

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-23981

(P2011-23981A)

(43) 公開日 平成23年2月3日(2011.2.3)

(51) Int.Cl.

H04L 12/24

(2006.01)

F 1

H 0 4 L 12/24

テーマコード(参考)

5 K O 3 O

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号

特願2009-167218 (P2009-167218)

(22) 出願日

平成21年7月15日 (2009.7.15)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(74) 代理人 100070150

弁理士 伊東 忠彦

(74) 代理人 100124844

弁理士 石原 隆治

(72) 発明者 門畑 顯博

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(72) 発明者 渡辺 篤

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光バス設計装置及び方法

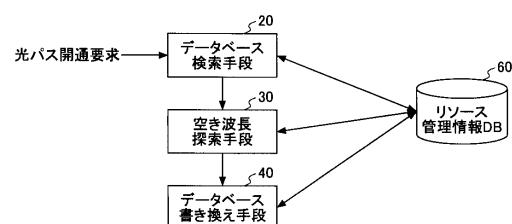
(57) 【要約】

【課題】 トランスペアレント光ネットワークでの経路及び波長を事前に設計した静的な設計において、需要計画との乖離が生じた場合の波長と経路の再設計を行い、設備増設割合を減らす。

【解決手段】 本発明は、入力された光バス開通要求を取得し、該光バス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を、リソース管理情報DBから検索し、予約波長が、光バス開通要求に適合するかを判定し、適合しない場合は、リソース管理情報DBから、該光バス開通要求の経路上における空き波長を検索し、当該空き波長に基づいて、リソース管理情報DBの光バス開通要求の経路に対応する情報を更新する。

【選択図】 図1

本発明の原理構成図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

波長変換を行わないノード装置から構成されるネットワークに対し、予め波長を割り当てる始点となるノードと終点となるノードの組み合わせである各対地に対し、需要計画に基づいて、経路及び波長を予約波長として予約し、光パス設定要求を取得すると、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を検索し、波長を割り当てる光パス設計装置であって、

ノード間の予約波長と「使用」、「未使用」の状態情報を格納したリソース管理情報データベースと、

入力された光パス開通要求を取得し、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を前記リソース管理情報データベースから検索するデータベース検索手段と、

前記データベース検索手段で得られた前記予約波長が、前記光パス開通要求に適合するかを判定し、適合しない場合は、前記リソース管理情報データベースから、該光パス開通要求の経路上における空き波長を検索する空き波長探索手段と、

前記空き波長探索手段で得られた空き波長に基づいて、前記リソース管理情報データベースの前記光パス開通要求の経路に対応する情報を更新するデータベース書き換え手段と、

を有することを特徴とする光パス設計装置。

【請求項 2】

波長変換を行わないノード装置から構成されるネットワークに対し、予め波長を割り当てる始点となるノードと終点となるノードの組み合わせである各対地に対し、需要計画に基づいて、経路及び波長を予約波長として予約し、光パス設定要求を取得すると、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を検索し、波長を割り当てる光パス設計装置であって、

ノード間の予約波長と「使用」、「未使用」の状態情報を格納したリソース管理情報データベースと、

入力された光パス開通要求を取得し、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を前記リソース管理情報データベースから検索するデータベース検索手段と、

前記データベース検索手段で得られた前記予約波長が、前記光パス開通要求に適合するかを判定し、適合しない場合は、前記リソース管理情報データベースから、該光パス開通要求の経路上における空き波長を検索する空き波長探索手段と、

前記空き波長探索手段で空き波長が得られない場合には、入力された物理トポロジ、各対地間の全光パス需要、現状の波長多重数を用いて、整数線形計画法によりネットワークの全空きリソースに対する波長割り当てのための再収容設計を行う再収容計算手段と、

前記再収容計算手段で得られた経路及び波長に基づいて、前記リソース管理情報データベースの前記光パス開通要求の経路に対応する情報を更新するデータベース書き換え手段と、

を有することを特徴とする光パス設計装置。

【請求項 3】

前記再収容計算手段は、

前記整数線形計画法として、

目的関数をネットワーク全波長数の最小化とし、

制約を、

始点ノードから終点ノードまでの経路の合計が現在の光パス需要と同じとする制約；

波長変換無しとする制約；

各リンクの全変数の合計がリンク容量内に収まるようにする制約；

既に収容した光パスの経路及び波長を変更させない制約；

とし、各リンクの境界条件を現状の波長多重数以下とする

請求項 2 記載の光パス設計装置。

【請求項 4】

10

20

30

40

50

波長変換を行わないノード装置から構成されるネットワークに対し、予め波長を割り当てる始点となるノードと終点となるノードの組み合わせである各対地に対し、需要計画に基づいて、経路及び波長を予約波長として予約し、光パス設定要求を取得すると、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を検索し、波長を割り当てる光パス設計装置であって、

ノード間の予約波長と「使用」、「未使用」の状態情報を格納したリソース管理情報データベースと、

入力された光パス開通要求を取得し、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を前記リソース管理情報データベースから検索するデータベース検索手段と、

前記空き波長探索手段で空き波長が得られない場合には、入力された物理トポロジ、各対地間の全光パス需要、現状の波長多重数を用いて、整数線形計画法によりネットワーク内の使用中のリソースを含む全リソースに対する波長割り当てのための再収容設計を行う再収容計算手段と、

前記再収容計算手段で得られた経路及び波長に基づいて、前記リソース管理情報データベースの前記光パス開通要求の経路に対応する情報を更新するデータベース書き換え手段と、

を有し、

前記再収容計算手段は、

前記整数線形計画法の

目的関数をネットワーク全波長数の最小化とし、

10

制約を、

始点ノードから終点ノードまでの経路の合計が現在の光パス需要と同じとする制約；
波長変換無しとする制約；

20

各リンクの全変数の合計がリンク容量内に収まるようにする制約；

とし、各リンクの境界条件を現状の波長多重数以下とする

することを特徴とする光パス設計装置。

【請求項 5】

光ネットワークの光パスの経路を設計する光パス設計方法において、

波長変換を行わないノード装置から構成されるネットワークに対し、予め波長を割り当てる始点となるノードと終点となるノードの組み合わせである各対地に対し、需要計画に基づいて、経路及び波長を予約波長として予約し、光パス設定要求を取得すると、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を検索し、波長を割り当てる光パス設計装置が、

30

前記需要計画を上回る需要が発生した場合に、

入力された光パス開通要求を取得し、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を、ノード間の予約波長と「使用」、「未使用」の状態情報を格納したリソース管理情報データベースから検索するデータベース検索ステップと、

前記データベース検索手段で得られた前記予約波長が、前記光パス開通要求に適合するかを判定し、適合しない場合は、前記リソース管理情報データベースから、該光パス開通要求の経路上における空き波長を検索する空き波長探索ステップと、

前記空き波長探索手段で得られた空き波長に基づいて、前記リソース管理情報データベースの前記光パス開通要求の経路に対応する情報を更新するデータベース書き換えステップと、

40

を行うことを特徴とする光パス設計方法。

【請求項 6】

光ネットワークの光パスの経路を設計する光パス設計方法において、

波長変換を行わないノード装置から構成されるネットワークに対し、予め波長を割り当てる始点となるノードと終点となるノードの組み合わせである各対地に対し、需要計画に基づいて、経路及び波長を予約波長として予約し、光パス設定要求を取得すると、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を検索し、波長を割り当てる光ネットワーク設計装置が、

50

前記需要計画を上回る需要が発生した場合に、

入力された光パス開通要求を取得し、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を、ノード間の予約波長と「使用」、「未使用」の状態情報を格納したリソース管理情報データベースから検索するデータベース検索ステップと、

前記データベース検索ステップで得られた前記予約波長が、前記光パス開通要求に適合するかを判定し、適合しない場合は、前記リソース管理情報データベースから、該光パス開通要求の経路上における空き波長を検索する空き波長探索ステップと、

前記空き波長探索ステップで空き波長が得られない場合には、入力された物理トポジ、各対地間の全光パス需要、現状の波長多重数を用いて、整数線形計画法によりネットワークの全空きリソースに対する波長割り当てのための再収容設計を行う再収容計算ステップと、

前記再収容計算ステップで得られた経路及び波長に基づいて、前記リソース管理情報データベースの前記光パス開通要求の経路に対応する情報を更新するデータベース書き換えステップと、

を行うことを特徴とする光パス設計方法。

【請求項 7】

前記再収容計算ステップにおいて、

前記整数線形計画法として、

目的関数をネットワーク全波長数の最小化とし、

制約を、

始点ノードから終点ノードまでの経路の合計が現在の光パス需要と同じとする制約；
波長変換無しとする制約；

各リンクの全変数の合計がリンク容量内に収まるようにする制約；

既に収容した光パスの経路及び波長を変更させない制約；

とし、各リンクの境界条件を現状の波長多重数以下とする

請求項 5 記載の光パス設計方法。

【請求項 8】

光ネットワークの光パスの経路を設計する光パス設計方法において、

波長変換を行わないノード装置から構成されるネットワークに対し、予め波長を割り当てる始点となるノードと終点となるノードの組み合わせである各対地に対し、需要計画に基づいて、経路及び波長を予約波長として予約し、光パス設定要求を取得すると、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を検索し、波長を割り当てる光パス設計装置が、

前記需要計画を上回る需要が発生した場合に、

入力された光パス開通要求を取得し、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を、ノード間の予約波長と「使用」、「未使用」の状態情報を格納したリソース管理情報データベースから検索するデータベース検索ステップと、

前記空き波長探索ステップで空き波長が得られない場合には、入力された物理トポジ、各対地間の全光パス需要、現状の波長多重数を用いて、整数線形計画法によりネットワーク内の使用中のリソースを含む全リソースに対する波長割り当てのための再収容設計を行う再収容計算ステップと、

前記再収容計算ステップで得られた経路及び波長に基づいて、前記リソース管理情報データベースの前記光パス開通要求の経路に対応する情報を更新するデータベース書き換えステップと、

を行い、

前記再収容計算ステップにおいて、

前記整数線形計画法の

目的関数をネットワーク全波長数の最小化とし、

制約を、

始点ノードから終点ノードまでの経路の合計が現在の光パス需要と同じとする制約；

波長変換無しとする制約；

10

20

30

40

50

各リンクの全変数の合計がリンク容量内に収まるようにする制約；
とし、各リンクの境界条件を現状の波長多重数以下とする
ことを特徴とする光パス設計方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光パス設計装置及び方法に係り、特に入力光伝送路から入力される波長多重信号光を各波長の信号に分波し、波長変換を行わないで所定の出力光伝送路にクロスコネクトするノード装置で構成されたネットワークにおける、ネットワークの光パス設計を行う光パス設計装置及び方法に関する。 10

【背景技術】

【0002】

複数の入力光伝送路から入力される波長多重信号光を各波長の信号に分岐し、波長変換を行わないで所定の出力光伝送路にクロスコネクトするノード装置で構成されたトランスペアレント光ネットワークにおいては、波長割り当てと共に波長リソース管理が問題となる。それを解決する方法として、例えば、波長開通要求前に、需要計画に基づいて経路及び波長を割り当て予約し、その設計結果に基づき光パスを割り当てる方法が考えられる（例えば、特許文献1参照）。これにより波長と経路の最適配置、並びに、光パス開通時間の短縮化の実現が可能となる。 20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2004-80666号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、需要計画よりも光パス需要が増加したノード間においては、動的な設計と比べ設備の見直しが多くなることが懸念される。以下、図11、図12を用いて従来の方式における課題について説明する。 30

【0005】

まず、図11のネットワーク構成において、図12の初期光パス設計方法を用いて、物理トポロジと対地間光パス需要を入力として、経路・波長の設計を行った結果が、ノードA-C間は、波長1、2、ノードA-B間、ノードB-C間に波長3、4となった場合を考える。この静的な設計において、ノードA-C間に2本、ノードA-B間、ノードB-C間に1本ずつの光パスを収容した状況の後、ノードA-C間で新たな需要が発生した場合、波長を割り当てることが不可能である。 40

【0006】

本発明は、上記の点に鑑みなされたもので、トランスペアレント光ネットワークでの経路及び波長を事前に設計した静的な設計において、需要計画との乖離が生じた場合の波長と経路の再設計を行い、設備増設割合を減らすことを実現するための光パス設計装置及び方法を提供することを目的とする。 40

【課題を解決するための手段】

【0007】

図1は、本発明の原理構成図である。

【0008】

本発明（請求項1）は、波長変換を行わないノード装置から構成されるネットワークに對し、予め波長を割り当てる始点となるノードと終点となるノードの組み合わせである各対地に対し、需要計画に基づいて、経路及び波長を予約波長として予約し、光パス設定要求を取得すると、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を検索し、波長を割り当てる光パス設計装置であって、 50

ノード間の予約波長と「使用」、「未使用」の状態情報を格納したリソース管理情報データベース60と、

入力された光パス開通要求を取得し、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長をリソース管理情報データベース60から検索するデータベース検索手段20と、

データベース検索手段20で得られた予約波長が、光パス開通要求に適合するかを判定し、適合しない場合は、リソース管理情報データベース60から、該光パス開通要求の経路上における空き波長を検索する空き波長探索手段30と、

空き波長探索手段30で得られた空き波長に基づいて、リソース管理情報データベース60の光パス開通要求の経路に対応する情報を更新するデータベース書き換え手段40と、を有する。

【0009】

本発明（請求項2）は、波長変換を行わないノード装置から構成されるネットワークに対し、予め波長を割り当てる始点となるノードと終点となるノードの組み合わせである各対地に対し、需要計画に基づいて、経路及び波長を予約波長として予約し、光パス設定要求を取得すると、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を検索し、波長を割り当てる光パス設計装置であって、

ノード間の予約波長と「使用」、「未使用」の状態情報を格納したリソース管理情報データベースと、

入力された光パス開通要求を取得し、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長をリソース管理情報データベースから検索するデータベース検索手段と、

データベース検索手段で得られた予約波長が、光パス開通要求に適合するかを判定し、適合しない場合は、リソース管理情報データベースから、該光パス開通要求の経路上における空き波長を検索する空き波長探索手段と、

空き波長探索手段で空き波長が得られない場合には、入力された物理トポロジ、各対地間の全光パス需要、現状の波長多重数を用いて、整数線形計画法によりネットワークの全空きリソースに対する波長割り当てのための再収容設計を行う再収容計算手段と、

再収容計算手段で得られた経路及び波長に基づいて、リソース管理情報データベースの光パス開通要求の経路に対応する情報を更新するデータベース書き換え手段と、を有する。

【0010】

また、本発明（請求項3）は、請求項2の光パス設計装置の再収容計算手段において、整数線形計画法として、

目的関数をネットワーク全波長数の最小化とし、

制約を、

始点ノードから終点ノードまでの経路の合計が現在の光パス需要と同じとする制約；
波長変換無しとする制約；

各リンクの全変数の合計がリンク容量内に収まるようにする制約；

既に収容した光パスの経路及び波長を変更させない制約；
とし、各リンクの境界条件を現状の波長多重数以下とする。

【0011】

本発明（請求項4）は、波長変換を行わないノード装置から構成されるネットワークに対し、予め波長を割り当てる始点となるノードと終点となるノードの組み合わせである各対地に対し、需要計画に基づいて、経路及び波長を予約波長として予約し、光パス設定要求を取得すると、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を検索し、波長を割り当てる光パス設計装置であって、

ノード間の予約波長と「使用」、「未使用」の状態情報を格納したリソース管理情報データベースと、

入力された光パス開通要求を取得し、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長をリソース管理情報データベースから検索するデータベース検索手段と、

空き波長探索手段で空き波長が得られない場合には、入力された物理トポロジ、各対地

10

20

30

40

50

間の全光パス需要、現状の波長多重数を用いて、整数線形計画法によりネットワーク内の使用中のリソースを含む全リソースに対する波長割り当てのための再収容設計を行う再収容計算手段と、

再収容計算手段で得られた経路及び波長に基づいて、リソース管理情報データベースの光パス開通要求の経路に対応する情報を更新するデータベース書き換え手段と、を有し、

再収容計算手段は、

整数線形計画法の

目的関数をネットワーク全波長数の最小化とし、

制約を、

始点ノードから終点ノードまでの経路の合計が現在の光パス需要と同じとする制約；
波長変換無しとする制約；

各リンクの全変数の合計がリンク容量内に収まるようにする制約；
とし、各リンクの境界条件を現状の波長多重数以下とする。

【0012】

図2は、本発明の原理を説明するための図である。

【0013】

本発明（請求項5）は、光ネットワークの光パスの経路を設計する光パス設計方法において、

波長変換を行わないノード装置から構成されるネットワークに対し、予め波長を割り当てる始点となるノードと終点となるノードの組み合わせである各対地に対し、需要計画に基づいて、経路及び波長を予約波長として予約し、光パス設定要求を取得すると、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を検索し、波長を割り当てる光パス設計装置が、

入力された光パス開通要求を取得し（ステップ1）、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を、ノード間の予約波長と「使用」、「未使用」の状態情報を格納したリソース管理情報データベースから検索する（ステップ2）データベース検索ステップと、

データベース検索手段で得られた予約波長が、光パス開通要求に適合するかを判定し、適合しない場合は、リソース管理情報データベースから、該光パス開通要求の経路上における空き波長を検索する空き波長探索ステップ（ステップ3）と、

空き波長探索手段で得られた空き波長に基づいて、リソース管理情報データベースの光パス開通要求の経路に対応する情報を更新するデータベース書き換えステップ（ステップ4）と、を行う。

【0014】

本発明（請求項6）は、光ネットワークの光パスの経路を設計する光パス設計方法において、

波長変換を行わないノード装置から構成されるネットワークに対し、予め波長を割り当てる始点となるノードと終点となるノードの組み合わせである各対地に対し、需要計画に基づいて、経路及び波長を予約波長として予約し、光パス設定要求を取得すると、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を検索し、波長を割り当てる光ネットワーク設計装置が、

入力された光パス開通要求を取得し、該光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を、ノード間の予約波長と「使用」、「未使用」の状態情報を格納したリソース管理情報データベースから検索するデータベース検索ステップと、

データベース検索ステップで得られた予約波長が、光パス開通要求に適合するかを判定し、適合しない場合は、リソース管理情報データベースから、該光パス開通要求の経路上における空き波長を検索する空き波長探索ステップと、

空き波長探索ステップで空き波長が得られない場合には、入力された物理トポロジ、各対地間の全光パス需要、現状の波長多重数を用いて、整数線形計画法によりネットワークの全空きリソースに対する波長割り当てのための再収容設計を行う再収容計算ステップと、

10

20

30

40

50

再収容計算ステップで得られた経路及び波長に基づいて、リソース管理情報データベースの光パス開通要求の経路に対応する情報を更新するデータベース書き換えステップと、を行う。

【0015】

また、本発明（請求項7）は、請求項6の光パス設計方法の再収容計算ステップにおいて、

整数線形計画法として、
目的関数をネットワーク全波長数の最小化とし、
制約を、
始点ノードから終点ノードまでの経路の合計が現在の光バス需要と同じとする制約；
波長変換無しとする制約；
各リンクの全変数の合計がリンク容量内に収まるようにする制約；
既に収容した光バスの経路及び波長を変更させない制約；
とし、各リンクの境界条件を現状の波長多重数以下とする。
10

【0016】

本発明（請求項8）は、光ネットワークの光バスの経路を設計する光バス設計方法において、

波長変換を行わないノード装置から構成されるネットワークに対し、予め波長を割り当てる始点となるノードと終点となるノードの組み合わせである各対地に対し、需要計画に基づいて、経路及び波長を予約波長として予約し、光バス設定要求を取得すると、該光バス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を検索し、波長を割り当てる光バス設計装置が、
20

入力された光バス開通要求を取得し、該光バス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を、ノード間の予約波長と「使用」、「未使用」の状態情報を格納したリソース管理情報データベースから検索するデータベース検索ステップと、

空き波長探索ステップで空き波長が得られない場合には、入力された物理トポロジ、各対地間の全光バス需要、現状の波長多重数を用いて、整数線形計画法によりネットワーク内の使用中のリソースを含む全リソースに対する波長割り当てのための再収容設計を行う再収容計算ステップと、

再収容計算ステップで得られた経路及び波長に基づいて、リソース管理情報データベースの光バス開通要求の経路に対応する情報を更新するデータベース書き換えステップと、
30

を行い、
再収容計算ステップにおいて、
整数線形計画法の
目的関数をネットワーク全波長数の最小化とし、
制約を、
始点ノードから終点ノードまでの経路の合計が現在の光バス需要と同じとする制約；
波長変換無しとする制約；
各リンクの全変数の合計がリンク容量内に収まるようにする制約；
とし、各リンクの境界条件を現状の波長多重数以下とする。
40

【発明の効果】

【0017】

上記のように本発明によれば、予め各対地（ノード装置間）に設定数だけの経路及び予約波長として予約した静的な設計において、図3(a)のようにノードA-C間で計画よりも需要の増加が発生した場合に、空きリソースを見つけて図3(b)のように再収容設計をしなおして波長を割り当てる。これにより、経路及び波長を事前に設計した設計においても設備増設を抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の原理構成図である。

【図2】本発明の原理を説明するための図である。
50

【図3】本発明の効果を説明するための図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態における光パス設計装置の構成図である。

【図5】本発明の第1の実施の形態における再収容設計アルゴリズムのフローチャートである。

【図6】本発明の第1、第2、第3の実施の形態におけるリソース管理情報DBの格納例(その1)である。

【図7】本発明の第1、第2、第3の実施の形態におけるリソース管理情報DBの格納例(その2)である。

【図8】本発明の第2、第3の実施の形態における光パス設計装置の構成図である。

【図9】本発明の第2の実施の形態における再収容設計アルゴリズムのフローチャートである。 10

【図10】本発明の第3の実施の形態における再収容設計アルゴリズムのフローチャートである。

【図11】従来技術の問題点を説明するための図である。

【図12】光パス開通要求前における初期光パス設計方法である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、図面と共に本発明の実施の形態を説明する。

【0020】

最初に、以下で用いる用語について説明する。

【0021】

「ノード装置」とは、入力光伝送路(リンク)から入力された波長多重光信号を波長ごとに分離し、分離した光信号毎に所望の出力光伝送路に出力するように振り分け、同一の出力光伝送路に出力する光信号を合波する機能を有する装置である。但し、本明細書におけるノード装置は、装置内で光-電気変換及び電気-光変換機能を有しない。また、入力された光信号の波長を任意の波長に変換して出力する波長変換機能を有さない。例えば、2-D MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)スイッチ、3-D MEMSスイッチの入力側に波長分波器を、出力側に波長合波器を配置した光クロスコネクト装置が相当する。

【0022】

「トランスペアレント光ネットワーク」もしくは「光ネットワーク」とは、これらのノードをメッシュ状に接続したものである。 30

【0023】

「光パス」とは、複数のノード装置と、そのノード装置間を接続する伝送路と、から構成されるトランスペアレント光ネットワークにおいて、任意のノード装置と任意のノード装置の間に定義される光通話路であり、経由するノード装置においては、前記の波長分離、光信号振り分け、波長合波、を行うことで、任意の2つのノード装置間に光パスを構築することができる。ノード装置においては前記のように、波長変換機能を有さないことにより、ある光パスは始点のノード装置と終点のノード装置との間で複数の中継のノード装置を経由した場合でも、始点のノード装置と終点のノード装置の間では同一の波長で振り分けを行いながら接続される。この光パスには、クライアント信号として、例えば、TDM(Time Division Multiplexing)パス、Ethernet(登録商標)、MPLS(Multi Protocol Label Switching)のLabel Switched Path、または、それらをグループ化したVCAT(Virtual Concatenation)、Link Aggregation等が重畠される。 40

【0024】

「予約波長」とは、光パス開通要求時に、需要計画に基づいて各対地間で使用する波長を事前に設計し、予約したものである。

【0025】

[第1の実施の形態]

本実施の形態は、予め波長を割り当てる始点となるノードと終点となるノードの組み合わせである各対地に対し、需要計画に基づいて、経路及び波長を予約波長として予約し、

10

20

30

40

50

光パス設定要求を取得すると、当該光パス設定要求と同じ対地を持つ予約波長を検索し、波長を割り当てる。このとき、需要計画を上回る需要が発生した場合に、需要が増加したノード間の経路上における空き波長を探索し、再度波長を設計しなおすものである。なお、ここで、需要計画を上回る需要とは、当該光パス設計装置の外部にあるネットワーク管理装置において、光パス需要計画と光パス需要実績の差分を求め、需要実績が光パス需要計画を上回っている場合に、当該ネットワーク管理装置から光パス設計装置を起動させるための通知を送出するものとする。なお、当該ネットワーク管理装置については本発明の範囲外であり、需要計画と需要実績を比較可能な手段を有するものであれば、これに限定されるものではない。

【0026】

10

図4は、本発明の第1の実施の形態における光パス設計装置の構成を示す。

【0027】

同図に示す光パス設計装置は、入力部10、データベース検索部20、空き波長探索部30、データベース書き換え部40、出力部50、リソース管理情報DB60から構成される。

【0028】

図5は、本発明の第1の実施の形態における再収容設計アルゴリズムのフローチャートである。

【0029】

ステップ101) 入力部10は、光パス開通要求(対地情報)を取得し、データベース検索部20に渡す。

20

【0030】

ステップ102) データベース検索部20は、光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長をリソース管理情報DB60から検索する。

【0031】

ステップ103) ここで光パス開通要求に適合する予約波長がない場合は、ステップ104に移行する。予約波長がある場合はステップ107に移行する。

【0032】

ステップ104) 空き波長探索部30は、リソース管理情報DB60にアクセスし、光パス開通要求のノード間と同一経路上で空き波長があるか探索する。空き波長がない場合はステップ105に移行し、ある場合はステップ106に移行する。

30

【0033】

ステップ105) 空き波長がない場合は、適合する予約波長が残存しないことを光パス開通要求元に通知し、処理を終了する。

【0034】

ステップ106) データベース書き換え部40は、適合する予約波長がある場合は、割り当て波長を決定し、リソース管理情報DB60のデータを書き換える。

【0035】

ステップ107) 出力部50は、経路・波長情報を光パス開通要求元に通知する。

40

【0036】

次に、リソース管理情報DB60の管理例について、図6、図7を用いて説明する。

【0037】

リソース管理情報DB60は、予約波長群毎に、予約波長、波長、状態(使用中/未使用)を格納する。

【0038】

リソース管理情報DB60は、例えば、図6のように事前設計でノードA-C間は、波長1、2、3が予約波長として設計されており、同様にノードA-B間は波長4、5が予約波長として、ノードB-C間は波長4、5、6が予約波長として設計されている状況を考える。今、ノードA-C間では光パス需要が1本、ノードA-B間は光パスが1本存在していた場合は、リソース管理情報DB60は、予約波長「ア」と及び「

50

工」が"使用中"となり、その他は"未使用"となる。

【0039】

次に、ノードA - C間で3本の光パス開通要求が発生した場合、図7のように空き波長探索部30において、リソース管理情報DB60を探索することにより、同一経路上において予約波長群AB及び予約波長群ACから予約波長の空きがあることを検出し、そこから取り出して、データベース書き換え部40に予約波長群ACの管理情報に更新させる。

【0040】

以上説明した手順により、光ネットワーク設計管理システムが実現する。

【0041】

[第2の実施の形態]

本実施の形態は、波長変換を行わないノード装置から構成されるネットワークに対し、予め、波長を割り当てる始点となるノードと終点となるノードの組み合わせである各対地に対し、需要計画に基づいて、経路及び波長番号を予約波長として予約し、光パス設定要求を取得すると、光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を検索し、波長を割り当てる。このとき、需要計画を上回る需要が発生した場合に、ネットワークの全空きリソースにおいて、既に設定されている光パスの再収容は行わずに（既に設定されている光パスの経路と波長は変化させない）、修正後の需要計画でまだ設定されていないパスを再収容計算対象として、経路及び波長を設計しなおすものである。

10

【0042】

図8は、本発明の第2の実施の形態における光パス設計装置の構成を示す。同図において、図4と同一構成部分には同一符号を付す。

20

【0043】

同図に示す光パス設計装置は、入力部10、データベース検索部20、再収容計算入力部70、再収容計算部80、データベース書き換え部40、出力部50、リソース管理情報DB60から構成される。

【0044】

図9は、本発明の第2の実施の形態における再収容設計アルゴリズムのフローチャートである。

【0045】

ステップ201) 入力部10は、光パス開通要求（対地情報）を取得し、データベース検索部20に渡す。

30

【0046】

ステップ202) データベース検索部20は、開通要求光パスと同じ対地を持つ予約波長をリソース管理情報DB60から検索する。

【0047】

ステップ203) ここで、光パス開通要求に適合する予約波長がない場合は、ステップ204に移行する。予約波長がある場合はステップ209に移行する

ステップ204) 再収容計算入力部70において、外部のネットワーク情報管理装置100から以下の

40

- ・物理トポロジ（ノード間の接続状態）；
- ・各リンクの最大波長多重数；
- ・現状の波長多重数 $W = w_0$ ；
- ・光パス需要情報における計画と実績の差分情報；

を取得し、かつ、リソース管理情報DB60より、全ての予約波長群の波長情報、並びに、その使用状態を取得し、再収容計算部80に渡す。なお、上記ではネットワーク情報管理装置100から物理トポロジ情報等を取得する例を示したが、この例に限定されることはなく、オンラインまたはオフラインで入力されても、または、画面上から操作者が入力して、行列形式で表現する接続行列に変換する方法等も考えられる。

【0048】

ステップ205) 再収容計算部80は、波長割り当てのための再収容設計を行う。当

50

該再収容計算部 80 の再収容計算の対象となるものは、修正後の需要計画でまだ設定されていないパスであり、計画にはあったがまだ設定されていない光パスと需要の増加で変動のあった光パスを合算した修正後の需要計画の光パスである。再収用計算の際のリソースは、現在使われていない波長のみを対象とする。

【0049】

ここで、再収容計算は、整数線形計画法ではなく、発見的アルゴリズムを用いる方法でも可能である。例えば、First Fitアルゴリズム（文献：H. Chang. et al., "A Review of Routing and Wavelength Assignment Approaches for Wavelength-Routed Optical WDM NETWORKS MAGAZINE, Vol. 47-60, January 2000.) で実現することが可能である。

【0050】

本実施の形態における整数線形計画法は、目的関数をネットワーク全波長数の最小化、制約を、

1) 光パス需要制約（始点から終点までの経路の合計が現在の光パス需要と同じとする制約）

2) 波長割当制約（波長変換なしとする制約）

3) リンク容量制約（各リンクの全変数の合計がリンク容量内に収まるようにする制約）

4) 光パス開通制約（既に収容した光パスの経路及び波長を変更させない制約）
とし、各リンクの境界条件を現状の波長多重数以下とする。

【0051】

以下に、波長割当整数線形計画法の例を示す。

【0052】

- ・目的関数

【0053】

【数1】

$$\min \text{imize} \sum_{e \in E} y_e.$$

・光パス需要制約
【0054】

【数2】

$$\sum_{w=1}^W \left(\sum_{k \in K} x_{k,w} \right) = D_{s,d}, \forall (s, d) \in V, s < d.$$

・波長割当制約
【0055】

【数3】

$$\sum_{k \in K} \delta_{k,e} x_{k,w} \leq 1, \forall e \in E.$$

・リンク容量制約
【0056】

10

20

30

40

【数4】

$$\sum_{w=1}^W \left(\sum_{k \in K} \delta_{k,e} x_{k,w} \right) - y_e \leq 0, \forall e \in E.$$

・開通済み光パス制約

【0 0 5 7】

【数5】

$$x_{k,w}^0 = 1, \forall k \in K, \forall w \in W.$$

・境界条件

【0 0 5 8】

【数6】

$$0 \leq y_e \leq W, \forall e \in E.$$

10

20

但し、

V ：ノードの集合；

E ：リンクの集合

$x_{k,w}$ ：始点から終点ノードの経路の波長数

$x_{k,w}^0$ ：始点から終点ノードの開通済経路の波長数

y_e ：リンク e 内の波長数

s, d ：始点ノード、終点ノード

W ：波長多重数

K ：始点から終点ノードの全経路の集合 ($s < d$)

$D_{s,d}$ ：始点から終点ノードの光パス需要 ($s < d$)

$\delta_{k,e}=1$ ：経路 k にリンク e が含まれている場合

$\delta_{k,e}=0$ ：経路 k にリンク e が含まれていない場合

30

とする。

【0 0 5 9】

ステップ206) ステップ205を解くことにより解が得られた場合はステップ208に移行し、得られなかった場合はステップ207に移行する。

【0 0 6 0】

ステップ207) 解が得られなかった場合は空きリソースがないことを光パス開通要求元に回答し、当該処理を終了する。

【0 0 6 1】

ステップ208) データベース書き換え部40は、ステップ205の計算により得られた解（経路・波長）でリソース管理情報DB60の内容を書き換える。

40

【0 0 6 2】

ステップ209) 出力部50は、光パス開通要求に適合する経路・波長を出力する。

【0 0 6 3】

以上説明した手順により、光ネットワーク設計管理システムが実現する。

【0 0 6 4】

[第3の実施の形態]

本実施の形態は、波長変換を行わないノード装置から構成されるネットワークに対し、予め、波長を割り当てる始点となるノードと終点となるノードの組み合わせである各対地

50

に対し、需要計画に基づいて、経路及び波長番号を予約波長として予約し、光パス設定要求を取得すると、光パス開通要求と同じ対地を持つ予約波長を検索し、波長を割り当てる。このとき、需要計画を上回る需要が発生した場合に、ネットワーク内の使用中のリソースを含む全リソースに対して、再度の経路及び波長を設計しなおすものである。

【0065】

本実施の形態における光パス設計装置の構成は図8に示す第2の実施の形態と同様であるが、動作は、図10に示すように、ステップ304, 305が異なる。ステップ304において、外部のネットワーク情報管理装置100から取得するのは、

- ・物理トポロジ(ノード間の接続状態)；
- ・各リンクの最大波長多重数；
- ・現状の波長多重数 $W = w_0$ ；
- ・修正後の各対地の全光パス需要；

である。

【0066】

また、ステップ305では、再収容計算部80では、既に設定されている光パスの経路と波長を設定しなおすことで、需要の修正後の全体の計画を含めて、コストが最小となるのであれば、既に設定されている光パスも再収容計算対象とする。つまり、再収容計算対象となるのは、修正後の重要計画の全てであり、再収容計算の際のリソースは、現在使われている波長と使われていない波長の全てのリソースである。このため、再収容計算部80の整数線形計画法の制約が第2の実施の形態と異なる。

10

20

【0067】

第2の実施の形態の制約4)光パス開通制約(既に収容した光パスの経路及び波長を変更させない制約)をなくすことで実現される。

【0068】

本実施の形態における再収容計算機能部の制約の例を以下に示す。

【0069】

- ・目的関数

【0070】

【数7】

30

$$\minimize \sum_{e \in E} y_e.$$

- ・光パス需要制約

【0071】

【数8】

40

$$\sum_{w=1}^W \left(\sum_{k \in K} x_{k,w} \right) = D_{s,d}, \forall (s, d) \in V, s < d.$$

- ・波長割当制約

【0072】

【数9】

$$\sum_{k \in K} \delta_{k,e} x_{k,w} \leq 1, \forall e \in E, \forall w \in W.$$

- ・リンク容量制約

【0073】

50

【数10】

$$\sum_{w=1}^W \left(\sum_{k \in K} \delta_{k,e} x_{k,w} \right) - y_e \leq 0, \forall e \in E.$$

・境界条件

【0074】

【数11】

$$0 \leq y_e \leq W, \forall e \in E.$$

10

20

30

40

但し、

V：ノードの集合；

E：リンクの集合

$x_{k,w}$ ：始点から終点ノードの経路の波長数

y_e ：リンク e 内の波長数

s, d：始点ノード、終点ノード

W：波長多重数

K：始点から終点ノードの全経路の集合 ($s < d$)

$D_{s,d}$ ：始点から終点ノードの光パス需要 ($s < d$)

$\delta_{k,e}=1$ ：経路 k にリンク e が含まれている場合

$\delta_{k,e}=0$ ：経路 k にリンク e が含まれていない場合

とする。

【0075】

以上説明した手順により、光ネットワーク設計管理システムが実現する。

【0076】

上記のように、本発明は、予め各対地（ノード間）に設定だけの経路及び波長を予約波長として予約した静的な設計において、設計時の予測よりも需要の増加が発生した場合に空きリソースを見つけて、再収容設計をし直して、波長を割り当てることにより、経路及び波長を事前に設計した静的な設計においても設備増設を抑えることが可能となる。

【0077】

なお、本発明は、上記の実施の形態に限定されることなく、特許請求の範囲内において種々変更・応用が可能である。

【産業上の利用可能性】

【0078】

本発明は、光ネットワークの光パス設計技術に適用可能である。

【符号の説明】

【0079】

10 入力部

20 データベース検索手段、データベース検索部

30 空き波長探索手段、空き波長探索部

40 データベース書き換え手段、データベース書き換え部

50 出力部

60 リソース管理情報 DB (データベース)

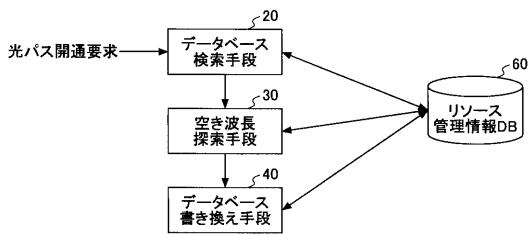
70 再収容計算入力部

80 再収容計算部

100 ネットワーク情報管理装置

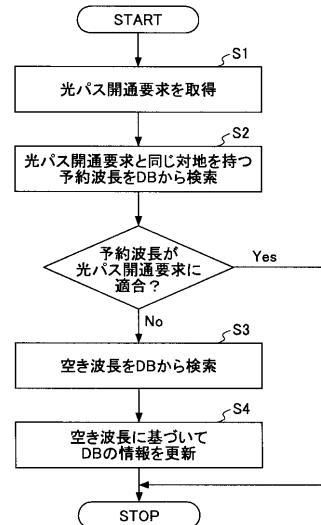
【図1】

本発明の原理構成図



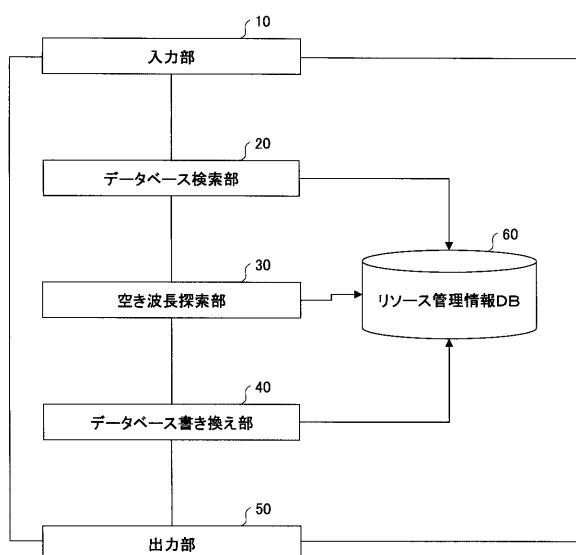
【図2】

本発明の原理を説明するための図



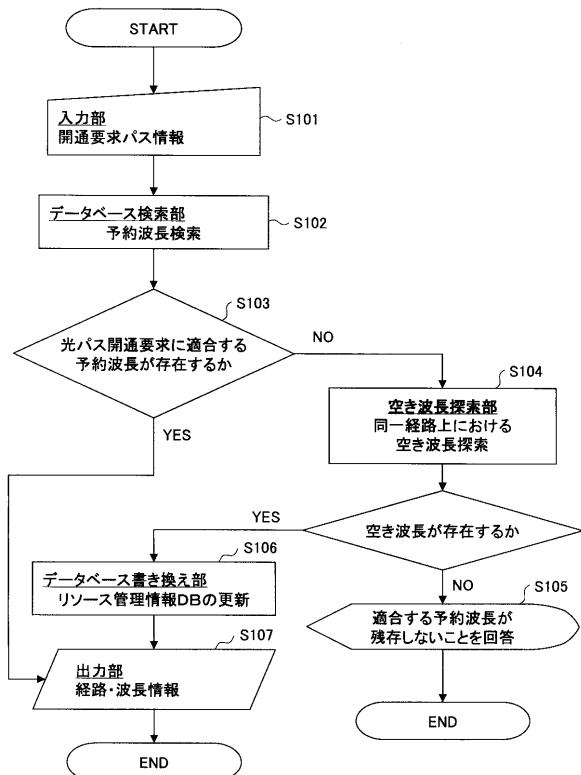
【図4】

本発明の第1の実施の形態における光パス設計装置の構成図



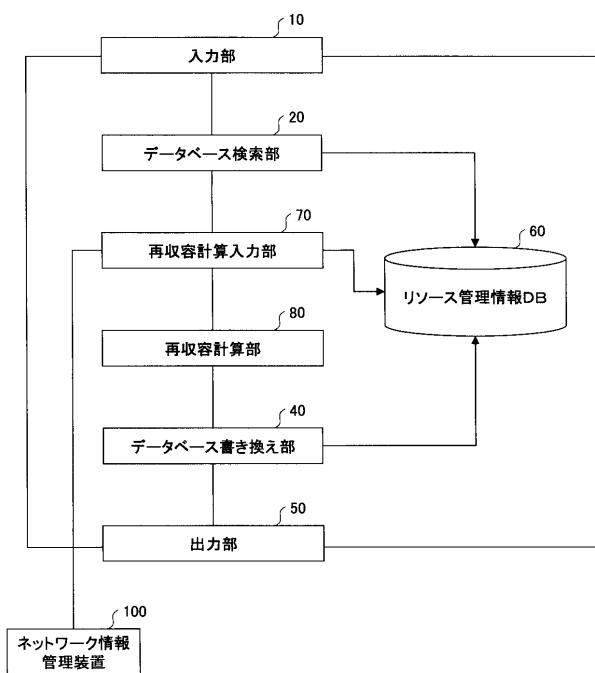
【図5】

本発明の第1の実施の形態における再収容設計アルゴリズムのフローチャート



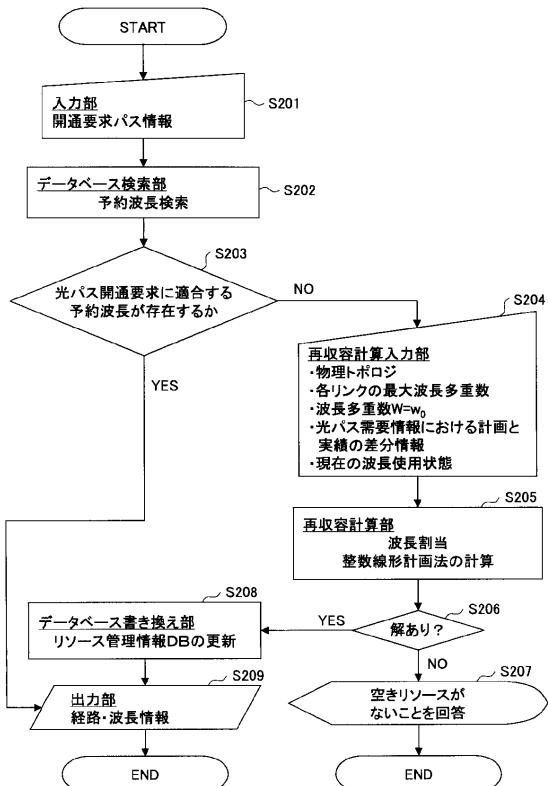
【図 8】

本発明の第2、第3の実施の形態における光バス設計装置の構成図



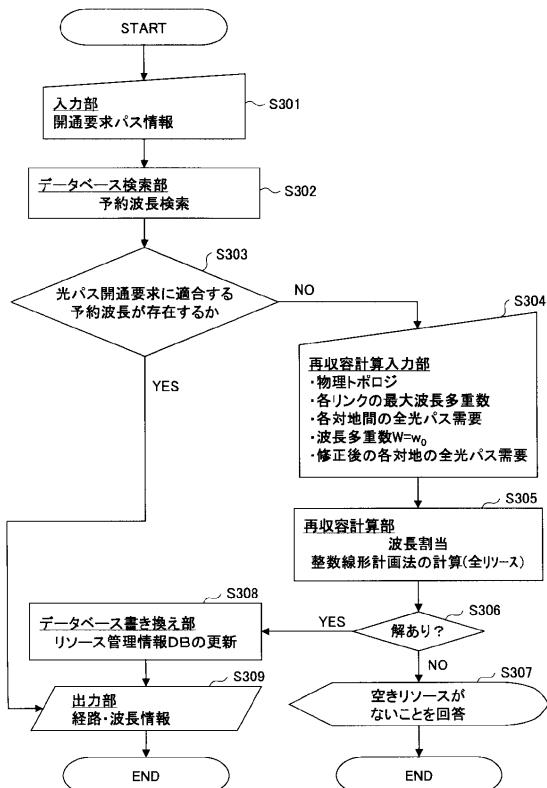
【図 9】

本発明の第2の実施の形態における再収容設計アルゴリズムのフローチャート



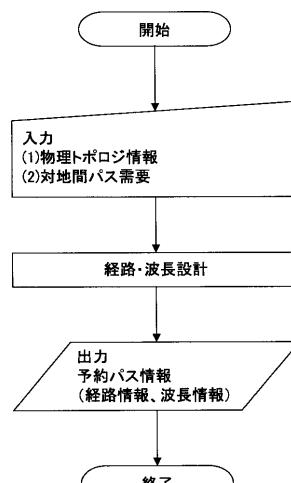
【図 10】

本発明の第3の実施の形態における再収容設計アルゴリズムのフローチャート



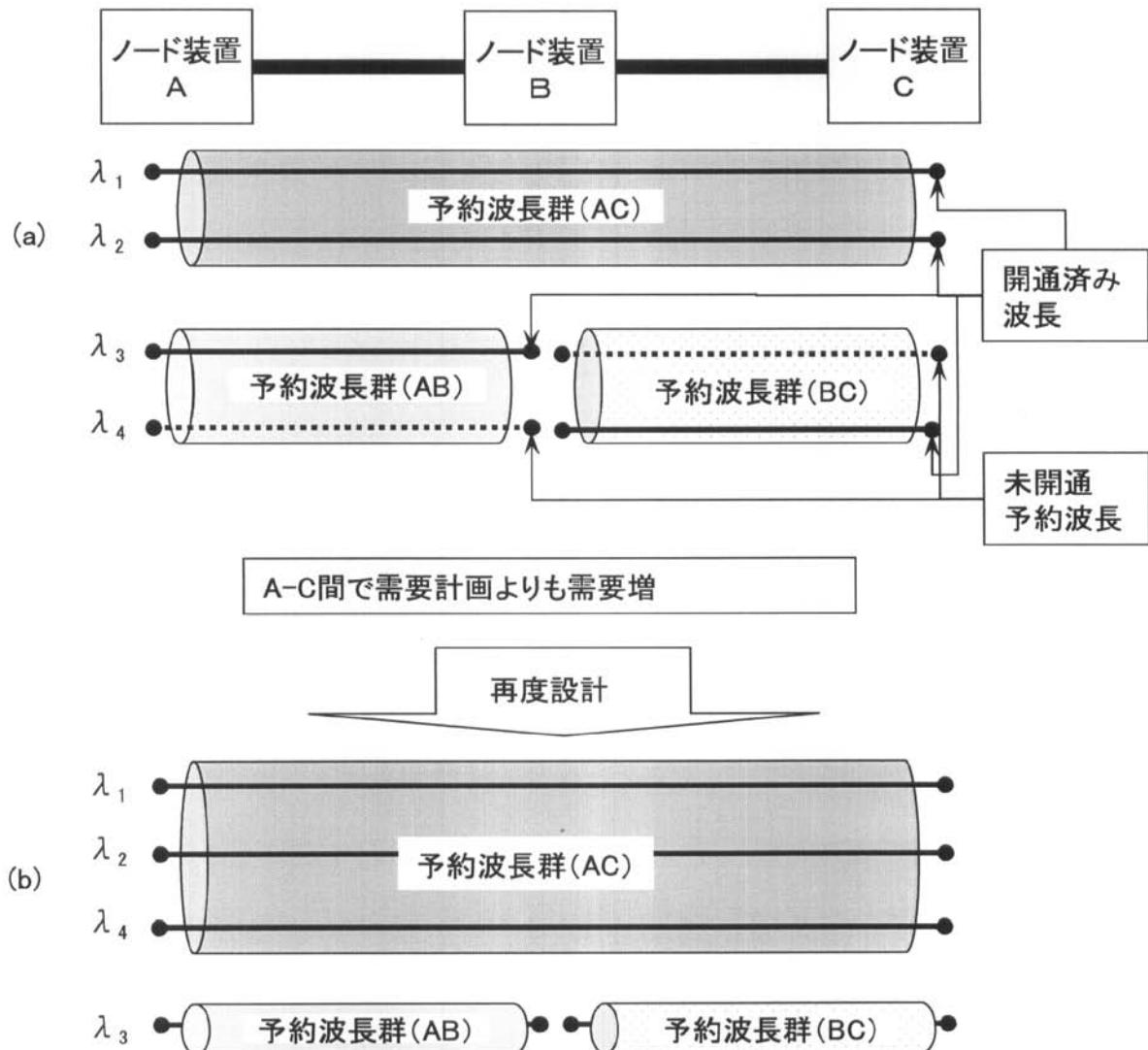
【図 12】

光バス開通要求前における初期光バス設計方法



【図3】

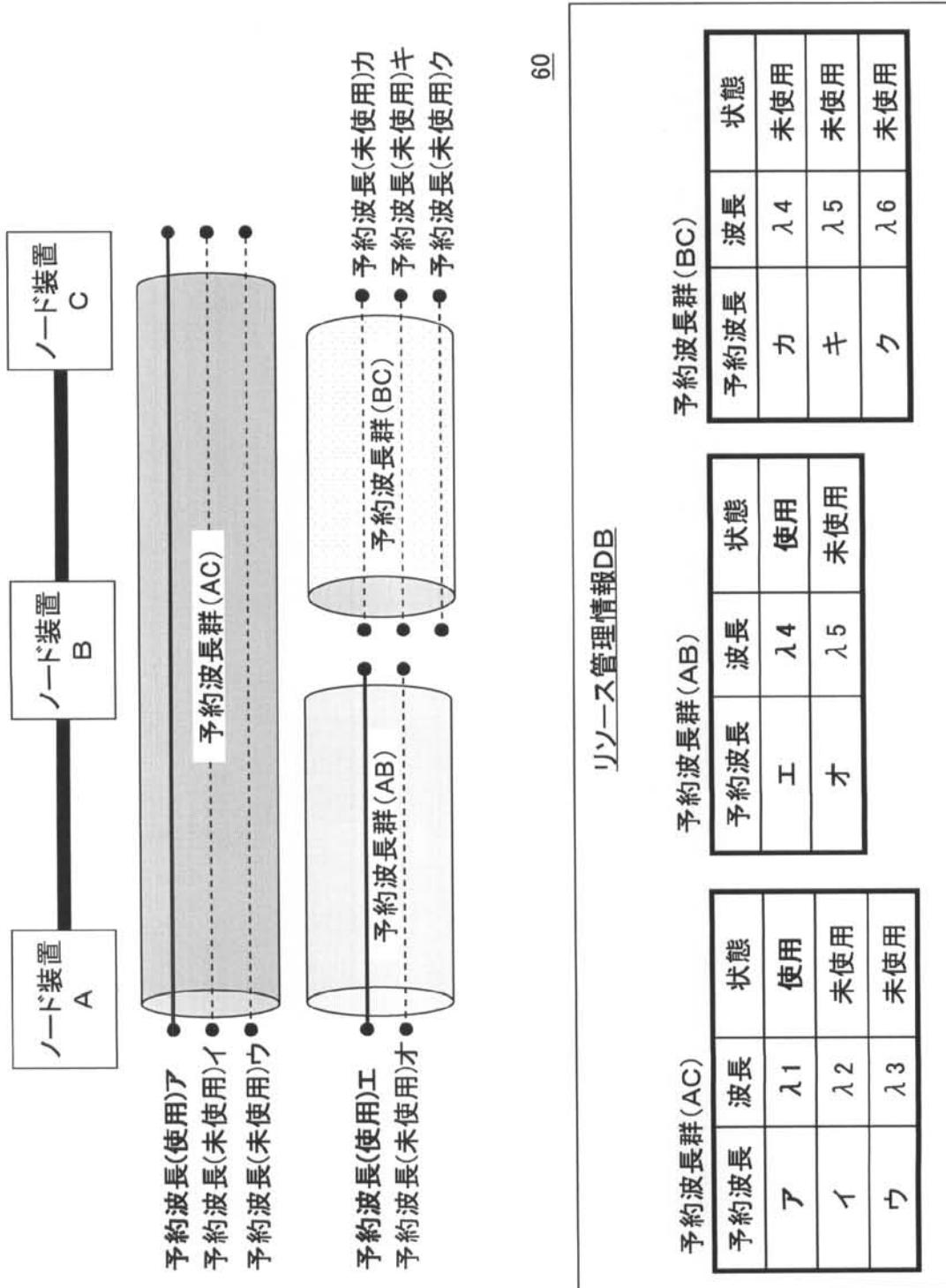
本発明の効果を説明するための図



再度経路・波長の設計を行なうことで空きリソースを有効に使う。

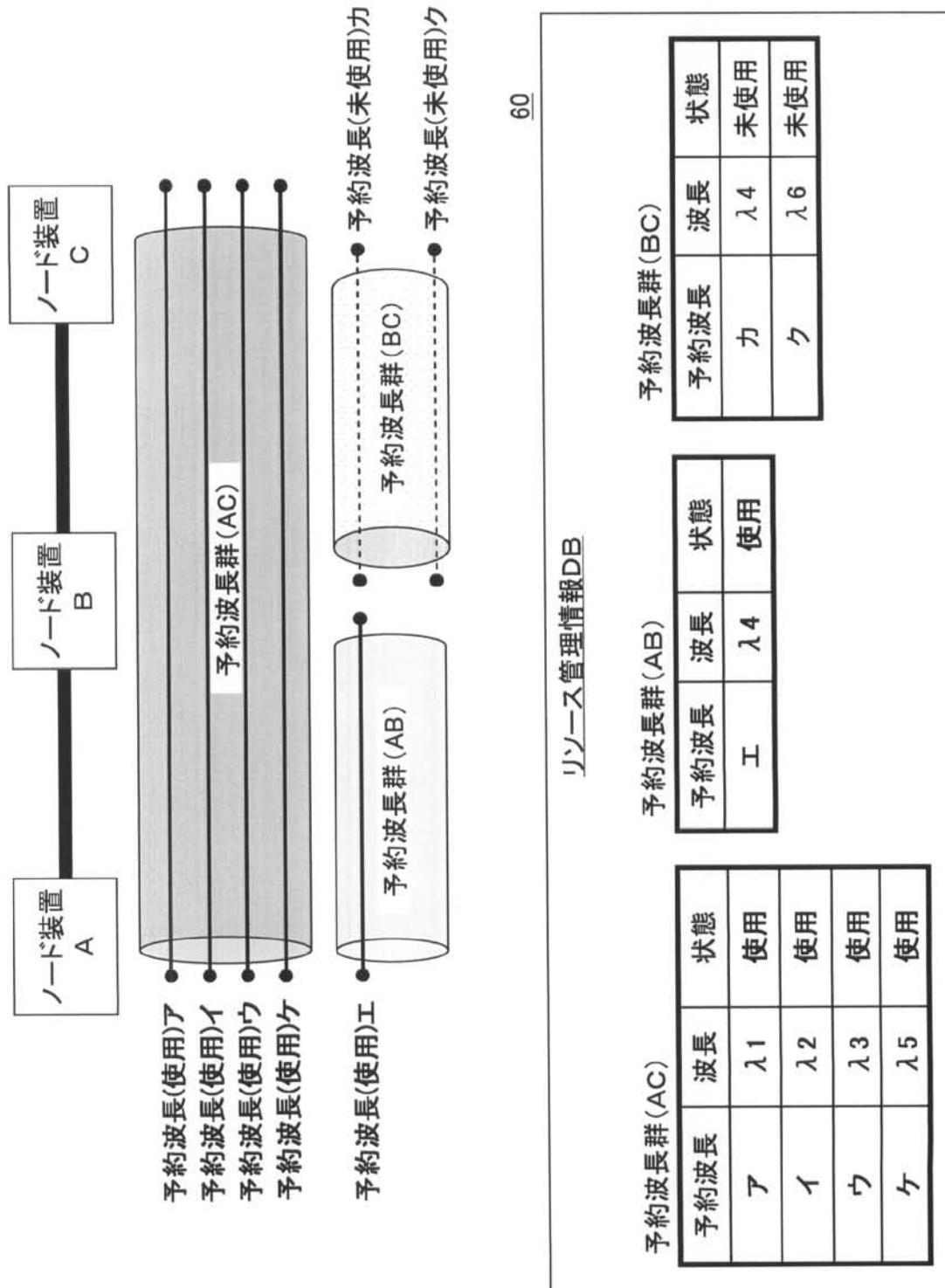
【図6】

本発明の第1、第2、第3の実施の形態における
リソース管理情報DBの格納例(その1)



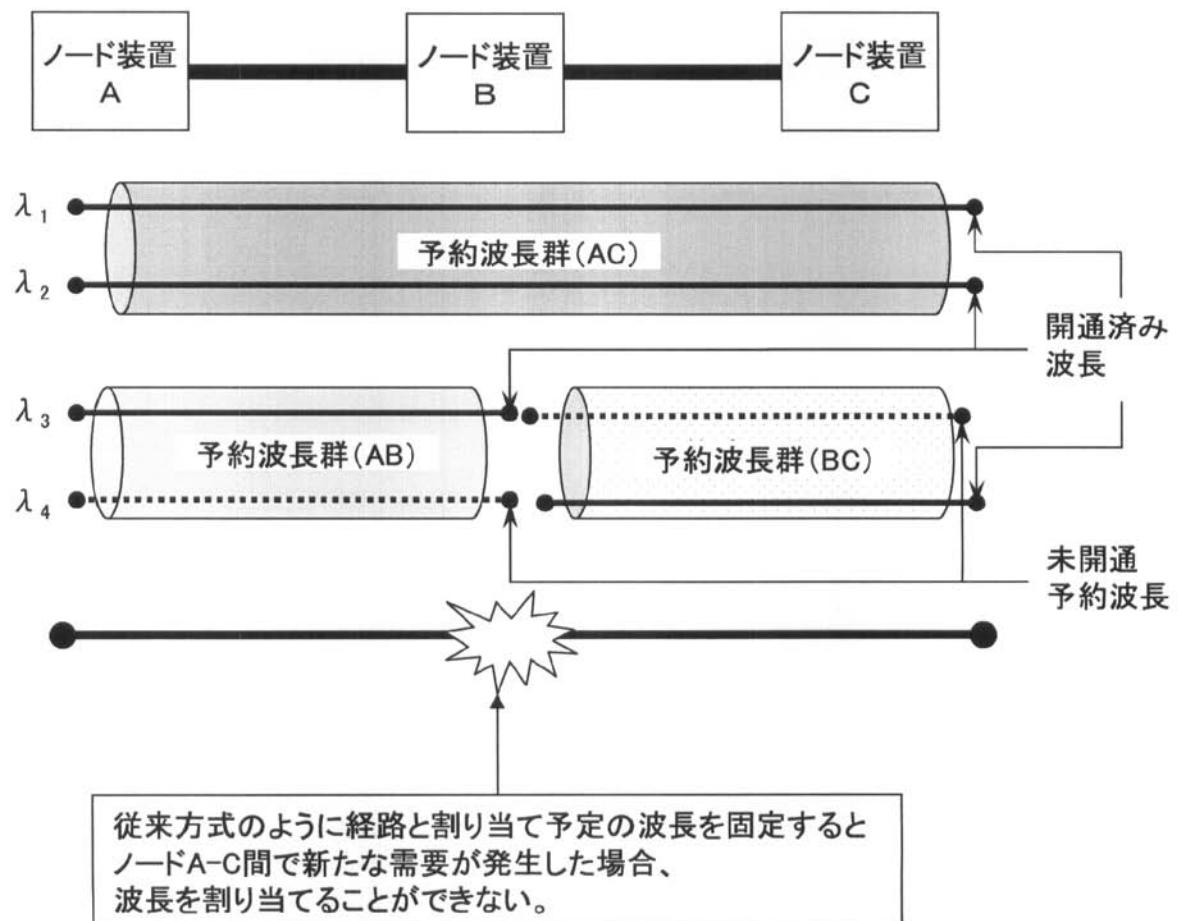
【図7】

本発明の第1、第2、第3の実施の形態における
リソース管理情報DBの格納例(その2)



【図 11】

従来技術の問題点を説明するための図



フロントページの続き

(72)発明者 曽根 由明
東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 神野 正彦
東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

F ターム(参考) 5K030 GA14 JA10 JL03 KA05 KA07 MD07