

(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2006-166316

(P2006-166316A)

(43) 公開日 平成18年6月22日(2006.6.22)

(51) Int. Cl.	F I			テーマコード (参考)	
HO4L 12/56 (2006.01)	HO4L 12/56	A	5K030		
HO4B 10/20 (2006.01)	HO4B 9/00	N	5K102		

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2004-358076 (P2004-358076)	(71) 出願人	000000295
(22) 出願日	平成16年12月10日 (2004.12.10)		沖電気工業株式会社
	(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願 (平成16年度独立行政法人情報通信研究機構「フ	(74) 代理人	100085419
	ォトニックネットワークに関する光アクセス網高速広帯		弁理士 大垣 孝
	域通信技術研究開発」委託研究、産業活力再生特別措置	(72) 発明者	中平 佳裕
	法第30条の適用を受けるもの)		東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電
			気工業株式会社内
		Fターム(参考)	5K030 GA11 HB14 JL03 LB01 MA04
			MB04
			5K102 AA34 AL02 MA05 MB11 NA01

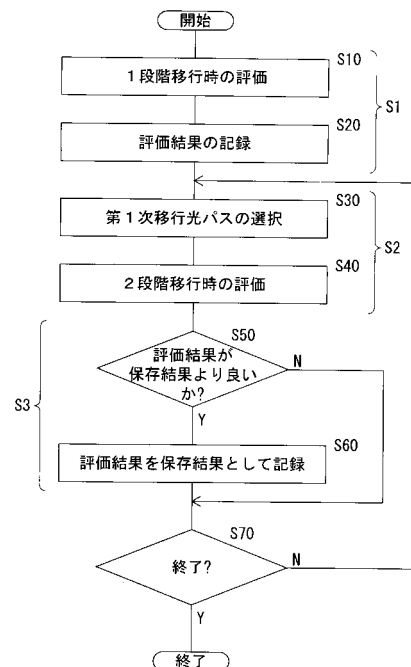
(54) 【発明の名称】 光通信ネットワークにおける光パス再配置方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 光パス配置の再配置にあたり、ネットワークの状態に応じて、1段階で移行を行うか、2段階で移行を行うかを判断することによってパケット損失量を減らす。

【解決手段】 複数のルータと、複数の光スイッチと、ルータ及び光スイッチ間又は光スイッチ同士間を接続する光ファイバ、管理装置とを備える光通信ネットワークで実施される。まず、1段階移行によるパケット損失量を評価して第1評価値を求める。次に、2段階移行により光パス配置を変更する際に、変更する光パス群を二分して、一方の光パス群を第1次移行光パスとして選択し、他方の光パス群を第2次移行光パスとする。その後、2段階移行により光パス配置を移行する際のパケット損失量を評価して第2評価値とする。第2評価値が第1評価値よりも小さい場合は、第1評価値を、第2評価値で置き換える。処理終了条件を満たすまで、上述の過程を繰り返し行う。

【選択図】 図4



第1実施形態の管理装置の処理フロー

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のルータと、複数の光スイッチと、ルータ及び光スイッチ間又は光スイッチ同士間を接続する光ファイバと、管理装置とを備える光通信ネットワークで光パスを再配置するに当たり、

1 段階移行により光パス配置を変更する際の packets 損失量を評価して第 1 評価値を求める 1 段階 packets 損失評価過程と、

前記第 1 評価値を記憶装置に記録する第 1 評価値記録過程と、

第 1 次移行及び第 2 次移行の 2 段階移行により光パス配置を変更する際に、変更する光パス群を二分した一方の光パス群を第 1 次移行光パスとして選択し、他方の光パス群を第 2 次移行光パスとする第 1 次移行光パス選択過程、及び、2 段階移行により光パス配置を変更する際の packets 損失量を評価して第 2 評価値を求める 2 段階 packets 損失評価過程を含む 2 段階移行評価過程と、

該第 2 評価値を前記第 1 評価値と比較して、該第 2 評価値が前記第 1 評価値よりも小さい場合には、第 1 評価値を該第 2 評価値で置き換えた後、該第 1 評価値と、前記第 1 次及び第 2 次移行光パスとを前記記憶装置に記録する比較過程とを備え、

予め記憶装置に記録されている処理終了条件を読み出してきて、該処理終了条件を満たすまで、前記 2 段階移行評価過程、及び前記比較過程を繰り返し行うことを特徴とする光通信ネットワークにおける光パス再配置方法。

【請求項 2】

前記第 1 次移行光パス選択過程において、複数の第 1 次移行パス及び第 2 次移行パスの組を同時に選択し、及び、前記 2 段階 packets 損失評価過程において、選択された複数の第 1 次移行パス及び第 2 次移行パスの組のそれぞれに関する packets 損失量を同時に求めて、求められた前記複数の packets 損失量の中で最も小さい packets 損失量を第 2 評価値とする

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光通信ネットワークにおける光パス再配置方法。

【請求項 3】

複数のルータと、複数の光スイッチと、ルータ及び光スイッチ間又は光スイッチ同士間を接続する光ファイバと、管理装置とを備える光通信ネットワークで光パスを再配置するに当たり、

1 段階移行により光パス配置を変更する際の packets 損失量を評価して第 1 評価値を求める 1 段階 packets 損失評価過程と、

前記第 1 評価値を記憶装置に記録する第 1 評価値記録過程と、

第 1 ~ N 次移行（但し、N は 2 以上の整数）の N 段階移行により光パス配置を変更する際に、変更する光パス群を N 等分して第 1 ~ N - 1 次移行光パスをそれぞれ選択し、残りを第 N 次移行光パスとする第 1 ~ N - 1 次移行光パス選択過程、及び、N 段階移行により光パス配置を変更する際の packets 損失量を求める N 段階移行評価過程とを備え、

第 2 ~ N 段階移行評価過程をそれぞれ行って、求められた複数の packets 損失量の中で最も小さい packets 損失量を第 2 評価値とする多段階移行評価過程、及び

該第 2 評価値を前記第 1 評価値と比較して、該第 2 評価値が前記第 1 評価値よりも小さい場合には、第 1 評価値を該第 2 評価値で置き換えた後、該第 1 評価値と、前記第 1 ~ N 次移行光パスとを前記記憶装置に記録する比較過程をさらに備え、

予め記憶装置に記録されている処理終了条件を読み出してきて、該処理終了条件を満たすまで、前記 2 ~ N 段階移行評価過程、多段階移行評価過程及び前記比較過程を繰り返し行う

ことを特徴とする光通信ネットワークにおける光パス再配置方法。

【請求項 4】

前記第 1 次移行光パス選択過程では、前記保存結果を得たパスの近傍解と、前記近傍解

と異なる局所最適脱出解を、第1次移行光パスとして選択することを特徴とする請求項2に記載の光通信ネットワークにおける光パス再配置方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、光通信ネットワークにおける光パス再配置方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

光通信ネットワークは、複数のルータ、複数の光スイッチ、ルータと光スイッチを接続するか又は2つの光スイッチ間を接続する光ファイバ、及び、管理装置を備えている。この光通信ネットワークでは、パケットの伝送量を高めるために動的に光通信ネットワーク全体の光パスの配置（以下、単に光パス配置と称する。）を移行する、すなわち光パス配置を再配置することが提案されている（例えば、非特許文献1及び2参照）。 10

【0003】

現在用いている光パス配置（以下、単に現用パス配置と称する。）から最適な光パス配置（以下、単に最適パス配置と称する。）への移行は、例えば、光通信ネットワークに備えられる光スイッチを切り換えるとともに、ルータの設定を切り換えて、個々の光パスを変更することにより、最適な光パス配置への移行が行われる。

【0004】

光通信ネットワーク全体について、現用パス配置から最適パス配置へ移行する方法として、例えば、変更が必要な光パスの全てを一度に解除し、解除の結果得られたネットワーク資源を利用して、新たな光パスを配置する方法がある。又は、変更が必要な光パスの半数を一度に解除し、解除の結果得られたネットワーク資源を利用して、新たな光パスを配置し、その後、残りの半数を一度に解除した後、新たな光パスを配置することによって、現用パス配置から最適パス配置への移行を行う方法もある（非特許文献2参照）。 20

【非特許文献1】Nakahira et.al., "Dynamic path switching experiment for maximizing throughput on IP optical GMPLS test-bed network", OFC2004, LosAngeles, Feb., 2004

【非特許文献2】中平他"トラフィックに対応する動的な光パス配置における移行手順に関する一検討"SB2-5、電子情報通信学会総合大会、2004年3月 30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上述の従来例の光通信ネットワークにおける光パス再配置方法では、光パス配置の移行の際に、一時的に利用可能なネットワーク資源が減少する。すなわち、変更が必要な光パスを解除する際には、光パスを伝送しているパケットは、別の光パスに振り替えられるため、当該別の光パスやルータにおいて輻輳等が起こり、パケットの損失が起こる恐れがある。

【0006】

光パス配置の移行には、1段階で行う方法及び2段階で行う方法の2通りの方法が行われている。ここで、光パス配置の移行を1段階で行うとは、変更が必要な光パスの全てを一度に解除した後、新たな光パスを設定することをいう。また、光パス配置の移行を2段階で行うとは、変更が必要な光パスを2つのグループに分け、最初に一方のグループの光パスを一度に解除した後、新たな光パスを設定し、さらに、他方のグループの光パスを一度に解除して、新たな光パスを設定することをいう。 40

【0007】

光パス配置の移行を1段階で行う場合と、2段階で行う場合とでどちらの方法が、パケット損失量が少ないかは、光通信ネットワークの構成及びトラフィック等のネットワークの状態に依存する。1段階で移行する場合は、移行に必要な時間が短い、移行中に使用できる光パスが減ってしまう。また、2段階で移行する場合は、移行中に使用できる光パ 50

スは1段階で移行する場合よりも多いため、パケットの損失は生じにくい。しかし、移行に必要な時間が1段階で移行する場合よりも長くなるため、結果としてパケットの損失量が多くなる場合がある。

【0008】

従来の光通信ネットワークにおける光パス再配置方法では、ネットワークの状態に応じて、パス配置の移行を1段階で移行を行うか、2段階で移行を行うかを判断する手法が無かったため、パケットの損失量が少ない最適な方法で光パス配置の移行を行うことができなかった。

【0009】

この発明は、上述の問題点に鑑みてなされたものであり、この発明の目的は、光通信ネットワークの状態に応じて、パス配置の移行を1段階で移行を行うか、2段階で移行を行うかを判断することによって、パス配置の移行時にパケットの損失量を減らすことができる光通信ネットワークにおける光パス再配置方法を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0010】

上述した目的を達成するために、この発明の光通信ネットワークにおける光パス再配置方法は、複数のルータと、複数の光スイッチと、ルータ及び光スイッチ間又は光スイッチ同士間を接続する光ファイバ、管理装置とを備える光通信ネットワークで実施され、以下の過程を備えている。

【0011】

まず、1段階パケット損失評価過程において、1段階移行により光パス配置を変更する際のパケット損失量を評価して第1評価値を求める。次に、第1評価値記録過程において、第1評価値を記憶装置に記録した後、2段階移行評価過程を行う。2段階移行評価過程は、第1次移行光パス選択過程及び2段階パケット損失評価過程を含んでいる。第1次移行光パス選択過程において、第1次移行及び第2次移行の2段階移行により光パス配置を変更する際に、変更する光パス群を二分した一方の光パス群を第1次移行光パスとして選択し、他方の光パス群を第2次移行光パスとする。その後、2段階パケット損失評価過程において、2段階移行により光パス配置を変更する際のパケット損失量を評価して第2評価値とする。次に、比較過程において、第2評価値を第1評価値と比較して、第2評価値が第1評価値よりも小さい場合は、第1評価値を、第2評価値で置き換えた後、第1評価

20

30

【0012】

予め記憶装置に記録されている処理終了条件を読み出してきて、処理終了条件を満たすまで、2段階移行評価過程、及び比較過程を繰り返し行う。

【0013】

上述した光通信ネットワークにおける光パス再配置方法の実施にあたり、好ましくは、第1次移行光パス選択過程において、複数の第1次移行パス及び第2次移行パスの組を同時に選択し、及び、2段階パケット損失評価過程において、選択された複数の第1次移行パス及び第2次移行パスの組のそれぞれに関するパケット損失量を同時に求めて、求められた複数のパケット損失量の中で最も小さいパケット損失量を第2評価値とするのが良い

40

【0014】

上述した光通信ネットワークにおける光パス再配置方法の実施にあたり、第1次移行光パス選択過程では、保存結果を得たパスの近傍解と、局所最適脱出解を、第1次移行光パスとして選択するのが好適である。

【0015】

また、この発明の光通信ネットワークにおける光パス再配置方法は、複数のルータと、複数の光スイッチと、ルータ及び光スイッチ間又は光スイッチ同士間を接続する光ファイバと、管理装置とを備える光通信ネットワークで実施され、以下の過程を備えている。

【0016】

50

先ず、1段階パケット損失評価過程において、1段階移行により光パス配置を変更する際のパケット損失量を評価して第1評価値を求める。次に、第1評価値記録過程において、第1評価値を記憶装置に記録した後に、N（但し、Nは2以上の整数）段階移行過程を行う。N段階移行過程は、第1～N-1次移行光パス選択過程、及びN段階移行評価過程を備えている。

【0017】

第1～N-1次移行光パス選択過程では、第1～N次移行（但し、Nは2以上の整数）のN段階移行により光パス配置を変更する際に、変更する光パス群をN等分して第1～N-1次移行光パスをそれぞれ選択し、残りを第N次移行光パスとする。N段階移行評価過程では、N段階移行により光パス配置を変更する際のパケット損失量を求める。

10

【0018】

多段階移行評価過程では、第2～N段階移行評価過程をそれぞれ行った結果、求められた複数のパケット損失量の中で最も小さいパケット損失量を第2評価値とする。

【0019】

さらに、第2評価値を第1評価値と比較して、第2評価値が第1評価値よりも小さい場合には、第1評価値を第2評価値で置き換えた後、第1評価値と、第1～N移行光パスとを記憶装置に記録する。

【0020】

予め記憶装置に記録されている処理終了条件を読み出してきて、処理終了条件を満たすまで、2～N段階移行評価過程、多段階移行評価過程及び比較過程を繰り返し行う。

20

【発明の効果】

【0021】

この発明の光通信ネットワークにおける光パス再配置方法によれば、1段階移行により光パス配置を変更する場合と、2段階移行により光パス配置を変更する場合について、予め記憶装置に記録されている終了条件の範囲内で、最もパケットの損失量の少ない、すなわち、最適解を発見することが可能となる。

【0022】

また、2段階移行評価過程を同時に複数行い、その結果のなかで最も優れたものを評価結果とすることで、短時間で最適解を発見することができる。

【0023】

2段階移行評価過程を行うにあたり、保存結果を得た光パスの近傍解を用いることで、最適解の検索時間を短縮することができる。また、近傍解とは異なる局所最適脱出解を用いて2段階移行評価過程を行うことで、局所最適に陥ることなく、最適解の検索を行うことができる。

30

【0024】

この発明の光通信ネットワークにおける光パス配置移行方法によれば、1段階移行により光パス配置を変更する場合から、N段階移行により光パス配置を変更する場合まで、終了条件の範囲内で、評価を行うので変更の段階数を増やした場合の評価が可能となり、1段階又は2段階の場合よりも、パケットの損失量が少ない最適解を発見することが可能となる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、図を参照して、この発明の実施の形態について説明するが、構成および配置関係についてはこの発明が理解できる程度に概略的に示したものに過ぎない。また、以下、この発明の好適な構成例につき説明するが、単なる好適例にすぎず、従って、この発明は以下の実施の形態に限定されない。

【0026】

（光通信ネットワークの構成）

図1を参照して、光パス配置の再配置を実施する光通信ネットワークの概略につき説明する。図1は、光通信ネットワークの構成を説明するための概略図である。

50

【 0 0 2 7 】

光通信ネットワークは、光伝送網 1 0 と、管理装置 2 0、及び複数のルータ 3 0 を備えて構成される。複数のルータ 3 0 は、外部ネットワーク 4 0 と光伝送網 1 0 との間の光信号として伝送されるパケットを中継する。光伝送網 1 0 は、さらに複数の光スイッチと、光スイッチとの間を結ぶ光ファイバを備えて構成されている。なお、図 1 では、光伝送網 1 0 が備える光スイッチ及び光ファイバの図示を省略している。

【 0 0 2 8 】

ルータ 3 0 は、光伝送網 1 0 に備えられる光スイッチと光ファイバ 1 5 で物理的に接続されている。なお、光伝送網 1 0 に接続されている複数のルータ 3 0 間に、光伝送網 1 0 が備える光スイッチにより、パケットを伝送する光パスが設定される。また、ルータ 3 0 は、中継されるトラフィック量を測定する機能と、管理装置 2 0 からの光パス設定信号の受信に应答して、パケットの送信先の設定を行う光パス設定機能を備えて構成され、任意好適な周知のものを用いることができる。ルータ 3 0 は、ルータ制御回線 5 3 を介して管理装置 2 0 と接続されている。ルータ 3 0 で測定されたトラフィック量は、ルータ 3 0 からルータ制御回線 5 3 を経て管理装置 2 0 に送られる。また、ルータの経路設定信号は、管理装置 2 0 からルータ制御回線 5 3 を経てルータ 3 0 へ送られる。

10

【 0 0 2 9 】

光伝送網 1 0 が備える光スイッチは、光スイッチ制御回線 5 1 を介して管理装置 2 0 と接続されている。光スイッチ制御回線 5 1 を経て管理装置 2 0 から送られた光スイッチ切換信号に应答して、光スイッチの切換が行われ、光スイッチの切換により、光パスが変更される。

20

【 0 0 3 0 】

図 2 を参照して、光伝送網 1 0 における光パス配置の移行を行うための光パスの変更について説明する。図 2 は、光スイッチの切換による光パスの変更を説明するための該略図であって、図 2 (A) は、移行前の光パス配置を示し、また、図 2 (B) は、移行後の光パス配置を示している。

【 0 0 3 1 】

なお、この例では、光伝送網 1 0 は、第 1 ~ 第 5 の光スイッチ 1 2 a ~ 1 2 e (以下、符号 1 2 で代表することもある。) を備えて構成され、及び、第 1 ~ 第 5 の光スイッチ 1 2 a ~ 1 2 e のそれぞれに第 1 ~ 5 のルータ 3 0 a ~ 3 0 e (以下、符号 3 0 で代表することもある。) が 1 つずつ対応して接続される構成となっている。光スイッチ 1 2 同士の間及び、ルータ 3 0 と光スイッチ 1 2 の間は、光ファイバ 1 5 で接続されている。なお、光伝送網 1 0 の構成等はこの例に限定されず、光伝送網 1 0 が備える光スイッチ 1 2 の個数は、設定に応じた好適な数とすることができる。また、光スイッチ 1 2 には、ルータ 3 0 は 2 以上接続されても良いし、ルータ 3 0 が接続されない光スイッチ 1 2 があっても良い。光パス配置は、各ルータ 3 0 におけるパケット送信先の設定と、光スイッチ 1 2 の切換とにより設定される。

30

【 0 0 3 2 】

移行前のパス配置では、第 1 のルータ 3 0 a と第 2 のルータ 3 0 b との間に、光パス P 1 が配置され、第 2 のルータ 3 0 b と第 3 のルータ 3 0 c との間に、光パス P 2 が配置され、第 3 のルータ 3 0 c と第 4 のルータ 3 0 d との間に、光パス P 3 が配置され、第 4 のルータ 3 0 d と第 5 のルータ 3 0 e との間に光パス P 4 が配置され、第 5 のルータ 3 0 e と第 1 のルータ 3 0 a との間に光パス P 5 が配置されている。さらに、第 1 のルータ 3 0 a と第 4 のルータ 3 0 d との間に、第 1 の光スイッチ 1 2 a、第 2 の光スイッチ 1 2 b、第 3 の光スイッチ 1 2 c、及び第 4 の光スイッチ 1 2 d を順次に介する光パス P 6 が配置されている (図 2 (A)) 。

40

【 0 0 3 3 】

このような光パス配置に有る場合に (図 2 (A))、例えば、第 3 の光スイッチ 1 2 c を切り換えると、光パス P 2 及び光パス P 6 が解除され、第 2 のルータ 3 0 b と第 4 のルータ 3 0 d との間に光パス P 7 を新たに配置し、及び第 1 のルータ 3 0 a と第 3 のルータ

50

30cとの間に光パスP8を新たに配置することができる(図2(B))。

【0034】

(第1実施形態)

図3及び図4を参照して、第1実施形態の光パス再配置の方法につき説明する。図3は管理装置20の構成を説明するためのブロック図であり、図4は、管理装置20での処理フローを示す図である。尚、以下の説明において、必要に応じて図1及び図2を参照して説明を行う。

【0035】

管理装置20は、MPU(Microprocessing Unit)60、記憶部66、受信部62、及び送信部64を備えて構成される、周知のコンピュータ等を用いることができる。記憶部66には、ハードディスク等の任意好適な周知の記憶装置が用いられる。MPU60は、周知の構成とすることができ、ここでは、中央処理装置(CPU: Central Processing Unit)70と、メモリとしてのRAM(Random Access Memory)74及びROM(Read Only Memory)72を備える構成としている。

10

【0036】

CPU70が備える制御手段80は、ROM72等に読み出し自在に記録されているプログラムを読み出して、当該プログラムの実行することにより、CPU70の機能手段として、1段階移行評価手段82、トラフィック監視手段84、最適パス配置計算手段85、保存結果記録手段86、比較手段88、設定信号生成手段90、終了判定手段92、2段階移行評価手段100を実現する。2段階移行評価手段100は、さらに評価手段102及び第1次移行光パス選択手段104を備えている。なお、各機能手段が備える機能については後述する。

20

【0037】

管理装置20のトラフィック監視手段84は、常時、トラフィック情報を監視していて、ルータ制御回線53及び受信部62を経て、記憶部66又はRAM74等の記憶装置に保存されている現用パス配置での各ルータでのトラフィック情報を受信する。このトラフィック情報は、記憶部66又はRAM74等の記憶装置に読み出し自在に書き込まれる。

【0038】

最適パス配置計算手段85は、トラフィック情報を記憶部66又はRAM74から読み出して、当該トラフィック情報に基づいて最適パス配置の計算を行い、最適パス配置を得て、これを記憶部66又はRAM74等の記憶装置に格納する。なお、最適パス配置を得るための計算は、任意好適な周知の最適化アルゴリズムを用いることができ、例えば、遺伝的アルゴリズムとすることができ、現用パス配置から、最適パス配置計算手段85により得られた最適パス配置への移行は以下の手順で行われる。

30

【0039】

尚、最適パス配置の計算は、トラフィック情報の書込みに応答して、現在設定している光パスとは異なる経路のトラフィックが増加した場合などに行われる。また、トラフィック情報を例えば、1日以上の上の長期間の時間変動情報として保存しておいて、当該時間変動情報に基づいたトラフィック情報としても良い。

40

【0040】

ステップ(以下、ステップをSで表す)1で、1段階移行評価手段82は、1段階移行により光パス配置を変更する際のパケット損失量を評価する1段階移行評価過程を行う。1段階移行評価過程S1は、S10の第1次移行光パスを評価する1段階パケット損失評価過程、及び、S20の評価結果を記録する評価結果記録過程を備えている。この評価結果を、第1評価結果とし、この第1評価結果を第1評価値で与える。

【0041】

図5を参照して1段階移行による光パス再配置について説明する。図5は、1段階移行時の光パス配置を説明するための概略図である。ここでは、光パス再配置を行う光通信ネットワークは、8つのルータ31~38を備えている例について説明するが、備えるルー

50

タの個数は8に限定されるものではない。なお、以下の説明で、光パスを単に、符号Pで表すことがある。

【0042】

第1評価結果を得るために、まず、1段階移行評価手段82は、記憶部66又はRAM74等の記憶装置から読み出した現用パス配置(図5(A))と最適パス配置(図5(C))とを比較することにより、パス配置の移行により解除及び設定される光パス群を選択する。ここでは、第1のルータ31と第6のルータ36を結ぶP11、第2のルータ32と第5のルータ35を結ぶP12、第3のルータ33と第8のルータ38を結ぶP13、及び、第4のルータ34と第7のルータ37を結ぶP14が解除される光パス群である。また、第1のルータ31と第5のルータ35を結ぶP21、第2のルータ32と第6のルータ36を結ぶP22、第3のルータ33と第7のルータ37を結ぶP23、及び、第4のルータ34と第8のルータ38を結ぶP24が設定される光パス群である。解除される光パス群を以下、単に解除パスと称し、また、設定される光パス群を以下、単に設定パスと称する。

10

【0043】

次に、この解除パスの解除(図5(B))によって生じるパケット損失量を、記憶部66又はRAM74から読み出したトラフィック情報に基づいて算出する。ここで、求められたパケット損失量が第1評価結果としての第1評価値である。

【0044】

S20の評価結果記録過程で、保存結果記録手段86により、S10の1段階パケット損失評価過程で得られたパケット損失量、すなわち第1評価値を保存結果として、記憶部66又はRAM74に読み出し及び書換え自在に記録する。

20

【0045】

この第1評価値を保存結果として記録した後、この記録に回答して2段階移行評価過程S2を行う。2段階移行評価過程S2は、S30の第1次移行光パス選択過程、及び、S40の2段階パケット損失評価過程を備えている。

【0046】

図6を参照して2段階移行による光パス再配置について説明する。図6は、2段階移行時の光パス配置を説明するための概略図である。図6(A)は、図5(A)と同様に現用パス配置を示している。

30

【0047】

S30の第1次移行光パス選択過程で、2段階移行評価手段100の第1次移行光パス選択手段104は、解除パスを2つのグループに分け、一方のグループに属する光パスを第1次移行光パスとして選択し、他方のグループに属する光パスを第2次移行光パスとする。ここでは、解除パスの半数を第1次移行光パスとして選択し、残りの半数を第2次移行光パスとするものとして説明する。なお、この第1次移行光パスの選択は、解除パスであるP11、P12、P13及びP14から、無作為に半数を選ぶ。この例では、第1次移行光パスとしてP11及びP12を選択し、残りのP13及びP14を第2次移行光パスとする。

【0048】

S40の2段階パケット損失評価過程では、2段階移行評価手段100の評価手段102は、S30で選択された第1次移行光パス及び第2次移行光パス、及び、記憶部66又はRAM74から読み出したトラフィック情報に基づいて、2段階移行により光パス配置を移行する際のパケット損失量を計算する。この計算の結果求められたパケット損失量は、第2評価結果としての第2評価値であり、RAM74に読み出し自在に記録される。

40

【0049】

2段階移行では、まず、第1次移行パスであるP11及びP12が解除される(図6(B))。次に、解除により使用可能となる、ルータ及び光スイッチの入出力ポートなどのネットワーク資源を利用して、設定パスであるP21及びP22が設定される(図6(C))。次に、第2次移行パスであるP13及びP14が解除される(図6(D))。次に

50

、 P 1 3 及び P 1 4 の解除により使用可能となるネットワーク資源を利用して、 P 2 3 及び P 2 4 が設定され、その結果として最適パス配置が得られる（図 6（E））。図 6（B）及び図 6（D）に示した光パスの一部が解除された状態のトラフィック損失量の和がパケット損失量である。

【 0 0 5 0 】

第 2 評価結果の R A M 7 4 への書込みに応答して、比較過程 S 3 が始動する。比較過程 S 3 は、 S 5 0 と S 6 0 とを含む。 S 5 0 では、比較手段 8 8 は、 R A M 7 4 に記録されている第 2 評価結果すなわち第 2 評価値と、 R A M 7 4 又は記憶部 6 6 に記録されている第 1 評価値とをそれぞれ読み出して、第 2 評価値と第 1 評価値とを比較して評価を行う。比較の結果、第 2 評価値が第 1 評価値よりも小さい場合には、評価結果が保存結果よりも優れている、すなわち、評価結果のパケット損失量が、保存結果のパケット損失量よりも少ないと判定する。第 2 評価値が優れていると判定された場合には、その判定に応答して、 S 6 0 において、第 2 評価値を旧保存結果、すなわち、第 1 評価値の代わりに置き換えて、新たに保存結果として R A M 7 4 又は記憶部 6 6 に記録する。

10

【 0 0 5 1 】

S 7 0 では、保存結果の書換えの終了に応答して、終了判定手段 9 2 は、処理終了条件を満たすか否か判定する。この処理終了条件は、例えば、管理装置 2 0 での処理を行う時間としたり、或いは、 2 段階移行過程 S 2、及び比較過程 S 3 の一巡過程を繰り返し実施する実施回数としたりする等、任意好適に設定可能である。処理の一巡毎に、記憶装置から読み出された処理終了条件と比較して、この処理終了条件は、予め R O M 7 2 等に読み出し自在に記録されている。この処理終了条件を満たすまで、 2 段階移行評価過程、及び比較過程が繰り返し行われる。

20

【 0 0 5 2 】

第 1 実施形態の光通信ネットワークにおける光パス配置移行方法によれば、 1 段階移行により光パス配置を変更する場合と、 2 段階移行により光パス配置を変更する場合について、処理終了条件の範囲内で、最もパケットの損失量の少ない最適解を発見することが可能となる。

【 0 0 5 3 】

最適解を発見した後、この最適解に従って、ルータ及び光スイッチの切換を行うことにより、現用パス配置から最適パス配置への移行、すなわち、光パス再配置が、パケット損失量の最も少ない状態で行われる。

30

【 0 0 5 4 】

（第 2 実施形態）

図 7 及び図 8 を参照して、第 2 実施形態の光パス移行方法につき説明する。図 7 は管理装置 2 0 の構成を説明するためのブロック図であり、図 8 は、管理装置 2 0 での処理フローを示す図である。光パス再配置を行う光通信ネットワークについては、図 1 及び図 2 を参照して説明したので、ここでは説明を省略する。図 3 及び図 4 を参照して説明した、第 1 実施形態の光パス再配置と重複する説明も省略する。

【 0 0 5 5 】

管理装置 2 0 は、評価結果集計手段 9 4 と複数の 2 段階移行評価手段 1 0 0 a ~ 1 0 0 c を備えている。なお、この複数の 2 段階移行評価手段 1 0 0 a ~ 1 0 0 c は、必ずしも管理装置 2 0 の内部に備える構成ではなくてもよく、管理装置 2 0 の外部に別途設ける構成としても良い。

40

【 0 0 5 6 】

S 1 0 及び S 2 0 は、第 1 実施形態と同じなので説明を省略する。

【 0 0 5 7 】

S 3 0 の第 1 次移行光パス選択過程で、 2 段階移行評価手段 1 0 0 a ~ 1 0 0 c の第 1 次移行光パス選択手段 1 0 4 a ~ 1 0 4 c は、 2 段階移行により光パス配置を変更する際の第 1 次移行光パスを複数選択する。

【 0 0 5 8 】

50

S 4 0 の 2 段階パケット損失評価過程では、2 段階移行評価手段 1 0 0 a ~ 1 0 0 c の評価手段 1 0 2 a ~ 1 0 2 c は、S 3 0 で選択された第 1 次移行光パス及び第 2 次移行光パス、及び、記憶部 6 6 又は R A M 7 4 から読み出したトラフィック情報に基づいて、2 段階移行により光パス配置を移行する際のパケット損失量を計算する。なお、第 2 実施形態では、S 3 0 の第 1 次移行光パス選択過程及び S 4 0 の 2 段階パケット損失評価過程は、管理装置 2 0 が備える 2 段階移行評価手段 1 0 0 a ~ 1 0 0 c と同じ数だけ同時に実施する。

【 0 0 5 9 】

S 4 5 では、評価結果集計手段 9 4 は、同時に実施された S 4 0 の 2 段階パケット損失評価過程で得られたパケット損失量の中で最も小さいものを、第 2 評価値として R A M 7 4 に読み出し自在に記録する。 10

【 0 0 6 0 】

S 5 0 以降については、第 1 実施形態と同様なので説明を省略する。

【 0 0 6 1 】

第 2 実施形態のパス配置移行方法によれば、2 段階移行評価過程を同時に複数行い、その結果のなかで最も優れたものを評価結果とするので、第 1 実施形態で得られる効果に加えて、さらに短時間で最適解を発見することができる。

【 0 0 6 2 】

(第 3 実施形態)

図 9 及び図 1 0 を参照して、第 3 実施形態の光パス移行方法につき説明する。図 9 は管理装置 2 0 の構成を説明するためのブロック図であり、図 1 0 は、管理装置 2 0 での処理フローを示す図である。光パス再配置を行う光通信ネットワークについては、図 1 及び図 2 を参照して説明したので、ここでは説明を省略する。図 3 及び図 4 を参照して説明した、第 1 実施形態の光パス移行と重複する説明も省略する。 20

【 0 0 6 3 】

管理装置 2 0 は、評価結果集計手段 9 4 と 2 ~ N 段階移行評価手段 (N は 2 以上の整数) 1 0 0 、 1 1 0 及び 1 2 0 を備えている。3 段階移行評価手段 1 1 0 が備える第 1 次移行用パス選択手段 1 1 4 は、3 段階移行により光パス配置を変更する際の第 1 次移行光パスを選択する。ここでは、解除パスの 3 分の 1 を第 1 次移行光パスとして選択する。3 段階移行評価手段 1 1 0 が備える第 2 次移行用パス選択手段 1 1 6 は、第 1 次移行光パスとして選択されなかった解除パスの半数を第 2 次移行用パス選択手段として選択する。残りの半数が第 3 次移行光パスである。なお、この第 1 次移行光パス及び第 2 次移行光パスの選択は、解除パスから、無作為に選ばれる。同様に、N 段階移行評価手段 1 2 0 は、第 1 ~ N - 1 次移行光パス選択手段 1 2 4 、 1 2 6 及び 1 2 8 を備えていて、第 1 ~ 第 N 次移行光パスに分類する。 30

【 0 0 6 4 】

S 1 0 及び S 2 0 は、第 1 実施形態と同じなので説明を省略する。

【 0 0 6 5 】

S 3 0 の第 1 次移行光パス選択過程では、2 段階移行評価手段 1 0 0 の第 1 次移行光パス選択手段 1 0 4 は、2 段階移行により光パス配置を変更する際の第 1 次移行光パスを選択する。 40

【 0 0 6 6 】

S 4 0 の 2 段階パケット損失評価過程では、2 段階移行評価手段 1 0 0 の評価手段 1 0 2 は、S 3 0 で選択された第 1 次移行光パス及び第 2 次移行光パス、及び、記憶部 6 6 又は R A M 7 4 から読み出したトラフィック情報に基づいて、2 段階移行により光パス配置を移行する際のパケット損失量を計算する。

【 0 0 6 7 】

S 3 0 及び S 4 0 の一連の過程と同時に、S 3 1 の第 1 次移行光パス選択過程で、3 段階移行評価手段 1 1 0 の第 1 次移行光パス選択手段 1 1 4 は、解除パスを 3 つのグループに分け、1 つのグループに属する光パスを第 1 次移行光パスとして選択する。ここでは、 50

解除パスを3等分して3つのグループに分けるものとする。次に、S 3 3で、3段階移行評価手段1 1 0が備える第2次移行パス選択手段1 1 6は、解除パスを分類した3つのグループの中で、第1次移行光パスとして選択されなかった2つのグループの一方を第2次移行用パスとして選択する。第1次移行光パス及び第2次移行光パスとして選択されなかったグループに属する光パスが第3次移行光パスである。なお、この第1次及び第2次移行光パスの選択は、解除パスから、無作為に選ぶことで行われる。

【0 0 6 8】

S 4 2の3段階パケット損失評価過程では、S 3 1及びS 3 3で選択された第1～3次移行光パスに基づく、3段階移行により光パス配置を移行する際のパケット損失量を計算する。

10

【0 0 6 9】

S 3 0及びS 4 0の一連の過程と同時に、さらに、S 3 2、S 3 4、及びS 3 6の第1～N-1次移行光パス選択過程によりN段階移行手段は、解除パスを第1～第N次移行光パスに分類する。

【0 0 7 0】

S 4 4のN段階パケット損失評価過程では、S 3 2、S 3 4及びS 3 6で分類された第1～N次移行光パスに基づく、N段階移行により光パス配置を移行する際のパケット損失量を計算する。

【0 0 7 1】

S 4 5の多段階移行評価過程では、評価結果集計手段は、同時に実施されたS 4 0、S 4 2及びS 4 4の2～N段階パケット損失評価過程で得られたパケット損失量の中で最も小さいものを、評価結果である第2評価値としてRAM 7 4に読み出し自在に記録する。

20

【0 0 7 2】

S 5 0以降については、第1実施形態と同様なので説明を省略する。

【0 0 7 3】

第3実施形態のパス配置移行方法によれば、2～N段階移行評価過程を同時に複数行い、その結果のなかで最も優れたものを評価結果とするので、第1実施形態で得られる効果に加えて、移行の段階数を増やすことで、よりパケット損失量が少ない移行手順を見つけることができる。

【0 0 7 4】

30

(第4実施形態)

図1 1及び図1 2を参照して、第4実施形態の光パス移行方法につき説明する。図1 1は管理装置2 0の構成を説明するためのブロック図であり、図1 2は、管理装置2 0での処理フローを示す図である。光パス再配置を行う光通信ネットワークについては、図1及び図2を参照して説明したので、ここでは説明を省略する。図7及び図8を参照して説明した、第2実施形態の光パス移行と重複する説明も省略する。

【0 0 7 5】

管理装置2 0は、近傍解検索手段9 6及び局所最適脱出手段9 8を備えている。

【0 0 7 6】

S 1 0からS 4 0までの過程は、第2実施形態と同じ過程なので説明を省略する。

40

【0 0 7 7】

S 4 3では、評価結果集計手段9 4は、同時に実施されたS 4 0の2段階パケット損失評価過程で得られたパケット損失量の中で最も小さいものの、パケット損失量と、第1次及び第2次移行光パスを、最適解としてRAM 7 4に読み出し自在に記録する。

【0 0 7 8】

S 4 6で、近傍解検索手段9 6は、RAM 7 4から読み出した最適解から複数の、好適には、CPU 7 0が備える2段階移行評価手段の数以上の近傍解を検索し、その結果をRAM 7 4又は記憶部6 6に読み出し自在に記録する。ここで、近傍解とは、最適解の第1次移行光パス(以下、単に最適第1次移行光パスと称する。)で変更される光パスの半数未満を最適解の第2次移行光パス(以下、単に最適第2次移行光パスと称する。)で置き

50

換えたものをいう。好適には、最適第1次移行光パスから無作為に選択した1つの光パスを、最適第2次移行光パスから無作為に選択した1つの光パスと置き換えたものを近傍解とするのが良い。

【0079】

2段階移行評価手段100a~100cの第1次移行光パス選択手段104a~104cは、2段階移行により光パス配置を変更する際の第1次移行光パスを選択する第1次移行光パス選択過程を行う。なお、この第1次移行光パスの選択は、RAM74又は記憶部66に記録されている近傍解から無作為に選択する。

【0080】

S48では、S46で選択された第1次移行光パス及び第2次移行光パスに基づく、2段階移行により光パス配置を変更する際の packets 損失量を計算して評価する2段階 packets 損失評価過程を行う。なお、第4実施形態では、S46の第1次移行光パス選択過程及びS48の2段階 packets 損失評価過程を2段階移行評価手段と同じ数だけ同時に実施する。

【0081】

S49では、評価結果集計手段94は、同時に実施されたS40の2段階 packets 損失評価過程で得られた packets 損失量の中で最も小さいものの、 packets 損失量と、第1次及び第2次移行光パスを、最適解としてRAM74に読み出し自在に記録する。

【0082】

S50では、比較手段88は、RAM74に記録されている最適解のトラフィック量と、RAM74又は記憶部66に記録されている第1評価値が示すトラフィック量とをそれぞれ読み出して、比較して評価を行う。比較の結果、最適解の packets 損失量が、第1評価値が示すトラフィック量よりも小さい場合には、評価結果が保存結果よりも優れている、すなわち、評価結果の packets 損失量が、保存結果の packets 損失量よりも少ないと判定する。最適解が優れていると判定された場合には、その判定に回答して、S60において、最適解を旧保存結果、すなわち、第1評価値の代わりに置き換えて、新たに保存結果としてRAM74又は記憶部66に記録する。

【0083】

S70では、保存結果の書換えの終了に回答して、終了判定手段92は、処理終了条件を満たすか否か判定する。この処理終了条件は、例えば、管理装置20での処理を行う時間としたり、或いは、2段階移行過程S2、及び比較過程S3の一巡過程を繰り返し実施する実施回数としたりする等、任意好適に設定可能である。処理の一巡毎に、記憶装置から読み出された処理終了条件と比較して、この処理終了条件は、予めROM72等に読み出し自在に記録されている。この処理終了条件を満たすまで、S46~S60の過程が繰り返し行われる。

【0084】

なお、S46の第1次移行光パス選択過程では、第1次移行光パス選択手段104a~104cは、第1次移行光パスから近傍解を選択するだけでなく、局所最適脱出解を選択することができる。ここで、局所最適脱出解とは、局所最適脱出手段98がRAM74から読み出した最適解に基づいて最適解での第1次移行光パスの半数以上を第2次移行光パスで置き換えたものであって、RAM74又は記憶部66等に読み出し自在に記録されている。なお、最適解での第1次移行光パスを全て第2次移行光パスで置き換えても良い。

【0085】

局所最適脱出解は、S46~S60の繰り返し毎に1つ選択しても良いし、S46~S60の処理を複数回繰り返した後に、局所最適脱出解を1つ選択しても良い。

【0086】

第4実施形態のパスの配置方法によれば、2段階移行評価過程を行うにあたり、保存結果を得たパスの近傍解を用いることで、最適解の検索時間を短縮することができる。また、保存結果を得たパスとは異なる局所最適脱出解を用いて2段階移行評価過程を行うことで、局所最適に陥ることなく、最適解の検索を行うことができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 7 】

また、上記各実施形態は、パス配置変更時のパケット損失量の合計を最小化することを目的とした構成となっている。しかし、パス配置を変更する際の変更方法を選択する評価指標として、予想されるパケット損失量以外の評価指標を用いることも考えられる。

【 0 0 8 8 】

この別の評価指標としては、例えば、移行時におけるパケットの転送遅延時間の予想最悪値を用い、これを最小にする変更方法を選択する構成としても良い。また、移行時に最も負荷のかかるルータのトラフィック量を用い、これを最小にする変更方法を選択する構成としても良い。これらの場合、上記各実施形態で説明した処理手順を変更する必要はなく、各段階で計算する際の評価値を、各評価指標に対応するものに変更すれば良い。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 9 】

【 図 1 】 光通信ネットワークの概略構成図である。

【 図 2 】 光パス配置の変更を説明するための該略図である。

【 図 3 】 第 1 実施形態の管理装置を説明するためのブロック図である。

【 図 4 】 第 1 実施形態の管理装置の処理フローを示す図である。

【 図 5 】 1 段階移行を説明するための図である。

【 図 6 】 2 段階移行を説明するための図である。

【 図 7 】 第 2 実施形態の管理装置を説明するためのブロック図である。

【 図 8 】 第 2 実施形態の管理装置の処理フローを示す図である。

20

【 図 9 】 第 3 実施形態の管理装置を説明するためのブロック図である。

【 図 1 0 】 第 3 実施形態の管理装置の処理フローを示す図である。

【 図 1 1 】 第 4 実施形態の管理装置を説明するためのブロック図である。

【 図 1 2 】 第 4 実施形態の管理装置の処理フローを示す図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 0 】

1 0 光伝送網

1 2 a、1 2 b、1 2 c、1 2 d、1 2 e 光スイッチ

1 5 光ファイバ

2 0 管理装置

30

3 0、3 0 a、3 0 b、3 0 c、3 0 d、3 0 e ルータ

3 1、3 2、3 3、3 4、3 5、3 6、3 7、3 8 ルータ

4 0 外部ネットワーク

5 0 制御回線

5 1 光スイッチ制御回線

5 2 光スイッチ設定信号

5 3 ルータ制御回線

5 4 ルータ設定信号

5 5 トラフィックモニタ信号

6 0 M P U

40

6 2 受信部

6 4 送信部

6 6 記憶部

7 0 C P U

7 2 R O M

7 4 R A M

8 0 制御手段

8 2 1 段階以降評価手段

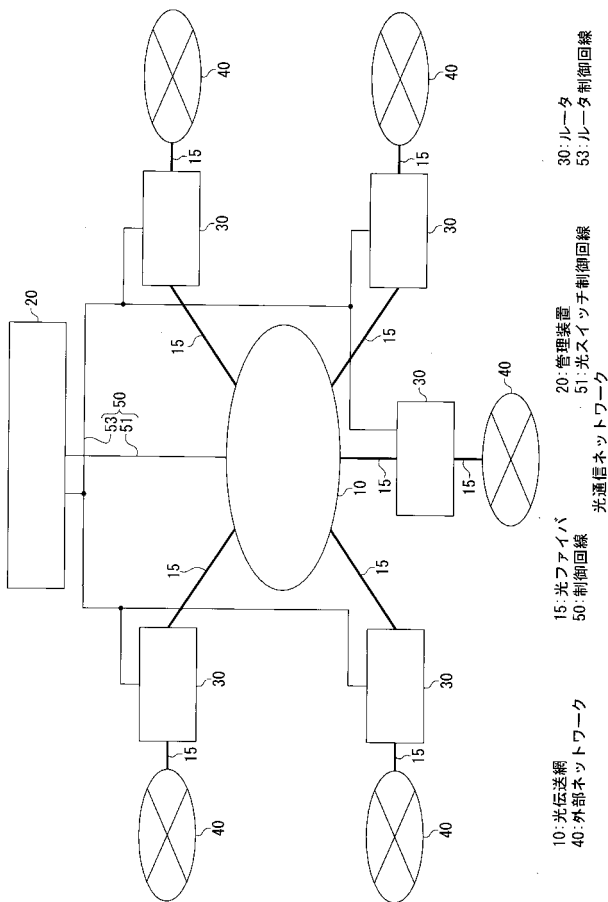
8 4 トラフィック監視手段

8 5 最適パス配置計算手段

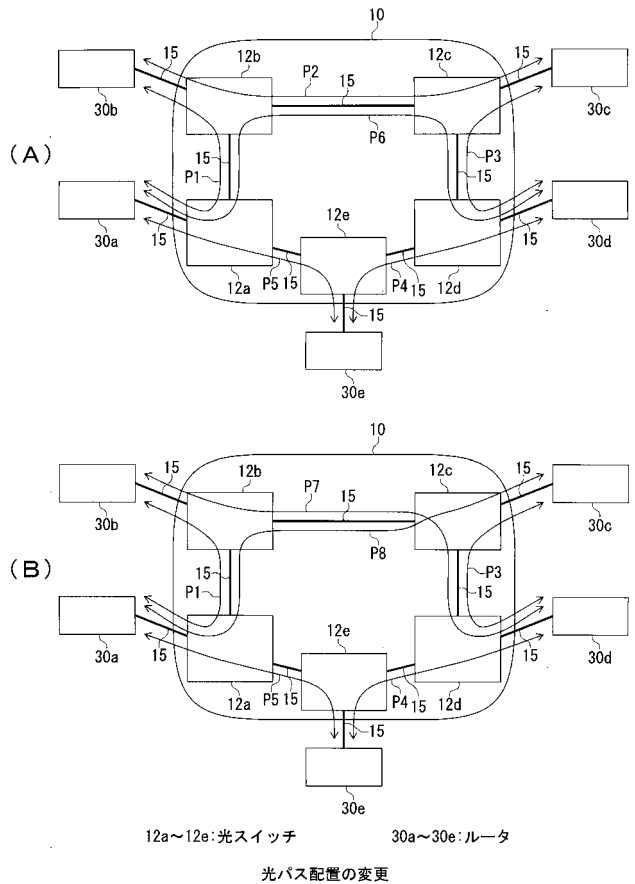
50

- 8 6 保存結果記録手段
- 8 8 比較手段
- 9 0 設定信号生成手段
- 9 2 終了判定手段
- 9 4 評価結果集計手段
- 9 6 近傍解検索手段
- 9 8 局所最適脱出手段
- 1 0 0、1 0 0 a、1 0 0 b、1 0 0 c 2 段階移行評価手段
- 1 0 2、1 0 2 a、1 0 2 b、1 0 2 c、1 1 2、1 2 2 評価手段
- 1 0 4、1 0 4 a、1 0 4 b、1 0 4 c、1 1 4、1 2 4 第 1 次移行パス選択手段 10
- 1 1 0 3 段階移行評価手段
- 1 1 6、1 2 6 第 2 次移行パス選択手段
- 1 2 0 N 段階移行評価手段
- 1 2 8 第 N - 1 次移行パス選択手段

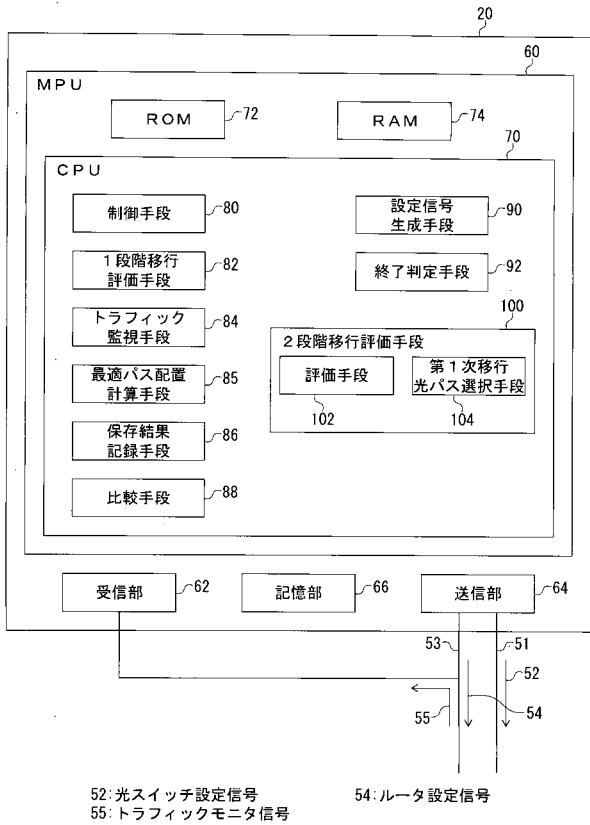
【 図 1 】



【 図 2 】

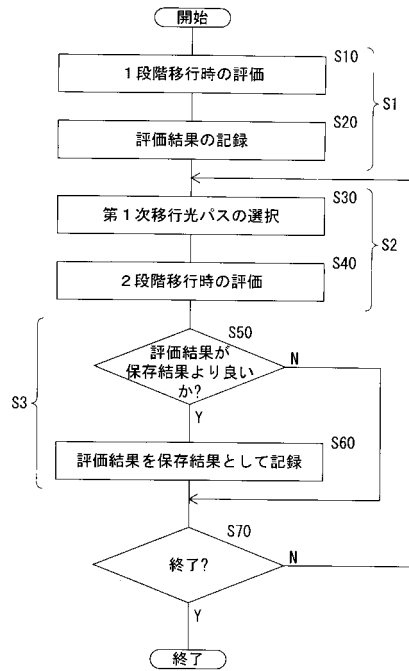


【図3】



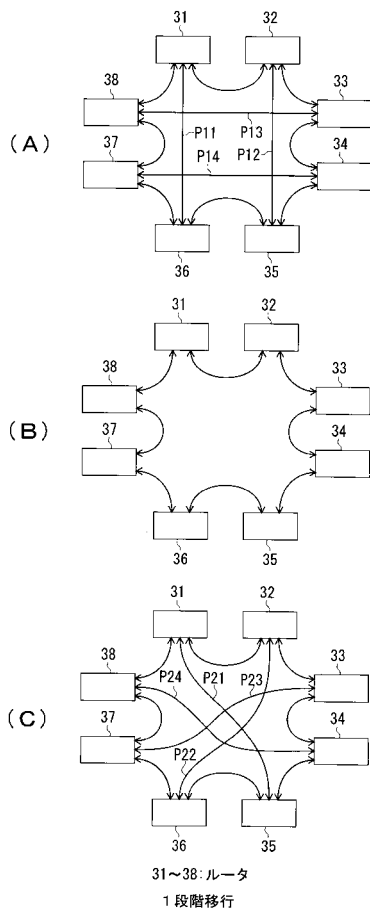
第1実施形態の管理装置

【図4】

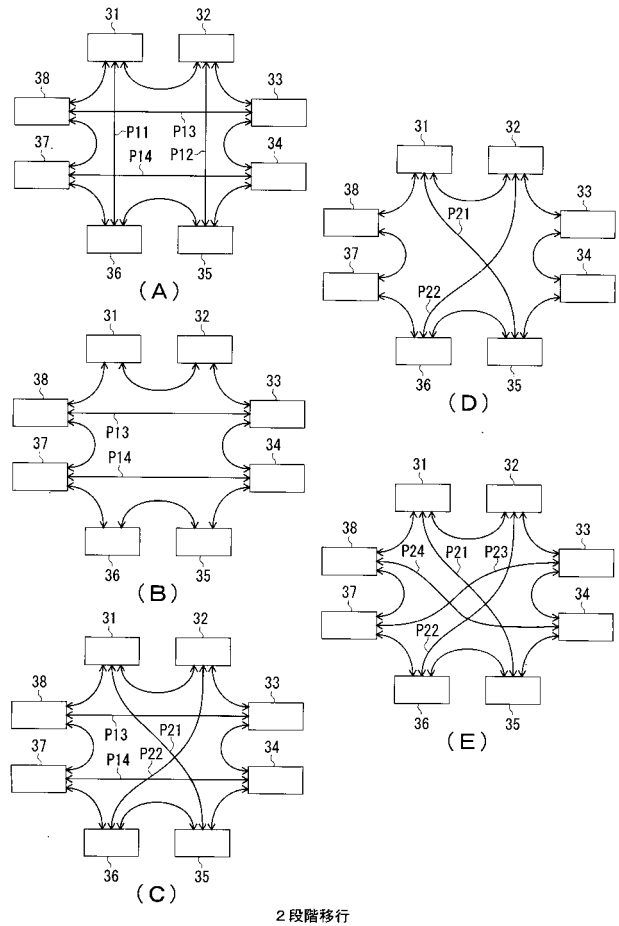


第1実施形態の管理装置の処理フロー

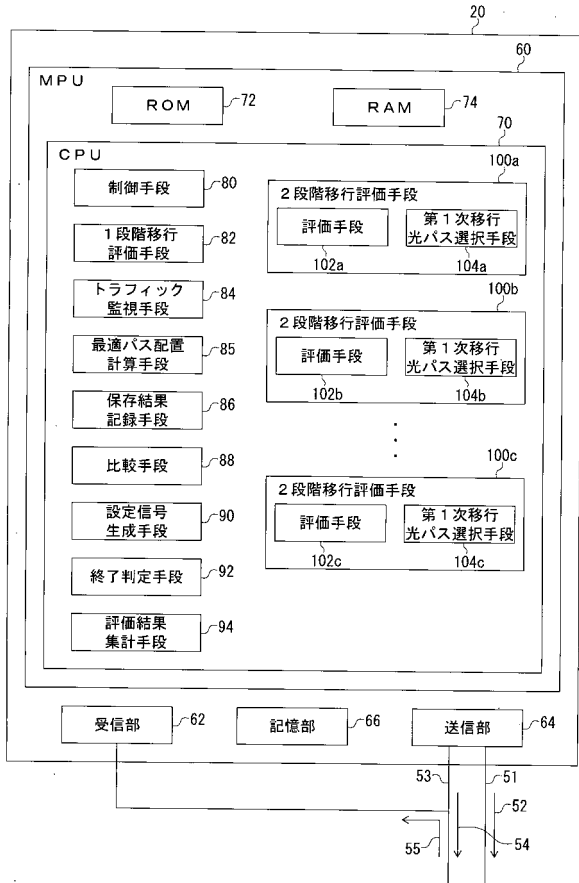
【図5】



【図6】

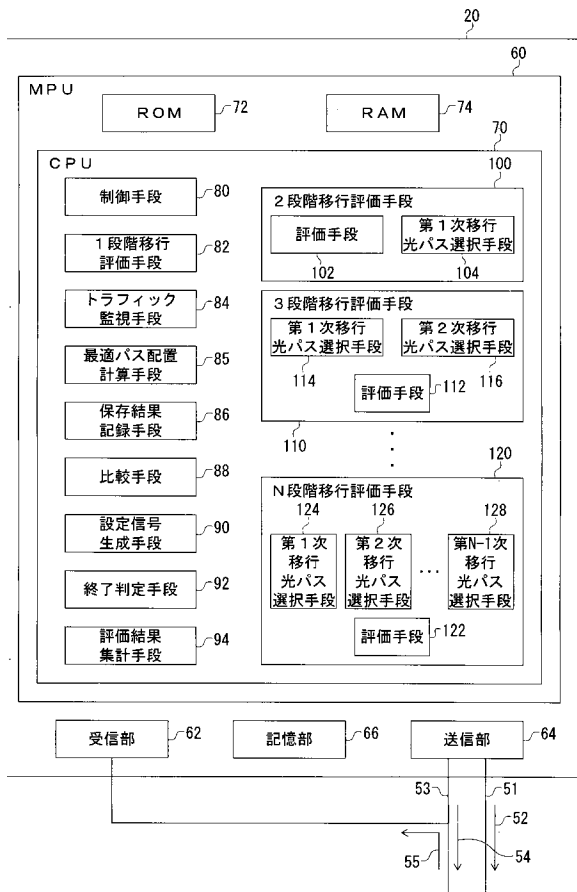


【図7】



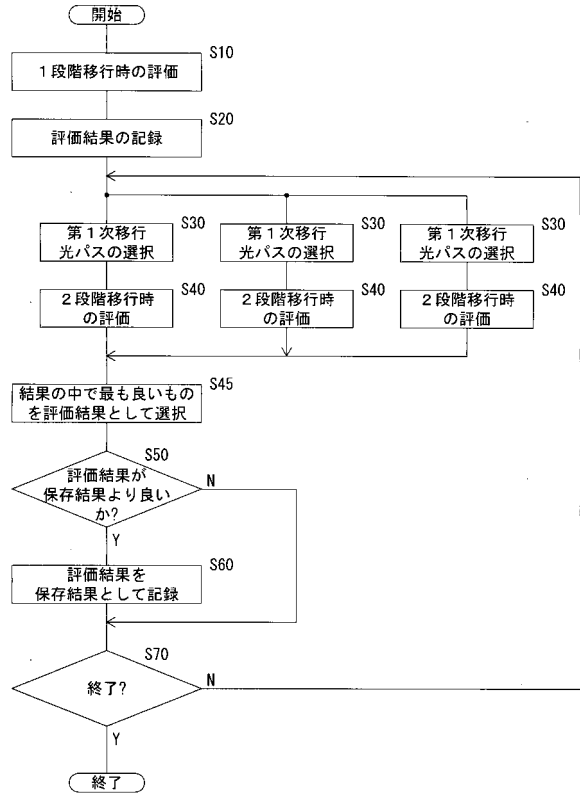
第2実施形態の管理装置

【図9】



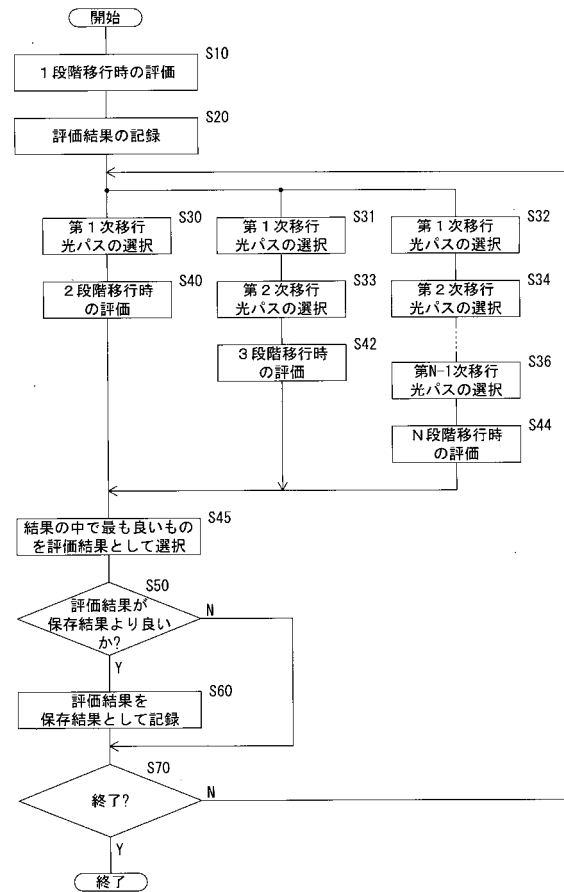
第3実施形態の管理装置

【図8】



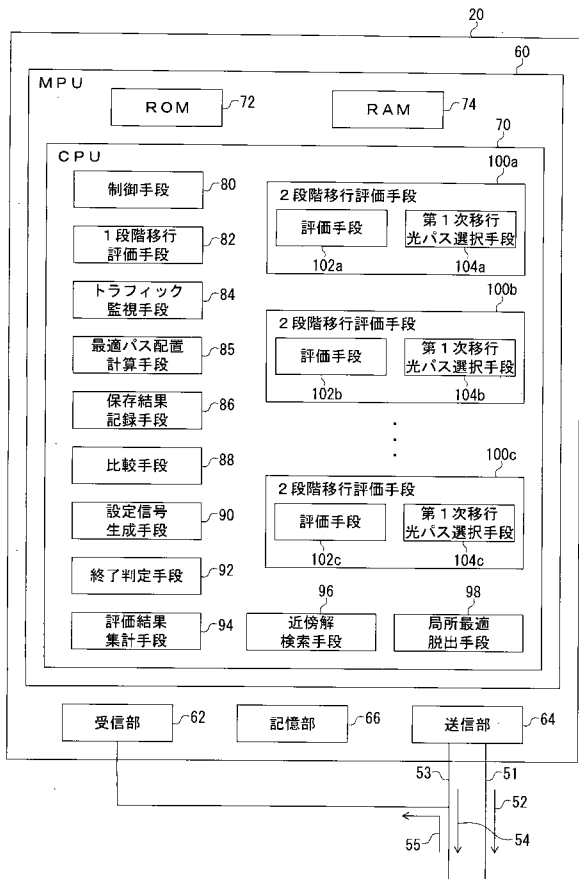
第2実施形態の管理装置の処理フロー

【図10】



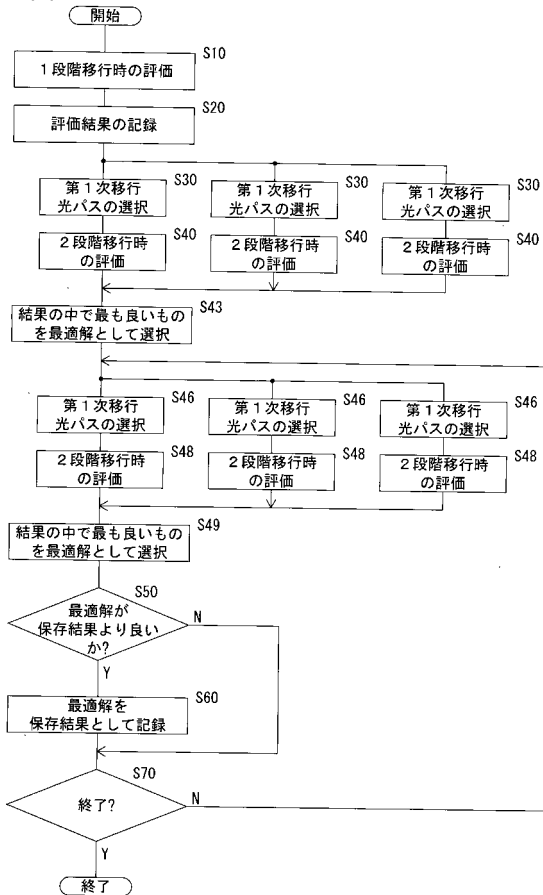
第3実施形態の管理装置の処理フロー

【図11】



第4実施形態の管理装置

【図12】



第4実施形態の管理装置の処理フロー