

(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
2012年8月16日(16.08.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/108382 A1

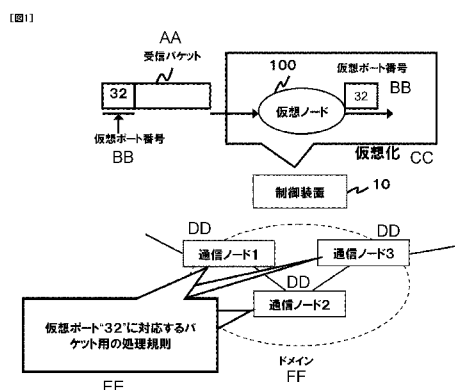
- (51) 国際特許分類:
H04L 12/56 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/052612
- (22) 国際出願日: 2012年2月6日(06.02.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-024045 2011年2月7日(07.02.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 日本電気株式会社(NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 芦田 優太 (ASHIDA, Yuta) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 小出 俊夫(KOIDE, Toshio) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 加藤 朝道(KATO, Asamichi); 〒2220033 神奈川県横浜市港北区新横浜3丁目2番12号加藤内外特許事務所内 Kanagawa (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: COMMUNICATION SYSTEM, CONTROL DEVICE, COMMUNICATION NODE, AND COMMUNICATION METHOD

(54) 発明の名称: 通信システム、制御装置、通信ノードおよび通信方法



- 10 Control device
- 100 Virtual node
- AA Reception packet
- BB Virtual port number
- CC Virtualization
- DD Communication node
- EE Processing rule for packets corresponding to virtual port "32"
- FF Domain

(57) Abstract: The burden of pathway calculation in a communication system is reduced. A communication system is provided with a plurality of communication nodes and a control device for controlling the packet processing of the plurality of communication nodes. The control device is further provided with: a virtualization unit for constituting a virtual node from a plurality of communication nodes among the plurality of communication nodes; a controller for setting a packet processing rule for at least one communication node of the plurality of communication nodes included in the virtual node so that the at least one communication node performs packet processing in accordance with the operation of the virtual node; and a pathway calculator for calculating a packet transfer pathway on the basis of a virtual network topology constituted by the virtual node. Each of the plurality of communication nodes processes, in accordance with the processing rule, a packet that corresponds to the transfer pathway.

(57) 要約: 通信システムにおける経路計算の負荷を軽減すること。通信システムは、複数の通信ノードと、前記複数の通信ノードのパケット処理を制御する制御装置と、を備え、前記制御装置は、前記複数の通信ノードのうちの複数の通信ノードから仮想ノードを構成する仮想化部と、前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも1つの通信ノードが前記仮想ノードの動作に対応するパケット処理を実行するように、該少なくとも1つの通信ノードに対してパケットの処理規則を設定する制御部と、前記仮想ノードで構成される仮想ネットワークトポロジに基づいて、パケットの転送経路を計算する経路計算部と、をさらに備え、前記複数の通信

ノードは、それぞれ、前記処理規則に従って、前記転送経路に対応するパケットを処理する。

WO 2012/108382 A1

明 細 書

発明の名称：

通信システム、制御装置、通信ノードおよび通信方法

技術分野

[0001] [関連出願についての記載]

本発明は、日本国特許出願：特願2011-024045号（2011年2月7日出願）の優先権主張に基づくものであり、同出願の全記載内容は引用をもって本書に組み込み記載されているものとする。

本発明は、通信システム、制御装置、通信ノードおよび通信方法に関し、特に、ネットワーク上のノードを仮想化してパケットを転送する通信システム、かかる通信システムにおける通信を制御する制御装置、通信ノードおよび、通信方法に関する。

背景技術

[0002] 非特許文献1、2において、オープンフロー（OpenFlow）という技術が記載されている。オープンフローは、通信をエンドツーエンドのフローとして捉え、フロー単位で経路制御、障害回復、負荷分散、最適化を行う。転送ノードとして機能するオープンフロースイッチは、オープンフローコントローラとの通信用のセキュアチャネルを備え、オープンフローコントローラから適宜追加または書き換えを指示されるフローテーブルに従って動作する。フローテーブルには、フロー毎に、パケットヘッダと照合するルール（FlowKey；マッチングキー）と、処理内容を定義したアクション（Action）と、フロー統計情報（Stats）との組が定義される。

[0003] 図12に、非特許文献2に定義されているアクション名とアクションの内容を例示する。OUTPUTは、パケットを指定ポート（インタフェース）に出力するアクションである。SET_VLAN_VIDからSET_TP_DSTは、パケットヘッダのフィールドを修正するアクションである。

[0004] 例えば、オープンフロースイッチは、最初のパケット（first pa

cket)を受信すると、フローテーブルから、受信パケットのヘッダ情報に適合するルール(FlowKey)を持つエントリを検索する。検索の結果、受信パケットに適合するエントリが見つかった場合、オープンフロースイッチは、受信パケットに対して、当該エントリのアクションフィールドに記述された処理内容を実施する。一方、前記検索の結果、受信パケットに適合するエントリが見つからなかった場合、オープンフロースイッチは、セキュアチャンネルを介して、オープンフローコントローラに対して受信パケットを転送し、受信パケットの送信元・送信先に基づいたパケットの経路の決定を依頼し、これを実現するフローエントリを受け取ってフローテーブルを更新する。

[0005] このように、オープンフローでは、フロー毎に細粒度の経路制御が可能であるが、フロー数の増大によってフローエントリの設定負荷が増大しうる。したがって、非特許文献1、2に記載技術は、大規模のネットワークに適用する際、フローエントリの設定負荷が大きくなるおそれがある。

[0006] 非特許文献3において、この問題に対する解決策が記載されている。非特許文献3では、通常オープンフロースイッチに設けられているフローテーブルに対して、フロー毎のエントリを定義する代わりに、パケットのヘッダ部分に各オープンフロースイッチで実行されるべき処理のリストを記載する。これにより、上記の問題を解決している。

[0007] 例えば、図11のように、各オープンフロースイッチに対してそのスイッチが実行する可能性のあるアクションを定義しておき、アクション毎にアドレスをつける。パケットに対しては、経由するオープンフロースイッチの系列に従って各オープンフロースイッチで実行されるアクションのアドレスを指すポインタの系列をパケットヘッダに埋め込む。オープンフロースイッチは、このパケットヘッダ中のポインタ系列を順に読み込み、各自実行すべきアクションを呼び出すことで転送を行う。この方法によると、パケット受信時のフローエントリを設定することなく、パケットを転送することができ、転送時の遅延を削減することができる。

[0008] 一方、特許文献1には、大規模ネットワークにおけるパケット転送に関する技術が記載されている。また、特許文献1には、複数のドメインからなる大規模ネットワークにおいて、計算効率の高いルート計算手法が記載されている。特許文献1に記載された手法は、階層的にドメインを定義し、各階層のドメインにPCE（パス計算エレメント、Path Computation Element）を配置する。ルート計算は階層毎に行われ、上位のPCEが下位ドメインの入力と出力のノードを決定し、計算タスクを下位ドメインに依頼することでルート計算を並列に実行させており、複数ドメインからなるネットワークにおけるルート計算を提供する。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特表2009-539156号公報

非特許文献

[0010] 非特許文献1：Nick McKeownほか7名、“OpenFlow：Enabling Innovation in Campus Networks,” [online]、[平成23年2月7日検索]、インターネット〈URL：<http://www.openflowswitch.org/documents/openflow-wp-latest.pdf>〉。

非特許文献2：“OpenFlow Switch Specification,” Version 1.0.0. (Wire Protocol 0x01) [online]、[平成23年2月7日検索]、インターネット〈URL：<http://www.openflowswitch.org/documents/openflow-spec-v1.0.0.pdf>〉。

非特許文献3：千葉 靖伸 ほか3名、「フローベースネットワークにおけるフローエントリ削減手法の提案とOpenFlowネットワークへの適用」、[電子情報通信学会研究会技報、vol. 109、no. 448、NS20

09-163、pp. 7-12] .

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 上記の特許文献および非特許文献の各開示を、本書に引用をもって繰り込むものとする。以下の分析は、本発明者によってなされたものである。

[0012] 非特許文献3に記載された方法によると、広域ネットワークのような長大な通信経路を扱う割合の高いネットワークへ適用した場合に、パケットヘッダ長の増大という新たな問題が生じる。すべての経路スイッチにおける処理ポイントをパケットヘッダに記載した場合、パケットヘッダ長が増大し、通信効率に悪影響を及ぼす。また、パケットヘッダ長を一定値以下に制限する場合、通信経路の途中までの処理ポイントをパケットヘッダに記載し、残りの経路に対応する処理ポイントをパケットヘッダに改めて記載する処理が必要となる。したがって、パケットヘッダに処理ポイントを改めて記載するために、制御装置とスイッチとの間に通信トラフィックが発生し、制御装置とスイッチの負荷が増大する。

[0013] 一方、特許文献1に記載された技術は、大規模ネットワークにおいてフロー単位で通信を制御するシステムにも適用可能である。しかし、フロー数によってルート計算要求は増大することが考えられるため、フロー単位で通信を制御する大規模ネットワークではPCEの負荷が増大する。また、フロー毎にルート設定が為され得るため、フローエントリ数が膨大となる問題がある。さらに、制御対象となる新たなフローが発生する度に、階層化した全ドメインに亘って経路計算が実行される。つまり、新たなフローが発生する度に、ネットワークを構成する物理ノード（即ち、通信ノード）の粒度で経路を再計算する必要がある。物理ノードの粒度で経路計算をする場合、経路計算の対象となるエンティティが多く、計算負荷が増大するという問題がある。

[0014] そこで、大規模ネットワークにおいて、高速・低負荷でフロー制御を実行できるようにすることが課題となる。本発明の目的は、かかる課題を解決す

る通信システム、制御装置、通信ノードおよび通信方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0015] 本発明の第1の視点に係る通信システムは、
複数の通信ノードと、
前記複数の通信ノードの packets 処理を制御する制御装置と、を備え、
前記制御装置は、前記複数の通信ノードのうちの複数の通信ノードから仮想ノードを構成する仮想化部と、
前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも1つの通信ノードが前記仮想ノードの動作に対応する packets 処理を実行するように、該少なくとも1つの通信ノードに対して packets の処理規則を設定する制御部と、
、
前記仮想ノードで構成される仮想ネットワークトポロジに基づいて、 packets の転送経路を計算する経路計算部と、をさらに備え、
前記複数の通信ノードは、それぞれ、前記処理規則に従って、前記転送経路に対応する packets を処理する。
- [0016] 本発明の第2の視点に係る制御装置は、
複数の通信ノードの packets 処理を制御する制御装置であって、
前記複数の通信ノードのうちの複数の通信ノードから仮想ノードを構成する仮想化部と、
前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも1つの通信ノードが前記仮想ノードの動作に対応する packets 処理を実行するように、該少なくとも1つの通信ノードに対して packets の処理規則を設定する制御部と、
、
前記仮想ノードで構成される仮想ネットワークトポロジに基づいて、 packets の転送経路を計算する経路計算部と、を備えている。
- [0017] 本発明の第3の視点に係る通信方法は、
複数の通信ノードの packets 処理を制御する制御装置が、該複数の通信ノ

ードのうちの複数の通信ノードから仮想ノードを構成する工程と、

前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも1つの通信ノードが前記仮想ノードの動作に対応するパケット処理を実行するように、該少なくとも1つの通信ノードに対してパケットの処理規則を設定する工程と、

前記仮想ノードで構成される仮想ネットワークトポロジに基づいて、パケットの転送経路を計算する工程と、を含む。

[0018] 本発明の第4の視点に係る通信ノードは、

複数の通信ノードのパケット処理を制御する制御装置を備えた通信システムにおける該複数の通信ノードのうちの1つの通信ノードであって、

前記制御装置は、前記複数の通信ノードのうちの複数の通信ノードから仮想ノードを構成する仮想化部と、

前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも1つの通信ノードが前記仮想ノードの動作に対応するパケット処理を実行するように、該少なくとも1つの通信ノードに対してパケットの処理規則を設定する制御部と、

前記仮想ノードで構成される仮想ネットワークトポロジに基づいて、パケットの転送経路を計算する経路計算部と、をさらに備え、

前記処理規則に従って、前記転送経路に対応するパケットを処理する。

発明の効果

[0019] 本発明に係る通信システム、制御装置、通信ノードおよび通信方法によると、大規模ネットワークにおいて、高速・低負荷でフロー制御を実行することができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の概要を説明する図である。

[図2]実施形態に係る通信システムの構成例を示す図である。

[図3]通信ノードに設定される処理規則を格納するテーブルの例を示す図である。

[図4]実施形態における制御装置の構成例を表すブロック図である。

[図5]実施形態の動作例を説明するための図である。

[図6]実施形態の動作例を説明するための図である。

[図7]実施形態の動作例を説明するための図である。

[図8]実施形態の動作例を説明するための図である。

[図9]実施形態の動作例を説明するための図である。

[図10]実施形態の動作概要を表す図である。

[図11]実施形態における h o s t 1、h o s t 2 間の通信時に送信されるパケットの構成例を示す図である。

[図12]非特許文献2に定義されているアクション名とアクションの内容を示す図である。

発明を実施するための形態

[0021] はじめに、図1を参照して、本発明の概要について説明する。なお、この概要に付記する図面参照符号は、専ら理解を助けるための例示であり、本発明を図示の態様に限定することを意図するものではない。

[0022] 通信ノード1～3は、制御装置10による制御に従って、パケットを処理する。制御装置10は、パケットの処理方法を規定した処理規則を通信ノード1～3に設定することにより、各通信ノードによるパケットの転送を制御する。

[0023] 制御装置10は、制御装置10により制御される通信ノード1～3を仮想化し、仮想ノード100を生成する。制御装置10は、仮想ノード100が他の仮想ノードと接続するリンクに、仮想ポート番号を割り当てる。仮想ノード100は、仮想ポート番号に対応する識別子が含まれるパケットを、識別子に対応する仮想ポート番号のリンクから転送する。図1では、仮想ノード100には、仮想ポート番号“32”が割り当てられている。

[0024] 制御装置10は、通信ノードが仮想ノード100によるパケット転送に対応する動作をするように、各通信ノードに対して処理規則を設定する。図1の例では、制御装置10は、各通信ノードに、仮想ポート番号“32”に対応するパケットに対応するパケット処理（例えば、パケットを所定のポート

に転送する処理等)を規定した処理規則を設定する。

[0025] 処理規則の設定後、処理装置(通信ノード1~3)は、パケット転送のための経路を、仮想化されたネットワークトポロジに基づいて計算する。仮想化されたドメインによるトポロジは、元の通信ノードにより構成されるトポロジよりも、ホップ数や管理エンティティが少ないので、経路計算の負荷が削減される。制御装置10は、様々な種類のパケット通信(即ち、パケットによるフロー)毎に多様な通信経路を設定する。制御装置10は、一旦仮想化されたネットワークを構築してしまえば、転送経路の設定が必要な新たなフローが発生しても、各通信ノードによる現実のトポロジを考慮した経路計算や処理規則の設定を行う必要がない。仮想化されたネットワークトポロジに対応する処理規則が、通信ノードに対して設定されているからである。

[0026] 本発明において、下記の形態が可能である。

[形態1]

上記第1の視点に係る通信システムのとおりである。

[形態2]

前記制御部は、前記仮想ノードの仮想ポートに対応する通信ノードにパケットが転送されるように、前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも1つに対して前記処理規則を設定するようにしてもよい。

[形態3]

前記制御部は、前記処理規則を、前記仮想ノードの仮想ポートを表す識別子と対応付けて、前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも1つに対して設定するようにしてもよい。

[形態4]

前記複数の通信ノードは、それぞれ、前記識別子に対応するパケットを受信した場合、前記識別子と対応付けられた処理規則に従って該パケットを処理するようにしてもよい。

[形態5]

前記複数の通信ノードは、それぞれ、前記識別子を格納したパケットを受

信した場合、前記識別子と対応付けられた処理規則に従って該パケットを処理するようにしてもよい。

[形態 6]

前記仮想ポートに対応する通信ノードは、前記識別子を格納したパケットを処理する際、前記識別子が他の通信ノードで参照されないように該パケットを処理するようにしてもよい。

[形態 7]

上記第 2 の視点に係る制御装置のとおりである。

[形態 8]

前記制御部は、前記仮想ノードの仮想ポートに対応する通信ノードにパケットが転送されるように、前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも 1 つに対して前記処理規則を設定するようにしてもよい。

[形態 9]

前記制御部は、前記処理規則を、前記仮想ノードの仮想ポートを表す識別子と対応付けて、前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも 1 つに対して設定するようにしてもよい。

[形態 10]

上記第 3 の視点に係る通信方法のとおりである。

[形態 11]

前記複数の通信ノードが、それぞれ、前記処理規則に従って、前記転送経路に対応するパケットを処理する工程を含んでいてもよい。

[形態 12]

前記制御装置が、前記仮想ノードの仮想ポートに対応する通信ノードにパケットが転送されるように、前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも 1 つに対して前記処理規則を設定する工程を含んでいてもよい。

[形態 13]

前記制御装置が、前記処理規則を、前記仮想ノードの仮想ポートを表す識別子と対応付けて、前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくと

も1つに対して設定する工程を含んでいてもよい。

[形態14]

前記複数の通信ノードが、前記識別子に対応するパケットを受信した場合、前記識別子と対応付けられた処理規則に従って該パケットを処理する工程を含んでいてもよい。

[形態15]

前記複数の通信ノードが、前記識別子を格納したパケットを受信した場合、前記識別子と対応付けられた処理規則に従って該パケットを処理する工程を含んでいてもよい。

[形態16]

前記仮想ポートに対応する通信ノードにおいて、前記識別子を格納したパケットを処理する際、前記識別子が他の通信ノードで参照されないように該パケットを処理する工程を含んでいてもよい。

[0027] (実施形態)

実施形態に係る通信システムについて、図面を参照して説明する。図2は、本実施形態に係る通信システムの構成と本実施形態により提供される仮想ネットワークを示す図である。

[0028] 図2を参照すると、N1～N19は通信ノードを表し、C1～C7は通信ノードを制御する制御装置を表す。各制御装置は、あるフローに属するパケットの処理方法を定めた処理規則を、自身が制御する通信ノードに対して設定する。各通信ノードは、制御装置により設定された処理規則をテーブルに保持する。各通信ノードは、受信パケットに対応する処理規則をテーブルから検索し、対応する処理規則により受信パケットの処理（パケットの転送等）を実行する。通信ノードは、受信パケットに対応する処理規則がテーブルに存在しない場合、その受信パケットに対応する処理規則の設定を、制御装置に対して要求する。上述のような動作例により、制御装置は、自身の配下の通信ノードを集中制御する。

[0029] 図2を参照すると、通信システムは、通信ノードN1～N3, N4～N5

, N6~N8, N9~N11, N12~N14, N15~N16, N17~N19と、これらを制御する制御装置C1~C7とを備えている。通信ノードは、実線によって表されたリンクによって接続されており、それぞれドメインD1, D2, D3, D4, D5, D6, D7に含まれている。ドメインの境界は、図2において破線で示されている。

[0030] ドメインD1-D3, D4-D5, D6-D7は、それぞれ更に上位のドメインD8, D9, D10に含まれる。

[0031] 上位ドメインD8, D9, D10の制御は、下位ドメインに含まれる各制御装置(C1-C7)により行われる。

[0032] 各制御装置(C1-C7)は、自身の管理するドメインを上位ドメインに含まれるドメインノードとして仮想化する。すなわち、ドメインノードは、仮想ノードとして機能する。例えば、図2において、制御装置C1は、通信ノードN1~N3を含むドメインD1を、上位ドメインD8のドメインノードDN1として仮想化する。すなわち、制御装置C1は、通信ノードN1~N3を含むドメインD1を、1つの仮想的な通信ノード(DN1)に仮想化する。ドメインノードDN1~DN10は、それぞれドメインD1~D10と対応する。

[0033] 仮想化は、各ドメインの出口に対応するリンク(egress link)へパケットを転送する処理規則を通信ノードに対して設定することで行われる。例えば、ドメインD1では、egress linkは、通信ノードN3とN4とを結ぶリンクとなる。処理規則には、ドメインのegress link毎にユニークな識別子がドメインノードの仮想ポート番号として割り当てられる。仮想ポート番号と処理規則を対応させることで、任意のノードからの入力パケットを、ドメイン中で共通のポート番号指定で、ドメイン外へ出力することができる。すなわち、通信ノードが、識別子に対応する処理規則に従ってパケットを処理することにより、ドメインノードによる仮想的なパケット転送が実現する。ドメインノードの所定の仮想ポートからパケットを転送する場合、そのドメインノードに属する各通信ノードは、その

仮想ポートの識別子に対応する処理規則に従って、`egress link` に向けてパケットを転送する。したがって、仮想的に、ドメインノードの仮想ポートからパケットが転送される。

[0034] 制御装置は、ドメインの通信ノードを仮想的な通信ノード（ドメインノード）に仮想化する。したがって、ドメインの `egress link` は、ドメインノードにおける仮想的なポートに対応する。仮想化により構成されたドメインノードは、この仮想的なポートにパケットを転送することにより、ドメインノード間の通信を実行する。実際には、各ドメインノードに対応する通信ノードがパケットを転送しているが、制御装置は、通信ノードによるパケット転送を、ドメインノードによるパケット転送に仮想化する。

[0035] 制御装置は、通信ノードによるパケット転送を、ドメインノードによるパケット転送に仮想化するために、処理規則を利用する。仮想化されたドメインノードの仮想ポートからパケットを転送するために、制御装置は、自身の配下の通信ノードに対して、ドメインの `egress link` に向けてパケットを転送する処理を規定した処理規則を設定する。

[0036] 例えば、あるドメインの `egress link` に対して、仮想ポート番号 50 を割り当てて、ドメインノードを仮想化する。図 3 は、ドメインに含まれる通信ノードにドメインノードへの仮想化のために設定されるべき 2 種類の処理規則テーブルを示す。処理規則テーブル A は、ドメイン `egress link` を持たない通信ノードへ設定される処理規則を表す。一方、処理規則テーブル B は、ドメイン `egress link` を持つ通信ノードへ設定される処理規則を表す。

[0037] 識別子列は、通信ノードが受信したパケットのヘッダに格納されている、処理規則に対応付けられた識別子の系列である。ホップカウンタは、通信ノードが受信したパケットのヘッダに格納されている識別子列のうち、参照すべき識別子を特定するために用いるカウンタである。識別子とホップカウンタを合わせて、パケットヘッダとのマッチング条件とする。

[0038] 例えば、識別子にポート番号 “50” と設定され、カウンタに “0” が設

定されているパケットを受信した場合、通信ノードは、処理規則テーブルAの1列目のエントリに従ってパケットを処理する。“処理”フィールドに格納される内容は、受信パケットのヘッダがマッチング条件と一致した場合、通信ノードが受信パケットに実行する処理である。ここでは、通信ノードでの識別子の特定手段をホップカウンタとしているが、ホップカウンタを搭載せず、常に先頭の識別子を参照し、参照済みの識別子を削除していく等の別の手段でもよい。

[0039] 処理規則テーブルAの処理規則が設定される通信ノードは、`egress link`を持たない通信ノードである。処理規則テーブルAの処理規則はパケットヘッダ中の処理規則列の中に仮想ポート番号50を含むパケットが通信ノードに入力された際、ドメイン`egress link`へ向かうポート番号へ出力する処理を実行する規則となる。図3の処理フィールドに記載されたポート番号は通信ノードによって異なり、各通信ノードから`egress link`への転送に使用される出力ポートを表す。

[0040] 処理規則テーブルBの処理規則を設定される通信ノードは、`egress link`を持つ通信ノードである。`egress link`を持つ通信ノードでの処理規則では、マッチング条件と一致するパケットヘッダをもつパケットが入力された場合、ホップカウンタをインクリメントさせ、その後`egress link`へ出力する。この処理によって、`egress link`の出力先の通信ノードに到達したパケットは、次の識別子を参照して処理される。

[0041] 上記のように処理規則を設定することにより、ドメイン中の任意の通信ノードがパケットヘッダに識別子“50”を格納したパケットを受信すると、識別子“50”に対応する`egress link`に出力されるまで単一の識別子で転送されることになり、ドメイン外への転送を単一の識別子で指定することができる。

[0042] 図4は、制御装置の構成を一例として示すブロック図である。図4を参照すると、制御装置は、ノード通信部11、制御メッセージ処理部12、フロ

ーエントリー管理部 13、ドメイン管理部 14、および、仮想化管理部 15 を備えている。

[0043] ノード通信部 11 は、通信ノードと通信する。また、制御装置は、仮想化を行う際、他の制御装置と通信を行う場合がある。この場合、制御装置は、ノード通信部 11 を用いて他の制御装置と通信する。制御メッセージ処理部 12 は、通信ノードへの制御内容を制御メッセージとして変換し、または、通信ノードからの制御用メッセージを解析して処理する。フローエントリー管理部 13 は、通信ノードにおけるパケット転送に関する処理規則を生成および管理する。ドメイン管理部 14 は、自身が管理するドメインを制御する。仮想化管理部 15 は、複数の下位ドメインを 1 つの上位ドメインノードとして制御する。

[0044] ドメイン管理部 14 の構成要素について説明する。図 4 を参照すると、ドメイン管理部 14 は、ドメイントポロジ管理部 141、経路木計算部 142、および、処理規則計算部 143 を備えている。

[0045] ドメイントポロジ管理部 141 は、最下位ドメイン D1~D7（すなわち、通信ノードで構成されるドメイン）のトポロジ情報を管理する。経路木計算部 142 は、各最下位ドメイン内の経路、すなわち、`egress link` に対応する通信ノードへ向かう経路を、最下位ドメインのトポロジに基づいて計算する。処理規則計算部 143 は、経路木計算部 142 の計算結果から処理規則を生成する。

[0046] 次に、仮想化管理部 15 の各構成要素について説明する。図 4 を参照すると、仮想化管理部 15 は、仮想トポロジ管理部 151、仮想ポート番号管理部 152、経路木計算部 153、および、処理規則設定依頼部 154 を備えている。

[0047] 仮想トポロジ管理部 151 は、各階層の仮想化ドメイン、または、各ドメインノードの接続関係からなる仮想トポロジを管理する。仮想ポート番号管理部 152 は、あるドメインをドメインノードとして仮想化する際、他のドメインノードに接続されているリンクポートに対して仮想ポート番号を割り

振る。仮想ポート番号管理部152は、仮想ポート番号を割り振るためのデータベースを有している。経路木計算部153は、ドメイン内の経路、すなわち、他のドメインに接続されているドメインエgressリンクポート (domain egress link port) に対応するドメインノードへ向かう経路を計算する。上記のdomain egress link portは、ドメイン内のドメインノードのうち、他のドメインへの出口となるリンクに対応するドメインノードの仮想ポートを表す。処理規則設定依頼部154は、仮想ポート番号管理部152によって指定された仮想ポート番号と、それに対応する経路木計算部153により計算された経路木に従った処理規則を設定するようにドメイン管理部14に依頼する。

[0048] 上述のように、制御装置は、経路木計算部142, 153の計算結果に基づいて、通信ノードに処理規則を設定しておく。この動作は、例えば、通信システムの初期化時等に実行される。制御装置は、ネットワークを階層的に仮想化することで構築される各ドメインに対応する処理規則を通信ノードに設定する。よって、処理規則の設定後、処理装置は、パケット転送のための経路として、仮想化されたドメインによるトポロジに基づいて計算するだけでよい。仮想化されたドメインによるトポロジは、通信ノードにより構成されるトポロジよりも、ホップ数や管理エンティティが少ないので、経路計算の負荷が削減される。また、仮想化されたトポロジは通信ノードによるトポロジよりもホップ数が少ないので、パケットの転送途中における制御装置への経路設定問い合わせの数を削減できる。さらに、制御装置は、多階層に構成されたトポロジによりパケットの転送経路を制御できるので、転送経路の粒度を柔軟に制御できる。

[0049] 次に、制御装置が通信ノードを仮想化し、仮想ネットワークを構築する動作例を説明する。

[0050] 図5は、制御装置が、通信ノードで構成されるドメインを、ドメインノードに仮想化する動作例を示す。N#1~N#8が、制御装置配下のドメインに属する。N#1~N#4の接頭語として、“E”が付与されている。この

“E”は、ドメインの外部リンクに対応する通信ノードであることを意味する。外部リンクとは、ドメインが他のドメインと接続するリンク、即ち *e g r e s s l i n k* であることを示す。なお、通信ノードN#1～N#8は、動作例を説明するために用いられており、図2等で示した通信ノードN1～N19とは関係ない。

[0051] 四角（太実線）で囲まれた数字は、ドメインノードに付与される仮想ポート番号である。その他の数字は、通信ノードN#1のポート番号である。

[0052] 図5に示した例では、ドメインの通信ノードを制御する制御装置は、通信ノードN#1～N#8で構成されるドメインを仮想化し、仮想ポート番号32～35を有するドメインノードを生成する。以下、この動作を詳細に説明する。

[0053] 仮想トポロジ管理部151は、仮想化されるドメインにおいて他のドメインとの接続に使用されているリンク（外部リンク）およびそのポートを検索する。検索された外部リンクとポートは、ドメインを仮想化して生成されるドメインノードのリンクとポートに対応する。図5の例では、仮想トポロジ管理部151は、通信ノードEN#1～EN#4の各通信ノードのリンクを外部リンクとして認識する。

[0054] 仮想ポート番号管理部152は、検索された外部リンクに対し、新たに仮想ポート番号を割り当てる。仮想ポート番号管理部152は、ポート番号DBから新たな仮想ポート番号を検索する。なお、ポート番号DBは、他のドメイン間で共有の内容であってよい。この場合、それぞれのドメインを管理する制御装置間で情報交換することにより、共有のポート番号DBが形成される。この仮想ポート番号が、仮想化により生成されるドメインノードの仮想ポート番号となる。仮想ポート番号管理部152は、ユニークな仮想ポート番号を割り当てるため、未使用の仮想ポート番号から割り当てられる。

[0055] 経路木計算部153は、仮想化により生成されるドメインノードによるパケット転送を実現するために、仮想化されるドメインに属するドメインノードに基づく経路を計算する。

- [0056] 経路木計算部 153 による経路計算について、図 6 を参照して説明する。
- [0057] 例えば、仮想ポート番号が“32”である仮想ポートへ出力すべきパケットに対応する経路を計算する場合について説明する。経路木計算部 153 は、仮想ポート番号“32”を割り当てられた egress link に対応する通信ノード N#1 が経路木の根になるように計算する。ここでは、N#1 に対応するリンクに仮想ポート番号“32”を割り当てており、図 6 に示すように、葉ノード (N#2、N#3、N#4) から根ノード (N#1) へ向かう上り方向の経路木が計算される。
- [0058] 仮想ポート番号が“32”である仮想ポートへ出力すべきパケットについて、N#2 から N#1 へ転送する場合、経路木を参照すると、そのパケットを、N#2 のポート 3 番、N#6 のポート 4 番、N#5 のポート 5 番、N#1 のポート 5 番の順番で転送する経路が計算される。仮想ポート番号“32”に関し、その他の経路も同様に計算される。また、他の仮想ポート番号“33”～“35”に関しても同様の計算方法となる。
- [0059] 処理規則設定依頼部 154 は、経路木計算部 153 で計算された結果を基に、ドメイン管理部 14 に、通信ノードへの処理規則の設定を依頼する。
- [0060] 処理規則設定依頼部 154 からの依頼により、ドメイン管理部 14 は、通信ノードに対して処理規則を設定する。例えば、経路木計算部 153 の計算結果に基づき、N#2 に対して、識別子が仮想ポート番号“32”を示すパケットをポート 3 番へ転送することを規定した処理規則を設定する。ドメイン管理部 14 は、N#6 に対して、識別子が仮想ポート番号“32”を示すパケットをポート 4 番へ転送することを規定した処理規則を設定する。ドメイン管理部 14 は、N#5 に対して、識別子が仮想ポート番号“32”を示すパケットをポート 5 番へ転送することを規定した処理規則を設定する。ドメイン管理部 14 は、外部リンクに対応する EN#1 に対して、識別子が仮想ポート番号“32”を示すパケットをポート 5 番へ転送すること、および、パケットに格納されているカウンタ値をインクリメント（またはデクリメント）することを規定した処理規則を設定する。ドメイン管理部 14 は、仮

想ポート番号“32”に対応する処理規則の設定を、ドメイン内の他の通信ノードに対しても同様の手順で実行する。また、ドメイン管理部14は、他の仮想ポート番号“33”～“35”に対応する処理規則の設定を、ドメイン内の通信ノードに対して同様の手順で実行する。

- [0061] 以上の動作により、制御装置は、ドメインの通信ノードを仮想化してドメインノードを生成する。
- [0062] 次に、図7を参照し、通信ノードの仮想化で生成したドメインノードから構成されるドメインを更に仮想化し、上位のドメインノードを生成する動作例を説明する。
- [0063] ドメインに属するドメインノードのうち、例えば1つのドメインノードが代表ドメインノードとなり、上位のドメインノードの生成処理を実行する。図7の例では、ドメインノード8が代表ドメインノードとなる。なお、代表ドメインノードを選定せず、各ドメインノードに対応する制御装置それぞれが協同して、上位のドメインノードの生成処理を実行してもよい。
- [0064] 代表ドメインノードの制御装置の仮想トポロジ管理部151、仮想ポート番号管理部152、経路木計算部153による動作は、図5および図6を参照して説明した内容と同様であるため、説明を省略する。ただし、仮想ポート番号管理部152によって割り当てられる仮想ポート番号は、このドメインに属するすべてのドメインノードでユニークなポート番号を使用する。
- [0065] 経路木計算部153は、ドメインの各外部リンク（図7で、仮想ポート番号“40”～“43”が付与されたリンク）に至るそれぞれの経路を算出する。また、経路木計算部153が算出した経路から、各外部リンクに至るそれぞれの経路に対応する、各ドメインノードの仮想ポート番号が検出される。図8に示すように、代表ドメインノード8の制御装置は、他のドメインノードに対応する制御装置に対して、検出された仮想ポート番号に対応する経路の計算と、計算された経路に対応する処理規則の設定を要求する（図8の破線の矢印）。
- [0066] 例えば、図8を参照すると、仮想ポート番号“40”の外部リンクから出

力されるべきパケットは、ドメインノード2の仮想ポート30番、ドメインノード6の仮想ポート36番、ドメインノード5の仮想ポート32番、ドメインノード1の仮想ポート31番の順に転送される。この例において、代表ドメインノード8の制御装置は、ドメインノード2に対応する制御装置に対して、ドメインノード2が属するドメイン内の経路で仮想ポート30番に至る経路を計算することを依頼する。ドメインノード2の制御装置による経路計算は、図5および6を参照して説明した方法と同様である。ドメインノード2に対応する制御装置は、計算した経路に対応する処理規則を、仮想ポート番号“40”と対応付けて、各通信ノードに設定する。すなわち、ドメインノード2に対応する制御装置は、仮想ポート番号“40”に対応するパケットに対して実行する処理規則を、各通信ノードに設定する。仮想ポート番号“40”は、仮想化により生成された上位のドメインノードの仮想ポート番号である。したがって、ドメインノード2が属するドメイン内の通信ノードは、上位のドメインノードの仮想ポート番号“40”に対応する動作を実行できるようになる。代表ドメインノード8の制御装置は、他のドメインノードの制御装置に対して、同様の依頼をする。依頼を受けた制御装置は、上位のドメインノードの各仮想ポート番号“40”～“43”に対応する処理規則を、通信ノードに対して設定する。

[0067] 次に、図9を参照して、仮想化により生成された上位のドメインノードをさらに仮想化し、より上位の第2の上位ドメインノードを生成する動作例を説明する。

[0068] ドメインAに属するドメインノードのうち、例えば1つのドメインノードが代表上位ドメインノードとなり、第2の上位のドメインノードの生成処理を実行する。図9では、ドメインノード8が代表上位ドメインノードとなる。なお、代表上位ドメインノードを選定せず、各ドメインノードに対応する制御装置それぞれが協同して、第2の上位のドメインノードの生成処理を実行してもよい。

[0069] 代表上位ドメインノード8の制御装置の仮想トポロジ管理部151、仮想

ポート番号管理部 152、経路木計算部 153 による動作は、図5および図6を参照して説明した内容と同様であるため、説明を省略する。代表上位ドメインノード8の制御装置は、ドメインAを仮想化し、仮想ポート番号が“50”～“53”を有する第2の上位ドメインノードを生成する。

[0070] 経路木計算部 153 は、ドメインAの各外部リンク（図9において、仮想ポート番号“50”～“53”が付与されたリンク）に至るそれぞれの経路を算出する。また、経路木計算部 153 により、各外部リンクに至るそれぞれの経路に対応する、各上位ドメインノードの仮想ポート番号も検出される。代表上位ドメインノード8の制御装置は、他のドメインノードに対応する制御装置に対して、検出された上位ドメインノードの仮想ポート番号とその仮想ポート番号に対応する経路の計算を要求する。なお、各上位ドメインノードは、1つの制御装置で制御されている場合と、複数の制御装置で制御されている場合とが考えられる。代表上位ドメインノード8の制御装置は、上位ドメインノードが複数の制御装置により制御されている場合、それら複数の制御装置に対して要求を送出する。図9では、代表上位ドメインノード8の制御装置が、上位ドメインノード6の制御装置に対して要求する例を示す。図9において、代表上位ドメインノード8の制御装置が、他の上位ドメインノードへ要求する動作は省略されている。以下、代表上位ドメインノード8の制御装置が、上位ドメインノード6に対して要求を送出した場合を例として説明する。代表上位ドメインノード8の制御装置は、以下の説明と同様の要求を、他の上位ドメインノードに対応する制御装置に対しても送出する。なお、この要求は、仮想化により生成する第2の上位ドメインノードの各仮想ポート番号“50”～“53”毎に送出される。

[0071] 代表上位ドメインノード8の制御装置は、仮想化により生成する第2の上位ドメインノードの仮想ポート番号“50”に至る経路に対応する、上位ドメインノードの仮想ポート番号は“42”であると算出する。代表ドメインノード8の制御装置は、仮想ポート番号“42”に対応する経路の計算を、上位ドメインノード6に対応する制御装置に送出する。

- [0072] 要求を受けた上位ドメインノード6に対応する制御装置は、上位ドメインノード6は、ドメインノード1-4が属するドメインBを仮想化して生成されたと認識する。よって、制御装置は、ドメインBを構成するのは仮想化されたドメインノードであり、通信ノードにより構成されたドメインではないと認識する。この場合、制御装置は、代表上位ドメインノード8の制御装置からの要求に対応する処理規則を通信ノードに設定せず、さらに下位層の制御装置に対して処理規則の設定要求を送出する。
- [0073] ドメインBに属するドメインノード1-4のうち、代表ドメインノード2に対応する制御装置は、ドメインBの外部リンクに対応する仮想ポート番号“42”に至る経路を計算する。経路の計算方法は、図5および図6を参照して説明した方法と同様であるため、説明を省略する。代表ドメインノード2の制御装置は、仮想ポート番号“42”に至る経路に対応する各ドメインノードの仮想ポート番号を検出する。代表ドメインノード2の制御装置は、他のドメインノードに対応する制御装置に対して、検出された各ドメインノードの仮想ポート番号とその仮想ポート番号に対応する経路の計算を要求する。例えば、代表ドメインノード2の制御装置は、ドメインノード3の仮想ポート番号“32”が、仮想ポート番号“42”に至る経路に対応する仮想ポートであることを検出する。代表ドメインノード2の制御装置は、ドメインノード3に対応する制御装置に対して、検出されたドメインノードの仮想ポート番号とその仮想ポート番号に対応する経路の計算を要求する。なお、代表ドメインノード2の制御装置は、この要求に、第2の上位ドメインノードの仮想ポート番号“50”も含めて送出手する。
- [0074] ドメインノード3の制御装置が要求を受けると、仮想ポート番号“32”に対応する経路を計算する。経路の計算方法は、図5および図6を参照して説明した方法と同様であるため、説明を省略する。ドメインノード3の制御装置は、ドメインノード3が通信ノードN#1~N#3を仮想化して生成されたものと認識する。よって、ドメインノード3の制御装置は、計算した経路に対応する通信ノードのポート番号を検出し、検出したポート番号に基づ

いて、処理規則を計算し、各通信ノードに対して設定する。なお、ドメインノード3の制御装置は、通信ノードに設定する処理規則を、第2の上位ドメインノードの仮想ポート番号“50”に対応付けて設定する。例えば、図9において、制御装置は、N#3に、仮想ポート番号“50”に対応するパケットを、ポート5番から送出することを規定する処理規則を設定する。また、制御装置は、EN#1に、仮想ポート番号“50”に対応するパケットを、ポート3番から送出し、パケットに格納されているカウンタ値をインクリメント（またはデクリメント）することを規定した処理規則を設定する。各通信ノードに、第2の上位ドメインノードの仮想ポート番号に対応する処理規則が設定されることにより、第2の上位ドメインノードによる仮想的な動作を、通信ノードの動作により実現できる。

[0075] 以上、図5～図9で説明した動作を繰り返すことにより、多階層に仮想化されたネットワークが構築される。

[0076] 処理装置は、パケット転送のための経路として、仮想化されたネットワークのトポロジに基づいて、パケット転送の経路を計算する。仮想化されたネットワークのトポロジは、通信ノードにより構成されるトポロジよりも、ホップ数や管理エンティティが少ないので、経路計算の負荷が削減される。なお、多階層に仮想化されたネットワークのトポロジは、例えば、複数の制御装置により共有され、それぞれの制御装置は多階層に仮想化されたネットワークのトポロジに基づいてパケットの経路を計算できる。また、複数の制御装置を統括する制御装置が、多階層に仮想化されたネットワークのトポロジを管理し、そのトポロジ情報に基づいてパケットの経路を計算し、それぞれの制御装置に対して計算した経路によるパケット転送を支持してもよい。

[0077] 図10および図11を参照して、仮想化されたネットワークが構築された後の、パケットの転送動作の一例を説明する。

[0078] 図10のP50、P51、P35は、ドメインノードの出力ポートとして割り当てられた仮想ポート番号の一部を表示したものであり、P3、P1は、通信ノードの実ポート番号の一部を表示したものである。

- [0079] 図10中の通信システムは、3層のネットワークに仮想化されている。
- [0080] host 1、host 2は、通信を行うホストを示している。
- [0081] host 1からhost 2へパケットが送信されると、通信ノードN1へパケットが入力される。通信ノードN1は、新規にパケットを受け取ると、制御装置C1にパケットに付加すべき識別子を問い合わせる。ここでは、通信ノードが制御装置にパケットに付加すべき識別子を問い合わせ、通信ノードがパケットに識別子を付加する方法を述べる。ただし、ホストが、制御装置C1～C7のうちのいずれかの制御装置に、パケットに付加すべき識別子を問い合わせる方法を採用してもよい。また、ホストが制御装置C1～C7のうちのいずれかからトポロジを取得し、自らのポリシーにしたがって経路を計算し、識別子を計算してもよい。識別子をホストへ通知するサーバを設けてもよい。
- [0082] 制御装置は、問い合わせを受けると、3層のトポロジを用いて通信に用いる経路を計算する。このとき、計算に用いるトポロジ階層をホップ毎に選択することが可能であり、柔軟な経路選択が可能である。
- [0083] 制御装置は、計算した経路に基づいて、パケットに付加すべき識別子を計算する。この識別子となるのは、各階層のノードにおける出力ポートである。
- [0084] 通信ノードN1は、制御装置から受けとった識別子をパケットに付加し、その識別子に対応する処理規則を検索する。識別子に対応する処理規則に基づき、通信ノードN1がパケットを通信ノードN3に転送する。
- [0085] 図11を参照すると、パケットヘッダ内に識別子の列を埋め込み、ホップカウンタを保持することでホップ毎に使用すべき識別子を特定している。ただし、ホップカウンタを使用せず、先頭から使用済み識別子を削除する方法を採用することもできる。
- [0086] 通信ノードN1で参照すべき識別子は50となっており、これは最上位階層のノードにおける出力ポートを示している。DN8に含まれる通信ノードには識別子50と対応した処理規則が設定済みである。この場合、パケット

を受け取った通信ノードN1、N3、N4、N5での処理規則は、図3の処理規則テーブルAと同様であり、パケット中の識別子50を参照し続けつつ、パケットを転送する。通信ノードN7では、処理規則は図3の処理規則テーブルBと同様であり、ホップカウンタを加算したのち、DN8におけるポート50に相当する実ポートであるN7からN9へのリンクへ出力される。このようにパケットに含まれる先頭の識別子50を用いてDN8のegress linkへ出力される。通信ノードN9に入力されたパケットでは、参照すべき識別子は51となっており、同様にN15に到達するまで転送が続けられ、ホップカウンタが加算される。

[0087] 通信ノードN15で参照される識別子は35であり、これは上位2番目の階層におけるノード、DN6におけるポート35を表している。この場合、通信ノードN17に到達するまで転送され、最後の転送時にホップカウンタが加算される。

[0088] 通信ノードN17で参照される識別子は3であり、これは通信ノードの実ポート番号を示す。よって最下層の次ホップである通信ノードN19へ転送され、ホップカウンタが加算される。

[0089] 通信ノードN19で参照される識別子は1であり、同様に次ホップへ転送され、host2へ転送される。

[0090] 以上の動作例のように、パケットは仮想化されたネットワークを転送される。

[0091] 以上のように、各階層のホップ分の識別子をパケットに付加することでパケット転送が行われ、付加される識別子の数を削減することができる。

[0092] 以上、本発明の各実施形態を説明したが、本発明は、上記した実施形態に限定されるものではない。本発明の基本的技術的思想を逸脱しない範囲で、更なる変形・置換・調整を加えることができる。例えば、上記した各実施形態では、オープンフローの技術を参照して説明したが、本発明はオープンフローの技術に基づくことに限定するものではない。

[0093] 本発明の全開示（請求の範囲を含む）の枠内において、さらにその基本的

技術思想に基づいて、実施形態の変更・調整が可能である。また、本発明の請求の範囲の枠内において種々の開示要素（各請求項の各要素、各実施形態の各要素、各図面の各要素等を含む）の多様な組み合わせないし選択が可能である。すなわち、本発明は、請求の範囲を含む全開示、技術的思想にしたがって当業者であればなし得るであろう各種変形、修正を含むことは勿論である。

符号の説明

- [0094] 1～3 通信ノード
- 1 0 制御装置
 - 1 1 ノード通信部
 - 1 2 制御メッセージ処理部
 - 1 3 フローエントリ管理部
 - 1 4 ドメイン管理部
 - 1 5 仮想化管理部
 - 1 0 0 仮想ノード
 - 1 4 1 ドメイントポロジ管理部
 - 1 4 2 経路木計算部
 - 1 4 3 処理規則計算部
 - 1 5 1 仮想トポロジ管理部
 - 1 5 2 仮想ポート番号管理部
 - 1 5 3 経路木計算部
 - 1 5 4 処理規則設定依頼部
- C 1～C 7 制御装置
- D 1～D 1 0 ドメイン
- DN 1～DN 1 0 ドメインノード
- N 1～N 1 9 通信ノード
- P 1, P 3 実ポート番号の一部
- P 3 5, P 5 0, P 5 1 仮想ポート番号の一部

請求の範囲

- [請求項1] 複数の通信ノードと、
前記複数の通信ノードのパケット処理を制御する制御装置と、を備え、
前記制御装置は、前記複数の通信ノードのうちの複数の通信ノードから仮想ノードを構成する仮想化部と、
前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも1つの通信ノードが前記仮想ノードの動作に対応するパケット処理を実行するように、該少なくとも1つの通信ノードに対してパケットの処理規則を設定する制御部と、
前記仮想ノードで構成される仮想ネットワークトポロジに基づいて、パケットの転送経路を計算する経路計算部と、をさらに備え、
前記複数の通信ノードは、それぞれ、前記処理規則に従って、前記転送経路に対応するパケットを処理することを特徴とする通信システム。
- [請求項2] 前記制御部は、前記仮想ノードの仮想ポートに対応する通信ノードにパケットが転送されるように、前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも1つに対して前記処理規則を設定することを特徴とする、請求項1に記載の通信システム。
- [請求項3] 前記制御部は、前記処理規則を、前記仮想ノードの仮想ポートを表す識別子と対応付けて、前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも1つに対して設定することを特徴とする、請求項1に記載の通信システム。
- [請求項4] 前記複数の通信ノードは、それぞれ、前記識別子に対応するパケットを受信した場合、前記識別子と対応付けられた処理規則に従って該パケットを処理することを特徴とする、請求項3に記載の通信システム。
- [請求項5] 前記複数の通信ノードは、それぞれ、前記識別子を格納したパケッ

トを受信した場合、前記識別子と対応付けられた処理規則に従って該パケットを処理することを特徴とする、請求項3に記載の通信システム。

[請求項6] 前記仮想ポートに対応する通信ノードは、前記識別子を格納したパケットを処理する際、前記識別子が他の通信ノードで参照されないように該パケットを処理することを特徴とする、請求項5に記載の通信システム。

[請求項7] 前記仮想化部は、複数の前記仮想ノードのうちの複数の仮想ノードから上位仮想ノードを構成し、

前記制御部は、前記上位仮想ノードに含まれる複数の仮想ノードの少なくとも1つの仮想ノードが前記上位仮想ノードの動作に対応するパケット処理を実行するように、該少なくとも1つの仮想ノードに対してパケットの処理規則を設定し、

前記経路計算部は、前記上位仮想ノードで構成される上位仮想ネットワークトポロジに基づいて、パケットの転送経路を計算し、

前記複数の通信ノードは、それぞれ、前記処理規則に従って、前記転送経路に対応するパケットを処理することを特徴とする、請求項1ないし6のいずれか1項に記載の通信システム。

[請求項8] 複数の通信ノードのパケット処理を制御する制御装置であって、

前記複数の通信ノードのうちの複数の通信ノードを含む仮想ノードを構成する仮想化部と、

前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも1つの通信ノードが前記仮想ノードの動作に対応するパケット処理を実行するように、該少なくとも1つの通信ノードに対してパケットの処理規則を設定する制御部と、

前記仮想ノードで構成される仮想ネットワークトポロジに基づいて、パケットの転送経路を計算する経路計算部と、を備えることを特徴とする制御装置。

- [請求項9] 前記制御部は、前記仮想ノードの仮想ポートに対応する通信ノードにパケットが転送されるように、前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも1つに対して前記処理規則を設定することを特徴とする、請求項8に記載の制御装置。
- [請求項10] 前記制御部は、前記処理規則を、前記仮想ノードの仮想ポートを表す識別子と対応付けて、前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも1つに対して設定することを特徴とする、請求項8に記載の制御装置。
- [請求項11] 前記仮想化部は、複数の前記仮想ノードのうちの複数の仮想ノードから上位仮想ノードを構成し、
前記制御部は、前記上位仮想ノードに含まれる複数の仮想ノードの少なくとも1つの仮想ノードが前記上位仮想ノードの動作に対応するパケット処理を実行するように、該少なくとも1つの仮想ノードに対してパケットの処理規則を設定し、
前記経路計算部は、前記上位仮想ノードで構成される上位仮想ネットワークトポロジに基づいて、パケットの転送経路を計算し、
前記複数の通信ノードは、それぞれ、前記処理規則に従って、前記転送経路に対応するパケットを処理することを特徴とする、請求項8ないし10のいずれか1項に記載の制御装置。
- [請求項12] 複数の通信ノードのパケット処理を制御する制御装置が、該複数の通信ノードのうちの複数の通信ノードから仮想ノードを構成する工程と、
前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも1つの通信ノードが前記仮想ノードの動作に対応するパケット処理を実行するように、該少なくとも1つの通信ノードに対してパケットの処理規則を設定する工程と、
前記仮想ノードで構成される仮想ネットワークトポロジに基づいて、パケットの転送経路を計算する工程と、を含むことを特徴とする通

信方法。

[請求項13] 前記制御装置が、前記仮想ノードの仮想ポートに対応する通信ノードにパケットが転送されるように、前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも1つに対して前記処理規則を設定することを特徴とする、請求項12に記載の通信方法。

[請求項14] 前記制御装置が、前記処理規則を、前記仮想ノードの仮想ポートを表す識別子と対応付けて、前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも1つに対して設定することを特徴とする、請求項12に記載の通信方法。

[請求項15] 前記制御装置が、複数の前記仮想ノードのうちの複数の仮想ノードから上位仮想ノードを構成する工程と、

前記上位仮想ノードに含まれる複数の仮想ノードの少なくとも1つの仮想ノードが前記上位仮想ノードの動作に対応するパケット処理を実行するように、該少なくとも1つの仮想ノードに対してパケットの処理規則を設定する工程と、

前記上位仮想ノードで構成される上位仮想ネットワークトポロジに基づいて、パケットの転送経路を計算する工程と、を含むことを特徴とする、請求項12ないし14のいずれか1項に記載の通信方法。

[請求項16] 複数の通信ノードのパケット処理を制御する制御装置を備えた通信システムにおける該複数の通信ノードのうちの1つの通信ノードであって、

前記制御装置は、前記複数の通信ノードのうちの複数の通信ノードから仮想ノードを構成する仮想化部と、

前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも1つの通信ノードが前記仮想ノードの動作に対応するパケット処理を実行するように、該少なくとも1つの通信ノードに対してパケットの処理規則を設定する制御部と、

前記仮想ノードで構成される仮想ネットワークトポロジに基づいて

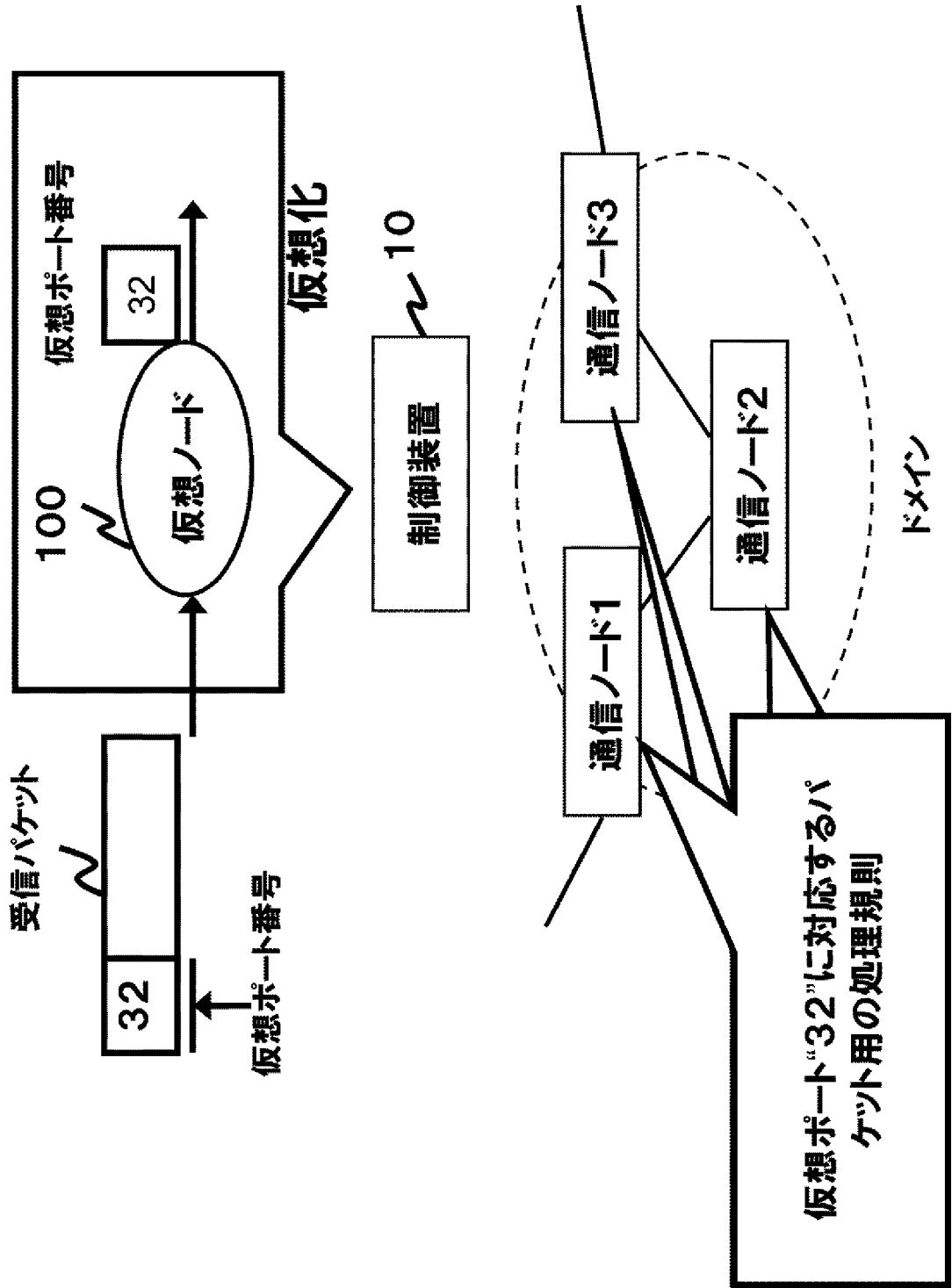
、パケットの転送経路を計算する経路計算部と、をさらに備え、
前記処理規則に従って、前記転送経路に対応するパケットを処理することを特徴とする通信ノード。

[請求項17]

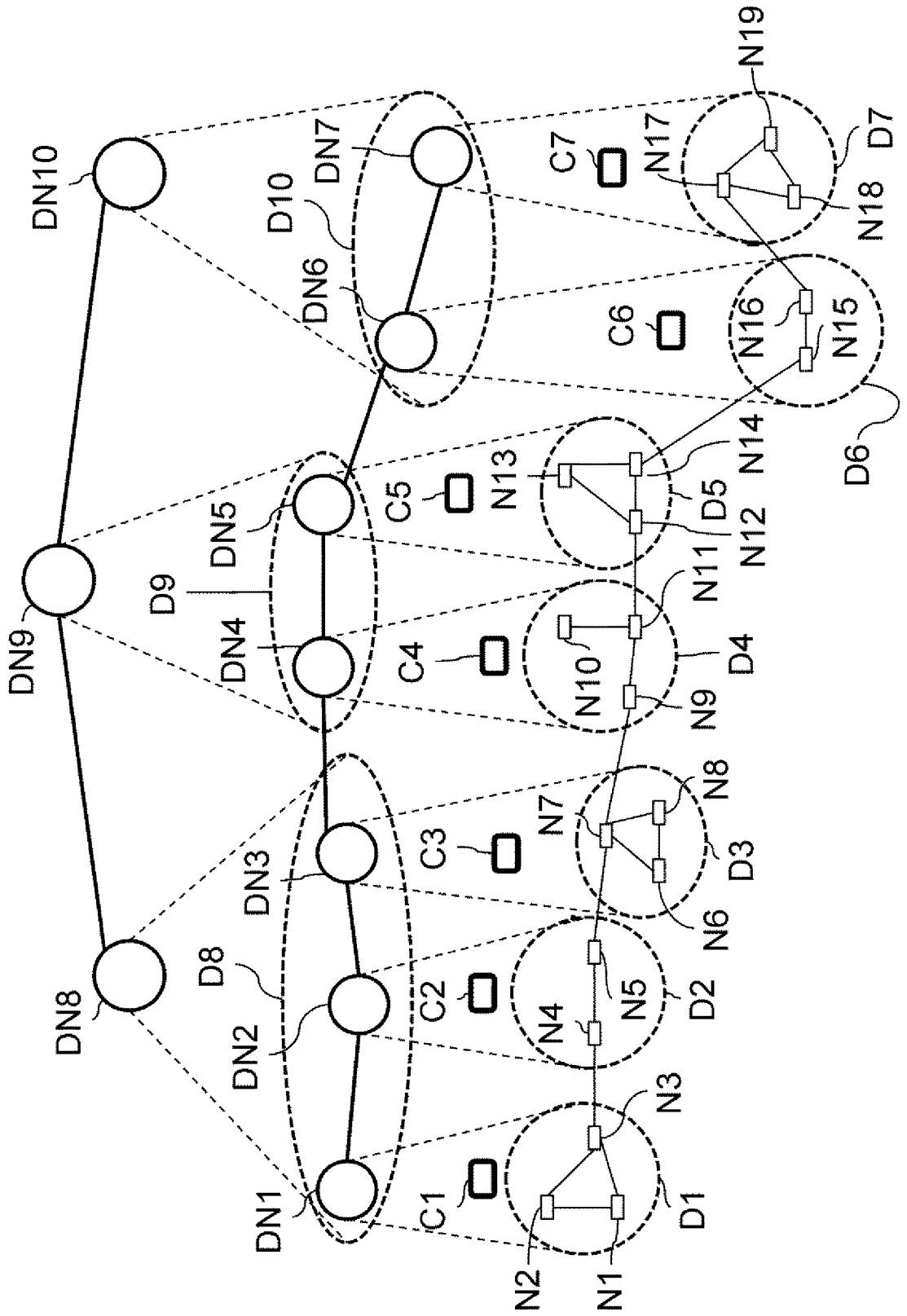
前記制御装置は、前記処理規則を、前記仮想ノードの仮想ポートを表す識別子と対応付けて、前記仮想ノードに含まれる複数の通信ノードの少なくとも1つに対して設定し、

前記識別子に対応するパケットを受信した場合、前記識別子と対応付けられた処理規則に従って該パケットを処理することを特徴とする、請求項16に記載の通信ノード。

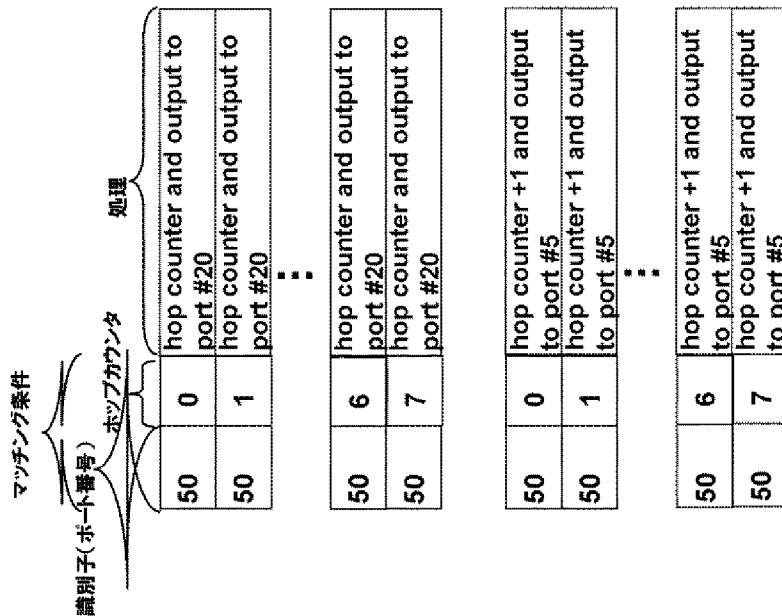
[図1]



[図2]



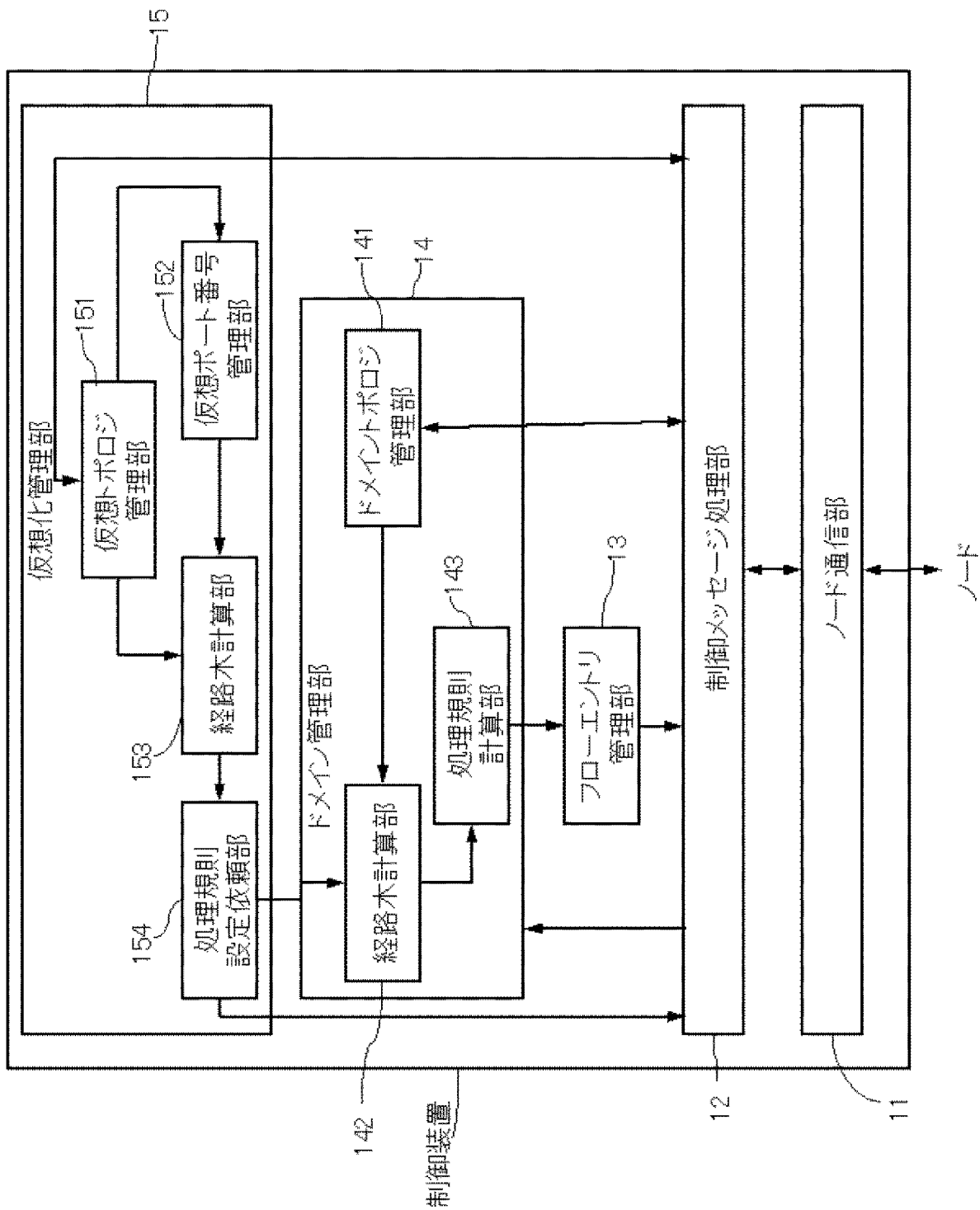
[図3]



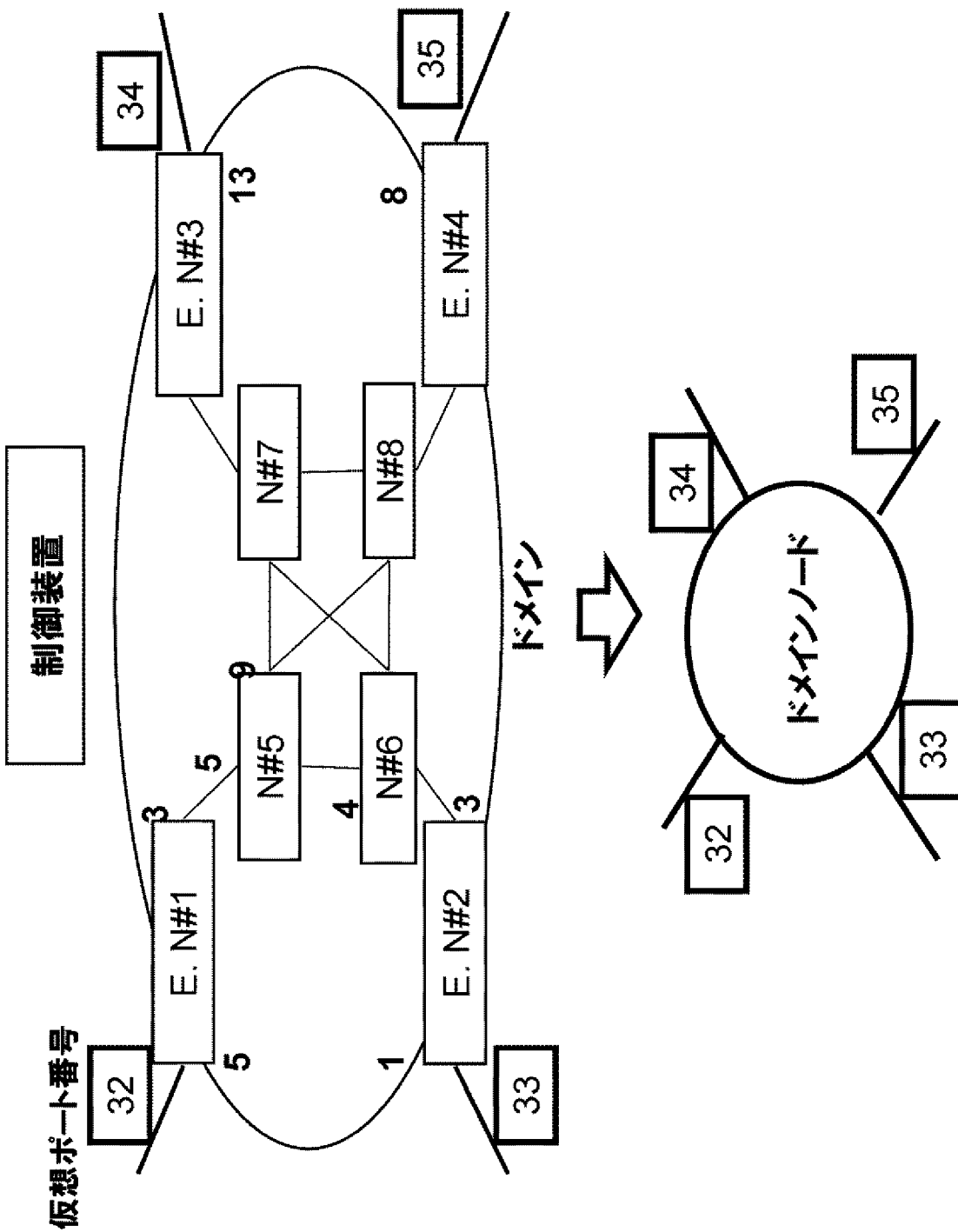
処理規則テーブルA

処理規則テーブルB

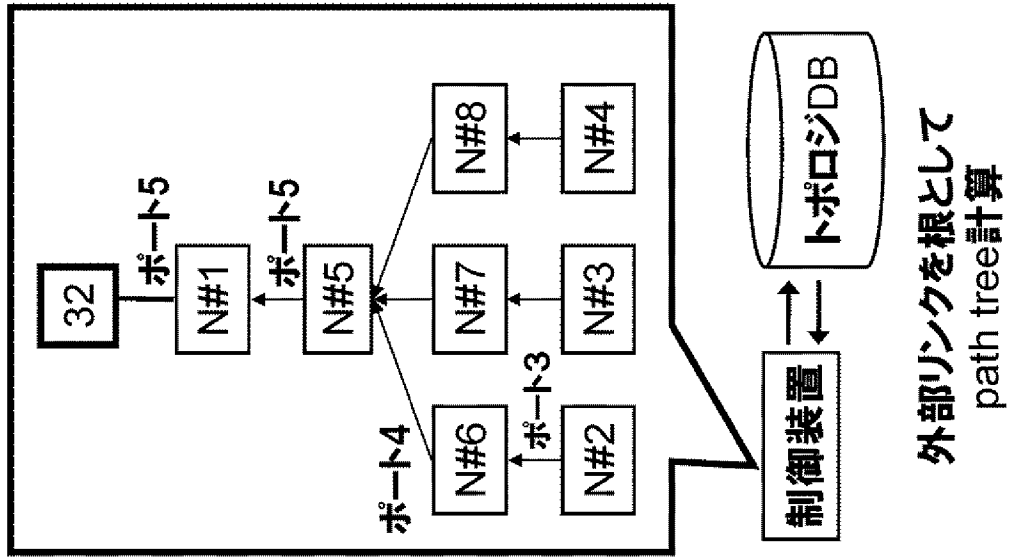
[図4]



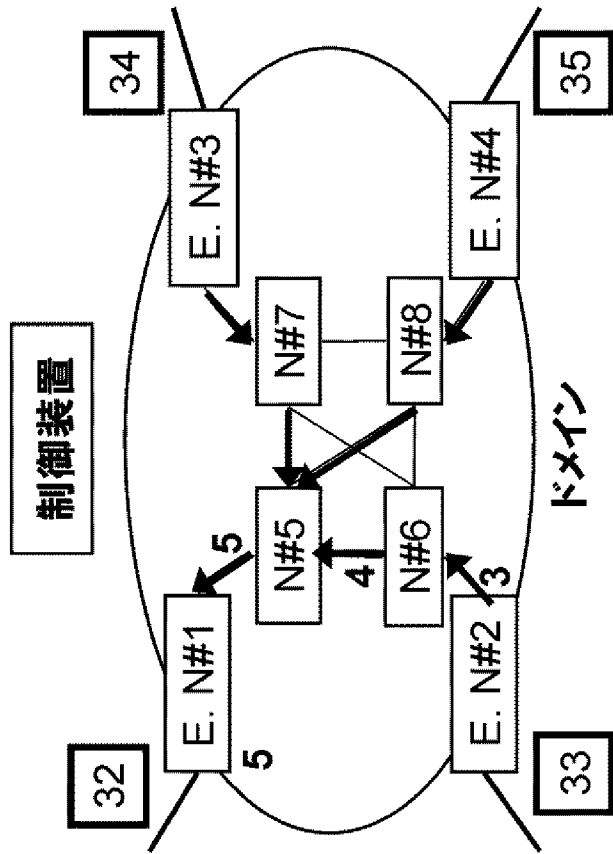
[図5]



[図6]

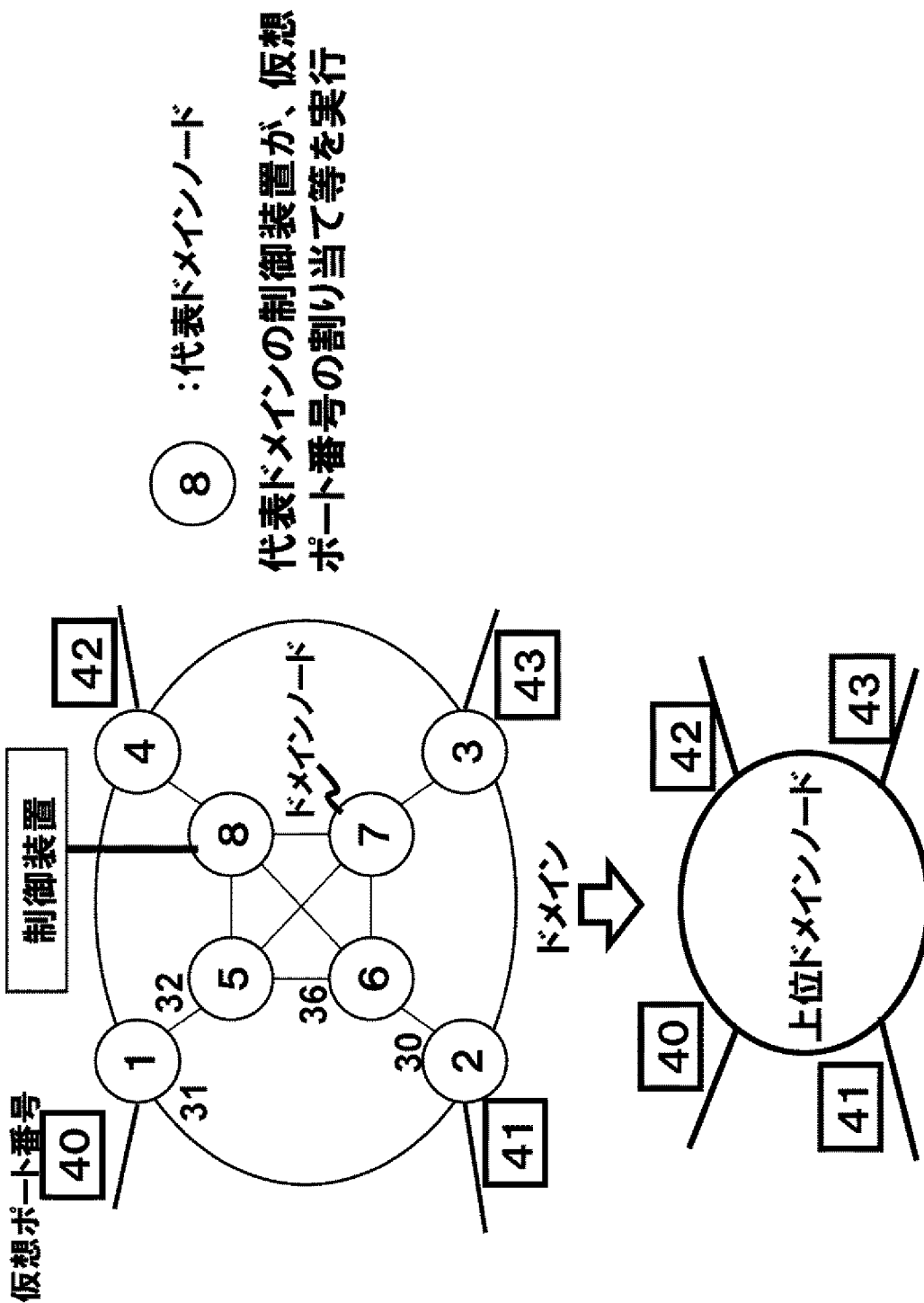


外部リンクを根として
path tree計算

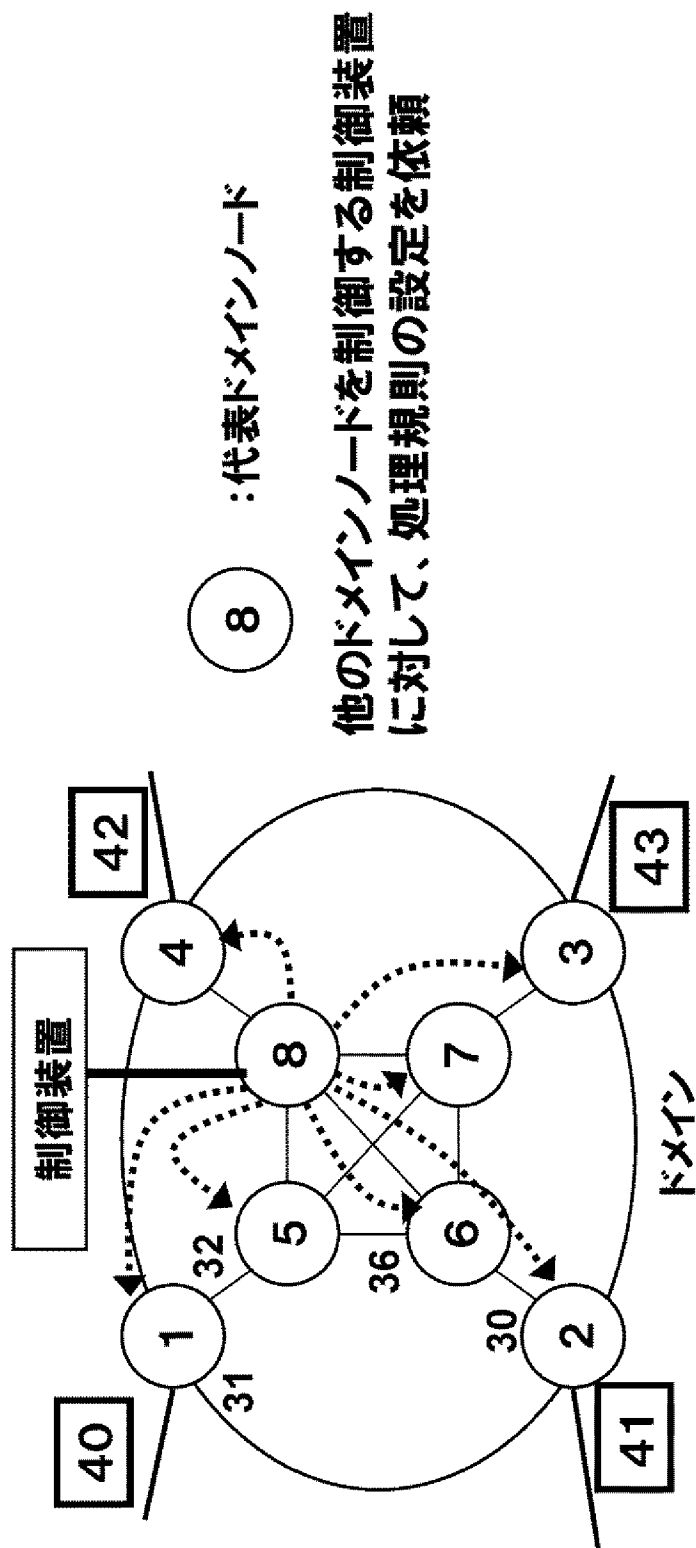


各外部リンクから仮想ポート番号“32”への経路

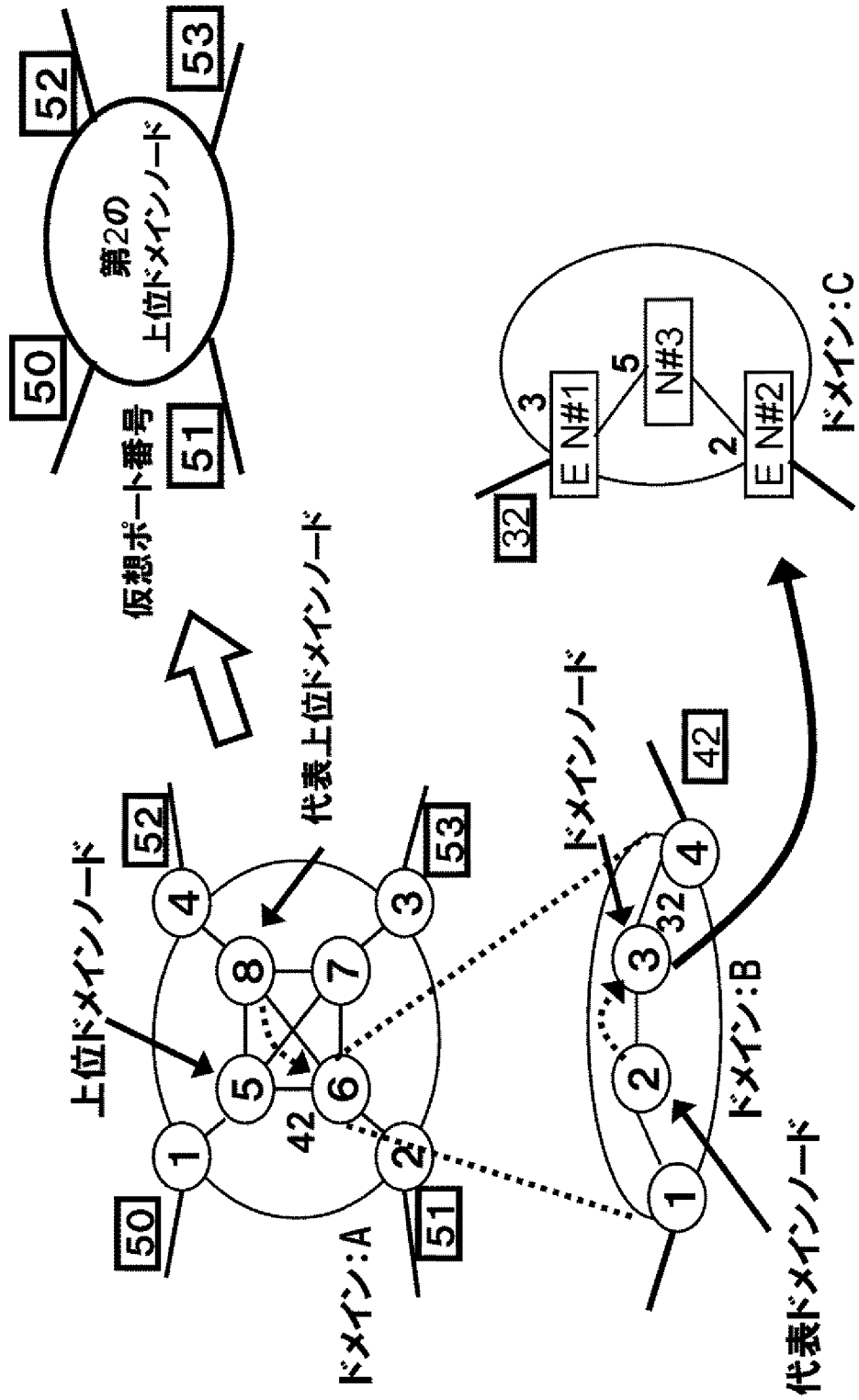
[図7]



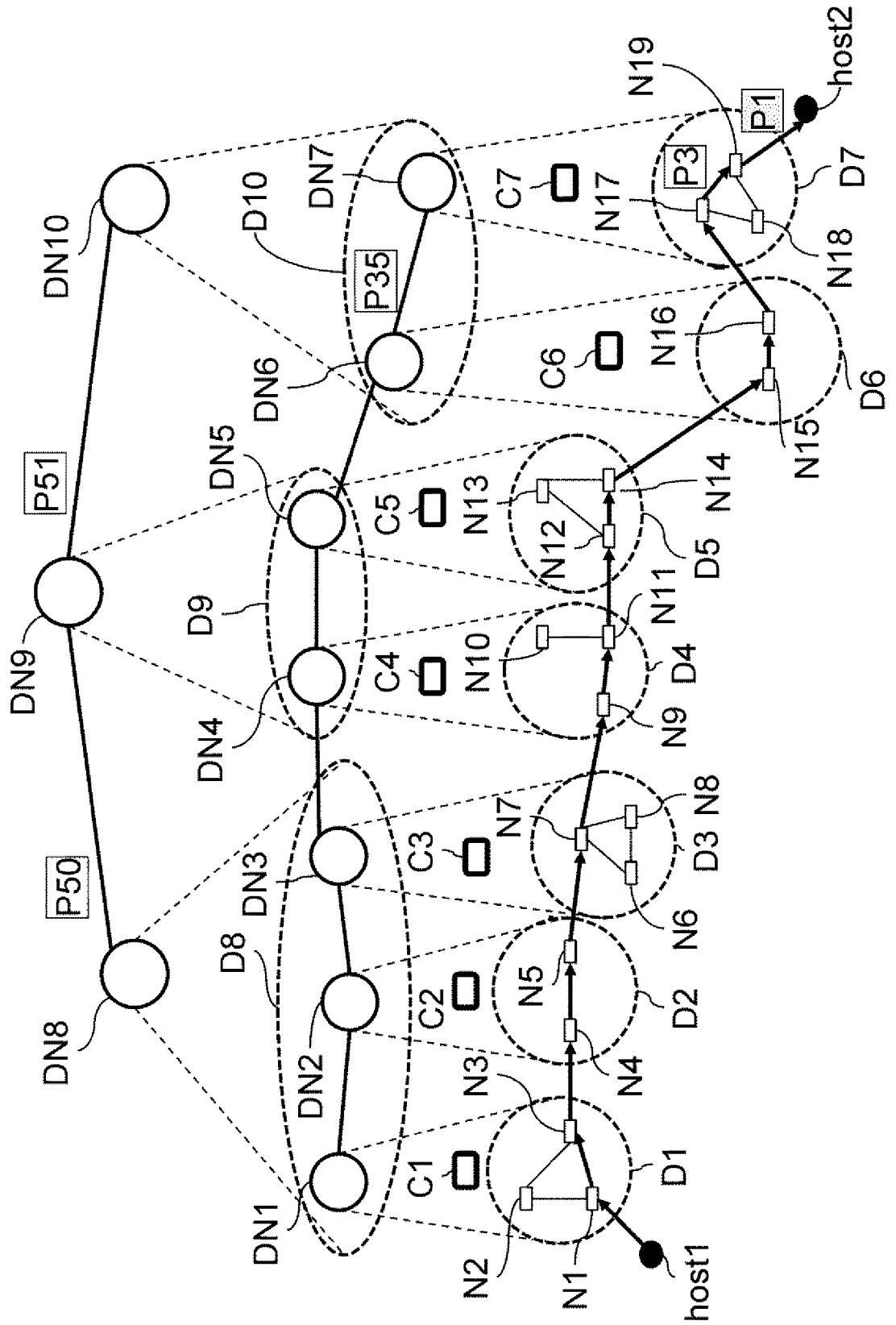
[図8]



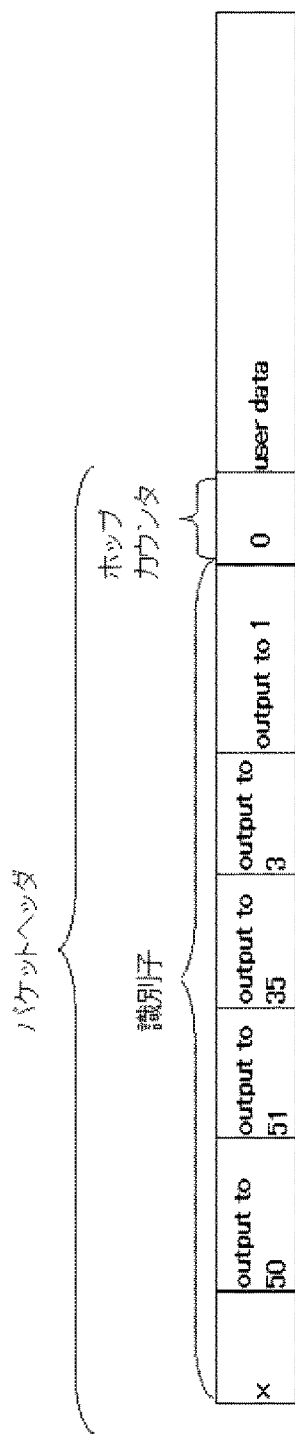
[図9]



[図10]



[図11]



パケット例

[図12]

アクション名	アクションの内容
OUTPUT	指定ポートに出力する。
SET_VLAN_VID	指定VLAN IDでVLAN Tagを追加・更新する。
SET_VLAN_PCP	指定VLAN PriorityでVLAN Tagを追加・更新する。
STRIP_VLAN	IEEE802.1q VLAN Tagを外す。
SET_DL_SRC	MAC SAを更新する。
SET_DL_DST	MAC DAを更新する。
SET_NW_SRC	IP SAを更新する。
SET_NW_DST	IP DAを更新する。
SET_TP_SRC	TCP/UDP Source Portを更新する。
SET_TP_DST	TCP/UDP Destination Portを更新する。
VENDOR	ベンダ定義アクション。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/052612

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L12/56 (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)

H04L12/56

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
Y	JP 2004-129135 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 22 April 2004 (22.04.2004), paragraphs [0051], [0052], [0078] to [0089]; fig. 3, 17 to 21 & US 2004/0081105 A1 & EP 1411687 A2 & EP 2242217 A1 & EP 2242218 A1 & EP 2242219 A1 & CA 2444363 A & CN 1509022 A & CA 2444363 A1	1-17
Y	WO 2010/103909 A1 (NEC Corp.), 16 September 2010 (16.09.2010), paragraphs [0005] to [0026]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-17

 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
02 March, 2012 (02.03.12)Date of mailing of the international search report
13 March, 2012 (13.03.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/052612

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-140776 A (NEC Corp.), 13 May 2004 (13.05.2004), paragraphs [0329] to [0372]; fig. 39, 41 to 43 & US 2004/0047353 A1 & EP 1533953 A1 & WO 2004/008699 A1 & CN 1682500 A & AU 2003252502 A & CA 2435006 A & CA 2435006 A1	2-6, 9, 10, 13, 14, 17
A	JP 2008-211550 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 11 September 2008 (11.09.2008), paragraphs [0059] to [0066]; fig. 1, 6 (Family: none)	1-17

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. H04L12/56(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. H04L12/56

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 1971-2012年
 日本国実用新案登録公報 1996-2012年
 日本国登録実用新案公報 1994-2012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
Y	JP 2004-129135 A (日本電信電話株式会社) 2004. 04. 22, 0051, 0052, 0078-0089 段落、図 3, 17-21 & US 2004/0081105 A1 & EP 1411687 A2 & EP 2242217 A1 & EP 2242218 A1 & EP 2242219 A1 & CA 2444363 A & CN 1509022 A & CA 2444363 A1	1-17
Y	WO 2010/103909 A1 (日本電気株式会社) 2010. 09. 16, 0005-0026 段落、図 1-5 (ファミリーなし)	1-17

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 02.03.2012	国際調査報告の発送日 13.03.2012
--------------------------	--------------------------

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) 永井 啓司	5 X	3 6 5 6
	電話番号 03-3581-1101 内線 3596		

C (続き) . 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
Y	JP 2004-140776 A (日本電気株式会社) 2004. 05. 13, 0329-0372 段落、図 39, 41-43 & US 2004/0047353 A1 & EP 1533953 A1 & WO 2004/008699 A1 & CN 1682500 A & AU 2003252502 A & CA 2435006 A & CA 2435006 A1	2-6, 9, 10, 13, 14, 17
A	JP 2008-211550 A (日本電信電話株式会社) 2008. 09. 11, 0059-0066 段落, 図 1, 6 (ファミリーなし)	1-17