

JT-G672

多方路再構成可能光挿入/分岐多重装 置の特性

Characteristics of multi-degree reconfigurable optical
add/drop multiplexers

第1版

2019年5月23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>	4
<G.672 (2018/11) 和訳>	5
1. スコープ	6
2. 参考文献	6
3. 定義	6
3.1 他の勧告で定義される用語	6
3.2 本標準で定義される用語	7
4. 略語	9
5. 分類基準	10
6. 主な特性	12
7. MD-ROADM伝送パラメータ	13
7.1 増幅器を有さないMD-ROADMの伝送パラメータ	13
7.2 増幅器を有したMD-ROADMの伝送パラメータ	13
付録 I MD-ROADMの分類例	16
I.1 例1	16
I.2 例2	17
I.3 例3	18
付録 II MD-ROADMの構成例	20
II.1 MD-ROADMの方路数拡張の例	20
II.2 方路無依存、波長無依存およびフレキシブルグリッド機能を備えたMD-ROADMの例	20
II.3 波長無依存、方路無依存、無波長競合かつフレキシブルグリッド機能を備えたMD-ROADMの例	21
参考文献	22

<参考>

1. 国際勧告との関係

本技術仕様は、ITU-T 勧告 G.672 (11/2018) に準拠したものである。

2. 上記国際勧告等との相違

2.1 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	制定日	改版内容
第1版	2019年5月23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

多方路再構成可能光挿入/分岐多重装置の特性

概要

本標準 JT-G672 は、多方路再構成可能光挿入/分岐多重装置 (MD-ROADM) ネットワーク要素に関連する特性を提供する。MD-ROADM は、高密度波長分割多重 (DWDM) に基づく光ネットワークで使用され、ネットワークスケーラビリティの拡張と、拡張されたサービスプロビジョニングと復元性の機能をサポートすることを目的としている。この標準は、分類基準と、MD-ROADM の光伝送パラメータのリストも提供する。本標準のこのバージョンでは、固定およびフレキシブル DWDM グリッドアプリケーションに適した MD-ROADM のための特性、分類基準、および光伝送パラメータが適用されます。

1. スコープ

この勧告は2方路を含む多方路再構成可能光挿入/分岐多重装置 (MD-ROADMs) の分類と特性を取り扱う。いくつかの MD-ROADM 構成例や適用例は付録で与えられている。

フォトニッククロスコネクタ (PXC) は、特殊なスイッチ行列によって特徴づけられる MD-ROADM の特別な種別 (ITU-T G.680 の図 7-4、7-5、7-6、9-2、I.4 を参照) であるが、本勧告ではスコープ外である。

2. 参考文献

以下の ITU-T 勧告およびその他の参考文献は、本標準内で参照され、本標準を構成する規定を含んでいる。本標準の発行時は、記載の版数が最新です。すべての勧告および他の参考文献は改訂されることがある。したがって、本標準の読者には、以下の勧告および他の参考文献の最新版を適用すべきか確認することを勧める。現時点で有効な ITU-T 勧告のリストは定期的に発行されている。本標準に記載の文献の参照は、独立した文献として、その勧告の状態を示すものではない。

- [ITU-T G.661] Recommendation ITU-T G.661 (2007), Definitions and test methods for the relevant generic parameters of optical amplifier devices and subsystems.
- [ITU-T G.671] Recommendation ITU-T G.671 (2012), Transmission characteristics of optical components and subsystems.
- [ITU-T G.680] Recommendation ITU-T G.680 (2007), Physical transfer functions of optical network elements.
- [ITU-T G.806] Recommendation ITU-T G.806 (2012), Characteristics of transport equipment – Description methodology and generic functionality.
- [ITU-T G.870] Recommendation ITU-T G.870 (2016), Terms and definitions for optical transport networks.

3. 定義

3.1 他の勧告で定義される用語

本標は他の勧告で定義される以下の用語を使用する。

- 3.1.1 adjacent channel isolation** [ITU-T G.671] 隣接チャネル分離
- 3.1.2 channel addition/removal (steady-state) gain response** [ITU-T G.661] チャネル追加/除去 (定常状態) 利得応答
- 3.1.3 channel differential group delay (see "polarization mode dispersion (PMD)")** [ITU T G.671] チャネル群遅延差 (偏波モード分散 (PMD) を参照のこと)
- 3.1.4 channel extinction** [ITU-T G.671] チャネル消光
- 3.1.5 channel frequency range** [ITU-T G.671] チャネル周波数範囲
- 3.1.6 channel gain** [ITU-T G.661] チャネル利得
- 3.1.7 channel input power range** [ITU-T G.661] チャネル入力パワー範囲
- 3.1.8 channel insertion loss** [ITU-T G.671] チャネル挿入損失
- 3.1.9 channel insertion loss deviation** [ITU-T G.671] チャネル挿入損失偏差

- 3.1.10 channel output power range** [ITU-T G.661] チャンネル出力パワー範囲
- 3.1.11 channel polarization dependent loss (PDL)** [ITU-T G.671] チャンネル偏波依存損失 (PDL)
- 3.1.12 channel signal-spontaneous noise figure** [ITU-T G.661] チャンネル信号光-ASE 間雑音指数
- 3.1.13 channel spacing** [ITU-T G.671] チャンネル間隔
- 3.1.14 defect** [ITU-T G.806] 欠陥
- 3.1.15 flexible DWDM grid** [ITU-T G.694.1]. フレキシブル DWDM グリッド
この標準内ではフレキシブルグリッドとしても参照される。
- 3.1.16 input reflectance** [ITU-T G.661] 入力反射率
- 3.1.17 maximum reflectance tolerable at input** [ITU-T G.661] 入力端での最大許容反射率
- 3.1.18 maximum reflectance tolerable at output** [ITU-T G.661] 出力端での最大許容反射率
- 3.1.19 maximum total output power** [ITU-T G.661] 最大総出力パワー
- 3.1.20 multichannel gain-change difference (inter-channel gain change difference)** [ITU T G.661] 多チャンネル利得変化差 (チャンネル間利得変化差)
- 3.1.21 multichannel gain tilt (inter-channel gain-change ratio)** [ITU-T G.661] 多チャンネル利得チルト (チャンネル間利得変化比)
- 3.1.22 non-adjacent channel isolation** [ITU-T G.671] 非隣接チャンネル分離
- 3.1.23 reconfigure time** [ITU-T G.680] 再構成時間
- 3.1.24 reflectance** [ITU-T G.671] 反射率
- 3.1.25 ripple** [ITU-T G.671] リプル
- 3.1.26 specified by application (sba)** [ITU-T G.671]
- 3.1.27 optical transport module (OTM n[r].m)** [ITU T G.870] 光伝送モジュール (OTM n[r].m)
- 3.1.28 output reflectance** [ITU-T G.661] 出力反射率
- 3.1.29 transient duration** [ITU-T G.661] 過渡応答時間
- 3.1.30 transient gain increase** [ITU-T G.661] 過渡応答による利得増加
- 3.1.31 transient gain reduction** [ITU-T G.661] 過渡応答による利得減少

3.2 本標準で定義される用語

本標準では以下の用語を定義する。

3.2.1 MD-ROADM の方路 (degree of an MD-ROADM) : MD-ROADM の方路は MD-ROADM と他の光ネットワークエレメント間で接続される双方向光回線の数である。それは、MD-ROADM に組み込まれる R-WADD の数でもある。

3.2.2 無瞬断操作 (hitless operation) : 操作の最初から最後まで全期間を考慮すると、下記の 2 つの状態ともが満足されるとき、光ネットワークを構成する光ネットワークエレメントで行われる操作は無瞬断である。

– その光ネットワークエレメントによって管理される切り替えられていない光チャンネルのいずれか、また

はそれらの関連するクライアント信号上で欠陥が検出されない。

- それらのクライアント信号の受信インタフェースで測定されるビット誤り率が最大許容誤り率より低いか、等しい。

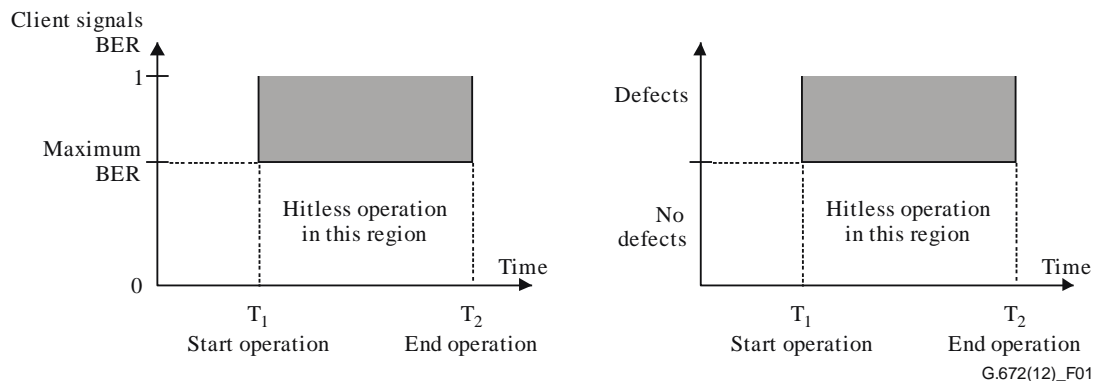


図 1—無瞬断操作状態の図

3.2.3 多方路再構成可能光挿入/分岐多重装置 (MD-ROADM) (multi-degree reconfigurable optical add/drop

multiplexer (MD-ROADM)) : 再構成可能波長挿入/分岐装置 (R-WADD) によって、ある光回線から任意の他の光回線に任意の波長を転送したり、再構成可能局部挿入/分岐装置 (R-LADD) によって光回線に対して波長を挿入したり、光回線から局内装置のトランスポンダに分岐する光伝送ネットワークエレメント。さらに、MD-ROADM の場合、運用回線に影響を与えることなく、サポートされている光ノードの最大方路まで増減する (すなわち、光回線を追加または除去する) ことが可能でなければならない。

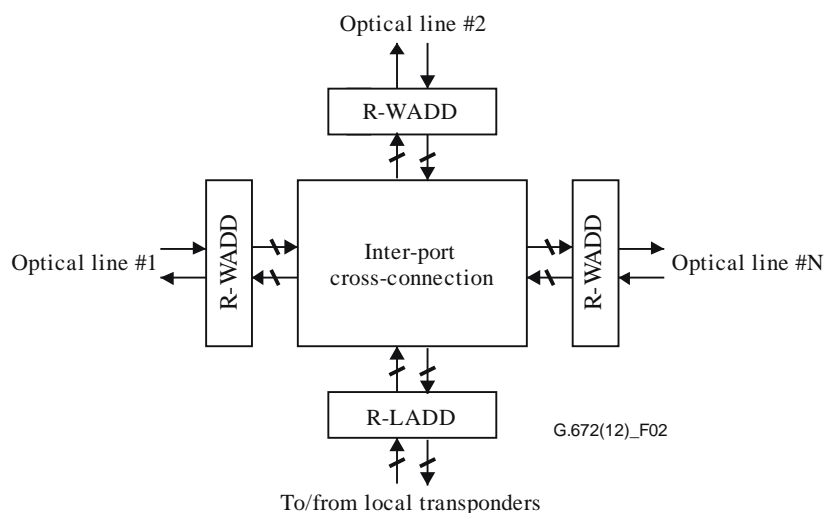


図 2—MD-ROADM 参照図

3.2.4 再構成可能局部挿入/分岐デバイス (R-LADD) NxM (reconfigurable local add drop/devices (R-LADD)

NxM) : N 個の光入力ポートのいずれかからの波長を、ある一つの特定期間、またはあるポートのグループ、または M 個の光ドロップポートのいずれかに転送することができる再構成可能な“分岐”機能を有

する波長選択分岐デバイス。また、それは M 個の光挿入ポートのいずれかに挿入された波長を、ある一つ
 の特定ポート、またはあるポートのグループ、または N 個の光出力ポートのいずれかに転送することができ
 る再構成可能な“挿入”機能を有する。

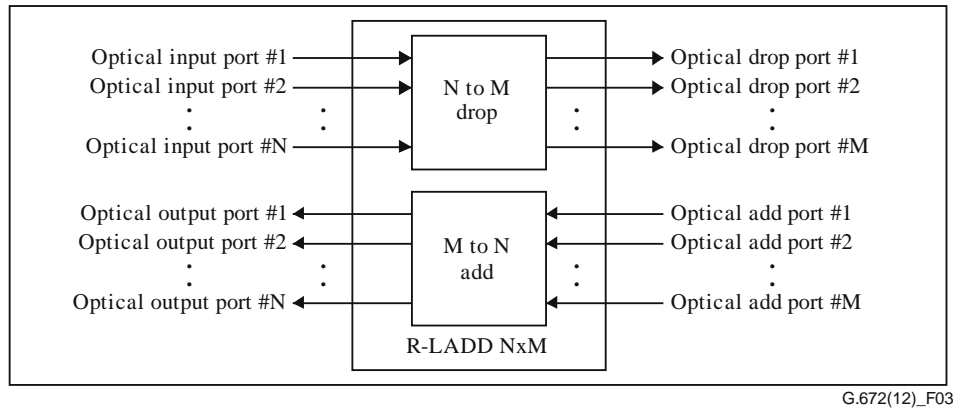


図 3—R-LADD NxM 参照図

3.2.5 再生可能波長挿入/分岐デバイス (R-WADD) 1xN (reconfigurable wavelength add/drop device

(R-WADD) 1xN) : 1 つの光回線入力ポートから N 個の光出力ポートのいずれかに波長を転送することができ
 る再構成可能な波長選択分岐装置であり、また、それは N 個の光入力ポートから来た光信号を一つの光回
 線に転送する。ただし、同じ波長の光信号が 2 つ以上の入力ポートに入力された場合、いずれか一つを光回
 線に転送する。

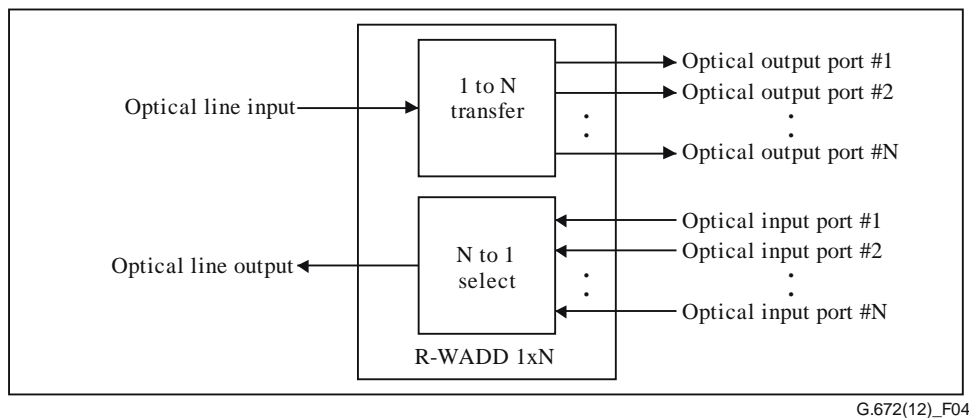


図 4—R-WADD 1xN 参照図

4. 略語

この標準では以下の略語を用いる。

BER Bit Error Ratio ビット誤り率

DWDM Dense Wavelength Division Multiplexing 高密度波長分割多重

MD-ROADM Multi-Degree Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer 多方路再構成可能光挿入/分岐多

重装置

NA	Not Applicable	非適用
OTF	Optical Transfer Function	光伝達関数
OTM	Optical Transport Module	光伝送モジュール
PDL	Polarization Dependent Loss	偏波依存損失
PMD	Polarization Mode Dispersion	偏波モード分散
R-LADD	Reconfigurable Local Add/Drop Device	再構成可能局部挿入/分岐装置
R-WADD	Reconfigurable Wavelength Add/Drop Device	再構成可能波長挿入/分岐装置
WSS	Wavelength Selective Switch	波長選択スイッチ

5. 分類基準

MD-ROADM では、サポートされている最大数まで光ノードの方路数を増加また削減できなければならない（即ち、光伝送路の追加または削除を行う）。従って、ノードを通過させる波長とそのノードにおいて挿入/分岐を行う波長の総数も動的に変化させることができる。次のような基準が定義される。

- **最大ノード方路数 (Maximum node degree)** : MD-ROADM においてサポートされている双方向光伝送路の最大数
- **最大ノードチャンネル数 (Maximum node channel count)** : 全ての双方向光伝送路において管理可能な最大チャンネル数。光伝送路あたりの最大波長数を最大ノード方路数で乗じた値になる。
- **最小チャンネル間隔 (Minimum channel spacing)** : ITU-T G.671 で定義されている最小のチャンネル間隔。
- **最大挿入/分岐ポート数 (Maximum add/drop ports)** : その MD-ROADM において提供される最大の挿入/分岐ポート数。
- **最大挿入/分岐比 (Maximum add/drop ratio)** : 最大挿入/分岐ポート数を最大ノードチャンネル数で除した値（パーセントで表現される）。

MD-ROADM において、R-LADD は、“波長依存”または、“波長無依存”で挿入および分岐の機能を提供できなければならない。従って、次のような基準で定義できる。

- **波長依存局部挿入/分岐 (Coloured local add/drop)** : 波長依存局部挿入/分岐機能を有した MD-ROADM は、特定の波長の光チャンネルをいくつかあるうちの一つのポートに挿入/分岐できる。
- **波長無依存固定グリッド局部挿入/分岐 (Colourless and fixed grid local add/drop)** : 波長無依存固定グリッド局部挿入/分岐機能を有した MD-ROADM は、サポートされているいずれかの固定グリッドの光チャンネルでも、いずれかのポートに挿入/分岐できる。
- **波長無依存フレキシブルグリッド局部挿入分岐 (Colourless and flexible grid local add/drop)** : 波長無依存フレキシブルグリッド局部挿入分岐機能を有した MD-ROADM は、サポートされているいずれかのフレキシブルグリッド上の光チャンネルを、いずれかのポートに挿入分岐できる。

MD-ROADM において、R-LADD は“方路依存”または、“方路無依存”のいずれかで光チャンネルを挿入/分岐できる機能もまた提供できなければならない。“方路無依存”の場合は、ある方路で使用した波長と同じ波長を他の方路でも使用できる。従って、次のような基準で定義できる。

- **方路依存局部挿入/分岐 (Directional local add/drop)** : 方路依存局部挿入/分岐機能を有した MD-ROADM は、特定の光ポートへの挿入および、特定の光ポートへの分岐ができる。
- **方路無依存局部挿入/分岐 (Directionless local add/drop)** : 方路無依存局部挿入/分岐機能を有した MD-ROADM はいかなる光ポートへの挿入も、また、いかなるポートからの分岐もできる。
- **無波長競合局部挿入/分岐 (Contention-less local add/drop)** : 無波長競合局部挿入/分岐機能を有する MD-ROADM は、一つ以上の同じ波長の光チャネルを異なる光ポートへ挿入することができる。また、異なる光ポートから一つ以上の同じ波長の光チャネルを分岐することができる。

上記の基準は、相互排他的ではない。たとえば、異なる局部挿入/分岐ポートにおいて、波長依存、方路無依存、そして波長無依存の挿入/分岐機能を提供する MD-ROADM もあり得る。従って、MD-ROADM の分類を容易にするため、挿入/分岐機能の性能についていくつかの基準を定義することが役立つ。

- **最大波長依存、方路依存挿入/分岐比 (Maximum coloured and directional add/drop ratio)** : 最大の波長依存かつ方路依存の挿入/分岐ポート数を最大ノードチャネル数で除した値 (パーセントで表現される)。
- **最大波長依存、方路無依存挿入/分岐比 (Maximum coloured and directionless add/drop ratio)** : 最大の波長依存かつ方路無依存の挿入/分岐ポート数を最大ノードチャネル数で除した値 (パーセントで表現される)。
- **最大波長依存、方路無依存、無波長競合挿入/分岐比 (Maximum coloured, directionless and contention-less add/drop ratio)** : 最大の波長依存かつ方路無依存かつ無波長競合の挿入/分岐ポート数を最大ノードチャネル数で除した値 (パーセントで表現される)。
- **最大波長無依存、方路依存挿入/分岐比 (Maximum colourless and directional add/drop ratio)** : 最大の波長無依存かつ方路依存の挿入/分岐ポート数を最大ノードチャネル数で除した値 (パーセントで表現される)。
- **最大波長無依存、方路無依存挿入/分岐比 (Maximum colourless and directionless add/drop ratio)** : 最大の波長無依存かつ方路無依存の挿入/分岐ポート数を最大ノードチャネル数で除した値 (パーセントで表現される)。
- **最大波長無依存、方路無依存、無波長競合挿入/分岐比 (Maximum colourless, directionless and contention-less add/drop ratio)** : 最大の波長無依存かつ方路無依存かつ無波長競合の挿入/分岐ポート数を最大ノードチャネル数で除した値 (パーセントで表現される)。
- **最大波長無依存、方路無依存、フレキシブルグリッド挿入分岐比 (Maximum colourless, directionless and flexible grid add/drop ratio)** : 最大波長無依存、方路無依存フレキシブルグリッド挿入分岐ポート数を最大ノードチャネル数で除した値 (パーセントで表現される)。
- **最大波長無依存、方路無依存、無波長競合フレキシブルグリッド挿入分岐比 (Maximum colourless, directionless, contention-less and flexible grid add/drop ratio)** : 最大波長無依存、方路無依存、無波長競合フレキシブルグリッド挿入分岐ポート数を最大ノードチャネル数で除した値 (パーセントで表現される)。

以下の二つの表は上記全ての基準をまとめたものである。表 1 は、MD-ROADM の一般特性をまとめたもの

で、表 2 は、局部挿入/分岐比に関するものである。

表 1 - MD-ROADM の一般特性

最大ノード方路数	数
最大ノードチャンネル数	数
最小チャンネル間隔	GHz
最大挿入/分岐ポート数	数
最大挿入/分岐比	%
波長依存局部挿入/分岐機能	有/無
波長無依存固定グリッド局部挿入/分岐機能	有/無
波長無依存フレキシブルグリッド局部挿入分岐機能	有/無
方路依存局部挿入/分岐機能	有/無
方路無依存局部挿入/分岐機能	有/無
無波長競合局部挿入/分岐機能	有/無

表 2 - MD-ROADM の局部挿入/分岐比に関するパラメータ

最大波長依存、方路依存挿入/分岐比	%
最大波長依存、方路無依存挿入/分岐比	%
最大波長依存、方路無依存、無波長競合挿入/分岐比	%
最大波長無依存、方路依存挿入/分岐比	%
最大波長無依存、方路無依存挿入/分岐比	%
最大波長無依存、方路無依存、無波長競合挿入/分岐比	%
最大波長無依存、方路無依存、フレキシブルグリッド挿入分岐比	%
最大波長無依存、方路無依存、無波長競合フレキシブルグリッド挿入分岐比	%

6. 主な特性

下記は、MD-ROADM に関連する特性の最小限のリストである。

- **方路数のアップグレード能力：** MD-ROADM は光ノードの方路数増加 (すなわち、新規の R-WADD の設置) をサポートされている最大数まで実施できなければならない。方路数増加は無瞬断で行われなければならない。
- **方路数のダウングレード能力：** MD-ROADM は光ノードの方路数削減 (すなわち、設置済み R-WADD の除去) をサポートされている最小数まで実施できなければならない。方路数削減は無瞬断で行われなければならない。
- **光チャンネル設定能力：** MD-ROADM は、管理している任意の波長リソースを使用して光チャンネルを設定できなければならない。また MD-ROADM は、所要の特定波長リソースを切り替えるまたは離調することによって、新規に光チャンネルの設定、または既存光チャンネルの修正をできなければならない。所要の特定波長リソースが R-WADD または R-LADD で空いており、利用可能な場合、この光チャンネルの設定は、現在設定中または修正中のものを除く全てのチャンネルに対して無瞬断で実施されなければならない。

ない。

- **光チャネル除去能力：** MD-ROADM は、関連した特定波長リソースを解放して、既存の光チャネルを除去できなければならない。この光チャネル除去は、除去中のものを除く全てのチャネルに対して、無瞬断で実施されなければならない。
- **R-WADD 障害分離パーティション能力：** MD-ROADM において、設置済みのどの R-WADDs で発生した障害も、障害を起こした R-WADD で管理されていない全ての光チャネルに対して無瞬断でなければならない。

以下は、任意の MD-ROADM 特性のリストである。

- **MD-ROADM の耐故障性：** MD-ROADM は、R-WADD、R-LADDD およびポート間クロスコネクタにおいて、サブシステムで発生した単一の故障に対する保護をサポートする機能を持つ。

7. MD-ROADM 伝送パラメータ

7.1 増幅器を有さない MD-ROADM の伝送パラメータ

増幅器を有さない MD-ROADM の光伝達関数 (OTF) の評価のための光伝送パラメータを表 3 に示す。現標準の全てのパラメータ値は、アプリケーションに依存するので、specified by application (sba) とする。

表 3 -増幅器を有さない MD-ROADM の伝送パラメータ

パラメータ		最大	最小
チャネル周波数範囲	GHz	sba	Sba
チャネル挿入損失 ライン入力からライン出力 ライン入力から分岐ポート 挿入ポートからライン出力	dB dB dB	sba sba sba	sba sba sba
チャネル挿入損失偏差	dB	sba	NA
リップル	dB	sba	NA
チャネル波長分散	ps/nm	sba	sba
チャネル群遅延差 (DGD) ライン入力からライン出力 ライン入力から分岐ポート 挿入ポートからライン出力	ps ps ps	sba sba sba	NA NA NA
チャネル偏波依存損失 (PDL) ライン入力からライン出力 ライン入力から分岐ポート 挿入ポートからライン出力	dB dB dB	sba sba sba	NA NA NA
反射率	dB	sba	NA
隣接チャネル分離 (ライン入力から分岐ポート)	dB	NA	sba
非隣接チャネル分離 (ライン入力から分岐ポート)	dB	NA	sba
チャネル消光 (ライン入力からライン出力)	dB	NA	sba
再構成時間	ms	sba	sba
チャネル均一性	dB	sba	NA

7.2 増幅器を有した MD-ROADM の伝送パラメータ

増幅器を有した MD-ROADM の OTF 評価のための光伝送パラメータを表 4 に示す。現標準の全てのパラメ

ータ値は、アプリケーションに依存するので、specified by application (sba)とする。

表 4-増幅器を有した MD-ROADM の伝送パラメータ

パラメータ		最大	最小
チャンネル周波数範囲	GHz	sba	sba
チャンネル利得 ライン入力からライン出力 ライン入力から分岐ポート 挿入ポートからライン出力	dB dB dB	sba sba sba	sba sba sba
チャンネル挿入損失偏差	dB	sba	NA
リップル	dB	sba	NA
チャンネル波長分散	ps/nm	sba	sba
チャンネル群遅延差 (DGD) ライン入力からライン出力 ライン入力から分岐ポート 挿入ポートからライン出力	ps ps ps	sba sba sba	NA NA NA
チャンネル偏波依存損失 (PDL) ライン入力からライン出力 ライン入力から分岐ポート 挿入ポートからライン出力	dB dB dB	sba sba sba	NA NA NA
反射率	dB	sba	NA
隣接チャンネル分離 (ライン入力から分岐ポート)	dB	NA	sba
非隣接チャンネル分離 (ライン入力から分岐ポート)	dB	NA	sba
チャンネル消光 (ライン入力からライン出力)	dB	NA	sba
再構成時間	ms	sba	NA
総入力電力範囲 (ライン入力)	dBm	sba	sba
チャンネル入力パワー範囲 ライン入力 挿入ポート	dBm dBm	sba sba	sba sba
チャンネル出力パワー範囲 ライン出力 分岐ポート	dBm dBm	sba sba	sba sba
チャンネル信号光-ASE間雑音指数 ライン入力からライン出力 ライン入力から分岐ポート 挿入ポートからライン出力	dB dB dB	sba sba sba	NA NA NA
入力反射率	dB	Sba	NA
出力反射率	dB	Sba	NA
入力端での最大許容反射率	dB	NA	sba
出力端での最大許容反射率	dB	NA	sba
最大総出力パワー (ライン出力)	dBm	Sba	NA
チャンネル追加/除去 (定常状態) 利得応答	dB	Sba	sba
過渡応答時間	ms	Sba	NA
過渡応答による利得増加	dB	Sba	NA
過渡応答による利得減少	dB	Sba	NA
多チャンネル利得変化差 (チャンネル間利得変化差)	dB	Sba	NA
多チャンネル利得チルト (チャンネル間利得変化比)	dB/dB	Sba	NA

パラメータ		最大	最小
チャネル均一性	dB	Sba	NA

付録 I

MD-ROADM の分類例

(この付録は本標準に必須の構成要素ではない)

I.1 例 1

図 I.1 では、“導入 1 日目”における 2 方路 MD-ROADM を示している。(実線で示されている)。光伝送路は、50GHz 間隔の光チャネル (OTM-80r.m) を最大 80 波まで収容し、各 R-WADD は最大 4 つの多チャネルポートを提供し、別の R-WADD または R-LADD に接続可能である。40 波の波長無依存および方路依存局部挿入/分岐機能が、2 本の光伝送路にそれぞれ提供されている。40 波の波長依存および方路無依存波長挿入/分岐機能もまた提供されている:これらの波長のそれぞれは、4 方向に送受信が挿入/分岐できる。しかし、同じ波長を再利用することはできない、なぜならこの機器は、無波長競合機能がないためである。

この“導入 1 日目”の構成から出発して、MD-ROADM に 1 方路以上を加える性能向上が可能である。変更前のような波長無依存、方路依存の挿入/分岐機能を提供する同じ特性 (OTM-80r.m) の R-WADD を持たせることで性能向上が可能である。さらに既に設置されている波長依存/方路無依存の機器と新しい R-WADD を接続することによる性能向上も可能である。これにより波長依存、方路無依存の機能を持たせることが可能である。図 I.1 では、アップグレードを破線で示している。この MD-ROADM が挿入/分岐できる光チャネルの最大数は 160 となる。

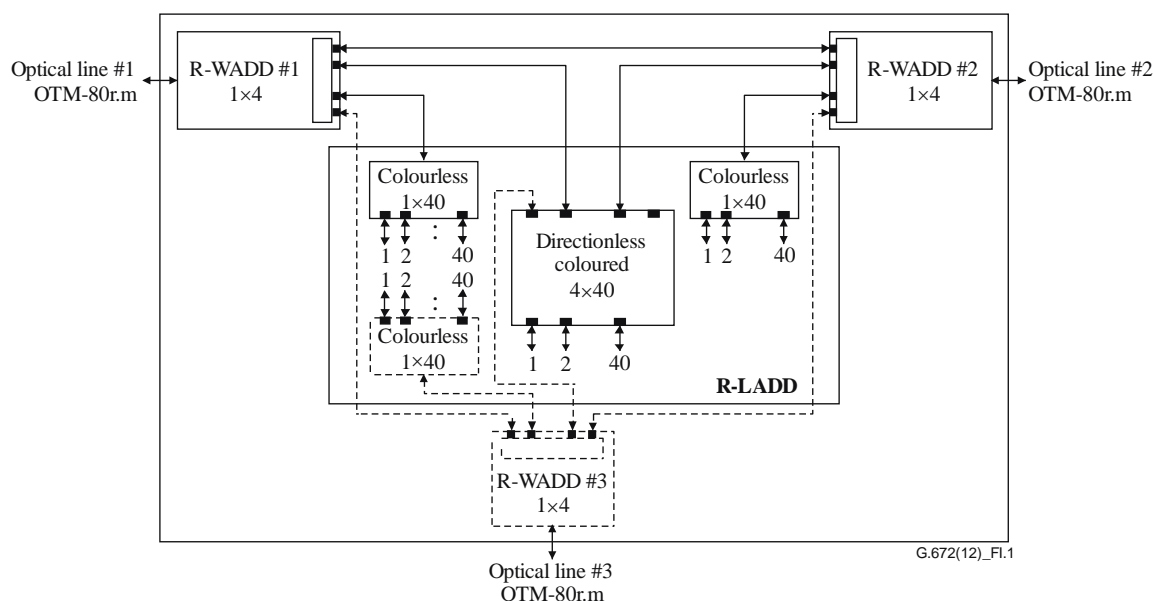


図 I.1 - 例 1 の MD-ROADM スキーム

5 節による分類を表 I.1 および I.2 に示す。

表 I.1 - MD-ROADM 例 1: 一般特性

最大ノード方路数	3
最大ノードチャネル数	240
最大挿入/分岐ポート数	160
最小チャネル間隔	50 GHz
最大挿入/分岐ポート数	66%
波長依存局部挿入/分岐機能	Yes

波長無依存固定グリッド局部挿入/分岐機能	Yes
波長無依存フレキシブルグリッド局部挿入分岐機能	No
方路依存局部挿入分岐機能	Yes
方路無依存局部挿入/分岐機能	Yes
無波長競合局部挿入/分岐機能	Yes

表 I.2 - MD-ROADM 例 1 : 局部挿入/分岐比に関するパラメータ

最大波長依存方路依存挿入/分岐比	0%
最大波長依存方路無依存挿入/分岐比	16%
最大波長依存、方路無依存、無波長競合挿入/分岐比	0%
最大波長無依存方路依存挿入/分岐比	50%
最大波長無依存方路無依存挿入/分岐比	0%
最大波長無依存、方路無依存、無波長競合挿入/分岐比	0%
最大波長無依存、方路無依存、フレキシブルグリッド挿入分岐比	0%
最大波長無依存、方路無依存、無波長競合フレキシブルグリッド挿入分岐比	0%

I.2 例 2

この例では、MD-ROADM 配備の要件がいくつか示されている。この MD-ROADM は、3 方路の OTM-80r.m、50GHz 間隔、最大挿入/分岐比は 60%で、50%の波長無依存、方路無依存、無波長競合機能、および 10%の波長依存、方路依存機能で構成され、“導入 1 日目” でこれらが提供されるべきである。MD-ROADM は、最大 6 方路で提供されるべきである。さらに、波長無依存、方路無依存、無波長競合のサブシステムで、単一障害に対する冗長機能が必要である。

5 節による分類を表 I.3 および I.4 に示す。

表 I.3 - MD-ROADM 例 2 : 一般特性

最大ノード方路数	6
最大ノードチャンネル数	480
最小チャンネル間隔	50 GHz
最大挿入/分岐ポート数	288
最大挿入/分岐比	60%
波長依存局部挿入/分岐機能	Yes
波長無依存固定グリッド局部挿入/分岐機能	Yes
波長無依存フレキシブルグリッド局部挿入分岐機能	No
方路依存局部挿入/分岐機能	Yes
方路無依存局部挿入/分岐機能	Yes
無波長競合局部挿入/分岐機能	Yes

表 I.4 - MD-ROADM 例 2 : 局部挿入/分岐比に関するパラメータ

最大波長依存方路依存挿入/分岐比	10%
最大波長依存方路無依存挿入/分岐比	0%
最大波長依存、方路無依存、無波長競合挿入/分岐比	0%
最大波長無依存方路依存挿入/分岐比	0%
最大波長無依存方路無依存挿入/分岐比	0%
最大波長無依存、方路無依存、無波長競合挿入/分岐比	50%

最大波長無依存、方路無依存、フレキシブルグリッド挿入分岐比	0%
最大波長無依存、方路無依存、無波長競合フレキシブルグリッド挿入分岐比	0%

“導入 1 日目”における最終結果としての MD-ROADM スキームの例を図 I.2 に示す。光接続 (実線で示されている) は、波長パススルー用の R-WADD 間の接続を示し、一方で、破線は、R-WADD と R-LADD 間の接続を示す。

最大ノード方路数に到達するには、各 R-WADD で 3 つの多チャンネルポートを使用できる状態にしておく必要がある。

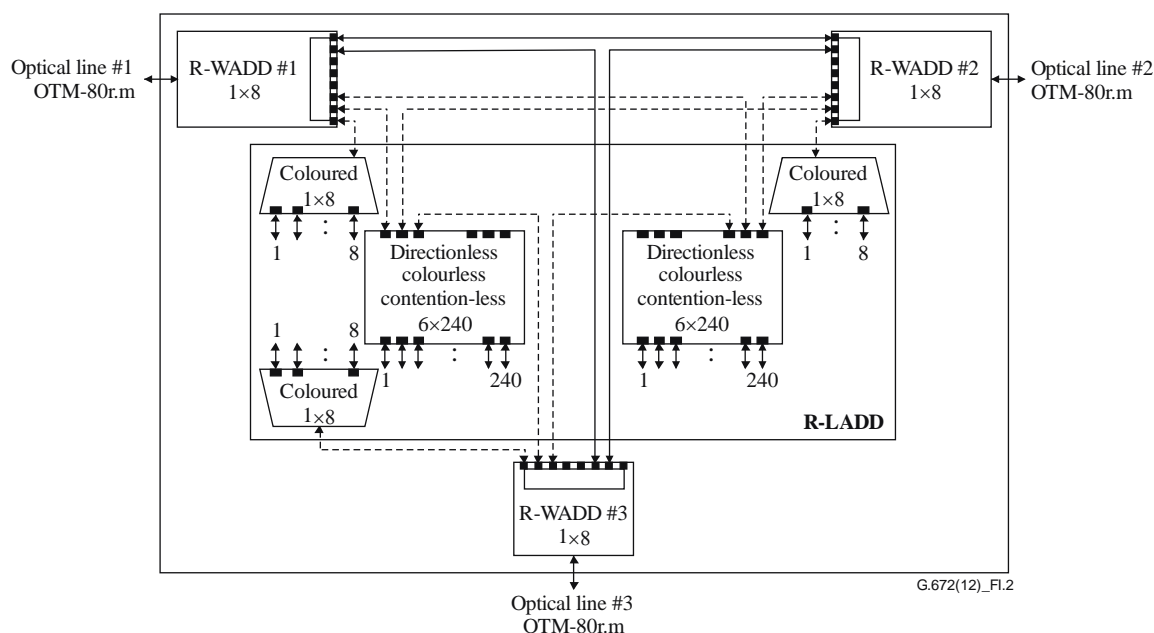


図 I.2 - 例 2 の MD-ROADM スキーム

I.3 例 3

この例の MD-ROADM は、3 方路の OTM-106r.m、37.5GHz 間隔、最大挿入分岐比 15% を提供している。“導入 1 日目”において、全ての挿入分岐ポートは、波長無依存、方路無依存、無波長競合フレキシブルグリッド対応である。最大方路は 7 である。さらに、波長無依存、方路無依存、無波長競合サブシステムにおいて発生した単一障害に対して保護機能を有している。

5 章による分類を表 I.5 および I.6 に示す。

表 I.5 - MD-ROADM 例 3 : 一般特性

最大ノード方路数	7
最大ノードチャンネル数	742
最小チャンネル間隔	37.5 GHz
最大挿入/分岐ポート数	112
最大挿入/分岐比	15%
波長依存局部挿入/分岐機能	Yes
波長無依存固定グリッド局部挿入/分岐機能	No
波長無依存フレキシブルグリッド局部挿入分岐機能	Yes
方路依存局部挿入/分岐機能	Yes

方路無依存局部挿入/分岐機能	Yes
無波長競合局部挿入/分岐機能	Yes

表 I.6 - MD-ROADM 例 3 : 局部挿入/分岐比に関するパラメータ

最大波長依存方路依存挿入/分岐比	0%
最大波長依存方路無依存挿入/分岐比	0%
最大波長依存、方路無依存、無波長競合挿入/分岐比	0%
最大波長無依存方路依存挿入/分岐比	0%
最大波長無依存方路無依存挿入/分岐比	0%
最大波長無依存、方路無依存、無波長競合挿入/分岐比	0%
最大波長無依存、方路無依存、フレキシブルグリッド挿入分岐比	0%
最大波長無依存、方路無依存、無波長競合フレキシブルグリッド挿入分岐比	15%

“導入 1 日目” における最終結果としての MD-ROADM スキームの例を図 I.3 に示す。光接続 (実線で示されている) は、波長パススルー用の R-WADD 間の接続を示し、一方で、破線は、R-WADD と R-LADD 間の接続を示す。

最大ノード方路数に到達するには、各 R-WADD で 4 つの多チャネルポートを使用できる状態にしておく必要がある。

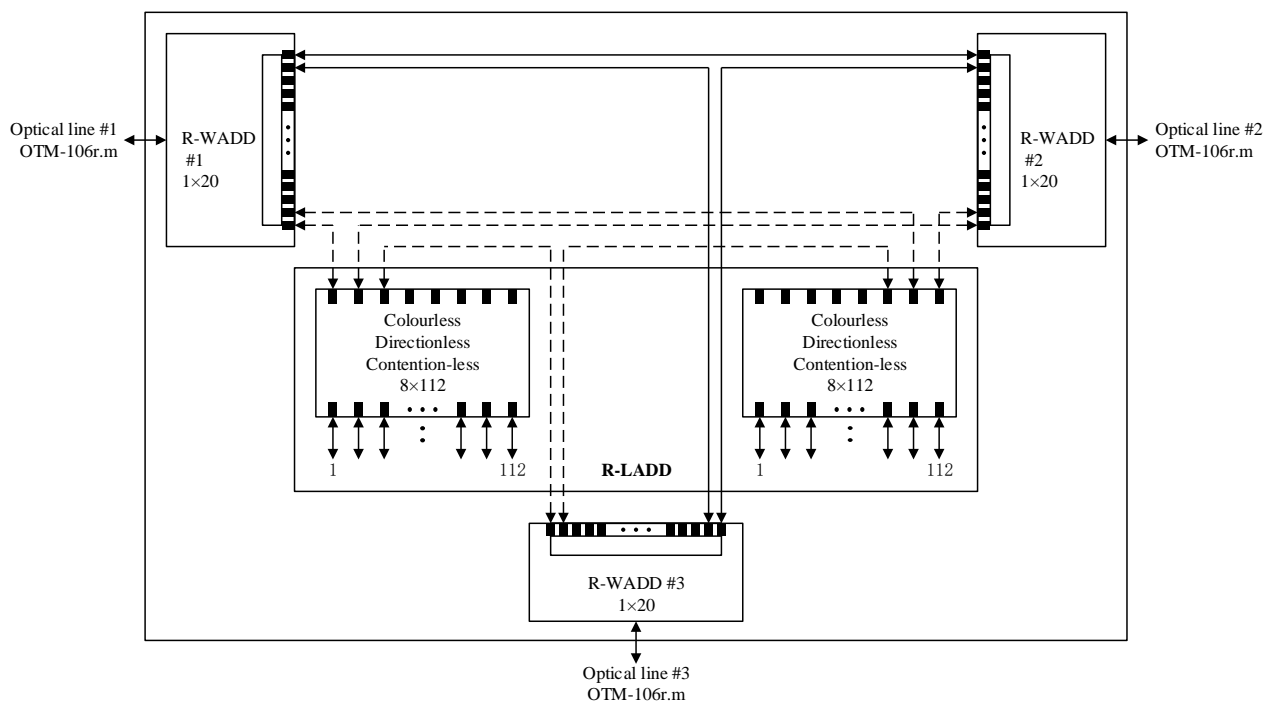


図 I.3 - 例 3 の MD-ROADM スキーム

付録 II

MD-ROADM の構成例

(この付録は本標準に必須の構成要素ではない)

II.1 MD-ROADM の方路数拡張の例

MD-ROADM の方路数の拡張を説明するために、図 II.1 にその構成例を示す。光増幅器を備えた 2 方路の MD-ROADM は、2 つの多ポート R-WADD を使うことにより、まず構築され、新しい方路拡張をする時、破線で示されている別の多ポート R-WADD は、光ケーブルで接続することにより、組み込まれる。最大方路数は、3 方路に拡張され、結果として、局内でノードを通過および挿入/分岐される波長の総数を、動的に変化させることができる。

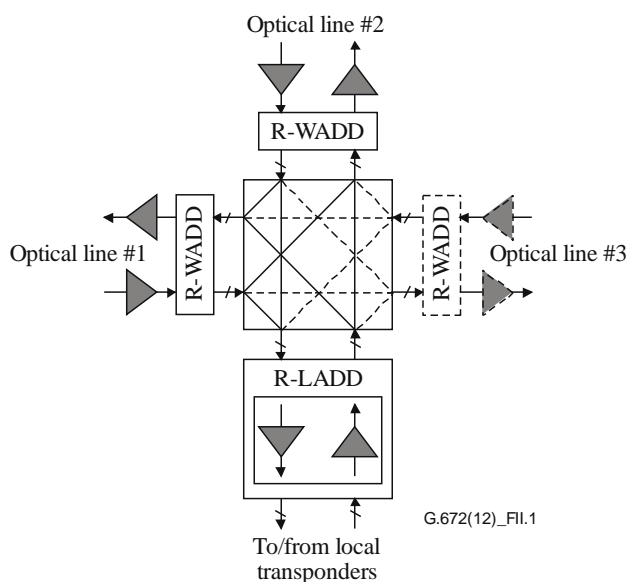


図 II.1 - 方路数の拡張例の構成

II.2 方路無依存、波長無依存およびフレキシブルグリッド機能を備えた MD-ROADM の例

方路無依存と波長無依存の機能を持つ MD-ROADM が図 II.2 に示されている、L-WADD 機器は、波長選択スイッチ (WSS) を使用して実現されている [b-Marom]。MD-ROADM において、L-WADD 機能は、光チャネルの“波長無依存”挿入/分岐と同様に”方路無依存”挿入/分岐の両方を提供するべきである。任意の方路から到達する波長、またはそのノードから挿入される任意の波長は、全ての方路へマルチキャストできる。

もしこの WSS がフレキシブルグリッド WSS であれば、この MD-ROADM もまたフレキシブルグリッド機能を持つ。

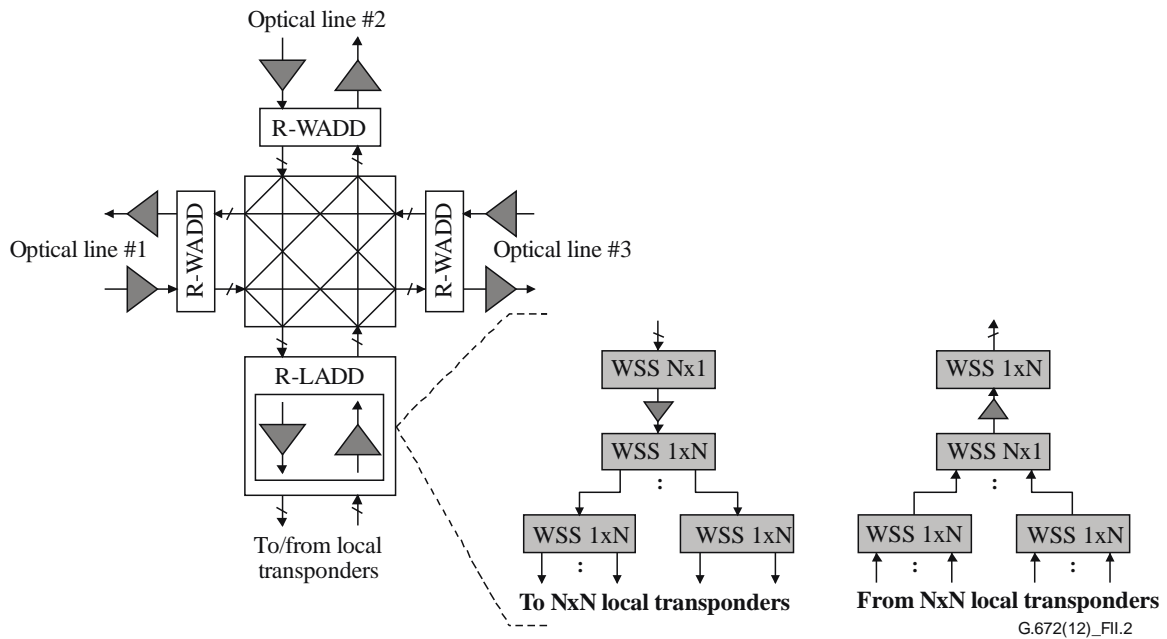


図 II.2 - 方路無依存かつ波長無依存の機能を備えた MD-ROADM の構成

II.3 波長無依存、方路無依存、無波長競合かつフレキシブルグリッド機能を備えた MD-ROADM の例

波長無依存、方路無依存、無波長競合かつフレキシブルグリッド機能を備えた MD-ROADM が図 II.3 に示されている。R-WADD デバイスは多方路 1xL 波長選択スイッチ (WSS) で実現され、R-LADD デバイスは MxN WSS [b-Yan]、光クロスコネクタ [b-Jensen]、またはマルチキャストスイッチ [b-Way] で実現されている。R-WADD および R-LADD がフレキシブルグリッドデバイスの場合、この MD-ROADM もまた、フレキシブルグリッド機能をもつ。このような MD-ROADM における R-WADD および L-WADD の組み合わせは、フレキシブルグリッドだけでなく、波長無依存、方路無依存、無波長競合無依存の分岐挿入機能を持つ。いずれかの方路から入力された、または、そのノードで生成されたフレキシブルグリッド波長は、いずれかの光ラインポートにマルチキャストされる。一方で、複数の光ラインポートからの (への) 同一波長信号は、局所のトランスポンダによって分岐 (挿入) できる。

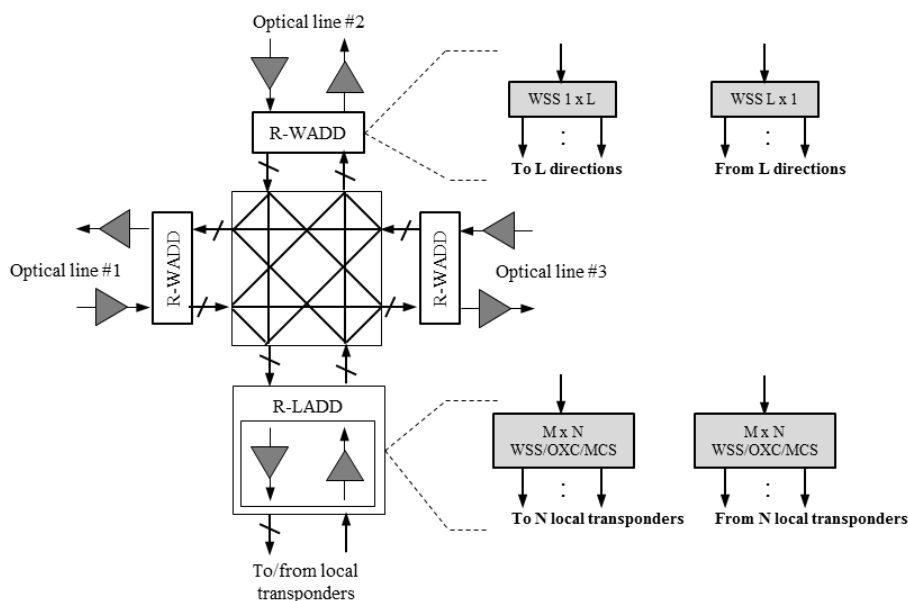


図 II.3 - 波長無依存、方路無依存、無波長競合かつフレキシブルグリッド機能を備えた MD-ROADM の構成

参考文献

- [b-Marom] Marom, D. M., et al. (2002), Wavelength-selective 1×4 switch for 128 WDM channels at 50 GHz spacing, Proceedings of the Optical Fiber Communication Conference (OFC 2002), Los Angeles, pp. FB7-1 - FB7-3, 2002.
- [b-Yan] Yan, Y., et al. (2015), 8×128 adWSS for CDC ROADM, Proceedings of 2015 International Conference on Photonics in Switching (PS), Florence, pp. 85-87, 2015.
- [b-Jensen] Jensen, R., Lord, A., and Parsons, N. (2010), Colourless, directionless, contentionless ROADM architecture using low-loss optical matrix switches, 36th European Conference and Exhibition on Optical Communication (ECOC), Turin, paper Mo.2.D.2, 2010.
- [b-Way] Way, W. I. (2012), Optimum architecture for $M\times N$ multicast switch-based colorless, directionless, contentionless, and flexible-grid ROADM, Optical Fiber Communication and National Fiber Optic Engineers Conference (OFC/NFOEC), Los Angeles, paper NW3F.5, 2012.