

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5904320号
(P5904320)

(45) 発行日 平成28年4月13日(2016.4.13)

(24) 登録日 平成28年3月25日(2016.3.25)

(51) Int.Cl.		F I			
HO4B	10/27	(2013.01)	HO4B	9/00	270
HO4J	14/00	(2006.01)	HO4B	9/00	E
HO4J	14/02	(2006.01)			

請求項の数 14 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2011-208166 (P2011-208166)	(73) 特許権者	000004237
(22) 出願日	平成23年9月22日 (2011.9.22)		日本電気株式会社
(65) 公開番号	特開2013-70280 (P2013-70280A)		東京都港区芝五丁目7番1号
(43) 公開日	平成25年4月18日 (2013.4.18)	(74) 代理人	100077838
審査請求日	平成26年8月6日 (2014.8.6)		弁理士 池田 憲保
		(74) 代理人	100129023
			弁理士 佐々木 敬
		(72) 発明者	中田 武志
			東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社社内
		審査官	後澤 瑞征

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光通信装置、光通信システム、および経路制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数波長チューナブルトランシーバ、無瞬断切替部、当該無瞬断切替部を制御する無瞬断切替制御部、及び当該無瞬断切替制御部との連携動作するチャンネル制御部を有するトランスポンダと、

前記トランスポンダとの連携動作が可能なカラーレス、ディレクションレスに対応した装置を有するROADMを備え、

前記複数波長チューナブルトランシーバは、前記ROADMへの送信信号について複数波長で光信号を送信可能に構成された複数の送信機と、前記ROADMからの受信信号について複数波長で光信号を受信可能に構成された複数の受信機と、を含み、

前記チャンネル制御部と無瞬断切替制御部は連動して、ネットワークパスを定める制御信号に基づき前記複数波長チューナブルトランシーバ及び前記無瞬断切替部を制御することで、前記ROADMとの間で送受信する光信号のチャンネルを管理すると共に、前記ROADMを介して任意のネットワークパスで接続された任意のノードへの接続方路を別の任意のネットワークパスの接続に変更した際に、方路切替に連動させて自律的に受信信号系統の切り替えを実行する

ことを特徴とする光通信装置。

【請求項2】

前記ROADMは、コンテンツンレス機能を有することを特徴とする請求項1記載の光通信装置。

【請求項 3】

前記トランスポンダは、
前記複数波長チューナブルトランシーバとして波長分割多重（WDM）送受信部を備え

、
前記WDM送受信部は、対で運用される複数の送信機及び対で運用される複数の受信機を備え、且つ複数の多値位相変調方式に対応しており、前記複数の送信機の出力側には、複数入力単一出力カップラーを具備し、他方、前記複数の受信機の入力側には、単一入力複数出力カップラーを具備し、

前記チャンネル制御部は、ネットワークパスを定める制御信号に基づき前記前記WDM送受信部を制御して、前記ROADMとの間で送受信する光信号のチャンネルと共に位相変調方式を管理する

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光通信装置。

【請求項 4】

前記トランスポンダは、

誤り訂正を行う誤り訂正部を、前記複数波長チューナブルトランシーバと前記無瞬断切替部との間に具備し、

ネットワークパスを定める制御信号に基づき、無瞬断切替を実行する各々の系統の受信信号について前記誤り訂正部内で各々誤り訂正復号化処理を実行した後に前記無瞬断切替部内で信号比較及び遅延調整を実行して切り替えることを、前記誤り訂正部でエラー訂正量が所定量以下であれば実行する

ことを特徴とする請求項 1 ないし 3 の何れか一項に記載の光通信装置。

【請求項 5】

前記チャンネル制御部は、ネットワークパスを定める制御信号に基づき、前記ROADMとの間で送受信する光信号のチャンネルを管理すると共に、方路切替に連動させて前記無瞬断切替制御部に切り替え指示を通知し、

前記無瞬断切替制御部は、前記チャンネル制御部からの切り替え指示の入力を受けたタイミングで、前記無瞬断切替部内で受信信号系統の接続を切り替えるように前記無瞬断切替部に切り替え指示を通知し、

前記無瞬断切替部は、前記無瞬断切替制御部からの切り替え指示の通知を受けて、受信信号に信号比較及び遅延調整を実行して切り替える際に、一方の経路の受信信号に対して他方の経路の受信信号の遅延量が所定量以下であることを条件に受信信号系統の切り替えを実行する

ことを特徴とする請求項 1 ないし 4 の何れか一項に記載の光通信装置。

【請求項 6】

前記ROADMは、所定の方路数の伝送路と接続可能な送受信モジュールと、光信号の入れ替えを実現する波長クロスコネクタモジュール部と、前記波長クロスコネクタモジュール部及び前記トランスポンダに接続されたアド部及びドロップ部を有していることを特徴とする請求項 1 ないし 5 の何れか一項に記載の光通信装置。

【請求項 7】

個々のノードとして請求項 1 ないし 6 のいずれか一項に記載された光通信装置を具備すると共に、該個々のノードに対して各々にネットワークパスを定める制御信号を通知するネットワークパス制御器を具備して構築されたことを特徴とする光通信システム。

【請求項 8】

前記個々のノードは、前記ネットワークパス制御器からの指示に基づいて、任意のネットワークパスで接続された任意のノードへの接続方路を、別の任意のネットワークパスに自律的に切り替えることを特徴とする請求項 7 記載の光通信システム。

【請求項 9】

個々のノードに対して各々にネットワークパスを定める制御信号を通知するネットワークパス制御器と、光通信ネットワークの各ノードとなる複数の光通信装置とを含む光通信システムの通信経路制御方法であって、

10

20

30

40

50

光通信システムを構築する各ノードの光通信装置に設けられた、複数波長で光信号を送受信可能に構成された複数の送信機及び複数の受信機を含む複数波長チューナブルトランシーバ、無瞬断切替部、当該無瞬断切替部を制御する無瞬断切替制御部、及び当該無瞬断切替制御部との連携動作するチャンネル制御部を具備するトランスポンダと、前記トランスポンダとの連携動作が可能なカラーレス及びディレクションレスに対応した装備を有するROADMとを用いて、

ネットワークパスを定める制御信号に基づき任意のノード間で接続されている任意ネットワークパスを別の接続方路のネットワークパスに変更する際に、

各々の光通信装置に含まれている前記トランスポンダは、

前記チャンネル制御部と無瞬断切替制御部が、ネットワークパスを定める制御信号に基づき、連動して前記複数波長チューナブルトランシーバ及び前記無瞬断切替部を制御し、

前記複数波長チューナブルトランシーバ及び前記無瞬断切替部は、前記チャンネル制御部と前記無瞬断切替制御部の制御下で、自装置の前記ROADMとの間で送受信する光信号のチャンネル及び受信信号系統切り替えを管理する

ことで、

前記任意のノード間の通信経路及びチャンネルを各々自律的に切り替えることを特徴とする光通信システムの通信経路制御方法。

【請求項10】

各々のノードの前記トランスポンダは、誤り訂正を行う誤り訂正部を、前記複数波長チューナブルトランシーバと前記無瞬断切替部との間に更に具備し、

各々のノードの前記トランスポンダは、

前記チャンネル制御部が、ネットワークパスを定める制御信号に基づき、自装置の前記ROADMとの間で送受信する光信号のチャンネルを管理すると共に、方路切替に連動させて前記無瞬断切替制御部に切り替え指示を通知し、

前記無瞬断切替制御部が、前記チャンネル制御部からの切り替え指示の入力を受けたタイミングで、前記無瞬断切替部内で受信信号系統の切り替えを実行するように前記誤り訂正部及び前記無瞬断切替部と通信し合い、

且つ、

無瞬断切替を実行する各々の系統の受信信号について前記誤り訂正部内で各々誤り訂正復号化処理を実行して、その誤り訂正復号化処理でエラー訂正量が所定量以下であれば、前記ROADMによる通信経路の方路切替に連動させて前記切替部内で自律的に受信信号系統の断切り替えを実行する

ことを特徴とする請求項9記載の光通信システムの通信経路制御方法。

【請求項11】

各々のノードの前記トランスポンダは、

前記チャンネル制御部が、ネットワークパスを定める制御信号に基づき、前記ROADMとの間で送受信する光信号のチャンネルを管理すると共に、方路切替に連動させて前記無瞬断切替制御部に切り替え指示を通知し、

前記無瞬断切替制御部が、前記チャンネル制御部からの切り替え指示の入力を受けたタイミングで、前記無瞬断切替部内で受信信号系統の切り替えを実行するように前記無瞬断切替部に切り替え指示を通知し、

且つ、

前記無瞬断切替部が、前記無瞬断切替制御部からの切り替え指示の通知を受けて、無瞬断切替を実行する各々の系統の受信信号について前記無瞬断切替部内で一方の経路の受信信号に対して他方の経路の受信信号の信号比較及び遅延調整を実行して、一方の経路の受信信号に対して他方の経路の受信信号の遅延量が所定量以下であれば、前記ROADMによる通信経路の方路切替に連動させて自律的に受信信号系統の無瞬断切り替えを実行する

ことを特徴とする請求項9又は10に記載の光通信システムの通信経路制御方法。

【請求項12】

10

20

30

40

50

トランスポンダと、前記トランスポンダとの連携動作が可能なカラーレス及びディレクションレスに対応した装備を有するROADMとを具備する光通信システム用の光通信装置の通信経路制御方法であって、

前記トランスポンダは、複数波長で光信号を送受信可能に構成された複数の送信機及び複数の受信機と信号系統を切り替える切替部を含み、且つ、光信号の送受信チャネル及び信号系統を切り替え可能に構成され、

前記トランスポンダは更に、チャネル切り替え及び信号系統切り替えを制御する制御部を具備し、

任意のノードとの間で接続されている任意ネットワークパスを別の接続方路のネットワークパスに変更する際に、

前記トランスポンダは、

前記制御部が通信ネットワークを介して受け付けたネットワークパスを定める制御信号に基づき、前記複数の送信機及び前記複数の受信機のチャネル切り替え及び信号系統切り替えを制御し、

前記複数の送信機及び前記複数の受信機は、前記制御部の制御下で、自装置の前記ROADMとの間で送受信する光信号のチャネルを制御し、

前記切替部は、前記制御部のネットワークパスを定める制御信号に基づいた切り替え指示の入力を受けたタイミングで、切り替えを実行する各々の系統の受信信号について一方の経路の受信信号に対して他方の経路の受信信号の一致図った後に、受信信号系統の切り替えを自律的に実行し、且つ前記制御部に切り替え結果を通知し、

更に、前記制御部は、切り替え終了を通知する制御信号を通信ネットワークに送信することを特徴とする光通信装置の通信経路制御方法。

【請求項13】

前記トランスポンダは、前記複数の受信機と前記切替部との間に誤り訂正を行う誤り訂正部を備え、

前記トランスポンダは、

前記制御部が、ネットワークパスを定める制御信号に基づき、前記ROADMとの間で送受信する光信号のチャネルを管理すると共に、前記切替部内で受信信号系統の切り替えを実行するように前記誤り訂正部及び前記切替部と通信し合い、

切り替える各々の系統の受信信号について前記誤り訂正部内で各々誤り訂正復号化処理を実行して、その誤り訂正復号化処理でエラー訂正量が所定量以下であれば、前記ROADMによる通信経路の方路切替に連動させて前記切替部内で自律的に受信信号系統の切り替えを実行する

ことを特徴とする請求項12記載の光通信装置の通信経路制御方法。

【請求項14】

前記トランスポンダは、

前記制御部が、ネットワークパスを定める制御信号に基づき、前記ROADMとの間で送受信する光信号のチャネルを管理すると共に、前記切替部内で受信信号系統の切り替えを実行するように前記切替部に切り替え指示を通知し、

前記切替部が、前記制御部からの切り替え指示の通知を受けて、切り替えを実行する各々の系統の受信信号について前記切替部内で一方の経路の受信信号に対して他方の経路の受信信号の信号比較及び遅延調整を実行して、一方の経路の受信信号に対して他方の経路の受信信号の遅延量が所定量以下であれば、前記ROADMによる通信経路の方路切替に連動させて前記切替部内で自律的に受信信号系統の切り替えを実行する

ことを特徴とする請求項12又は13に記載の光通信装置の通信経路制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、フォトリックネットワーク技術に関し、詳しくは、ノード間の光信号が通る物理的及び波長的な伝送経路を切り替える光通信装置、光通信システム、および通信経路

10

20

30

40

50

制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

昨今、フォトニックネットワークに関する様々な技術開発が成されている。

【0003】

フォトニックネットワーク技術は、例えば、特許文献1ないし特許文献2、及び非特許文献1に記載されている。

【0004】

特許文献1には、光分岐挿入多重化器（ROADM装置：Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer）に使用されるドロップ（drop）回路とアド（add）回路が記載されている。また、特許文献1には、波長選択スイッチ（WSS：Wavelength Selective Switch）を用いたカラーレス機能が説明されている。また、波長クロスコネク装置（WXC：Wavelength Cross Connect）を用いた異なる方路に切り替える（ディレクション機能）について説明されている。

【0005】

同様に、特許文献2にも、カラーレス機能や、ディレクション機能、波長クロスコネク装置、波長選択スイッチなどについて説明されている。

【0006】

また、デジタル光送受信技術については、位相変調技術とコヒーレント受信技術により、40Gb/s や、100Gb/s の高速な通信が可能となっている。このような関連技術は、例えば、非特許文献1に記載されている。

【0007】

関連技術のうち、カラーレス機能およびディレクションレス機能を有さないROADM装置を用いて、例えば4台のノード（ $N_d = 4$ ）で図16のように接続した場合を考える。

【0008】

このネットワーク上で現在接続しているチャンネル1の経路を、チャンネル2を用いて異なる経路（ROADM1 4 3）に切り替えるとする（図17参照）。

【0009】

この場合、図17のROADM1では、新しいトランスポンダであるTPND1-2を準備し、2にてパスを開通させ、最後にクライアント側を差し替える作業を行う必要がある。これは、ROADM装置が、カラーレスに対応していない場合、トランスポンダの接続口に送出できる波長が決まっているためである。

【0010】

また、カラーレス機能に対応しているROADM装置の場合でも、ディレクションレス機能に対応していない場合、異なる方路（ディレクション）に接続されているアド・ドロップ部に接続する必要がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特開2010-098545号公報

【特許文献2】特開2009-212584号公報

【非特許文献】

【0012】

【非特許文献1】論文 “Performance of Dual-Polarization QPSK for Optical transport systems”, Kim Roberts, Maurice O'Sullivan, Kuang-Tsan Wu, Han Sun, Ahmed Awadalla, David J. Krause, and Charles Laperle, Journal of Lightwave technology, vol. 27, No. 6, 2009

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【 0 0 1 3 】

カラーレスに対応していない光通信装置においては、光伝送経路およびチャネル（＝光波長）の切り替えを実施するためには、ROADMのトランスポンダ接続端子へのチャネルが決まっていりリモートによる作業ができないので、ノードの設置場所まで作業者を派遣して、作業者が直接的に切替後の波長の接続端子へと光ファイバを差し替える必要が生じていた。この際、場合によっては代替のトランスポンダを準備する必要がある。このような作業では、作業者の派遣費用や、人件費や設備費用、作業計画の作成費用等、様々な費用が発生する課題を生じていた。また、断時間も作業時間に依りて長くなるという様々な課題があった。

【 0 0 1 4 】

カラーレスに対応しているROADM装置であっても、ROADM装置の切替時間の間、信号断の時間を生じている。換言すれば、ROADMの経路切り替え作業を実施している間は、主信号を伝送できない時間（信号断時間）が生じており、伝送効率が低下する問題が生じる。

【 0 0 1 5 】

また、経路を切り替える際には、新経路上にすでに同一チャネル（波長）を使用した信号を通過している場合など、必ずしも現在のチャネルのまま切り替えることができない場合がある。このような場合、伝送経路だけでなくチャネル変更により新経路の確保をおこなう必要がある。

【 0 0 1 6 】

また、本発明に係る技術分野では、将来的に様々な機能に対応できることが望まれる。

【 0 0 1 7 】

例えば、今後さまざまな社会活動（スポーツや音楽のイベント、事件や事故など）に付随して光ネットワークに通ず通信データの流れが一日毎や数時間毎などで大きく変化する可能性がある。この対策として、光通信装置における経路の切替作業を一日単位や更に短時間で実施することもありうるものと考えられる。

【 0 0 1 8 】

そこで、本発明の目的は、上記した課題の少なくとも一つを改善できる光通信装置、光通信システム、及び経路制御方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 9 】

本発明の一態様の光通信装置は、複数波長チューナブルトランシーバ、無瞬断切替部、当該無瞬断切替部を制御する無瞬断切替制御部、及び当該無瞬断切替制御部との連携動作するチャネル制御部を有するトランスポンダと、前記トランスポンダとの連携動作が可能なカラーレス、ディレクションレスに対応した装備を有するROADMを備え、前記複数波長チューナブルトランシーバは、前記ROADMへの送信信号について複数波長で光信号を送信可能に構成された複数の送信機と、前記ROADMからの受信信号について複数波長で光信号を受信可能に構成された複数の受信機と、を含み、前記チャネル制御部と無瞬断切替制御部は連動して、ネットワークパスを定める制御信号に基づき前記複数波長チューナブルトランシーバ及び前記無瞬断切替部を制御することで、前記ROADMとの間で送受信する光信号のチャネルを管理すると共に、前記ROADMを介して任意のネットワークパスで接続された任意のノードへの接続方路を別の任意のネットワークパスの接続に変更した際に、方路切替に連動させて自律的に受信信号系統の切り替えを実行することを特徴とする。

また、本発明の一態様の光通信システムは、個々のノードとして上記光通信装置を具備すると共に、該個々のノードに対して各々にネットワークパスを定める制御信号を通知するネットワークパス制御器を具備して構築されたことを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

本発明の一態様の光通信システムの通信経路制御方法は、個々のノードに対して各々にネットワークパスを定める制御信号を通知するネットワークパス制御器と、光通信ネット

10

20

30

40

50

ワークの各ノードとなる複数の光通信装置とを含む光通信システムの通信経路制御方法であって、光通信システムを構築する各ノードの光通信装置に設けられた、複数波長で光信号を送受信可能に構成された複数の送信機及び複数の受信機を含む複数波長チューナブルトランシーバ、無瞬断切替部、当該無瞬断切替部を制御する無瞬断切替制御部、及び当該無瞬断切替制御部との連携動作するチャンネル制御部を具備するトランスポンダと、前記トランスポンダとの連携動作が可能なカラーレス及びディレクションレスに対応した装備を有するROADMとを用いて、ネットワークパスを定める制御信号に基づき任意のノード間で接続されている任意ネットワークパスを別の接続方路のネットワークパスに変更する際に、各々の光通信装置に含まれている前記トランスポンダは、前記チャンネル制御部と無瞬断切替制御部が、ネットワークパスを定める制御信号に基づき、連動して前記複数波長チューナブルトランシーバ及び前記無瞬断切替部を制御し、前記複数波長チューナブルトランシーバ及び前記無瞬断切替部は、前記チャンネル制御部と前記無瞬断切替制御部の制御下で、自装置の前記ROADMとの間で送受信する光信号のチャンネル及び受信信号系統切り替えを管理することで、前記任意のノード間の通信経路及びチャンネルを各々自律的に切り替えることを特徴とする。

10

また、本発明の一態様の光通信システム用の光通信装置の通信経路制御方法は、トランスポンダと、前記トランスポンダとの連携動作が可能なカラーレス及びディレクションレスに対応した装備を有するROADMとを具備する光通信システム用の光通信装置の通信経路制御方法であって、前記トランスポンダは、複数波長で光信号を送受信可能に構成された複数の送信機及び複数の受信機と信号系統を切り替える切替部を含み、且つ光信号の送受信チャンネル及び信号系統を切り替え可能に構成され、前記トランスポンダは更に、チャンネル切り替え及び信号系統切り替えを制御する制御部を具備し、任意のノードとの間で接続されている任意ネットワークパスを別の接続方路のネットワークパスに変更する際に、前記トランスポンダは、前記制御部が通信ネットワークを介して受け付けたネットワークパスを定める制御信号に基づき、前記複数の送信機及び前記複数の受信機のチャンネル切り替え及び信号系統切り替えを制御し、前記複数の送信機及び前記複数の受信機は、前記制御部の制御下で、自装置の前記ROADMとの間で送受信する光信号のチャンネルを制御し、前記切替部は、前記制御部のネットワークパスを定める制御信号に基づいた切り替え指示の入力を受けたタイミングで、切り替えを実行する各々の系統の受信信号について一方の経路の受信信号に対して他方の経路の受信信号の一致図った後に、受信信号系統の切り替えを自律的に実行し、且つ前記制御部に切り替え結果を通知し、更に、前記制御部は、ネットワークパスの切り替え終了した通知を示した制御信号を通信ネットワークに送信することを特徴とする。

20

30

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、信号の経路切替作業において、簡単に光信号の切替作業を行うことができ、光通信システム内で扱われるデータ通信効率を高める光通信装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明に係るノード装置を含むネットワークの構成例を示すブロック図である。

40

【図2】図1に示されたノード装置に含まれるROADM及びトランスポンダ(TPND)の構成例を示すブロック図である。

【図3】本発明に係るノード装置を接続したネットワークの構成例を示すブロック図である。

【図4】本発明に係るノード装置を接続したネットワークの他の構成例を示すブロック図である。

【図5】本発明に係るノード装置を接続したネットワークの更に他の構成例を示すブロック図である。

【図6】トランスポンダ(TPND)の構成を説明するためのブロック図である。

【図7】本発明に係る初期状態におけるノードの状態を説明するブロック図である。

50

【図 8】図 7 の状態におけるノード間の動作を説明するブロック図である。

【図 9】動作時におけるトランスポンダ (T P N D) の状態を説明するブロック図である。

【図 10】本発明に係るノード装置における他の動作状態を説明するブロック図である。

【図 11】ノード装置間の遷移状態における動作を説明するブロック図である。

【図 12】ノード装置におけるトランスポンダ (T P N D) の動作状態を説明するブロック図である。

【図 13】ノード装置間の他の状態における動作を説明するブロック図である。

【図 14】ノード装置における光通信装置の動作を説明する図である。

【図 15】ノード装置におけるトランスポンダ (T P N D) の動作状態を説明するブロック図である。

10

【図 16】関連技術におけるノード間の動作を説明する図である。

【図 17】関連技術における切替動作を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 3 】

本発明の一実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、本発明と直接関係のない各部の説明については説明を省略又は簡略化する。

【 0 0 2 4 】

まず、図 1 は本発明の一実施形態に係るノード装置を含むネットワークの構成例を示している。図 1 では、光ファイバにより、ノード A とノード B が少なくとも 2 通りの経路で接続されている。ここで、各ノードに設けられたノード装置は、本発明で提供する二チャンネル (= 波長) を同時使用することによる無瞬断切り替え接続が可能な機能を持つトランスバーを内蔵したトランスポンダ (例えば、T P N D A - 1、T P N D B - 1) と、カラーレス及びディレクションレス、もしくは、カラーレス、ディレクションレス及びコンテンツレス機能を有し、上記トランスポンダと連係動作が可能な光分岐挿入多重化器 (例えば、R O A D M A - 1、B - 1) とを含んでいる。尚、図 1 は、各ノードの接続方路数が 4 の場合を示している。また、図 1 で、ノード間を接続する線は 1 本で表しているが、通常光ファイバの通信方向毎に 1 本、計 2 本使用するため、接続線 1 本で 2 本分を表しているが、一芯双方向通信を行う場合は 1 本のみでの使用でよい。更に、ノード A、B に含まれるトランスポンダ (T P N D) と、光分岐挿入多重化器 (R O A D M) は、波長分割多重化 (W a v e l e n g t h D i v i s i o n M u l t i p l e x i n g) 装置を構成している。

20

30

【 0 0 2 5 】

次に、図 2 を参照して、図 1 に示された本発明に係る R O A D M の構成を説明する。

【 0 0 2 6 】

本発明に係る R O A D M 装置は、方路数が N_d ($N_d > 1$ の整数) の場合、伝送路と接続可能な受信モジュール $R_{_1}$ 、 $R_{_N}$ 、及び送信モジュール $T_{_1}$ 、 $T_{_N}$ 、その間で波長選択スイッチ (W S S) 等で構成されて光信号の入れ替えを実現する W X C モジュール (波長クロスコネクタモジュール) 部、W X C モジュール部と信号を送受し自局のトランスポンダ (T P N D) と信号を授受する、アド部 (A d d 部)、ドロップ部 (D r o p 部) で構成されている。

40

【 0 0 2 7 】

図示されたアド部 (A d d 部)、ドロップ部 (D r o p 部) は、 $N_{t p}$ 台のトランスポンダを接続することが可能であるものとする。このシステムで用いる C H 数を $N_{c h}$ とすると、 $N_{t p}$ の最大数は、 $N_{t p}$ の最大値 = $N_d \times N_{c h}$ となる。実際に準備される $N_{t p}$ の接続口の数の $N_{t p}$ の最大値に対する比率を信号アドドロップ率とする。

【 0 0 2 8 】

アドドロップ率 (%) = $100 \times (R O A D M \text{ で 準備 した } N_{t p} \text{ 数 }) / (N_d \times N_{c h})$

【 0 0 2 9 】

50

ドロップ率は、100%が望ましいが、チャンネル数や方路数が増えると100%を維持することがコストやサイズの面で難しくなるため、50%程度に低減することで、低コストの設計が容易になる。

【0030】

図示されたROADMを用いたネットワークは、例えば、 $N_d = 2$ の場合の接続例の一つとして、図3のように構成できる。この場合、ノード装置の間が少なくとも2通りの経路で接続されていることになる。

【0031】

一方、図4を参照すると、例えば、 $N_d = 4$ の場合におけるROADMを用いたネットワークが示されている。この場合でもノード装置の間が少なくとも2通りの経路で接続されていることを特徴とする接続となっている。

【0032】

図5を参照すると、互いに異なる方路数 N_d を有するノードAとノードBを組み合わせた場合におけるROADMを用いたネットワークが示されている。この場合においても該当ノード装置の間が少なくとも2通りの経路で接続されていることを特徴とする接続となっている。

【0033】

図3～5に示されたように、本ROADM装置は、このように、様々の2通り以上の経路で接続された光ネットワーク網に適用することが可能である。

【0034】

図6を参照して、本発明の一実施形態に係るトランスポンダ(TPND)の構成の一例を説明する。図示されているように、ROADMに接続されたトランスポンダ(TPFD)は、WDM側送受信部、FEC信号処理部、無瞬断切替処理部、クライアント側I/F送受信部を含んでいる。

【0035】

図示されたWDM側送受信部の送信機($T \times 1$, $T \times 2$)は、波長可変レーザ技術を基盤とするチャンネル二重化された送信機によって構成されている。

【0036】

WDM側送受信部の受信機は、チャンネル二重化されたデジタルコヒーレント受信機($R \times 1$, $R \times 2$)によって構成されている。この構成によれば、少なくとも同時に異なる二波長の信号を受信し、電気信号を出力できる。

【0037】

FEC信号処理部は、WDM側送信部の送受信機に接続されている。信号が二重化されているため、ラインも二重化されている。

【0038】

無瞬断切替処理部は、FEC信号処理部と、クライアント側I/F送受信部の間に配置される。無瞬断切替処理部は、信号多重化(MUX)を行う送信側、信号分離(DEMUX)を行う受信側、及び、信号比較/遅延調整/SW処理を行う部分を有している。信号比較/遅延調整/SW処理を行う部分には、位相検出用のデータが入力され、受信されたデータをメモリに格納して、遅延量を調整することができる。

【0039】

その後、遅延量測定部で位相検出用データを検知して位相ずれを制御し、信号の位相ずれを抑えると共に、外部信号をトリガにスイッチしてチャンネルを切り替えることが出来る。

【0040】

信号比較/遅延調整/SW処理を行う部分からの出力信号は、クライアント側I/F送受信部を介して一つもしくは複数のクライアント・インタフェースに出力される。

【0041】

更に、図示されたトランスポンダ(TPND)には、ネットワークパス制御器に接続されたチャンネル制御器及び無瞬断切替制御器が設けられている。尚、ネットワークパス制御

10

20

30

40

50

器は、所定のネットワークパス制御プログラムにしたがって、チャンネル制御器を制御している。

【0042】

以下、図7～9を参照して、図1に示されたネットワークの動作を説明する。

【0043】

(初期状態： 1による接続)

図7で示すように、クライアントから入力されたデータは、図6のトランスポンダ(TPND)に与えられ、多重化された後、WDM側送受信部の送信機Tx1に入力される。送信機Tx1は、当該データをチャンネル1の信号に乗せ、ROADM1のアド部(add部)に入力し、T1より伝送路に出力する。

10

【0044】

ここで、図8をも参照すると、ROADM1からの信号は、ネットワーク中において、ROADM2、ROADM3へと伝送され、TPND3-1に伝送される。

【0045】

ROADM3では、図7に示されているように、ROADM1からの信号をR1で1を受信し、WXC部はdrop部へ出力し、更に、drop部はトランスポンダ(TPND)に出力する。

【0046】

図6に示されているように、トランスポンダ部(TPND)は、Rx1で受信した信号を、遅延調整した後、SWで選択し、クライアント側I/送受信部に入力し、そこから接続先のクライアント側送信機に接続する。

20

【0047】

同様に逆方向の信号は、トランスポンダ(TPND)のクライアント信号端子より入力され、図9で示されたように、クライアント側I/F送受信部 無瞬断切替部 FEC部 Tx1 2x1を通してROADMに出力され、図10で示すように、ROADMは、add WXC T1を通して、信号を伝送路に出力する。尚、2x1カップラーは2入力1出力カップラーである。

【0048】

更に、図8で示すように、上記した逆方向の信号は、ROADM3から、伝送路 ROADM2 伝送路を通してROADM1に出力される。ROADM1は、図10で示すように、R1 WXC drop を通して、上記信号をトランスポンダ(TPND)に出力する。

30

【0049】

トランスポンダ(TPND)は、図9で示されているように、1x2 Rx1 FEC部 無瞬断切替器 クライアント側送受信部の経路で、クライアントに接続される。尚、1x2カップラーは、一入力2出力カップラーである。

【0050】

(遷移状態)

本発明の一実施形態に係るノードは、光信号の経路及びチャンネル変更を無瞬断、もしくは非常に短い時間の断時間で実施できる。このため、送受信の両側のトランスポンダは2のチャンネルにて相手トランスポンダと二重接続し、受信側にて遅延量をそろえて電気スイッチにて切り替え、切り替え成功後、1のチャンネルのパスは削除する動作が行われる。

40

【0051】

(1) 2の接続

ネットワーク上、図11のように、新規に2のパスを開通させる。トランスポンダ(TPND)にて、図12で示されたTx2の送信出力をONにする。すると、Tx2の信号は、ROADM中、図10で説明するところの、1と同じパスを通過してadd部に入力され、さらにWXCにてT2に出力される。

【0052】

50

本ROADMでは、カラーレスに対応しているため、add部に同時に異なる波長で接続可能である。また、本ROADMではディレクションレスに対応しているため、add部から任意の送信方向（方路）に対して接続可能である。

【0053】

ROADMより伝送路に出力された信号は、図11で示されたROADM4を通じてROADM1に伝送される。

【0054】

ROADM1では、図10で示されたように、ROADM4からの信号をR2部で受信し、WXC部でdrop部に接続し、その後1と同じパスを通じてトランスポンダ（TPND）に入力する。

【0055】

本発明に係るROADMでは、カラーレスに対応しているため、1と2を同じパスでトランスポンダ（TPND）に転送可能である。

【0056】

トランスポンダ（TPND）は、図12に示すように、2信号を、1×2 R×2 B2を介してスイッチ（SW）に出力する。この時点では、まだスイッチはB1を選択しており、B2からの信号は廃棄されている。

【0057】

（2）無瞬断もしくは短時間断の切り替え

2信号が接続された段階で、図12に示された遅延制御切替部は、B1、B2の遅延量を操作し、二つのチャンネル（1、2）の信号の遅延量をそろえる。遅延量をそろえたのち、スイッチにてパスをB2に高速に切り替える。この動作により、無瞬断で2のパスに切り替え可能である。

【0058】

無瞬断切替部は、送信側では、遅延量識別信号を付加し、受信側では遅延量識別信号を認識及び除去を行う動作を行う。

【0059】

測定された遅延量に基づき、二つのチャンネル間の遅延量を制御し、一致させてから切替を実施することで無瞬断切替を提供できる。

【0060】

また、遅延量が一致しない場合でも、可能な限り調整したうえで切り替えることで、信号の損失を最小限に抑えることが出来る。

【0061】

ここで、二つの信号の経路長の差異が200 km 程度ある場合でも、遅延量の差異は、1 ms 程度である。二つの信号の経路長の差異が1000 km 程度ある場合でも、遅延量の差異は、5 ms 程度である。

【0062】

従って、遅延量を一致させられなくても、信号断時間は、5ms 程度しか生じない。

【0063】

また、遅延量が小さいほうから大きいほうの経路に切り替えた場合のみ信号断が生じる。これは、ROADMのパス切り替え時間である、0.1 ~ 10 sec に比較すると非常に高速なパス切替に相当する。

【0064】

ROADMのパス切り替え時間は、add部、伝送経路上及びdrop部にて通過するデバイスのスイッチング速度に依存している。

【0065】

経路上にある、波長選択スイッチ（WSS）は多くの場合 0.1 秒から10 秒のオーダーのスイッチング時間を有している。

【0066】

さらに、これらWSSへのスイッチング切り替え命令の伝達時間差が加わるため、ネッ

10

20

30

40

50

トワーク全体で見ると、パス切り替え時間は、やはり 0.1 ~ 10 秒のオーダーの時間が必要と考えてよい。

【0067】

(終状態)

新経路の 2 のパスのみ占有し、通信を行う。

【0068】

ネットワーク上、図 13 のように 2 を用いて新しいパス(経路)により、ROADM 1 から来た 2 の信号は、ROADM 4 ROADM 3 へと伝送される。

【0069】

ROADM 1、及び 3 では、図 14 に示すように、R 2 (新しいパスが接続された方路)から受信し、WXC 部 Drop 部 TPND へと転送される。

10

【0070】

送信側は、TPND から受けた信号を add 部 WXC 部 T 2 (新しい方路の送信部)に伝達されて伝送路に送出される。

【0071】

TPND は、図 15 に示すように、1x2 RX 2 B 2 SW クライアント送受信部の順に信号を伝達してクライアントへ信号を送信する。

【0072】

TPND 部の送信部では、図 15 の送信側のように、MUX を出た信号は 1x2 TX 2 2x1 の順に伝達されて ROADM に送られる。

20

【0073】

本発明の WDM 伝送装置を用いると、次の効果が得られる。

【0074】

伝送経路及び伝送チャンネルを切り替える経路切替を実施するに当たって、ROADM 装置の切替時間分まで接続断時間が低減でき、電氣的スイッチング速度に制限される速さまで高速に経路切替が可能となる。

【0075】

経路間の遅延量を補正でき、無瞬断で経路切替が可能な場合には、任意のタイミングにて経路切替を開始することが出来る。

【0076】

30

伝送経路及びチャンネル変更を含むパス切替を実施するに当たって、手動によるファイバの配線代えがなく、ファイバ差し替えで要していた人件費や作業計画費用を低減でき、かつ作業時間を短縮可能である。

【0077】

伝送経路の最適化を実施するに当たって、遠隔操作により伝送経路及びチャンネルの変更が光通信装置間で可能になったため、経路の優先順位を計算し、この優先順位に基づいて経路の変更を制御するネットワークパス制御プログラムと各光通信装置が連携することが可能になる。これにより、光通信システムは、ある経路が削除もしくは変更された際に、既存の他の通信経路に対して、最適な経路での再接続を自動的に実施することが可能である。

40

【0078】

以下、本発明の特徴となる事項を付記しておく。

【0079】

本実施の一形態に係る WDM 伝送装置は、CDC - ROADM とトランスポンダ(TPND)とを有している。

【0080】

ROADM は、カラーレス機能およびディレクションレス機能を備えている。

【0081】

一方、トランスポンダは、クライアント側 IF 送受信部、無瞬断切替部、FEC 部、および WDM 側送受信部を含むように構成されている。また、トランスポンダには、各部を

50

統括的に管理する制御部が設けられている。

【0082】

クライアント側 I F 送受信部は、接続されている複数のクライアントから送られてくる信号を受信して、一つの信号に多重して W D M 側に渡すと共に、W D M 側から受けた多重化されている信号を複数のクライアント信号に分離するように構成されている。

【0083】

無瞬断切替部は、入力された複数系統（図中は 2 系統）の信号を比較して何れか又は両方の信号の遅延量を調整して信号間の切り替えを無瞬断で行えるように構成されている。

【0084】

切り替えは、無瞬断切替制御器からの管理下で行われる。なお、切り替えは、同一の信号の入力と切替の際にデータを損失しない遅延量をキーに、既存系統から事後的に設けられた系統に自律的に切り替えることとしてもよい。

10

【0085】

F E C 部（フォワード・エラー・コレクション部）は、多重化されたクライアント信号に W D M 信号用に符号化処理する機能と W D M 側から受信した符号化済みの信号を復号化する機能を有するように構成されている。また、信号の復号化の際に、それぞれの系統毎に復号化を行い、系統毎の誤り訂正量をそれぞれ取得して、その訂正量から受信した系統毎の通信品質を判定する訂正量比較部を含んでいる。この訂正量比較部を設けることによって、事前に両系統の伝送品質を確認でき、その結果として適切な系統切替を行なえる。

【0086】

20

W D M 側送受信部は、F E C 部で生成した W D M 信号を少なくとも二つのファイバに、それぞれ任意のチャンネル（＝波長）で送出できるデジタル光送信部と、それらに対応するデジタル光受信部から構成されている。

【0087】

また、デジタル送信機は、D P S K、Q P S K、8 P S K といった複数の多値位相変調方式に対応しており、ネットワークパス制御器の指示により変調方式を変えて送信するように構成されている。

【0088】

トランスポンダには、制御部として、チャンネル制御器及び無瞬断切替制御器が搭載される。チャンネル制御器は、送受信チャンネルの変調方式や波長を制御し、無瞬断切替制御器は、受信した複数の W D M 信号の系統からクライアント側へ送る信号系統の選択を管理する。

30

【0089】

制御部は、ネットワークパス制御器からの指示のもと、トランスポンダ内の各部を制御して、指示されたチャンネル等で光ネットワークを構築すると共に、その結果を通知する。

【0090】

W D M 側送受信部の入出力は、それぞれペアとして管理して、二つのトランスポンダの接続端子を占有して用いる。なお、より複数の入出力系統を設けて、N + 1 構成としてもよい。

【0091】

40

このようなトランスポンダを、図 1 に示すネットワークにある、カラーレス・ディレクションレス・コンテンションレス機能を有する R O A D M に接続して運用する。

【0092】

また、本発明のトランスポンダ（T P N D）（例えば、A - 1 と B - 1）を用いて、ノード A とノード B をパス 1 にて接続した場合、パス 2 側も物理的には接続しておき、後々手動によるファイバ接続等の作業が発生しないようにしておくことができ、これによって、パスの張替えを行うことができる。

【0093】

パス 1 で接続しているノードが、他の信号接続や、パスの変更等で混み合ってきた場合に、上記のトランスポンダ A - 1 と B - 1 とを接続する信号ルートを変更し、ネットワー

50

クの稼働率を平準化させることができる。

【0094】

まず、パス2向けのデジタル光送受信機を起動し、ネットワーク上にROADMを介してパス2の開通設定を行う。

【0095】

各トランスポンダ(TPND)では、パス2のエラー訂正量と遅延量を評価し、切替可能かどうかの判定を行う。指定時間でのエラー訂正量と遅延量が指定値以下であれば切替可能と判断し、遅延量を一致させた上でパスの切替を実施する。

【0096】

切替に成功したら、パス1を開放する。

10

【0097】

これにより、混み合ってきたノードでは、新たなパスを確保できるようになる。

【0098】

本発明のトランスポンダ(TPND)A-1とB-1を用いて、ノードAとノードBをパス1、チャンネル__1にて接続した状態で、チャンネルの入れ替えを行うこともできる。

【0099】

即ち、途中経路のノードにおいて、チャンネル__1を別のパスに開放したい要求があり、現在のチャンネルをチャンネル__2に退避することにする。

【0100】

トランスポンダ(TPND)の第二のデジタル光送受信機同士をまずチャンネル__2にて接続する。各トランスポンダ(TPND)では、パス2のエラー訂正量と遅延量を評価し、切替可能かどうかの判定を行う。指定時間でのエラー訂正量と遅延量が指定値以下であれば切替可能と判断し、遅延量を一致させた上でパスの切替を実施する。

20

【0101】

切り替えに成功したらパス1のチャンネル__1を開放する。

【0102】

これにより、同一パス上のチャンネル配置の最適化を無瞬断にて実施することが出来る。

【0103】

また、本発明の具体的な構成は前述の実施の形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の変更があってもこの発明に含まれる。

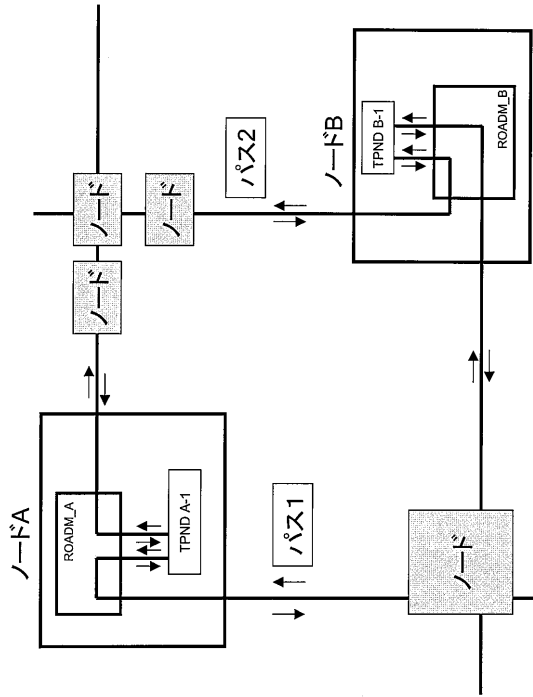
30

【符号の説明】

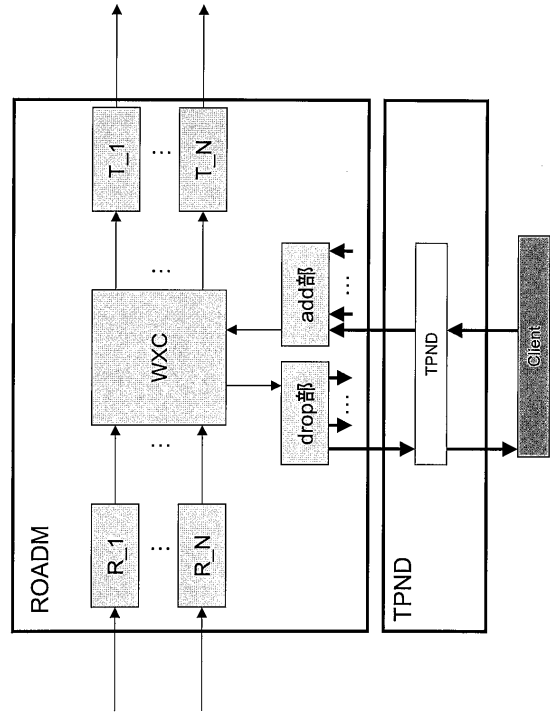
【0104】

ROADM 光分岐挿入多重化器
 TPND トランスポンダ
 R、T 受信モジュール、送信モジュール
 Add, Drop アド部、ドロップ部
 WXC 波長クロスコネクトモジュール
 MUX 多重化器
 DEMUX 分離器

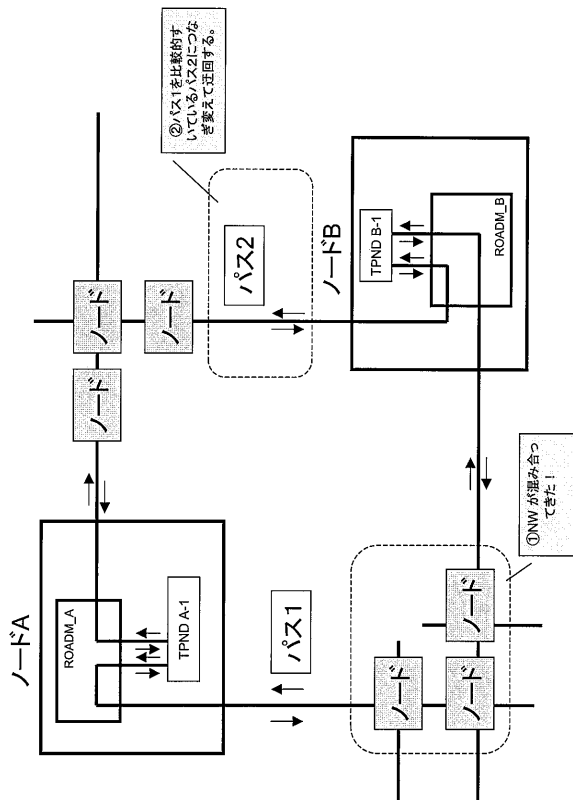
【 図 1 】



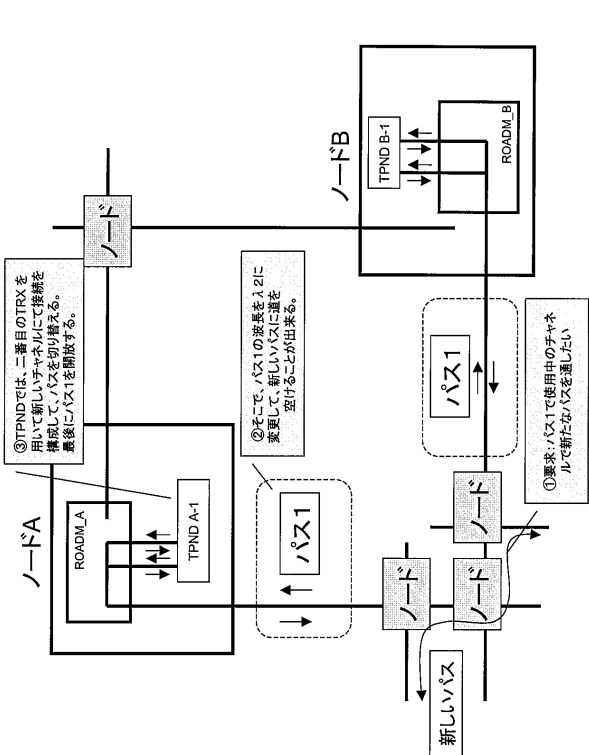
【 図 2 】



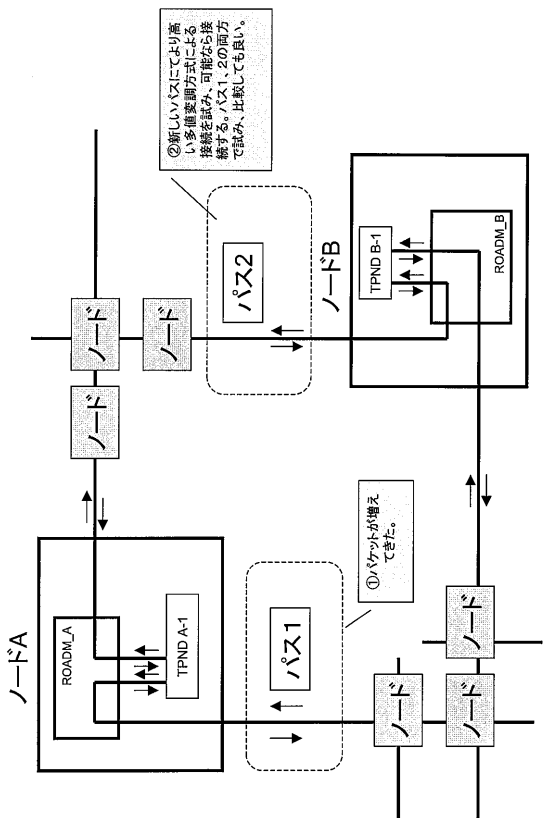
【 図 3 】



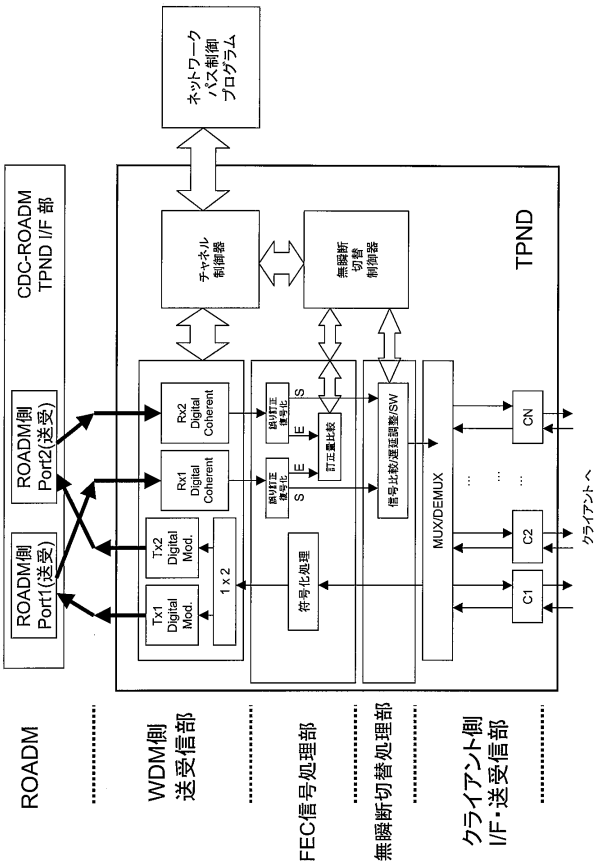
【 図 4 】



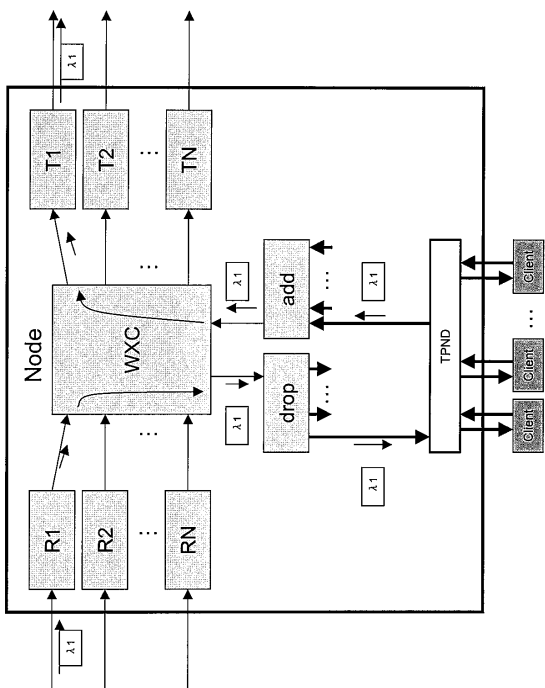
【 図 5 】



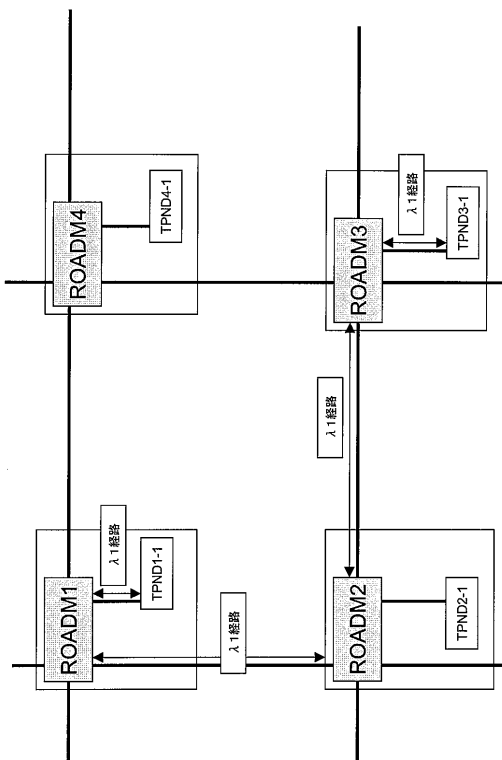
【 図 6 】



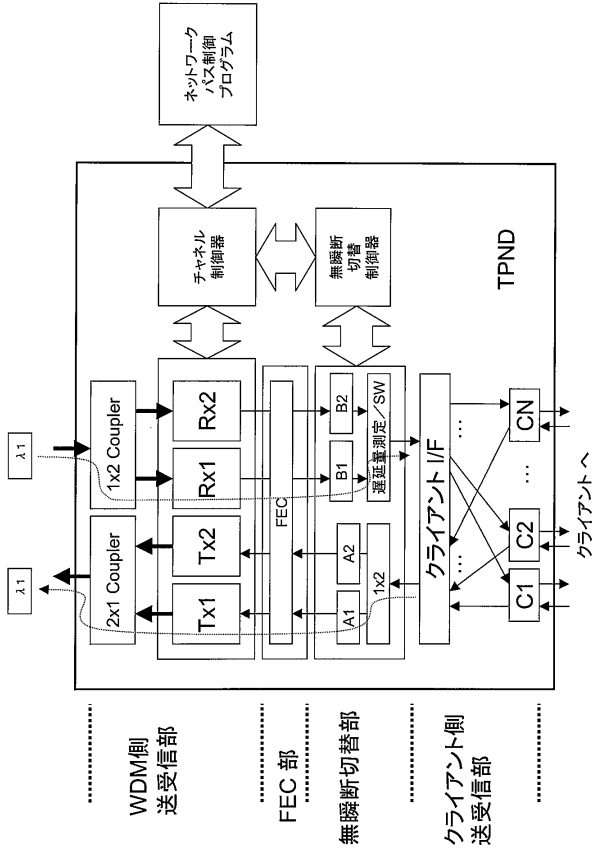
【 図 7 】



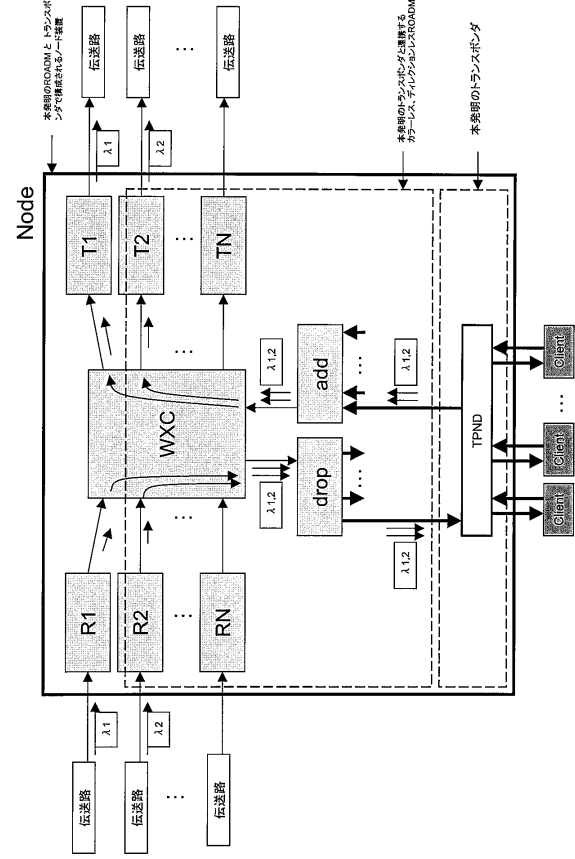
【 図 8 】



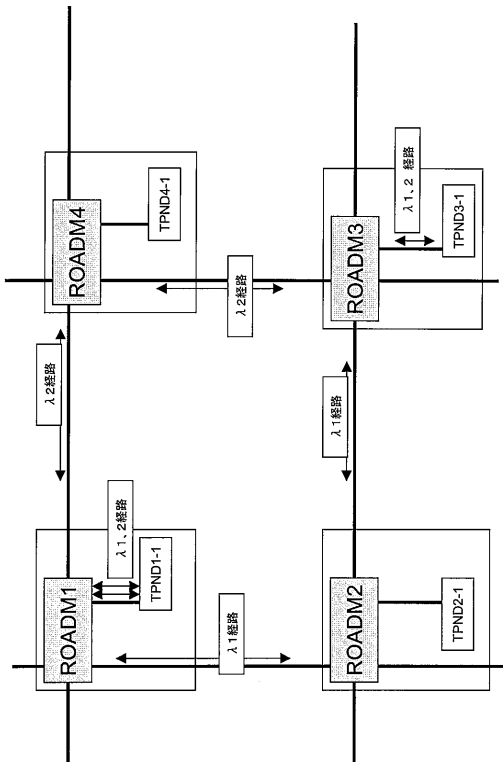
【図9】



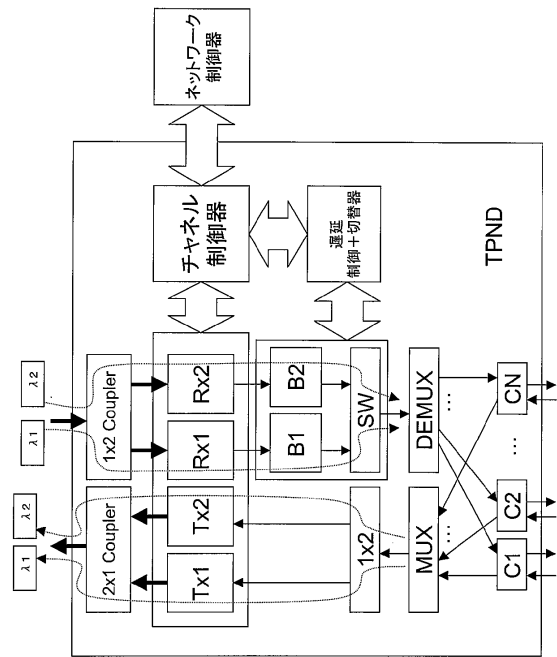
【図10】



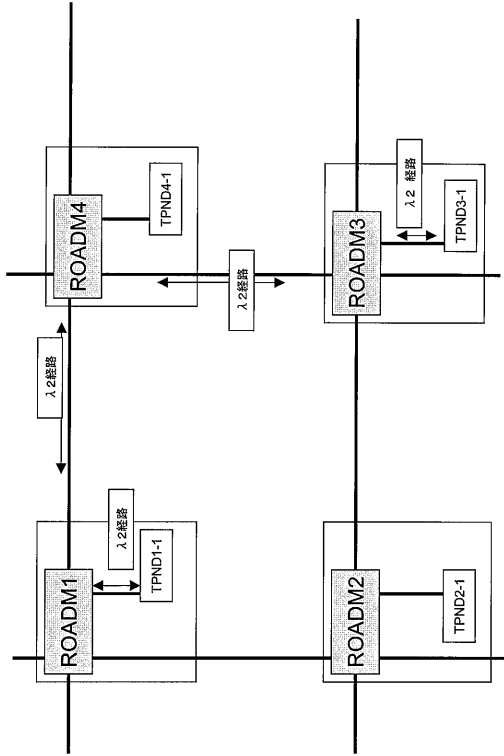
【図11】



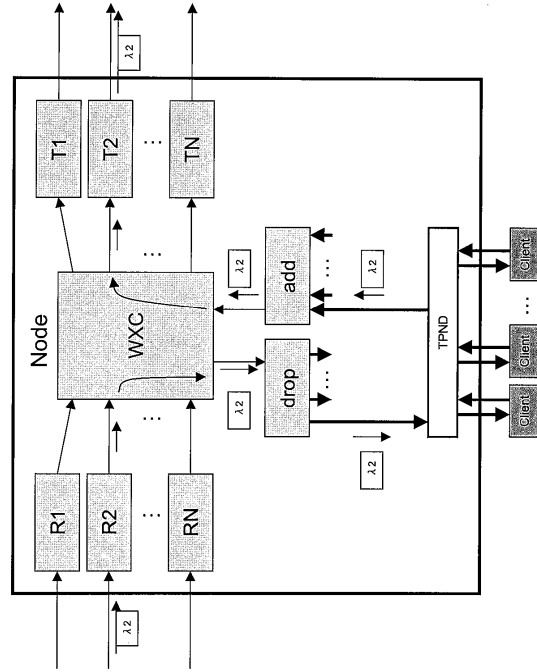
【図12】



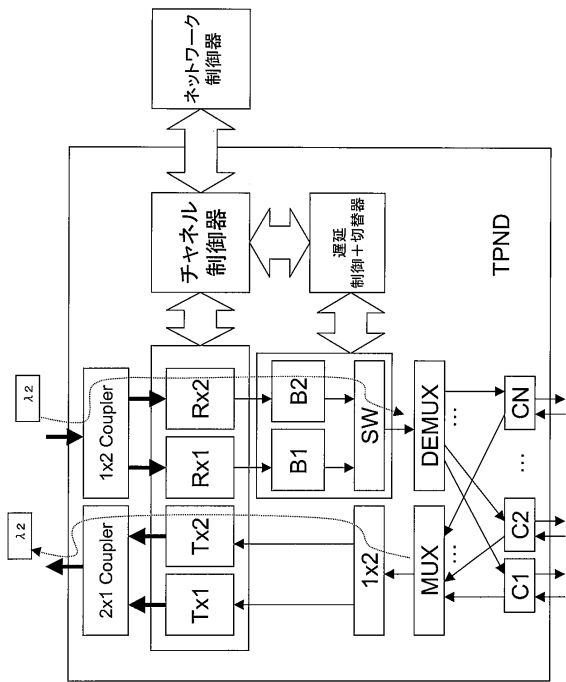
【 図 1 3 】



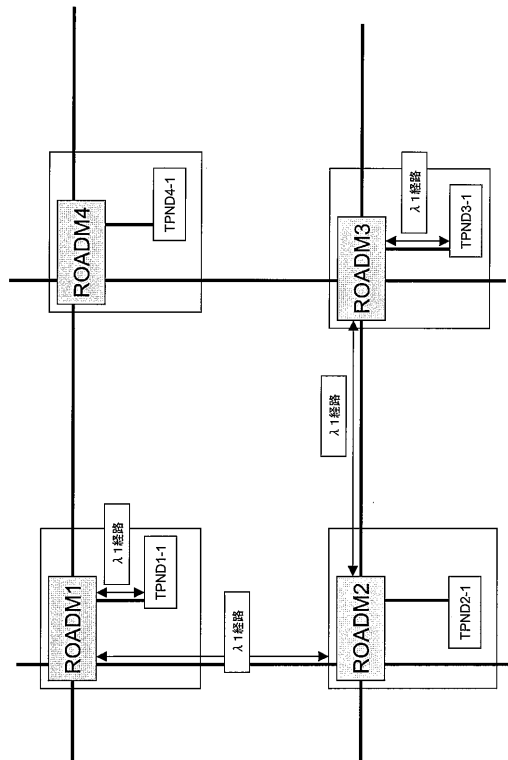
【 図 1 4 】



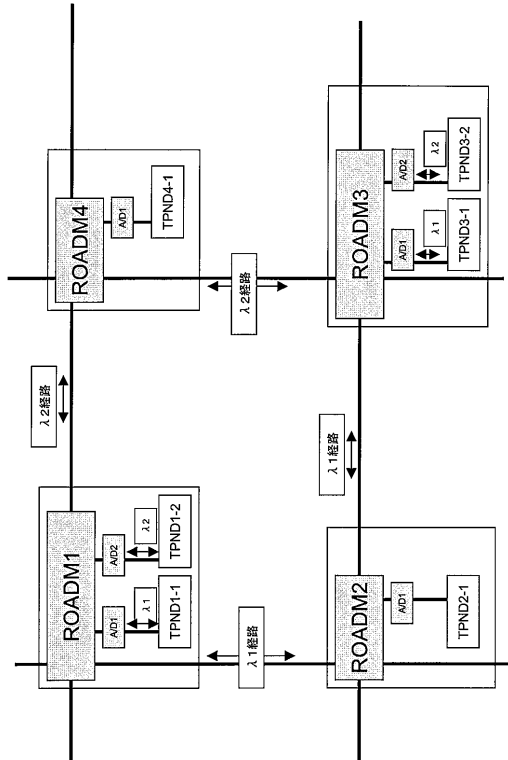
【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 17 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-223197(JP,A)
特開2011-101216(JP,A)
国際公開第2011/030897(WO,A1)
国際公開第2009/145118(WO,A1)
国際公開第2009/060522(WO,A1)
特開2006-041921(JP,A)
特開2011-130078(JP,A)
特開2010-041602(JP,A)
特開2009-194513(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B10/00-10/90

H04J14/00-14/08