング状に接続された2つ以上のOADMを含む。

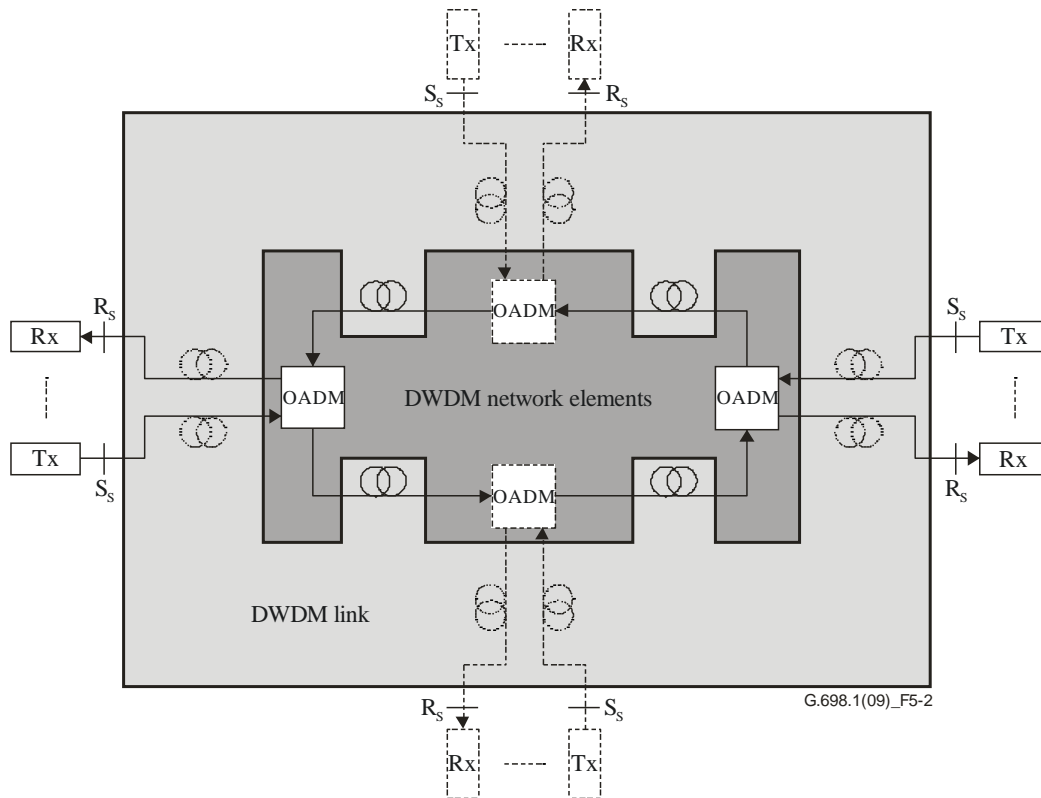


図5-2 リング”ブラックリンク”アプローチ

これらのリファレンスモデルには、DWDMシステムの光増幅器は含まれていない。図5-1および図5-2の参照点は以下のとおり定義される。

- S_s はDWDMネットワークエレメントのトリビュタリ入力における単一チャネル参照点である；
- R_s はDWDMネットワークエレメントのトリビュタリ出力における単一チャネル参照点である；
- RP_s は、DWDMネットワークエレメントの多重出力の伝送路参照点である。
- RP_r は、DWDMネットワークエレメントの多重入力の伝送路参照点である。

ここで、単一チャネル参照点 S_s および R_s は、(線形またはリング) “ブラックリンク” アプローチのシステムに適用され、 S_s から対応する R_s までのすべてのパスは、アプリケーションコードのパラメータ値に準拠する必要がある。

RP_s と RP_r はファイバリンクの情報を提供するためだけに定義されており、これらのポイントでの信号特性を提供するために定義されていないことに注意すること

5.2.2 双方向アプリケーション

現在、この標準には、双方向アプリケーションは含まれていないが、将来の改定で追加されることが予想される。図5-3は、単一ファイバの双方向リニア”ブラックリンク”アプローチの送信機(Tx)と受信機(Rx)間の単一チャネル接続(S_s と R_s)の参照点のセットを示す。ここで、DWDMネットワークエレメントは、OM/ODを含み、OM/ODは、対向する要素との対として使用され、また、1つ以上のOADMを含むこともできる。

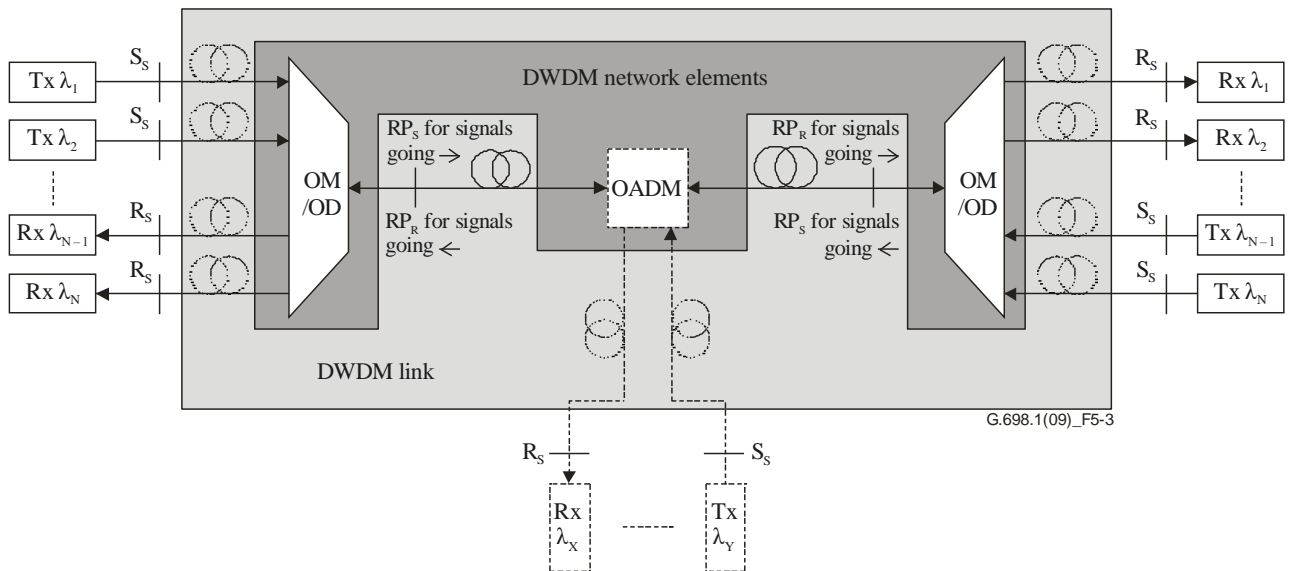


図5-3 双方向アプリケーションに対するリニア”ブラックリンク”アプローチ

図5-4は、送信機 (Tx) と受信機 (Rx) 間の単一チャンネル接続 (S_sおよびR_s)における、単一ファイバ双方向リング”ブラックリンク”アプローチのための参照点のセットを示している。ここで、DWDMネットワークエレメントは、リング状に接続された2つ以上のOADMを含む。

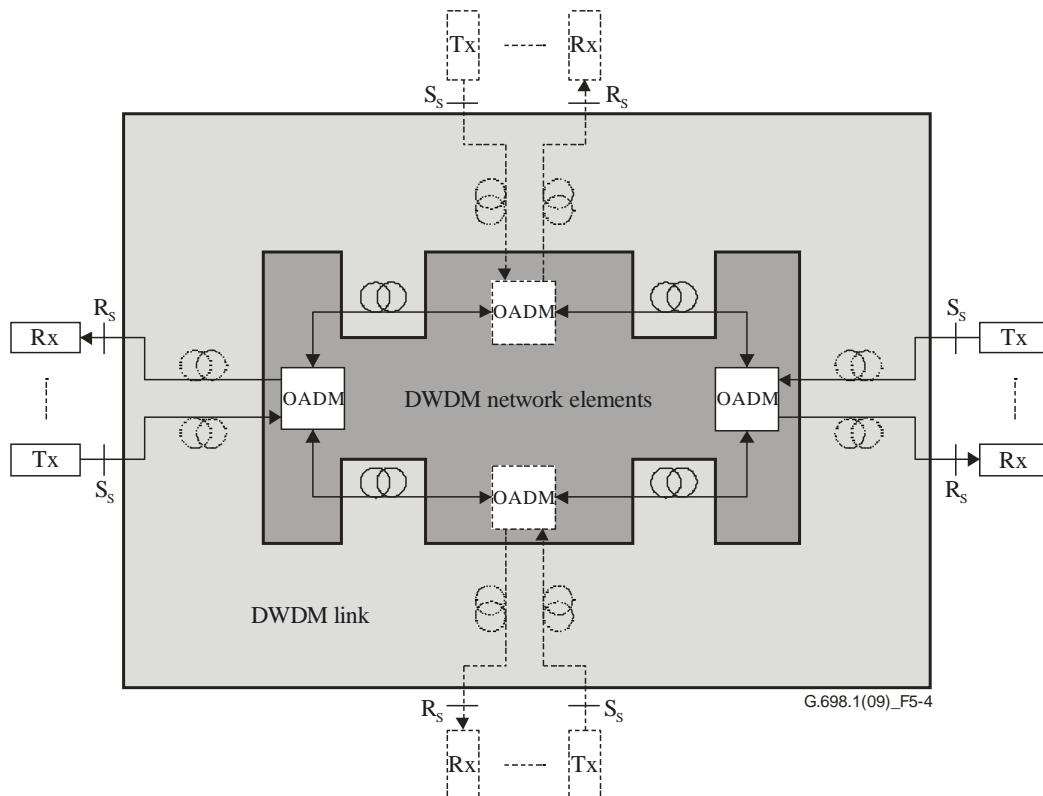


図5-4 双方向アプリケーションのリング”ブラックリンク”アプローチ

図5-3および図5-4の参照点は、5.2.1項に定義されているとおりである。

5.3 命名法

アプリケーションコードは、アプリケーションのネットワーク、実装、およびアーキテクチャの特性を示す。アプリケーションコードの表記は、次のように構成される。

DScW-ytz (v)

ここで:

- D は、DWDMアプリケーションを示す。
- S は、次のような最大スペクトル変位のオプションを示す。
 - N 狭帯域スペクトル変位を示す;
 - W 広帯域スペクトル変位を示す。
- c は、チャンネル間隔 (GHz単位) である。
- W は、スパン距離を示す。
 - S 短距離を示す;
 - L 長距離を示す。
- y サポートされている光トリビュタリ信号の最高レートのクラスを示す。
 - 1 NRZ 2.5 Gを示す;
 - 2 NRZ 10 Gを示す。
- t は、アプリケーションコードでサポートされる構成を示す予約文字である。この標準の現在の版数では、次の値だけが使用される。
 - D ブラックリンクには光増幅器が含まれていないことを示す。
- z は、次のようにファイバタイプを示す。
 - 2 ITU-T G.652ファイバを示す;
 - 3 ITU-T G.653ファイバを示す;
 - 5 ITU-T G.655ファイバを示す。
- v は、動作波長範囲をスペクトル帯を示す ([bITUTG-Sup.39])。

v	記述子	公称波長範囲 (nm)
S	短波長	1460から1530
C	通常	1530から1565
L	長波長	1565から1625

複数のスペクトル帯が使用される場合、vは「+」で区切られたたバンド文字となり、例えば、CバンドとLバンドの両方の使用を必要とするアプリケーションの場合、vは「C+L」となる。

注:ここに記載されている公称波長範囲は分類用であり、仕様ではない。各アプリケーションの実際の最小および最大波長は、そのアプリケーションの最大および最小チャンネル周波数から計算する必要がある。

双方向システムは、アプリケーションコードの先頭に文字Bを追加することで示される。DWDMアプリケーションコードの場合は、次のようになる。

B-DScW-ytz (v)

一部のアプリケーションコードでは、コードの末尾にサフィックスが追加される。現在定義されているサフィックスは次のとおりである。

- Fは、このアプリケーションが [ITU-TG.709] で指定されたFECバイトを必要とすることを示す。

5.4 参照点SsおよびRsにおける単一チャネルインタフェース

表8-1~8-5で説明されている単一チャネルインタフェースは、図5-1~5-4に示すように、DWDMリンク(OM、ファイバ、OD)の入力/出力ポイントで単一チャネルインタフェースの横断的な互換性を可能にすることを目的としている。横断的な互換性に関する更なる要件は、6項に記載されている。

表5-1は、5.3項の命名法に従って構成された単一チャネルのアプリケーションコードをまとめたものである。

表5-1:アプリケーションの分類

アプリケーション	短距離 (S)	長距離 (L)
ファイバーのタイプ	G.652、G.653、G.655	G.652、G.653、G.655
光トリビュタ信号クラスNRZ 2.5 G	DN 100 S-1 D 2 (C)、 DW 100 S-1 D 2 (C)、 DN 100 S-1 D 3 (L)、 DW 100 S-1 D 3 (L) DN 100 S-1 D 5 (C)、 DW 100 S-1 D 5 (C)	DN 100 L-1 D 2 (C)、 DW 100 L-1 D 2 (C)、 DN 100 L-1 D 3 (L)、 DW 100 L-1 D 3 (L) DN 100 L-1 D 5 (C)、 DW 100 L-1 D 5 (C)
FECを有効化したOTU 1	DN 100 S-1 D 2 (C) F、 DW 100 S-1 D 2 (C) F、 DN 100 S-1 D 3 (L) F、 DW 100 S-1 D 3 (L) F DN 100 S-1 D 5 (C) F、 DW 100 S-1 D 5 (C) F	DN 100 L-1 D 2 (C) F、 DW 100 L-1 D 2 (C) F、 DN 100 L-1 D 3 (L) F、 DW 100 L-1 D 3 (L) F DN 100 L-1 D 5 (C) F、 DW 100 L-1 D 5 (C) F
光トリビュタ信号クラスNRZ 10 G	DN 100 S-2 D 2 (C)、 DW 100 S-2 D 2 (C)、 DN 100 S-2 D 3 (L)、 DW 100 S-2 D 3 (L)、 DN 100 S-2 D 5 (C)、 DW 100 S-2 D 5 (C) DN 50 S-2 D 2 (C)、 DN 50 S-2 D 3 (L)、 DN 50 S-2 D 5 (C)	DN 100 L-2 D 2 (C)、 DW 100 L-2 D 2 (C)、 DN 100 L-2 D 3 (L)、 DW 100 L-2 D 3 (L)、 DN 100 L-2 D 5 (C)、 DW 100 L-2 D 5 (C) DN 50 L-2 D 2 (C)、 DN 50 L-2 D 3 (L)、 DN 50 L-2 D 5 (C)
FECを有効化したOTU 2	DN 100 S-2 D 2 (C) F、 DW 100 S-2 D 2 (C) F、 DN 100 S-2 D 3 (L) F、 DW 100 S-2 D 3 (L) F、 DN 100 S-2 D 5 (C) F、 DW 100 S-2 D 5 (C) F DN 50 S-2 D 2 (C) F、 DN 50 S-2 D 3 (L) F、 DN 50 S-2 D 5 (C) F	DN 100 L-2 D 2 (C) F、 DW 100 L-2 D 2 (C) F、 DN 100 L-2 D 3 (L) F、 DW 100 L-2 D 3 (L) F DN 100 L-2 D 5 (C) F、 DW 100 L-2 D 5 (C) F DN 50 L-2 D 2 (C) F、 DN 50 L-2 D 3 (L) F、 DN 50 L-2 D 5 (C) F

この標準における単一チャネルインタフェースを持つ非増幅マルチチャネルシステムは表8-1から8-5に規定されている。

6. 横断的な互換性

この標準では、“ブラックリンク”アプローチ”のDWDM NEの単一チャネル参照点SsおよびRsで横断的な(すなわち、マルチベンダ)互換性を可能にするためにパラメータを指定する。

単一チャネル参照点SsおよびRsは、DWDM NEの複数のトリビュタリインタフェースを横断的に互換性のあるものにすることを意図している。このケースでは、多数のトリビュタリ信号送信機(Tx λi)及び受信機(Rx λi)は、種々のベンダからのものである。

“ブラックリンク”アプローチのDWDM NE (OMおよびOD) は、単一のベンダのものであり、光デバイスの単一のセットと見なされることに注意する必要がある。

横断的な(マルチベンダ)互換性は、全く同じアプリケーションコードを持つ”ブラックリンク”アプローチDWDM NEのすべての単一チャンネルの参照点S_sおよびR_sで可能になる。

同じブラックリンクを介した異なるアプリケーションコードとトリビュタリインタフェースの共存は、ジョイントエンジニアリングの問題である。特に、一貫しなければならない重要なパラメータに注意を払わなければならない、例えば、S_s出力パワーおよびR_s入力パワー、S_sビットレート/回線符号、およびR_sビットレート/回線符号などである。

アプリケーションコードの要素については、最大スペクトル変位(アプリケーションコードのインジケータS;5.3項参照)を参照すると、送信器がWを含むコードを有し、かつリンクがNを含む場合には、送信器のインジケータとリンクのインジケータとの間の不整合が非互換性の原因となる。他のすべての組み合わせは、横断的に互換性がある。

アプリケーションコードの要素である最大スペクトル変位(アプリケーションコードの指標S;第5.3節参照)によると、送信機がW(広帯域スペクトル変位)を含むコードとリンクがN(狭帯域スペクトル変位)を含む場合、送信機の指標とリンクの指標との間の不一致は非互換性を引き起こす。

他の全ての組み合わせは、横断的に互換性がある。

7. パラメータ

表7-1のパラメータはインタフェースポイントで定義されており、その定義は次の節で提示される。

表7-1:DWDMアプリケーションの物理層パラメータブラックリンクアプローチの使用

パラメータ	単位	定義
一般情報		
最小チャンネル間隔	GHz	7.1.1
光学トリビュタリ信号のビットレート/回線符号化	–	7.1.2
最大ビット誤り率	–	7.1.3
ファイバタイプ	–	7.1.4
S_sのインタフェース		
最大平均チャンネル出力パワー	dBm	7.2.1
最小平均チャンネル出力パワー	dBm	7.2.1
最小中心周波数	THz	7.2.2
最大中心周波数	THz	7.2.2
最大スペクトル変位	GHz	7.2.3
最小サイドモード抑制比	dB	7.2.4
最小チャンネル消光比	dB	7.2.5
アイマスク	–	7.2.6
S_sからR_sへの光パス		
最大チャンネル挿入損失	dB	7.3.1
最小チャンネル挿入損失	dB	7.3.1
最大リップル	dB	7.3.2
最大波長分散	ps/nm	7.3.3
S _s での最小光反射損失	dB	7.3.4

パラメータ	単位	定義
S _s とR _s の間の最大個別反射率	dB	7.3.5
最大群遅延差	ps	7.3.6
R _s における最大チャネル間クロストーク	dB	7.3.7
R _s における最大干渉クロストーク	dB	7.3.8
R_sのインタフェース		
最大平均入力パワー	dBm	7.4.1
受信機感度	dBm	7.4.2
最大光パスペナルティ	dB	7.4.3
受信機の最大反射率	dB	7.4.4

7.1 一般情報

2つの隣接するチャネル間の周波数の最小公称差である。実際の周波数の許容誤差はすべて7.2.3項で考慮される。

7.1.1 最小チャネル間隔

2つの隣接するチャネル間の周波数の最小公称差である。実際の周波数の許容誤差はすべて7.2.3項で考慮される。

7.1.2 光学トリビュタリ信号のビットレート/回線符号化

光学トリビュタリ信号クラスNRZ 2.5 Gは、公称622 Mbit/sから公称2.67 Gbit/sまで、NRZ回線符号を有する連続デジタル信号に適用される。光学トリビュタリ信号クラスNRZ 10 Gは、公称2.4 Gbit/sから公称10.71 Gbit/sまで、NRZ回線符号を有する連続デジタル信号に適用される。

7.1.3 最大ビット誤り率

ある光区間の設計において、アプリケーションコードで要求されるビット誤り率 (BER) を満たすように仕様化が行われる。この値は、各アプリケーションにおけるの光パスの減衰および分散条件の極端な場合に、各光チャネルに適用される。FECバイトが送信する(すなわち、Fの接尾部コードを有する符号を持つ)アプリケーションコードの場合、BERは、(使用される場合) 誤り訂正が適用された場合のみ満たせばよい。他の全てのアプリケーションコードについては、FECを使用せずにそのBERを満たすことが要求される。

7.1.4 ファイバタイプ

シングルモード光ファイバのタイプは、[JT-G.652]、[ITU-T G.653]、および[ITU-T G.655]で定義されているものから選択される。

7.2 S_s点のインタフェース

7.2.1 最大および最小平均チャネル出力パワー

参照点S_sにおける各光チャネルの平均送信パワーは、DWDMリンクに結合された擬似ランダムデータシーケンスの平均パワーである。これは、(最大および最小)のある範囲で与えられるものである。これにより、いくつかのコスト最適化を可能にし、そして標準動作条件、コネクタ劣化、測定ばらつき、および経年劣化の下での動作の許容範囲を確保できる。

7.2.2 最小および最大中心周波数

中心周波数は、特定の光チャネルのデジタル符号化情報がNRZ符号を使用して変調される公称単一チャネル周波数である。

アプリケーション内のすべてのチャネルの中心周波数は、[JT-G.694.1]で与えられるアプリケーションの最小チャネル間隔のための周波数グリッド上にある。

各アプリケーション内で使用される特定の中心周波数は、この標準では指定されていないが、アプリケーション内のすべてのチャネルの公称中心周波数は、最小中心周波数以上で、最大中心周波数以下でなければならない。

なお、周波数と波長の変換に用いる「c」の値は、 2.99792458×10^8 m/sである。

7.2.3 最大スペクトル変位

これは、チャネルの公称中心周波数と、点S_sで測定された公称中心周波数から最も遠い送信スペクトルの-15 dB点との間の最大許容差である。これを図7-1に示す。

注-送信スペクトルの-15 dB点の測定は、0.01 nmの公称分解能で実行する必要がある。

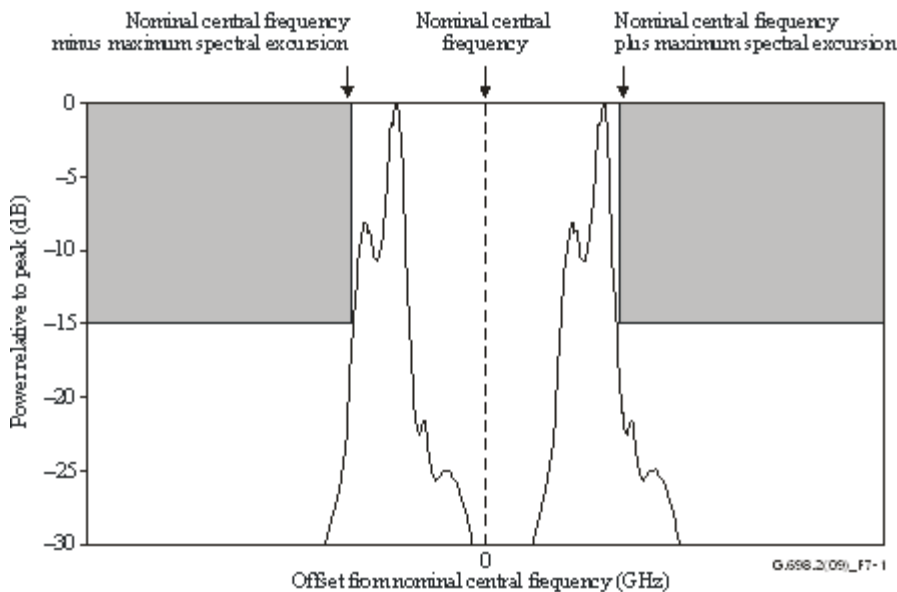


図7-1-最大スペクトル変位の図

また、このパラメータは、チャネル挿入損失およびリップル仕様を満たす必要がある周波数の範囲を定義する。

7.2.4 最小サイドモード抑圧比

最小サイドモード抑圧比は、2番目に大きいピークに対する全送信スペクトルで見た時の最大ピークの比率の最小値である。測定スペクトル分解能は、[ITU-T G.691]に定義されたピークの最大スペクトル幅よりも良好でなければならない。2番目に大きいピークは、メインピークの隣にあってもよく、メインピークから遠く離れていてもよい。

注:この定義では、クロック周波数によって最大ピークから離れたスペクトルピークはサイドモードとは見なされない。

7.2.5 最小チャネル消光比

消光比 (EX) は以下のように定義される。

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

EXの上記定義では、Aは論理「1」の中心における平均光パワーレベルであり、Bは論理「0」の中心における平均光パワーレベルである。光論理レベルに採用される条件は、以下の通りである。

- 論理「1」に対する発光;
- 論理「0」に対する非発光。

4次ベッセル-トムソンフィルタの存在下では、最小チャネル消光比を満たす必要はない。

7.2.6 アイマスク

このパラメータの定義と限界は、[JT-G.959.1]に記載されている。

7.3 S_sからR_sまでの光パスパラメータ (シングルスパン)

7.3.1 最小および最大チャネル挿入損失

チャネル挿入損失は、[ITU-T G.671]で定義される。任意の光チャネルにおいて、チャネルの中心周波数に最大スペクトル変位を加算および減算した周波数範囲における、ブラックリンクの入出力ポート間の光パワーの最小 (または最大) 減少量である。

挿入損失の仕様は、OM/ODペア、スプライス、コネクタ、光減衰器 (使用されている場合) または、その他の受動光デバイスによる損失、および以下の許容範囲をカバーするための追加ケーブルマージンを含む、最悪の場合における値と想定される。

- 1) ケーブル構成の将来の変更 (スプライスの追加、ケーブル長の延長など);
- 2) 環境要因によるファイバケーブルの性能変化;
- 3) S_s点とR_s点の間のコネクタ、光減衰器またはその他の受動光デバイスの劣化 (使用する場合)。

7.3.2 最大リップル

(DWDMデバイスの) リップルは、[ITU-T G.671]において定義される。この標準では、参照点S_sから対応するR_sまでのブラックリンク全体に適用される。任意の光チャネルの最大スペクトル変位内における、そのブラックリンクの入力ポートと出力ポートとの間の最大最小挿入損失差である。これを図7-2に示す。

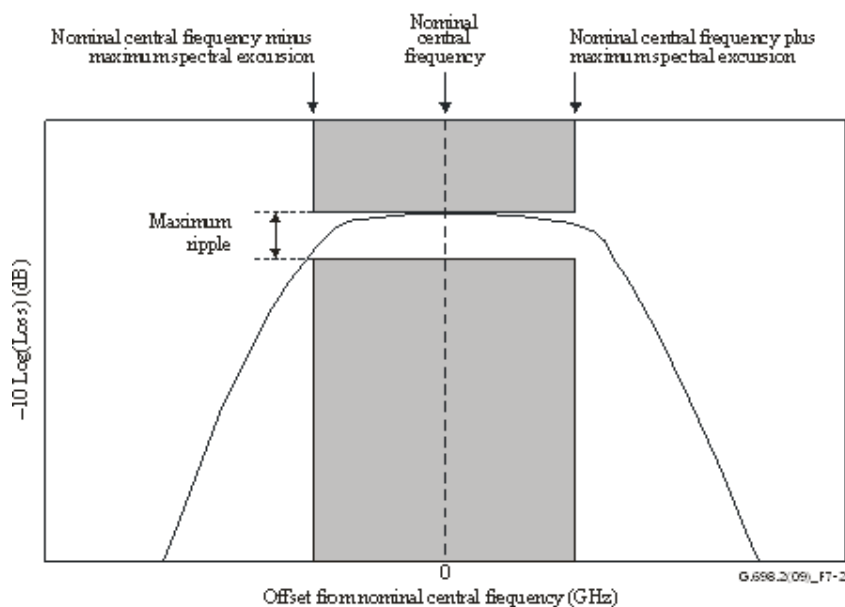


図7-2-最大リップルの図

7.3.3 最大波長分散

このパラメータは、システムが許容できる光パスの波長分散の最大値を定義する。これは、最悪の場合の分散値と見なされる。このパラメータについて最悪の場合の値を設定することで、低損失ファイバリンクにおいて伝送距離の延伸を可能にするだけでなく、敏感なパラメータに対して若干のマージンを与えることを意図している。

表8-1から表8-5に含まれる最大波長分散の値は、最大チャネル挿入損失 (OM/ODペアの損失の許容値を差し引いた値) を0.21 dB/kmで割って計算された、各アプリケーションコードによってサポートされる最大リンク長の推定値から導出された。この方法によって得られた分散値が、現在の費用対効果の高い光送信機において実現可能である値よりも高いと考えられる場合、現在の技術能力に従って低減される。したがって、これらのアプリケーションでは、分散リミットとなるが、他のアプリケーションでは損失リミットとなる。

許容される光パスペナルティは、波長分散だけでなく、最大群遅延差によるペナルティなど、すべての決定論的效果を考慮する。

7.3.4 S_sにおける最小光反射減衰量

反射は、光パスに沿った屈折率の不連続性によって引き起こされる。適切な対策が施されていない場合、光源への擾乱を通じて、または多重反射によって生じる受信機への干渉雑音によって、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、以下を規定することによって対策できる。

- 任意のコネクタを含む、送信参照点 (S_s) におけるケーブルプラントの最小光反射減衰量;
- 送信参照点 (S_s) と受信参照点 (R_s) の間の最大ディスクリート反射率。

反射率は、任意の単一のディスクリート反射点からの反射を示す。光反射減衰量は、ディスクリート反射とレイリー散乱などのファイバの長手方向に分布して発生する後方散乱の両方を含む、ファイバ全体からの入射光パワーに対する全反射光パワーの比率である。

反射の測定方法は[JIT-G.957]の付録Iに記載されている。反射率および反射減衰量測定のために、点S_sおよびR_sは各コネクタプラグの端面と一致するものと仮定する。これは、システムにおいて、それぞれのコネクタの実際の反射性能を含まないことと認識される。これらの反射は、使用される特定のタイプのコネクタに対する反射の公称値を有すると仮定される。

7.3.5 S_sとR_sとの間の最大ディスクリート反射率

光学反射率は、ある点に存在する反射光パワーと、その点に入射する光パワーとの比率で定義される。反射の対策は[JIT-G.957]で広く議論されている。光パス(例えば、配線架又はWDM部品のための)に含まれ得るコネクタまたは他のディスクリート反射点の最大数は、指定された全体の光反射減衰量を達成しなければならない。8章の表で引用した最大ディスクリート反射率を満たすコネクタを使用できない場合には、より良好な反射性能を有するコネクタを使用しなければならない。あるいは、コネクタの数を減らさなければならない。

8章の表では、送信参照点と受信参照点との間の最大ディスクリート反射率の値は、複数の反射(例えば、干渉雑音)の影響を最小限に抑えることを意図している。最大受信反射率の値は、複数のコネクタなどを含む考え得るすべてのシステム構成に対して、許容可能な複数の反射によるペナルティを保証するように選択される。ただし、リンク内に複数のOADMが存在する場合、表8-1から8-5に示すS_sとR_sの間の最大ディスクリート反射率の値は、S_sでの最小光反射損失への準拠を確保するためには十分でない場合がある。

より少ない、またはより高い性能のコネクタを使用するシステムは、多重反射をより少なくし、その結果、より高い反射率を示す受信機を許容することができる。

7.3.6 最大群遅延差

群遅延差 (DGD) は、2つの主要な偏光状態で送信される光パルスの時間差である。数キロメートルを超える距離に対して、ランダムな (強い) 偏波モード結合を仮定すると、ファイバ中のDGDは、マクスウェリアン分布を有するものとして統計的にモデル化することができる。

この標準では、最大DGDは、システムが1 dBの最大感度劣化で許容するDGD値であると定義される。

偏波モード分散 (PMD) の統計的性質のために、最大DGDと平均DGDの関係は確率的にのみ定義することができる。瞬時DGDが所与の値を超える確率は、マクスウェリアン分布がもつ統計的性質から推論できる。したがって、システムが許容できる最大DGDがわかっている場合、許容可能な確率に対応する最大と平均の比によって、等価な平均DGDを導出できる。いくつかの例を表7-2に示す。

表7-2-DGDの平均と確率

平均に対する最大の比率	最大値を超える確率
3.0	4.2×10^{-5}
3.5	7.7×10^{-7}
4.0	7.4×10^{-9}

7.3.7 最大チャンネル間クロストーク

このパラメータは、ブラックリンクアプローチに準拠するリンク間の分離に要件を課すもので、最悪の場合の動作条件下で、任意の参照点 R_s におけるチャンネル間クロストークが最大チャンネル間クロストーク値よりも小さくなるように規定している。

チャンネル間クロストークは、所望のチャンネルと、所望のチャンネルに対する全ての妨害チャンネルの総パワーの比率として定義される。ここで、所望チャンネルおよび妨害チャンネルは異なる波長にある。

具体的には、リンクの分離量は、任意のチャンネルが点 S_s において最小平均出力パワーで動作しており、他のすべてが最大平均出力パワーであるときに、対応する点 R_s でのチャンネル間クロストークが、最大チャンネル間クロストーク値以下であることを保証できる値でなければならない。

7.3.8 最大干渉クロストーク

このパラメータは、最悪の場合の動作条件下で、任意の参照点 R_s における干渉クロストークが最大干渉クロストーク値よりも小さいように、ブラックリンクアプローチに準拠するリンクの分離に要件を課す。

干渉クロストークは、単一チャンネル内の所望の信号パワーに対する妨害光パワーの比率として定義され、妨害光パワーは、所望の信号がリンクから除去された場合に残る光チャンネル内の電力(ASEを含まない)であり、一方、他のすべてのリンクの条件は同じとする。

具体的には、リンクの分離は、任意のチャンネルが点 S_s において最小平均出力パワーで動作しており、他のすべてが最大平均出力パワーであるときに、対応する点 R_s での干渉クロストークが最大干渉クロストーク値よりも小さいことを保証できる値でなければならない。

7.4 R_s 点のインタフェース

7.4.1 最大平均入力パワー

このパラメータは、アプリケーションコードで規定された最大BERを達成するための、点 R_s における平均受信パワーの最大許容値である。

7.4.2 受信機感度

受信機感度は、 10^{-12} のBERを達成するための点 R_s における平均受信パワーの最小値として定義される。これは、点 S_s において送信機アイマスク、消光比、光反射減衰量、受信機コネクタの劣化、および測定許容誤差の最悪値を持つ送信機で満たされなければならない。波長分散、光パスからの反射、または光クロストークの存在下では、受信感度を満たす必要はない。これらの効果は、最大光パスペナルティの割り当てで個別に規定される。

注:適切なジッタ発生限界(例えば、OTN光トリビュタリ信号用の[b-ITU-T G.8251])を超える送信機ジッタが存在する場合、受信機感度を満たす必要はない。

経年劣化の影響は、一般的に通信事業者と装置の製造元との間の問題であるため、個別には規定されない。

7.4.3 最大光パスペナルティ

パスペナルティは、パス上を伝送する際に生じた信号波形の歪みによる受信機感度の見かけ上の低下である。それは、システムのBER曲線のより高い入力パワーレベルへのシフトとして明らかにされる。これは正のパスペナルティに対応する。負のパスペナルティが存在する場合もあるが、値としては小さい(負のパスペナルティは、不完全な送信機アイがパス依存の波形歪により部分的に改善されたことを示す)。理想的には、BER曲線は平行移動するだけであるが、形状変化は珍しくなく、BERフロアの出現を示す。パスペナルティは、受信機の感度の変化であるため、 10^{-12} のBERレベルで測定される。

この標準で定義されているアプリケーションの場合、パスペナルティは、NRZ 2.5G 短距離システムでは最大1.5dB、その他のすべてのシステムでは最大2.5dBに制限されている。これらの制限は、光クロストークにより生じる追加ペナルティのため、他の勧告より高く設定されている。

将来的には、送信機における信号のプリディストーションに基づく分散調整技術を採用するシステムが導入される可能性がある。この場合、上記の意味でのパスペナルティは、歪みのない信号を持つポイント間でのみ定義できる。ただし、これらのポイントはメインパスインタフェースと一致しないため、アクセスできない場合もある。この場合のパスペナルティの定義は、今後の課題である。

PMDによるランダム分散ペナルティの平均値は、許容されたパスペナルティに含まれる。この点に関して、送信機/受信機の組合せは、実際の0.3ビット周期のDGDを1dBの最大感度劣化(偏波の各主状態における光パワーの50%)で許容することが要求される。適切に設計された受信機の場合、0.1ビット周期のDGDは、0.1~0.2dBのペナルティに対応する。実運用中のDGDは、ランダムに変化するファイバ/ケーブル特性の一つであり、本標準では規定できない。この問題は、[ITU-T G.691]の付録Iでさらに議論される。

光増幅による信号対雑音比の低下(この標準の将来の改訂で導入されるべきである)はパスペナルティとは考えられないことに注意されたい。

ブラックリンクアプローチを使用するアプリケーションの場合、パスペナルティにはクロストークペナルティが含まれる。

7.4.4 受信機の最大反射率

受信機からDWDMリンクへの反射は、参照点 R_s で測定された受信機の最大許容反射率によって規定される。光反射率は[ITU-T G.671]で定義される。

8. パラメータ値

物理層のパラメータと値を表8-1から8-5に示す。

表8-1:クラスNRZ 2.5 G, 100 GHz間隔の短距離アプリケーションの物理層パラメータおよび値

パラメータ	単位	DN 100 S-1 D 2 (C) DN 100 S-1 D 3 (L) DN 100 S-1 D 5 (C)	DW 100 S-1 D 2 (C) DW 100 S-1 D 3 (L) DW 100 S-1 D 5 (C)	DN 100 S-1 D 2 (C) F DN 100 S-1 D 3 (L) F DN 100 S-1 D 5 (C) F	DW 100 S-1 D 2 (C) F DW 100 S-1 D 3 (L) F DW 100 S-1 D 5 (C) F
一般情報					
最小チャンネル間隔	GHz	100		100	
光学トリビュタリ信号のビットレート/回線符号化	-	NRZ 2.5 G		NRZ OTU 1 FEC有効時	
最大ビット誤り率	-	10 ⁻¹² ^A		10 ⁻¹² (注1)	
ファイバタイプ	-	G.652、G.653、G.655		G.652、G.653、G.655	
Ss点のインタフェース					
最大平均チャンネル出力パワー	dBm	+4		+4	
最小平均チャンネル出力パワー	dBm	0		0	
最小中心周波数	THz	191.5 (C) 186.0(L)		191.5 (C) 186.0(L)	
最大中心周波数	THz	196.2 (C)191.5(L)		196.2 (C)191.5(L)	
最大スペクトル変位	GHz	±12.5 ±20		±12.5 ±20	
最小サイドモード抑圧比	dB	30		30	
最小チャンネル消光比	dB	8.2		8.2	
アイマスク	-	NRZ 2.5 G ITU-T G.959.1 準拠		NRZ 2.5 G ITU-T G.959.1 準拠	
Ss点からRs点への光パス					
最大チャンネル挿入損失	dB	16.5		19.5	
最小チャンネル挿入損失	dB	4		4	
最大リップル	dB	2		2	
最大波長分散	ps/nm	950		1200	
Ss点における最小光反射減衰量	dB	24		24	
Ss点とRs点との間の最大ディスクリート反射率	dB	-27		-27	
最大群遅延差	ps	120		120	
最大チャンネル間クロストーク	dB	-15		-15	
最大干渉クロストーク	dB	-45		-45	
Rs点におけるインタフェース					
最大平均チャンネル入力パワー	dBm	0		0	
最小受信機感度	dBm	-18		-21	
最大光パスペナルティ	dB	1.5		1.5	
受信機の最大反射率	dB	-27		-27	
注1-これらのアプリケーション・コードのBERは、エラー訂正(使用している場合)を適用した後のみ満たす必要がある。従って、FECデコーダの入力におけるBERは、10 ⁻¹² より著しく高くなり得る。					

表8-2:クラスNRZ 2.5 G, 100 GHz間隔の長距離アプリケーションの物理層パラメータおよび値

パラメータ	単位	DN 100 L-1 D 2 (C) DN 100 L-1 D 3 (L) DN 100 L-1 D 5 (C)	DW 100 L-1 D 2 (C) DW 100 L-1 D 3 (L) DW 100 L-1 D 5 (C)	DN 100 L-1 D 2 (C) F DN 100 L-1 D 3 (L) F DN 100 L-1 D 5 (C) F	DW 100 L-1 D 2 (C) F DW 100 L-1 D 3 (L) F DW 100 L-1 D 5 (C) F
一般情報					
最小チャンネル間隔	GHz	100		100	
光学トリビュタリ信号のビットレート/回線符号化	-	NRZ 2.5 G		NRZ OTU 1 FEC有効時	
最大ビット誤り率	-	10 ⁻¹²		10 ⁻¹² (注1)	
ファイバタイプ	-	G.652、G.653、G.655		G.652、G.653、G.655	
Ss点のインタフェース					
最大平均チャンネル出力パワー	dBm	+4		+4	
最小平均チャンネル出力パワー	dBm	0		0	
最小中心周波数	THz	191.5 (C) 186.0(L)		191.5 (C) 186.0(L)	
最大中心周波数	THz	196.2 (C) 191.5(L)		196.2 (C) 191.5(L)	
最大スペクトル変位	GHz	±12.5 ±20		±12.5 ±20	
最小サイドモード抑制比	dB	30		30	
最小チャンネル消光比	dB	8.2		8.2	
アイマスク	-	NRZ 2.5 G/ ITU-T G.959.1		NRZ 2.5 G/ ITU-T G.959.1	
Ss点からRs点への光パス					
最大チャンネル挿入損失	dB	25.5		28.5	
最小チャンネル挿入損失	dB	13		13	
最大リップル	dB	2		2	
最大波長分散	ps/nm	1400 (注2)		1600	
Ss点における最小光反射減衰量	dB	24		24	
Ss点とRs点との間の最大ディスクリート反射率	dB	-27		-27	
最大群遅延差	ps	120		120	
最大チャンネル間クロストーク	dB	-16		-16	
最大干渉クロストーク	dB	-45		-45	
Rs点におけるインタフェース					
最大平均チャンネル入力パワー	dBm	-9		-9	
最小受信機感度	dBm	-28		-31	
最大光パスペナルティ	dB	2.5		2.5	
受信機の最大反射率	dB	-27		-27	
注1-これらのアプリケーションコードのBERは、エラー訂正(使用している場合)が適用された後のみ満たされる必要がある。したがって、FECデコーダの入力におけるBERは、10 ⁻¹² よりも著しく高くなり得る。					
注2-最大ビットレートが2.488 Gbit/s (STM-16) に制限されている場合、1600 ps/nmの最大波長分散が適用される。					

表8-3:クラスNRZ 10 G, 100 GHz間隔の短距離アプリケーションの物理層パラメータおよび値

パラメータ	単位	DN 100 S-2 D 2 (C) DN 100 S-2 D 3 (L) DN 100 S-2 D 5 (C)	DW 100 S-2 D 2 (C) DW 100 S-2 D 3 (L) DW 100 S-2 D 5 (C)	DN 100 S-2 D 2 (C) F DN 100 S-2 D 3 (L) F DN 100 S-2 D 5 (C) F	DW 100 S-2 D 2 (C) F DW 100 S-2 D 3 (L) F DW 100 S-2 D 5 (C) F
一般情報					
最小チャンネル間隔	GHz	100		100	
光学トリビュタリ信号のビットレート/回線符号化	-	NRZ 10 G		NRZ OTU 2 FEC有効時	
最大ビット誤り率	-	10 ⁻¹²		10 ⁻¹² (注)	
ファイバタイプ	-	G.652、G.653、G.655		G.652、G.653、G.655	
Ss点のインターフェース					
最大平均チャンネル出力パワー	dBm	+3		+3	
最小平均チャンネル出力パワー	dBm	-1		-1	
最小中心周波数	THz	191.5 (C) 186.0(L)		191.5 (C) 186.0(L)	
最大中心周波数	THz	196.2 (C) 191.5(L)		196.2 (C) 191.5(L)	
最大スペクトル変位	GHz	±12.5	±20	±12.5	±20
最小サイドモード抑圧比	dB	30		30	
最小チャンネル消光比	dB	8.2		8.2	
アイマスク	-	NRZ 10 G 1550 nm帯/ITU-T G.959.1帯		NRZ 10 G 1550 nm帯/ITU-T G.959.1準拠	
Ss点からRs点への光パス					
最大チャンネル挿入損失	dB	18.5		21.5	
最小チャンネル挿入損失	dB	10		10	
最大リップル	dB	2		2	
最大波長分散	ps/nm	1100		1400	
Ss点における最小光反射減衰量	dB	24		24	
Ss点とRs点との間の最大ディスクリート反射率	dB	-27		-27	
最大群遅延差	ps関数	30		30	
最大チャンネル間クロストーク	dB	-16		-16	
最大干渉クロストーク	dB	-45		-45	
Rs点におけるインターフェース					
最大平均チャンネル入力パワー	dBm	-7		-7	
最小受信機感度	dBm	-22		-25	
最大光パスペナルティ	dB	2.5		2.5	
受信機の最大反射率	dB	-27		-27	
注:これらのアプリケーション・コードのBERは、エラー訂正(使用している場合)を適用した後のみ満たす必要がある。従って、FECデコーダの入力におけるBERは、10 ⁻¹² より著しく高くなり得る。					

表8-4:クラスNRZ 10 G, 100 GHz間隔の長距離アプリケーションの物理層パラメータおよび値

パラメータ	単位	DN 100 L-2 D 2 (C) DN 100 L-2 D 3 (L) DN 100 L-2 D 5 (C)	DW 100 L-2 D 2 (C) DW 100 L-2 D 3 (L) DW 100 L-2 D 5 (C)	DN 100 L-2 D 2 (C) F DN 100 L-2 D 3 (L) F DN 100 L-2 D 5 (C) F	DW 100 L-2 D 2 (C) F DW 100 L-2 D 3 (L) F DW 100 L-2 D 5 (C) F
一般情報					
最小チャンネル間隔	GHz	100		100	
光学トリビュタリ信号のビットレート/回線符号化	-	NRZ 10 G		NRZ OTU 2 FEC有効時	
最大ビット誤り率	-	10 ⁻¹²		10 ⁻¹² (注)	
ファイバタイプ	-	G.652、G.653、G.655		G.652、G.653、G.655	
Ss点のインタフェース					
最大平均チャンネル出力パワー	dBm	+6		+6	
最小平均チャンネル出力パワー	dBm	+3		+3	
最小中心周波数	THz	191.5 (C) 186.0(L)		191.5 (C) 186.0(L)	
最大中心周波数	THz	196.2 (C) 191.5(L)		196.2 (C) 191.5(L)	
最大スペクトル変位	GHz	±12.5 ±20		±12.5 ±20	
最小サイドモード抑圧比	dB	30		30	
最小チャンネル消光比	dB	9		9	
アイマスク	-	NRZ 10 G 1550 nm帯 ITU-T G.959.1 準拠		NRZ 10 G 1550 nm帯 ITU-T G.959.1 準拠	
Ss点からRs点への光パス					
最大チャンネル挿入損失	dB	24.5		27.5	
最小チャンネル挿入損失	dB	13		13	
最大リップル	dB	2		2	
最大波長分散	ps/nm	1600		1700	
Ss点における最小光反射減衰量	dB	24		24	
Ss点とRs点との間の最大ディスクリート反射率	dB	-27		-27	
最大群遅延差	ps	30		30	
最大チャンネル間クロストーク	dB	-16		-16	
最大干渉クロストーク	dB	-45		-45	
Rs点におけるインタフェース					
最大平均チャンネル入力パワー	dBm	-7		-7	
最小受信機感度	dBm	-24		-27	
最大光パスペナルティ	dB	2.5		2.5	
受信機の最大反射率	dB	-27		-27	
注:これらのアプリケーション・コードのBERは、エラー訂正(使用している場合)を適用した後のみ満たす必要がある。従って、FECデコーダの入力におけるBERは、10 ⁻¹² より著しく高くなり得る。					

9. 光学的安全性に関する考慮事項

光学的安全性に関する考慮事項については、[ITU-T G.664]、[IEC 60825-1] および [IEC 60825-2] を参照のこと。

付録I リンクでサポートされるOADM数

(この付録は、本標準の不可欠な部分ではない)

I.1 はじめに

リンクでサポートできるOADMの最大数およびリンクの最大長は、Ss点とRs点との間の光パスを特徴付けるパラメータによって制約される(表8-1から8-5を参照)。

この付録では、リンクでサポートできるOADMの最大数およびリンク自体の最大長を評価する方法について説明する。

I.2 最大チャネル挿入損失

表8-1から表8-5に示す「最大チャネル挿入損失」の値は、OM/OD装置、OADM及び光ファイバの減衰を含む。

OADMの最大数は、次のように計算できる。

$$\text{OADM数} \leq \frac{\text{最大チャネル挿入損失} - \text{OM損失} - \text{総ファイバ損失} - \text{OD損失}}{\text{OADM挿入損失}}$$

注:OADMの減衰は、そのタイプ(固定、再構成など)に強く依存する。

必要なOADM数がわかっている場合は、この制約を再調整して最大ファイバ長を設定できる。

$$\text{最大ファイバ長} \leq \frac{\text{最大チャネル挿入損失} - \text{OM損失} - \text{総OADM損失} - \text{OD損失}}{\text{単位長あたりのファイバ損失 (融着などを含む)}}$$

I.3 最大リップル

最大リップルにより、DWDMシステム内の縦続接続されたOADMの数が制限される場合もある。

リップルの影響は、縦続接続された位置で追加またはドロップされるチャンネルによって異なる。各サイトで同じチャンネルである場合(これは実際的なケースである可能性がある)、デバイスのリップルは、各OADMにおいて同じ隣接チャンネルに影響を与える傾向がある。各OADM(再構成可能なOADMなど)で任意のチャンネルまたはチャンネル群を追加および削除できる完全な柔軟性を維持する場合、OADMの数は次のように制限される。

ここでのOADMリップルの値は、OADMを直接通過する任意のチャンネルによって見られるリップルである。

$$\text{OADM数} \leq \frac{\text{最大リップル} - \text{OMリップル} - \text{ODリップル}}{\text{OADMリップル}}$$

ただし、この制約を緩和する方法がいくつかある。DWDMシステムがバンド構造(一例として4つのチャンネルと2つのギャップなど)で設計されている場合、一度に4つのチャンネル群をドロップできる。その場合、OADMフィルタは、2つの未使用チャンネルを有し、ドロップされた群に最も近い使用隣接チャンネルのロールオフおよびリップルは非常に小さいため、リップルによって制約される前に縦続接続できるOADMの数が増える。

I.4 最大波長分散

7.3.3項に記述されているように、各アプリケーションの最大波長分散値は、最大チャネル挿入損失(OM/ODペアの損失の許容値を引いたもの)を0.21 dB/kmで割って計算されている。この方法によって得られた分散値が、現在の費用効果の高い光送信機で実現可能な値よりも高いと考えられる場合、分散値は、現在の技術力に従って低減された。したがって、リンクに挿入されたOADMの挿入損失に対する波長分散の比率が、交換するファイバの波長分散(約68 ps/nm/dBの最悪ケース)以下である場合、このパラメータは、リンク内のOADMの総数を制約しない。しかし、上記の比率が交換

されるファイバの比率よりも高い場合、OADMの数は、いくつかのアプリケーションコード(特に低損失OM/ODペア)について、最大リンク長に制約が生じる可能性がある。

すべての場合(OADMがない場合を含む)、リンク長は次のように制限される。

$$\text{最大ファイバ長} \leq \frac{\text{最大波長分散} - \text{OM, OADM, ODの総波長分散}}{\text{単位長あたりのファイバ波長分散}}$$

1.5 反射

7.3.5項に記述されているように、光パス(任意のOADMおよび関連するコネクタを含む)に含まれるコネクタまたは他のディスクリット反射点の最大数は、規定された全体的な光反射減衰量が達成されるようなものでなければならない。OADMおよび関連するコネクタからの反射は、未知の距離および損失によって分離されるため、ここでは、リンク内のOADM数にどのような制約とするかについてのガイドラインは示されていない。

表8-1から表8-5で与えられたS_s点とR_s点との間の最大ディスクリット反射率の値は、リンク中に複数のOADMがある場合、S_s点での最小光反射減衰量への準拠を保証するのに適切ではない可能性がある。

指定された「S_s点における最小光反射減衰量」または「S_s点とR_s点との間の最大ディスクリット反射率」が達成されない場合は、より良好な反射性能を有する構成部品を採用するか、および/または個別の反射ポイントの数を減らさなければならない。反射の測定に関する情報は、[b-IEC 61300-3-6]に記載されている。

1.6 最大群遅延差

表8-1~表8-5に示す最大群遅延差(DGD)は、S_s点とR_s点とのリンク全体の最大群遅延差である。

次の式を使用して、定義された超過確率を持つリンク(複数のOADMおよびファイバセクションを含む)の最大DGDを計算できる。

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

ここで:

DGD_{maxlink}: 最大リンクDGD (ps)

DGD_{maxF}: 最大の連結光ファイバケーブルDGD (ps)

S: Maxwell調整係数(表7-2の最大対平均比を参照)

PMD_{O_i}: 番目のOADM のPMD値(ps)

この式では、瞬時DGDの統計量がMaxwell分布で近似され、DGD_{maxlink}を超える確率が、表7-2のMaxwell調整係数(最大対平均比)の値で制御されると仮定している。

詳細は、[b-ITU-T G.650.2]および[b-ITU-T G.696.1]を参照のこと。DGD_{maxF}の値(ファイバ部分の最大DGD)を測定するか、または対応するファイバ報告のPMDQ係数を使用して所定のファイバ長に対して上限を計算することができる。

1.7 最大干渉クロストーク

特定のリンクでチャンネルが複数回使用されると、干渉クロストークが発生する可能性がある。ドロップされたチャンネルからの信号が、ドロップされたOADMによって完全に消去されない場合、同じチャンネルの信号が後で追加されたときに干渉する可能性がある。しかし、このプロセスが2回発生する(チャンネルはドロップ、アッド、ドロップ、再度アッドされる場合)と、最初のソースからの信号は、チャンネルがドロップされる両方のOADMによって消去され、干渉計クロスト

ークは、そのチャンネルがドロップされてアドされた最後のOADMの性能に支配される。したがって、このパラメータはリンク内のOADMの数を制限しない。

参考文献

- [b-ITU-T G-Sup.39] 勧告ITU-T G.Sup.39(2006)光伝送システムの開発と技術的考察
- [b-ITU-T G.650.2] 勧告ITU-T G.650.2(2007) シングルモードファイバおよびケーブルの統計的および非線形関連属性の定義およびテスト方法。
- [b-ITU-T G.696.1] 勧告G.696.1(2005) 長期的に互換性のあるドメイン内DWDMアプリケーション。
- [b-ITU-T G.8251] 勧告ITU-T G.8251(2001) 光トランスポートネットワーク (OTN) 内のジッタおよびワンダの制御。
- [b-IEC 61300-3-6] IEC 61300-3-6(2008) 光ファイバ相互接続デバイスおよび受動部品—基本的なテストおよび測定手順—パート3-6:検査および測定—反射減衰量。