

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-233091  
(P2014-233091A)

(43) 公開日 平成26年12月11日(2014.12.11)

(51) Int.Cl.

HO4 L 12/717 (2013.01)  
HO4 L 12/801 (2013.01)

F 1

HO4 L 12/717  
HO4 L 12/801

### テーマコード（参考）

5 K030

(21) 出願番号	特願2014-187655 (P2014-187655)
(22) 出願日	平成26年9月16日 (2014. 9. 16)
(62) 分割の表示	特願2013-109708 (P2013-109708) の分割
原出願日	平成23年9月12日 (2011. 9. 12)
(31) 優先権主張番号	特願2010-268401 (P2010-268401)
(32) 優先日	平成22年12月1日 (2010. 12. 1)
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)

(71) 出願人 000004237  
日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目 7番 1号  
(74) 代理人 100080816  
弁理士 加藤 朝道  
(72) 発明者 秋好 一平  
東京都港区芝五丁目 7番 1号 日本電気株  
式会社内  
F ターム (参考) 5K030 GA03 HA08 HB13 HC20 HD03  
LB07 LC01 LC11

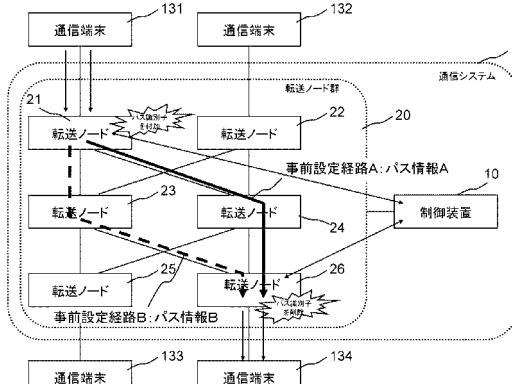
(54) 【発明の名称】通信システム、制御装置、通信方法及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】配下の転送ノードを集中制御する制御装置の負荷を軽減する。

【解決手段】通信システムは、転送経路に対応する識別子を含むパケットを、当該識別子に基づいて転送する第1のノードと、前記第1のノードで構成されるネットワークの端部に設けられた第2のノードと、新規パケットフローの発生に応じて、当該新規パケットフローに割り当てられた識別子を前記パケットフローに属するパケットに付加することを前記第2のノードに指示する制御装置と、を含む。

### 【選択図】図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

転送経路に対応する識別子を含む追加ヘッダが付与されたパケットを、当該識別子に基づいて転送する第1のノードと、

前記第1のノードで構成されるネットワークの端部に設けられ、受信パケットの処理規則を記憶するテーブルを備える第2のノードと、

対応する処理規則が前記テーブルに未設定の新規パケットフローに属する前記受信パケットに、当該新規パケットフローに割り当てられた識別子を含む前記追加ヘッダを付加することを示す前記処理規則を、前記第2のノードに通知する制御装置と

を含むことを特徴とする通信システム。

10

**【請求項 2】**

前記識別子は、前記転送経路を固有に識別可能な情報である

請求項1の通信システム。

**【請求項 3】**

前記第1のノードは、予め設定された転送規則と、パケットに付与された前記追加ヘッダに含まれる前記識別子に基づいてパケットを転送する

請求項1または2の通信システム。

**【請求項 4】**

前記制御装置は、前記新規パケットフローの転送経路を決定し、該転送経路に対応する識別子を前記新規パケットフローに割り当てる

20

請求項1乃至3のいずれかの通信システム。

**【請求項 5】**

前記制御装置は、

前記新規パケットフローに割り当てられた識別子を含む前記追加ヘッダを削除することを示す前記処理規則を、当該新規パケットフローの送信先の端末と接続する前記第2のノードに通知する

請求項1乃至4のいずれかの通信システム。

**【請求項 6】**

転送経路に対応する識別子を含む追加ヘッダが付与されたパケットを当該識別子に基づいて転送する第1のノードで構成されたネットワークの端部に設けられ、受信パケットの処理規則を記憶するテーブルを備える第2のノードと通信する第一の手段と、

30

対応する処理規則が前記テーブルに未設定の新規パケットフローに属する前記受信パケットに、当該新規パケットフローに割り当てられた識別子を含む前記追加ヘッダを付加することを示す前記処理規則を、前記第2のノードに通知する第二の手段と

を含むことを特徴とする情報処理装置。

**【請求項 7】**

前記識別子は、前記転送経路を固有に識別可能な情報である

請求項6の情報処理装置。

**【請求項 8】**

前記第二の手段は、前記識別子をパケットに付加し、予め設定された転送規則とパケットに付与された前記追加ヘッダに含まれる前記識別子に基づいてパケットを転送する前記第1のノードに、前記識別子を付加したパケットを転送することを、前記第2のノードに指示する

40

請求項6または7の情報処理装置。

**【請求項 9】**

前記第二の手段は、前記新規パケットフローの転送経路を決定し、該転送経路に対応する識別子を前記新規パケットフローに割り当てる

請求項6乃至8のいずれかの情報処理装置。

**【請求項 10】**

前記新規パケットフローに割り当てられた識別子を含む前記追加ヘッダを削除すること

50

を示す前記処理規則を、当該新規パケットフローの送信先の端末と接続する前記第2のノードに通知する第四の手段

を含むことを特徴とする請求項6乃至9のいずれかの情報処理装置。

【請求項11】

転送経路に対応する識別子を含む追加ヘッダが付与されたパケットを当該識別子に基づいて転送するノードで構成されたネットワークの端部に設けられた通信ノードであって、受信パケットの処理規則を記憶するテーブルと、

対応する処理規則が前記テーブルに未設定の新規パケットフローに属する前記受信パケットに、当該新規パケットフローに割り当てられた識別子を含む前記追加ヘッダを付加することを示す前記処理規則を、制御装置から受信する第一の手段と、

前記制御装置から受信した前記処理規則に基づいて、前記識別子を含む前記追加ヘッダを前記受信パケットに付与する第二の手段と

を含むことを特徴とする通信ノード。

【請求項12】

前記新規パケットフローに割り当てられた識別子を含む前記追加ヘッダを削除することを示す前記処理規則を、前記制御装置から受信する第三の手段と、

前記制御装置から受信した前記処理規則に基づいて、前記識別子を含む前記追加ヘッダを前記受信パケットから削除する第四の手段と、

を含むことを特徴とする請求項11の通信ノード。

【請求項13】

転送経路に対応する識別子を含む追加ヘッダが付与されたパケットを当該識別子に基づいて転送する第1のノードで構成されたネットワークの端部に設けられ、受信パケットの処理規則を記憶するテーブルを備える第2のノードと通信し、

対応する処理規則が前記テーブルに未設定の新規パケットフローに属する前記受信パケットに、当該新規パケットフローに割り当てられた識別子を含む前記追加ヘッダを付加することを示す前記処理規則を、前記第2のノードに通知することを特徴とする通信方法。

【請求項14】

前記識別子は、前記転送経路を固有に識別可能な情報である

請求項13の通信方法。

【請求項15】

転送経路に対応する識別子を含む追加ヘッダが付与されたパケットを当該識別子に基づいて転送するノードで構成されたネットワークの端部に設けられた通信ノードによる通信方法であって、

受信パケットの処理規則をテーブルに記憶し、

対応する処理規則が前記テーブルに未設定の新規パケットフローに属する前記受信パケットに、当該新規パケットフローに割り当てられた識別子を含む前記追加ヘッダを付加することを示す前記処理規則を、制御装置から受信し、

前記制御装置から受信した前記処理規則に基づいて、前記識別子を含む前記追加ヘッダを前記受信パケットに付与することを特徴とする通信方法。

【請求項16】

前記識別子は、前記転送経路を固有に識別可能な情報である

請求項15の通信方法。

【請求項17】

前記新規パケットフローの送信先の端末が接続する前記通信ノードにおいて、前記新規パケットフローに割り当てられた前記識別子を含む前記追加ヘッダを前記受信パケットから削除することを特徴とする請求項15又は16の通信方法。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

## 【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2010-268401号（2010年12月1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、通信装置、制御装置、パケットフローの転送経路の制御方法及びプログラムに関し、特に、受信パケットに適合する処理規則に従って、受信パケットを処理する転送ノードを用いて通信を実現する通信システム、制御装置、通信方法及びプログラムに関する。

10

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、オープンフロー（OpenFlow）という技術が提案されている（特許文献1、非特許文献1、2参照）。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、最適化を行うものである。転送ノードとして機能するオープンフロースイッチは、制御装置と位置付けられるオープンフロー・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マッチングルール（ヘッダフィールド）と、フロー統計情報（Counters）と、処理内容を定義したアクション（Actions）と、の組が定義される。

20

## 【0003】

オープンフローを用いた通信システムの一例が図11に記載されている。図11に示すように、この通信システム1Aは、オープンフロー・コントローラに相当する制御装置110と、オープンフロースイッチに相当するフロースイッチ121～126と、から構成されている。この通信システム1Aは、接続されている通信端末131～134間の通信を実現可能となっている。

30

## 【0004】

図12のシーケンスを参照して、上記オープンフローを用いた通信システムの動作を説明する。ここでは、図11の通信端末131が通信端末134と2種類の通信を開始する例を用いて説明する。

## 【0005】

フロースイッチ121は、通信端末131が送信した1つ目の通信用のパケットを受信すると（図12のS901）、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マッチングルールを持つ処理規則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らなかった場合、フロースイッチ121は、受信したパケットをバッファリングした後、セキュアチャネルを介して、制御装置110に対して受信パケット情報を具備した新規フロー検出通知（Packet-In）メッセージを送信し、受信パケットの送信元・送信先に基づいたパケットの転送経路の決定を依頼する（図12のS902）。

40

## 【0006】

前記依頼を受けた制御装置110は、新規フロー検出通知の情報からパケットの到達先を通信端末134と特定する。制御装置110は、1つ目の通信用のパケットの転送経路として、フロースイッチ121から前記特定した通信端末134が接続されたフロースイッチ126に到る経路を計算する。ここでは、1つ目の通信用のパケットの転送経路として、フロースイッチ121 フロースイッチ123 フロースイッチ126という経路が計算されたものとする。

## 【0007】

制御装置110は、上記経路上のフロースイッチに対し、上記転送経路を実現するパケットの転送ルールを定めた処理規則の設定（FlowMod）メッセージを送信して、そ

50

それぞれのフローテーブルに、処理規則エントリを格納させる（図12のS903-1～S903-3）。フロースイッチ121は、設定された処理規則エントリを用いて、バッファリングしたパケットを転送する（図12のS904）。上記ステップS903-2、S903-3で既にパケット転送経路上のフロースイッチ123、126のフローテーブルに処理規則エントリが設定されているため、フロースイッチ121から送出された1つの通信用のパケットを受信するフロースイッチ123、126は、制御装置110にパケットの経路決定依頼をすることなく、パケット転送を行う。

#### 【0008】

続いて、フロースイッチ121は、通信端末131が送信した2つ目の通信用のパケットを受信すると（図12のS905）、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マッチングルールを持つ処理規則エントリを検索する。2つ目の通信は1つ目と使用するポート番号が異なるので、1つ目の通信同様、受信パケットに適合するエントリが見つからないため、フロースイッチ121は、受信したパケットをバッファリングした後、セキュアチャネルを介して、制御装置110に対して受信パケット情報を具備した新規フロー検出通知（Packet-In）メッセージを送信し、受信パケットの送信元・送信先に基づいたパケットの転送経路の決定を依頼する（図12のS906）。

#### 【0009】

前記依頼を受けた制御装置110は、新規フロー検出通知の情報からパケットの到達先を通信端末134と特定する。制御装置110は、2つ目の通信用のパケットの転送経路として、フロースイッチ121から前記特定した通信端末134が接続されたフロースイッチ126に到る経路を計算する。ここでは、1つ目の通信用のパケットの転送経路として、フロースイッチ121 フロースイッチ124 フロースイッチ126という経路が計算されたものとする。

#### 【0010】

制御装置110は、上記経路上のフロースイッチに対し、上記転送経路を実現するパケットの転送ルールを定めた処理規則の設定（FlowMod）メッセージを送信して、それぞれのフローテーブルに、処理規則エントリを格納させる（図12のS907-1～S907-3）。フロースイッチ121は、設定された処理規則エントリを用いて、バッファリングしたパケットを転送する（図12のS908）。上記ステップS907-2、S907-3で既にパケット転送経路上のフロースイッチ124、126のフローテーブルに処理規則エントリが設定されているため、フロースイッチ121から送出された1つの通信用のパケットを受信するフロースイッチ124、126は、制御装置110にパケットの経路決定依頼をすることなく、パケット転送を行う。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0011】

【特許文献1】国際公開第2008/095010号

#### 【非特許文献】

#### 【0012】

【非特許文献1】Nick McKeownほか7名、“OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks”、[online]、[平成22年9月17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) [平成22年9月17日検索]、インターネット URL: http://www.openflowswitch.org/documents/openflow-spec-v1.0.0.pdf

#### 【発明の概要】

10

20

30

40

50

**【発明が解決しようとする課題】****【0013】**

以下の分析は、本発明によって与えられたものである。

以上のように、オープンフローを用いた通信システムによれば、フロー単位で経路上のスイッチの処理規則エントリを制御することで、同一通信端末間で行われる通信であってもフロー特性が異なれば（図11、図12の例ではポート番号が異なる。）、異なる経路を選択することができるなど柔軟な経路制御を実現しうる。

**【0014】**

しかしながら、その反面、オープンフローを用いた通信システムは、オープンフローコントローラのような制御装置で、通信システム内の全フロースイッチの経路制御を行うものとなっている。このため、新規フローが発生するたびに、制御装置はこの新規フローが通る経路上のフロースイッチ全てに処理規則を設定しなければならず、制御負荷が高くなってしまうという問題点がある。

10

**【0015】**

本発明は、上記した事情に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、上記オープンフローコントローラのように、配下の転送ノードを集中制御する制御装置の負荷を軽減できる通信システム、制御装置、通信方法及びプログラムを提供することにある。

20

**【課題を解決するための手段】****【0016】**

本発明の第1の視点によれば、転送経路に対応する識別子を含む追加ヘッダが付与されたパケットを、当該識別子に基づいて転送する第1のノードと、前記第1のノードで構成されるネットワークの端部に設けられ、受信パケットの処理規則を記憶するテーブルを備える第2のノードと、対応する処理規則が前記テーブルに未設定の新規パケットフローに属する前記受信パケットに、当該新規パケットフローに割り当てられた識別子を含む前記追加ヘッダを付加することを示す前記処理規則を、前記第2のノードに通知する制御装置とを含むことを特徴とする通信システムが提供される。

**【0017】**

本発明の第2の視点によれば、転送経路に対応する識別子を含む追加ヘッダが付与されたパケットを当該識別子に基づいて転送する第1のノードで構成されたネットワークの端部に設けられ、受信パケットの処理規則を記憶するテーブルを備える第2のノードと通信する第一の手段と、対応する処理規則が前記テーブルに未設定の新規パケットフローに属する前記受信パケットに、当該新規パケットフローに割り当てられた識別子を含む前記追加ヘッダを付加することを示す前記処理規則を、前記第2のノードに通知する第二の手段とを含むことを特徴とする情報処理装置が提供される。

30

**【0018】**

本発明の第3の視点によれば、転送経路に対応する識別子を含む追加ヘッダが付与されたパケットを当該識別子に基づいて転送するノードで構成されたネットワークの端部に設けられた通信ノードであって、受信パケットの処理規則を記憶するテーブルと、対応する処理規則が前記テーブルに未設定の新規パケットフローに属する前記受信パケットに、当該新規パケットフローに割り当てられた識別子を含む前記追加ヘッダを付加することを示す前記処理規則を、制御装置から受信する第一の手段と、前記制御装置から受信した前記処理規則に基づいて、前記識別子を含む前記追加ヘッダを前記受信パケットに付与する第二の手段とを含むことを特徴とする通信ノードが提供される。

40

本発明のさらなる視点によれば、転送経路に対応する識別子を含む追加ヘッダが付与されたパケットを当該識別子に基づいて転送する第1のノードで構成されたネットワークの端部に設けられ、受信パケットの処理規則を記憶するテーブルを備える第2のノードと通信し、対応する処理規則が前記テーブルに未設定の新規パケットフローに属する前記受信パケットに、当該新規パケットフローに割り当てられた識別子を含む前記追加ヘッダを付加することを示す前記処理規則を、前記第2のノードに通知することを特徴とする通信方

50

法が提供される。

本発明のさらなる視点によれば、転送経路に対応する識別子を含む追加ヘッダが付与されたパケットを当該識別子に基づいて転送するノードで構成されたネットワークの端部に設けられた通信ノードによる通信方法であって、受信パケットの処理規則をテーブルに記憶し、対応する処理規則が前記テーブルに未設定の新規パケットフローに属する前記受信パケットに、当該新規パケットフローに割り当てられた識別子を含む前記追加ヘッダを付加することを示す前記処理規則を、制御装置から受信し、前記制御装置から受信した前記処理規則に基づいて、前記識別子を含む前記追加ヘッダを前記受信パケットに付与する

ことを特徴とする通信方法が提供される。本方法は、通信システムを構成する転送ノードおよび制御装置という、特定の機械に結びつけられている。

10

#### 【0019】

本発明の第4の視点によれば、予め設定された経路に従って受信パケットを転送する処理規則が設定され、受信パケットに含まれるパス識別子に基づいて処理規則を選択しパケット転送を行う転送ノードと、接続された制御装置に実行させるプログラムであって、前記経路上にある転送ノードに、事前に前記処理規則を設定する処理と、所定の契機により、前記経路の始点と終点に位置する転送ノードに、前記経路に応じたパス識別子の受信パケットへの付加と削除とをそれぞれを実行させる処理とを実行させるプログラムが提供される。なお、このプログラムは、コンピュータが読み取り可能な記憶媒体に記録することができる。即ち、本発明は、コンピュータプログラム製品として具現することも可能である。

20

#### 【発明の効果】

#### 【0020】

本発明によれば、配下の転送ノードを集中制御する制御装置の負荷を軽減することが可能になる。

20

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0021】

【図1】本発明の概要を説明するための図である。

30

【図2】本発明の第1の実施形態の通信システムの構成例を示す図である。

【図3】本発明の第1の実施形態の制御装置の構成例を示す図である。

【図4】本発明の第1の実施形態の制御装置のパス情報記憶部に記憶される内容を説明するための図である。

30

【図5】本発明の第1の実施形態の動作例（処理規則の事前設定）を示すシーケンス図である。

30

【図6】図4のステップS013以降の制御装置の処理の流れを表わした流れ図である。

【図7】本発明の第1の実施形態の動作例（新規フロー発生時）を示すシーケンス図である。

30

【図8】本発明の第2の実施形態の通信システムの構成例を示す図である。

40

【図9】本発明の第2の実施形態の制御装置の処理の流れを表わした流れ図である。

40

【図10】本発明の第2の実施形態の制御装置のパス情報記憶部に記憶される内容を説明するための図である。

40

【図11】非特許文献1、2の通信システムの構成例を説明するための図である。

40

【図12】非特許文献1、2の通信システムの動作例を説明するためのシーケンス図である。

40

#### 【発明を実施するための形態】

40

#### 【0022】

はじめに、本発明の概要について説明する。本発明は、図1に示すように、予め設定された経路（図1の事前設定経路A、B）に従って受信パケットを転送する処理規則が設定され、受信パケットに含まれるパス識別子に基づいて処理規則を選択しパケット転送を行う転送ノード21～26と、前記経路上にある転送ノード（図1の転送ノード21、23、24、26）に、事前に前記処理規則を設定するとともに、新規フローが発生した際に

50

、前記経路の始点と終点に位置する転送ノード（図1の転送ノード21、26）に、前記経路に応じたパス識別子の受信パケットへの付加と削除とをそれぞれを実行させる制御装置10と、により実現できる。なお、この概要に付記した図面参照符号は、理解を助けるための一例として各要素に便宜上付記したものであり、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。

【0023】

具体的には、通信端末131から通信端末134を宛先とする新規フローが発生した際に、予め計算した経路の始点に位置する転送ノード21が、制御装置からの指示に基づいて、受信パケットにパス識別子（例えば、事前設定経路Aに対しパス識別子A）を付加してから次ホップに転送するステップと、予め計算した経路上の転送ノード24が、制御装置10から予め設定された処理規則の中から、受信パケットに含まれる前記パス識別子（例えば、パス識別子A）に基づいて処理規則を選択し受信パケットを転送ノード26に転送するステップと、前記経路の終点に位置する転送ノード26が、制御装置からの指示に基づいて、受信パケットを前記パス識別子を付加する前に復元してから次ホップに転送するステップと、とにより実現される。

10

【0024】

同様に、新規フローの転送経路として事前設定経路Bを選択してパケット転送を行わせることもできる。

【0025】

以上のように、本発明によれば、事前に設定した経路上の転送ノード（始点・終点の転送ノードを除く。）からの処理規則の設定要求が不要となるため、制御装置10の負荷を低減することができる。

20

【0026】

〔第1の実施形態〕

次に、本発明の第1の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。図2は、本発明の第1の実施形態の通信システムの構成例を示す図である。図2を参照すると、制御装置10と、転送ノード群20と、から構成された通信システム1が示されている。

【0027】

転送ノード群20は、複数の転送ノード21～26から構成されている。

30

【0028】

さらに、この通信システム1には、通信端末131～134が接続されている。

【0029】

なお、転送ノードに隣接して記載されている#1、#2などの記号は各転送ノードにおけるポート番号を示しているものとする。

【0030】

本実施形態を簡易に説明するため、エッジノードとコアノードの2つの用語をここで定義する。エッジノードとは、後述の経路の始点、もしくは終点となる転送ノードを意味する。コアノードとは、後述のパスの始点もしくは終端とならない転送ノードを意味する。

【0031】

ここで、以下の実施形態を効率良く説明するため、「経路」と「パス」という言葉を定義する。「経路」とは通信システム1を介して通信を行う通信端末間で送受信されるデータパケットが通る、1つ以上の転送ノードで構成される情報である。また、「経路」は方向性を持っている。例えば、ある2つの通信端末が行きと帰りで同じ転送ノードを使用したとしても、経路としては行きと帰りで別物である。それに対し、「パス」とは、1つ以上の「経路」で構築され、通信システム1内でコアノードに属する転送ノードでのパケット転送ルールの設定粒度である。そのため、特定の経路で見た場合、エッジノードとコアノードは排他的に存在するが、転送ノードの視点で見ると、ある経路ではエッジノードだが、別の経路ではコアノードというように、エッジノードとコアノードの両方の役目を担う転送ノードも存在しうる。

40

【0032】

50

また以下の実施形態では、エッジノードが、パスを識別するための後述のパス識別子をパケットの宛先MACアドレスに埋め込み、コアノードが、宛先MACアドレスに埋め込まれたパス識別子を見て、アクションを決めるようなパケット転送を行う想定で説明する。前記パス識別子を埋め込む箇所は、未使用的ヘッダフィールド等、種々の箇所に埋め込むことができる。

【0033】

図3は、図2の制御装置10の詳細構成を表した図である。図3を参照すると、制御装置10は、転送ノード21～26との通信を行う通信部11と、制御メッセージ処理部12と、アクション計算部13と、転送ノード管理部14と、トポロジ管理部15と、端末位置情報管理部16と、処理規則管理部17Aと、パス情報管理部18Aとを備えて構成される。これらはそれぞれ次のように動作する。

10

【0034】

制御メッセージ処理部12は、転送ノード21～26から受信した制御メッセージを解析して、制御装置10内の該当する処理手段に制御メッセージ情報を引き渡す。

【0035】

アクション計算部13は、端末位置情報管理部16にて管理されている通信端末の位置情報と、パス情報管理部18Aにて構築されたパス情報に基づいてパケットの転送経路上の転送ノードに実行させるアクションを求める。

【0036】

転送ノード管理部14は、制御装置10によって制御されている転送ノードの能力（例えば、ポートの数や種類、サポートするアクションの種類など）を管理する。

20

【0037】

トポロジ管理部15は、通信部11を介して収集された転送ノードの接続関係に基づいてネットワークトポロジ情報を構築する。また、トポロジ情報に変化が見られたら、パス情報管理部18Aにその旨を通知する。

30

【0038】

端末位置情報管理部16は、通信システムに接続している通信端末の位置を特定するための情報を管理する。本実施形態では、通信端末を識別する情報としてIPアドレスを、通信端末の位置を特定するための情報として、通信端末が接続している転送ノードを識別する情報とそのポートの情報を使用するものとして説明する。もちろん、これらの情報に代えて他の情報を用いて、端末とその位置を特定するものとしても良い。

30

【0039】

処理規則管理部17Aは、どの転送ノードにどのような処理規則が設定されているかを管理する。具体的には、アクション計算部13にて計算された結果を処理規則として処理規則記憶部17Bに登録し、転送ノードに処理規則を設定すると共に、転送ノードからの処理規則削除通知などにより、転送ノードにて設定された処理規則に変更が生じた場合にも対応して処理規則記憶部17Bの登録情報をアップデートする。

【0040】

パス情報管理部18Aは、通信システム1内で通信に使うパス情報を管理する。具体的には、通信システム1のトポロジ構成に変更があった際に、通信に使う経路を導出し、前記経路からコアノードに設定する処理規則の設定粒度となるパスを算出し、パス毎に転送ノード群20内でユニークな識別子を割り当て、パス情報記憶部18Bに登録し、アクション計算部13と連携して、（コアノードからの要求によらず）コアノードに設定される処理規則を更新する。

40

【0041】

また、パス情報管理部18Aは、アクション計算部13からパス情報を要求された際には、該当するパス情報を返す。図4は、パス情報記憶部18Bに記憶されるパス情報を説明するための図である。パス情報は、始点転送ノード、終点転送ノード、パス識別子と経路情報で構成される。

【0042】

50

始点転送ノードおよび終点転送ノードは、それぞれ経路の始点と終点にあたる転送ノードである。ここで使用される転送ノードを識別する情報としては、転送ノードのIPアドレスやMACアドレスでも良いし、その他専用の識別子を使用しても良い。

【0043】

パス識別子は後述の経路情報で定義されるパス情報を転送ノード群20内でユニークに識別するための固定長の情報である。

【0044】

経路情報とは、パス情報管理部18Aで通信端末間の通信に使うパスとして選択されたパスの具体的な情報を、転送ノードとそのポート情報の1つ以上の組み合わせで示す情報である。例えば、図4のPath#000Xで識別されるエントリの経路情報は、転送ノード21のポート#2 転送ノード23のポート#4通り、終点転送ノードである転送ノード26に届くことが分かる(図1の事前設定経路B参照)。

10

【0045】

また図4のテーブル構成からわかるように、本実施形態におけるパスとは、単方向で、特定の2つの転送ノード間を特定する経路と1対1に対応している。

【0046】

なお、上記した構成のうち、制御装置10にて処理規則を保持する必要が無い場合、処理規則記憶部17Bは省略することが可能である。また、処理規則記憶部17Bやパス情報記憶部18Bを別途外部サーバ等に設ける構成も採用可能である。

20

【0047】

上記のような制御装置10は、非特許文献1、2のオープンフローコントローラをベースに、上記パス情報管理部18Aを追加するようにした構成にて実現することも可能である。

【0048】

また、図1に示した制御装置10の各部(処理手段)は、制御装置10を構成するコンピュータに、そのハードウェアを用いて、上記した各処理を実行させるコンピュータプログラムにより実現することもできる。

【0049】

なお、図2に示した制御装置10の各部(処理手段)は、制御装置10を構成するコンピュータに、そのハードウェアを用いて、上記した各処理を実行させるコンピュータプログラムにより実現することもできる。

30

【0050】

転送ノード21～26は、パケットを受信すると、処理規則を格納する処理規則記憶部から、受信したパケットに適合するマッチングルール(照合規則)を持つ処理規則を探し出し、その処理規則に紐づいているアクション通りの処理(例えば、特定のポートへの転送、ラッピング、廃棄など)を実施する。

【0051】

また、転送ノード21～26は、パケットを処理する度に、該当処理規則のアクションフィールド内のタイマー(タイムアウト情報)をリセットする。タイマーが0になると、転送ノード21～26は、処理規則記憶部から、該当処理規則を削除する。これにより、使用されなくなった処理規則がいつまでも残ってしまい、意図しないアクションが実行されてしまう事態が防止される。

40

【0052】

なお、上記した転送ノード21～26は、非特許文献1、2のオープンフロースイッチと同等の構成にて実現することも可能である。この場合、処理規則記憶部は、非特許文献1のオープンフロースイッチのフローエントリを格納するフローテーブルに相当する。

【0053】

続いて、本実施形態の動作について図面を参照して詳細に説明する。はじめに、制御装置10によるコアノードへの処理規則の事前設定について説明する。

【0054】

50

図5は、制御装置10がコアノードに処理規則を事前設定する際の一連の手順を表わしたシーケンス図である。

【0055】

図5を参照すると、まず、転送ノード21は起動すると、制御装置10と制御チャネルを構築する(図5のS001)。ここで確立される制御チャネルとは、例えば、制御チャネル用のポート番号を用いたTCP(Transmission Control Protocol)やSSL(Secure Socket Layer)のコネクションである。そして、転送ノード21は、転送能力通知メッセージを介して、自身に関する情報を制御装置10に通知する(図5のS002)。

10

【0056】

ここで、転送ノード21が制御装置10に送信する情報には、例えば、転送ノード自身の識別子(本実施形態では、転送ノードの符号21)、各ポート情報、サポートするアクション情報などが挙げられる。制御装置10および転送ノード21として、非特許文献1、2のオープンフローコントローラとオープンフロースイッチを用いる場合、転送能力通知メッセージとして、Feature Request/Replyメッセージを用いることができる。

20

【0057】

その他転送ノード自身の識別子としては、例えば、IPアドレスを送信してもよい。もちろん、識別子としてIPアドレス以外の情報を送信してもよい。ポート情報は、例えば、転送ノードの各ポートのポート識別子、個々のポートに接続されているリンクの種別(リンクタイプ情報)、個々のポートに接続されているリンクに関連する情報である。上記のポートの識別子として、例えば、ポート番号を用いることができる。リンクタイプ情報は、例えば、Ethernet(登録商標)、ファイバチャネル等のフレームタイプの異なるリンク種別を表す情報である。リンクに関連する情報の内容は、リンクの種別により変化する。例えば、リンクの種別がEthernet(登録商標)である場合、リンクに関連する情報として、MACアドレスや、サポートする通信速度や、通信方式(例えば、全二重、半二重)等が挙げられる。リンクに関連する情報は、リンクの属性情報と称することもできる。アクション情報は、例えば、通常のパケット転送に加え、MACアドレス変換やIPアドレス変換、L4ポート番号変換などのサポートしているアクションの情報である。

30

【0058】

制御装置10は、転送ノード21から転送能力通知メッセージを受信すると、その内容を転送ノード管理部14に記憶する。

【0059】

同様にして、制御装置10は、転送ノード22～26と制御チャネルを構築し、転送ノード22～26の転送能力を転送ノード管理部14に記憶する(図5のS003～S012)。

40

【0060】

前記各転送ノードの転送能力の収集が完了すると、制御装置10は、コアノードがデータパケットの転送に使うパス情報を導出するための事前準備として、転送ノード群20内のトポロジ探索を行い、その結果をトポロジ管理部15に記憶する(図5のS013)。

【0061】

トポロジ情報が更新されると、パス情報管理部18Aはコアノードがデータパケットの転送に使うパス情報の導出を行い、アクション計算部13と連携してコアノードとなる転送ノード(図2、図5の転送ノード23、24)にパス情報に基づいた処理規則を設定する(図5のS014、S015)。

【0062】

次に、図6を参照して上記制御装置10のパス情報管理部18Aによる処理規則の設定の流れについて説明する。

50

【0063】

バス情報管理部 18 A は、トポロジ管理部 15 からの通知等によりトポロジ状態が変更したことを検出すると(ステップ S101)、前記変更後のトポロジ情報に基づいて通信端末間で通信に使う経路を計算する(ステップ S102)。

【0064】

次に、バス情報管理部 18 A は、前記計算した経路にバス識別子を割り当て、バス情報としてバス情報記憶部 18 B に登録する(ステップ S104)。そして、バス情報管理部 18 A がバス情報をアクション計算部 13 に通知すると、アクション計算部 13 は受信したバス情報の中からコアノードに設定すべき処理規則を作成し(ステップ S105)、該当する転送ノードにその処理規則を設定する(ステップ S106)。ここでアクション計算部 13 が作成する処理規則は、バス識別子が埋め込まれた宛先 MAC アドレスをマッチングルール(照合規則)として使用し、バス情報の経路情報(図 4 参照)で指定されているポート番号に転送するアクションが記述されたものである。

10

【0065】

続いて、図 7 を参照して、上記のように事前設定された処理規則を用いた実際の通信の流れについて説明する。以下の説明では、図 2 の通信端末 131 が通信端末 134 と、使用するポートが異なる 2 種類の通信を開始する例を用いて説明する。

【0066】

まず、通信端末 131 は、通信端末 134 宛てに 1 つ目の通信用のデータパケットを送信する(図 7 の S201)。

20

【0067】

転送ノード 21 はデータパケットを受信すると、処理規則記憶部から、受信したパケットに適合するマッチングルール(照合規則)を持つ処理規則を検索する。しかし、このパケットは通信端末 131 が通信端末 134 に宛てた最初のパケットであるため、該当する処理規則は存在しない。そこで、転送ノード 21 は受信したパケットをバッファリングしてから、制御装置 10 に新規フロー検出通知を送信する(図 7 の S202)。この新規フロー検出通知には処理規則の識別・作成に必要な情報(例えば、MAC アドレス、IP アドレス、ポート番号(それぞれ送信元と宛先両方含む))とパケット受信ポート情報が含まれている。

【0068】

なお、上記のように処理規則の識別・作成に必要な情報のみ制御装置 10 に送ることに代えて、転送ノード 21 が制御装置 10 に受信したパケットそのものを送信することとしても良い。

30

【0069】

制御装置 10 は、新規フロー検出通知を受信すると、アクション計算部 13 にて、新規フロー検出通知に含まれる情報から、送信元 IP アドレス、新規フローを検出した転送ノードとその入力ポートの特定を行う。そして、アクション計算部 13 は、端末位置情報管理部 16 に記憶されている同一 IP アドレスを持つ通信端末(通信端末 131)の位置情報に変更があれば、新規フロー検出通知に含まれていた転送ノードとその入力ポート情報を位置情報として登録する。

40

【0070】

続いて、アクション計算部 13 は、端末位置情報管理部 16 を参照し、新規フロー検出通知に含まれる宛先 IP アドレスから、通信端末 134 の位置情報を特定する。

【0071】

前記送信元と宛先の通信端末の位置特定が完了すると、アクション計算部 13 は、バス情報管理部 18 A に、始点転送ノードを転送ノード 21、終点転送ノードを転送ノード 26 とした経路に対応したバス情報を要求する。

【0072】

バス情報管理部 18 A はバス情報記憶部 18 B を参照し、始点および終点転送ノードの情報から、バス識別子を選択し、対応するバス情報をアクション計算部 13 に通知する。

【0073】

50

なお、始点および終点転送ノードを共有するパス識別子が複数ある場合には、予め定めたアルゴリズムに基づいて、その中から1つのパス識別子を選択するようすればよい。本実施形態ではこのアルゴリズムについて特に限定しないが、例を挙げると、ランダム選択やラウンドロビン選択、または処理規則管理部17Aと連携し、使用されているパス識別子の数がより少ないものを選択するなどのアルゴリズムが考えられる。ここではパス識別子として、Path # 000Xが選択されたものとする。

【0074】

アクション計算部13は、パス情報を取得すると、新規処理規則のマッチングルール（照合規則）の決定およびエッジノードとなる転送ノード21と転送ノード26に実行させるアクションを計算する。ここではマッチングルール（照合規則）として、送信元および宛先両方のIPアドレスとポート番号が、それぞれ通信端末131および134で決定されたものとする。

10

【0075】

そして、アクション計算部13は、始点転送ノードである転送ノード21には宛先MACアドレスをPath # 000Xに変換した後、パス情報に基づいてポート#2に転送するアクションを計算する。終点転送ノードである転送ノード26には、アクション計算部13は、宛先MACアドレスを通信端末134のMACアドレスに変換（復元）した後、通信端末134の位置情報であるポート#2に転送するアクションを計算する。

20

【0076】

制御装置10は、前記決定したマッチングルール（照合規則）とアクションに基づき、処理規則を作成し、始点および終点転送ノードである転送ノード21、26に設定する（図7のS203-1、S203-2）。

20

【0077】

制御装置10は、処理規則の設定後、転送ノード21、26に設定した処理規則を処理規則管理部17Aに登録する。

30

【0078】

以上のように、処理規則の設定が完了すると、転送ノード21は、処理規則に従って、バッファリングしてある1つ目用のデータパケットのMACアドレスを変換した後、転送ノード23に転送する。前記パス情報に対応する経路上にあり、このパケットを受信することになる転送ノード23には、既に処理規則の事前設定が行われているので（図5のS014参照）、このパケットは転送ノード21、23、26の順で転送され、通信端末134に届く（図7のS204）。

30

【0079】

続いて、通信端末131は、通信端末134宛てに、上記したデータパケットとは別の通信フローに属する2つ目の通信用のデータパケットを送信する（図7のS205）。

40

【0080】

転送ノード21はデータパケットを受信すると、処理規則記憶部から、受信したパケットに適合するマッチングルール（照合規則）を持つ処理規則を検索する。しかし、このパケットは、1つ目のデータパケットと使用するポート番号が異なるので、該当する処理規則は存在しない。そこで、転送ノード21は受信したパケットをバッファリングしてから、制御装置10に新規フロー検出通知を送信する（図7のS206）。

【0081】

以降の処理は、制御装置10がパス識別子としてPath # 000Y（図4参照）を選択すること以外、1回目のデータパケットの処理と同じである。始点と終点の転送ノードに処理規則の設定が完了すると、始点の転送ノード21から処理規則に従ってパケットが送出されると、このパケットを受信することになる転送ノード24には、既に処理規則の事前設定が行われているので（図5のS015参照）、このパケットは転送ノード21、24、26の順で転送され、通信端末134に届く（図7のS208）。

【0082】

その後は、端末装置131から端末装置134に宛てられたパケットは、上述した2つ

50

の処理規則に従って、2つの経路により転送される（図7のS209、S210）。

【0083】

以上のように、本実施形態によれば、コアノードからの新規フロー検出通知を受けることが無く、また、制御装置10は始点と終点の転送ノードに処理規則を設定すればよいので、制御装置10の負荷を低減し、高速なパケット転送を行うことが可能になる。

【0084】

本実施形態によれば、同一通信端末間で行われる通信パケットであっても、異なる通信に属するパケットをそれぞれ異なる経路で転送することができる。その理由は、パス識別子という、エッジノードおよびコアノードの双方が保持する情報をマッチングルール（照合規則）とする処理規則を設定するためである。

10

【0085】

また、上記した実施形態からも明らかなように、本発明は、通信システムの規模に非依存で適用可能である。その理由は、経路上の転送ノード群やそのアクション列でパス情報を記述したり、フローを識別するのではなく、パス自体を固定長の識別子で指定するため、経由する転送ノードの数に依らず情報量が一定という特徴を持つためである。

【0086】

また、本実施形態ではパケット内の復元可能な任意のフィールドに前記パス識別子を埋め込む方式としているため、経路の始点もしくは終点となる転送ノードにおいてパケットのフラグメントやその復元といった追加の処理を不要とすることにも成功している。

20

【0087】

同様に本実施形態ではコアノードにおける処理も簡素化されており、MPLS（Multi-Protocol Label Switching）で行われているようなラベルの付け替えのような追加処理を必要としない。

【0088】

なお、上記した実施形態では、制御装置10は、新規フロー検出通知を受信した際に、データパケットの送信方向の経路しか設定していないが、双方向（通信端末131から通信端末134の方向と通信端末134から通信端末131の方向）を同時に設定しても良い。この場合は、アクション計算部13が、始点および終点転送ノードを逆転させて、再度パス情報管理部18Aに問い合わせても良いし、パス情報管理部18Aが単方向のパス情報要求に対して、双方向のパス情報を返しても良い。

30

【0089】

また、上記した実施形態では、パス識別子を埋め込むフィールドとして、宛先MACアドレスを用いたが、フィールドの種類は特に制限しない。例えば、送信元MACアドレスや送信元IPアドレス、宛先IPアドレスなど、終点転送ノードで復元可能なフィールドをパス識別子を埋め込むフィールドとして用いることができる。また、カプセル化のように新たなヘッダを追加するアクションを設定し、その追加ヘッダ内にパス識別子を埋め込む方式も採用可能である。

【0090】

また、上記した実施形態では、データパケットが転送ノードに届くことをトリガとして、制御装置10が処理規則の設定を行なうものとして説明したが、データパケット受信以外の契機で処理規則を設定することとしても良い。例えば、転送ノードから収集したトラヒック情報等により、決まった時刻にトラヒックが発生することが判明しているのであれば、前もって、始点と終点の転送ノードに処理規則を設定してしまってもよい。

40

【0091】

〔第2の実施形態〕

続いて、本発明の第2の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。上記した第1の実施形態では、パス情報と経路を1対1に対応させていたが、トポロジが複雑になるに従いパス識別子、即ち、コアノードに設定する処理規則のエントリ数が増えてしまうことが考えられる。そこで、第2の実施形態では、経路における終点転送ノードとして同じ転送ノードを使用する複数の経路を集約し、1つのパス識別子を付与するようにしたもの

50

である。その他の基本的な構成は上記した第1の実施形態と同様であるので、以下その相違点を中心に説明する。

【0092】

図8は、本発明の第2の実施形態の通信システムの構成例を示す図である。上記した第1の実施形態の構成との相違点は、転送ノード23のポート#5に通信端末135が接続されている点である。

【0093】

本実施形態においても、制御装置10によるコアノードへの処理規則の事前設定が行われる(図5参照)。図9は、本実施形態の制御装置10のパス情報管理部18Aによる処理規則の設定の流れを表わした図である。

10

【0094】

図6に示した第1の実施形態との相違点は、経路計算の終了後(ステップS102)、経路情報の統合処理が行われる点である(ステップS103)。

【0095】

上記した経路情報の統合処理では、経路における終点転送ノードとして同じ転送ノードを使用し、重複するパスを持つ複数の経路に同一のパス識別子を付与する処理が行われる。

【0096】

図10は、パス情報記憶部18Bに格納されるパス情報の構成例を示す。図8の例では、図4を用いて説明した第1の実施形態のパス情報記憶部と同様に、パス情報は、パス識別子、始点転送ノード、終点転送ノードと経路情報で構成される。但し、可読性の向上のため、テーブルの構成要素の並びを図4と変えている。

20

【0097】

図8の例では、転送ノード23を始点転送ノードとし、転送ノード26を終点転送ノードとする経路を包含する、転送ノード21を始点転送ノードとし、転送ノード26を終点転送ノードとする経路に、パス識別子Path#000Xを割り当てている。また、転送ノード21を始点転送ノードとし、転送ノード26を終点転送ノードとする経路と、転送ノード22を始点転送ノードとし、転送ノード26を終点転送ノードとする経路とで構成される経路木に、パス識別子Path#000Yを割り当てている。

30

【0098】

その後の処理規則の事前設定や新規フレーム検出通知後の動作は上記した第1の実施形態と同様である。

【0099】

本実施の形態では、複数の経路を1つのパスに統合することにより、コアノードに設定する処理規則の数をより削減できるという効果を得ることができる。

【0100】

以上、本発明の好適な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く、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に示した転送ノードの数は一例であって、その数に特に制限はない。

40

【0101】

また上記した実施形態では、通信システム1に含まれる転送ノード群は1つだけであったが、複数の転送ノード群を含んでいても良い。この場合、転送ノード群を仮想的な一つの転送ノードとみなして、転送ノード群毎にパス識別子を割り当てて管理することもできる。そして、複数の複数の転送ノード群を介して通信が行われる場合には、本実施形態で説明した転送ノード群が1つの場合の処理をそれぞれの転送ノード群で行えばよい。

【0102】

また上記した実施形態では、経路制御対象のパケットはEthernet(登録商標)フレームであるものとして説明したが、Ethernet(登録商標)ヘッダを含まないIPパケットでも良い。

50

なお、上記の特許文献、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。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。

#### 【0103】

最後に、本発明の好ましい形態を要約する。

##### [第1の形態]

（上記第1の視点による通信システム参照）

10

##### [第2の形態]

第1の形態において、

制御装置は、前記転送ノードからの新規フロー検出通知の受信を契機に、前記経路の始点と終点に位置する転送ノードに、前記経路に応じたパス識別子の受信パケットへの付加と削除とをそれぞれを実行させる通信システム。

##### [第3の形態]

第1または第2の形態において、

前記制御装置は、

前記転送ノードによって構成される複数の経路に、それぞれパス識別子を付与した経路情報を記憶する経路情報記憶部と、

20

新規フローが発生した際に、前記経路情報記憶部から適切な経路を選択する経路情報管理部と、

前記経路情報記憶部から選択した経路上にある転送ノードに、事前に処理規則を設定するとともに、当該選択した経路の始点と終点に位置する転送ノードに、前記経路に応じたパス識別子の受信パケットへの付加と削除とをそれぞれを実行させる処理規則を設定するアクション計算部と、

を備える通信システム。

##### [第4の形態]

第1から第3いずれか一の形態において、

30

前記制御装置は、

前記転送ノードによって構成されるネットワークトポロジの変化が検出される度に、任意の転送ノード間の経路の再計算と、前記経路に対応する処理規則の設定を行う通信システム。

##### [第5の形態]

第4の形態において、

前記任意の転送ノード間の経路のうち、終点の転送ノードが同一であり、重複する区間を持つ経路に同一のパス識別子を付与する通信システム。

##### [第6の形態]

（上記第2の視点による制御装置参照）

40

##### [第7の形態]

第6の形態において、

前記転送ノードからの新規フロー検出通知の受信を契機に、前記経路の始点と終点に位置する転送ノードに、前記経路に応じたパス識別子の受信パケットへの付加と削除とをそれぞれを実行させる制御装置。

##### [第8の形態]

第6または第7の形態において、

さらに、

前記転送ノードによって構成される複数の経路に、それぞれパス識別子を付与した経路情報を記憶する経路情報記憶部と、

新規フローが発生した際に、前記経路情報記憶部から適切な経路を選択する経路情報管

50

理部と、

前記経路情報記憶部から選択した経路上にある転送ノードに、事前に処理規則を設定するとともに、当該選択した経路の始点と終点に位置する転送ノードに、前記経路に応じたパス識別子の受信パケットへの付加と削除とをそれぞれを実行させる処理規則を設定するアクション計算部と、

を備える制御装置。

[第9の形態]

第6から第8いずれかの形態において、

前記転送ノードによって構成されるネットワークトポロジの変化が検出される度に、任意の転送ノード間の経路の再計算と、前記経路に対応する処理規則の設定を行う制御装置

10

。

[第10の形態]

第9の形態において、

前記任意の転送ノード間の経路のうち、終点の転送ノードが同一であり、重複する区間を持つ経路に同一のパス識別子を付与する制御装置。

[第11の形態]

(上記第3の視点による通信方法参照)

[第12の形態]

(上記第4の視点によるプログラム参照)

【符号の説明】

20

【0104】

1、1A 通信システム

10、110 制御装置

11 通信部

12 制御メッセージ処理部

13 アクション計算部

14 転送ノード管理部

15 トポロジ管理部

16 端末位置情報管理部

17A 処理規則管理部

30

17B 処理規則記憶部

18A パス情報管理部

18B パス情報記憶部

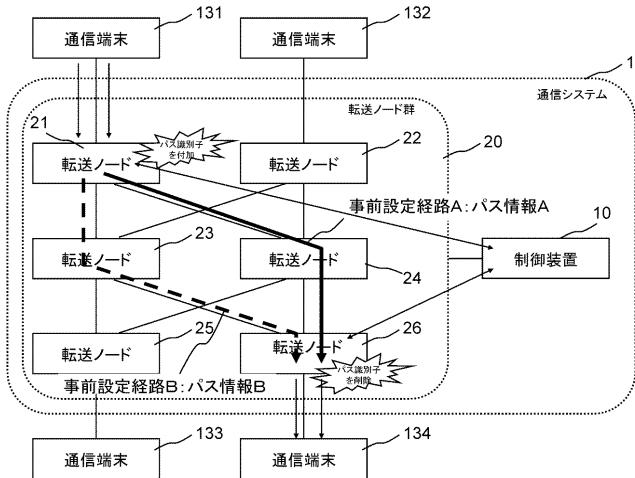
20 転送ノード群

21~26 転送ノード

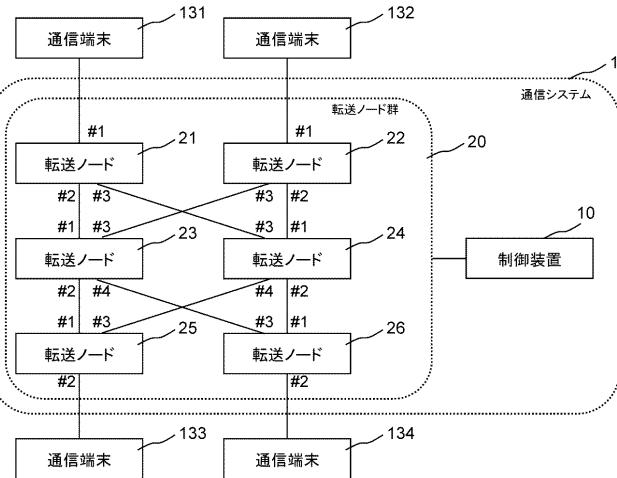
121~126 フロースイッチ

131~135 通信端末

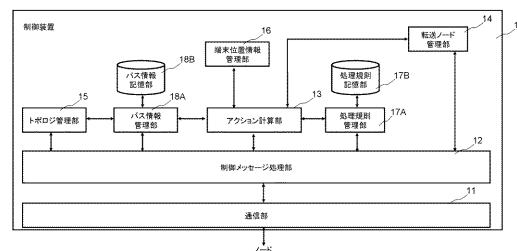
【図1】



【図2】



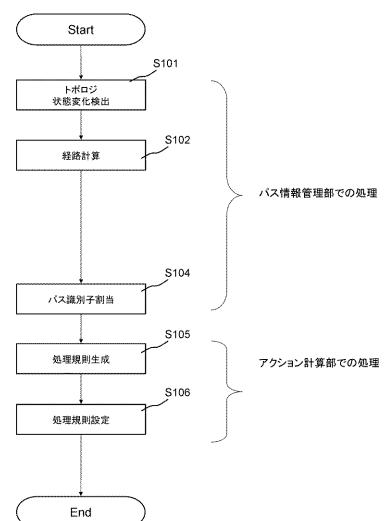
【図3】



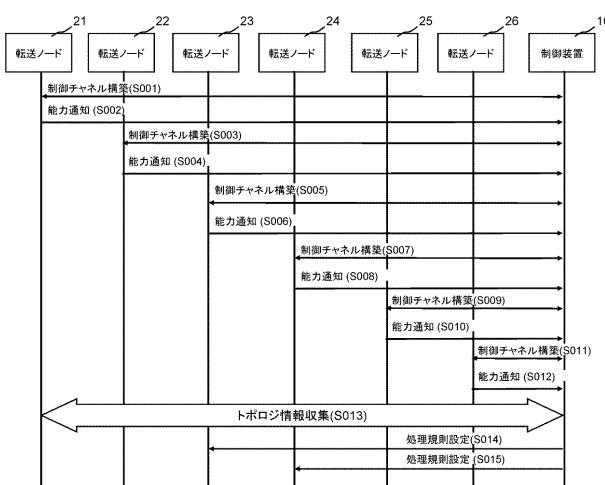
【図4】

始点転送ノード	終点転送ノード	バス識別子	経路情報
転送ノード21	転送ノード22	Path#0001	転送ノード21_#2→転送ノード23_#3
:	:	:	:
転送ノード26	Path#000X		転送ノード21_#2→転送ノード23_#4
			Path#000Y 転送ノード21_#3→転送ノード24_#2
転送ノード22	:	:	:
:	:	:	:

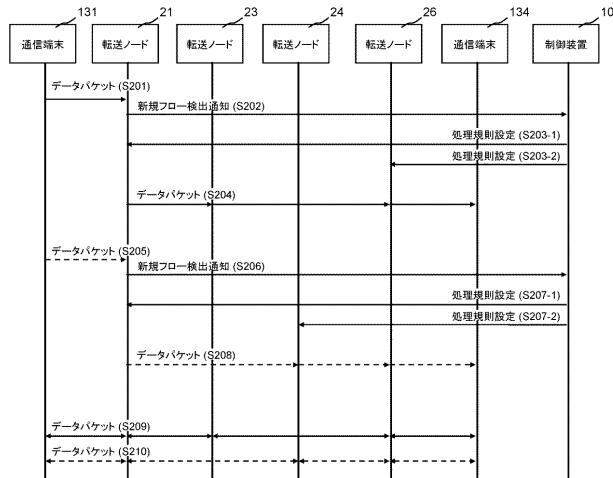
【図6】



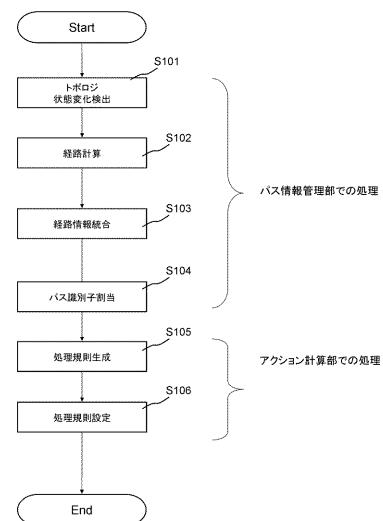
【図5】



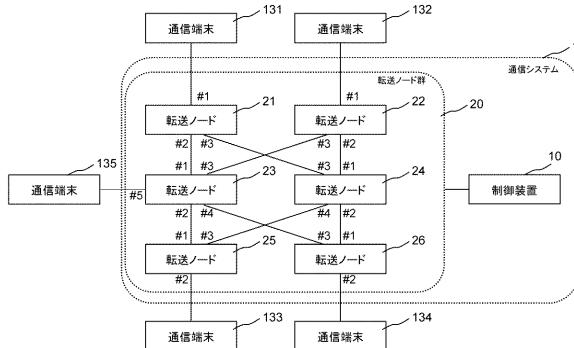
【図7】



【図9】



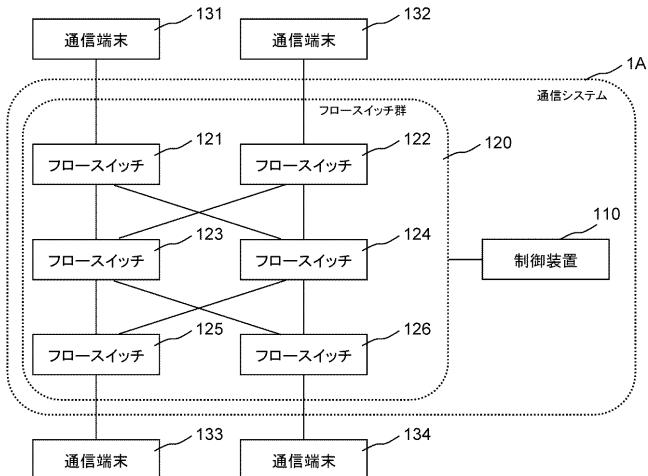
【図8】



【図10】

バス識別子	始点転送ノード	終点転送ノード	経路情報
Path#0001	転送ノード21	転送ノード22	転送ノード21_#2→転送ノード23_#3
Path#000X	転送ノード21	転送ノード26	転送ノード21_#2→転送ノード23_#4
	転送ノード23	転送ノード26	転送ノード23_#4
Path#000Y	転送ノード21	転送ノード26	転送ノード21_#3→転送ノード24_#2
Path#000Y	転送ノード22	転送ノード26	転送ノード22_#2→転送ノード24_#2

【図11】



【図12】

