

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5919046号  
(P5919046)

(45) 発行日 平成28年5月18日(2016.5.18)

(24) 登録日 平成28年4月15日(2016.4.15)

(51) Int.Cl.

H04L 12/715 (2013.01)

F 1

H04L 12/715

請求項の数 11 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2012-55254 (P2012-55254)  
 (22) 出願日 平成24年3月13日 (2012.3.13)  
 (65) 公開番号 特開2013-191942 (P2013-191942A)  
 (43) 公開日 平成25年9月26日 (2013.9.26)  
 審査請求日 平成27年2月25日 (2015.2.25)

(73) 特許権者 000005108  
 株式会社日立製作所  
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号  
 (74) 代理人 100100310  
 弁理士 井上 学  
 (74) 代理人 100098660  
 弁理士 戸田 裕二  
 (74) 代理人 100091720  
 弁理士 岩崎 重美  
 (72) 発明者 藤▲崎▼ 仁史  
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地  
 株式会社日立製作所 横浜研究所内  
 (72) 発明者 松原 大典  
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地  
 株式会社日立製作所 横浜研究所内  
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】パス計算方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

階層型ネットワークにおけるパス計算方法において、  
 前記階層型ネットワークは、実ネットワークと、抽象化ネットワークと、を含み、  
 前記実ネットワークは、複数の実ノードと、前記実ノードを繋ぐ複数の実リンクと、によ  
 って構成され、  
 前記抽象化ネットワークは、抽象ノードと、前記抽象ノードを繋ぐ抽象リンクと、によ  
 って構成され、  
 一つの前記抽象ノードは、所定の基準で選択した前記実ノードと、互いに前記実リンク  
 で接続された前記実ノードと、のいずれか一方または両方に對応づき、

前記抽象リンクの各々は、特定の実パスの集合に相当し、

前記実パスは、2つの前記実ノードを接続する、一つ以上の前記実リンクで構成され、  
 各々の前記抽象リンクについて、一つ以上の前記特定の実パス毎に有する特定の実パス  
 情報から選択された複数種類の項目に基づき前記抽象リンクの一組の抽象リンク情報を生  
 成し、

受け付けたパス要求情報に示される一つ以上の前記抽象ノードが関連付けられた前記複  
 数の実ノードの二つを接続する前記実パスの実パス情報を、生成した前記抽象リンク情報  
 を用いて、計算する

ことを特徴とするパス計算方法。

## 【請求項 2】

10

20

請求項 1 に記載のパス計算方法において、  
 前記パス要求情報と、前記一組の抽象リンク情報と、を比較し、  
 前記パス要求情報に合致する一つ以上の「一つ以上の抽象リンクの組合せ」を選択し、  
 それぞれの前記「一つ以上の抽象リンクの組合せ」に相当する一つ以上の前記実パスから、  
 前記パス要求情報にあう一つ以上の前記実パスをさらに選択する  
 ことを特徴とするパス計算方法。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載のパス計算方法において、  
 前記一組の抽象リンク情報の生成に用いる前記選択した実パスは、当該実パスの前記実  
 パス情報の一つ以上の前記項目に従って、一つ以上の候補として選択する  
 ことを特徴とするパス計算方法。 10

【請求項 4】

請求項 3 に記載のパス計算方法において、  
 前記選択において、所定の基準に従って前記実パス情報が類似する複数の前記実パスを  
 選択する  
 ことを特徴とするパス計算方法。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のパス計算方法において、  
 前記所定の基準は、抽象度調整パラメータにより調整可能である。  
 ことを特徴とするパス計算方法。 20

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか一に記載のパス計算方法において、  
 前記一組の抽象リンク情報は、冗長化に関する情報を含む  
 ことを特徴とするパス計算方法。

【請求項 7】

請求項 4 に記載のパス計算方法において、  
 前記実ネットワークのネットワークトポロジが変更されたことをきっかけとして、前記  
 実パスのうち、リンクが追加または削除された前記実パスに対応づけられる前記抽象リンクを特定し、  
 前記抽象リンクのリンク属性を更新する  
 ことを特徴とするパス計算方法。 30

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか一に記載のパス計算方法において、  
 ネットワークシステムを起動した際やネットワークトポロジを変更した際に、前記抽象  
 リンク情報を生成して保持し、  
 前記パス要求情報を受信した際に、保持している前記抽象リンク情報を元にパスを計算  
 する  
 ことを特徴とするパス計算方法。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれか一に記載のパス計算方法において、  
 前記実ノードがいずれかの計算ドメインに属するように、前記実ネットワークを複数の  
 計算ドメインに分割し、  
 前記抽象ノードを、前記計算ドメインの境界ノードに対応付ける  
 ことを特徴とするパス計算方法。 40

【請求項 10】

請求項 9 に記載のパス計算方法において、  
 前記抽象ノードの数が少なくなるように、前記計算ドメインを構成する  
 ことを特徴とするパス計算方法。

【請求項 11】

請求項 9 に記載のパス計算方法において、 50

ノードが追加、または、削除された、前記実ネットワークの前記計算ドメインを特定し、  
特定した前記計算ドメインの前記実パス情報を再計算し、  
前記一組の抽象リンク情報を再生成する  
ことを特徴とするパス計算方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書で開示される主題は、トランスポート制御サーバ (TCS : Transport Control Server) に関し、特に、通信経路を計算するためのトランスポート制御サーバに関する。 10

【背景技術】

【0002】

近年、高信頼化や高品質化を目的に、通信ユーザ拠点間を end-to-end で通信経路を繋ぐ、複数のネットワークプロトコルおよびネットワークを制御するトランスポート制御サーバが開発されている。ネットワークプロトコルの例としては、MPLS (Multi-Protocol Label Switching)、MPLS-TP (MP LS Transport Profile)、PBB-TE (Provider Backbone Bridge Traffic Engineering)、OpenFlow、GMPLS (General MPLS) などが挙げられる。 20

【0003】

これらのプロトコルはユーザ拠点間やデータセンタ間を繋ぐ広域ネットワーク、データセンタ内、新世代ネットワークで検討されている仮想化ネットワークなどに用いられる。広域ネットワークの例としては、企業用専用線、L2VPN (Layer 2 Virtual Private Line)、L3VPN (Layer 3 VPN) などが挙げられる。仮想化ネットワークとは、GENIなどで検討されている、物理的なネットワーク資源を論理的に分割し、柔軟性を持たせるために伝送装置にプログラマビリティなどの機能を持たせたネットワークなどである。 20

【0004】

前記トランスポート制御サーバにおいては、スケーラビリティ、フレキシビリティに対応するパス計算が課題である。スケーラビリティとは、伝送装置数の増大、通信経路の増大などである。これらは、通信利用者の増大や一人当たりのトラフィック量の増大、網統合などに起因する。フレキシビリティとは、要求帯域、遅延制約、予備経路の有無、予備経路の帯域確保方法、帯域利用効率などの様々な運用ポリシーを反映させることである。 30

【0005】

複数のドメインとして分割管理されるネットワークにおいて、各ドメイン内の複数の通信経路を一つのリンク (本書ではこれを抽象リンクと呼ぶ) として管理する。そして、前記ドメインを複数経由するパスを end-to-end で設定する場合に抽象リンクの情報に基づいてパスを計算する。本書では、これを階層型ルーティングと呼ぶ。ユーザ拠点やノード等を繋ぐ論理的な通信経路をパスと呼ぶ。 40

【0006】

以下に上記問題に関係する従来技術を説明する。

【0007】

特許文献 1 では、階層分散型ルーティングにより最短経路を選択する際に、上位層の PCS (Path Computation Server) により、下位層の PCS が管理するエリア内最短経路リストから、当該下位サブネットワークの境界ルータ間の最短経路コストを取得してこれを仮想リンクコストと見なし、この取得された境界ノード間の仮想リンクコストと、上位層の PCS が管理するサブネットワーク間のリンクコストとに基づいて、起点から終点までの最短経路を求める。これによって、下位階層の計算ドメイン間の最短経路を選択することを可能にする。 50

## 【0008】

特許文献2では、経路計算ドメインを決定した後に、終点ノードが存在する経路計算ドメイン側から始点ノードが存在する経路計算ドメインに向けて、各経路解決システムにて順次に経路計算部によってドメイン内の冗長パスを計算し、各経路解決システムが計算したドメイン内の冗長パスの経路を繋ぎ合わせることで、始点ノードと終点ノードとの間の冗長パスを計算する。これによって、マルチドメインのネットワークにて、冗長パス（現用パスと予備パス）を効率的に計算できる。

## 【0009】

特許文献3では、複数のカスタマ網の各サーバのパス計算プログラムが、配信された網内におけるルート候補をそれぞれ選択し、前記ルート候補を階層的に組み合わせて、前記パス計算プログラムが協働して、最適ルートを決定する。これによって、MPLSを用いてユーザのネットワーク（すなわち「カスタマ網」）間を接続するVPNサービスを提供する場合に、カスタマ網内のパスも含めてEnd-to-endでユーザの要求品質を満足するパスを決定すると共に、SLAに応じてカスタマ網の差別化を実現し、更に障害時のためのバックアップ用のパスを決定する技術を提供できる。

10

## 【0010】

特許文献4では、パス計算エレメントを階層化することによって、パス計算エレメントの上位層と下位層において、パス計算エレメントの計算ドメインをマッピングし、計算タスクの階層的分解を実行し、並列モードにおいてルート計算を実行することによって、各パス計算エレメントが行う計算量を削減できる。

20

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0011】

【特許文献1】米国特許出願公開第2010/051215号明細書

【特許文献2】特開2008-42670号公報

【特許文献3】特開2007-19852号公報

【特許文献4】米国特許出願公開第2008/0002664号明細書

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0012】

30

以下に、従来技術の課題を説明する。

## 【0013】

特許文献1では、抽象リンクに单一のコスト情報を持たせて計算するが、遅延や帯域利用率等のリンク属性を保持しない。その結果、遅延制約や余剰帯域を適切な抽象リンクを選択できないため、SLA（Service Level Agreement）を保証できない可能性がある。また、帯域利用率が低い抽象リンクを選択することができないため、一部の抽象リンクにトラフィックが集中してしまう可能性がある。

## 【0014】

特許文献2、特許文献3、特許文献4では、特許文献1と同様に、リンク属性を保持しないため特許文献1と同じ欠点を有する。

40

## 【0015】

前記の通り、従来技術では抽象リンクとして、遅延や帯域利用率等のリンク属性を保持しないため、遅延制約や要求帯域等の要求条件や帯域の有効利用等の運用ポリシーを満たす適切な抽象リンクを選択することができない。

## 【0016】

他方で、抽象リンク情報を増やして、抽象リンクを具体化すると、1本当たりの抽象リンクの情報が増え、また保持する抽象リンクの本数が増えてしまい、パス計算量が増えてしまう。パス計算量をできる限り増やすことなく、適切な抽象リンクを選択できるようにすることが課題である。

## 【課題を解決するための手段】

50

## 【0017】

開示されるのは、少ないパス計算量で、遅延制約や要求帯域、パス冗長化、ホップ数制限等のパス要求条件を満たし、適切なパスの選択を可能にするパス計算方法およびそれを用いるパス管理サーバ、パス管理システムである。

## 【0018】

開示される第1の特徴は、複数のノードと複数のリンクによって構成される実ネットワークと、実ネットワークを論理的に分割して得られる計算ドメインを一つ以上含む第1階層と、各々が第1階層の計算ドメインを一つ以上含む計算ドメインを一つ以上含み、複数のノードの内、所定の基準で選択したノードを抽象ノードとし、抽象ノードと、抽象ノードを接続する抽象リンクと、を含む第2階層と、を含む階層型ネットワークにおけるパス計算方法において、10

抽象ノードに対応する第1階層の複数のノードを端点とする第1階層における1つ以上のパスを候補パスとして、第2階層の計算ドメインにおける一つの抽象リンクと対応づけ、候補パスのパス属性の一部または全てを、対応づけられた第2階層の抽象リンクのリンク属性として管理し、複数のノードの二つを接続するパスを設定する際に、第2階層における抽象ノードの2つを接続するパスを、抽象リンクの組み合わせとして設定する際に、抽象リンクに対応付けて管理されるリンク属性に基づいてパスを計算するパス計算方法である。

## 【0019】

これによって、少ないパス計算量で、遅延制約や要求帯域、現用パスと予備パスの両方を用意するパス冗長化、ホップ数制限等のパス要求条件を満たし、帯域利用率の低いリンクを経由するパスやホップ数の少ない適切なパスを選択することが可能になる。20

## 【0020】

第2の特徴は、前記第1の特徴において、候補パスを第2階層に属する計算ドメインの抽象リンクと対応づける際に、選択したノードを接続する第1階層上の一つ以上のパスの一部または全てを各リンク属性によって並び替えた結果の上位から一つ以上を候補パスとして選択するパス計算方法である。

## 【0021】

抽象リンクに対応づける候補パスを上位数本に制限することによって、前記抽象リンクの数を制限し、大量の抽象リンクに基づいてパスを計算することを回避することによって、パス計算量の肥大化を抑制することができる。また、複数のリンク属性から上位候補パスを選択することによって、1つの最短経路の候補パスのみ抽象リンクとして対応づける場合に生じる、複数の要求条件を満たす適切なパスを計算する上で必要となる抽象リンクを管理しないために、適切なパスを選択できなくなる可能性を低減することができる。30

## 【0022】

第3の特徴は、前記第1または第2の特徴において、候補パスを抽象リンクと対応づける際に、パス属性が所定の基準に照らして類似する複数の候補パスを同じ抽象リンクと対応づけるパス計算方法である。

## 【0023】

類似したパスの定義は、例えば、40  
 ・パスの両端点が等しく、  
 ・遅延やホップ数、コスト、帯域等によって、複数のグループに分けた際に、同じグループにマッピングされるもの  
 である。

## 【0024】

例えば、伝送遅延の観点で候補パスをまとめ、リンク属性と候補パスをマッピングする場合、同じリンク属性の候補パス（つまり、類似する候補パス）とは、例えば、リンク属性1を伝送遅延0～15ms、リンク属性2を15～30ms、リンク属性3を30ms以上というように候補パスの伝送遅延の範囲によって規定される。

## 【0025】

これによって、前記抽象リンクの数を制限し、大量の抽象リンクに基づいてパスを計算することを回避することによって、パス計算量の肥大化を抑制することが可能になる。

【0026】

第4の特徴は、第3の特徴に記載の、パス属性が類似する複数の候補パスを同じ抽象リンクと対応づける抽象リンク管理方法において、類似の程度を調整する抽象度調整パラメータを保持するパス計算方法である。

【0027】

抽象度調整パラメータは、第3の特徴に記載の伝送遅延の範囲の閾値を示す。すなわち、0、15, 30である。なお、抽象度調整パラメータは、事前に運用管理者によって規定されるものであり、上記の例に示した伝送遅延の他に、抽象リンク情報テーブル3200に記載のコスト、リンク内ホップ数、帯域、余剰帯域、収容率などのいずれか一種類、または複数種類の組合せで構成される値である。

【0028】

パス属性が類似する複数の候補パスを同じ抽象リンクと対応づける際に、同じ数の候補パスを抽象リンクと対応づける場合でも、パス属性があまり類似しない候補パスを同じ抽象リンクとして対応づける場合は、パス属性が極めてよく類似する候補パスをリンク属性に対応づけた場合と比べて抽象リンク数が少なくなるためにパス計算量が削減される。しかし前者は後者に比べて抽象リンク属性は各値に幅を持つことになるため、適切な抽象リンクを選択できくなる結果、適切なパスを計算できない可能性がでてくる。第4の特徴によって、パス計算量と適切な抽象リンクを選択する可能性を調整することが可能になり、要求されるパス計算時間の範囲で出来る限り適切な抽象リンクを選択可能になる。

【0029】

第5の特徴は、上記の各特徴において、抽象リンクのリンク情報として冗長化に関する情報を保持するパス計算方法である。

【0030】

これによって、現用パスと予備パスが同一抽象リンクを経由するパスを選択する場合に、現用パスと予備パスが同じリンクを経由しないリンクディスジョイントなパスの組合せになる抽象リンクを選択可能になる。

【0031】

第6の特徴は、第2の特徴において、実ネットワークのネットワークトポロジが変更された場合に、第1階層の候補パスのうち、ネットワークトポロジの変更の影響を受ける候補パスに対応づけられる抽象リンクを特定し、抽象リンクを異なる抽象リンクに変更するパス計算方法である。

【0032】

これによって、障害などによって既設のパスが使用できなくなり、ネットワークトポロジが変更になった際などに、再計算する範囲を抽象リンクの選択に限定することができ、end-to-endでパスを再計算することを回避することによって、パス計算量を削減可能になる。

【0033】

第7の特徴は、上記の各特徴において、ネットワークシステムを起動した際やネットワークトポロジを変更した際に、第1階層の計算ドメインを計算し、各ドメインにおいて複数の境界ノード間における候補パスを計算し、第2階層の抽象リンクに対応づけて抽象リンク情報を保持し、パス要求を受信した際に保持する抽象リンク情報を元にパスを計算するパス計算方法である。

【0034】

起動した際やトポロジ変更した際などパス要求が生じる際より前に、計算しておくことによって、パス要求を受信した際のパス計算量を削減することができ、パス要求を受信してからパスを設定するまでの時間を短縮可能になる。

【0035】

第8の特徴は、第2の特徴において、実ネットワークのネットワークトポロジが変更さ

10

20

30

40

50

れた際に、変更の影響を受ける第1階層の計算ドメインを抽出し、抽出した計算ドメインの候補パス、およびパス情報を再計算し、算出したパス情報を抽象リンクのリンク属性に対応づけるパス計算方法である。

【0036】

これによって、ネットワークのトポロジが変更された際に、再計算する候補パス、および抽象リンクを限定し、ネットワークのトポロジが変更した際の抽象リンクを計算するためのパス計算量を削減可能になる。

【0037】

第9の特徴は、上記の各特徴において、実ネットワークを複数の第1階層の計算ドメインに分割する際に、計算ドメイン間の境界ノード数が少なくなるように分割するパス計算方法である。 10

【0038】

これによって、第2階層のノード数が少なくなり、候補パス数、抽象リンク数が少なくなるため、パス計算量を削減可能になる。

【0039】

第10の特徴は、上記の各特徴において、操作画面表示の際に、第1階層で表示されるドメインと第2階層で表示されるドメインを混在させて表示するパス計算方法である。

【0040】

これによって、ネットワーク運用管理者は、パスを設定する際、または参照する際に、詳細に参照する計算ドメインを第1階層で表示し、その他の計算ドメインを第2階層で表示させることができが可能になる。その結果、ネットワーク運用管理者は、限られた操作画面サイズにおいて、詳細を参照する計算ドメインを見やすくなり、ネットワーク運用管理者の設定ミスの抑制効果、操作効率の向上の効果が得られる。 20

【0041】

第11の特徴は、上記の各特徴において、一つ以上の第1階層の計算ドメインを第2階層における一つの抽象ノードと見なし、第1階層の候補パスのパス属性の一部または全てを第2階層の抽象ノードのノード属性として保持し、2つ以上のノード間を接続する1つ以上のパスを計算する際に、抽象ノードのノード属性に基づいてパスを計算するパス計算方法である。

【0042】

これによって、少ないパス計算量で、遅延制約や要求帯域、現用パスと予備パスの両方を用意するパス冗長化、ホップ数制限等のパス要求条件を満たし、帯域利用率の低いリンクを経由するパスやホップ数の少ない適切なパスを選択することが可能になる。更に、ネットワーク運用管理者は、局舎などの複数のノードの集合を一つの抽象ノードとしてみなすことができ、第2階層のネットワークトポロジを感覚的な理解しやすくなり、ネットワーク運用管理者の設定ミスの抑制効果、操作効率の向上の効果が得られる。 30

【発明の効果】

【0043】

開示によれば、少ないパス計算量で、遅延制約や要求帯域、現用パスと予備パスの両方を用意するパス冗長化、ホップ数制限等のパス要求条件を満たし、帯域利用率の低いリンクを経由するパスやホップ数の少ない適切なパスを選択することが可能になる。 40

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】実施形態が適用されるネットワークの構成例を示す図である。

【図2】実施形態が適用されるトランスポート制御サーバが管理する階層型ネットワークを例示する図である。

【図3】実施形態が適用されるトランスポート制御サーバの構成例を示すブロック図である。

【図4】トランスポート制御サーバが保持する抽象リンク情報の構成を例示する図である。

【図5】トランスポート制御サーバが保持するノード・ドメインマッピング情報の構成を例示する図である。

【図6】トランスポート制御サーバが保持する管理ドメイン情報の構成を例示する図である。

【図7】トランスポート制御サーバが保持するノード情報の構成を例示する図である。

【図8】トランスポート制御サーバが保持するノード接続情報の構成を例示する図である。

【図9】トランスポート制御サーバが保持する候補パス情報の構成を例示する図である。

【図10】トランスポート制御サーバが保持するパス要求の構成を例示する図である。

【図11】トランスポート制御サーバが保持するリンク情報の構成を例示する図である。

10

【図12】トランスポート制御サーバの初期化時における動作概要を例示するシーケンス図である。

【図13】パス設定時におけるトランスポート制御サーバの動作概要を例示するシーケンス図である。

【図14】ネットワークトポロジ変更時におけるトランスポート制御サーバの動作概要を例示するシーケンス図である。

【図15】経路リソース計算部がドメイン分割する際の動作概要を例示するチャート図である。

【図16】経路リソース計算部がパス選択する際の動作概要を例示するチャート図である。

20

【図17】経路リソース計算部がトポロジ更新する際の動作概要を例示するチャート図である。

【図18】実施形態が適用されるトランスポート制御サーバの管理端末の操作画面例を示す図である。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0045】

以下、図面を参照して実施の形態を詳細に説明する。

##### 【実施例1】

##### 【0046】

本実施形態においては、下位階層のパスを上位階層の抽象リンクと対応づけ、下位階層のパス属性を上位階層のリンク属性として管理する。

30

##### 【0047】

図1は、本実施形態におけるネットワークシステムの構成を示すブロック図である。

##### 【0048】

第1の実施形態のネットワークシステムは、トランスポート制御サーバ100、及び、ノード150（ノード150-1～150-n）を備える。第1のネットワークシステムに用いられるネットワークは、WAN、又は、インターネットなどの、複数のネットワーク装置を備えるネットワークである。また、本実施形態のネットワークは、仮想的に実装されたネットワークでもよい。

40

##### 【0049】

トランスポート制御サーバ100は、ネットワークを通過するトラフィックを制御するための計算機である。トランスポート制御サーバ100は、画面表示及びシステム操作の手段を、管理者等に提供する管理端末を備える。

##### 【0050】

トランスポート制御サーバ100は、複数のノード150に接続される。トランスポート制御サーバ100は、各ノード150を接続するパス（すなわち、通信経路）を設定する。パスを設定する技術には、例えば、MPLS（Multi-Protocol Label Switching）、MPLS-TP（MPLS Transport Profile）、PBB-TE（Provider Backbone Bridge Traffic Engineering）、OpenFlow、GMPLS（General

50

a 1 M P L S ) などがある。ノード 150 を接続するバスは、各ノード 150 が扱う V P N 、音声、又は、動画などのサービスに対応して設定される。

【 0 0 5 1 】

ノード 150 は、トランスポート制御サーバ 100 によって管理されるネットワーク装置である。ノード 150 は、トラフィックが通過するための経路を、M P L S 等によって選択する、ルータ又はスイッチ等のネットワーク装置である。また、本実施形態のノード 150 は、仮想的に実装されたスイッチ等でもよい。

【 0 0 5 2 】

図 2 は、本実施形態におけるバス計算する例を示す説明図である。

【 0 0 5 3 】

図 2 は、実際のネットワークを示す実ネットワーク 140 、実ネットワークを論理的に複数に分割した第 1 階層の計算ドメイン 141-1 , 141-2 、および第 1 階層の計算ドメインを抽象化させた第 2 階層の計算ドメイン 142-1 で構成される。

【 0 0 5 4 】

実ネットワーク 140 は、ノード 150-1 ~ ノード 150-8 、および前記ノード間を接続するリンク 180-1 ~ リンク 180-10 によって構成される。

【 0 0 5 5 】

第 1 階層は計算ドメイン 141-1 と 141-2 で構成される。計算ドメイン 141-1 はノード 550-1 ~ ノード 550-4 、およびリンク 580-1 ~ 580-4 で構成され、計算ドメイン 141-2 はノード 550-5 ~ ノード 550-8 、およびリンク 580-6 ~ リンク 580-9 で構成される。また、計算ドメイン 141-1 と計算ドメイン 141-2 をリンク 580-5 と 580-10 が接続する。第 1 階層の計算ドメイン 141 のノード 550 、およびリンク 580 は、それぞれ実ネットワーク 140 のノード 150 、およびリンク 180 に対応づけられる。

【 0 0 5 6 】

第 2 階層の計算ドメイン 142-1 は抽象ノード 650-1 、抽象ノード 650-3 、抽象ノード 650-4 、抽象ノード 650-5 、抽象ノード 650-8 、および抽象リンク 670-1 ~ リンク 670-5 で構成される。第 2 階層の計算ドメイン 142 における抽象ノード 650 は、第 1 階層のノード 550 のうち、計算ドメイン 141-1 と計算ドメイン 141-2 の境界ノード、または、後述するバス要求において、送信元ノード ID 、若しくは、送信先ノード ID となり得るノード（企業ユーザ拠点に繋がるノード、異なる通信事業者のネットワークと繋がるノードなど）に対応づけられる。

【 0 0 5 7 】

第 2 階層のリンク 680 は第 1 階層で算出されたバスに対応づけられる。例えば、リンク 680-1 はノード 550-1 とノード 550-3 を経由するバス、またはノード 550-1 とノード 550-2 とノード 550-4 とノード 550-3 を経由するバス、またはその両方に対応づけられる。

【 0 0 5 8 】

ここで、トランスポート制御サーバ 100 が、運用管理者からバス要求として、送信元がノード 150-1 で、送信先ノードがノード 150-8 を受け付けた場合、第 2 階層の 650-1 から 650-5 までのバスを第 2 階層の計算ドメイン 142-1 を元に経由する抽象ノード 650 として、例えば抽象ノード 650-1 、抽象ノード 650-2 、抽象ノード 650-4 、抽象ノード 650-5 を経由するバス、または抽象ノード 650-1 、抽象ノード 650-3 、抽象ノード 650-4 、抽象ノード 650-5 を経由するバス、またはその両方が計算する。トランスポート制御サーバ 100 が、経由する抽象リンク 680 と第 1 階層のバスを対応づけることによって、実ネットワークにおいて経由するノード 150 、およびリンク 180 を算出する。

【 0 0 5 9 】

上記において、第 1 階層で算出されたバスのコストとは別に、バス属性を第 2 階層の抽象リンク 680 のリンク属性として保持する。これによって、例えば、バス要求の条件と

10

20

30

40

50

して、通信データが送信元から送信先まで移動するのにかかる時間である遅延が遅延制約30ms以内、送信元から送信先まで確保する帯域である要求帯域が100Mbpsであることが含まれていた場合においても、第2階層においてパスを計算する際に適切なノード、抽象リンクを経由するパスを計算可能になる。

【0060】

図3は、本実施形態におけるトランスポート制御サーバ100の機能構成を示すプロック図である。

【0061】

トランスポート制御サーバ100は、通信IF210、データ記憶部211、及び、制御処理部200を備える。

10

【0062】

通信IF210は、直接あるいはEMS(Element Management System)を介して、ノード150にパスを設定、削除、又は変更する。また、通信IF210は、ノード150が保持する情報を送信する指示を含むメッセージを、ノード150に送信する。そして、情報を含むメッセージをノード150から受信する。

【0063】

データ記憶部211は、制御処理部200によって値を参照されたり、値を更新されたりする。データ記憶部211は、トランスポート制御サーバ100に備わる不揮発性の記憶装置等に構築される。データ記憶部211は、パス情報記憶部208、トポロジ情報記憶部209、及び、論理トポロジ情報記憶部212を備える。以下にデータ記憶部211が保持する情報を示す。

20

【0064】

パス情報記憶部208は、各ノードに設定されたパス、未設定の候補パスの情報を保持する記憶部である。パス情報記憶部208は後述する候補パス情報テーブル3300、パス要求情報テーブル3600を保持する。

【0065】

トポロジ情報記憶部209は、各ノード150が接続されるリンク及び他のノード150を示す情報を保持する記憶部である。トポロジ情報記憶部209は、後述するノード情報テーブル3400、ノード接続情報テーブル3500、管理ドメイン情報テーブル3700、リンク情報テーブル3900を保持する。

30

【0066】

論理トポロジ情報記憶部212は、ネットワーク140を論理的に複数に分割した第1階層の複数の計算ドメイン141、およびこれを抽象化した第2階層の計算ドメイン142に関する情報を保持する記憶部である。論理トポロジ情報記憶部212は、後述する抽象リンク情報テーブル3200、ノード・ドメインマッピング情報テーブル3100を保持する。

【0067】

制御処理部200は、データ記憶部211に保持される値を参照し、各トラフィックの帯域を算出し、算出された各トラフィックの帯域をノード150に指示する。制御処理部200は、パス設定部201、サービス受付部202、経路・リソース計算部204、及びメッセージ送受信部206の機能を含む。

40

【0068】

パス設定部201は、経路・リソース計算部204が計算した結果に基づいて、各ノード150にパスを設定するためにデータを生成する機能である。

【0069】

経路・リソース計算部204は、パス要求とトポロジ情報に基づいてパス、抽象リンクを算出し、算出されたパス情報を、データ記憶部211に格納するための機能である。

【0070】

サービス受付部202は、トランスポート制御サーバ100に接続される管理端末の操作画面等を介して、トラフィックの帯域を表示するための機能である。サービス受付部2

50

02は、パス設定部201によってパスを設定するためのデータが生成され、パスに関する情報を表示するよう、ネットワーク運用管理者によって要求された際に、パス、抽象リンクを表示してもよい。

【0071】

メッセージ送受信部206は、パス設定部201によって生成されたデータに基づいて、パスを設定、変更、又は、削除するためのメッセージを作成し、通信IF210を介してノード150に送信する。

【0072】

また、メッセージ送受信部206は、通信IF210がノード150の情報に関するメッセージを、ノード150から収集した際、収集されたメッセージを解釈し、経路・リソース計算部204に送信する。

10

【0073】

トランスポート制御サーバ100は、プロセッサ、通信装置、揮発性の記憶装置(DRAMなど)、及び、不揮発性の記憶装置(フラッシュメモリ、ハードディスクドライブなど)等を備える計算機を用いて実現可能である。

【0074】

すなわち、制御処理部200に含まれる機能は、トランスポート制御サーバ100に備わる不揮発性の記憶装置に保持されたプログラムが、プロセッサによって揮発性の記憶装置において実行されることによって、実現される。またこれらのプログラムは、あらかじめ不揮発性記憶装置に格納されていてもよいし、ネットワークを介してまたは可搬型記憶媒体を介して外部装置から導入されても良い。

20

【0075】

管理端末の操作画面例を、図18を用いて説明する。ネットワーク運用管理者がパス設定する際、計算ドメイン3141～3143が表示される。その際、計算ドメイン3141や3143に示す第2階層の計算ドメイン、および計算ドメイン3142に示す第1階層の計算ドメインの双方が表示される。これによって、ネットワーク運用管理者は一部の計算ドメインを操作画面上に詳細に参照することができる。これによって、ネットワーク運用管理者は、限られた操作画面サイズにおいて、詳細を参照する計算ドメインを見やすくなり、ネットワーク運用管理者の設定ミスの抑制効果、操作効率の向上の効果が得られる。

30

【0076】

また、ネットワーク運用管理者が抽象リンクを選択すると、抽象情報3020などが表示される。これによって、詳細に設定せずに自動的に計算する計算ドメイン3141や3143において、抽象リンクの情報を見て、パスを選択、または変更することが可能になる。なお、抽象リンク情報ではなく、抽象ノード情報が表示されてもよい。

【0077】

さらに、詳細計算ドメイン3142において選択可能なパスをパス情報3010として表示することによって、パス要求には存在しなかった情報も考慮して適切なパスを選択することができる。なお、これらの表示はデータ記憶部211が、後述する、候補パス情報テーブル3300、抽象リンク情報テーブル3200を保持することによって、実現可能となる。

40

【0078】

以下、本実施形態において、データ記憶部211が管理する情報について説明する。

【0079】

まず、論理トポロジ情報記憶部212が管理する、抽象リンク情報テーブル3200とノード・ドメインマッピング情報テーブル3100について説明する。

【0080】

図4は、抽象リンク情報テーブル3200を示す説明図である。

【0081】

抽象リンク情報テーブル3200は、計算ドメインID、抽象リンクID、UP側ノード

50

D I D、D O W N 側ノード I D、リンク属性、コスト、リンク内パス I D、リンク内ホップ数、冗長パス、伝送遅延、帯域、余剩帯域、収容率などを含む。

【0082】

計算ドメイン I D は第1階層の計算ドメイン 141 を示す識別子である。抽象リンク I D は第2階層の抽象リンク 680 を示す識別子である。U P 側ノード I D および D O W N 側ノード I D は抽象リンク 680 が接続するノード I D である。リンク属性は、抽象リンク 680 にマッピングされる、特徴が類似したパスをまとめたパス群を区別する識別子である。リンク内パス I D は抽象リンク 680 にマッピングされる第1階層のパスを識別する識別子である。

【0083】

リンク内ホップ数は前記第1階層のパスが経由する第1階層のノード 550 の数である。冗長パスは同じ抽象リンクであるパス内において、ノードディスジョイント、あるいはリンクディスジョイントなパスの識別子を示す。

【0084】

伝送遅延は前記パス内を通信データが移動するのに所要すると予測される最大遅延、あるいは平均遅延である。帯域は前記パスが経由するリンクの回線帯域の平均値、あるいは最低値である。余剩帯域は前記パスが経由するリンクの確保されていない帯域の平均値、あるいは最低値である。収容率は前記余剩帯域を前記帯域で割った算出した値である。抽象リンク情報テーブル 3200 の各値は図 12 のドメイン分割計算 1030、図 13 のパス計算 1130、図 14 のドメイン分割再計算 1330 によって計算される。

10

20

【0085】

ここで、抽象リンク情報として、リンク内ホップ数、伝送遅延、帯域、余剩帯域、収容率等の情報を保持することによって、前述の通りパス要求の条件を考慮して適切なパスを選択することが可能になる。また、リンク属性、またはリンク内パス I D を保持することによって、抽象リンクに複数のパスの情報を対応させることが可能になる。これによって、幅優先探索や深さ優先探索、C B F (C o n s t r a i n t B e l l m a n F o r d) 法、C P (C a n d i d a t e d P a t h) 法などによって複数の経路探索する際に、一つのリンクとしてパスを探索し、その後、リンク属性やコストに基づいてパスを選択でき、パスを探索する際の計算量を削減することが可能になる。

【0086】

なお、パス属性があまり類似しない候補パスを同じ抽象リンクとして対応づける場合は、パス属性が極めてよく類似する候補パスをリンク属性に対応づけた場合と比べて抽象リンク数が少なくなるためにパス計算量が削減される。しかし前者は後者に比べて抽象リンク属性は各値に幅を持つことになるため、適切な抽象リンクを選択できにくくなる結果、適切なパスを計算できない可能性がでてくる。そこで、リンク属性と候補パスのマッピングする数を変更する抽象度調整パラメータを保持することによって、複数の候補パスの間で類似の程度を調整することが可能になる。これによって、パス計算量と適切な抽象リンクを選択する可能性を調整することが可能になり、要求されるパス計算時間の範囲で出来る限り適切な抽象リンクを選択可能になる。

30

【0087】

上記、抽象度調整パラメータについて説明する。例えば、伝送遅延の観点で候補パスをまとめ、リンク属性と候補パスをマッピングする場合、同じリンク属性の候補パス（つまり、類似する候補パス）とは、例えば、リンク属性 1 を伝送遅延 0 ~ 15 m s、リンク属性 2 を 15 ~ 30 m s、リンク属性 3 を 30 m s 以上というように候補パスの伝送遅延の範囲によって規定される。

40

【0088】

ここで、抽象度調整パラメータは、前記伝送遅延の範囲の閾値（すなわち、上記の例における 0、15, 30）を示す。なお、抽象度調整パラメータは、事前に運用管理者によって規定されるものであり、上記の例に示した伝送遅延を含め、抽象リンク情報テーブル 3200 に記載のコスト、リンク内ホップ数、帯域、余剩帯域、収容率などのいずれか一

50

種類、または複数種類の組合せで構成される値である。

【0089】

また、ドメイン分割によるパス計算において、抽象リンク情報は計算ドメインIDに紐づけられて参照することが多いが、抽象リンク情報テーブルに計算ドメインIDを含めることによって、例えば、データ記憶部211がデータベースで構成される場合に計算ドメインID内に含まれる抽象リンクの抽象リンク情報を参照する際に、データベースアクセスの回数が少なくなり、パス計算の高速化の効果が得られる。

【0090】

さらに、冗長パスとして、複数のパスIDを保持することによって、第1の障害に対する予備パスに加えて、第2の障害、第3の障害が発生した際の第2の予備パス、第3の予備パスを少ない計算量で算出することが可能になる。その結果、大規模災害時などにおいて、素早い障害復旧が可能になる。

【0091】

図5は、ノード・ドメインマッピング情報テーブル3100を示す説明図である。

【0092】

ノード・ドメインマッピング情報テーブル3100は、上位計算ドメインID、計算ドメインID、ノードID、エッジフラグ、下位計算ドメインID、上位計算ドメインのノードID、下位計算ドメインのノードIDなどを含む。ノード・ドメインマッピング情報テーブル3100において、上位計算ドメインID、エッジフラグ、下位計算ドメインIDは図12のドメイン分割計算1030、図13のパス計算1130、図14のドメイン分割再計算1330によって計算され、その他はネットワークシステム構築時に保存される。

【0093】

上位計算ドメインIDは、より抽象度が高い計算ドメインの識別子を示す。例えば、ノードIDに示されるノードが第1階層に所属する場合、上位計算ドメインは第2階層、上位計算ドメインのノードIDは上位計算ドメインにおけるノードの識別子を示し、下位計算ドメインは実ネットワーク、下位計算ドメインのノードIDは実ネットワークにおけるノード識別子を示す。上位計算ドメインのノードID、および下位計算ドメインのノードIDはノードIDと同じであってもよい。

【0094】

エッジフラグはノードIDが当該計算ドメイン（ここでは141）の境界ノードか否かを示す。下位計算ドメインIDは、抽象化が1階層だけでなく、2階層以上で行われる場合に、より抽象度が低い計算ドメインの識別子を示す。用いられる。すなわち、ノードIDに示されるノードが第2階層を抽象化した第3階層に所属する場合、下位計算ドメインは第2階層を示す。

【0095】

これによって、多段階に分けて計算ドメインを分割して階層管理できるため、管理する階層を増やすことによって、ノード数増加に伴うネットワークの大規模化に対して、パス計算量の増大を抑制することが可能になる。

【0096】

次に、トポロジ情報記憶部209が管理する、管理ドメイン情報テーブル3700、ノード情報テーブル3400、ノード接続情報テーブル3500について説明する。

【0097】

図6は、管理ドメイン情報テーブル3700を示す説明図である。

【0098】

管理ドメイン情報テーブル3700は、管理ドメインIDおよびノードIDなどを含む。本テーブルはネットワークの障害監視などのOAM（Operation Administration and Management）などを行うためにネットワークを論理的に複数に分割した管理ドメインの情報である。管理ドメイン情報テーブル3700の各値はネットワークシステム構築時に保存される。

10

20

30

40

50

## 【0099】

このテーブルを活用することによって、管理ドメインを参照して、計算ドメインを決定することが可能になる。管理ドメインと計算ドメインを一致または類似させることによって、計算ドメインを分割する手順を省略することが可能になる。また、ネットワーク運用管理者は管理ドメインと計算ドメインが一致または類似していることによって、容易に計算ドメインを把握でき、設定に所要する時間を削減、設定ミスを削減する効果が得られる。

## 【0100】

図7は、ノード情報テーブル3400を示す説明図である。

## 【0101】

ノード情報テーブル3400は、計算ドメインID、ノードID、入力IF、出力IF、転送遅延、帯域、使用帯域、収容率などを含む。入力IF、出力IFはノードのポートなどのインターフェースの識別子を示す。転送遅延はノード内におけるパケット処理に要する平均時間、または最大時間を示す。帯域、使用帯域は、それぞれノード内のスイッチング処理などの処理能力における最大帯域と使用可能な帯域を示す。収容率は使用率を最大帯域で割って算出する値である。ノード情報テーブル3400において、計算ドメインIDは図12のドメイン分割計算1030、図14のドメイン分割再計算1330によって計算され、その他の値はネットワークシステム構築時に保存される。

## 【0102】

ドメイン分割によるパス計算において、ノード情報は計算ドメインIDに紐づけられて参照することが多いが、ノード情報に計算ドメインIDを含めることによって、例えば、データ記憶部211がデータベースで構成される場合に計算ドメインID内に含まれるノードのノード情報を参照する際に、データベースアクセスの回数が少なくなり、パス計算の高速化の効果が得られる。

## 【0103】

なお、ノード情報は物理的なノード単位ではなく、一つのノードを論理的に複数に分割した仮想ノードであっても、複数のノードを論理的に一つに結合した仮想ノードであってもよい。そのため、本実施形態は、新世代ネットワークで検討されているネットワーク仮想化ノードにも適用可能である。

## 【0104】

図8は、ノード接続情報テーブル3500を示す説明図である。ノード接続情報テーブル3500は、計算ドメインID、ノードID、エッジフラグ、ポートID、接続リンクID、隣接ノードID接続ノードポートIDなどを含む。エッジフラグはノードが、当該計算ドメイン（ここでは142）の境界ノードであるか否かを示す識別子である。ポートID、接続リンクIDはそれぞれ隣接するノードに接続するポートの識別子、およびリンクの識別子であり、隣接ノードID、隣接ノードのポートIDはそれぞれ、隣接するノードの識別子、および隣接ノードが接続リンクに接続するポートの識別子である。ノード接続情報テーブル3500において、計算ドメインIDは図12のドメイン分割計算1030、図13のパス計算1130、図14のドメイン分割再計算1330によって計算され、その他の値はネットワークシステム構築時に保存される。

## 【0105】

ノード接続情報3500は計算ドメイン内のノード、リンクの接続情報として定義することによって、計算ドメイン内におけるパス計算に、従来の計算ドメインを分割しないパス計算方法を適用することが可能になる。

## 【0106】

なお、ノード接続情報は物理的なノードやリンク単位ではなく、論理的なノードやリンク単位であってもよい。そのため、本実施形態は、オーバーレイネットワークや、マルチレイヤネットワーク、新世代ネットワークで検討されているネットワーク仮想化にも適用可能である。

## 【0107】

10

20

30

40

50

図11は、トポロジ情報記憶部209が管理するリンク情報テーブル3900を示す説明図である。リンク情報テーブル3900は、計算ドメインID、リンクID、UP側ノードID、DOWN側ノードID、伝送遅延、帯域、余剩帯域、収容率などを含む。リンク情報テーブル3900の計算ドメインIDは図12のドメイン分割計算1030、図14のドメイン分割再計算1330によって計算され、その他はネットワークシステム構築時に保存される。

#### 【0108】

ドメイン分割によるパス計算において、リンク情報は計算ドメインIDに紐づけられて参照することが多いが、リンク情報に計算ドメインIDを含めることによって、例えば、データ記憶部211がデータベースで構成される場合に計算ドメインID内に含まれるリンクのリンク情報を参照する際に、データベースアクセスの回数が少くなり、パス計算の高速化の効果が得られる。

#### 【0109】

なお、リンク情報は物理的なリンク単位ではなく、一つのリンクを論理的に複数に分割した仮想リンクであっても、複数のリンクを論理的に一つに結合した仮想リンクであってもよい。そのため、本実施形態は、新世代ネットワークで検討されているネットワーク仮想化にも適用可能である。

#### 【0110】

次に、パス情報記憶部208が管理する、候補パス情報テーブル3300、パス要求情報テーブル3600について説明する。

#### 【0111】

図9は、候補パス情報テーブル3300を示す説明図である。候補パス情報テーブル3300は、第2階層の抽象リンクにマッピングされる第1階層の一つ以上のパスに係る情報、すなわち、計算ドメインID、パスID、ノード属性、コスト、遅延、リンク属性、コスト、遅延、冗長パス、ホップ数、最低回線帯域、余剩帯域、収容率、経由ノードID、経由リンクIDなどを示す。候補パス情報テーブル3300の各値は図12のドメイン分割計算1030、図13のパス計算1130、または、図14のドメイン分割再計算1330によって計算される。

#### 【0112】

抽象リンクとして採用されないパス情報も候補パスとして保持することによって、例えば、ネットワーク障害や大規模災害が発生し、既設の現用パスや予備パス、および上位階層の抽象リンクが使用できない場合に、パスを再探索することなく、候補パスから新たな抽象リンクを生成することができ、障害復旧時間を短縮でき、またパス計算サーバの負荷を軽減することが可能になる。

#### 【0113】

また、ドメイン分割によるパス計算において、候補パス情報は計算ドメインIDに紐づけられて参照することが多いが、候補パス情報に計算ドメインIDを含めることによって、例えば、データ記憶部211がデータベースで構成される場合に計算ドメインID内に含まれる候補パスの候補パス情報を参照する際に、データベースアクセスの回数が少くなり、パス計算の高速化の効果が得られる。

#### 【0114】

図10は、パス要求情報テーブル3600を示す説明図である。パス要求情報テーブル3600は、パス要求ID、送信元ノードID、送信先ノードID、指定/非指定ノードID、経由/非経由ノードID、詳細指定ドメインID、優先度、遅延制約、要求帯域、予備パスの有無、ジッター、パケットロス率、予備パス帯域確保方法、方向性、候補パス、パスの選択などを含む。パス要求情報テーブル3600の各値はパス設定時にネットワーク運用管理者によって操作画面などを通じて入力される。

#### 【0115】

詳細指定ドメインIDによって、ネットワーク運用管理者は操作画面上に詳細に参照する計算ドメインを指定することができ、詳細に表示する計算ドメインを第1階層で表示し

10

20

30

40

50

、その他の計算ドメインを第2階層で表示することが可能になる。これによって、ネットワーク運用管理者は、限られた操作画面サイズにおいて、詳細を参照する計算ドメインを見やすくなり、ネットワーク運用管理者の設定ミスの抑制効果、操作効率の向上の効果が得られる。

【0116】

図12は、本実施形態における論理的に複数の計算ドメインに分割する処理を示すシーケンス図である。

【0117】

シーケンス1000において、ネットワーク運用管理者は、操作画面などを通じてトランスポート制御サーバにドメイン分割計算を要求する。ドメイン分割計算は、トランスポート制御サーバの初期起動時、ノードやリンクの追加や削除や設定変更時、ネットワーク障害発生時などがある。

【0118】

シーケンス1010において、サービス受付部202は、経路・リソース計算部201に、ドメイン分割要求を送信する。

【0119】

シーケンス1020において、経路リソース計算部204は、データ記憶部211のノード接続情報3500を参照する。また、管理ドメイン情報を活用して計算ドメインを計算する場合には、更に、管理ドメイン情報3700を参照する。

【0120】

シーケンス1030において、経路・リソース計算部204はドメイン分割計算を行い、抽象リンク情報3200、ノード・ドメインマッピング情報3100、候補パス情報3300、ノード情報3400に算出結果を加える。

【0121】

シーケンス1030における処理の詳細を、図15を用いて説明する。

【0122】

図15は、本実施形態において、ドメイン分割計算する処理を示すフローチャートである。

【0123】

ステップ2110において、経路・リソース計算部204は管理ドメイン情報テーブル3700の管理ドメインIDとノードIDを把握し、前記管理ドメインIDの値を、ノード情報テーブル3400の計算ドメインIDの欄に保存することによって、上位階層の計算ドメインを生成する。

【0124】

同様にして、ノード接続情報テーブル3500の計算ドメインIDの欄にも保存する。また、同様にして、管理ドメインID、ノードIDを、ノード・ドメインマッピング情報の上位計算ドメインID、ノードIDに保存し、エッジフラグにNOを保存する。

【0125】

また、ノード接続情報テーブル3500において、計算ドメインIDが同じで、かつ隣接ノードIDに互いのノードIDが含まれる行の、リンクIDと計算ドメインIDをすべて把握する。そして、前記管理ドメインIDの値を、リンク情報テーブル3900のリンクIDが把握したリンクIDと同じ行の計算ドメインIDの欄に保存する。

【0126】

さらに、ノード接続情報テーブル3500において、計算ドメインIDが異なり、かつ隣接ノードIDに互いのノードIDが含まれる行の、計算ドメインID、接続リンクID、ノードID、接続ノードIDをすべて把握し、抽象リンク情報3200の計算ドメインID、抽象リンクID、UP側ノードID、DOWN側ノードIDにそれぞれ保存する。また、同様にして、前記計算ドメインID、ノードIDを、ノード・ドメインマッピング情報テーブル3100の計算ドメインID、ノードIDに保存し、エッジフラグにYESを保存する。

10

20

30

40

50

## 【0127】

なお、管理ドメイン情報を用いる代わりに、ネットワーク運用管理者がトランスポート制御サーバ100の操作画面上を通じて各値を入力し、経路・リソース計算部204がそれらの値を保存してもよい。

## 【0128】

あるいは、経路・リソース計算部204は、管理ドメイン情報を用いる代わりに、ドメイン分割アルゴリズムに基づいて計算した結果を保存してもよい。ドメイン分割アルゴリズムの例としては、SNS (SOCIAL NETWORK SYSTEM)などのコミュニティ分析に用いられている、NEWMANアルゴリズムに代表されるグラフクラスタリングのアルゴリズムなどを活用できる。これらのアルゴリズムを活用して計算すると、計算ドメインの境界ノードが少なくなるように計算ドメインが計算されるため、第2階層のノード数が少なくなり、第2階層におけるパス計算量を削減することができる。

10

## 【0129】

ステップ2120において、経路・リソース計算部204は、生成した上位階層のドメインそれぞれに対して、さらに分割して階層管理するかを、計算ドメイン内のノード数やリンク数と予め設定された閾値を比べて判断する。更に分割すると判断した場合、ノード・ドメインマッピング情報テーブル3100に、新規の行を更に分割する計算ドメインIDに属するノードID分だけ生成し、前記計算ドメインIDを、下位計算ドメインIDに保存し、ステップ2110に進む。ステップ2110に進む場合、ノード・ドメインマッピング情報3100を更新する際に、本ステップで新規に追加した行に追記する。これ以上分割しないと判断した場合、ステップ2130に進む。

20

## 【0130】

ステップ2130において、経路・リソース計算部204は、抽象リンク属性を事前に計算するかを、事前にネットワーク運用管理者に指定された値を元に判断する。事前に計算しない場合、処理を終了する。事前に計算する場合は、ステップ2140に進む。

## 【0131】

事前に抽象リンク属性を計算して、保持することによって、同じ抽象リンクを経由するパスをパス設定する度に計算する必要がなくなり、トランスポート制御サーバ100は、パス要求を受けた際に速やかにパスを計算することが可能になる。例えば、特に大量のパスが使えなくなる大規模障害や大規模災害の際に、トランスポート制御サーバ100は他の抽象リンクを使える場合には、既に計算されたリンク属性に基づいてパスを計算することができる。そのため、複数のパスを計算するのにかかる時間が大幅に削減され、短い通信断時間で復旧することが可能になる。

30

## 【0132】

ステップ2140において、経路・リソース計算部204は、各ドメインにおける全エンジニアード間において、複数のパスを計算し、パス情報を保存する。具体的には、抽象リンク情報テーブル3200の計算ドメインIDと抽象リンクID、およびUP側ノードIDとDOWN側ノードIDを把握し、計算ドメインIDがノード接続情報3500のそれと同じ行を参照して、UP側ノードIDとDOWN側ノードIDを端点とするパスを計算する。

40

## 【0133】

パスの計算方法は、例えば、幅優先探索によって複数のパスが計算され、算出結果を候補パス情報3300のパスID、コスト、遅延、冗長パス、ホップ数、最低回線帯域、余剰帯域、収容率、経由ノードID、経由リンクIDに保存する。以下、算出したパスを候補パスと呼ぶ。

## 【0134】

なお幅優先探索で計算する際にパスが経由するノードやリンクの合計遅延、あるいは経由するノード数がある制約値に達した探索中のパスの計算を中止することによって、算出するパス数を制限して計算してもよい。これによってパス計算量、および候補パスとして保持する情報量を削減することができる。

50

## 【0135】

ステップ2150において、経路・リソース計算部204は、ステップ2140において保存した候補パスを候補パス情報テーブル3300のコスト、遅延、冗長パスの数、ホップ数、最低回線帯域、余剰帯域、収容率のいずれか一つ以上の大きさによって並び替え、各値で並び替えられた状態で、予め規定された上位数本のパスの情報の各項目、すなわち、パスID、コスト、ホップ数、冗長パス、遅延、最低回線帯域、余剰帯域収容率などを、抽象リンク情報テーブル3200の本ステップで先に参照した行の、対応する各項目、すなわち、リンク内パスID、コスト、リンク内ホップ数、冗長パス、伝送遅延、帯域、余剰帯域、収容率などに保存する（パスIDはリンク内パスIDに対応する）。さらに、候補パス情報テーブル3300のリンク属性と抽象リンク情報テーブル3200のリンク属性に同じ値を保存する。予め規定された上位数本のパスとして選択されなかったパスは、パスの端点が候補パス情報テーブル3300のUP側ノードID、DOWN側ノードIDである行のリンク属性に抽象リンクIDを保存する。10

## 【0136】

これによって、候補パスと抽象リンクを対応づけることが可能になる。また、候補パス情報のうち、コスト、遅延、ホップ数、最低回線帯域、余剰帯域、収容率のそれぞれにおいて上位数本の候補パスをリンク属性として保持することによって、経路・リソース計算部204は、パス要求情報テーブル3600に示す遅延制約や要求帯域、予備パスの有無などの様々な要求条件に対して、要求条件を満たす適切なリンク属性を持つ抽象リンクを選択することが可能になる。20

## 【0137】

また、経路探索に基づいて抽象リンクを計算するため、ネットワーク運用管理者がパスを設定する際に送信元ノードIDや送信先ノードIDとして指定する可能性があるノードはパスの端点となるために、第2階層においてノードとして残るため、パス設定時に第1階層を参照することなく、第2階層でパスの端点となるノードを把握することが可能になる。

## 【0138】

以上が、シーケンス1030の詳細な説明である。以下、図12の説明に戻る。

## 【0139】

シーケンス1040において、経路・リソース計算部204は、抽象リンク情報テーブル3200、ノード・ドメインマッピング情報テーブル3100、ノード情報テーブル3400、ノード接続情報テーブル3500、候補パス情報3300を、データ記憶部211に保存する。30

## 【0140】

シーケンス1350において、経路・リソース計算部204は、計算終了通知をサービス受付部202に送信する。

## 【0141】

シーケンス1360において、サービス受付部202はトランスポート制御サーバ100の操作画面を通してネットワーク運用管理者にネットワーク更新完了通知を通知する。

## 【0142】

図13は、本実施形態におけるパスを設定する処理を示すシーケンス図である。

## 【0143】

シーケンス1100において、ネットワーク運用管理者が、トランスポート制御サーバ100の操作画面を通じて、サービス受付部にパス要求1100を渡す。パス要求の内容は、例えば、パス要求情報テーブル3600である。

## 【0144】

シーケンス1110において、サービス受付部202はパス設定部201に、シーケンス1100において受け取った情報であるパス条件1110を渡す。

## 【0145】

シーケンス1120において、経路・リソース計算部204は、データ記憶部211を

50

参照して、抽象リンク情報テーブル3200、ノード・ドメインマッピング情報テーブル3100、ノード情報テーブル3400、ノード接続情報テーブル3500、候補パス情報テーブル3300を把握する。

【0146】

シーケンス1130において、経路・リソース計算部はパス計算を行う。シーケンス1130における処理の詳細を、図16を用いて説明する。

【0147】

図16は、本実施形態において、パス計算する処理を示すフローチャートである。

【0148】

ステップ2200において、経路・リソース計算部204は、パス要求に基づいて、最上階層のドメインを選択する。具体的には、パス要求情報テーブル3600の送信元ノードIDと送信先ノードIDを把握し、ノード・ドメインマッピング情報テーブル3100のノードIDと上位計算ドメインのノードIDを参照して、それぞれが所属する計算ドメインを、ノード・ドメインマッピング情報3100の上位計算ドメインIDから選択する。複数の上位計算ドメインIDが選択された場合には、最下位の階層である上位計算ドメインIDを選択する。

10

【0149】

これによって、パス計算する領域を限定することができ、パス計算量を削減することができる。

【0150】

20

ステップ2210において、経路・リソース計算部204は、ノード・リンク属性の有無を判断する。具体的には、抽象リンク情報テーブル3200において、計算ドメインID、UP側ノードID、DOWN側ノードIDが、ステップ2200において選択した上位計算ドメインID、パス要求情報テーブル3600の送信元ノードID、送信先ノードIDである行のリンク属性に値が保存されているか否かを確認する。保存されている場合(ありの場合)には、ステップ2260に進む。保存されていない場合(なしの場合)には、ステップ2220に進む。

【0151】

ステップ2220において、経路・リソース計算部204は、パスの端点がパス要求情報テーブル3600の送信元ノードID、送信先ノードIDである複数のパスを、例えば、幅優先探索によって計算し、パスが経由する経由ノード・経由リンクを把握する。

30

【0152】

関連するノードとリンクを抽出することによって、計算する下位計算ドメインのリンク属性を限定することができ、パス計算量を削減することができる。

【0153】

ステップ2230において、経路・リソース計算部204は、ノード・ドメインマッピング情報テーブル3100を参照して、前ステップ(ステップ2220またはステップ2240)において把握したノードIDが属する下位計算ドメインIDを把握する。そして、抽象リンク情報3200を参照して、把握した下位計算ドメインIDに属する抽象リンクIDのリンク属性が既に保存されているか否かを判断することによって、前記下位計算ドメインIDに属する抽象リンクのリンク属性の有無を判断する。前記リンク属性が既に保存されている場合はステップ2250に進む。前記リンク属性が保存されていない場合には、ステップ2240に進む。

40

【0154】

ステップ2240において、経路・リソース計算部204は、ノード・ドメインマッピング情報テーブル3100を参照して、ステップ3200で参照したノードID・抽象リンクIDの下位計算ドメインを把握する。把握したドメインにおいて、端点が抽象リンク情報テーブル3200のUP側ノードIDとDOWN側ノードIDである複数のパスを、例えば、幅優先探索によって計算し、パスが経由する経由ノード・経由リンクを把握する。そして、ステップ2230に進む。

50

## 【0155】

ステップ2250において、経路・リソース計算部204は、例えば、幅優先探索によって複数のパスが計算し、算出結果を候補パス情報3300のパスID、コスト、遅延、冗長パス、ホップ数、最低回線帯域、余剩帯域、収容率、経由ノードID、経由リンクIDに保存する。

## 【0156】

さらに、保存した候補パスを候補パス情報テーブル3300のコスト、遅延、冗長パスの数、ホップ数、最低回線帯域、余剩帯域、収容率のそれぞれの大きさによって並び替え、各値で並び替えられた状態で、予め規定された上位数本のパスのパスID、コスト、ホップ数、冗長パス、遅延、最低回線帯域、余剩帯域収容率を、抽象リンク情報テーブル3200の本ステップで先に参照した行のリンク内パスID、コスト、リンク内ホップ数、冗長パス、伝送遅延、帯域、余剩帯域、収容率に保存し、候補パス情報テーブル3300のリンク属性と抽象リンク情報テーブル3200のリンク属性に同じ値を保存する。そして、ステップ2210に進む。

## 【0157】

ステップ2250において、算出した上位数本のパスを候補パス、抽象リンク属性として保存しておくことによって、同じ抽象リンクを経由するパスを再度計算する際に同じ計算を行うことなくパスを計算することが可能になる。なお、図15のステップ2140、2150において上位数本のパスを保存した場合も同様の効果が得られる。

## 【0158】

ステップ2210において、ありの場合、ステップ2260において、経路・リソース計算部204は、抽象リンク情報テーブル3200を参照して、UP側ノードID、DOWN側ノードIDが、パス要求情報テーブル3600の送信元ノードID、送信先ノードIDであるリンク属性が保存されているか否かを確認し、ある場合には同行の抽象リンクID、リンク属性、コスト、リンク内ホップ数、冗長パス、伝送遅延、余剩帯域、余剩帯域、収容率を把握する。

## 【0159】

保存されていない場合には、パスの端点がパス要求情報テーブル3600の送信元ノードID、送信先ノードIDである複数のパスを、例えば、幅優先探索によって計算する。そして、算出結果を候補パス情報3300のパスID、コスト、遅延、冗長パス、ホップ数、最低回線帯域、余剩帯域、収容率、経由ノードID、経由リンクIDに保存する。

## 【0160】

ステップ2270において、経路・リソース計算部204は、ステップ2260において計算したパスのうち、パス要求情報テーブル3600の条件に合うパスを、複数ある場合には複数抽出する。条件に合うパスがある場合、処理を終了する。条件に合うパスがない場合には、ステップ2280に進む。

## 【0161】

ステップ2280において、経路・リソース計算部204は、各抽象リンクのリンク属性が抽象リンクIDである候補パス情報を前記抽象リンク情報と併せてリンクとしてみなし、パスを計算する。パスの計算方法はステップ2260と同じである。

## 【0162】

ステップ2290において、経路・リソース計算部204は、ステップ2280で計算されたパスがパス要求を満たすか、ステップ2270と同様にして、判断する。パス要求を満たすパスが存在しない場合には、パス計算失敗とする。以上で、処理を終了する。

## 【0163】

以上が、シーケンス1130の詳細な説明である。以下、図13の説明に戻る。

## 【0164】

ステップ1140において、経路・リソース計算部204は、データ記憶部211に算出結果を保存する。なお、図16で示したように、計算途中でデータ記憶部211に計算結果を保存してもよい。

10

20

30

40

50

**【 0 1 6 5 】**

シーケンス 1150において、経路・リソース計算部 204はシーケンス 1130で計算した候補パスをサービス受付部 202に渡す。

**【 0 1 6 6 】**

シーケンス 1160において、サービス受付部 202はトランスポート制御サーバ 100の操作画面等を通じて、ネットワーク運用管理者に計算結果を通知する。

**【 0 1 6 7 】**

シーケンス 1170において、ネットワーク運用管理者はトランスポート制御サーバ 100の操作画面等を通じて、算出された候補パスの中から設定するパスを選択する。その際、操作画面には、第1階層で表示される計算ドメインと第2階層で表示される計算ドメインが混在させて表示される。10

**【 0 1 6 8 】**

これによって、ネットワーク運用管理者は、パスを設定する際、または参照する際に、詳細に参照する計算ドメインを第1階層で表示し、その他の計算ドメインを第2階層で表示させることが可能になる。その結果、ネットワーク運用管理者は、限られた操作画面サイズにおいて、詳細を参照する計算ドメインを見やすくなり、ネットワーク運用管理者の設定ミスの抑制効果、操作効率の向上の効果が得られる。

**【 0 1 6 9 】**

シーケンス 1180において、ネットワーク運用管理者は、トランスポート制御サーバ 100の操作画面などを通じて、サービス受付部 202にパス設定を通知する。20

**【 0 1 7 0 】**

シーケンス 1190において、サービス受付部 202は、経路・リソース計算部 204に、シーケンス 1180で受け取った選択パス情報を渡す。

**【 0 1 7 1 】**

シーケンス 1200において、経路・リソース計算部 204は選択パス情報をデータ記憶部 211に保存する。

**【 0 1 7 2 】**

シーケンス 1210において、経路・リソース計算部 204は、パス設定部 201にパス設定要求を渡す。

**【 0 1 7 3 】**

シーケンス 1220において、パス設定部 201はパス設定情報を生成して、メッセージ送受信部 206にパス設定を渡す。30

**【 0 1 7 4 】**

シーケンス 1230において、メッセージ送受信部 206は、ノード 150にパス設定を行う。その際、EMS (ELEMENT MANAGEMENT SYSTEM) を通して設定してもよい。

**【 0 1 7 5 】**

シーケンス 1240において、ノード 150がメッセージ送受信部 206に設定完了通知を渡す。

**【 0 1 7 6 】**

シーケンス 1250において、メッセージ送受信部 206は、設定完了通知をサービス受付部 202に渡す。40

**【 0 1 7 7 】**

シーケンス 1260において、サービス受付部 202はトランスポート制御サーバ 100の操作画面等を通じて、設定完了したことを通知する。

**【 0 1 7 8 】**

図 14 は、本実施形態におけるネットワークトポロジを変更する際に行う処理を示すシーケンス図である。

**【 0 1 7 9 】**

シーケンス 1300において、ネットワーク運用管理者が、トランスポート制御サーバ50

100の操作画面を通じて、サービス受付部にネットワーク更新1300を渡す。ドメイン更新要求には、更新ノード接続情報、更新リンク情報ル、更新ノード情報が含まれる。更新ノード接続情報、更新リンク情報、更新ノード情報の項目は、それぞれ、ノード接続情報テーブル3500、リンク情報テーブル3900、ノード情報テーブル3400の項目と同じであり、値として更新された情報が含まれている。

【0180】

シーケンス1310において、サービス受付部202は、経路・リソース計算部204に、シーケンス1300において受け取った情報であるドメイン更新要求を渡す。

【0181】

経路・リソース計算部204は、ネットワーク運用管理者ではなく、メッセージ送受信部206がノード150から収集して生成した更新ノード接続情報、更新リンク情報、更新ノード情報を受け取ってもよい。

【0182】

シーケンス1320において、経路・リソース計算部204は、データ記憶部211を参照して、抽象リンク情報テーブル3200、ノード・ドメインマッピング情報テーブル3100、ノード情報テーブル3400、ノード接続情報テーブル3500、候補パス情報テーブル3300を把握する。

【0183】

シーケンス1130において、経路・リソース計算部204はドメイン分割再計算を行う。シーケンス1130における処理の詳細を、図17を用いて説明する。

【0184】

図17は、本実施形態において、ドメイン分割再計算する処理を示すフローチャートである。

【0185】

ステップ2400において、経路・リソース計算部204は、更新ノード接続情報、更新リンク情報、更新ノード情報と、ノード接続情報テーブル3500、リンク情報テーブル3900、ノード情報テーブル3400の内容を比較し、異なる内容が含まれる計算ドメインIDを選択する。

【0186】

ステップ2410において、経路・リソース計算部204は、計算ドメイン内のパスを再計算し、パス情報に保存し、上位階層抽象リンク属性に保存する。ドメイン内のパスの計算方法は、図15のステップ2120～2160と同じである。

【0187】

ステップ2420において、経路・リソース計算部204は、上位階層の抽象リンク属性に更新情報があるか判断する。更新する情報がある場合には、ステップ2410に進む。更新する情報がない場合には処理を終了する。

【0188】

以上が、シーケンス1330の詳細な説明である。以下、図14の説明に戻る。

【0189】

シーケンス1340において、シーケンス1330において算出した結果をデータ記憶部211に保存する。

【0190】

シーケンス1350において、経路・リソース計算部204は、計算終了通知をサービス受付部202に渡す。

【0191】

シーケンス1360において、サービス受付部202はトランスポート制御サーバ100の操作画面等を通じて、ネットワーク運用管理者に更新完了通知をする。

【0192】

なお、上記実施形態においては、下位階層のパスを上位階層の抽象リンクと対応づけ、下位階層のパス属性を上位階層のリンク属性として管理したが、下位階層の一部、または

10

20

30

40

50

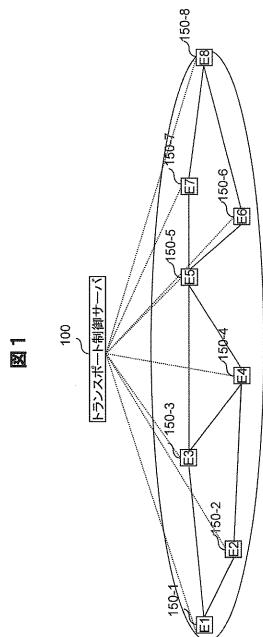
全ての計算ドメインを上位階層の一つの抽象ノードと見なし、下位階層のパス属性を上位階層のノード属性として管理してもよい。

【符号の説明】

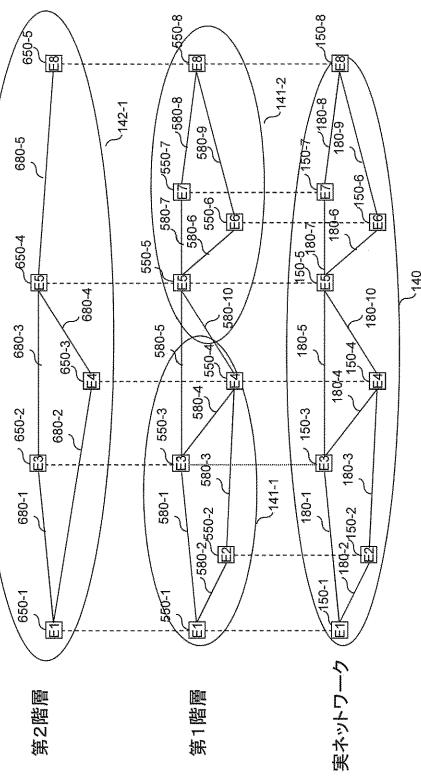
【0193】

100	トランスポート制御サーバ	
140	管理対象のネットワーク	
141、141-1、141-2	第1階層計算ドメイン	
143	第2階層計算ドメイン	
150、150-1～150-8	ノード	10
160、160-1～160-2	抽象ノード	
170、170-1～170-5	抽象リンク	
180、180-1～180-10	リンク	
550、550-1～550-8	第1階層のノード	
560、580-1～580-10	第1階層のリンク	
650、650-1～650-5	第2階層の抽象ノード	
660、680-1～680-5	第2階層の抽象リンク	
780、780-1～780-2	第2階層のリンク	
3141、3142、3143	管理端末画面における計算ドメイン	
3010	管理端末画面におけるパス情報	
3020	管理端末画面における抽象リンク情報	20
200	制御処理部	
201	パス設定部	
204	経路・リソース計算部	
202	サービス受付部	
206	メッセージ送受信部	
210	通信インターフェース	
211	データ記憶部	
208	パス情報記憶部	
209	トポロジ情報記憶部	
212	論理トポロジ情報記憶部	30
213	帯域情報記憶部	

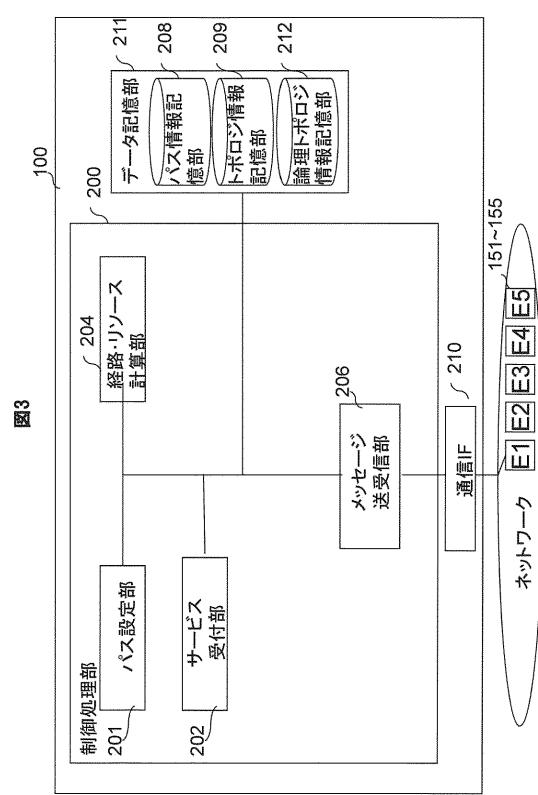
【 四 1 】



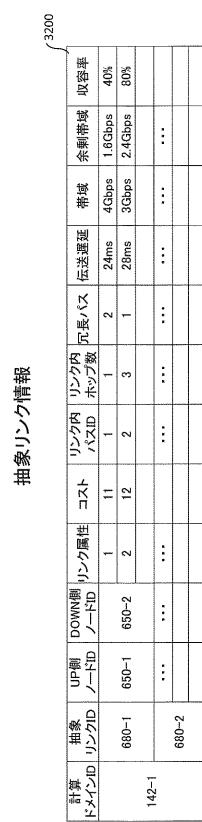
【 四 2 】



【 义 3 】



【 义 4 】



【 図 5 】

上位計算 ドメインID		下位計算 ドメインID		下位計算 ドメインID		下位計算 ドメインID		下位計算 ドメインID	
141-1	550-1	Yes	140	650-1	150-1	141-1	550-2	No	140
142-1	550-3	Yes	140	650-3	150-3	142-1	550-4	Yes	140
	550-5	Yes	140	650-4	150-4		550-6	No	140
	141-2	... ... ... ...	... ... ... ...	150-5	150-6			...	...

【 図 6 】

图6

## 管理ドメイン情報

管理ドメインID	ノードID
1	550-1
	550-2
	550-3
2	550-4
...	...

【 四 8 】

88

一ト接続情報

【圖 7】

二十一

1-1-1

【 四 9 】

卷之三

卷之三

計算 ツール										3300			
ツールID		バスID	抽象 リソリD	リンク属性	コスト	遅延	冗長バス	ホップ数	最低 回線帯域	余剰帯域	收容率	経由 ノードID	経由 リンクID
141-1	1	680-1	1	11	24ms	2	1	4Gbps	1.6Gbps	40%	550-1	550-1	
	2	680-1	2	12	28ms	1	3	3Gbps	2.4Gbps	80%	550-2	550-2	

【図10】

図10

バス要求

バス要求ID	1
送信元ノードID	150-1
送信先ノードID	150-8
指定/非指定ノードID	150-4 / -
経由/非経由ドメインID	150-7 / -
詳細指定ドメインID	141-2
優先度	優先
遅延制約	30ms
要求帯域	100Mbps
予備バスの有無	有り
ジッター	3ms
パケットロス率	0.01%
予備バス帯域確保方法	1:01
方向性	双方向
候補バス	候補あり
バスの選択	選択なし

【図11】

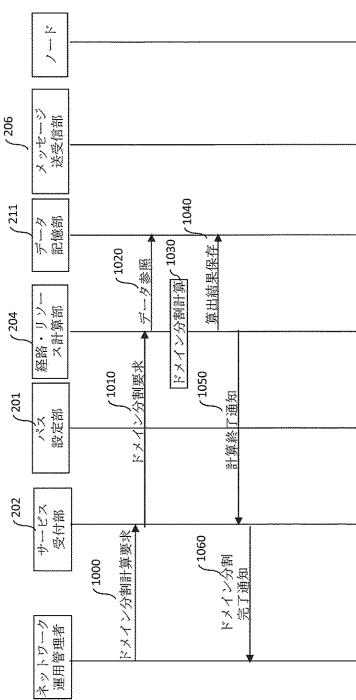
図11

リンク情報

計算ドメインID	リンクID	UP側ノードID	DOWN側ノードID	伝送帯域	余剰帯域	收容率
550-1	550-2	8ms	46Mbps	1.6Mbps	60%	
550-2	550-3	9ms	3Mbps	2.4Mbps	20%	
550-3	550-1	...	...	...	...	...
550-4	550-2	...	...	...	...	...
580-1	580-2	...	...	...	...	...
141-1	141-2	...	...	...	...	...
580-2	580-1	...	...	...	...	...
141-2	141-1	...	...	...	...	...

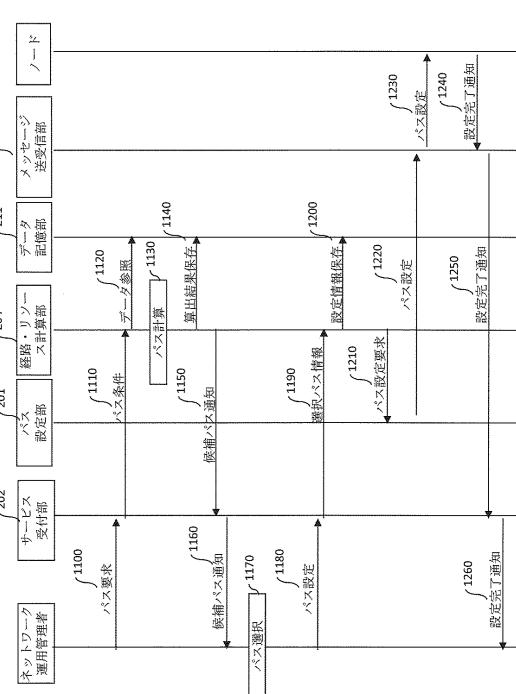
【図12】

図12

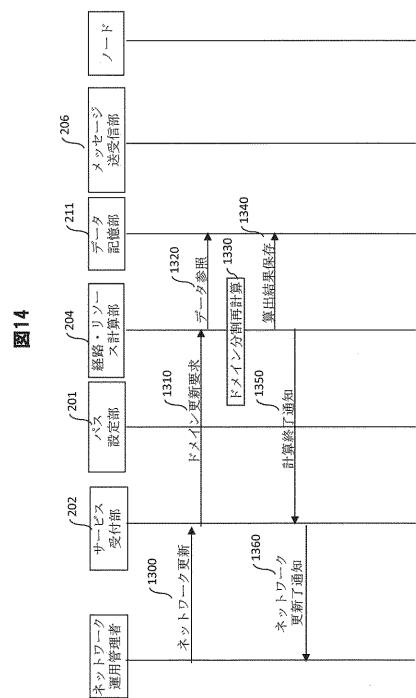


【図13】

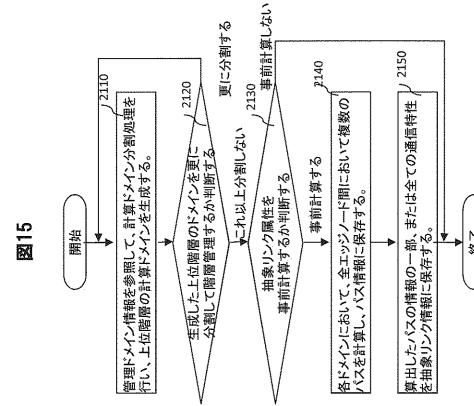
図13



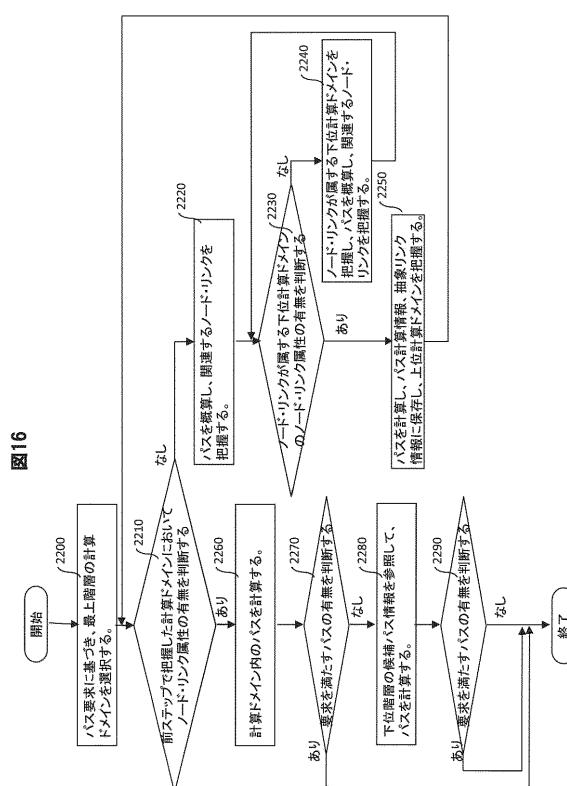
### 【 図 1 4 】



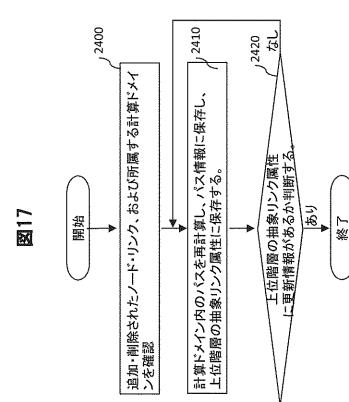
### 【図15】



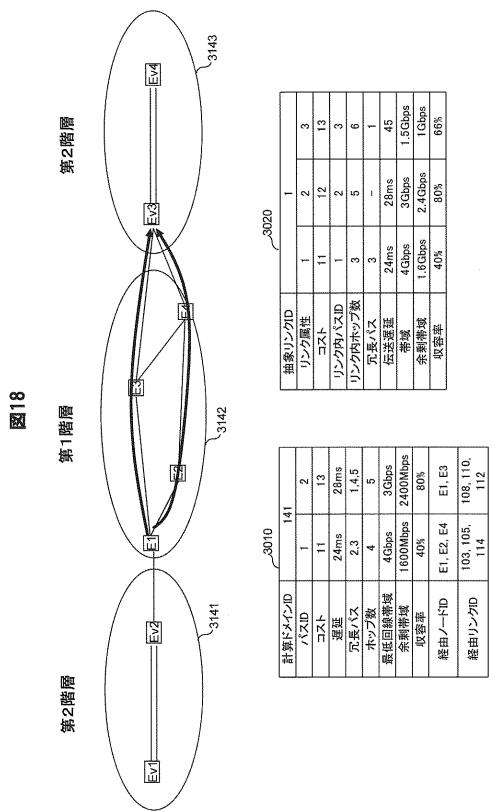
【 図 1 6 】



【図17】



【図18】



計算ノードID		141	141
バスID	1	2	3
コスト	11	13	13
遅延	24ms	26ms	3
冗長バス	2.3	14.5	
ホップ数	4	5	
最高通信帯域	4Gb/s	3Gb/s	
余余裕帯域	16Gb/s	24Gb/s	
受容率	40%	30%	
経由ノードID	E1, E2, E4	E1, E3	
経由リンクID	103, 105, 114	108, 110, 112	

計算ノードID		3010	3020
抽象リンクID	1	1	1
リンク属性	1	2	3
コスト	11	12	13
リンク内バスID	1	2	3
リンク内ホップ数	3	5	6
冗長バス	3	—	1
伝送遅延	24ms	26ms	45
帯域	4Gb/s	3Gb/s	1.5Gb/s
余剰帯域	1.6Gb/s	2.4Gb/s	1.2Gb/s
受容率	40%	30%	68%

---

フロントページの続き

(72)発明者 川原 宏太

神奈川県横浜市戸塚区戸塚町 216 番地 株式会社日立製作所 通信ネットワーク事業部内

(72)発明者 片岡 健二

神奈川県横浜市戸塚区戸塚町 216 番地 株式会社日立製作所 通信ネットワーク事業部内

審査官 宮島 郁美

(56)参考文献 特表2011-515974 (JP, A)

米国特許出願公開第2011/0019674 (US, A1)

特開2008-042670 (JP, A)

特開2007-019852 (JP, A)

渥美 章佳、他、トラヒック重み付け指標による階層化ルーチンググループ最適化、電子情報通信学会技術研究報告、日本、社団法人電子情報通信学会、2004年 7月 2日、Vol.104 No.165, P26-27,30

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L12/00 - 12/26, 12/50 - 12/955