

(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12月24日(24.12.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/255216 A1

- (51) 国際特許分類:
H04L 12/753 (2013.01) H04L 12/28 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/023936
- (22) 国際出願日: 2019年6月17日(17.06.2019)
- (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: 山本 宏 (YAMAMOTO, Hiroshi); 〒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). 岡利

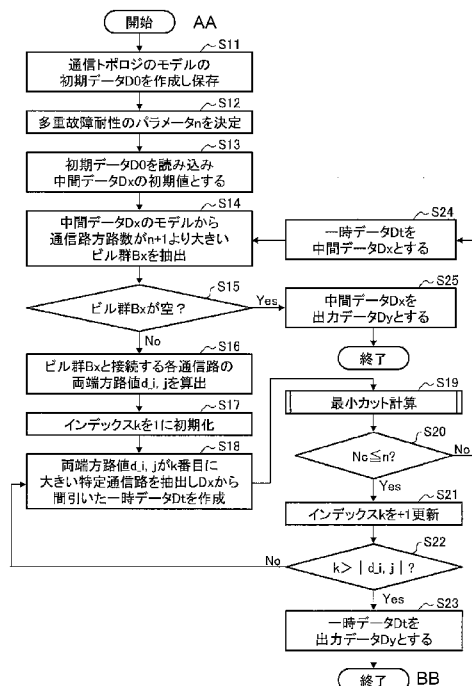
幸(OKA, Toshiyuki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 前田 英樹(MAEDA, Hideki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(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18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,

(54) Title: TRANSMISSION PATH DESIGN DEVICE, TRANSMISSION NETWORK TOPOLOGY DESIGN METHOD, AND TRANSMISSION PATH DESIGN PROGRAM

(54) 発明の名称: 伝送路設計装置、伝送網トポロジ設計方法、および伝送路設計プログラム



S11 Create and save initial data D0 of communication topology model
S12 Determine multiple failures resistance parameter n
S13 Read initial data D0 and take as initial value of intermediate data Dx
S14 Extract building group Bx having number of routes of communication paths larger than n + 1 from model of intermediate data Dx
S15 Is building group Bx empty?
S16 Calculate route values $d_{i,j}$ of both ends of each communication path connected to building group Bx
S17 Initialize index k to 1
S18 Create temporary data Dt obtained by extracting specific communication path having k-th largest route values $d_{i,j}$ of both ends and thinning from Dx
S19 Calculate minimum cut
S20 Update index k by +1
S21 Take temporary data Dt as output data Dy
S22 Take temporary data Dt as intermediate data Dx
S23 Take intermediate data Dx as output data Dy
AA Start
BB End

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to facilitate designing of a communication path topology optimized by taking into consideration suppression of a necessary facility amount under a condition for maintaining availability against multiple failures of a network. A transmission path design device (100) executes: a step (S14) for extracting bases of a first group having a large number of routes of connected communication paths from among many bases on the basis

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, 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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

of initial data (D0) of a transmission network model; a step (S16) for extracting the communication paths of the first group that connect the bases of the first group to each other; a step (S16) for calculating route values ($d_{i,j}$) of both ends for each of the communication paths of the first group; and steps (S18 to S24) for specifying a path having the route values of both ends which satisfy a prescribed condition as a communication path to be thinned, and generating output data D_y in which the communication path to be thinned is reflected to the initial data of the transmission network model. This transmission path design device can generate output data (D_y) optimized by successively extracting, from the model of the initial data (D0), communication paths which can be eliminated.

(57) 要約: 網の多重故障に対する可用性を維持する条件の下で、必要な設備量の抑制を考慮して適正化された通信路トポロジの設計を容易にすること。伝送路設計装置(100)は、伝送網モデルの初期データ(D0)に基づき、多数の拠点の中から、接続された通信路方路数が大きい第1グループの拠点を抽出するステップ(S14)と、第1グループの拠点同士を接続する第1グループの通信路を抽出するステップ(S16)と、第1グループの通信路の各々について両端方路値($d_{i,j}$)を算出するステップ(S16)と、両端方路値が所定の条件を満たすものを間引き対象通信路として特定し、伝送網モデルの初期データに対して、間引き対象通信路を反映した出力データ D_y を生成するステップ(S18~S24)とを実行する。初期データ(D0)のモデルから削減可能な通信路を順番に抽出して適正化された出力データ(D_y)を生成できる。

明 細 書

発明の名称：

伝送路設計装置、伝送網トポロジ設計方法、および伝送路設計プログラム
技術分野

[0001] 本発明は、地域伝送網などの設計に利用可能な伝送路設計装置、伝送網トポロジ設計方法、および伝送路設計プログラムに関する。

背景技術

[0002] 地域伝送網などに用いられる光伝送網は、共通基盤として高い通信品質および可用性を維持しつつ、設備および保守の運用コストの削減が求められる。また、ユーザトラヒックの効率的収容が求められる地域伝送網においては、2方路ROADM (Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer) でシンプルに経路冗長を確保するマルチリング構成が一般的である。しかし、高い可用性を維持するには、迅速な回復措置が必要であり、大規模な保守体制が必要である。

[0003] また、近年、広域災害対策の充実が重要課題になっている。しかし、マルチリング構成による二重化の場合は、広域災害により網の分断や孤立が発生する可能性がある。そこで、非特許文献1では、多方路OXC (Optical Cross-connect) を用いて光伝送網をメッシュ構成とし、故障発生時に故障箇所を迂回する経路を設定（レステーション）することにより、地域伝送網の可用性を高めることを提案している。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：山本宏、岡利幸、植松芳彦、前田英樹，“多方路OXCによる高可用地域伝送網構成法”，電子情報通信学会技術研究報告、2019年3月、電子情報通信学会 (IEICE) Technical Report, vol.118, No.465, NS2018-237, pp261-265

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、非特許文献 1 に示されているようなメッシュ構成の場合には、マルチリング構成の場合と比較して、各通信拠点の通信設備を収容するビル間の通信路（リンク）数が多くなる。つまり、メッシュ構成を採用すると、局間アンプ等の設備量が多くなり、設備および保守の運用コスト増大が懸念される。

[0006] したがって、多重故障に対する可用性を維持する条件の下で、ビル間の通信路を間引き、必要な設備量を抑制するような通信路トポロジが必要とされる。しかし、そのような適正化された通信路トポロジの設計作業は容易ではない。

[0007] 本発明は、上記の状況に鑑みてなされたものであり、多重故障に対する可用性を維持する条件の下で、必要な設備量の抑制を考慮して適正化された通信路トポロジを容易に設計可能な伝送路設計装置、伝送網トポロジ設計方法、および伝送路設計プログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の伝送路設計装置は、多数の拠点を有する伝送網において、互いに隣接する複数の拠点同士の間が通信路で接続され全体がメッシュ状に構成された伝送網モデルの初期データを保持する初期データ保持部と、

前記初期データ保持部が保持する伝送網モデルの初期データを取得し、前記伝送網モデルにおける多数の拠点の中から、各拠点到接続された前記通信路の方路数が規定値よりも大きい第 1 グループの拠点を抽出し、前記各通信路の中で、前記第 1 グループの拠点同士を接続する第 1 グループの通信路を抽出し、前記第 1 グループの通信路の各々について、その一端に接続された第 1 の拠点、および他端に接続された第 2 の拠点を特定し、前記第 1 の拠点における前記通信路の方路数と、前記第 2 の拠点における前記通信路の方路数とに応じた両端方路値を算出し、前記第 1 グループの通信路の中で前記両端方路値が所定の条件を満たすものを間引き対象通信路として特定し、前記伝送網モデルの初期データに対して、前記間引き対象通信路を反映した出力

データを生成するモデル計算部と、

前記モデル計算部が生成した前記出力データを出力するデータ出力部とを備えることを特徴とする。

発明の効果

[0009] 本発明の伝送網トポロジ設計方法、伝送路設計プログラム、および伝送路設計装置によれば、多重故障に対する可用性を維持する条件の下で、必要な設備量の抑制を考慮して適正化された通信路トポロジを容易に設計できる。すなわち、通信路トポロジの設計を自動化したり、設計者の設計作業を支援することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1A]広域の光伝送網の主要部構成例を示すブロック図である。

[図1B] 1つの地域代表ビル内の通信設備構成例を示すブロック図である。

[図1C] 1つの地域ビル内の通信設備構成例を示すブロック図である。

[図2]地域伝送網の各拠点を正方格子上の各位置に配置したモデルの構成例を表す模式図である。

[図3]各通信路がマルチリング構成の地域伝送網のモデルを表す模式図である。

[図4]図4 Aおよび図4 Bは、それぞれ通信路がメッシュ構成の地域伝送網モデルにおける故障前の経路、および故障後の経路を表す模式図である。

[図5]本発明の実施形態における伝送路設計装置の構成例を表すブロック図である。

[図6]本発明の実施形態における伝送網トポロジ設計方法および伝送路設計プログラムの処理手順の例を示すフローチャートである。

[図7]図6中のステップS 19の詳細を示すフローチャートである。

[図8]通信路がメッシュ構成の地域伝送網モデルの初期状態の例を示す模式図である。

[図9]通信路がメッシュ構成の地域伝送網モデルの処理途中の例-1を示す模式図である。

[図10]通信路がメッシュ構成の地域伝送網モデルの処理途中の例－２を示す模式図である。

[図11]通信路がメッシュ構成の地域伝送網モデルの処理結果の例を示す模式図である。

[図12]地域伝送網モデル上に割り当てた複数の分断線の例を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0011] 本発明の実施形態について各図を参照しながら以下に説明する。

＜発明を適用する環境の説明＞

ー＜光伝送網の構成例＞

広域の光伝送網の主要部構成例を図１Ａに示す。また図１Ａ中の地域代表ビル１６内の通信設備構成例を図１Ｂに示す。地域ビル１３内の通信設備構成例を図１Ｃに示す。

[0012] 図１Ａに示した光伝送網は、地域伝送網１０、アクセス網２０、およびコア伝送網３０を含んでいる。通信網の拠点となる光通信設備が各ビルに収容されている。アクセス網２０は、宅内等に存在する各ユーザ端末２１と、いずれかの地域ビル１１、１２、１３、１４との間を接続し各ユーザに通信環境を提供する。

[0013] 地域伝送網１０は、都市部などにおいて複数のビル間を結ぶ通信網、すなわちメトロネットワークである。図１Ａの例では、通信網Ｎ１１、Ｎ１２、およびＮ０１が地域伝送網１０に含まれている。通信網Ｎ１１は、リング状に構成された光ファイバの通信路を介して地域代表ビル１５、地域ビル１１、および１２の間を相互に接続する。

[0014] 通信網Ｎ１２は、リング状に構成された光ファイバの通信路を介して地域代表ビル１６、地域ビル１３、および１４の間を相互に接続する。通信網Ｎ０１は、リング状に構成された光ファイバの通信路を介して県代表ビル１７、１８、地域代表ビル１５、および１６の間を相互に接続する。

[0015] また、図１Ａの例では通信網Ｎ１１と通信網Ｎ０１との間が地域代表ビル

15を介して相互に接続され、通信網N12と通信網N01との間は地域代表ビル16を介して相互に接続されている。また、コア伝送網30の通信網N31と、地域伝送網10の通信網N01とが県代表ビル17を介して相互に接続されている。コア伝送網30は複数のコア代表ビル31を含んでいる。通信網N31は、リング状に構成された光ファイバの通信路を介して、コア代表ビル31と県代表ビル17との間を接続している。

[0016] なお、各通信網N01、N11、N12、N31のリング状の通信路はそれぞれ二重化されているので、これに接続されている各通信設備はリング状通信路における時計回りおよび反時計回りのいずれかの経路を使って通信することができる。これにより、断線などの障害に対して耐性を持たせることができる。

[0017] 図1Bに示すように、地域代表ビル16は、通信網N01側の設備として光スイッチ(OX C)16a、局間インタフェース16b、16c、およびトランスポンダ(TPND)16dを備えている。また、地域代表ビル16は、通信網N12側の設備として光スイッチ16f、局間インタフェース16g、16h、およびトランスポンダ16eを備えている。

[0018] 光スイッチ16aは、局間インタフェース16bを介して通信網N01の一端N01aと接続され、局間インタフェース16cを介して通信網N01の他端N01bと接続されている。光スイッチ16fは、局間インタフェース16gを介して通信網N12の一端N12aと接続され、局間インタフェース16hを介して通信網N12の他端N12bと接続されている。また、トランスポンダ16dとトランスポンダ16eとの間は相互に接続されている。

[0019] 同様に、図1Cに示した地域ビル13は、通信網N12側の設備として光スイッチ13a、局間インタフェース13b、13c、およびトランスポンダ13dを備えている。光スイッチ13aは、局間インタフェース13bを介して通信網N12の一端N12aと接続され、局間インタフェース13cを介して通信網N12の他端N01bと接続されている。

[0020] ー＜地域伝送網のモデル化＞

地域伝送網 10 の各拠点 を 正 方 格 子 上 の 各 位 置 に 配 置 し た モ デ ル の 構 成 例 を 図 2 に 示 す 。 こ の モ デ ル は 、 各 通 信 拠 点 の 多 数 の ビ ル と そ れ ら の 間 の 物 理 接 続 を 表 し て い る 。 図 2 の よ う な モ デ ル を 作 成 す る こ と に よ り 、 地 域 伝 送 網 の ト ポ ロ ジ 設 計 に お い て 通 信 経 路 の 適 正 化 の 検 討 が 容 易 に な る 。

[0021] 図 2 に 示 し た モ デ ル の 例 で は 、 ビ ル B 1 1 、 B 1 2 が 図 1 A 中 の 県 代 表 ビ ル 1 7 、 1 8 に 相 当 し 、 ビ ル B 2 1 、 B 2 2 、 B 2 3 、 お よ び B 2 4 が 図 1 A 中 の 地 域 代 表 ビ ル 1 5 、 1 6 に 相 当 す る 。 ま た 、 図 2 中 で ハ ッ チ ン グ を 施 し て い な い 各 ビ ル B 3 1 1 、 B 3 1 2 、 B 3 1 5 、 B 3 1 6 、 ・ ・ ・ は 、 図 1 A 中 の 各 地 域 ビ ル 1 1 、 1 2 、 1 3 、 1 4 に 相 当 す る 。

[0022] ー＜マルチリング構成の地域伝送網モデル＞

各 通 信 路 が マ ル チ リ ン グ 構 成 の 地 域 伝 送 網 の モ デ ル を 図 3 に 示 す 。

図 3 に 示 し た モ デ ル に お い て は 、 図 1 A 中 の 県 代 表 ビ ル 1 7 、 1 8 に 相 当 す る ビ ル B 1 1 、 B 1 2 、 お よ び 図 1 A 中 の 地 域 代 表 ビ ル 1 5 、 1 6 に 相 当 す る ビ ル B 2 1 ～ B 2 4 の 間 が リ ン グ 通 信 網 R 1 で 相 互 に 接 続 さ れ て い る 。

[0023] ま た 、 ビ ル B 1 1 、 B 1 2 、 B 2 1 、 B 2 2 、 B 2 3 、 お よ び B 2 4 に 、 そ れ ぞ れ リ ン グ 通 信 網 R 2 1 、 R 2 2 、 R 2 3 、 R 2 4 、 R 2 5 、 お よ び R 2 6 が 接 続 さ れ て い る 。 リ ン グ 通 信 網 R 2 1 は 、 ビ ル B 1 1 と そ の 近 傍 の 各 地 域 ビ ル と の 間 を リ ン グ 状 の 通 信 路 で 接 続 し て い る 。 リ ン グ 通 信 網 R 2 2 は 、 ビ ル B 1 2 と そ の 近 傍 の 各 地 域 ビ ル と の 間 を リ ン グ 状 の 通 信 路 で 接 続 し て い る 。 リ ン グ 通 信 網 R 2 3 は 、 ビ ル B 2 1 と そ の 近 傍 の 各 地 域 ビ ル と の 間 を リ ン グ 状 の 通 信 路 で 接 続 し て い る 。 リ ン グ 通 信 網 R 2 4 は 、 ビ ル B 2 2 と そ の 近 傍 の 各 地 域 ビ ル と の 間 を リ ン グ 状 の 通 信 路 で 接 続 し て い る 。 リ ン グ 通 信 網 R 2 5 は 、 ビ ル B 2 3 と そ の 近 傍 の 各 地 域 ビ ル と の 間 を リ ン グ 状 の 通 信 路 で 接 続 し て い る 。 リ ン グ 通 信 網 R 2 6 は 、 ビ ル B 2 4 と そ の 近 傍 の 各 地 域 ビ ル と の 間 を リ ン グ 状 の 通 信 路 で 接 続 し て い る 。

[0024] と ころ で 、 大 規 模 災 害 が 発 生 し た よ う な 状 況 を 想 定 す る と 、 あ る 地 域 の 複 数 箇 所 で 同 時 に 断 線 等 の 障 害 が 発 生 す る こ と が 想 定 さ れ る 。 例 え ば 、 図 3 に

示したモデルにおいて2つの障害発生箇所R 2 5 a、R 2 5 bで同時に通信路が断線した場合は、リング通信網R 2 5に接続されている複数の各ビルB 3 6 1、B 3 6 2、B 3 6 3のいずれも、ビルB 2 3と接続するために利用可能な通信路が存在せず孤立した状態になる。つまり、各ビルB 3 6 1、B 3 6 2、B 3 6 3の通信設備は障害発生箇所R 2 5 a、R 2 5 bを迂回して通信経路を確保することができない。

[0025] ー＜メッシュ構成の地域伝送網モデル＞

各通信路がメッシュ構成の地域伝送網モデルを図4 Aおよび図4 Bに示す。また、故障前の経路および故障後の経路をそれぞれ図4 Aおよび図4 Bに示す。

[0026] 図4 A、図4 Bに示したモデルにおいては、図1 A中の県代表ビル1 7、1 8に相当するビルB 1 1、B 1 2と、図1 A中の地域ビル1 1～1 4に相当する多数のビルとが、正方格子上の各位置に配置されている。また、図4 A、図4 Bのモデルでは、互いに隣接する位置に配置されたビル同士の間が、それぞれ独立した局間通信路Lで個別に接続されている。つまり、各局間通信路Lがメッシュ状に構成されている。

[0027] 図4 Aのモデルにおいては、例えばビルB 3 6 1とビルB 1 1との間で通信する場合に、ビルB 3 5 1、B 3 4 1、B 3 4 2、B 3 4 3、B 2 1、B 3 2 3を順に経由する経路を利用して通信できる。

[0028] 一方、図4 Bのモデルにおいては、2箇所の障害発生箇所L 0 1、L 0 2が同時に故障した場合を想定しているので、ビルB 3 6 1がビルB 1 1との間で通信する場合に、図4 Aと同じ経路は利用できない。しかし、障害発生箇所L 0 1、L 0 2をそれぞれ迂回する別の新しい経路を利用すれば、ビルB 3 6 1がビルB 1 1との間で通信可能である。すなわち、図4 Bのモデルにおいては、ビルB 3 6 1の位置から、ビルB 3 6 2、B 3 6 3、B 3 6 4、B 2 4、B 4 4、B 2 2、B 3 2 4を順番に経由することでビルB 1 2までの通信経路を確保できる。ビルB 3 6 2、B 3 6 3の通信経路についても同様である。

[0029] つまり、図3に示したマルチリング構成の地域伝送網では、2箇所の障害発生箇所R25a、R25bが同時に発生することで孤立するビルB361、B362、B363が発生する。これに対して図4Bのメッシュ構成では、ビルB361、B362、B363のいずれも通信可能であり、孤立の発生を回避できる。

[0030] しかし、図4A、図4Bのようなメッシュ構成の場合には、図3のマルチリング構成と比べて通信路の構成が複雑になるので、設備コストおよび保守運用コストが増大することが想定される。しかし、メッシュ構成の場合に、図4Aのように互いに隣接する位置にある2つのビルの組合せ全てについて、それらを接続する通信路が不可欠であるわけではない。つまり、図4Aの構成から、いくつかの通信路を間引いて減らしたとしても、広域災害時における多重（2以上）の同時故障に対する可用性を維持することが可能であり、図4Bのようにビルの孤立や分断の発生を回避できる。

[0031] これ以降に説明する本発明の伝送路設計装置、伝送網トポロジ設計方法、および伝送路設計プログラムは、メッシュ構成のモデルを利用する地域伝送網を設計する際に、多重の同時故障に対する可用性を維持しつつ、隣接するビル間を接続する通信路の数を減らして伝送網トポロジを適正化する作業を自動化又は支援するために利用できる。

[0032] <伝送路設計装置の構成例>

本発明の実施形態における伝送路設計装置100の構成例を図5に示す。

図5に示した伝送路設計装置100は、例えばパーソナルコンピュータのような一般的なコンピュータシステムの場合と同様に、ハードウェアとして計算機本体41、入力装置42、ディスプレイ43、および記憶装置44を備えている。

[0033] 図5に示した記憶装置44は、計算機本体41が実行可能な伝送路トポロジ設計プログラム51を保持している。また、記憶装置44上に、地域伝送網モデルの初期データ52、D0、および地域伝送網モデルの適正化後データ53、Dyを保持するための記憶領域が備わっている。

[0034] 地域伝送網モデルの初期データ 5 2 については、伝送路トポロジ設計プログラム 5 1 を実行する前に設計者が事前に作成して用意するか、又は伝送路トポロジ設計プログラム 5 1 が自動的に作成する。また、伝送路トポロジ設計プログラム 5 1 が地域伝送網モデルの初期データ 5 2、D 0 を処理することにより、地域伝送網モデルの適正化後データ 5 3 が出力データ D y として自動的に生成される。

[0035] <伝送網トポロジ設計方法および伝送路設計プログラムの処理手順>

本発明の実施形態における伝送網トポロジ設計方法および伝送路設計プログラムの処理手順の例を図 6 に示す。また、図 6 中のステップ S 1 9 の詳細を図 7 に示す。すなわち、図 5 に示した伝送路設計装置 1 0 0 の動作が図 6 および図 7 に示されている。図 6 および図 7 に示した動作について以下に説明する。

[0036] 最初のステップ S 1 1 において、計算機本体 4 1 は、設計者の入力操作により、又は伝送路トポロジ設計プログラム 5 1 に含まれる所定のアルゴリズムにより、通信路トポロジのモデルの初期データ D 0 を作成し、記憶装置 4 4 上に保存する。この初期データ D 0 は、例えば図 8 に示すようにメッシュ状の通信路構成を有するデータである。

[0037] 次のステップ S 1 2 において、計算機本体 4 1 は、多重故障耐性のパラメータ n の値に係る設計者の入力操作を受け付ける。又は、計算機本体 4 1 は、伝送路トポロジ設計プログラム 5 1 により多重故障耐性のパラメータ n を決定する。本実施形態では、大規模災害の発生時に同時に 2 箇所の通信路で障害が発生した場合でも孤立ビルが発生しないことを想定してトポロジを設計するので、多重故障耐性のパラメータ n を「2」又はそれ以上の値に制限している。

[0038] ステップ S 1 3 において、伝送路トポロジ設計プログラム 5 1 を実行する計算機本体 4 1 は、記憶装置 4 4 から初期データ D 0 を読み込み、これを中間データ D x の初期値とする。そして、これ以降、計算機本体 4 1 は、伝送路トポロジ設計プログラム 5 1 を実行することにより、各ステップを実行す

る。

[0039] ステップS 1 4において、計算機本体4 1は、中間データD xのモデルから、「通信路方路数」が $n + 1$ よりも大きいビル群B xを全て抽出する。

[0040] ステップS 1 5において、計算機本体4 1は、抽出したビル群B xが存在しないか、または処理済みであり空であるか否かを判定する。計算機本体4 1は、抽出したビル群B xが存在し、かつ未処理のビルがあり空ではない場合（No）、ステップS 1 6の処理に進む。計算機本体4 1は、抽出されたビル群B xが存在しないか、又は未処理のビルが存在せず空である場合（Yes）、中間データD xを出力データD yとして出力し（S 2 5）、図6の処理を終了する。

[0041] ステップS 1 6において、計算機本体4 1は、ビル群B xと接続する各通信路について、「両端方路値 d_{ij} 」を算出する。ここで、計算機本体4 1は、次の式（1）で「両端方路値 d_{ij} 」を算出する。

$$d_{ij} = d_i \times d_j \quad \dots (1)$$

但し： d_i ：特定の1つの通信路の一端側ビルにおける「通信路方路数」

d_j ：上記通信路の他端側ビルにおける「通信路方路数」

[0042] ステップS 1 7において、計算機本体4 1は、インデックスkを「1」に初期化する。

ステップS 1 8において、計算機本体4 1は、「両端方路値 d_{ij} 」がk番目に大きい特定通信路を抽出し、この特定通信路を中間データD xから間引いた結果を一時データD tとして作成する。なお、ステップS 1 8における特定通信路の間引きは「仮削除」であり、まだ確定したわけではない。そのため、「仮削除」の結果は一時データD tとする。

[0043] ステップS 1 9において、計算機本体4 1は、図7に詳細を示した「最小カット計算」の処理を行う。この処理の内容については後で説明するが、結果として計算機本体4 1は、最小カット数 N_c を特定する。但し、計算機本体4 1は、最小カット数 N_c を計算する際に、四隅のビルB 1 1、B 1 6、B 6 1、B 6 6を計算の対象外とする。つまり、四隅の各ビルは、「通信路

方路数」が最初から「2」であり、2箇所以上の通信路の同時故障に耐性を持たせるためには、四隅の各ビルに接続されている局間通信路Lを間引くことはできないので、これら処理の対象外とする。

[0044] ステップS20において、計算機本体41は、ステップS19で特定した最小カット数 N_c が多重故障耐性のパラメータ n 以下であるか否か、すなわち「 $N_c \leq n$ 」の条件を満たすか否かを判定する。計算機本体41は、最小カット数 N_c が多重故障耐性のパラメータ n 以下ならば（Yes）、ステップS21に進み、最小カット数 N_c が多重故障耐性のパラメータ n を超えているならば（No）、ステップS24に進む。

すなわち、「 $N_c \leq n$ 」の条件を満たす場合は、ステップS18で「仮削除」として直前に間引いた特定通信路の影響で多重故障耐性の条件を満たさなくなる。よって、計算機本体41は、「仮削除」が反映された一時データ D_t を破棄して、次の間引き対象通信路を探すためにステップS21に進む。

[0045] ステップS21において、計算機本体41は、インデックス k に+1を加算してこの値を更新する。そして、ステップS22において、計算機本体41は、更新後のインデックス k の値が「両端方路値 $d_{i,j}$ 」の絶対値よりも大きいかな否か、すなわち「 $k > |d_{i,j}|$ 」の条件を満たすか否かを判定する。計算機本体41は、「 $k > |d_{i,j}|$ 」の条件を満たすならば（Yes）、ステップS23に進み、この条件を満たさない場合はステップS18に進む。

[0046] ステップS23において、計算機本体41は、現在の一時データ D_t を出力データ D_y として出力し、この処理を終了する。

ステップS24において、計算機本体41は、現在の一時データ D_t をこれ以降の中間データ D_x に割り当てる。つまり、計算機本体41は、ステップS18における特定通信路の「仮削除」を中間データ D_x として受け入れ、ステップS14に進む。

[0047] 図7の「最小カット計算」について説明する。ステップS31において、

計算機本体 41 は、一時データ D_t のモデル上で特定通信路 L_d を通る様々な分断線 $SL_1 \sim SL_n$ をそれぞれ生成する。ここで、特定通信路 L_d は、直前にステップ S18 で間引かれた「仮削除」の通信路のみに相当する。

[0048] 次のステップ S32 において、計算機本体 41 は、様々な分断線 $SL_1 \sim SL_n$ の各々が横切る通信路のカット数 $N_{c1} \sim N_{cn}$ をそれぞれ算出する。

ステップ S33 において、計算機本体 41 は、ステップ S32 で算出したカット数 $N_{c1} \sim N_{cn}$ の中からそれらの最小値を選定し、それを最小カット数 N_c とする。

[0049] <適正化による構成の変化>

通信路がメッシュ構成の地域伝送網モデルに伝送網トポロジ設計方法を適用した場合の構成の変化を図 8～図 11 に示す。図 8 は初期状態の例、図 9 および図 10 は処理途中の例、図 11 は処理結果の例をそれぞれ示す。すなわち、図 5 に示した伝送路設計装置 100 が図 6 および図 7 に示した各手順の伝送路トポロジ設計プログラム 51 を実行した場合に、図 8～図 11 のようにモデル上のトポロジが変化する。

[0050] 図 8 に示した初期状態のモデル、すなわち初期データ D_0 においては、図 4A に示したモデルと同様に、多数のビル B_{11} 、 B_{12} 、 B_{13} 、・・・が正方格子上的各位置に配置され、隣接するビル同士の間が、それぞれ局間通信路（リンク） L で接続されている。また、図 8 の例ではビル B_{13} が図 1A に示した県代表ビル 17 に対応する場合を想定しているので、図 8 中のビル B_{13} は通信網 N_{31} にも接続されている。同様に、図 8 中のビル B_{14} は通信網 N_{32} にも接続されている。

[0051] 計算機本体 41 が伝送路トポロジ設計プログラム 51 を実行し、図 8 の初期状態からいくつかの局間通信路 L を間引いて減らした途中結果、つまりある時点の中間データ D_x の状態が図 9 に示されている。図 9 において、細い破線で示されているビル間の接続箇所は、間引かれてなくなった局間通信路 L を表している。また、処理対象の特定通信路 L_A 、 L_B 、 L_C が太い破線

で示されている。

[0052] 図9において、例えばビルBAについては、それと隣接する位置にある他のビルとの間を接続する局間通信路Lが4つ存在している。これは、ビルBAの「通信路方路数」が「4」であることを意味している。同様に、図9の例ではビルBB、BC、BD、BE、およびBFのそれぞれについても「通信路方路数」が「4」になっている。

[0053] 多重故障耐性のパラメータnが「2」の場合を想定すると、「通信路方路数」が「3」より大きいビル群B_xが図6のステップS14で抽出される。したがって、図9の例では、各ビルBA、BB、BC、BD、BE、およびBFがビル群B_xとしてそれぞれ抽出される。

[0054] また、図6のステップS16で処理の対象となる通信路は、ビル群B_xに含まれるビル同士を接続する通信路なので、図9中の特定通信路LA、LB、およびLCのそれぞれに相当する。また、特定通信路LAの一端はビルBAと接続され、他端はビルBBと接続されているので、特定通信路LAの一端側ビルにおける「通信路方路数」 $d_{i,j}$ は「4」、他端側ビルにおける「通信路方路数」 $d_{i,j}$ は「4」である。したがって、前記式(1)に基づき、特定通信路LAの「両端方路値 $d_{i,j}$ 」の算出結果は「16」になる。同様に、図9中の特定通信路LB、LCのそれぞれについても、「両端方路値 $d_{i,j}$ 」の算出結果が「16」になる。

[0055] したがって、図9の例では特定通信路LA、LB、LCのいずれも、間引き対象として選択可能な候補である。実際には、図6のステップS18で間引き対象の通信路が選択される。最初はインデックスkの値が「1」なので、「両端方路値 $d_{i,j}$ 」が最も大きい通信路が最初に間引きされる。但し、図9の例では特定通信路LA、LB、LCのいずれも、「両端方路値 $d_{i,j}$ 」が「16」であり最大である。このような場合は、最大の特定通信路LA、LB、LCの中から、例えばランダムに1つの特定通信路を選択して間引きする。

[0056] 図9に示した構成のモデルから1つの特定通信路LAを間引きして減らし

た状態が図10に示されている。一方、図7に示したステップS31で注目している特定通信路L_dは、その処理の直前に間引きされた1つの通信路である。つまり、図10の例では、直前に間引きされた特定通信路L_AのみがステップS31における特定通信路L_dに相当する。

[0057] 図10に示した1つの分断線S_{L2}は、このモデル全体を2つの領域に分断する架空の線であって、「仮削除」として間引きされた特定通信路L_dの位置を横切るもののみに限定されている。図10の例では、この分断線S_{L2}が特定通信路L_d以外に、3箇所で局間通信路Lを分断する。つまり分断線S_{L2}のカット数が「3」である。

[0058] 実際には、多数のn個（数は未定）の分断線S_{L1}～S_{Ln}のそれぞれについて、カット数が算出されるが、図10の例では分断線S_{L2}のカット数が最小の場合を想定している。したがって、図10の例では、図6のステップS19で算出される最小カット数N_cが「3」になる。

[0059] 計算機本体41が図6に示した各処理を繰り返すことにより、最終的に例えば図11に示した構成のモデルが、出力データD_yとして生成される。図11に示した構成は、図10の状態の構成から、更に1つの特定通信路L_Bを間引きした結果を表している。

[0060] つまり、計算機本体41が図6に示した各処理を実行することにより、図8に示した構成のモデルから、図11に示した構成のモデルを生成することができる。これらの構成を対比すると、図11のモデルではビル間を接続する局間通信路Lの数が大幅に削減されていることが分かる。つまり、パラメータnで指定した多重故障耐性を維持したまま、必要とされる局間通信路Lの総数を削減できるので、設備のコストおよび運用コストが減るようにトポロジを適正化できる。

[0061] なお、図8に示した例では地域伝送網10を構成する全てのビルについて、隣接するビル間に局間通信路Lが存在するように初期データD₀を作成した場合を想定しているが、初期データD₀の構成は以下に示す（1）、（2）のように必要に応じて変更することが考えられる。

(1) 地域伝送網 10 における実際の光ファイバ敷設状態を反映するように初期データ D0 における各局間通信路 L の組合せを変更する。

(2) ビル間距離に基づくコストや技術的伝送距離を考慮して、敷設が難しい箇所の局間通信路 L は最初から間引いた状態になるように、初期データ D0 における各局間通信路 L の組合せを変更する。

[0062] <分断線の例>

図 6 に示した伝送網トポロジ設計方法および伝送路設計プログラムにおいては、ステップ S18 で仮削除として間引いた特定通信路の適否を評価するために、ステップ S19 で計算した最小カット数 N_c を利用している。また、最小カット数 N_c を計算する際に、図 7 に示したステップ S31 で複数の分断線 $SL_1 \sim SL_n$ を生成する。このような複数の分断線 SL_1 、 SL_2 、 SL_3 の例を図 12 に示す。なお、図 12 の例では 3 種類の分断線だけを示しているが、実際の処理では更に多くの分断線が生成される。

[0063] 図 12 に示したように、3 つの分断線 SL_1 、 SL_2 、 SL_3 は、いずれも直前に間引いた「仮削除」状態の特定通信路 LA を横切る位置に割り当てられている。また、3 つの分断線 SL_1 、 SL_2 、 SL_3 は、いずれもこのモデルの全体を 2 つの領域に分断するように割り当てられている。

[0064] ここで 1 番目の分断線 SL_1 に注目すると、この分断線 SL_1 は実線で示されている各局間通信路 L を 4 箇所それぞれ分断することが分かる。つまり、図 12 中の分断線 SL_1 の場合は、図 7 のステップ S32 におけるカット数 N_{c1} が「4」になる。

[0065] また、図 12 中の 2 番目の分断線 SL_2 は、実線で示されている各局間通信路 L を 3 箇所それぞれ分断するので、図 7 のステップ S32 におけるカット数 N_{c2} は「3」になる。同様に、図 12 中の 3 番目の分断線 SL_3 は、実線で示されている各局間通信路 L を 7 箇所それぞれ分断するので、図 7 のステップ S32 におけるカット数 N_{c3} は「7」になる。

[0066] したがって、図 12 の例では分断線 SL_1 のカット数「4」、分断線 SL_2 のカット数「3」、分断線 SL_3 のカット数「7」等の中で最も小さい「

3」が、図7の「最小カット計算」において最小カット数 N_c として算出される。

[0067] <上記実施形態における利点>

(1) 本発明の伝送路設計装置は、

多数の拠点を有する伝送網において、互いに隣接する複数の拠点同士の間が通信路で接続され全体がメッシュ状に構成された伝送網モデルの初期データを保持する初期データ保持部と、

前記初期データ保持部が保持する伝送網モデルの初期データを取得し、前記伝送網モデルにおける多数の拠点の中から、各拠点到接続された前記通信路の方路数が規定値よりも大きい第1グループの拠点を抽出し、前記各通信路の中で、前記第1グループの拠点到接続する第1グループの通信路を抽出し、前記第1グループの通信路の各々について、その一端に接続された第1の拠点、および他端に接続された第2の拠点を特定し、前記第1の拠点における前記通信路の方路数と、前記第2の拠点における前記通信路の方路数とに応じた両端方路値を算出し、前記第1グループの通信路の中で前記両端方路値が所定の条件を満たすものを間引き対象通信路として特定し、前記伝送網モデルの初期データに対して、前記間引き対象通信路を反映した出力データを生成するモデル計算部と、

前記モデル計算部が生成した前記出力データを出力するデータ出力部とを備えることを特徴とする。

[0068] 上記(1)の伝送路設計装置によれば、第1グループの拠点を抽出することにより、通信路の多重故障に対して余裕の大きい拠点、つまり通信路を間引きする余裕のある拠点を特定できる。また、第1グループの通信路は、第1グループの拠点到接続するので、間引き候補として利用できる。また、第1グループの通信路の各々について算出される両端方路値は、間引き候補の通信路の中での優先順位を決めるために利用できる。したがって、間引き候補の通信路の中で優先順位の高いものを対象として間引きすることができる。その結果、適正化された伝送網トポロジが前記出力データとして得ら

れる。つまり、多重故障に対する可用性を維持する条件の下で、必要な設備量の抑制を考慮して適正化された通信路トポロジを容易に設計できる。

[0069] (2) 本発明の伝送路設計装置は、図6に示した各手順を実施し、ステップS18で、特定通信路一端の拠点における通信路の方路数 d_i と、他端の拠点における通信路の方路数 d_j との積として両端方路値 d_{ij} を算出する。また、伝送路設計装置は、ステップS14～S24において、ビル群 B_x として抽出された第1グループの通信路の中で、前記両端方路値が最も大きいものから順番に、間引き対象通信路が特定し、所定の終了条件を満たすまで前記間引き対象通信路の特定を繰り返す。

[0070] 上記(2)の伝送路設計装置によれば、パラメータ n で指定される多重故障に対する伝送網の可用性を維持しつつ、間引き可能な通信路を優先度の高いものから順番に選択し、伝送網に含まれる通信路の総数を効率的に減らすことができる。

[0071] (3) 本発明の伝送路設計装置は、図6、図7に示した各手順を実施し、図7のステップS31で伝送網モデル全体を2つの領域に分断する複数の分断線 $SL_1 \sim SL_n$ を定め、それぞれの前記分断線が横切る通信路の数をステップS32でカット数 $N_{c1} \sim N_{cn}$ として各々算出し、ステップS33で前記分断数の最小値、すなわち最小カット数 N_c を特定し、前記間引き対象通信路が所定の条件を満たすか否かを前記分断数の最小値に基づき特定する。

[0072] 上記(3)の伝送路設計装置によれば、注目している特定の間引き対象通信路の仮削除が、パラメータ n で規定される多重故障に対して可用性を維持しているか否かを判定するために必要な最小カット数 N_c を特定できる。

[0073] (4) 本発明の伝送路設計装置は、図6に示した各手順を実施し、処理対象の伝送網モデルとして、それぞれが多数のユーザ端末のトラヒックを収容する複数の地域拠点、および複数の地域拠点のトラヒックを収容する複数の上位拠点を含む地域伝送網をモデル化したものを前提としている。また、ステップS12の多重故障耐性のパラメータ n により、前記分断数の最小値を2

以上に制限している。

[0074] 上記（４）の伝送路設計装置によれば、地域伝送網において大規模災害が発生し、例えば図４Ｂのように２以上の障害発生箇所Ｌ０１、Ｌ０２が同時に発生した場合でも、通信拠点の孤立が発生するのを回避できる。つまり、複数の障害発生箇所Ｌ０１、Ｌ０２を迂回する別の通信経路を確保できる。

[0075] （４）本発明の伝送網トポロジ設計方法は、

多数の拠点を有する伝送網において、互いに隣接する複数の拠点同士の間が通信路で接続され全体がメッシュ状に構成された伝送網モデルの初期データを取得する手順と、

前記伝送網モデルにおける多数の拠点の中から、各拠点到接続された前記通信路の方路数が規定値よりも大きい第１グループの拠点を抽出する手順と、

前記各通信路の中で、前記第１グループの拠点到接続する第１グループの通信路を抽出する手順と、

前記第１グループの通信路の各々について、その一端に接続された第１の拠点、および他端に接続された第２の拠点を特定し、前記第１の拠点における前記通信路の方路数と、前記第２の拠点における前記通信路の方路数とに応じた両端方路値を算出する手順と、

前記第１グループの通信路の中で前記両端方路値が所定の条件を満たすものを間引き対象通信路として特定し、前記伝送網モデルの初期データに対して、前記間引き対象通信路を反映した出力データを生成する手順と、

を含むことを特徴とする。

[0076] 上記（４）の伝送網トポロジ設計方法によれば、前記第１グループの拠点を抽出することにより、通信路の多重故障に対して余裕の大きい拠点、つまり通信路を間引きする余裕のある拠点を特定できる。また、前記第１グループの通信路は、前記第１グループの拠点到接続するので、間引き候補として利用できる。また、前記第１グループの通信路の各々について算出される前記両端方路値は、間引き候補の通信路の中での優先順位を決めるために

利用できる。したがって、間引き候補の通信路の中で優先順位の高いものを対象として間引きすることができる。その結果、適正化された伝送網トポロジが前記出力データとして得られる。つまり、多重故障に対する可用性を維持する条件の下で、必要な設備量の抑制を考慮して適正化された通信路トポロジを容易に設計できる。

[0077] (6) 図6に示した各手順を含む伝送網トポロジ設計方法においては、前記両端方路値 $d_{i,j}$ は、ステップS18で、特定通信路一端の拠点における通信路の方路数 d_i と、他端の拠点における通信路の方路数 d_j との積として算出される。また、ステップS14～S24において、ビル群 B_x として抽出された第1グループの通信路の中で、前記両端方路値が最も大きいものから順番に、間引き対象通信路が特定され、所定の終了条件を満たすまで前記間引き対象通信路の特定が繰り返される。

上記(6)の手順の伝送網トポロジ設計方法によれば、パラメータ n で指定される多重故障に対する伝送網の可用性を維持しつつ、間引き可能な通信路を優先度の高いものから順番に選択し、伝送網に含まれる通信路の総数を効率的に減らすことができる。

[0078] (7) 図6、図7に示した各手順を含む伝送網トポロジ設計方法においては、図7のステップS31で伝送網モデル全体を2つの領域に分断する複数の分断線 $SL_1 \sim SL_n$ を定め、それぞれの前記分断線が横切る通信路の数をステップS32でカット数 $N_{c1} \sim N_{cn}$ として各々算出し、ステップS33で前記分断数の最小値、すなわち最小カット数 N_c を特定し、前記間引き対象通信路が所定の条件を満たすか否かを前記分断数の最小値に基づき特定する。

[0079] 上記(7)の手順の伝送網トポロジ設計方法によれば、注目している特定の間引き対象通信路の仮削除が、パラメータ n で規定される多重故障に対して可用性を維持しているか否かを判定するために必要な最小カット数 N_c を特定できる。

[0080] (8) 本発明の伝送路設計プログラムは、

コンピュータに、

多数の拠点有する伝送網において、互いに隣接する複数の拠点同士の間が通信路で接続され全体がメッシュ状に構成された伝送網モデルの初期データを取得する手順、

前記伝送網モデルにおける多数の拠点の中から、各拠点に接続された前記通信路の方路数が規定値よりも大きい第1グループの拠点を抽出する手順、

前記各通信路の中で、前記第1グループの拠点同士を接続する第1グループの通信路を抽出する手順、

前記第1グループの通信路の各々について、その一端に接続された第1の拠点、および他端に接続された第2の拠点を特定し、前記第1の拠点における前記通信路の方路数と、前記第2の拠点における前記通信路の方路数とに応じた両端方路値を算出する手順、

前記第1グループの通信路の中で前記両端方路値が所定の条件を満たすものを間引き対象通信路として特定し、前記伝送網モデルの初期データに対して、前記間引き対象通信路を反映した出力データを生成する手順、

を実行させるためのものである。

[0081] 上記(8)の伝送路設計プログラムによれば、前記第1グループの拠点を抽出することにより、通信路の多重故障に対して余裕の大きい拠点、つまり通信路を間引きする余裕のある拠点を特定できる。また、前記第1グループの通信路は、前記第1グループの拠点同士を接続するので、間引き候補として利用できる。また、前記第1グループの通信路の各々について算出される前記両端方路値は、間引き候補の通信路の中での優先順位を決めるために利用できる。したがって、間引き候補の通信路の中で優先順位の高いものを対象として間引きすることができる。その結果、適正化された伝送網トポロジが前記出力データとして得られる。つまり、多重故障に対する可用性を維持する条件の下で、必要な設備量の抑制を考慮して適正化された通信路トポロジを容易に設計できる。

符号の説明

- [0082] 1 0 地域伝送網
- 1 1, 1 2, 1 3, 1 4 地域ビル
- 1 3 a, 1 6 a, 1 6 f 光スイッチ
- 1 3 b, 1 3 c, 1 6 b, 1 6 c, 1 6 g, 1 6 h 局間インタフェース
- 1 3 d, 1 6 d, 1 6 e トランスポンダ
- 1 5, 1 6 地域代表ビル
- 1 7, 1 8 県代表ビル
- 2 0 アクセス網
- 2 1 ユーザ端末
- 3 0 コア伝送網
- 3 1, 3 2 コア代表ビル
- 4 1 計算機本体 (モデル計算部)
- 4 2 入力装置
- 4 3 ディスプレイ (データ出力部)
- 4 4 記憶装置 (初期データ保持部, データ出力部)
- 5 1 伝送路トポロジ設計プログラム
- 5 2, D 0 初期データ
- 5 3 適正化後データ
- 1 0 0 伝送路設計装置
- B 1 1, B 1 2, B 2 1, B 2 2, B 2 3, B 2 4 ビル
- B x ビル群
- D x 中間データ
- D t 一時データ
- D y 出力データ
- N 0 1, N 1 1, N 1 2, N 3 1 通信網
- N c 最小カット数
- n 多重故障耐性のパラメータ
- R 1, R 2 1, R 2 2, R 2 3, R 2 4, R 2 5, R 2 6 リング通信網

L O 1, L O 2, R 2 5 a, R 2 5 b 障害発生箇所

L 局間通信路

L d, L A, L B, L C 特定通信路

S L 1, S L 2, S L 3, S L n 分断線

請求の範囲

[請求項1] 多数の拠点を有する伝送網において、互いに隣接する複数の拠点同士の間が通信路で接続され全体がメッシュ状に構成された伝送網モデルの初期データを保持する初期データ保持部と、

前記初期データ保持部が保持する伝送網モデルの初期データを取得し、前記伝送網モデルにおける多数の拠点の中から、各拠点到接続された前記通信路の方路数が規定値よりも大きい第1グループの拠点を抽出し、前記各通信路の中で、前記第1グループの拠点同士を接続する第1グループの通信路を抽出し、前記第1グループの通信路の各々について、その一端に接続された第1の拠点、および他端に接続された第2の拠点を特定し、前記第1の拠点における前記通信路の方路数と、前記第2の拠点における前記通信路の方路数とに応じた両端方路値を算出し、前記第1グループの通信路の中で前記両端方路値が所定の条件を満たすものを間引き対象通信路として特定し、前記伝送網モデルの初期データに対して、前記間引き対象通信路を反映した出力データを生成するモデル計算部と、

前記モデル計算部が生成した前記出力データを出力するデータ出力部と

を備えることを特徴とする伝送路設計装置。

[請求項2] 前記モデル計算部は、前記第1の拠点における前記通信路の方路数と、前記第2の拠点における前記通信路の方路数との積として前記両端方路値を算出し、

前記第1グループの通信路の中で、前記両端方路値が最も大きいものから順番に、前記間引き対象通信路を特定し、所定の終了条件を満たすまで前記間引き対象通信路の特定を繰り返す、

ことを特徴とする請求項1に記載の伝送路設計装置。

[請求項3] 前記モデル計算部は、前記伝送網モデル上でその全体を2つの領域に分断する複数の分断線を定め、それぞれの前記分断線が横切る前記

通信路の数を分断数として各々算出し、前記分断数の最小値を特定し、前記間引き対象通信路が所定の条件を満たすか否かを前記分断数の最小値に基づき特定する、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の伝送路設計装置。

[請求項4]

前記モデル計算部は、前記伝送網モデルとして、それぞれが多数のユーザ端末のトラヒックを収容する複数の地域拠点、および複数の地域拠点のトラヒックを収容する複数の上位拠点を含む地域伝送網をモデル化し、更に前記分断数の最小値を 2 以上に制限する、

ことを特徴とする請求項 3 に記載の伝送路設計装置。

[請求項5]

多数の拠点を有する伝送網において、互いに隣接する複数の拠点同士の間が通信路で接続され全体がメッシュ状に構成された伝送網モデルの初期データを取得する手順と、

前記伝送網モデルにおける多数の拠点の中から、各拠点到に接続された前記通信路の方路数が規定値よりも大きい第 1 グループの拠点を抽出する手順と、

前記各通信路の中で、前記第 1 グループの拠点到を接続する第 1 グループの通信路を抽出する手順と、

前記第 1 グループの通信路の各々について、その一端に接続された第 1 の拠点、および他端に接続された第 2 の拠点を特定し、前記第 1 の拠点到における前記通信路の方路数と、前記第 2 の拠点到における前記通信路の方路数とに依じた両端方路値を算出する手順と、

前記第 1 グループの通信路の中で前記両端方路値が所定の条件を満たすものを間引き対象通信路として特定し、前記伝送網モデルの初期データに対して、前記間引き対象通信路を反映した出力データを生成する手順と、

を含むことを特徴とする伝送網トポロジ設計方法。

[請求項6]

前記第 1 の拠点到における前記通信路の方路数と、前記第 2 の拠点到における前記通信路の方路数との積として前記両端方路値を算出する手

順、

前記第 1 グループの通信路の中で、前記両端方路値が最も大きいものから順番に、前記間引き対象通信路を特定し、所定の終了条件を満たすまで前記間引き対象通信路の特定を繰り返す手順、

を含むことを特徴とする請求項 5 に記載の伝送網トポロジ設計方法

。

[請求項7]

前記伝送網モデル上でその全体を 2 つの領域に分断する複数の分断線を定め、それぞれの前記分断線が横切る前記通信路の数を分断数として各々算出し、前記分断数の最小値を特定し、前記間引き対象通信路が所定の条件を満たすか否かを前記分断数の最小値に基づき特定する手順、

を含むことを特徴とする請求項 6 に記載の伝送網トポロジ設計方法

。

[請求項8]

コンピュータに、

多数の拠点を有する伝送網において、互いに隣接する複数の拠点同士の間が通信路で接続され全体がメッシュ状に構成された伝送網モデルの初期データを取得する手順、

前記伝送網モデルにおける多数の拠点の中から、各拠点到に接続された前記通信路の方路数が規定値よりも大きい第 1 グループの拠点を抽出する手順、

前記各通信路の中で、前記第 1 グループの拠点到を接続する第 1 グループの通信路を抽出する手順、

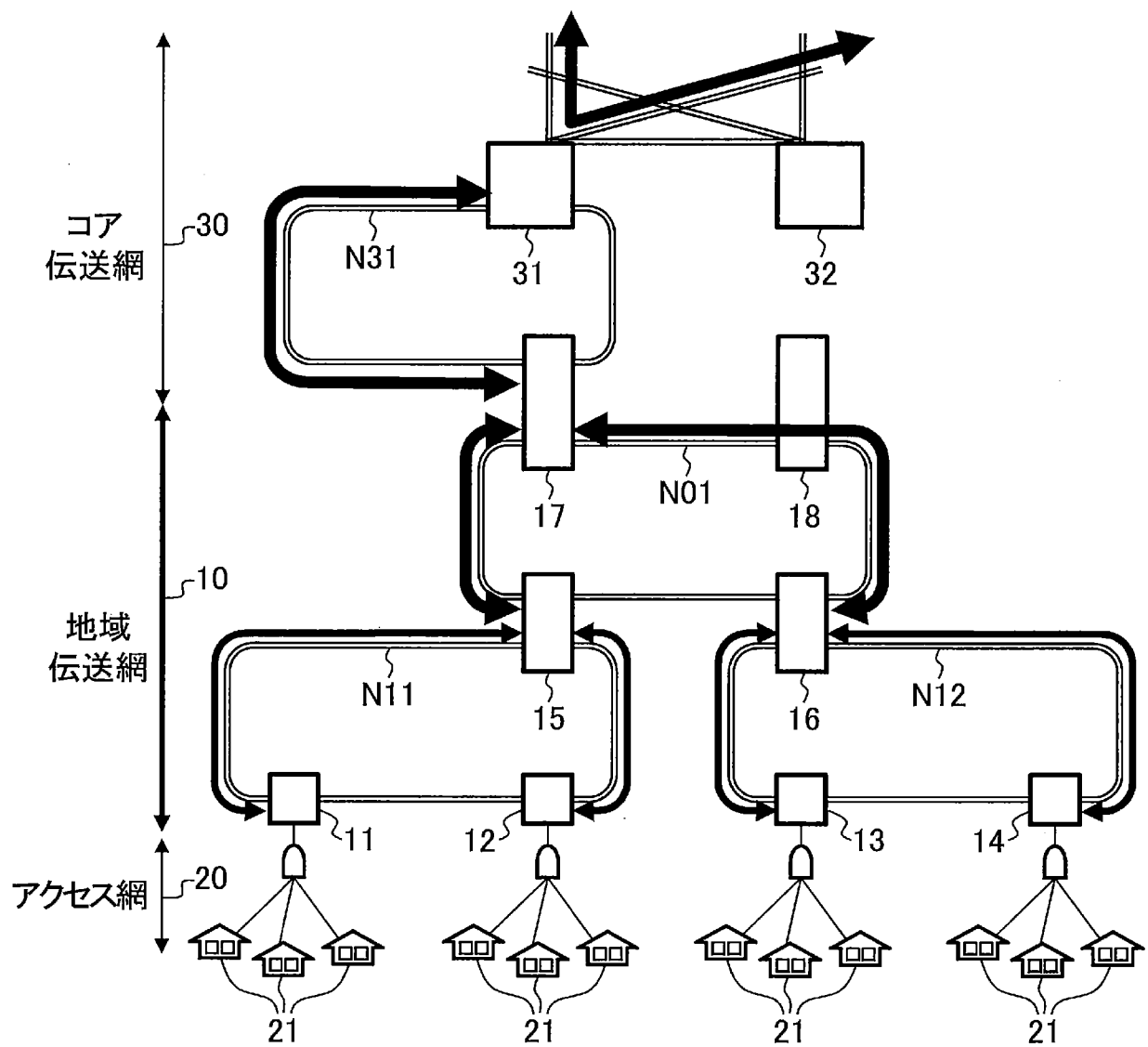
前記第 1 グループの通信路の各々について、その一端に接続された第 1 の拠点、および他端に接続された第 2 の拠点を特定し、前記第 1 の拠点における前記通信路の方路数と、前記第 2 の拠点における前記通信路の方路数とに応じた両端方路値を算出する手順、

前記第 1 グループの通信路の中で前記両端方路値が所定の条件を満たすものを間引き対象通信路として特定し、前記伝送網モデルの初期

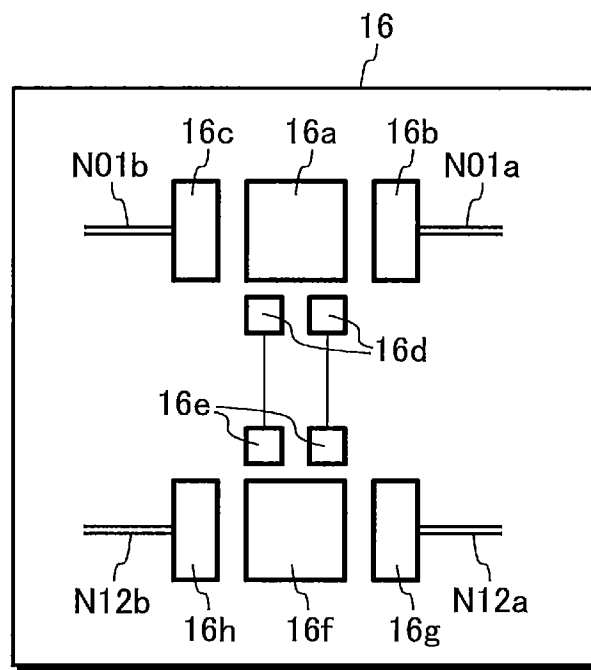
データに対して、前記間引き対象通信路を反映した出力データを生成する手順、

を実行させるための伝送路設計プログラム。

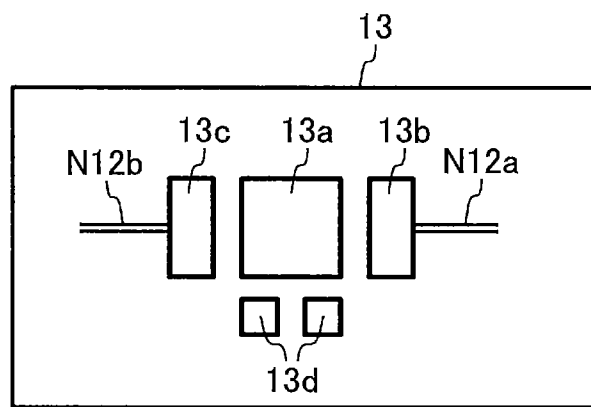
[図1A]



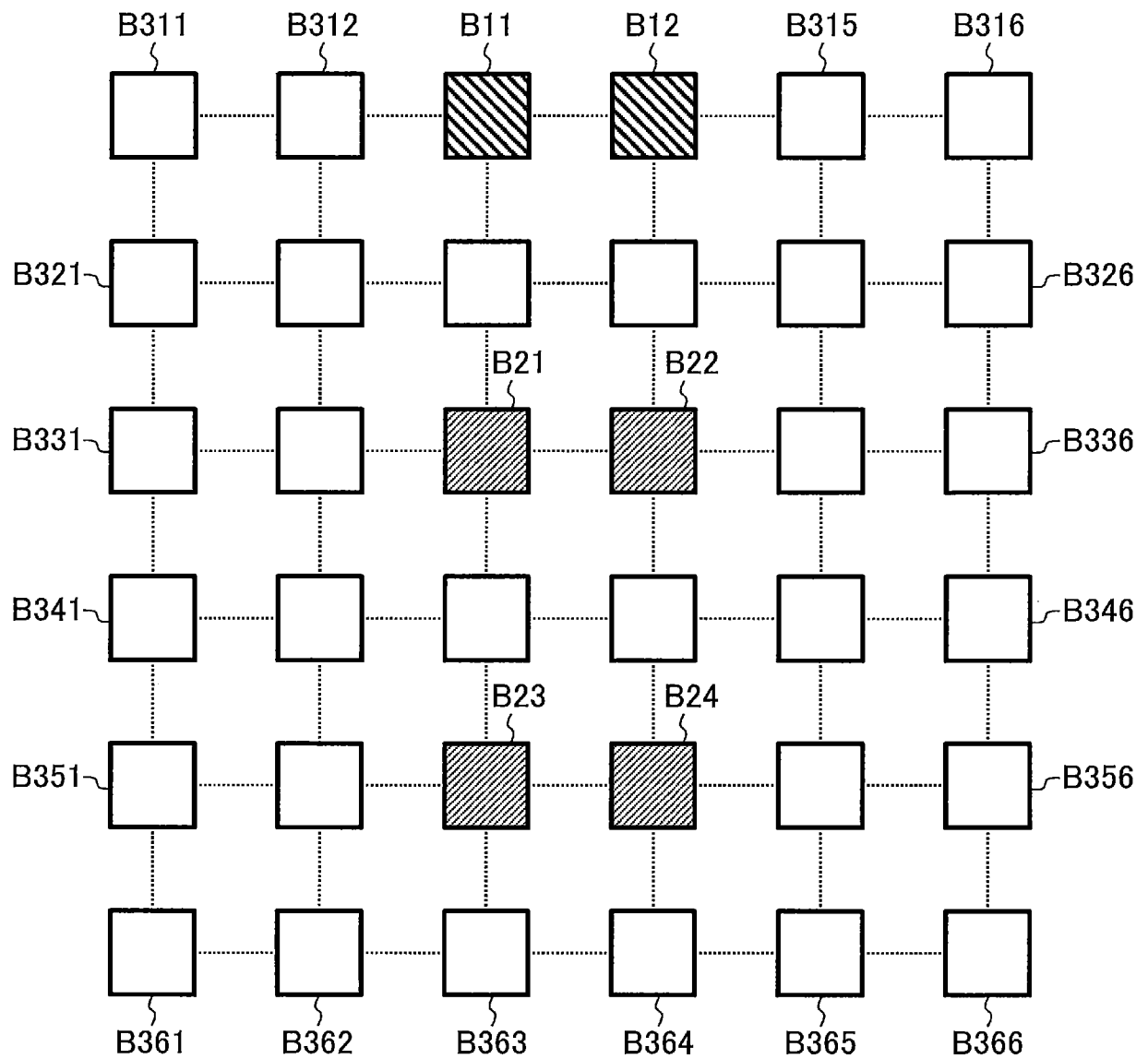
[図1B]



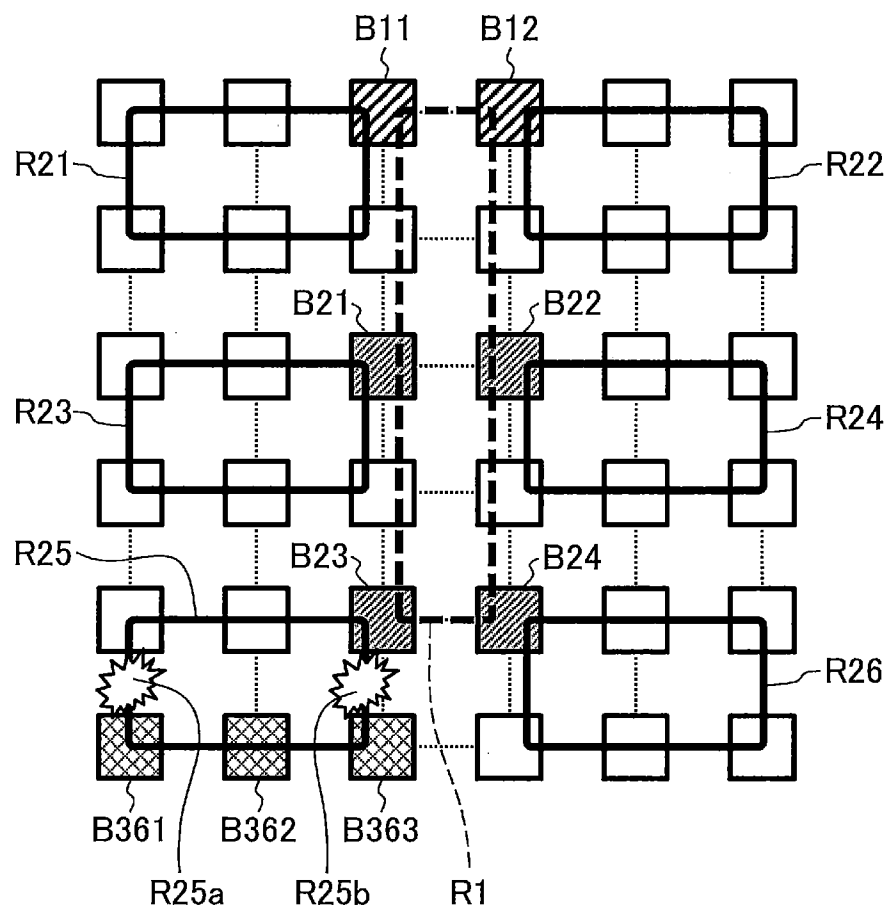
[図1C]



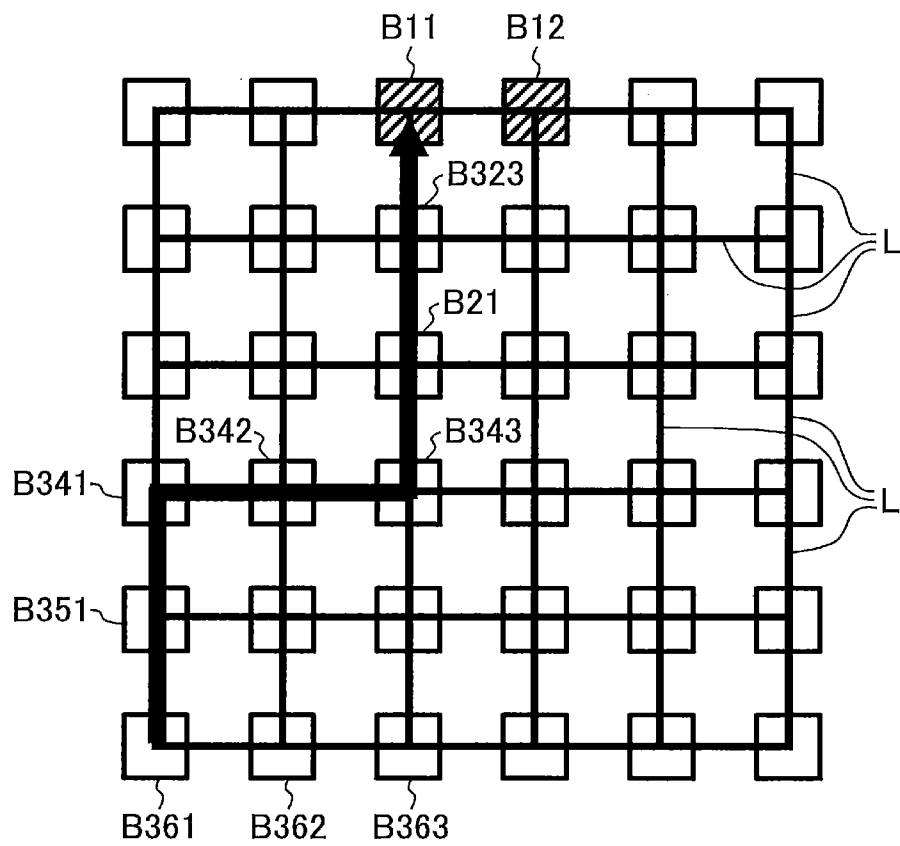
[図2]



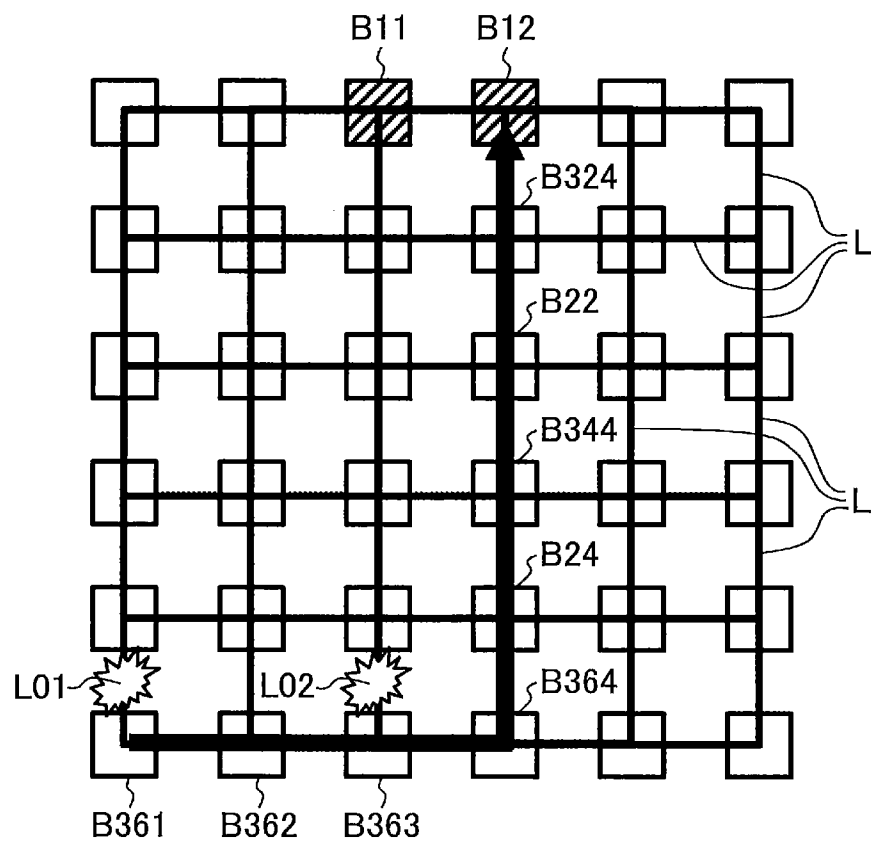
[図3]



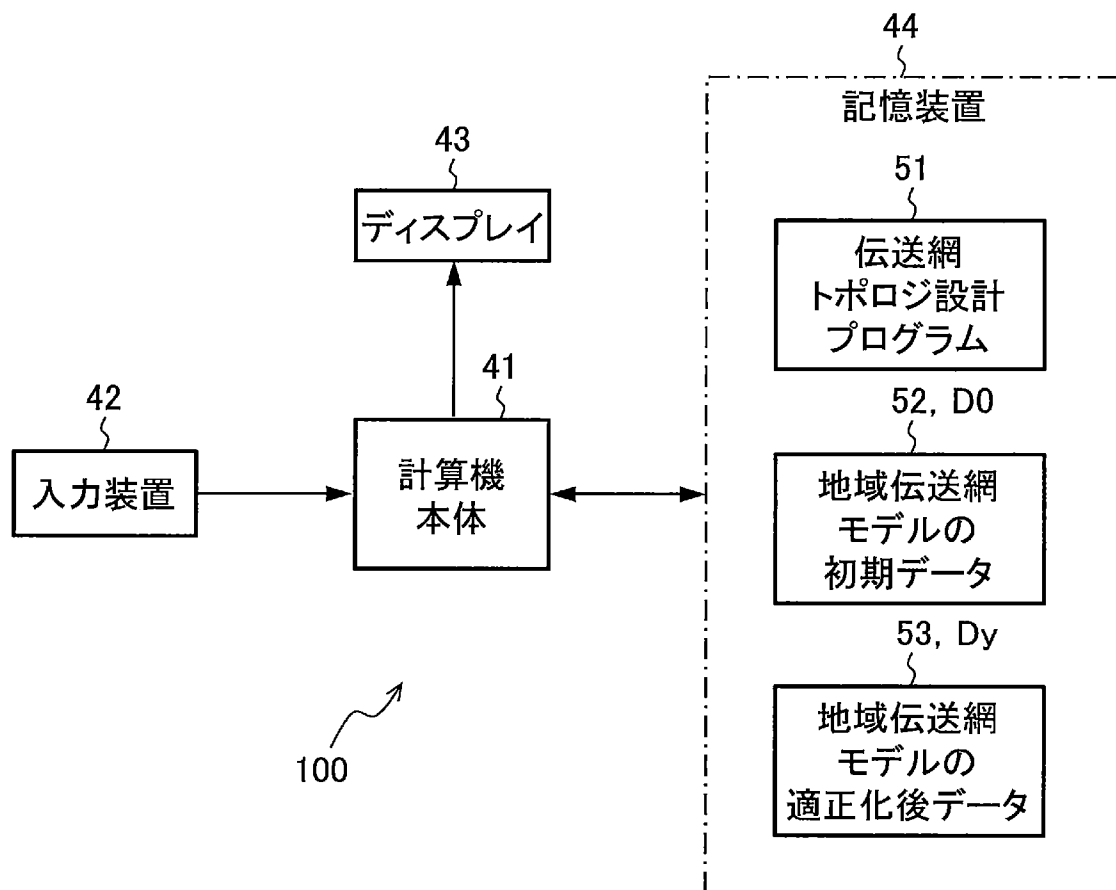
[図4A]



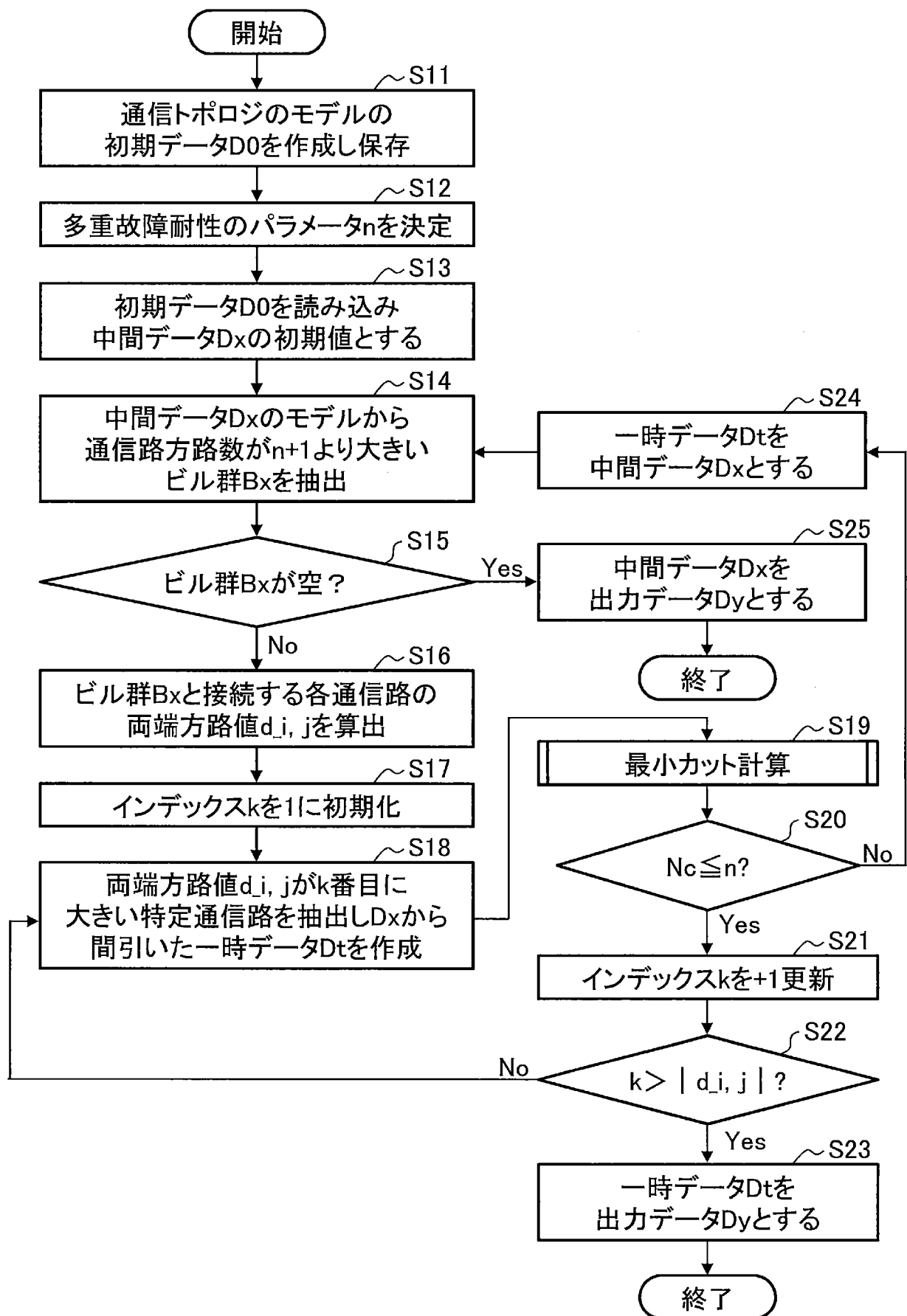
[図4B]



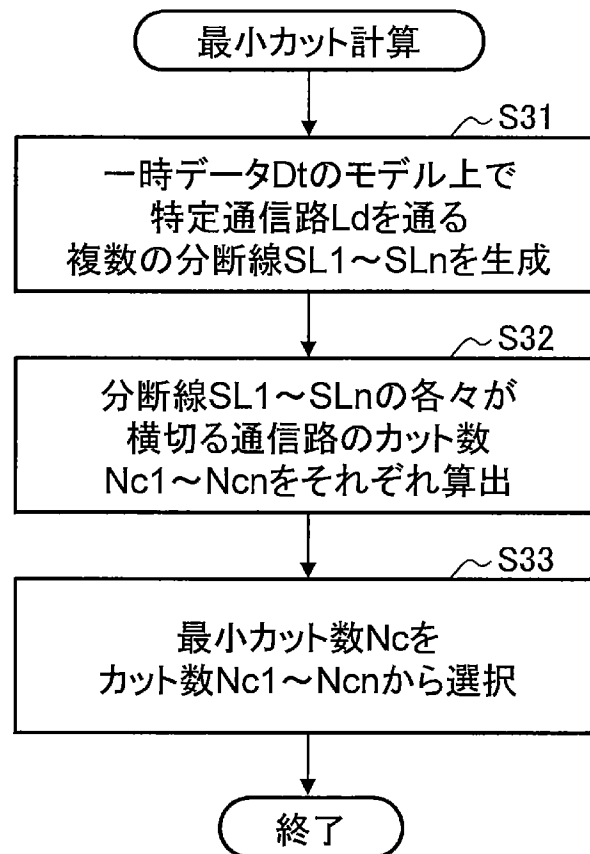
[図5]



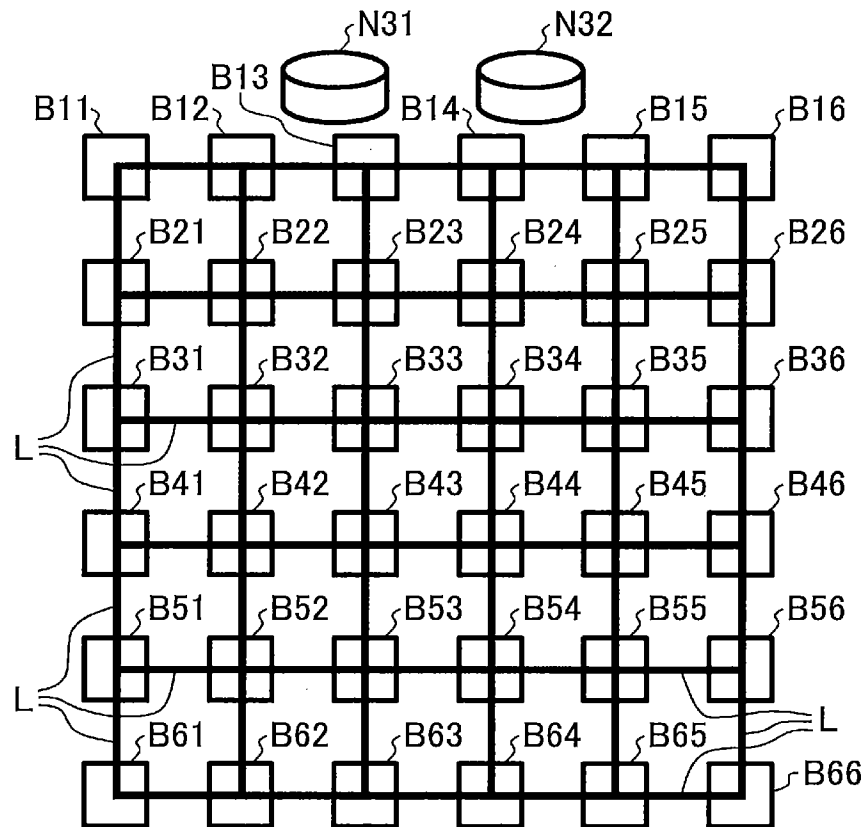
[図6]



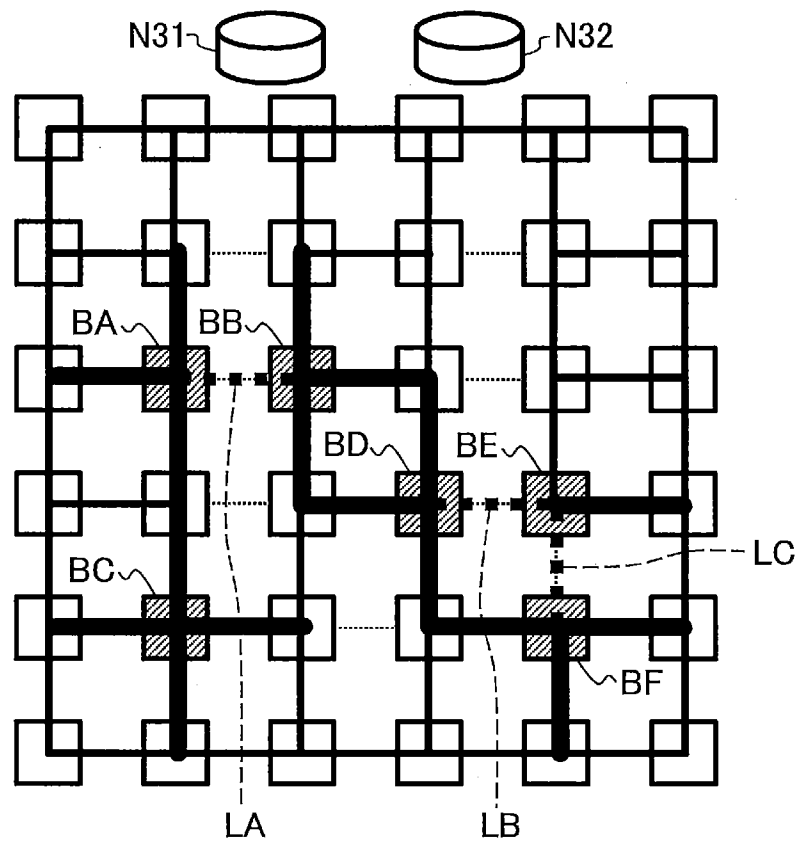
[図7]



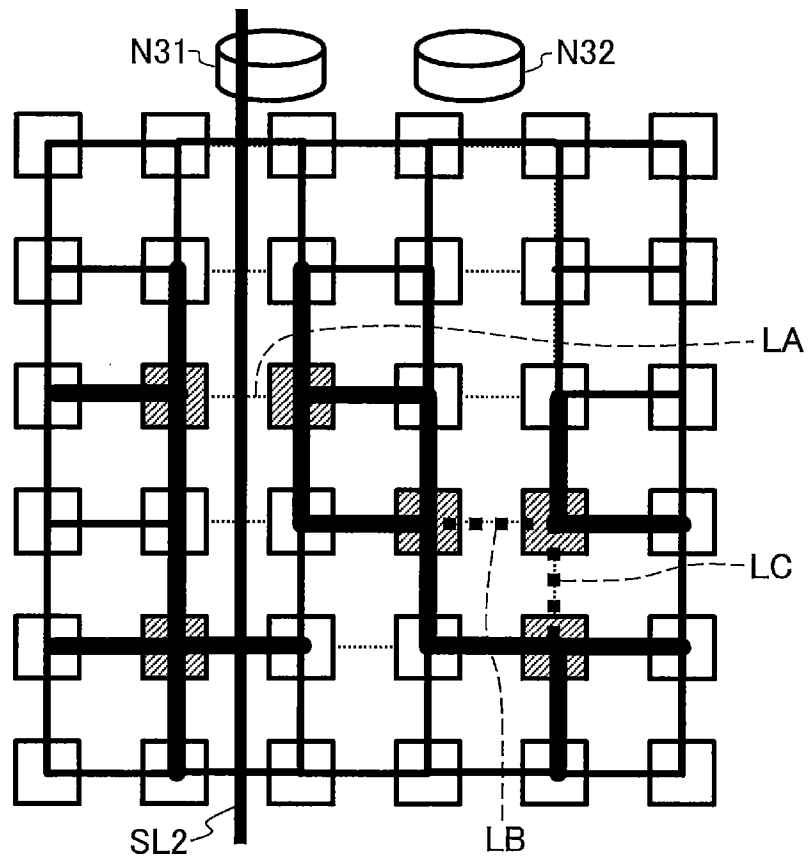
[図8]



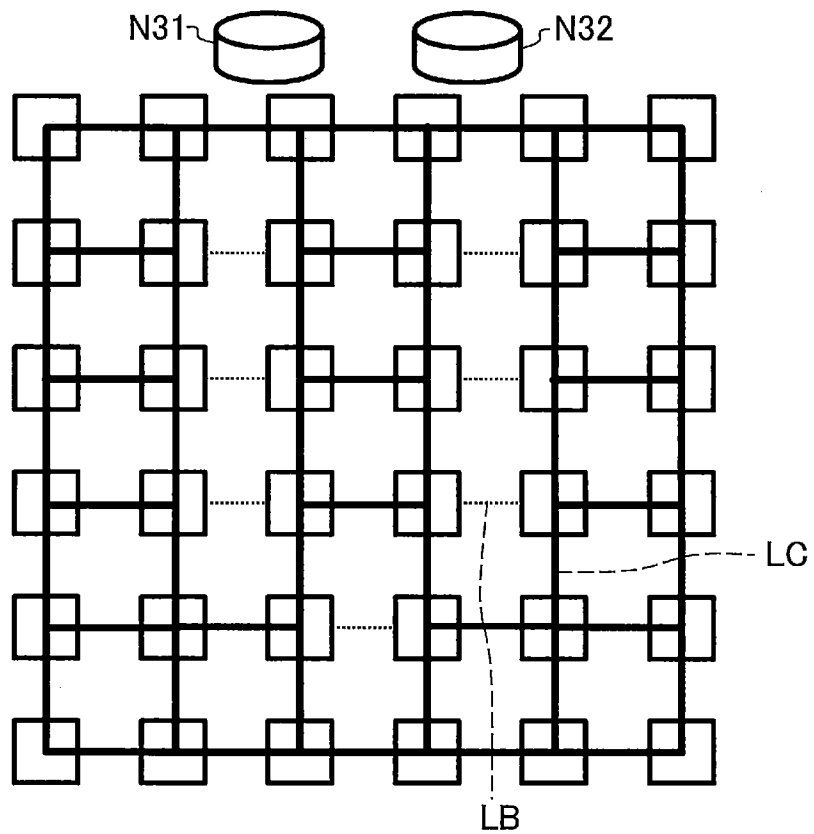
[図9]



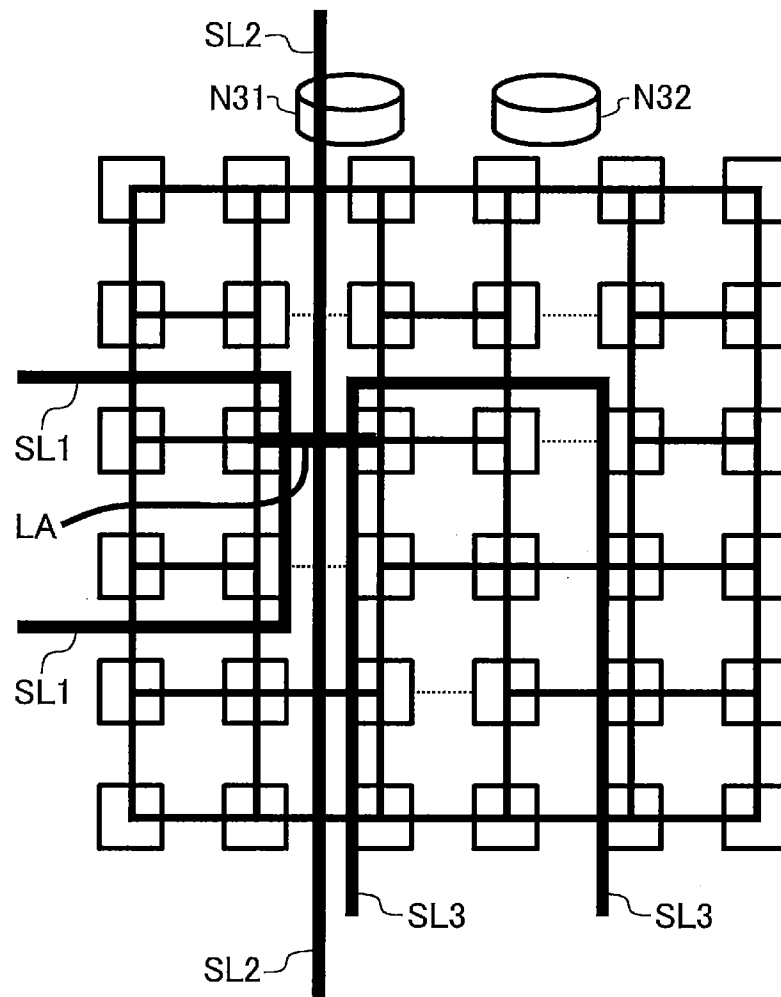
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/023936

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H04L12/753 (2013.01) i, H04L12/28 (2006.01) 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. H04L12/753, H04L12/28

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	山本宏, ほか, 「多方路 OXC による高可用地域伝送網構成法」, 電子情報通信学会技術研究報告, 25 February 2019, vol. 118, no. 465, NS2018-237, pp. 261-265 (YAMAMOTO, Hiroshi et al. Highly available metro transport network using multiple direction OXC. IEICE Technical Report.)	1-8
A	JP 2009-118201 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 28 May 2009, paragraphs [0101]-[0103] (Family: none)	1-8

☐ 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
28.06.2019

Date of mailing of the international search report
16.07.2019

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. H04L12/753(2013.01)i, H04L12/28(2006.01)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. H04L12/753, H04L12/28

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	山本 宏、ほか、「多方路 OXC による高可用地域伝送網構成法」, 電子情報通信学会技術研究報告, 2019.02.25, vol. 118, no.465, NS2018-237, pp.261-265	1-8
A	JP 2009-118201 A（日本電信電話株式会社）2009.05.28, 段落 [0101]-[0103]（ファミリーなし）	1-8

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
「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

28.06.2019

国際調査報告の発送日

16.07.2019

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）

中川 幸洋

5 X

1212

電話番号 03-3581-1101 内線 3596