

(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
2022年11月17日(17.11.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/239136 A1

(51) 国際特許分類:
H04L 12/707 (2013.01)

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

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/017977

(22) 国際出願日: 2021年5月12日(12.05.2021)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(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: 東森 一晃 (HIGASHIMORI Katsuaki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 犬塚 史一 (INUZUKA Fumikazu); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 大原 拓也 (OHARA Takuya);

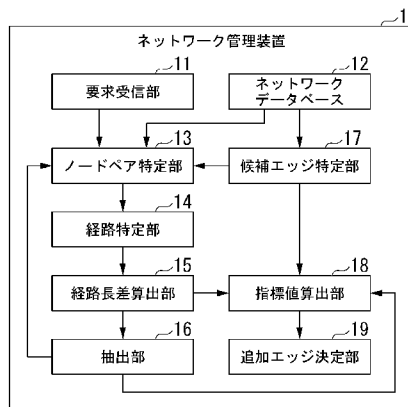
(74) 代理人: 特許業務法人 志賀国際特許事務所 (SHIGA INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).

(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, IT, JO, JP, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: NETWORK MANAGEMENT DEVICE, NETWORK MANAGEMENT METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: ネットワーク管理装置、ネットワーク管理方法およびプログラム

[図2]



- 1 Network management device
- 11 Request reception unit
- 12 Network database
- 13 Node pair identification unit
- 14 Path identification unit
- 15 Path length difference calculation unit
- 16 Extraction unit
- 17 Candidate edge identification unit
- 18 Index value calculation unit
- 19 Additional edge determination unit

(57) Abstract: In the present invention, a path identification unit identifies a main system path and a redundant system path for each of node pairs which are pairs of nodes on a communication network. The main system path and the redundant system path comprise a plurality of edges, and nodes on the main system path and nodes on the redundant system path do not overlap each other. A path length difference calculation unit calculates a path length difference between the main system path and the redundant system path for each of the node pairs. On the basis of the path length difference, an extraction unit extracts a failed pair, from among the node pairs, which causes deterioration in communication performance when the main system path is switched to the redundant system path.

(57) 要約: 経路特定部は、通信ネットワーク上のノードのペアであるノードペアそれぞれについて、主系経路および冗長系経路を特定する。主系経路および冗長系経路は、複数のエッジで構成され、主系経路上のノードと冗長系経路上のノードが重複しない経路である。経路長差算出部は、ノードペアそれぞれについて主系経路と冗長系経路との経路長差を求める。抽出部は、経路長差に基づいて、ノードペアのうち主系経路から冗長系経路に切り替えたときに通信性能の低下が生じる外れペアを抽出する。

(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))

明 細 書

発明の名称：

ネットワーク管理装置、ネットワーク管理方法およびプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、ネットワーク管理装置、ネットワーク管理方法およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 非特許文献 1 には、ネットワークの信頼性を向上させるための冗長系経路の算出技術が開示されている。非特許文献 1 によれば、主系経路と冗長系経路は、送信ノード及び受信ノードを同じくし、共通する中継ノードを有しない 2 つの経路である。2 つの経路のうち経路長が短いものが主系経路であり、経路長が長いものが冗長系経路である。主系経路と冗長系経路とで重複する中継ノードを有する場合、当該中継ノードに障害が発生すると主系経路および冗長系経路の両方が使用できなくなるところ、重複する中継ノードを備えないことで、主系経路の障害に対する冗長系経路の信頼性を高めることができる。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献 1：R. Bhandari, “Optimal Physical Diversity Algorithms and Survivable Networks”, IEEE Conference Paper, pp. 433-441

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 非特許文献 1 に記載の技術を通信ネットワークに適用する場合、送信ノードと受信ノードの組み合わせによっては、主系経路と冗長系経路の経路長差が大きくなることがある。この理由の一つとして、通信ネットワークが完全グラフではなく、選択可能なエッジが限られることが挙げられる。経路長差が大きいと、通信経路を主系経路から冗長系経路に切り替えたときに通信性

能の低下が生じる。そのため、主系経路と冗長系経路の経路長差による通信性能の低下が相対的に大きい送信ノードと受信ノードの組み合わせを特定し、適切な冗長系経路を構成できるようネットワークを変更することが望まれる。

[0005] 本発明の目的は、通信ネットワークにおいて、主系経路から冗長系経路に切り替えたときに通信性能の低下が生じる送信ノードと受信ノードのペアを特定することができるネットワーク管理装置、ネットワーク管理方法およびプログラムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一態様は、ネットワーク管理装置であって、複数のノードと、前記ノード間を接続する複数のエッジとを有する通信ネットワークを管理するネットワーク管理装置であって、前記通信ネットワーク上のノードのペアであるノードペアそれぞれについて、前記複数のエッジで構成され、当該ノードペア間を接続する主系経路および冗長系経路であって、前記主系経路上の中継ノードと前記冗長系経路上の中継ノードが重複しない前記主系経路および前記冗長系経路を特定する経路特定部と、前記ノードペアそれぞれについて前記主系経路と前記冗長系経路との経路長差を求める経路長差算出部と、前記経路長差に基づいて、前記ノードペアのうち前記主系経路から前記冗長系経路に切り替えたときに通信性能の低下が生じる外れペアを抽出する抽出部とを備える。

[0007] 本発明の一態様は、上記のネットワーク管理装置であって、前記通信ネットワークに含まれないエッジであって、前記通信ネットワークに追加することで、前記外れペアにおいて前記主系経路から前記冗長系経路に切り替えたときの通信性能の低下を抑制する追加エッジを特定する追加エッジ特定部を備え、前記経路特定部は、前記追加エッジの候補である複数の候補エッジについて、前記候補エッジを前記通信ネットワークに加えた場合における前記外れペアそれぞれに係る主系経路および冗長系経路を特定し、前記追加エッジ特定部は、前記複数の候補エッジのうち、前記外れペアの経路長差に係る

指標値が最も小さくなるものを、前記追加エッジとして特定する。

[0008] 本発明の一態様は、上記のネットワーク管理装置において、前記抽出部は、前記経路長差と、前記ノードペア間の距離との組み合わせに基づく統計処理によって、前記外れペアを抽出する。

[0009] 本発明の一態様は、ネットワーク管理方法であって、複数のノードと、前記ノード間を接続する複数のエッジとを有する通信ネットワークを管理するネットワーク管理方法であって、前記通信ネットワーク上のノードのペアであるノードペアそれぞれについて、前記複数のエッジで構成され、当該ノードペア間を接続する主系経路および冗長系経路であって、前記主系経路上の中継ノードと前記冗長系経路上の中継ノードが重複しない主系経路および冗長系経路を特定するステップと、前記ノードペアそれぞれについて前記主系経路と前記冗長系経路との経路長差を求めるステップと、前記経路長差に基づいて、前記ノードペアのうち前記主系経路から前記冗長系経路に切り替えたときに通信性能の低下が生じる外れペアを抽出するステップとを有する。

[0010] 本発明の一態様は、プログラムであって、複数のノードと、前記ノード間を接続する複数のエッジとを有する通信ネットワークを管理するコンピュータに、前記通信ネットワーク上のノードのペアであるノードペアそれぞれについて、前記複数のエッジで構成され、当該ノードペア間を接続する主系経路および冗長系経路であって、前記主系経路上の中継ノードと前記冗長系経路上の中継ノードが重複しない前記主系経路および前記冗長系経路を特定するステップと、前記ノードペアそれぞれについて前記主系経路と前記冗長系経路との経路長差を求めるステップと、前記経路長差に基づいて、前記ノードペアのうち前記主系経路から前記冗長系経路に切り替えたときに通信性能の低下が生じる外れペアを抽出するステップとを実行させる。

発明の効果

[0011] 上記少なくとも1つの態様によれば、通信ネットワークにおいて、主系経路から冗長系経路に切り替えたときに通信性能の低下が生じるノードのペアを特定することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]第1の実施形態に係る主系経路と冗長系経路の例を示す図である。

[図2]第1の実施形態に係るネットワーク管理装置の構成を示す概略ブロック図である。

[図3]第1の実施形態に係るネットワーク管理装置の動作を示すフローチャートである。

[図4]通信ネットワークにおけるノードペアの経路長差の分布の例を示す図である。

[図5]第1の実施形態に係る手法で追加エッジを決定した場合のノードペアの経路長差の分布の例を示す図である。

[図6]少なくとも1つの実施形態に係るコンピュータの構成を示す概略ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0013] 〈第1の実施形態〉

以下、図面を参照しながら実施形態について詳しく説明する。

第1の実施形態に係るネットワーク管理装置1は、通信ネットワークを管理する。

図1は、第1の実施形態に係る主系経路 R_p と冗長系経路 R_s の例を示す図である。通信ネットワークは、複数のノード N と、ノード N 間を接続するエッジ E によって構成される。第1の実施形態に係る通信ネットワークのノード同士は、平常時に主系経路 R_p を介して通信を行い、主系経路 R_p に障害が発生したときに冗長系経路 R_s に切り替えて通信を行う。

[0014] 主系経路 R_p と冗長系経路 R_s は、互いに共通する中継ノードを有しない。中継ノードとは、経路を構成するノードのうち、送信ノードおよび受信ノードを除くものである。2つの経路のうち経路長が短いものが主系経路 R_p であり、経路長が長いものが冗長系経路 R_s である。図1に示す通信ネットワークは、ノード $N_1 \sim$ ノード N_7 の6つのノード N を備える。当該通信ネットワークにおいて、送信ノードを N_1 とし、受信ノードを N_7 とする場合

の最短経路はN 1、N 2、N 3、N 7を順に結ぶ経路である。しかしながら、この最短経路は、共通する中継ノードを有しない冗長系経路R_sを構成することができないため、主系経路R_pとして採用されない。図1に示す例では、N 1、N 4、N 3、N 7を順に結ぶ経路が主系経路R_pとなり、N 1、N 2、N 6、N 5、N 7を順に結ぶ経路を冗長系経路R_sとなる。

[0015] 主系経路R_pと冗長系経路R_sの経路長差が大きいと、通信経路を主系経路R_pから冗長系経路R_sに切り替えたときに通信性能の低下が生じる。経路長差を小さくするためには、通信ネットワークにエッジを追加する必要がある。例えば、図1に示す例では、冗長系経路R_sが他のノードNから比較的離れたノードN 6を経由するために主系経路R_pに対して冗長系経路R_sの経路長が長くなっている。これに対し、ノードN 2とノードN 5を結ぶエッジを追加することで、冗長系経路R_sがN 1、N 2、N 5、N 7を結ぶ経路となり、冗長系経路R_sの経路長を短くすることができる。一方で、通信ネットワークにエッジを追加するためには大規模な工事が必要となる。そのため、第1の実施形態に係るネットワーク管理装置1は、通信性能の低い複数の経路について品質が向上するように適切な追加エッジを決定する。つまり、ネットワーク管理装置1は、通信ネットワーク全体の通信性能を向上させる最小限の追加エッジを特定する。

[0016] 《ネットワーク管理装置1の構成》

図2は、第1の実施形態に係るネットワーク管理装置1の構成を示す概略ブロック図である。ネットワーク管理装置1は、要求受信部11、ネットワークデータベース12、ノードペア特定部13、経路特定部14、経路長差算出部15、抽出部16、候補エッジ特定部17、指標値算出部18、追加エッジ決定部19を備える。

[0017] 要求受信部11は、通信ネットワークの改善要求を受信する。改善要求は、改善すべき通信ネットワークのIDを含む。ネットワーク管理装置1は、改善要求の受信をトリガに追加エッジの決定処理を開始する。

[0018] ネットワークデータベース12は、通信ネットワークごとに、当該通信ネ

ットワークを構成するノード及びエッジに係る情報を記憶する。例えば、ネットワークデータベース12は、各ノードの緯度および経度、各エッジの始点ノード、終点ノード及び長さを記憶する。また、ネットワークデータベース12は、通信ネットワークごとに、追加すべきでないエッジ（禁止エッジ）に係る情報を記憶する。禁止エッジの例としては、山脈を隔てて設けられるノード間を結ぶエッジなど、追加する場合に必要となるコストが高いエッジが挙げられる。

[0019] ノードペア特定部13は、ネットワークデータベース12が記憶する情報に基づいて、通信ネットワークを構成する複数のノードから、送信ノードと受信ノードの組み合わせ（ノードペア）をすべて特定する。

[0020] 経路特定部14は、ノードペア特定部13が特定したノードペア間を接続する主系経路 R_p および冗長系経路 R_s を特定する。図1に示すように、主系経路 R_p と冗長系経路 R_s は、送信ノード及び受信ノードを同じくし、共通する中継ノードを有しない2つの経路である。経路特定部14は、例えば主系経路 R_p と冗長系経路 R_s の経路長の和が最小となるように、主系経路 R_p および冗長系経路 R_s を特定する。

経路特定部14は、例えば非特許文献1に記載の手法によって主系経路 R_p および冗長系経路 R_s を特定することができる。

[0021] 経路長差算出部15は、経路特定部14が特定した主系経路 R_p および冗長系経路 R_s それぞれの経路長と、主系経路 R_p と冗長系経路 R_s の経路長差を算出する。経路長は、例えば経路を構成するエッジに関連付けられた長さの総和によって求めてもよいし、経路を構成する中継ノード間の距離の総和によって求めてもよい。ノード間の距離は、ノードの緯度及び経度から求めることができる。

[0022] 抽出部16は、経路長差算出部15が算出した経路長および経路長差に基づいて、経路長差が相対的に大きいノードペアである外れペアを抽出する。例えば、抽出部16は以下の手順で外れペアを抽出する。まず、抽出部16は、複数のノードペアの属性として、経路長の和と、経路長差を設定する。

次に、抽出部 16 は、ワンクラス SVM (Support Vector Machine) によって正常なクラスを識別する識別境界を生成する。このとき、ノードペアは、抽出部 16 は、設定した識別境界より原点に近いノードペアを、外れペアとして抽出する。なお、他の実施形態に係る抽出部 16 は、SVM でない手法で外れペアを抽出してもよい。例えば他の実施形態に係る抽出部 16 は、ノードペアに基づいて経路長差の分布を表す混合ガウスモデルを学習し、混合ガウスモデルとの比較によって外れペアを抽出してもよい。

[0023] 候補エッジ特定部 17 は、ネットワークデータベース 12 が記憶する情報に基づいて、通信ネットワークに追加するエッジの候補となる複数の候補エッジを特定する。候補エッジ特定部 17 は、通信ネットワークを構成するノード群による完全グラフを構成するエッジから、通信ネットワークに既に存在するエッジと禁止エッジを除いたものを、候補エッジ群として特定する。

[0024] 指標値算出部 18 は、抽出部 16 が抽出した複数の外れペアについて、主系経路 R_p から冗長系経路 R_s に切り替えたときの通信性能の低下の度合いを示す指標値を算出する。当該指標値は、通信性能の最適化の指標となる。指標値は、抽出部 16 が抽出した複数の外れペアに係る経路長差の二乗平均平方根によって求められる。

[0025] 追加エッジ決定部 19 は、候補エッジ特定部 17 が特定した候補エッジのうち、指標値が最も小さくなるものを、追加エッジとして特定する。

[0026] 《ネットワーク管理装置 1 の動作》

図 3 は、第 1 の実施形態に係るネットワーク管理装置 1 の動作を示すフローチャートである。

通信ネットワークの管理者は、ある通信ネットワークにおいて性能改善を検討したい場合に、ネットワーク管理装置 1 に改善要求を送信する。ネットワーク管理装置 1 の要求受信部 11 が通信ネットワークの改善要求を受信すると、ノードペア特定部 13 は、改善要求に含まれる通信ネットワークの ID に基づいてネットワークデータベース 12 から改善すべきネットワークに係る情報を読み出す (ステップ S1)。ノードペア特定部 13 は、ネットワ

ークを構成するすべてのノードから、送信ノードと受信ノードのすべての組み合わせ（ノードペア）を特定する（ステップS2）。ネットワーク管理装置1は、特定した複数のノードペアを1つずつ選択し（ステップS3）、選択したノードペアについて、以下のステップS4およびステップS5の計算を行う。

[0027] 経路特定部14は、ステップS3で選択されたノードペアについて、送信ノードと受信ノードとの間を接続する主系経路 R_p および冗長系経路 R_s を特定する（ステップS4）。経路長差算出部15は、ステップS4で特定した主系経路 R_p および冗長系経路 R_s それぞれの経路長と、主系経路 R_p と冗長系経路 R_s の経路長差を算出する（ステップS5）。

[0028] 各ノードペアについて経路長および経路長差を算出すると、抽出部16は、経路長の和と経路長差を属性として、ワンクラスSVMによって正常なクラスを識別する識別境界を特定する（ステップS6）。抽出部16は、ステップS2で特定したノードペアのうち、設定した識別境界より原点に近いものを、外れペアとして抽出する（ステップS7）。

[0029] 候補エッジ特定部17は、ネットワークデータベース12が記憶する情報に基づいて、通信ネットワークに追加するエッジの候補となる複数の候補エッジを特定する（ステップS8）。ネットワーク管理装置1は、ステップS8で特定した複数の候補エッジを1つずつ選択し（ステップS9）、各候補エッジについて以下のステップS10からステップS13の計算を行う。

[0030] ネットワーク管理装置1は、ステップS7で抽出した複数の外れペアを1つずつ選択し（ステップS10）、各外れペアについて以下のステップS11およびステップS12の計算を行う。経路特定部14は、ステップS1で読み出した通信ネットワークに、ステップS9で選択した候補エッジを加えた候補ネットワークについて、ステップS10で選択した外れペアの間を接続する主系経路 R_p および冗長系経路 R_s を特定する（ステップS11）。経路長差算出部15は、ステップS11で特定した主系経路 R_p および冗長系経路 R_s それぞれの経路長と、主系経路 R_p と冗長系経路 R_s の経路長差

を算出する（ステップS 1 2）。

[0031] 各外れペアについて経路長および経路長差を算出すると、指標値算出部 1 8 は、ステップS 1 2 で算出された複数の外れペアの経路長差の二乗平均平方根を、指標値として算出する（ステップS 1 3）。

[0032] 追加エッジ決定部 1 9 は、ステップS 8 で特定された候補エッジのうち、ステップS 1 3 で算出された指標値が最も小さくなるものを、追加エッジとして特定する（ステップS 1 4）。追加エッジ決定部 1 9 は、特定した追加エッジを通信ネットワークの管理者が操作する端末に表示させる。このとき、追加エッジ決定部 1 9 は、現在の通信ネットワークの経路長差の分布と、追加エッジを追加した場合の通信ネットワークの経路長差の分布とを比較可能に表示してよい。例えば、追加エッジ決定部 1 9 は、後述する図 4 のグラフと図 5 のグラフを重ね合わせて表示させることで、改善度合いを示してよい。

[0033] 《具体例》

図 4 は、通信ネットワークにおけるノードペアの経路長差の分布の例を示す図である。

図 4 は、横軸にノードペアの経路長差をとり、縦軸に経路長差の度数および累積相対度数をとったグラフである。図 4 に示す例では、経路長差は対数正規分布に近い分布をとっている。一方で、図 4 に示す例では、経路長差が長いノードペアが点在していることが分かる。第 1 の実施形態に係るネットワーク管理装置 1 によれば、このようなノードペアは、外れペアとして抽出される。図 4 に示す例からは、このような外れペアにおいて、主系経路 R_p と冗長系経路 R_s の切替が生じたときに通信性能の劣化が生じることが分かる。第 1 の実施形態に係るネットワーク管理装置 1 は、このような外れペアの経路長差の二乗平均平方根が小さくなるように追加エッジを決定することで、外れペアが分布に従った経路長差を有するように通信ネットワークを変更することができる。

[0034] 図 5 は、第 1 の実施形態に係る手法で追加エッジを決定した場合のノード

ペアの経路長差の分布の例を示す図である。図5に示す例では、図4においてみられた外れペアが減少していることが分かる。このように、第1の実施形態によれば、外れペアについて通信性能が向上するように追加エッジを決定することで、通信ネットワーク全体の品質向上を図ることができる。特に、ネットワーク管理装置1は、候補エッジを追加した場合の主系経路 R_p と冗長系経路 R_s の計算を外れペアに限ることで、追加エッジの決定処理に係る計算量を抑えることができる。また、ネットワーク管理装置1は、指標値の算出対象を外れペアに限ることで、積極的に外れペアがなくなるように追加エッジを決定することができる。全てのノードペアに基づいて指標値を求める場合、外れペアの経路長差が改善されず既に分布に従ったノードペアの経路長差を小さくするような追加エッジが得られる可能性がある。

[0035] 《作用・効果》

このように、第1の実施形態に係るネットワーク管理装置1は、通信ネットワーク上のノードペアそれぞれに係る主系経路 R_p と冗長系経路 R_s との経路長差に基づいて外れペアを抽出する。これにより、ネットワーク管理装置1は、通信ネットワークのどのノード間の通信において通信性能の低下が生じるのかを特定することができる。つまり、ネットワーク管理装置1は、主系経路 R_p から冗長系経路 R_s に切り替えたときに通信性能の低下が生じるノードのペアを特定することができる。

[0036] また、第1の実施形態に係るネットワーク管理装置1は、複数の候補エッジそれぞれについて、その候補エッジを通信ネットワークに加えた場合における外れペアそれぞれに係る主系経路 R_p および冗長系経路 R_s を特定し、外れペアの経路長差に係る指標値が最も小さくなる候補エッジを、追加エッジとして特定する。この手法によって特定された追加エッジは、外れペアの経路長差を短くすることに大きく寄与するエッジとなる。これにより、ネットワーク管理装置1は、積極的に外れペアがなくなるように追加エッジを決定することができる。

[0037] また、第1の実施形態に係るネットワーク管理装置1は、経路長差と、経

路長の和との組み合わせを要素としてSVMによって、外れペアを抽出する。主系経路 R_p と冗長系経路 R_s の経路長の和は、ノードペア間の距離に応じた値となる。主系経路 R_p と冗長系経路 R_s の経路長差は、ノードペア間の距離によって異なる。冗長系経路 R_s は、ノードペア間を最短経路で結ぶ主系経路 R_p と同じ中継ノードを含まないという制約を持つ。そのため、ノードペア間の距離が長いほど、冗長系経路 R_s の長さは長くなる可能性がある。したがって、経路長差と、経路長の和との組み合わせを要素として外れ値を求めることで、ノードペア間の距離によって経路長差が長くなるものを外れ値とならないようにすることができる。

[0038] 〈他の実施形態〉

以上、図面を参照して一実施形態について詳しく説明してきたが、具体的な構成は上述のものに限られることはなく、様々な設計変更等を行うことが可能である。すなわち、他の実施形態においては、上述の処理の順序が適宜変更されてもよい。また、一部の処理が並列に実行されてもよい。

上述した実施形態に係るネットワーク管理装置1は、単独のコンピュータによって構成されるものであってもよいし、ネットワーク管理装置1の構成を複数のコンピュータに分けて配置し、複数のコンピュータが互いに協働することでネットワーク管理装置1として機能するものであってもよい。

[0039] 上述した実施形態に係るネットワーク管理装置1は、通信性能の低いノードペアである複数の外れペアを特定し、当該複数の外れペアについて品質が向上するように適切な追加エッジを決定するが、これに限られない。例えば、他の実施形態に係るネットワーク管理装置1は、通信ネットワークにおける外れペアを抽出して提示する一方で、追加エッジの決定をしないものであってもよい。

[0040] 上述した実施形態に係るネットワーク管理装置1は、主系経路 R_p と冗長系経路 R_s の経路長の和を要素としてSVMなどの統計処理を行うことで外れペアを抽出するが、これに限られない。例えば、他の実施形態では、ノードペア間のホップ数や、ノード間の直線距離など、ノードペア間の距離に応

じた他の値を要素として用いてもよい。また、他の実施形態に係るネットワーク管理装置 1 は、ノードペア間の距離に応じた値を用いずに、経路長のみに基づいて外れペアを抽出するものであってもよい。

[0041] 上述した実施形態に係るネットワーク管理装置 1 は、予めネットワーク構成に係る情報をネットワークデータベース 12 に記憶しているが、これに限られない。例えば、他の実施形態に係るネットワーク管理装置 1 は、改善すべき通信ネットワークに係るデータを含む改善要求を受信する場合、ネットワークデータベース 12 を備えなくてもよい。

[0042] 〈コンピュータ構成〉

図 6 は、少なくとも 1 つの実施形態に係るコンピュータの構成を示す概略ブロック図である。

コンピュータ 90 は、プロセッサ 91、メインメモリ 93、ストレージ 95、インタフェース 97 を備える。

上述のネットワーク管理装置 1 は、コンピュータ 90 に実装される。そして、上述した各処理部の動作は、プログラムの形式でストレージ 95 に記憶されている。プロセッサ 91 は、プログラムをストレージ 95 から読み出してメインメモリ 93 に展開し、当該プログラムに従って上記処理を実行する。また、プロセッサ 91 は、プログラムに従って、上述した各記憶部に対応する記憶領域をメインメモリ 93 に確保する。プロセッサ 91 の例としては、CPU (Central Processing Unit)、GPU (Graphic Processing Unit)、マイクロプロセッサなどが挙げられる。

[0043] プログラムは、コンピュータ 90 に発揮させる機能の一部を実現するためのものであってもよい。例えば、プログラムは、ストレージに既に記憶されている他のプログラムとの組み合わせ、または他の装置に実装された他のプログラムとの組み合わせによって機能を発揮させるものであってもよい。なお、他の実施形態においては、コンピュータ 90 は、上記構成に加えて、または上記構成に代えて PLD (Programmable Logic Device) などのカスタム LSI (Large Scale Integrated Circuit) を備えてもよい。PLD の例と

しては、P A L (Programmable Array Logic)、G A L (Generic Array Logic)、C P L D (Complex Programmable Logic Device)、F P G A (Field Programmable Gate Array) が挙げられる。この場合、プロセッサ 91 によって実現される機能の一部または全部が当該集積回路によって実現されてよい。このような集積回路も、プロセッサの一例に含まれる。

[0044] ストレージ 95 の例としては、磁気ディスク、光磁気ディスク、光ディスク、半導体メモリ等が挙げられる。ストレージ 95 は、コンピュータ 90 のバスに直接接続された内部メディアであってもよいし、インタフェース 97 または通信回線を介してコンピュータ 90 に接続される外部メディアであってもよい。また、このプログラムが通信回線によってコンピュータ 90 に配信される場合、配信を受けたコンピュータ 90 が当該プログラムをメインメモリ 93 に展開し、上記処理を実行してもよい。少なくとも 1 つの実施形態において、ストレージ 95 は、一時的でない有形の記憶媒体である。

[0045] また、当該プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。さらに、当該プログラムは、前述した機能をストレージ 95 に既に記憶されている他のプログラムとの組み合わせで実現するもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

符号の説明

[0046] 1…ネットワーク管理装置 11…要求受信部 12…ネットワークデータベース 13…ノードペア特定部 14…経路特定部 15…経路長差算出部 16…抽出部 17…候補エッジ特定部 18…指標値算出部 19…追加エッジ決定部 E…エッジ N…ノード R_p…主系経路 R_s…冗長系経路

請求の範囲

- [請求項1] 複数のノードと、前記ノード間を接続する複数のエッジとを有する通信ネットワークを管理するネットワーク管理装置であって、
- 前記通信ネットワーク上のノードのペアであるノードペアそれぞれについて、前記複数のエッジで構成され、当該ノードペア間を接続する主系経路および冗長系経路であって、前記主系経路上の中継ノードと前記冗長系経路上の中継ノードが重複しない前記主系経路および前記冗長系経路を特定する経路特定部と、
- 前記ノードペアそれぞれについて前記主系経路と前記冗長系経路との経路長差を求める経路長差算出部と、
- 前記経路長差に基づいて、前記ノードペアのうち前記主系経路から前記冗長系経路に切り替えたときに通信性能の低下が生じる外れペアを抽出する抽出部と
- を備えるネットワーク管理装置。
- [請求項2] 前記通信ネットワークに含まれないエッジであって、前記通信ネットワークに追加することで、前記外れペアにおいて前記主系経路から前記冗長系経路に切り替えたときの通信性能の低下を抑制する追加エッジを特定する追加エッジ特定部を備え、
- 前記経路特定部は、前記追加エッジの候補である複数の候補エッジについて、前記候補エッジを前記通信ネットワークに加えた場合における前記外れペアそれぞれに係る主系経路および冗長系経路を特定し、
- 前記追加エッジ特定部は、前記複数の候補エッジのうち、前記外れペアの経路長差に係る指標値が最も小さくなるものを、前記追加エッジとして特定する
- 請求項1に記載のネットワーク管理装置。
- [請求項3] 前記抽出部は、前記経路長差と、前記ノードペア間の距離との組み合わせに基づく統計処理によって、前記外れペアを抽出する

請求項1または請求項2に記載のネットワーク管理装置。

[請求項4]

複数のノードと、前記ノード間を接続する複数のエッジとを有する通信ネットワークを管理するネットワーク管理方法であって、

前記通信ネットワーク上のノードのペアであるノードペアそれぞれについて、前記複数のエッジで構成され、当該ノードペア間を接続する主系経路および冗長系経路であって、前記主系経路上の中継ノードと前記冗長系経路上の中継ノードが重複しない主系経路および冗長系経路を特定するステップと、

前記ノードペアそれぞれについて前記主系経路と前記冗長系経路との経路長差を求めるステップと、

前記経路長差に基づいて、前記ノードペアのうち前記主系経路から前記冗長系経路に切り替えたときに通信性能の低下が生じる外れペアを抽出するステップと

を有するネットワーク管理方法。

[請求項5]

複数のノードと、前記ノード間を接続する複数のエッジとを有する通信ネットワークを管理するコンピュータに、

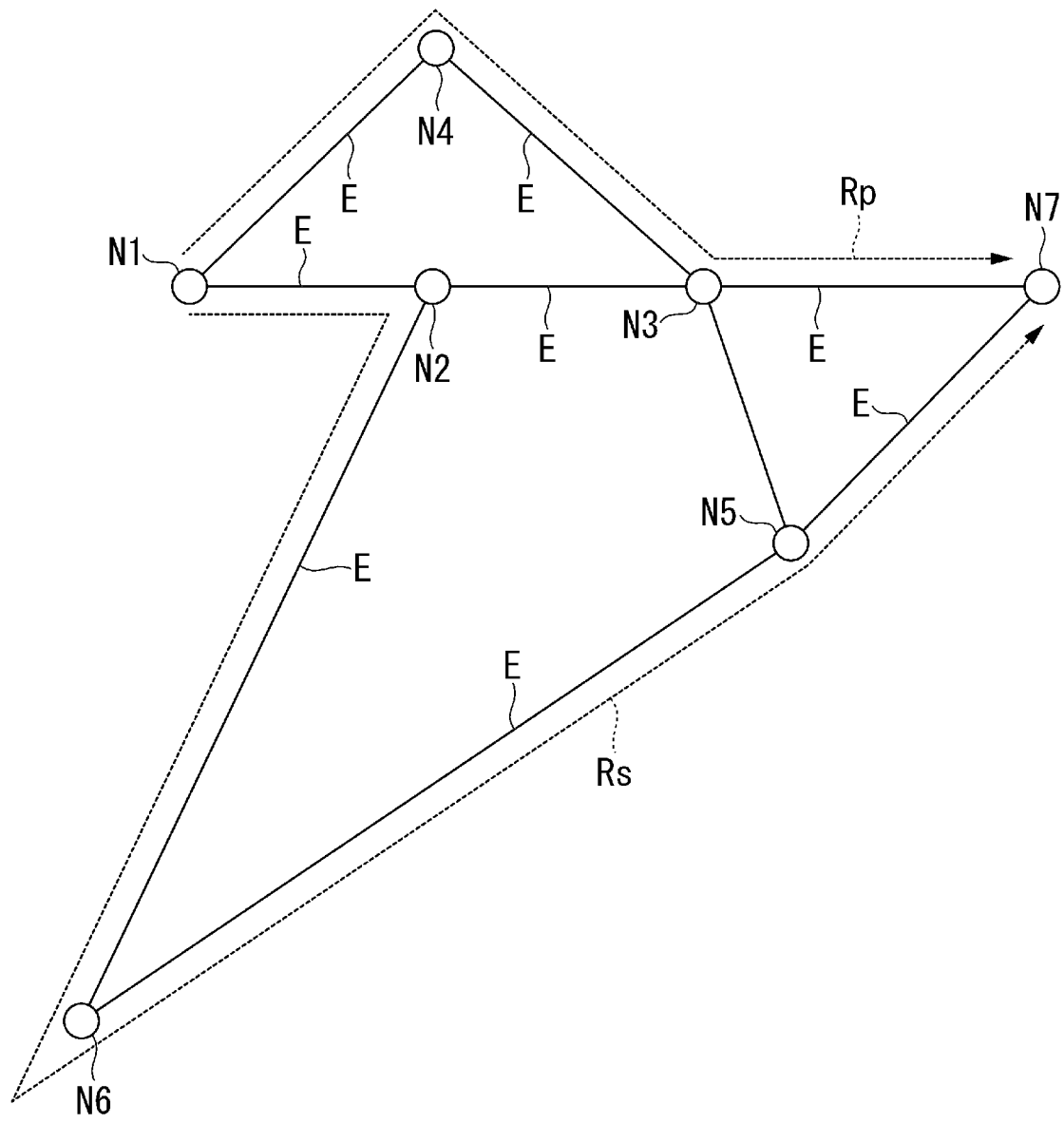
前記通信ネットワーク上のノードのペアであるノードペアそれぞれについて、前記複数のエッジで構成され、当該ノードペア間を接続する主系経路および冗長系経路であって、前記主系経路上の中継ノードと前記冗長系経路上の中継ノードが重複しない前記主系経路および前記冗長系経路を特定するステップと、

前記ノードペアそれぞれについて前記主系経路と前記冗長系経路との経路長差を求めるステップと、

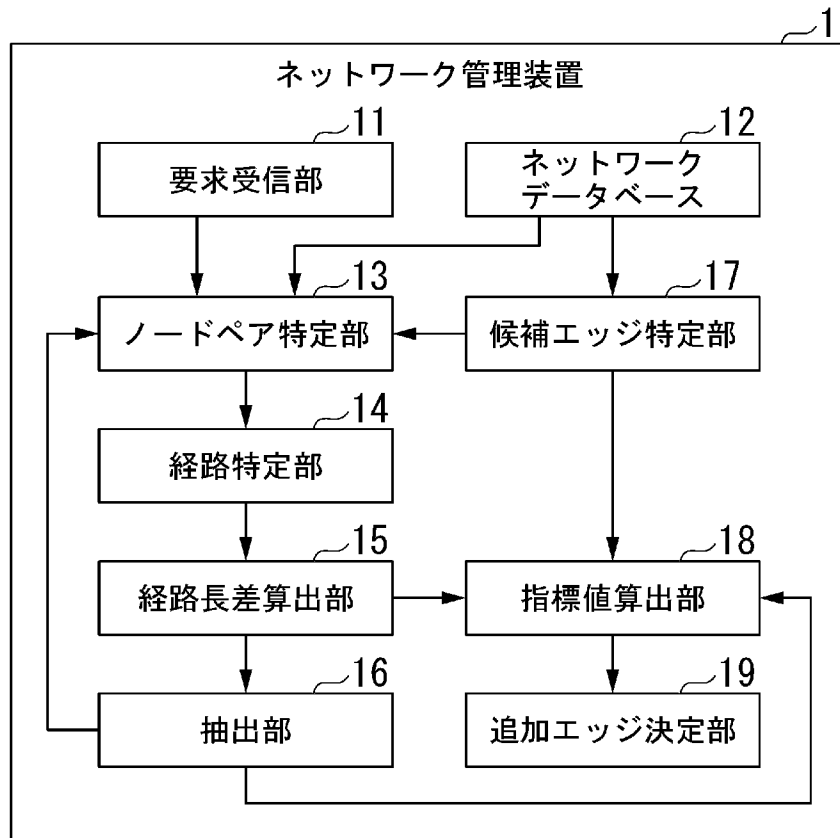
前記経路長差に基づいて、前記ノードペアのうち前記主系経路から前記冗長系経路に切り替えたときに通信性能の低下が生じる外れペアを抽出するステップと

を実行させるためのプログラム。

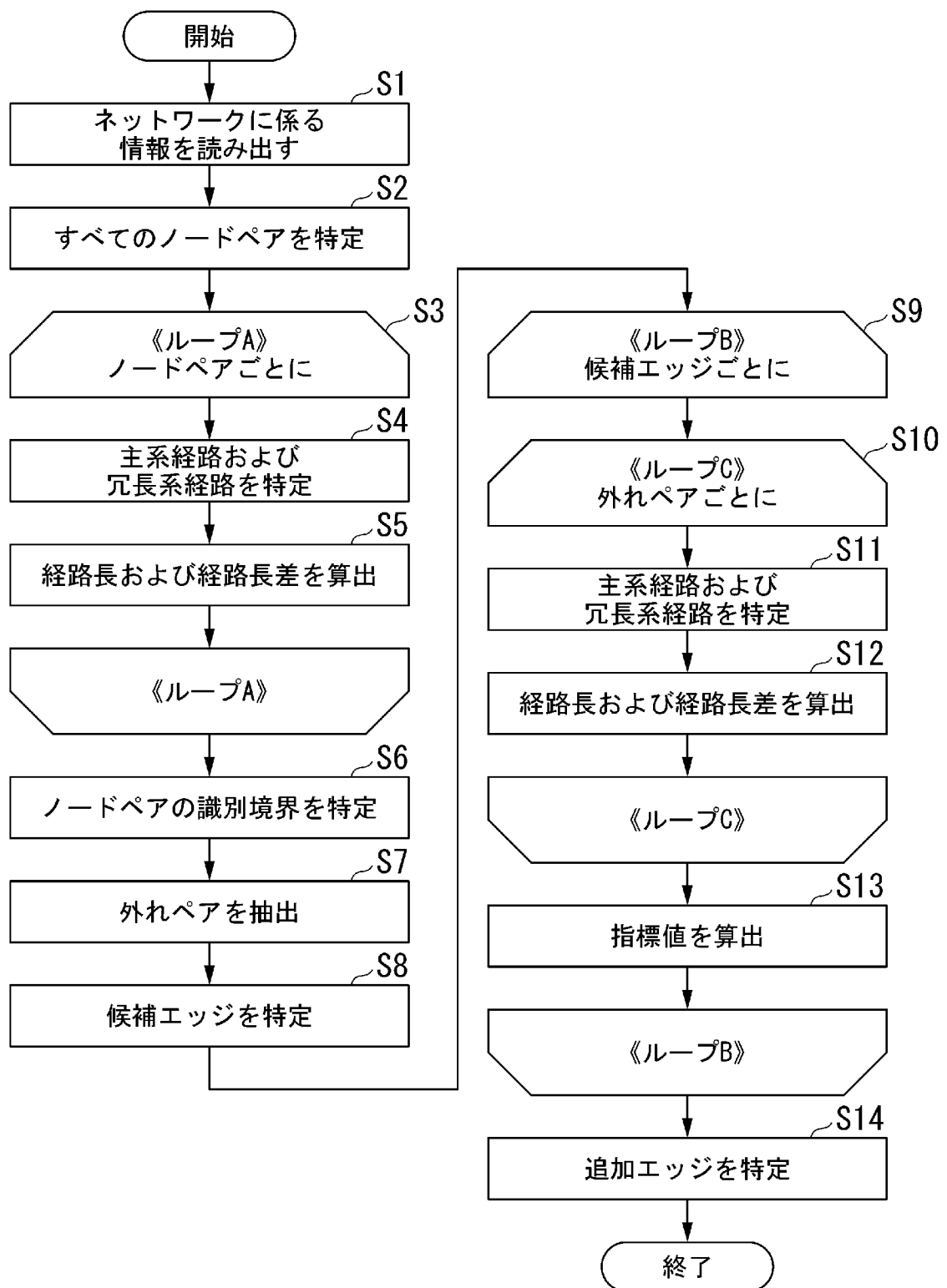
[図1]



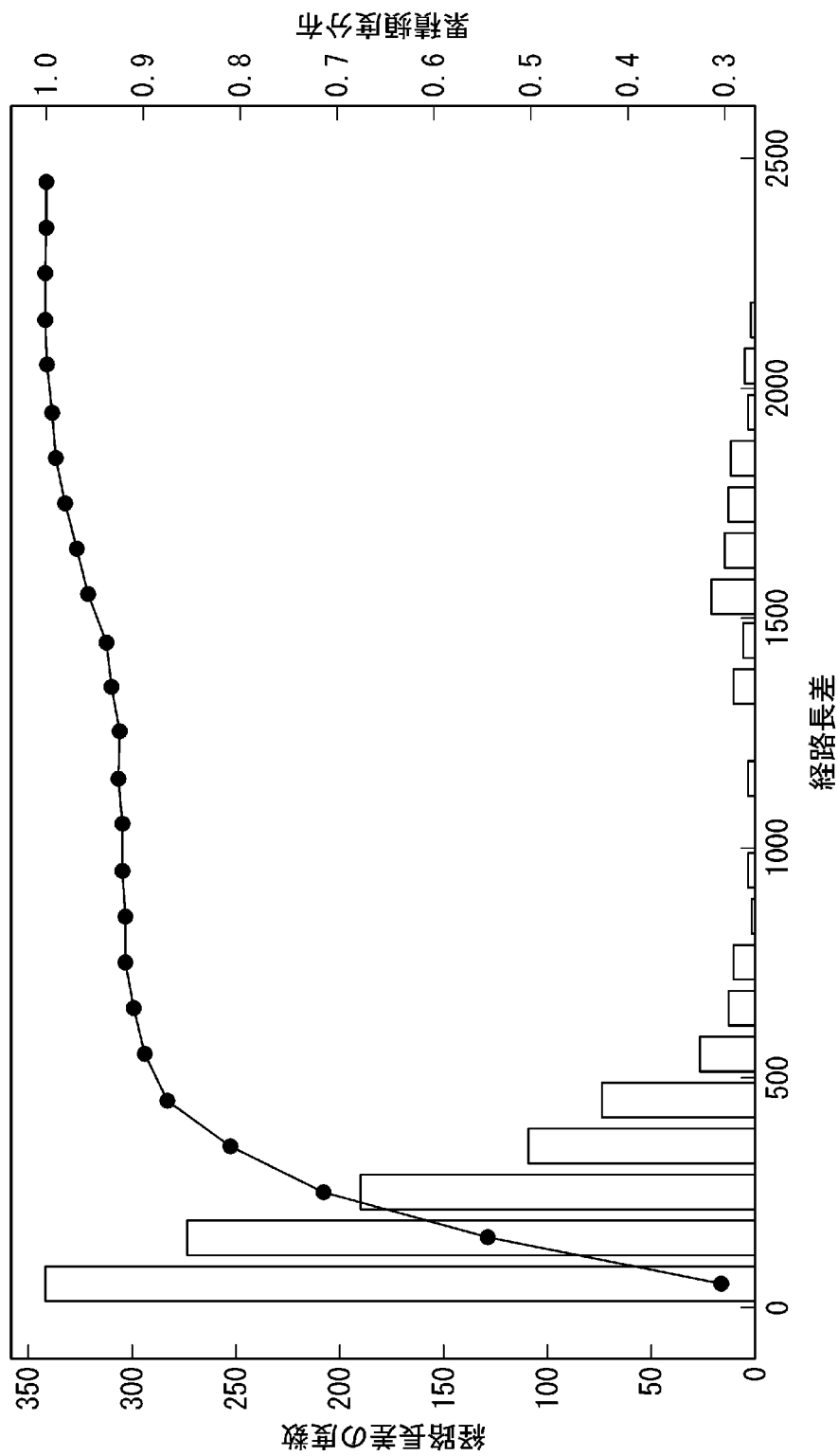
[図2]



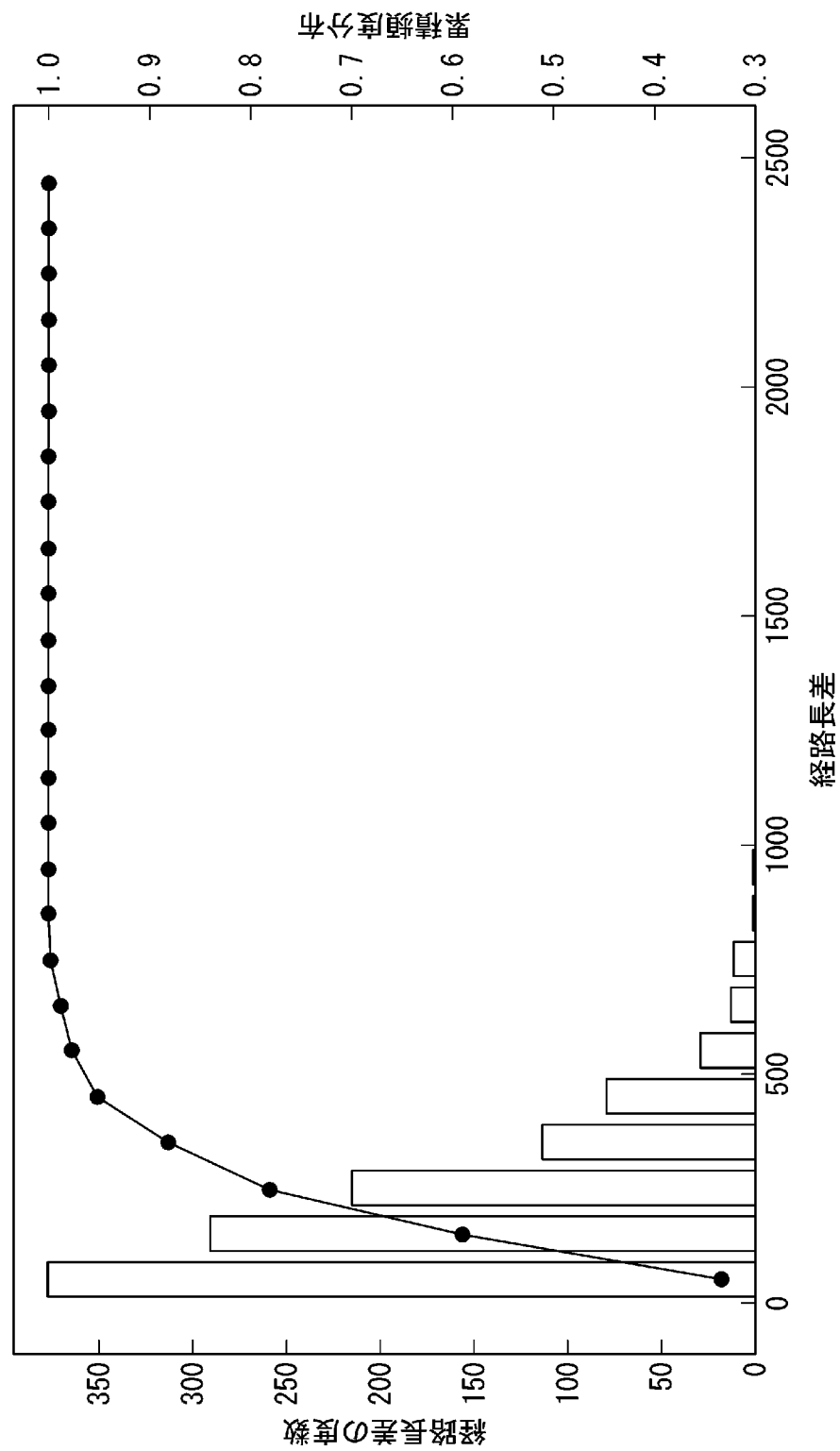
[図3]



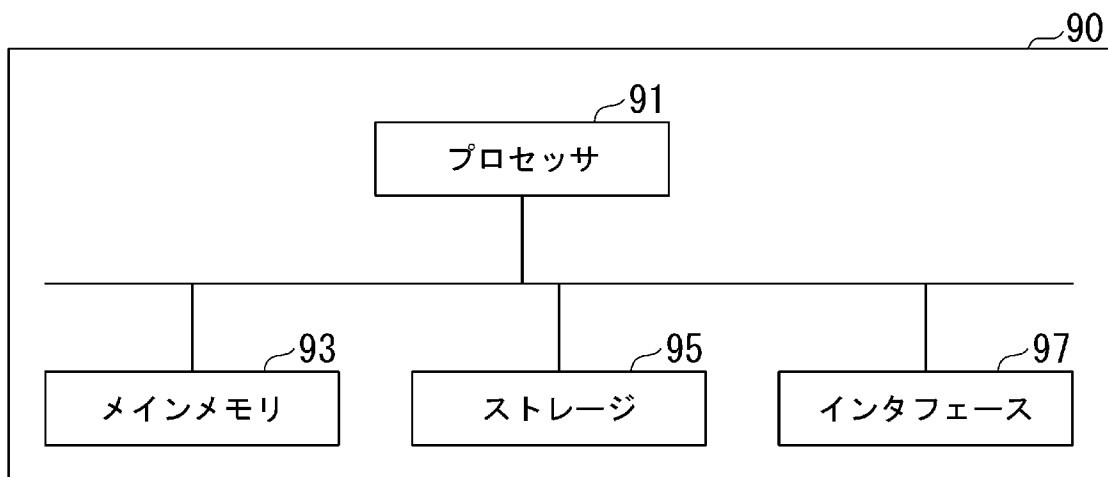
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/017977

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. H04L12/707(2013.01)i
FI: H04L12/707

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. H04L12/707

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 1971-2021
Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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.
X	JP 2003-348061 A (NEC ENGINEERING, LTD.) 05	1, 4, 5
A	December 2003 (2003-12-05), paragraphs [0007]-[0014], fig. 2	2, 3
A	JP 2014-107823 A (SEI OPTIFRONTIER CO., LTD.) 09	1-5
A	June 2014 (2014-06-09), abstract	1-5
A	JP 2006-013642 A (NEC CORP.) 12 January 2006 (2006-01-12), abstract	1-5
A	WO 2020/255327 A1 (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP.) 24 December 2020 (2020-12-24), abstract	1-5
A	US 2019/0246331 A1 (NEC CORPORATION) 08 August 2019 (2019-08-08), abstract	1-5

☐ 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
08 June 2021

Date of mailing of the international search report
15 June 2021

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/017977

JP 2003-348061 A	05 December 2003	(Family: none)
JP 2014-107823 A	09 June 2014	(Family: none)
JP 2006-013642 A	12 January 2006	(Family: none)
WO 2020/255327 A1	24 December 2020	(Family: none)
US 2019/0246331 A1	08 August 2019	WO 2018/012480 A1 abstract

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04L 12/707(2013.01)i FI: H04L12/707		
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）） H04L12/707		
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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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
X	JP 2003-348061 A（日本電気エンジニアリング株式会社）05.12.2003（2003-12-05） 段落[0007]-[0014]，第2図	1, 4, 5
A		2, 3
A	JP 2014-107823 A（SEI オプティフロンティア株式会社）09.06.2014（2014-06-09） 要約	1-5
A	JP 2006-013642 A（日本電気株式会社）12.01.2006（2006-01-12） 要約	1-5
A	WO 2020/255327 A1（日本電信電話株式会社）24.12.2020（2020-12-24） 要約	1-5
A	US 2019/0246331 A1（NEC CORPORATION）08.08.2019（2019-08-08） 要約	1-5
☐ 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 “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 “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） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “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 “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 “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 08.06.2021		国際調査報告の発送日 15.06.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 佐々木 洋 5X 3362 電話番号 03-3581-1101 内線 3596

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/017977

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2003-348061	A	05.12.2003	(ファミリーなし)	
JP	2014-107823	A	09.06.2014	(ファミリーなし)	
JP	2006-013642	A	12.01.2006	(ファミリーなし)	
WO	2020/255327	A1	24.12.2020	(ファミリーなし)	
US	2019/0246331	A1	08.08.2019	WO 2018/012480	A1
				要約	