

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年1月9日(09.01.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/008989 A1

(51) 国際特許分類:
H04L 12/709 (2013.01) H04L 12/725 (2013.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/025556

(22) 国際出願日: 2019年6月27日(27.06.2019)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

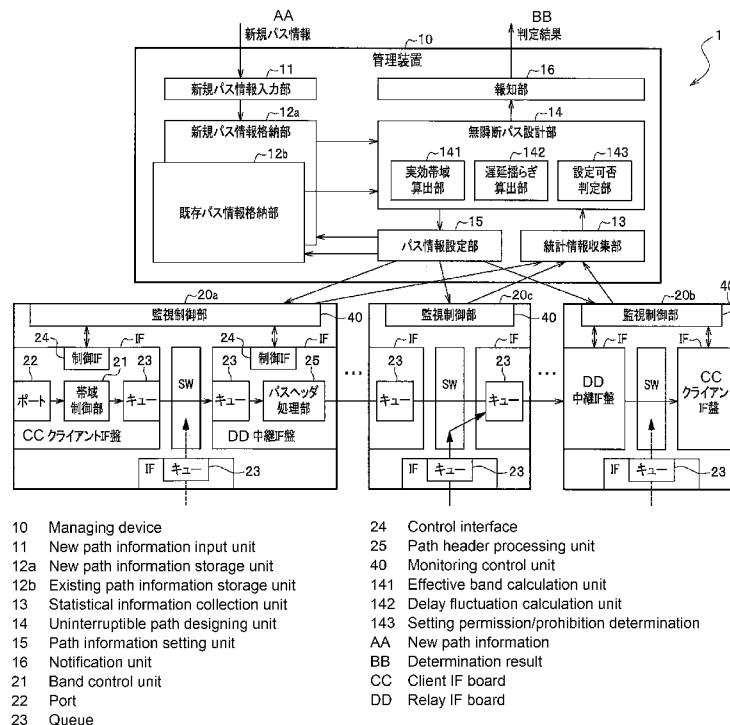
(30) 優先権データ:
特願 2018-125786 2018年7月2日(02.07.2018) JP

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 並木 雅俊 (NAMIKI, Masatoshi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 横田 昌宏 (YOKOTA, Masahiro); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 湊 祐二 (MINATO, Yuji); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 井波 政朗 (INAMI, Masaaki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 島崎 大作 (SHIMAZAKI, Daisaku); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 前田 英樹 (MAEDA, Hideki);

(54) Title: TRANSMISSION SYSTEM MANAGING DEVICE AND TRANSMISSION SYSTEM DESIGNING METHOD

(54) 発明の名称: 伝送システムの管理装置および伝送システムの設計方法



(57) Abstract: [Problem] To provide a transmission system managing device and a transmission system designing method in which flexible band designing can be achieved according to the condition of each path. [Solution] A managing device 10 of a transmission system 1 is provided with: a new path information input unit 11; a statistical information collection unit 13 that collects statistical information about actual traffic from nodes; an uninterruptible path designing unit 14 that calculates, each time new path information is received, a delay fluctuation in the entire path with respect to fluctuations

〒1808585 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9 - 1
1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人磯野国際特許商標事務所 (ISONO INTERNATIONAL PATENT OFFICE, P.C.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目 1 番 1 8 号 ヒューリック虎ノ門ビル Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

in respective sections of the path, on the basis of the collected actual traffic statistical information, and that designs, as an uninterruptible path, a path having a delay fluctuation which is smaller than a maximum fluctuation amount corresponding to the buffer amount in a reception node; a path information setting unit 15 that updates path information about the uninterruptible path and stores the updated path information in an existing path information storage unit 12b, and that sets, to a node constituting the path, a band which is allowable in the node; and a notification unit 16 that notifies a user of a path having not been designed as an uninterruptible path.

(57) 要約: 【課題】各パスの条件に応じた柔軟な帯域設計をすることのできる伝送システムの管理装置および伝送システムの設計方法を提供する。【解決手段】伝送システム1の管理装置10は、新規パス情報入力部11と、各ノードから実トラヒックの統計情報を収集する統計情報収集部13と、新規パス情報を受け付けるたびに、収集された実トラヒックの統計情報に基づいて、パスの区間ごとの揺らぎに対しパス全体における遅延揺らぎを算出し、遅延揺らぎが受信ノードにおけるバッファ量に応じた最大揺らぎ量よりも小さいパスを無瞬断パスとして設計する無瞬断パス設計部14と、無瞬断パスについて、当該パスのパス情報を更新して既存パス情報格納部12bに格納すると共に、当該パスを構成するノードにおいて許容される帯域をノードに設定するパス情報設定部15と、無瞬断パスとして設計されなかったパスをユーザに報知する報知部16と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

伝送システムの管理装置および伝送システムの設計方法

技術分野

[0001] 本発明は、伝送システムの管理装置および伝送システムの設計方法に係り、特に、無瞬断パスを構成する伝送システムの管理装置および伝送システムの設計方法に関する。

背景技術

[0002] これまでに、100Gbit/s級の大容量光伝送と、IP系トラヒックの柔軟かつ効率的な収容を実現する技術が開発されてきている（非特許文献1、非特許文献2参照）。また、非特許文献1および非特許文献2には、LSP（Label Switched Path）が設定区間ごとに冗長構成をとることができ、障害発生時には50ms以下での高速切替えによる瞬断プロテクションを行うことができることが記載されている。また、非特許文献2には、パケットのオーバーヘッドを用いて、運用系・予備系それぞれのパケットの遅延差を装置内部のバッファで吸収することにより、伝送路障害あるいは装置故障を契機に1パケットの欠落もなく切り替える無瞬断プロテクションを実現できることが紹介されている。無瞬断プロテクションによれば、通信サービスを中断させることなく、高い信頼性を担保することができる。さらに、特許文献1には、伝送経路故障時の遅延増加を抑えた無瞬断切替えを実現する先着優先型の無瞬断切替え技術が開示されている。このように、高信頼な通信が要求されるネットワークにおいては、無瞬断パスにより、障害時に無瞬断を実現する故障無瞬断技術や、手動切替え時に無瞬断を実現する計画無瞬断技術などが実現されている。

[0003] 図8は、無瞬断パスを実現する従来の伝送システムを模式的に示す構成図である。

図8に示す伝送システム101は、例えば、送信ノードNE1、受信ノー

ドNE 2、中継ノードNE 1 1～NE 1 6および管理装置1 1 0を備えている。図8では、一部の図示を簡略化している。伝送システム1 0 1は、送信ノードNE 1と受信ノードNE 2との間には冗長経路を有する。図1では、送信ノードNE 1から受信ノードNE 2へ、複製された同一パケットが伝送されるものとして示しているが、反対向きの伝送も可能である。ここでは、ホップ数は例えば3である。中継ノードNE 1 1～NE 1 3は短経路を構成している。中継ノードNE 1 4～NE 1 6は長経路を構成している。各ノードは、CPU (Central Processing Unit)、スイッチSW、複数のインタフェース盤(以下、IF盤と称し、図面では単にIFと表記する)等を備えている。IF盤は、ラインカードとも呼ばれている。なお、バッファは、端点ノード(送信ノードNE 1、受信ノードNE 2)に設けられており、2つの端点ノードは図8において対称な構成要素を備えている。中継ノードは、端点ノードとは構成が異なる。中継ノードNE 1 1～NE 1 6のCPUおよびスイッチSWについては図示を省略している。長経路側の中継ノードの構成は、短経路側の中継ノードの構成と同じでも構わない。

[0004] 短経路の中継ノードNE 1 1～NE 1 3は、送信ノードNE 1から受信ノードNE 2へのトラヒック以外に、図中上方から別のトラヒックが割入れられるように構成されている。そのため、中継ノードNE 1 1において、異なる2つのIF盤(ラインカード)からの入力パケットが別の1つのIF盤(ラインカード)から出力される際に合流ポイントで遅延揺らぎが発生する。同様に、中継ノードNE 1 2, NE 1 3においても、合流ポイントで遅延揺らぎがそれぞれ発生する。

[0005] そのため、伝送システム1 0 1の管理装置1 1 0は、送信ノードNE 1から受信ノードNE 2へ伝送されるパケットの短経路に対して遅延を挿入することによりタイミングを調整し、無瞬断切替えを実現している。短経路に遅延を挿入するとは、受信ノードNE 2において、短経路を通るパス側に配備されたIF盤のバッファでの揺らぎ吸収バッファ量として、揺らぎ吸収バッファ遅延時間を設定することを意味する。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2015-226246号公報

非特許文献

[0007] 非特許文献1：堀口真、外4名、「100Gパケットトランスポートシステム（100G-PTS）の実用化」、NTT技術ジャーナル、2014年10月、第26巻、第10号、p. 54-57.

非特許文献2：川崎岳、外3名、「100Gb/s高速大容量パケットトランスポートシステムの実用化開発」、電子情報通信学会論文誌B、一般社団法人電子情報通信学会、2016年4月、第J99-B巻、第4号、p. 275-282.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 従来技術では、中継ノードNE11～NE13で変動する遅延揺らぎを保障できないため、伝送システム101の設計者は、揺らぎ吸収バッファ量の許容できる最大値（以下、最大揺らぎ量と呼ぶ）に基づき、ホップ数や、パスにおいてトラヒックを収容できる帯域（収容帯域）を設計していた（最悪値設計）。そのため、パスの収容帯域が低く制限されていた。

[0009] 従来のホップ数と収容帯域の設計について図9を参照して説明する。図9（a）は、従来の無瞬断パスを実現する伝送システムの設計を説明するためのパスの模式図である。図9（a）において、一列に並んだ10個の正方形は、通信ネットワークにおいて無瞬断パスを構成可能なノードをそれぞれ示している。ここでは、ノードAは送信ノード、ノードJは受信ノード、ノードB～Iは中継ノードであるものとする。送信ノードから受信ノードへのパスの経路は、図において水平方向にすべての中継ノードを経由するものとしている。また、図において下方からの別トラヒックの割入れを考慮したときに、このネットワークへ設定可能な9本のパスが9本の矢印で示されている。

。

[0010] この例では、算出条件としては、ホップ数が「最大ホップ数」であり、すべての中継ノードが「割入れ有」であるものとする。すなわち、ホップ数が8であり、割入れ数が8であるものとしている。具体的には、8個の中継ノードB～Iに対して、図中下方から別のトラヒックがそれぞれ割入れられるように構成されている。これは、従来技術では、収容条件によらず中継ノード数固定、全ノードにおいてトラヒック割入れが発生すると仮定し、収容制限しているからである。この前提で、従来技術は、全パスについて同一条件で設定帯域901に基づいて遅延揺らぎが最大揺らぎ量以下となるように設計している。すなわち、従来技術は、すべてのパスに同一の算出条件で、設計者によって各パスに予め設定された帯域（設定帯域）を基にした最悪値設計を行っている。

[0011] 図9（b）～図9（d）は、パスごとの条件で無瞬断パスを実現する伝送システムの設計を説明するためのパスの模式図である。図9（b）に示す9本のパスは、算出条件としては図9（a）に示すパスと同様に、ホップ数が8であり、割入れ数が8であるものとしている。ただし、この場合には、設定帯域を基にするのではなく、パスごとの条件として実トラヒックを反映した実効帯域902に基づいて遅延揺らぎが最大揺らぎ量以下となるように設計する。

図9（c）に示す3本のパスは、算出条件としては、ホップ数が2であり、割入れ数が2であるものとして、実効帯域903に基づいて遅延揺らぎが最大揺らぎ量以下となるように設計することを模式的に示している。なお、ここでは、ノードAは送信ノード、ノードDは受信ノード、ノードB、Cは中継ノードであるものとする。

図9（d）に示す4本のパスは、算出条件としては、ホップ数が8であり、割入れ数が3であるものとして、実効帯域904に基づいて遅延揺らぎが最大揺らぎ量以下となるように設計することを模式的に示している。なお、図9（b）～図9（d）において矢印の太さは収容帯域の大きさの違いを表

している。

[0012] 従来技術では、無瞬断パスに対して、図9（b）～図9（d）に示すようなパスごとの条件で柔軟に伝送システムを設計することができなかった。一方、高信頼ネットワークにおける運用性と収容効率の観点からは、全パス同一条件で設計する代わりに、パスごとの条件で設計することが望まれている。

[0013] そこで、本発明では、前記した問題を解決し、各パスの条件に応じた柔軟な帯域設計をすることのできる伝送システムの管理装置および伝送システムの設計方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0014] 前記した課題を解決するため、請求項1に係る発明は、送信ノードと受信ノードとの間に中継ノードからなる冗長経路を有する伝送システムの管理装置であって、パス条件として少なくともパスの経路および収容帯域を含む新規パス情報を受け付けて新規パス情報格納部に格納する新規パス情報入力部と、各ノードから少なくとも利用帯域およびパケット長を含む実トラヒックの統計情報を収集する統計情報収集部と、前記新規パス情報を受け付けるたびに、前記収集された実トラヒックの統計情報に基づいて、パスの区間ごとの揺らぎに対しパス全体における遅延揺らぎを算出し、算出された遅延揺らぎが前記受信ノードにおけるバッファ量に応じた最大揺らぎ量よりも小さいパスを無瞬断パスとして設計する無瞬断パス設計部と、前記無瞬断パスとして設計されたパスについて、当該パスの収容帯域を少なくとも含むパス情報を更新して既存パス情報格納部に格納すると共に、当該パスを構成するノードにおいて許容される帯域をパス情報として前記ノードに設定するパス情報設定部と、前記無瞬断パスとして設計されなかったパスをユーザに報知する報知部と、を備える伝送システムの管理装置である。

[0015] また、前記した課題を解決するため、請求項6に係る発明は、送信ノードと受信ノードとの間に中継ノードからなる冗長経路を有する伝送システムの管理装置による伝送システムの設計方法であって、前記管理装置が、各ノード

ドから少なくとも利用帯域およびパケット長を含む実トラヒックの統計情報を収集する工程と、パス条件として少なくともパスの経路および収容帯域を含む新規パス情報を受け付けて新規パス情報格納部に格納する工程と、前記新規パス情報を受け付けるたびに、前記収集された実トラヒックの統計情報に基づいて、パスの区間ごとの揺らぎに対しパス全体における遅延揺らぎを算出し、算出された遅延揺らぎが前記受信ノードにおけるバッファ量に応じた最大揺らぎ量よりも小さいパスを無瞬断パスとして設計する工程と、前記無瞬断パスとして設計されたパスについて、当該パスの収容帯域を少なくとも含むパス情報を更新して既存パス情報格納部に格納すると共に、当該パスを構成するノードにおいて許容される帯域をパス情報として前記ノードに設定する工程と、前記無瞬断パスとして設計されなかったパスをユーザに報知する工程と、を含む伝送システムの設計方法である。

[0016] このようにすることで、伝送システムの管理装置は、各ノードから利用帯域およびパケット長を含む実トラヒックの統計情報を収集する。そして、管理装置は、実トラヒックの統計情報に基づいて算出した遅延揺らぎが最大揺らぎ量よりも小さいパスを無瞬断パスとして設定し、設定できなかったパスについてはユーザに報知することができる。よって、伝送システムにおいて各パスの条件に応じた柔軟な帯域設計をすることが可能となる。

[0017] また、請求項2に係る発明は、前記無瞬断パス設計部が、前記新規パス情報格納部に格納された収容帯域を更新する情報として、前記収集された実トラヒックの統計情報である利用帯域に基づいて実効帯域を算出する実効帯域算出部と、前記ノードにおいて、異なるラインカードからの入力パケットが1つのラインカードから出力される際に合流ポイントで発生する遅延揺らぎを算出し、各合流ポイントで発生する遅延揺らぎを合計することで前記パス全体の遅延揺らぎを算出する遅延揺らぎ算出部と、前記パス全体の遅延揺らぎを前記最大揺らぎ量より小さいか否かを判別し、前記パス全体の遅延揺らぎが前記最大揺らぎ量より小さい場合、設定可能と判定して前記無瞬断パスとして設計し、前記パス全体の遅延揺らぎが前記最大揺らぎ量以上である場

合、設定不可と判定して前記報知部に通知する設定可否判定部と、を備える請求項 1 に記載の伝送システムの管理装置である。

[0018] このようにすることで、伝送システムの管理装置は、実トラヒックの統計情報に基づいて実効帯域および遅延揺らぎを更新可能に算出することができる。

[0019] また、請求項 3 に係る発明は、前記遅延揺らぎ算出部が、前記合流ポイントにおいてパケット同士が最大パケット長で衝突する場合に発生する最大遅延揺らぎを算出することで、前記パス全体の遅延揺らぎを算出する請求項 2 に記載の伝送システムの管理装置である。

[0020] このようにすることで、伝送システムの管理装置は、遅延揺らぎの最大値を見積もって最大揺らぎ量と比較できるので、十分な余裕を持って大小判定を確実に行うことができる。

[0021] また、請求項 4 に係る発明は、前記遅延揺らぎ算出部が、前記収集された実トラヒックの統計情報である利用帯域および平均パケット長に基づく衝突発生確率を用いて前記合流ポイントで発生する遅延揺らぎを算出することで、前記パス全体の遅延揺らぎを算出する請求項 2 に記載の伝送システムの管理装置である。

[0022] このようにすることで、伝送システムの管理装置は、利用帯域および平均パケット長に基づく衝突発生確率を用いて遅延揺らぎを見積もるので、高精度に算出された遅延揺らぎを最大揺らぎ量と比較することができる。

[0023] また、請求項 5 に係る発明は、前記実効帯域算出部が、前記収集された実トラヒックの統計情報である利用帯域の所定期間における最大値に対して安全係数を掛けることで前記実効帯域を算出する請求項 2 から請求項 4 のいずれか一項に記載の伝送システムの管理装置である。

[0024] このようにすることで、伝送システムの管理装置は、十分な余裕を持って実効帯域を見積もることができるので、信頼性を高めることができる。

発明の効果

[0025] 本発明によれば、伝送システムにおいて各パスの条件に応じた柔軟な帯域

設計をすることができる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]本発明の実施形態に係る伝送システムの管理装置を模式的に示す構成図である。

[図2]中継ノードの構成例を示す模式図である。

[図3] (a) ~ (b) は、パス情報の記憶構造を示す模式図である。

[図4] (a) ~ (b) は、実効帯域の設定例を示す模式図である。

[図5]図1の管理装置による処理の流れを示すフローチャートである。

[図6]パスの構成例を示す模式図である。

[図7] (a) ~ (c) は、遅延揺らぎの算出例を示す模式図である。

[図8]無瞬断パスを実現する従来の伝送システムを模式的に示す構成図である。

[図9] (a) ~ (d) はパスの模式図である。

発明を実施するための形態

[0027] 以下、本発明の伝送システムの管理装置について図面を参照して詳細に説明する。

図1に示す伝送システム1は、無瞬断パスを構成するネットワークであり、図示しないクライアントからのクライアント信号を伝送するものである。伝送システム1は、管理装置10と、当該管理装置10と通信可能に接続された複数のノード装置20(20a, 20b, 20c等)と、を備えている。

[0028] 伝送システム1は、図示しない送信ノードから受信ノードへの冗長経路を有し、冗長経路には、複製された同一パケットが伝送される。図1には、ノード装置20a, 20b, 20cを図示している。ノード装置20aは、例えば、図8に示した送信ノードNE1と同様の送信ノードである。ノード装置20bは、例えば、図8において短経路に配置された中継ノードNE11~NE13と同様の中継ノードである。ノード装置20cは、例えば、図8に示した受信ノードNE2と同様の受信ノードである。ここでは、簡単なた

め1台の中継ノード（ノード装置20c）を図示しているが、中継ノードは2個以上であってもよい。以下では、ノード装置20a, 20b, 20cを区別しない場合、ノード装置20と表記する。

[0029] ノード装置20は、例えばスイッチSWと、インタフェース盤IFと、監視制御部40として機能するCPUと、を備えている。インタフェース盤IF（IF盤、ラインカード）は、例えばクライアントIF盤や中継IF盤として構成されている。

クライアントIF盤は、少なくとも端点のノード装置20a, 20bに設けられている。クライアントIF盤は、ポート22を介して入出力するクライアント信号を処理するものであり、帯域制御部21、キュー23、制御IF24等を備える。帯域制御部21は、ノード装置20において許容するものとして設定されたネットワーク帯域内でパケットの送信を行うように、クライアント信号を帯域制御するものである。クライアントIF盤のキュー23（バッファ）には、揺らぎ吸収バッファ遅延時間が設定される。制御IF24は、IF盤と監視制御部40との間で信号の送受信を行うインタフェースである。

中継IF盤は、すべてのノード装置20に設けられている。中継IF盤は、ノード装置20間を中継するためのパスヘッダ処理部25、制御IF24、キュー23等を備える。パスヘッダ処理部25は、パケットを出力する先のIF盤の識別子を判定する等の処理を実行する。なお、インタフェース盤IFにおいて、キュー23は1つだけ図示されているが、優先度ごとに分けられたキューを備えるようにしてもよい。

[0030] 監視制御部40は、管理装置10において統計情報として利用されるトラヒック情報を監視するものである。このようなトラヒック情報としては、中継ノードごとの利用帯域、パケット長、優先度等を挙げることができる。監視制御部40は、例えば帯域制御部21から利用帯域の情報を取得する。監視制御部40は、例えばパスヘッダ処理部25からパケットのヘッダ情報を取得して、ヘッダ情報として記載された優先度やパケット長等を取得する。

[0031] ノード装置20は、例えば、CPUと、RAMやROM等のメモリと、通信を行うためのNIC (Network Interface Card) 等を備え、光クロスコネクタ、ルータ、スイッチ等からなる装置である。

[0032] 図1には、3個のIF盤（ラインカード）を備えたノード装置20a, 20b, 20cを図示したが、ノード装置20の構成はこれに限定されない。例えば、図2に示すように、4個のIF盤（ラインカード）を備えたノード装置20dであってもよい。ノード装置20dは、スイッチSWと、4個のIF盤と、を備えている。ノード装置20dの個数は、特に限定されないが、以下では15個の中継ノードによる設計を説明する。図2に示すノード装置20d（以下、ノードA～ノードOという）は、例えば同じ構成を持った中継ノードである。図2では省略したが、ノード装置20dは、監視制御部40（図1参照）として機能するCPUを備えている。また、図2には、設定されるパスの経路として、パス1の経路が一点鎖線で示されている。パス1の経路は、ノードF、ノードG、ノードH、ノードI、ノードJをこの順序で経由する経路である。この経路を、以下では、単に、F－G－H－I－Jと表記する。

[0033] 図1に戻って、伝送システム1の構成の説明を続ける。

伝送システム1の管理装置10は、新規パス情報入力部11と、新規パス情報格納部12aと、既存パス情報格納部12bと、統計情報収集部13と、無瞬断パス設計部14と、パス情報設定部15と、報知部16と、を備えている。なお、管理装置10は、伝送システム1のユーザ（オペレータ）が操作する端末装置と通信可能に接続されている。この端末装置は例えばパーソナルコンピュータ等であり、ユーザは端末装置から管理装置10にログインして制御することができる。

[0034] 統計情報収集部13は、各ノード装置20から、実トラヒックの統計情報を収集するものである。収集する実トラヒックの統計情報には、少なくとも利用帯域およびパケット長を含む。本実施形態では、統計情報収集部13は、ノード装置20ごとの利用帯域、パケット長、優先度等のトラヒック情報

を収集する。統計情報収集部 13 は、ノード装置 20 の監視制御部 40 から、優先度やパケット長等を取得する。統計情報収集部 13 は、ノード装置 20 から収集した統計情報を無瞬断パス設計部 14 に出力する。

パケット長としては、これまでにきた最大パケット長としてもよいし、平均パケット長としてもよい。

[0035] 新規パス情報入力部 11 は、所定の入力インタフェースや通信インタフェースである。新規パス情報入力部 11 は、伝送システム 1 のユーザが操作する端末装置から、パス条件として少なくともパスの経路および収容帯域を含む新規パス情報を受け付けて新規パス情報格納部 12a に格納する。受け付けるパス情報は、パス経路、収容帯域、優先度、パス種別等を含む。ここで、収容帯域は、リンクに収容できる帯域であって、パス経路等に応じて予め定められた設定値を示す。ユーザは、端末装置の例えばキーボード、マウス、タッチパネル等の所定のユーザインタフェースを用いて新規パス情報を、新規パス情報入力部 11 を介して、新規パス情報格納部 12a に書き込む。

[0036] 新規パス情報格納部 12a は、新規に入力されたパス情報を格納するものである。その後に新規パス情報を受け付けた場合、以前の新規パス情報格納部 12a は、新たに既存パス情報格納部 12b となる。また、新規パス情報を続けて受け付ける場合、既存パス情報格納部 12b は複数設けられることになり、それぞれに識別情報が付与されて管理される。

新規パス情報格納部 12a は、新規パス情報を受け付けるたびに新たに作成される。

既存パス情報格納部 12b は、最新の新規パス情報を受け付ける前に既に入力された既存パス情報を記憶するものであり、新規パス情報格納部 12a と同様な構成である。

[0037] 以下では、新規パス情報格納部 12a と既存パス情報格納部 12b とを区別しない場合、単にパス情報格納部 12 と表記する。パス情報格納部 12 に記憶されるパス情報の記憶構造の一例を図 3 (a) に示す。パス情報格納部 12 には、例えば図 3 (a) に示すように、パス識別、経路、パス種別、実

効帯域、優先度、中継ノードA～Oにおける揺らぎ量、パス全体での遅延揺らぎT、判定の各項目に関する情報が記憶される。

[0038] 図3(a)において、パス識別は、各パスを識別するためのナンバー等を示す。この例では、パス識別は、ナンバー以外に新規パス情報と既存パス情報とを区別する情報を含む。

経路とは、新規パス情報として入力されるパス条件の1つの情報である。前記したように、異なる2つのラインカードからの入力パケットが別のラインカードから出力される際の合流ポイントではパケット同士の衝突によって遅延揺らぎが発生する。この経路情報は、ラインカード単位の経路を基にした衝突箇所の特定に利用される。

[0039] 図3(a)において、パス種別とは、新規パス情報として入力されるパス条件の1つの情報である。パス種別は、無瞬断（故障無瞬断）、計画無瞬断、瞬断切替等を区別する情報を含む。ここで、計画無瞬断とは、通常運用時は短経路を選択し、支障移転時に計画的に短経路から長経路へと手動で無瞬断切替を行うことである。よって、計画無瞬断は、故障瞬断と区別して短経路無瞬断ともいう。なお、支障移転は、道路工事や電気・ガス・水道などの工事のため、ユーザ回線等の経路が移転されることを示す。

[0040] 図3(a)において、実効帯域とは、実トラヒックの統計情報に基づき算出される帯域の情報である。なお、実効帯域の算出方法については後記する。ただし、新規パスについては、実効帯域として、新規パス情報として入力される設定値（設定帯域）が利用される。

優先度とは、新規パス情報として入力されるパス条件の1つの情報である。優先度は、例えば、最高、普通等を区別する情報を含む。

[0041] また、中継ノードA～Oにおける揺らぎ量とは、各ノードにおいて、異なるI/F盤（ラインカード）からの入力パケットが1つのI/F盤（ラインカード）から出力される際に合流ポイントで衝突が発生するときに自パスから他パスへ与える揺らぎ量を示す。以下では、パスn（nは整数）からパスm（mは整数）へ与える揺らぎ量を T_n と表記する。例えば T_1 は、パス1から

他のパス（パス2やパス3）へ与える揺らぎ量を示す。また、T2は、パス2から他のパス（パス1やパス3）へ与える揺らぎ量を示す。図3（a）において、A～Oは、図2に示すノード装置20dの識別子であって、揺らぎ量が発生する可能性がある箇所を示す。後記する具体的な説明では、図2に示す15台のノード装置20dのうち、C～E、KおよびOの5台のノード装置20dを経由しないパスで説明する。そのため、後記する具体例の説明においては、図3（a）の記憶構造の代わりに、図3（b）に示すようにノード識別子の一部（C～E、KおよびO）を省略した簡易的な記憶構造を用いて説明する。

[0042] 図3（a）において、遅延揺らぎTとは、各合流ポイントで衝突時に発生する揺らぎ量のパス全体での合計値である。例えばパス1についてのパス全体での遅延揺らぎTとは、パス1に関する合流ポイントにおいて衝突時に他のパス（パス2やパス3）から自パス（T1）へ与えられる揺らぎ量を、衝突箇所に関してすべて加算した揺らぎ量の総計値を示す。

[0043] 図3（a）において、判定とは、遅延揺らぎTが最大揺らぎ量 $T_{\max}$ より小さいか否かを判定した結果を示す。例えばパス1についての遅延揺らぎTが、パス1について予め設定された最大揺らぎ量 $T_{\max}$ より小さい場合（ $T < T_{\max}$ ）はOK、遅延揺らぎTが最大揺らぎ量 $T_{\max}$ 以上である場合（ $T \geq T_{\max}$ ）はNGとする。

[0044] 無瞬断パス設計部14は、新規パス情報を受け付けるたびに、収集された実トラヒックの統計情報に基づいて、パスの区間ごとの揺らぎに対しパス全体における遅延揺らぎを算出し、算出された遅延揺らぎが最大揺らぎ量よりも小さいパスを無瞬断パスとして設計するものである。ここで、最大揺らぎ量は、受信ノードにおけるバッファ量に応じて予め定められた揺らぎ吸収バッファ量の最大値である。

[0045] 無瞬断パス設計部14は、実効帯域算出部141と、遅延揺らぎ算出部142と、設定可否判定部143と、を備えている。

[0046] 実効帯域算出部141は、収集された実トラヒックの統計情報である利用

帯域に基づいて実効帯域を算出するものである。実効帯域算出部 141 は、受け付けた新規パスを考慮して、各既存パスについて実効帯域をそれぞれ算出する。実効帯域算出部 141 は、新規パス情報格納部 12a に格納された収容帯域（設定帯域）を更新する情報として、収集された実トラヒックの統計情報である利用帯域に基づいて実効帯域を算出する。

[0047] 実効帯域算出部 141 は、例えば、収集された実トラヒックの統計情報である利用帯域の所定期間における最大値に対して安全係数を掛けることで実効帯域を算出することができる。実効帯域算出部 141 が行う実効帯域の算出について図 4（a）を参照して説明する。図 4（a）において、グラフの横軸は時間 t を示し、縦軸は実トラヒックを示す。実トラヒックの単位は bps (bit per second) である。この例では、新規パスが設定された当初には、実効帯域の初期値として設定帯域が新規パス情報格納部 12a に格納される。ここでは、設定帯域が例えば、 $1\text{ G} [\text{bps}]$ である。前記所定期間である実効帯域算出用のデータ収集期間としては、例えば時刻 $t = 0$ を開始時刻、時刻 $t = t_1$ を終了時刻としてもよい。この場合、時刻 $t = 0 \sim$ 時刻 $t = t_1$ の期間に収集された実トラヒックの統計情報の最大帯域に対し、所定の安全係数を掛けることで実効帯域を見積もることができる。この例では、実効帯域が $0.4\text{ G} [\text{bps}]$ であり、当初の設定帯域 ($1\text{ G} [\text{bps}]$) よりも大きく減少している。

[0048] また、例えば時刻 $t = t_1$ 、時刻 $t = t_2$ を、それぞれ、実効帯域算出用のデータ収集期間の開始時刻および終了時刻としてもよい。この場合、 $t_1 \sim t_2$ の期間に収集された実トラヒックの統計情報の最大帯域に対し、所定の安全係数を掛けることで実効帯域を見積もることができる。この例では、実効帯域が $0.4\text{ G} [\text{bps}]$ である。

従来技術では、実トラヒックの統計情報を考慮していなかったので、どのパスにも期間に関わらず設定帯域が設定されるのみであった。本実施形態によれば、実効帯域を設定するので、帯域の資源を有効に利用することができる。

[0049] また、この実トラヒックの統計情報については、実効帯域算出用のデータ収集期間を繰り返して全体としてのデータ収集期間を長くすればするほど、最大帯域を超えるトラヒック量が発生する確率は減少する。すなわち、実効帯域算出用のデータ収集期間ごとに算出した実効帯域の確度が高まってくる。そのため、図4（b）に示すように、全体としての収集期間が長くなるほど、徐々に安全係数を低減することができる。

[0050] 図4（b）において、グラフの横軸は時間 t を示し、縦軸は実効帯域を示している。図4（b）に示すように、新規パスが設定された当初（時刻 $t = 0$ ）には、所定の設定帯域が実効帯域の初期値として新規パス情報格納部 12 a に格納される。その後、実効帯域算出用のデータ収集期間における最大帯域に、第1の安全係数を掛けることで、実効帯域が算出される。このときに算出される実効帯域は、図示するように当初の設定帯域よりも大きく減少している。その後、実効帯域算出用のデータ収集期間における最大帯域に、第1の安全係数よりも僅かに小さな第2の安全係数を掛けることで、実効帯域が算出される。このときに算出される実効帯域は、図示するように前回の実効帯域よりも僅かに減少している。さらに、その後、実効帯域算出用のデータ収集期間における最大帯域に、第2の安全係数よりも僅かに小さな第3の安全係数を掛けることで、実効帯域が算出される。このときに算出される実効帯域は、図示するように前回の実効帯域よりも僅かに減少している。以下、同様に安全係数を小さくすることができる。これにより、トラフィックの収容効率を上げることが可能である。

[0051] 遅延揺らぎ算出部 142 は、新規パスおよび既存パスについて遅延揺らぎを算出するものである。遅延揺らぎ算出部 142 は、ノード装置 20 において、異なる I/F 盤（ラインカード）からの入力パケットが1つの I/F 盤（ラインカード）から出力される際に合流ポイントで発生する遅延揺らぎを算出し、各合流ポイントで発生する遅延揺らぎを合計することでパス全体の遅延揺らぎ T を算出する。

[0052] 遅延揺らぎ算出部 142 は、各ノード装置 20 から収集した実トラヒック

の統計情報を用いて、各合流ポイントで発生する遅延揺らぎを算出する。本実施形態では、例えば合流ポイントにおいてパケット同士が最大パケット長で衝突する場合に発生する揺らぎ（最大遅延揺らぎ）を算出し、これを衝突箇所について積算することとする。最大遅延揺らぎを算出することができれば、それを算出する方法は特に限定されない。一例として、合流ポイントにおいてパス n （ n は整数）からパス m （ m は整数）へ与える揺らぎ量 T_n は、下記の式（１）を用いて算出することとしてもよい。

[0053] [数1]

$$T_n = \text{最大パケット長} / \text{最大伝送帯域長} \quad \cdots \text{式（１）}$$

[0054] 式（１）において、最大パケット長とは、例えば、ノード装置 20 から収集した実トラヒックの統計情報として収集されたパケット長に関して所定期間内の最大値を示す。また、最大伝送帯域長とは、例えば、収集された収容帯域に関して所定期間内の最大値を示す。

例えばパス 1 とパス 2 とが合流ポイントで衝突するときに、パス 1 からパス 2 へ与える揺らぎ量 T_1 は、下記の式（２）で示され、パス 2 からパス 1 へ与える揺らぎ量 T_2 は、下記の式（３）で示される。

また、例えばパス 1 とパス 3 とが合流ポイントで衝突するときに、パス 1 からパス 3 へ与える揺らぎ量 T_1 は、下記の式（２）で示され、パス 3 からパス 1 へ与える揺らぎ量 T_3 は、下記の式（４）で示される。

[0055] [数2]

$$T_1 = \text{パス 1 の最大パケット長} / \text{最大伝送帯域長} \quad \cdots \text{式（２）}$$

$$T_2 = \text{パス 2 の最大パケット長} / \text{最大伝送帯域長} \quad \cdots \text{式（３）}$$

$$T_3 = \text{パス 3 の最大パケット長} / \text{最大伝送帯域長} \quad \cdots \text{式（４）}$$

[0056] また、前記式（１）等を用いる最大遅延揺らぎを算出する方法において式（１）の T_n を合流ポイントで発生する遅延揺らぎとして用いたとき、パス n についてのパス全体での遅延揺らぎを T とすると、この遅延揺らぎ T は下記の式（５）で示される。

[0057] [数3]

$$T = \sum_{\text{衝突箇所}} T_n \quad \cdots \text{式 (5)}$$

[0058] 式(5)において、衝突箇所についての T_n の和は、別ラインカードから合流する背景トラヒックの入力の個数だけ積算することを意味する。例えばパス1の全体の遅延揺らぎとは、パス1が合流ポイントで他のパスから受ける揺らぎ量の積算となる。具体的には、パス1とパス2とが1箇所で合流し、かつ、パス1とパス3とが2箇所で合流する場合、パス1の全体の遅延揺らぎ T は、下記の式(6)で示される。なお、 T_2 はパス2からパス1へ与える揺らぎ量を示し、 T_3 はパス3からパス1へ与える揺らぎ量を示す。

[0059] [数4]

$$T = T_2 + T_3 \times 2 \quad \cdots \text{式 (6)}$$

[0060] 設定可否判定部143は、新規パスおよび既存パスそれぞれについて、パス全体の遅延揺らぎ T が、パスごとに定められる最大揺らぎ量 $T_{\max}$ より小さいか否かを判別するものである。設定可否判定部143は、パス全体の遅延揺らぎ T が最大揺らぎ量 $T_{\max}$ より小さい場合、設定可能と判定して無瞬断パスとして設計する。このとき、設定可否判定部143は、遅延揺らぎ T が最大揺らぎ量 $T_{\max}$ よりも小さなパスが無瞬断パスとして設計可能であること(設定可)をパス情報設定部15に通知する。設定可否判定部143は、パス全体の遅延揺らぎ T が最大揺らぎ量 $T_{\max}$ 以上である場合、設定不可と判定してその旨(設定不可)を報知部16に通知する。

[0061] パス情報設定部15は、無瞬断パス設計部14によって無瞬断パスとして設計されたパスを各ノード装置20に設定するものである。すなわち、パス情報設定部15は、パス全体についての遅延揺らぎが最大揺らぎ量より小さいパスについて、パス情報格納部12に格納されている実効帯域(パス情報)を、当該パスを構成するノード装置20において許容される帯域として、当該ノード装置20に設定する。

[0062] パス情報設定部15は、無瞬断パス設計部14から無瞬断パスとして設定可の通知を受けると、既存パス情報格納部12bにパス情報が格納された無

瞬断パスについて、当該パスのパス情報を更新する。ここで更新されるパス情報は、少なくとも収容帯域を含んでいる。具体的には、パス情報設定部 15 は、実効帯域算出部 141 の算出結果によって、既存パス情報格納部 12b に記録されている実効帯域を更新する。なお、新規パスの実効帯域については、設定値をそのまま実効帯域として用いる。また、パス情報設定部 15 は、既存パスについて算出された遅延揺らぎ T によって、既存パス情報格納部 12b に既に格納されている遅延揺らぎ T を更新する。

[0063] パス情報設定部 15 は、新規パス情報格納部 12a にパス情報としてパス条件が格納された新規パスについて、無瞬断パスとして設計するときには、新規パスについて算出された遅延揺らぎ T を新規パス情報格納部 12a に格納する。

[0064] 報知部 16 は、無瞬断パス設計部 14 により無瞬断パスとして設計されなかったパスをユーザに報知するものである。報知部 16 は、管理装置 10 が入力を受け付けたパス情報のうち、無瞬断パスとして設定不可となったパスの情報を、伝送システム 1 のユーザが操作する端末装置へ送信する。また、報知部 16 は、無瞬断パスとして設計されたパスの情報も端末装置へ送信する。ユーザは、端末装置の例えば液晶ディスプレイ等に表示されるパスの情報を確認することにより、所望のパス条件のパスが、無瞬断パスとして設定できたか否かを認識することができる。

[0065] なお、管理装置 10 は、例えば、CPU 等の演算装置と、メモリ等の記憶装置と、外部との間で各種情報の送受信を行うインタフェース装置とを備えている。

[0066] [管理装置による動作]

管理装置 10 による動作について図 5 を参照（適宜図 1 参照）して説明する。図 5 は、図 1 の管理装置による処理の流れを示すフローチャートである。

管理装置 10 は、各ノード装置 20 から少なくとも利用帯域およびパケット長を含む実トラヒックの統計情報を収集する工程を実行する。

上記前提のもと、管理装置 10 は、新規パス情報入力部 11 によって、パス条件として少なくともパスの経路および収容帯域を含む新規パス情報を受け付ける（ステップ S 1）。新規パス情報入力部 11 は、受け付けた新規パス情報を、新規パス情報格納部 12 a に格納する。

[0067] 新規パス情報を受け付けるたびに、実効帯域算出部 14 1 は、ステップ S 1 で受け付けた新規パスを考慮して、収集された実トラヒックの統計情報に基づいて、各既存パスについて実効帯域をそれぞれ算出する（ステップ S 2）。このとき、パス情報設定部 15 は、実効帯域算出部 14 1 の算出結果によって、既存パス情報格納部 12 b に記録されている実効帯域を更新する。なお、新規パスの実効帯域については、設定値をそのまま実効帯域として用いる。

[0068] また、ステップ S 2 の前後あるいはステップ S 2 と並行して、遅延揺らぎ算出部 14 2 は、新規パスおよび既存パスについて、パスの区間ごとの揺らぎに対しパス全体における遅延揺らぎを算出する（ステップ S 3）。このとき、パス情報設定部 15 は、新規パスについて算出された遅延揺らぎを新規パス情報格納部 12 a に記録する。また、パス情報設定部 15 は、既存パスについて算出された遅延揺らぎによって、既存パス情報格納部 12 b に記録されている遅延揺らぎを更新する。

[0069] そして、設定可否判定部 14 3 は、新規パスおよび既存パスについて、算出された遅延揺らぎが、パスごとに定められる最大揺らぎ量より小さいか否かを判別する（ステップ S 4）。ステップ S 4 において、新規パスについて遅延揺らぎが最大揺らぎ量より小さい場合（ステップ S 4 : Y e s）、パス情報設定部 15 は、新規パス情報格納部 12 a に記録されているパス情報を各ノード装置へ設定する（ステップ S 5）。また、既存パスについて遅延揺らぎが最大揺らぎ量より小さい場合（ステップ S 4 : Y e s）、パス情報設定部 15 は、そのパスを無瞬断パスとして設計し、その無瞬断パスとして既存パス情報格納部 12 b に記録されているパス情報を各ノード装置 20 に設定する（ステップ S 5）。

[0070] 一方、ステップS4において、新規パスまたは既存パスについて、遅延揺らぎが最大揺らぎ量以上である場合（ステップS4：No）、パス情報設定部15は、そのパスを無瞬断パスとしては設計しない。代わりに、報知部16は、無瞬断パスとして設計されなかったパスが設定不可である旨を報知する（ステップS6）。ステップS5またはステップS6に続いて、新規パスが入力される場合（ステップS7：Yes）、ステップS1に戻り、新規パスが入力されなければ（ステップS7：No）、処理を終了する。

[0071] [無瞬断パスの設計の具体例]

次に、管理装置100による無瞬断パスの設計の具体例について図6および図7を参照して説明する。まず、図6を参照する。図6は、パスの構成例を示す模式図である。図6に示すノード装置は、図2に示したノード装置20dと同様なものである。図6は、図2に示したパス1の経路（一点鎖線）に加えて、パス2、パス3の経路を模式的に示している。

[0072] パス2の経路は、ノードA、ノードF、ノードG、ノードLをこの順序で経由する経路である。この経路を、以下では、単に、A－F－G－Lと表記する。

パス3の経路は、ノードA、ノードB、ノードG、ノードH、ノードM、ノードN、ノードI、ノードJをこの順序で経由する経路である。この経路を、以下では、単に、A－B－G－H－M－N－I－Jと表記する。

[0073] 図6に示すように、パス1とパス2は、共にノードFを経由する。そのため、ノードFでは、IF盤（以下、ラインカードと呼ぶ）からパケットが出力される際に合流ポイント（図6において破線の円で示す箇所）で遅延揺らぎが発生する。

また、図6に示すように、パス1とパス3は、共にノードGおよびノードIを経由する。そのため、ノードGおよびノードIでは、ラインカードからパケットが出力される際に合流ポイント（図6において破線の円で示す箇所）で遅延揺らぎが発生する。

例えば上記パス1～パス3が設定される場合について、従来技術では、全

パス同一条件で設定帯域に基づく遅延揺らぎが最大揺らぎ量以下であるかどうかを判定して設計していた。これに対して、本実施形態は、パスごとの条件で設定できることについて図7を参照（適宜図6参照）して説明する。

[0074] 図7（a）は、図6に示すパス1のパス条件として、経路が「F－G－H－I－J」、パス種別が「無瞬断」、設定帯域が「10G」、優先度が「最高」である新規パス情報が入力された場合の新規パス情報格納部12aを模式的に示す図である。

パス1の識別ナンバーは「1」であり、ここでは新規パス情報であるため、パス識別は「新規1」であるものとする。

また、新規パス情報であるため、パス1の実効帯域には、設定帯域（10G（設定））が格納されている。

また、パス経路を構成するノードF、ノードG、ノードH、ノードI、ノードJにおける揺らぎ量は、いずれもT1であるものとする。

また、この段階では合流ポイントでの衝突は起こらないので、パス1の全体における遅延揺らぎは存在しない（ $T=0$ ）。よって、当然ながら、遅延揺らぎTは、パス1の最大揺らぎ量 T_{max} より小さい（ $T < T_{max}$ ）ので、判定の項目ではOK（無瞬断パスとして設定可）となる。

[0075] 図7（b）において、パス種別「既存1」のデータは、図7（a）においてパス種別「新規1」のデータと同様なものである。これは、過去にパス1のパス情報を格納した新規パス情報格納部12aが、あらためて既存パス情報格納部12bになったことを意味する。このパス種別「既存1」のデータの説明は後記する。

[0076] 図7（b）において、パス種別「新規2」のデータは、図6に示すパス2の新規パス情報が格納された新規パス情報格納部12aを模式的に示している。パス2のパス条件は、経路が「A－F－G－L」、パス種別が「無瞬断」、設定帯域が「20G」、優先度が「最高」であるものとする。パス2の識別ナンバーは「2」であり、ここでは新規パス情報であるため、パス識別は「新規2」であるものとする。また、新規パス情報であるため、パス2の

実効帯域には、設定帯域（20 G（設定））が格納されている。また、パス経路を構成するノードA、ノードF、ノードG、ノードLにおける揺らぎ量は、いずれもT2であるものとする。

[0077] また、この段階では、パス1とパス2が共に経由するノードFの合流ポイントで衝突が発生することが分かる（図7（b）において破線の矩形で示す箇所）。そのため、パス2の全体における遅延揺らぎTは、他のパス（パス1）から自パス（パス2）へ与える揺らぎ量T1である。この場合、遅延揺らぎT（=T1）がパス2の最大揺らぎ量T_{max}より小さい（ $T < T_{\max}$ ）ので、判定の項目ではOK（無瞬断パスとして設定可）となる。

[0078] 一方、図7（b）において、パス種別「既存1」のデータは、図7（a）においてパス種別「新規1」のデータと比べていくつかの情報が更新されている。

パス1については、実効帯域算出用のデータ収集期間に収集された実トラヒックの統計情報の最大帯域に対し、所定の安全係数を掛けることで実効帯域が算出される。この例では、実効帯域が5 G [bps]であり、当初の設定帯域（10 G [bps]）よりも大きく減少している。

[0079] また、この段階では、パス1とパス2が共に経由するノードFの合流ポイントで衝突が発生することが分かる（図7（b）において破線の矩形で示す箇所）。そのため、パス1の全体における遅延揺らぎTは、他のパス（パス2）から自パス（パス1）へ与える揺らぎ量T2である。この場合、遅延揺らぎT（=T2）がパス1の最大揺らぎ量T_{max}より小さい（ $T < T_{\max}$ ）ので、判定の項目ではOK（無瞬断パスとして設定可）となる。

[0080] 図7（c）において、パス種別「既存2」のデータは、図7（b）においてパス種別「新規2」のデータと同様なものである。これは、過去にパス2のパス情報を格納した新規パス情報格納部12aが、あらためて既存パス情報格納部12bになったことを意味する。このパス種別「既存2」のデータ、およびパス種別「既存1」のデータの説明は後記する。

[0081] 図7（c）において、パス種別「新規3」のデータは、図6に示すパス3

の新規パス情報が格納された新規パス情報格納部 12 a を模式的に示している。パス 3 のパス条件は、経路が「A－B－G－H－M－N－I－J」、パス種別が「無瞬断」、設定帯域が「30 G」、優先度が「最高」であるものとする。パス 3 の識別ナンバーは「3」であり、ここでは新規パス情報であるため、パス識別は「新規 3」であるものとする。また、新規パス情報であるため、パス 3 の実効帯域には、設定帯域（30 G（設定））が格納されている。また、パス経路を構成するノード A、ノード B、ノード G、ノード H、ノード M、ノード N、ノード I、ノード J における揺らぎ量は、いずれも T3 であるものとする。

[0082] また、この段階では、パス 3 に関して、パス 3 とパス 1 が共に経由するノード G およびノード I の合流ポイントで衝突が発生することが分かる（図 7（c）に追加された破線の矩形で示す箇所）。そのため、パス 3 の全体における遅延揺らぎ T は、他のパス（パス 1）から自パス（パス 3）へ与える揺らぎ量 T1 についての衝突箇所に関する積算値（ $T1 \times 2$ ）である。この場合、遅延揺らぎ T（ $= T1 \times 2$ ）がパス 3 の最大揺らぎ量 T_{max} より小さい（ $T < T_{max}$ ）ので、判定の項目では OK（無瞬断パスとして設定可）となる。

[0083] また、図 7（c）において、パス種別「既存 2」のデータは、図 7（b）においてパス種別「新規 2」のデータと比べていくつかの情報が更新されている。パス 2 については、実効帯域算出用のデータ収集期間に収集された実トラヒックの統計情報の最大帯域に対し、所定の安全係数を掛けることで実効帯域が算出される。この例では、実効帯域が 8 G [bps] であり、当初の設定帯域（20 G [bps]）よりも大きく減少している。なお、パス 2 に関してはパス全体における遅延揺らぎ T は変わらず、判定の項目では OK（無瞬断パスとして設定可）となる。

[0084] さらに、図 7（c）において、パス種別「既存 1」のデータは、図 7（b）においてパス種別「既存 1」のデータと比べていくつかの情報が更新されている。パス 1 については、この例では、新たに算出された実効帯域が 4.4 G [bps] であり、前回の実効帯域（5 G [bps]）よりも減少して

いる。

また、この段階では、パス 1 に関して、パス 1 とパス 2 が共に経由するノード F の合流ポイントでの衝突に加え、パス 1 とパス 3 が共に経由するノード G およびノード I の合流ポイントでも衝突が発生する。そのため、パス 1 の全体における遅延揺らぎ T は、他のパス（パス 2）から自パス（パス 1）へ与える揺らぎ量 T_2 と、他のパス（パス 3）から自パス（パス 1）へ与える揺らぎ量 T_3 についての衝突箇所に関する積算値（ $T_3 \times 2$ ）と、の和である。この場合、遅延揺らぎ T （ $= T_2 + T_3 \times 2$ ）がパス 1 の最大揺らぎ量 $T_{\max}$ 以上（ $T \geq T_{\max}$ ）なので、判定の項目では NG（無瞬断パスとして設定不可）となる。

[0085] 本実施形態の管理装置によれば、実トラヒックの統計情報から算出した実効帯域に基づく柔軟な帯域設計を行うことで、無瞬断パスにおける帯域の有効利用が可能となる。一方、従来技術では、最悪値条件に基づいて設計者が設定していたため、柔軟な帯域設計が困難であり、収容効率が低下していた。これに対して、本実施形態によれば、高信頼ネットワークにおける運用性とトラヒックの収容効率が向上する。

また、本実施形態によれば、計画無瞬断パスの設計については、手動による切替え時のみ、パス全体の遅延揺らぎが最大揺らぎ量以下となっていればよい。そのため、多くのクライアントが同時に最大伝送速度で通信するには少ない帯域で設計していたとしても帯域不足にはならない効果（多重効果）を大きく出すことが可能である。

さらに、本実施形態によれば、無瞬断パスを設計する際に、送信ノードと受信ノードの間を中継する中継ノード数が少ないパスや、中継ノードにおける割入れ数が少ないパスについては、トラフィックを収容できる帯域を増加させたり、中継ノード数を増加させたりすることが可能となる。そのため、ネットワークの信頼性をいっそう高めることができる。

[0086] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、その趣旨を変えない範囲で実施することができる。例えば、

遅延揺らぎ算出部 142 は、合流ポイントで発生する遅延揺らぎを、統計情報として収集した中での最大パケット長を用いて算出するものとして説明したが、これに限らない。例えば設計上の最大パケット長を用いて揺らぎを算出してもよい。例えばジャンボフレームまで含め、64byte～9000byteまで通せる装置であれば、設計上の最大パケット長は9000byteとなる。一方、統計情報におけるパケット長を用いるとき、64byte～1000byteまでのパケット長しか通らないのであれば、1000byteを、統計情報を収集した中での最大パケット長として利用することができる（ユーザの利用パケット長が64byte～1000byte）。

また、收容効率を上げるために、最大パケット長の代わりに統計情報上の平均パケット長を用いて揺らぎを算出するようにしてもよい。例えば1000byteのパケットがほとんど来ないようなネットワークにおいて、平均パケット長が300byteであったとすると、收容効率をさらに上げることが可能になる。

また、遅延揺らぎ算出部 142 は、合流ポイントで発生する遅延揺らぎを算出する際に、最大パケット長と共に、統計情報として収集した中での最大收容帯域を用いて算出するものとして説明したが、統計情報上の最大帯域の代わりに、設計上の最大帯域や統計情報上の平均帯域を用いても構わない。

[0087] さらに、例えば、遅延揺らぎ算出部 142 は、合流ポイントで発生する遅延揺らぎを、収集された実トラヒックの統計情報である利用帯域および平均パケット長に基づく衝突発生確率を用いて算出するようにしてもよい。衝突発生確率を算出することができれば、それを算出する方法は特に限定されない。一例として、合流ポイントにおいてパス n （ n は整数）からパス m （ m は整数）へ与える揺らぎ量 T'_n は、下記の式（7）を用いて算出することとしてもよい。

[0088] [数5]

$$T'_n = Ts \times \rho / (1 - \rho) \quad \cdots \text{式 (7)}$$

ただし、

$$Ts = (\text{平均サービス時間}) - (\text{統計情報に基づく平均パケット長}) / 10^{11} \quad \cdots \text{式 (8)}$$

$$\rho = \text{負荷率} = (\text{実効帯域の合計}) / (\text{最大帯域}) \quad \cdots \text{式 (9)}$$

[0089] 式（８）の右辺第１項の平均サービス時間とは、所定レートでパケットが転送されるとき、入力されたパケットが出力されるまでの時間を示す。例えば100Gbpsのレートでパケットが転送されるとき、1000byteのパケットが入力され、出力されるまでの平均サービス時間は、 $1000 \times 8 \times 10^{-11}$ 秒等となる。

式（８）の右辺第２項の分子である平均パケット長とは、合流ポイントのノード装置２０から収集した実トラヒックの統計情報として収集されたパケット長に関して所定期間内の平均値を示す。式（８）の右辺第２項の分母である 10^{11} は 10^{11} [bps]を示す。また、式（９）の最右辺の分母である最大帯域とは、統計情報として収集した中での最大収容帯域を示す。なお、統計情報上の最大帯域の代わりに、設計上の最大帯域や統計情報上の平均帯域を用いても構わない。

式（９）の最右辺の分子である実効帯域の合計とは、合流ポイントで合流する各パスの実効帯域の和である。図７（ｃ）の例では、合計とは $4.4\text{ G} + 8\text{ G} + 30\text{ G}$ である。

前記式（７）のように平均サービス時間を導入することで、所定パスに対して合流する他のパスに、前記平均サービス時間の時間待ち合わせが発生し、揺らぎにつながることを反映することができる。また、平均サービス時間に対して負荷率を掛けることで、実際に衝突が起こり遅延の揺らぎが発生する実効的な値を見込むことができる。

[0090] また、前記式（７）等を用いる衝突発生確率を算出する方法において式（７）の T'_n を合流ポイントで発生する遅延揺らぎとして用いたとき、パス n についてのパス全体での遅延揺らぎを T とすると、この遅延揺らぎ T は下記の式（１０）で示される。なお、式（１０）において、衝突箇所についての T'_n の和は、別ラインカードから合流する背景トラヒックの入力の個数だけ積算することを意味する。

[0091] [数6]

$$T = \sum_{\text{衝突箇所}} T'_n \quad \cdots \text{式（１０）}$$

[0092] また、前記実施形態では、報知部１６は、外部からパス情報として受け付

けたパス条件では無瞬断パスとして設計できなかった旨（設定不可）をユーザに報知するものとしたが、それに加えて、他の情報を報知するオプション機能を備えることとしてもよい。

他の情報としては、例えば最大収容可能帯域を挙げることができる。これにより、ユーザは、無瞬断パスとして設計しようとしたパスが設定不可になった理由が、帯域不足によるものであることを認識することができる。

[0093] また、管理装置 10 は、ユーザが無瞬断パスとして設計しようとしたパスでは帯域不足となるような場合に、パス条件として入力されたパス経路とは異なる経路で帯域不足にならない経路を探索する機能をさらに備えるようにしてもよい。この場合には、報知部 16 は、オプション機能で報知する他の情報として、例えば、推奨される別経路の情報を挙げることができる。これにより、ユーザは、推奨される別経路が受け入れられる場合、無瞬断パスを設定することができる。

符号の説明

- [0094]
- 1 伝送システム
 - 10 管理装置
 - 11 新規パス情報入力部
 - 12 a 新規パス情報格納部
 - 12 b 既存パス情報格納部
 - 13 統計情報収集部
 - 14 無瞬断パス設計部
 - 14 1 実効帯域算出部
 - 14 2 遅延揺らぎ算出部
 - 14 3 設定可否判定部
 - 15 パス情報設定部
 - 16 報知部
 - 20 (20 a, 20 b, 20 c, 20 d) ノード装置
 - 40 監視制御部

請求の範囲

[請求項1] 送信ノードと受信ノードとの間に中継ノードからなる冗長経路を有する伝送システムの管理装置であって、

パス条件として少なくともパスの経路および収容帯域を含む新規パス情報を受け付けて新規パス情報格納部に格納する新規パス情報入力部と、

各ノードから少なくとも利用帯域およびパケット長を含む実トラヒックの統計情報を収集する統計情報収集部と、

前記新規パス情報を受け付けるたびに、前記収集された実トラヒックの統計情報に基づいて、パスの区間ごとの揺らぎに対しパス全体における遅延揺らぎを算出し、算出された遅延揺らぎが前記受信ノードにおけるバッファ量に応じた最大揺らぎ量よりも小さいパスを無瞬断パスとして設計する無瞬断パス設計部と、

前記無瞬断パスとして設計されたパスについて、当該パスの収容帯域を少なくとも含むパス情報を更新して既存パス情報格納部に格納すると共に、当該パスを構成するノードにおいて許容される帯域をパス情報として前記ノードに設定するパス情報設定部と、

前記無瞬断パスとして設計されなかったパスをユーザに報知する報知部と、

を備える伝送システムの管理装置。

[請求項2] 前記無瞬断パス設計部は、

前記新規パス情報格納部に格納された収容帯域を更新する情報として、前記収集された実トラヒックの統計情報である利用帯域に基づいて実効帯域を算出する実効帯域算出部と、

前記ノードにおいて、異なるラインカードからの入力パケットが1つのラインカードから出力される際に合流ポイントで発生する遅延揺らぎを算出し、各合流ポイントで発生する遅延揺らぎを合計することで前記パス全体の遅延揺らぎを算出する遅延揺らぎ算出部と、

前記パス全体の遅延揺らぎを前記最大揺らぎ量より小さいか否かを判別し、前記パス全体の遅延揺らぎが前記最大揺らぎ量より小さい場合、設定可能と判定して前記無瞬断パスとして設計し、前記パス全体の遅延揺らぎが前記最大揺らぎ量以上である場合、設定不可と判定して前記報知部に通知する設定可否判定部と、
を備える請求項1に記載の伝送システムの管理装置。

[請求項3] 前記遅延揺らぎ算出部は、前記合流ポイントにおいてパケット同士が最大パケット長で衝突する場合に発生する最大遅延揺らぎを算出することで、前記パス全体の遅延揺らぎを算出する請求項2に記載の伝送システムの管理装置。

[請求項4] 前記遅延揺らぎ算出部は、前記収集された実トラヒックの統計情報である利用帯域および平均パケット長に基づく衝突発生確率を用いて前記合流ポイントで発生する遅延揺らぎを算出することで、前記パス全体の遅延揺らぎを算出する請求項2に記載の伝送システムの管理装置。

[請求項5] 前記実効帯域算出部は、前記収集された実トラヒックの統計情報である利用帯域の所定期間における最大値に対して安全係数を掛けることで前記実効帯域を算出する請求項2から請求項4のいずれか一項に記載の伝送システムの管理装置。

[請求項6] 送信ノードと受信ノードとの間に中継ノードからなる冗長経路を有する伝送システムの管理装置による伝送システムの設計方法であって、
、

前記管理装置が、

各ノードから少なくとも利用帯域およびパケット長を含む実トラヒックの統計情報を収集する工程と、

パス条件として少なくともパスの経路および収容帯域を含む新規パス情報を受け付けて新規パス情報格納部に格納する工程と、

前記新規パス情報を受け付けるたびに、前記収集された実トラヒッ

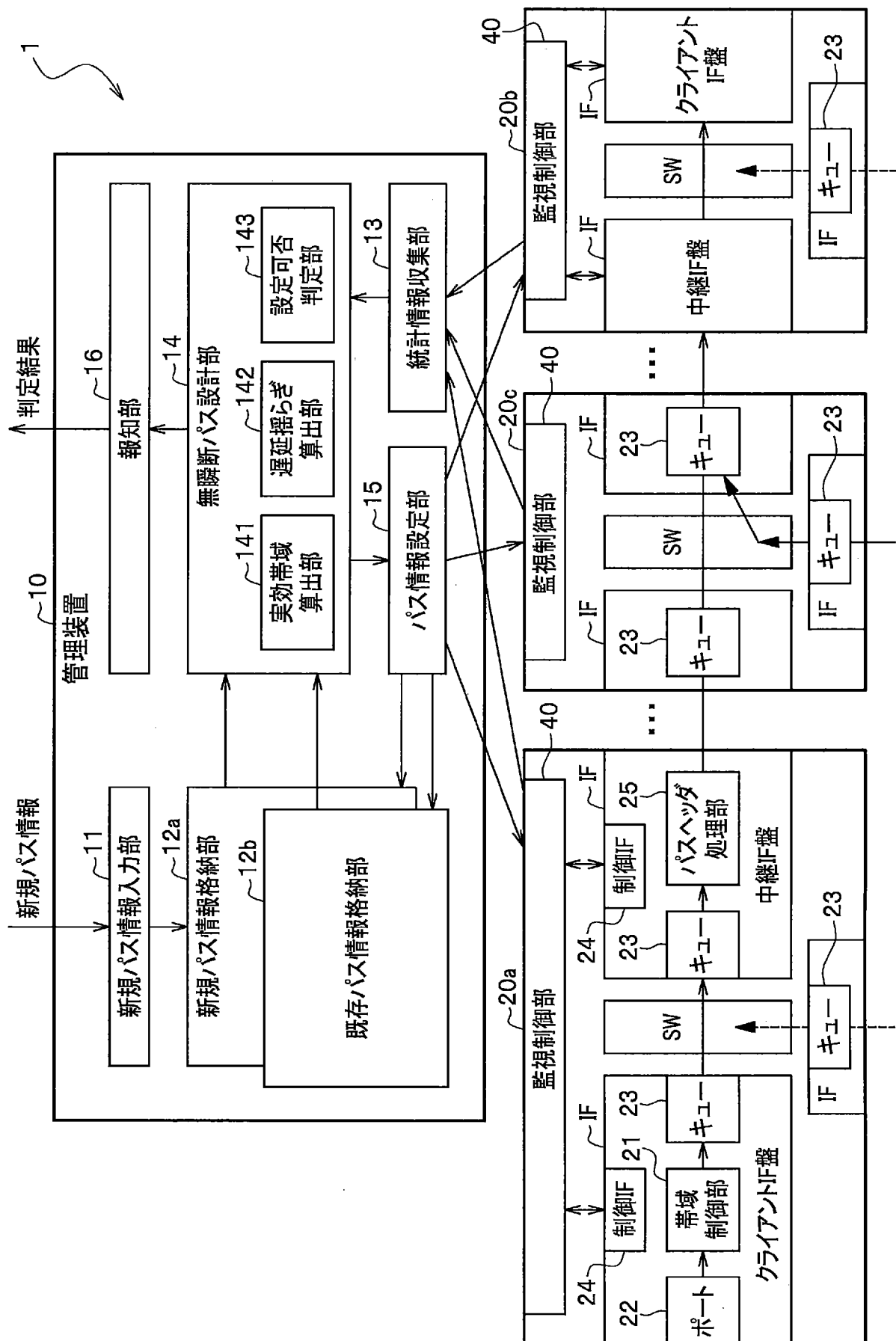
クの統計情報に基づいて、パスの区間ごとの揺らぎに対しパス全体における遅延揺らぎを算出し、算出された遅延揺らぎが前記受信ノードにおけるバッファ量に応じた最大揺らぎ量よりも小さいパスを無瞬断パスとして設計する工程と、

前記無瞬断パスとして設計されたパスについて、当該パスの収容帯域を少なくとも含むパス情報を更新して既存パス情報格納部に格納すると共に、当該パスを構成するノードにおいて許容される帯域をパス情報として前記ノードに設定する工程と、

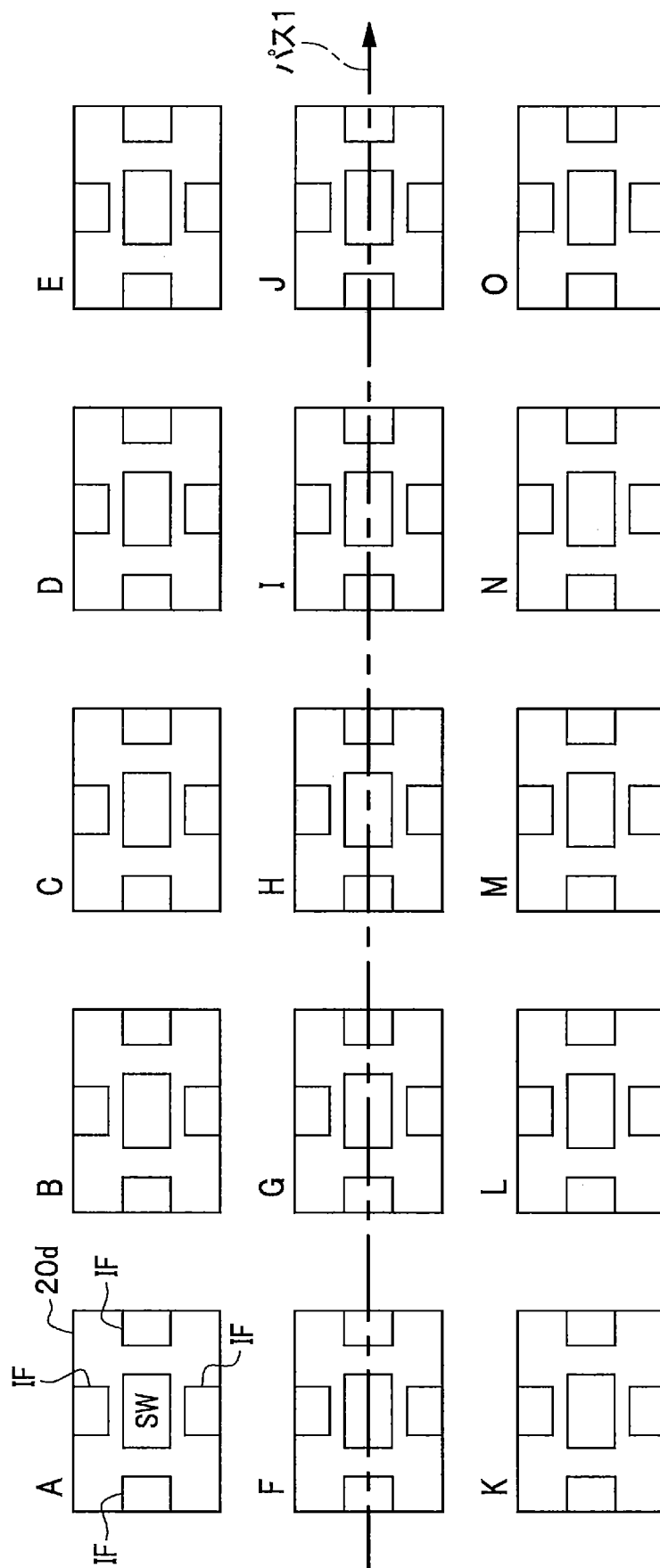
前記無瞬断パスとして設計されなかったパスをユーザに報知する工程と、

を含む伝送システムの設計方法。

[図1]



[図2]

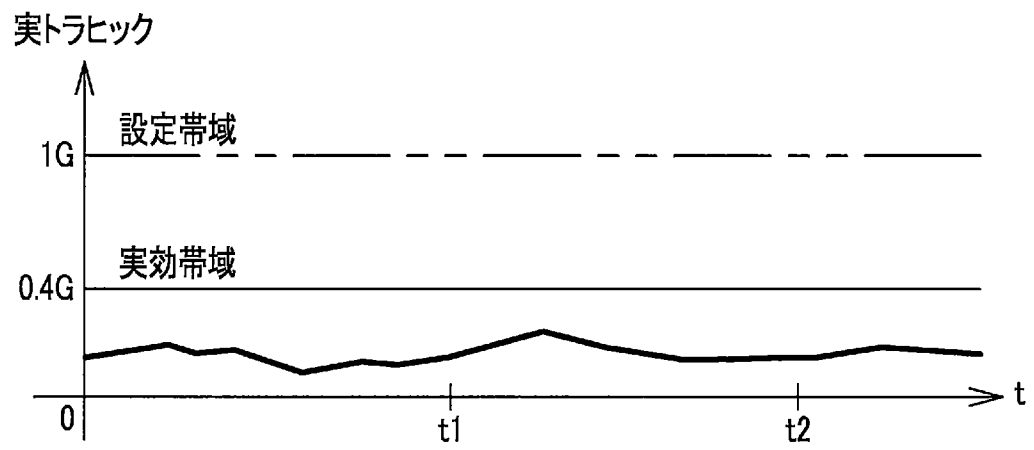


(७)

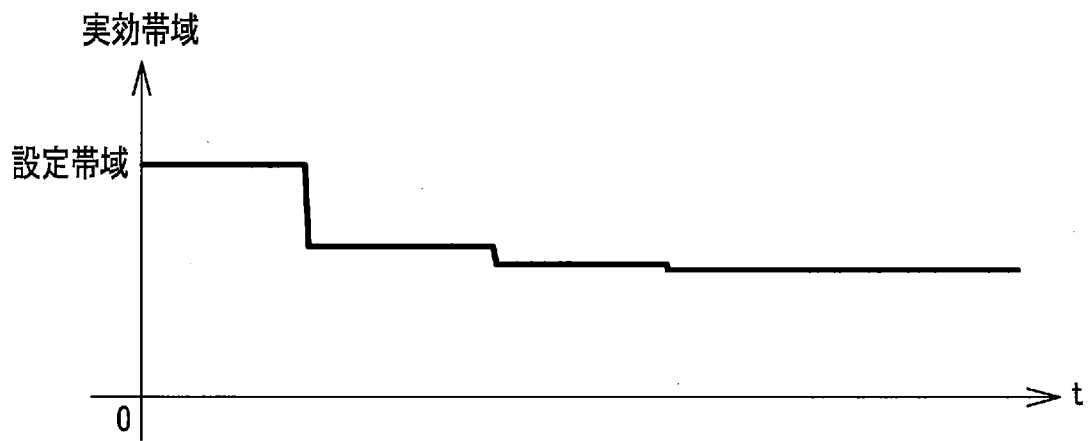
[illegible]

[図4]

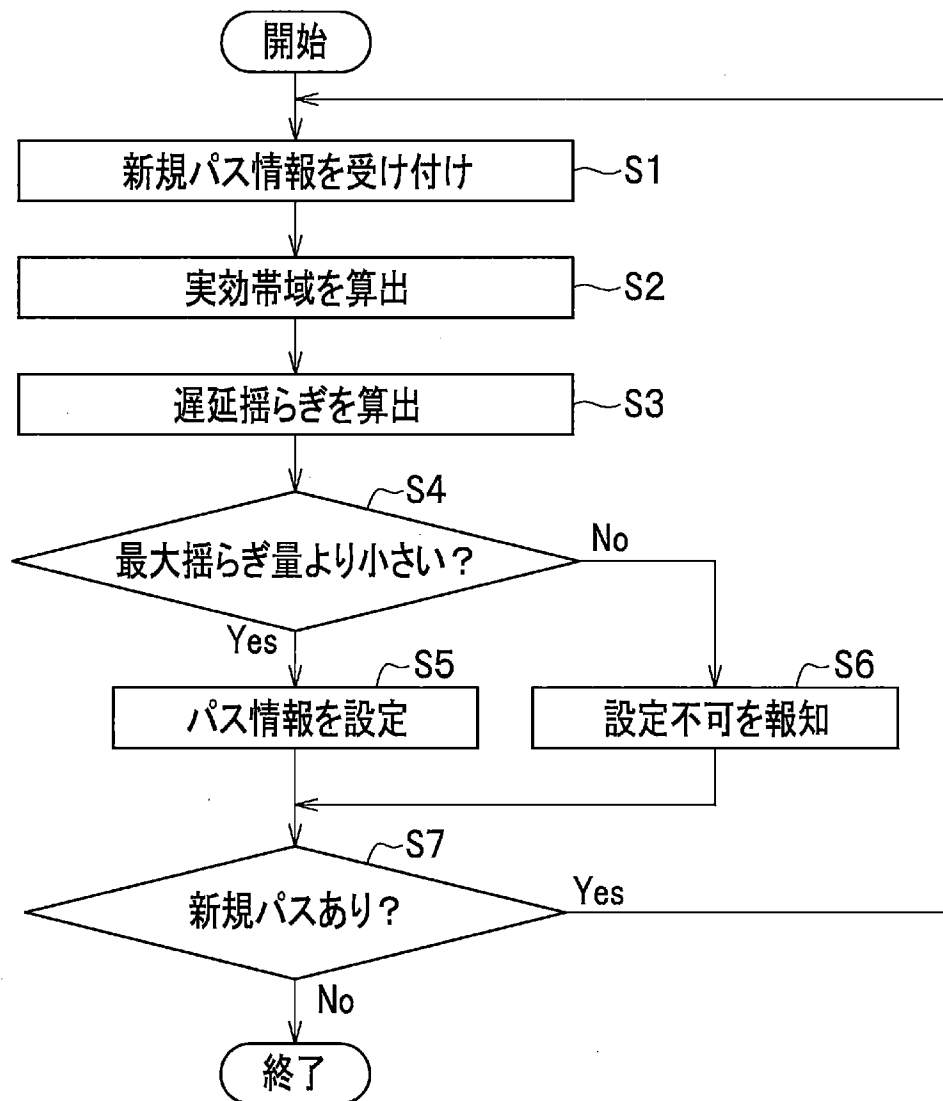
(a)



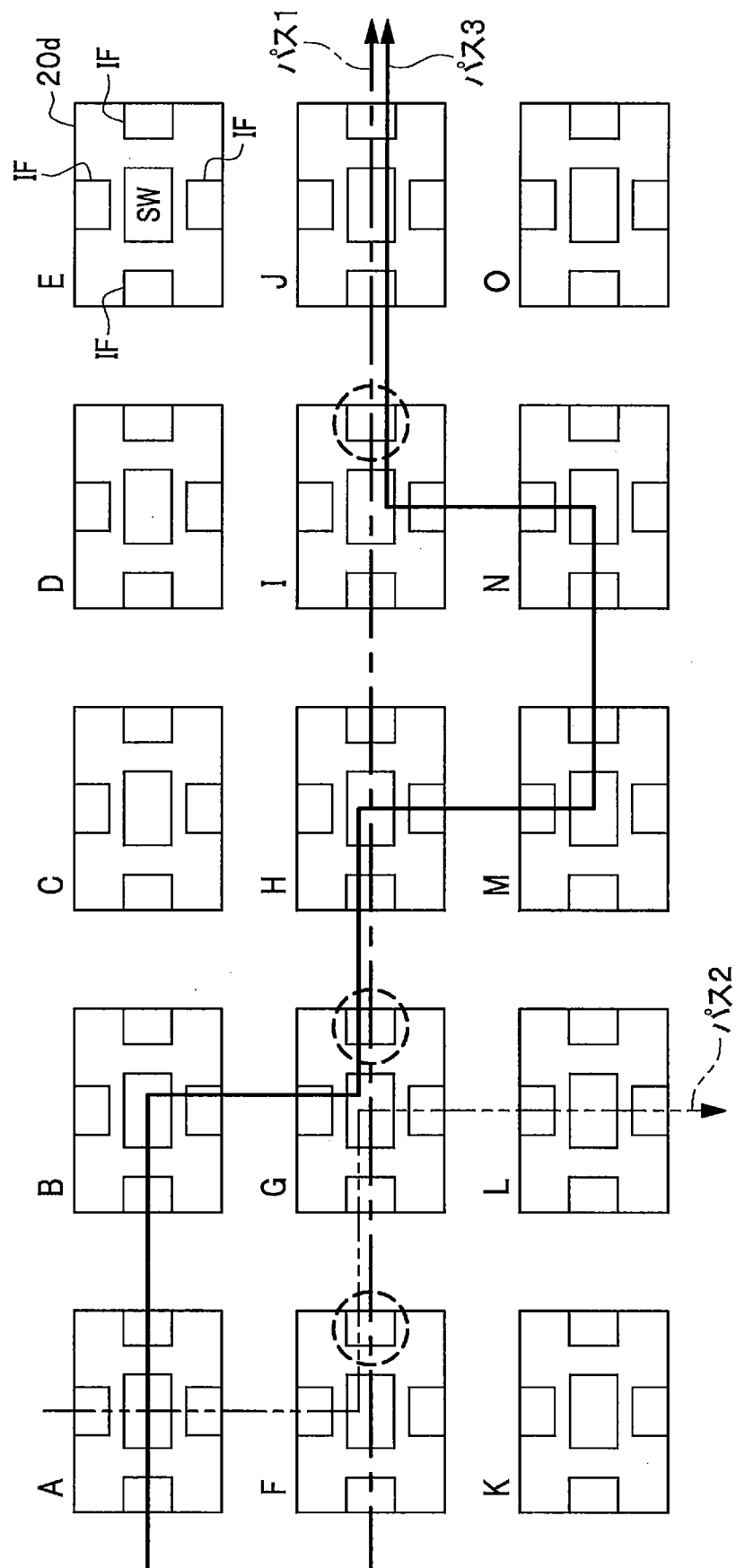
(b)



[図5]



[図6]



[図7]

(a)

パス 識別	経路	パス 種別	実効 帯域	優先度	A	B	F	G	H	I	J	L	M	N	遅延揺らぎ T	判定
新規1	F-G-H-I-J	無瞬断	10G (設定)	最高	0	0	T1	T1	T1	T1	T1	0	0	0	0	OK

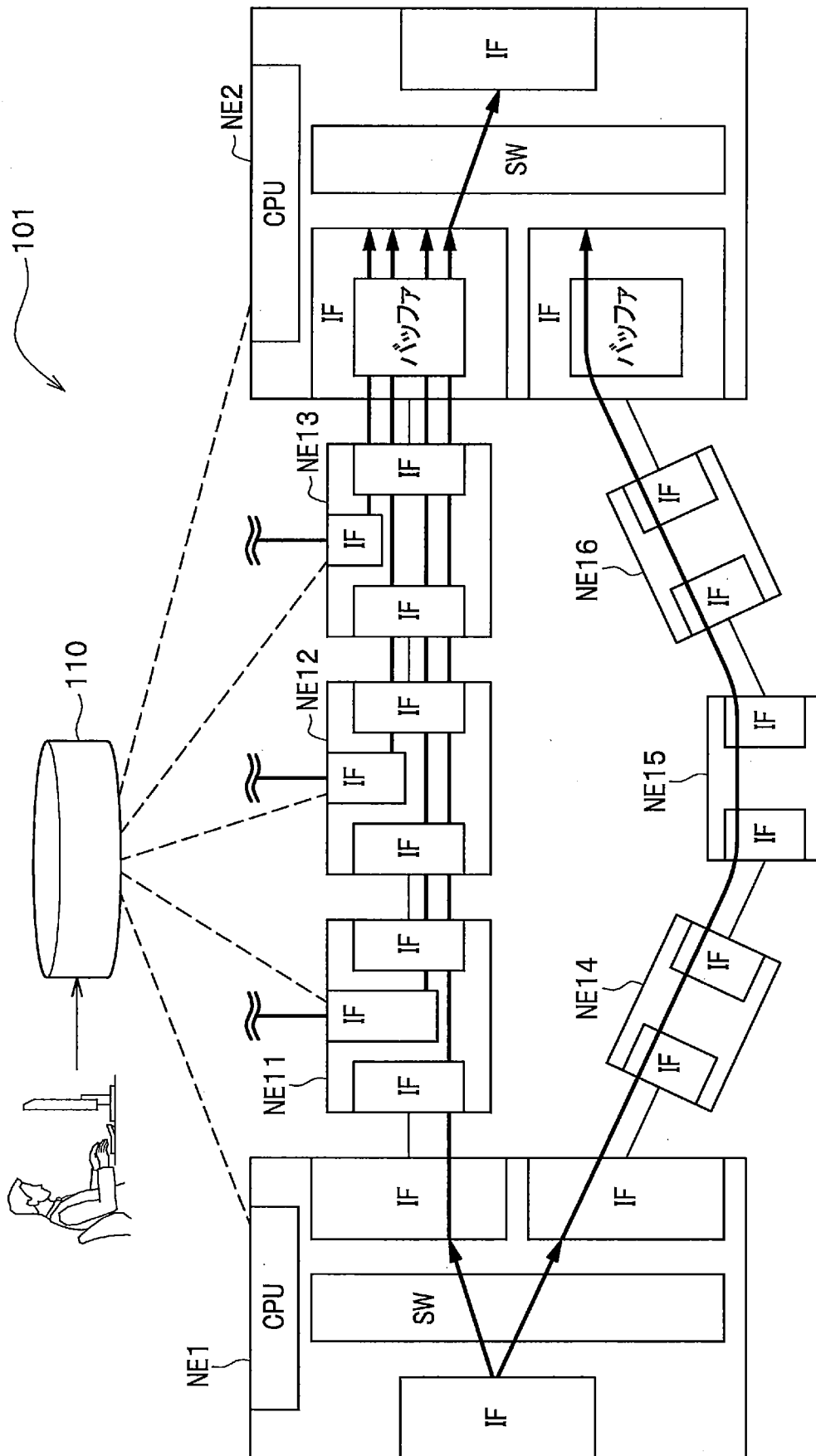
(b)

パス 識別	経路	パス 種別	実効 帯域	優先度	A	B	F	G	H	I	J	L	M	N	遅延揺らぎ T	判定
既存1	F-G-H-I-J	無瞬断	5G	最高	0	0	T1	T1	T1	T1	T1	0	0	0	T2	OK
新規2	A-F-G-L	無瞬断	20G (設定)	最高	T2	0	T2	T2	0	0	0	T2	0	0	T1	OK

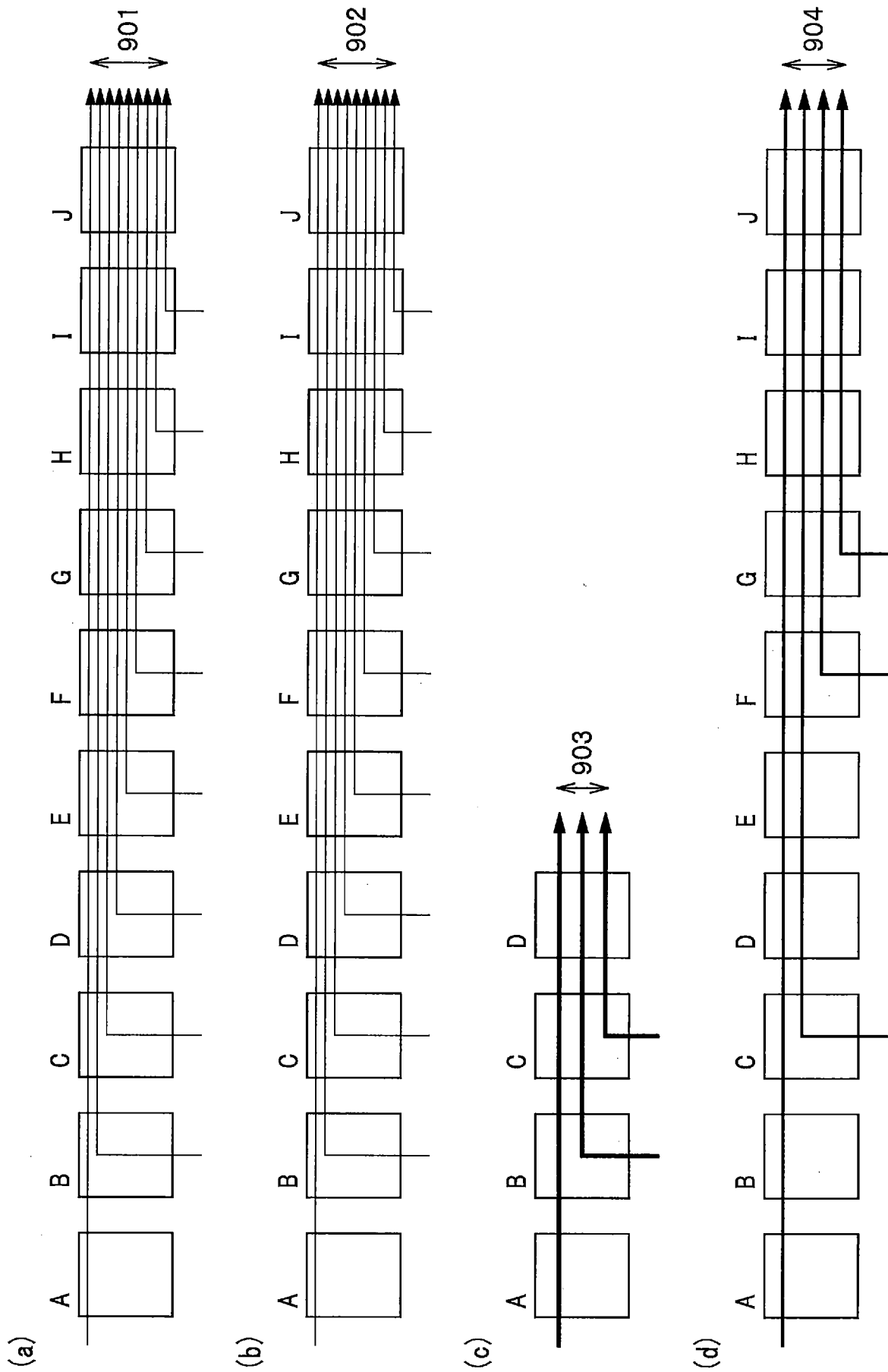
(c)

パス 識別	経路	パス 種別	実効 帯域	優先度	A	B	F	G	H	I	J	L	M	N	遅延揺らぎ T	判定
既存1	F-G-H-I-J	無瞬断	4.4G	最高	0	0	T1	T1	T1	T1	T1	0	0	0	T2+T3×2	NG
既存2	A-F-G-L	無瞬断	8G	最高	T2	0	T2	T2	0	0	0	T2	0	0	T1	OK
新規3	A-B-G-H- M-N-I-J	無瞬断	30G (設定)	最高	T3	T3	0	T3	T3	T3	T3	0	T3	T3	T1×2	OK

[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/025556

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H04L12/709 (2013.01) i, H04L12/725 (2013.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. H04L12/709, H04L12/725

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-74600 A (FUJITSU LTD.) 16 March 2006, & US 2006/0050635 A1	1-6
A	JP 2012-15668 A (HITACHI, LTD.) 19 January 2012 (Family: none)	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19.07.2019

Date of mailing of the international search report
30.07.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04L12/709(2013.01)i, H04L12/725(2013.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04L12/709, H04L12/725

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2006-74600 A（富士通株式会社）2006.03.16, & US 2006/0050635 A1	1-6
A	JP 2012-15668 A（株式会社日立製作所）2012.01.19,（ファミリーなし）	1-6

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

19.07.2019

国際調査報告の発送日

30.07.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

松崎 孝大

5 X

4060

電話番号 03-3581-1101 内線 3596