

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6323339号
(P6323339)

(45) 発行日 平成30年5月16日(2018.5.16)

(24) 登録日 平成30年4月20日(2018.4.20)

(51) Int.Cl.

F 1

H04L 12/717 (2013.01)
H04L 12/803 (2013.01)H04L 12/717
H04L 12/803

請求項の数 20 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2014-560154 (P2014-560154)
 (86) (22) 出願日 平成25年6月12日 (2013.6.12)
 (65) 公表番号 特表2015-519765 (P2015-519765A)
 (43) 公表日 平成27年7月9日 (2015.7.9)
 (86) 國際出願番号 PCT/JP2013/003673
 (87) 國際公開番号 WO2013/187054
 (87) 國際公開日 平成25年12月19日 (2013.12.19)
 審査請求日 平成28年5月11日 (2016.5.11)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-135031 (P2012-135031)
 (32) 優先日 平成24年6月14日 (2012.6.14)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 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 千葉 靖伸
 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株
 式会社内
 (72) 発明者 須堯 一志
 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株
 式会社内
 審査官 速水 雄太

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】通信システム、制御装置、通信方法、制御方法及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

パケットの処理規則を検索する複数の制御装置と、
 前記制御装置から通知された処理規則に従ってパケットを処理する複数のパケット処理手段と、

パケット処理手段の各々に対して、当該パケット処理手段を制御する制御装置を割当てる割当手段と、

前記複数の制御装置により共有され、前記処理規則に関する情報を格納するデータベースと、を含み、

前記制御装置の各々は、パケット処理手段から処理規則の通知を要求されると、前記データベースを参照して前記パケットを処理するための処理規則を検索し、前記制御装置に割当されたパケット処理手段のうち、処理規則の通知を要求した前記パケット処理手段に、検索した処理規則を通知する、

通信システム。

【請求項2】

前記制御装置の各々は、制御対象のパケット処理手段に対応する情報を前記データベースから検索し、検索された情報に基づいて、前記制御対象のパケット処理手段に送信する前記処理規則を決定する、

請求項1の通信システム。

【請求項3】

10

20

前記制御装置の各々は、制御対象のパケット処理手段が変更されたことに応じて、前記データベースの参照領域を変更する、

請求項 1 又は 2 の通信システム。

【請求項 4】

前記データベースは、前記情報を、複数のパケット処理手段の各々に対応する領域に区分して格納する、

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の通信システム。

【請求項 5】

前記制御装置の各々は、所定の周期で前記データベースを参照し、前記割当手段により割当てられたパケット処理手段に通知する処理規則があるか否かを確認する、

請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の通信システム。

【請求項 6】

前記制御装置の各々は、前記データベースの内容が変更されたことを示す通知を受信したことに応じて、前記データベースを参照する、

請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の通信システム。

【請求項 7】

前記割当手段は、所定の規則に基づいて、それぞれのパケット処理手段に対して、当該パケット処理手段を制御する制御装置を割当てる、

請求項 1 乃至 6 のいずれかの一項に記載の通信システム。

【請求項 8】

前記割当手段は、制御装置の負荷状況に基づいて、それぞれのパケット処理手段に対して、当該パケット処理手段を制御する制御装置を割当てる、

請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の通信システム。

【請求項 9】

前記割当手段は、パケット処理手段の位置に関する情報に基づいて、それぞれのパケット処理手段に対して、当該パケット処理手段を制御する制御装置を割当てる、

請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の通信システム。

【請求項 10】

前記割当手段は、それぞれのパケット処理手段に割り当てられた制御装置を他の制御装置に変更する機能を有する、

請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の通信システム。

【請求項 11】

前記割当手段は、制御装置が停止した場合に、前記停止した制御装置に代わってパケット処理手段を制御する制御装置を決定する、

請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の通信システム。

【請求項 12】

パケットの処理を制御する制御装置であって、

パケット処理手段から処理規則の通知を要求されると、前記制御装置と他の制御装置とで共有されるデータベースを参照し、前記パケットの処理方法に関する処理規則を検索する第一の手段と、

検索した前記処理規則を、前記制御装置に割当てられたパケット処理手段のうち、処理規則の通知を要求した前記パケット処理手段に対して通知する第二の手段と、
を含む制御装置。

【請求項 13】

前記第一の手段は、前記制御装置に割当てられたパケット処理手段に対応する情報を前記データベースから検索し、検索された情報に基づいて、当該パケット処理手段に送信する前記処理規則を決定する、

請求項 12 の制御装置。

【請求項 14】

前記第一の手段は、制御対象のパケット処理手段が変更されたことに応じて、前記データベースを

10

20

30

40

50

ターベースの参照領域を変更する、
請求項 1 2 又は 1 3 の制御装置。

【請求項 1 5】

前記データベースは、前記情報を、複数のパケット処理手段の各々に対応する領域に区分して格納する、

請求項 1 3 の制御装置。

【請求項 1 6】

前記制御装置は、所定の周期で前記データベースを参照し、割当手段により割当てられたパケット処理手段に通知する処理規則があるか否かを確認する、

請求項 1 2 乃至 1 5 のいずれか一項に記載の制御装置。

10

【請求項 1 7】

前記制御装置は、前記データベースの内容が変更されたことを示す通知を受信したことに応じて、前記データベースを参照する、

請求項 1 2 乃至 1 6 のいずれか一項に記載の制御装置。

【請求項 1 8】

複数の制御装置がパケットの処理を制御する通信方法であって、

複数のパケット処理手段の各々に、当該パケット処理手段を制御する制御装置を割当て、

前記制御装置の各々が、パケット処理手段から処理規則の通知を要求されると、複数の制御装置で共有されるデータベースを参照して、前記パケットを処理するための処理規則を検索し、

前記制御装置の各々が、割当てられたパケット処理手段に対して、検索した前記処理規則を通知する、

通信方法。

【請求項 1 9】

パケットの処理を制御する制御装置における制御方法であって、

パケット処理手段から処理規則の通知を要求されると、前記制御装置と他の制御装置とで共有されるデータベースを参照し、前記パケットの処理方法に関する処理規則を検索し、

検索した前記処理規則を、前記制御装置に割当てられたパケット処理手段のうち、処理規則の通知を要求した前記パケット処理手段に対して通知する、

制御方法。

【請求項 2 0】

パケットの処理を制御する制御装置に、

パケット処理手段から処理規則の通知を要求されると、前記制御装置と他の制御装置とで共有されるデータベースを参照し、前記パケットの処理方法に関する処理規則を検索する処理と、

検索した前記処理規則を、前記制御装置に割当てられたパケット処理手段のうち、処理規則の通知を要求した前記パケット処理手段に対して通知する処理と、

を実行させるプログラム。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、日本国特許出願：特願 2 0 1 2 - 1 3 5 0 3 1 号（2 0 1 2 年 6 月 1 4 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、通信方法、制御方法及びプログラムに関し、制御装置の制御に従ってパケットを処理する通信システム、制御装置、通信方法、制御方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

50

【0002】

近年、コンピュータがスイッチやルータ等の通信機器によるパケット転送を集中制御する技術が提案されている。

【0003】

特許文献1は、通信システムのスイッチが、制御装置から通知された指示に従って、パケットを処理する技術を開示する。制御装置は、通信システム上の複数のスイッチを集中制御する。

【0004】

非特許文献1は、複数の制御装置が通信システム上の複数のスイッチの制御を分担する技術を開示する。

10

【先行技術文献】**【特許文献】****【0005】**

【特許文献1】国際公開第2008/095010号

【非特許文献】**【0006】**

【非特許文献1】Rob Sherwoodほか6名、“FlowVisor: A Network Virtualization Layer”、[Online]、[平成24(2012)年5月28日検索]、インターネットURL：<http://www.openflow.org/downloads/technicalreports/openflow-tr-2009-1-flowvisor.pdf>

20

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

上記の特許文献および非特許文献の全開示内容は、本書に引用をもって繰り込み記載されているものとする。特許文献1のように、制御装置が複数の通信機器(スイッチやルータ等)を集中制御すると、制御装置の負荷が増大する可能性がある。制御装置の負荷増大は、通信システムのパフォーマンス低下の要因となる可能性がある。

【0008】

非特許文献1のように、複数の制御装置で通信機器の制御を分担することが開示されているが、制御装置の障害回避等の、複数の制御装置の運用管理を容易にする構成については開示がない。

30

【課題を解決するための手段】**【0009】**

本発明の第1の視点において、通信システムは、パケットの処理規則を検索する複数の制御装置と、制御装置から通知された処理規則に従ってパケットを処理する複数のパケット処理手段と、パケット処理手段の各々に対して、当該パケット処理手段を制御する制御装置を割当てる割当手段と、複数の制御装置により共有され、前記処理規則に関する情報を格納するデータベースと、を含み、制御装置の各々は、パケット処理手段から処理規則の通知を要求されると、前記データベースを参照して前記パケットを処理するための処理規則を検索し、前記制御装置に割当てられたパケット処理手段のうち、処理規則の通知を要求した前記パケット処理手段に、検索した処理規則を通知する。

40

【0010】

本発明の第2の視点において、制御装置は、パケットの処理を制御する制御装置であって、パケット処理手段から処理規則の通知を要求されると、制御装置と他の制御装置とで共有されるデータベースを参照し、前記パケットの処理方法に関する処理規則を検索する第一の手段と、検索した処理規則を、前記制御装置に割当てられたパケット処理手段のうち、処理規則の通知を要求した前記パケット処理手段に対して通知する第二の手段と、を含む。

【0011】

本発明の第3の視点において、通信方法は、複数の制御装置がパケットの処理を制御す

50

る通信方法であって、複数のパケット処理手段の各々に、当該パケット処理手段を制御する制御装置を割当て、制御装置の各々が、パケット処理手段から処理規則の通知を要求されると、複数の制御装置で共有されるデータベースを参照して、前記パケットを処理するための処理規則を検索し、制御装置の各々が、割当てられたパケット処理手段に対して、検索した前記処理規則を通知する。

【0012】

本発明の第4の視点において、制御方法は、パケットの処理を制御する制御装置における制御方法であって、パケット処理手段から処理規則の通知を要求されると、制御装置と他の制御装置とで共有されるデータベースを参照し、パケットの処理方法に関する処理規則を検索し、決定した前記処理規則を、前記制御装置に割当てられたパケット処理手段のうち、処理規則の通知を要求した前記パケット処理手段に対して通知する。

10

【0013】

本発明の第5の視点において、プログラムは、パケットの処理を制御する制御装置に、パケット処理手段から処理規則の通知を要求されると、制御装置と他の制御装置とで共有されるデータベースを参照し、パケットの処理方法に関する処理規則を検索する処理と、検索した前記処理規則を、前記制御装置に割当てられたパケット処理手段のうち、処理規則の通知を要求した前記パケット処理手段に対して通知する処理と、を実行させる。このプログラムは、コンピュータが読み取り可能な、非トランジット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】

【0014】

本発明は、制御装置の負荷を分散させ、複数の制御装置の運用管理を容易化できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】第1の実施形態のシステム構成の例を示す図である。

【図2】第1の実施形態の動作例を示す図である。

【図3】第1の実施形態の動作例を示す図である。

【図4】制御装置が参照するデータベースの例を示す図である。

30

【図5】第1の実施形態の動作例を示すフローチャートである。

【図6】割当ユニットの構成の例を示す図である。

【図7】割当ユニットが有するデータベースの例を示す図である。

【図8】割当ユニットが有するデータベースの例を示す図である。

【図9】割当ユニットが有するデータベースの例を示す図である。

【図10】制御装置が参照するデータベースの例を示す図である。

【図11】第3の実施形態の動作例を示す図である。

【図12】第3の実施形態の動作例を示す図である。

【図13】第4の実施形態に関連する技術を説明する図である。

【図14】第4の実施形態に関連する技術を説明する図である。

40

【図15】第4の実施形態の制御装置の構成の例を示す図である。

【図16】第4の実施形態のパケット処理ユニットの構成の例を示す図である。

【図17】第4の実施形態の動作例を示すシーケンス図である。

【図18】第5の実施形態のシステム構成の例を示す図である。

【図19】第5の実施形態の動作例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

[第1の実施形態]

図1は、第1の実施形態の通信システムの構成例を示す。図1は例示であり、本発明の通信システムの構成は、図1に限定されない。

50

【0017】

通信システムは、複数の制御装置1、割当ユニット2、複数のパケット処理ユニット3、制御情報DB(Data base)4を含む。制御装置1の各々は、制御情報DB4を共有し、制御情報DB4を参照してパケット処理ユニット3を制御する。各制御装置1がデータベースを共有するので、各制御装置1は、パケット処理ユニットを制御するための制御情報を記憶しなくてもよい。よって、制御対象となるパケット処理ユニットの切り替えた場合や、障害が発生した制御装置1を交換した場合等に、各制御装置1は、制御装置間で制御情報の引継ぎ等の処理を実行しなくてもよく、制御装置の運用管理が容易となる。

【0018】

10

それぞれのパケット処理ユニット3は、制御装置1から通知された処理規則に従ってパケットを処理する。例えば、パケット処理ユニット3は、制御装置1から通知された処理規則に従って、パケットの転送、パケットヘッダの書き換え、パケットの廃棄等の処理を実行する。なお、パケット処理ユニット3は、例えば、スイッチやルータ等の通信機器である。また、パケット処理ユニット3は、スイッチやルータ等の通信機器と同等の機能をソフトウェア(仮想スイッチ)で構成されてもよい。

【0019】

図2は、制御装置1がパケット処理ユニット3に通知する処理規則の例を示す。

【0020】

20

制御装置1は、例えば、パケットの処理方法と、その処理方法の対象となるパケットを識別するための条件(照合ルール)とを含む処理規則を、パケット処理ユニットに送信する。照合ルールは、例えば、所定の宛先に送信されるパケット、所定の送信元から送信されたパケット等、パケットに含まれる情報に基づいて特定されるルールである。

【0021】

パケット処理ユニット3は、照合ルールに適合するパケットを、その照合ルールに対応する処理方法に従って処理する。

【0022】

割当ユニット2は、それぞれのパケット処理ユニット3に対して、当該パケット処理ユニット3を制御する制御装置1を割り当てる。割当ユニット2は、例えば、図3の例のように、パケット処理ユニット3-1に対して、制御装置1-1を割り当てる。なお、割当ユニット2は、システムに存在する制御装置1とパケット処理ユニット3とを管理しているものとする。

30

【0023】

なお、割当ユニット2は、パケット処理ユニット3から処理規則の問い合わせが送信される度に、パケット処理ユニット3に対して割り当てる制御装置1を決定してもよい。また、割当ユニット2は、制御装置1がパケット処理ユニットに対して処理規則を送信する度に、処理規則を送信した制御装置1に対応するパケット処理ユニット3を決定してもよい。つまり、割当ユニット2は、任意の契機で、各パケット処理ユニット3に対して制御装置を割り当てる。

【0024】

40

割当ユニット2は、制御装置1に対応するパケット処理ユニット3を複数選択してもよい。

【0025】

パケット処理ユニット3は、割当ユニット2により割り当てられた制御装置1から通知された指示に従って、パケットを処理する。つまり、制御装置1は、割当ユニット2により割り当てられたパケット処理ユニット3のみを制御すればよい。なお、割当ユニット2は、制御装置1に複数のパケット処理ユニット3を割り当てもよい。

【0026】

割当ユニット2は、例えば、パケット処理ユニット3の識別情報(例えば、IPアドレスやData path ID等)に基づいて、各パケット処理ユニット3に対して、対応

50

する制御装置 1 を割り当てる。また、割当ユニット 2 は、例えば、それぞれの制御装置 1 の間で負荷が分散されるように、制御装置 1 を割り当てる。例えば、割当ユニット 2 は、ラウンドロビンで、パケット処理ユニット 3 に対して制御装置 1 を割り振る。

【 0 0 2 7 】

制御情報 DB 4 は、各制御装置 1 が、割り当てられたパケット処理ユニット 3 に通知する処理規則に関する情報を管理する。なお、制御情報 DB 4 は、複数のデータベースで構成され、複数のデータベースがそれぞれの制御装置 1 に共有されてもよい。複数のデータベースで構成することで、制御情報 DB 4 が冗長化される。

【 0 0 2 8 】

図 4 は、制御情報 DB 4 が記憶する情報の例を示す。図 4 は例であり、制御情報 DB 4 が記憶する情報は、図 4 に限定されない。制御情報 DB 4 は、例えば、パケット処理ユニット 3 に通知するための処理規則の候補を管理する。また、例えば、制御情報 DB 4 は、制御装置 1 が処理規則を生成するために用いる情報（制御ポリシー等）を管理してもよい。

【 0 0 2 9 】

図 4 の例では、制御情報 DB 4 は、パケット処理ユニット 3 に通知する処理規則の候補を管理する。各処理規則は、例えば、照合ルールと処理方法を含む。パケット処理ユニット 3 は、処理規則に規定される処理方法に従って、パケットを処理する。パケット処理ユニット 3 は、照合ルールと受信パケットとを対比する。パケット処理ユニット 3 は、受信パケットが照合ルールにマッチする場合、その照合ルールに対応する処理方法で受信パケットを処理する。照合ルールは、例えば、パケットを通信フローとして識別するための条件である。通信フローは、所定の条件で識別される一連のパケットの流れである。照合ルールは、例えば、所定の宛先に送信されるパケット、所定の送信元から送信されたパケット等、パケットに含まれる情報に基づいて特定されるルールである。

【 0 0 3 0 】

それぞれの制御装置 1 は、制御情報 DB 4 を参照し、割り当てられたパケット処理ユニット 3 に対して通知する処理規則を決定する。また、それぞれの制御装置 1 は、制御情報 DB 4 の内容を更新してもよい。

【 0 0 3 1 】

図 5 は、第 1 の実施形態の動作例を示すフローチャートである。

【 0 0 3 2 】

割当ユニット 2 は、パケット処理ユニット 3 に対して制御装置 1 を割り当てる（S 1）。

。

【 0 0 3 3 】

制御装置 1 は、複数の制御装置により共有される制御情報 DB 4 を参照し、割り当てられたパケット処理ユニット 3 に通知するための処理規則を決定する（S 2）。

【 0 0 3 4 】

制御装置 1 は、決定した処理規則をパケット処理ユニット 3 に送信する（S 3）。パケット処理ユニット 3 は、割り当てられた制御装置 1 から通知された処理規則に従って、パケットを処理する。

【 0 0 3 5 】

それぞれの制御装置 1 が担当するパケット処理ユニット 3 の数が分散されるため、制御装置 1 の負荷が分散される。

【 0 0 3 6 】

また、制御装置 1 に障害が発生した場合、例えば、他の制御装置 1 が、障害が発生した制御装置 1 に代替して動作する。この場合、制御装置 1 は、共有された制御情報 DB 4 を参照するだけで障害が発生した制御装置 1 に代わって動作することができ、制御装置 1 は、障害が発生した制御装置からの情報の引継ぎ等の動作を考慮しなくてもよい。よって、本実施形態は、システムの障害回避を容易に実現できる。

[第 2 の実施形態]

10

20

30

40

50

第 2 の実施形態の通信システムの構成例は、図 1 と同様である。

【 0 0 3 7 】

図 6 は、第 2 の実施形態における割当ユニット 2 の構成例を示す。第 2 の実施形態では、割当ユニット 2 がパケット処理ユニット 3 に制御装置 1 を割り当てる動作例を説明する。

【 0 0 3 8 】

割当ユニット 2 は、制御部 2 0 、管理 DB (Data Base) 2 1 を含む。

【 0 0 3 9 】

制御部 2 0 は、管理 DB 2 1 を参照し、パケット処理ユニット 3 に割り当てる制御装置 1 を決定する。

10

【 0 0 4 0 】

図 7 は、管理 DB 2 1 が有するデータベースの例を示す。管理 DB 2 1 が有するデータベースの構成は、図 7 に限定されない。

【 0 0 4 1 】

管理 DB 2 1 は、例えば、制御装置 1 毎に、制御装置 1 の負荷と、制御装置 1 に割り当てられているパケット処理ユニット 3 とを管理する。制御部 2 0 は、それぞれの制御装置 1 の負荷を考慮して、パケット処理ユニット 3 に制御装置 1 を割り当てる。制御部 2 0 は、例えば、パケット処理ユニット 3 に、最も負荷が低い制御装置 1 を割り当てる。なお、管理 DB 2 1 は、各制御装置の動作状態（例えば、動作中もしくは停止中であることを示すステータス）を管理してもよい。

20

【 0 0 4 2 】

制御部 2 0 は、例えば、通信システムの起動時や、通信システムに新たなパケット処理ユニット 3 が追加されたときに、管理 DB 2 1 を参照して、制御装置 1 の割り当てを行う。制御部 2 0 は、通信システムに新たな制御装置 1 が追加されたときに、通信システム全体で、パケット処理ユニット 3 に対する制御装置 1 の割り当てを変更してもよい。

【 0 0 4 3 】

制御部 2 0 は、管理 DB 2 1 を参照して各制御装置 1 の負荷状況をモニタし、負荷状況に応じて、パケット処理ユニット 3 に対する制御装置 1 の割り当てを動的に変更してもよい。制御部 2 0 は、例えば、各制御装置 1 の負荷が、システム全体の制御装置 1 の負荷の平均値に近づくように、パケット処理ユニット 3 の割り当てを動的に変更する。例えば、制御部 2 0 は、ある制御装置 1 の負荷が、それぞれの制御装置の負荷の平均値よりも所定のしきい値以上高くなった場合、パケット処理ユニット 3 の割り当てを変更する。また、例えば、制御部 2 0 は、ある制御装置 1 の負荷が、それぞれの制御装置の負荷の平均値よりも所定にしきい値以上低い場合、パケット処理ユニット 3 の割り当てを変更する。

30

【 0 0 4 4 】

割当ユニット 2 は、パケット処理ユニット 3 の位置に関する情報に基づいて、制御装置の割り当てを行ってもよい。

【 0 0 4 5 】

割当ユニット 2 は、位置に関する情報として、例えば、制御装置 1 とパケット処理ユニット 3 との間の距離を参照して、制御装置 1 の割り当てを行ってもよい。管理 DB 2 1 は、図 8 の例のように、制御装置 1 とパケット処理ユニット 3 との間の距離に関する情報を管理する。管理 DB 2 1 は、例えば、各制御装置 1 について、通信システムに含まれるそれぞれのパケット処理ユニット 3 との間の距離を管理する。なお、割当ユニット 2 は、図 7 で例示した負荷状況と、図 8 で例示した距離とを考慮して、制御装置 1 の割り当てを行ってもよい。

40

【 0 0 4 6 】

制御装置 1 とパケット処理ユニット 3 との間の距離は、例えば、制御装置とパケット処理ユニットの位置関係に依存した距離や、通信システムのネットワーク構成（ネットワークトポロジ）に基づいて決定される距離である。また、制御装置 1 とパケット処理ユニット 3 との間の距離は、通信ホップ数であってもよい。

50

【0047】

制御部20は、例えば、パケット処理ユニット3に割り当てる候補となる制御装置1のうち、パケット処理ユニット3との距離が最小となる制御装置を、パケット処理ユニットに割り当てる。

【0048】

割当ユニット2は、位置に関する情報として、制御装置1とパケット処理ユニット3との間の通信コストを参照して、制御装置1の割当を行ってもよい。管理DB21は、図9の例のように、制御装置1とパケット処理ユニット3との間の通信コストに関する情報を管理する。管理DB21は、例えば、各制御装置1について、通信システムに含まれるそれぞれのパケット処理ユニット3との間の通信コストを管理する。なお、割当ユニット2は、図7で例示した負荷状況と、図9で例示した通信コストとを考慮して、制御装置1の割り当てを行ってもよい。

10

【0049】

通信コストは、例えば、制御装置1とパケット処理ユニット3との間のラウンドトリップタイムや、制御装置1とパケット処理ユニット3との間の通信ホップ数等から求められる。

【0050】

制御部20は、例えば、パケット処理ユニット3に割り当てる候補となる制御装置1のうち、パケット処理ユニット3との通信コストが最小となる制御装置を、パケット処理ユニットに割り当てる。

20

【0051】

割当ユニット2が負荷を考慮して制御装置を割り当てるので、パケット処理ユニットを制御するための各制御装置の負荷が分散される。また、パケット処理ユニットの位置に基づいて制御装置を割り当てるので、パケット処理ユニットと制御装置間の通信スループットが向上する。

[第3の実施形態]

図10は、制御情報DB4の構成例を示す。

【0052】

制御情報DB4は、例えば、図10の例のように、パケット処理ユニット3毎に、制御情報を管理する。各制御装置1は、割り当てられたパケット処理ユニット3に対応する領域を参照し、パケット処理ユニット3に通知する処理規則を決定する。また、各制御装置1は、割り当てられたパケット処理ユニット3に対応する領域の情報を更新してもよい。

30

【0053】

制御装置1は、例えば、パケット処理ユニット3から処理規則の通知を要求された場合に、制御情報DB4を参照して処理規則を決定する。また、制御装置1は、例えば、定期的に制御情報DB4を参照し、パケット処理ユニット3に通知すべき処理規則が確認された場合、パケット処理ユニット3に処理規則を通知してもよい。また、制御装置1は、制御情報DB4から、データベースが更新されたことを示す制御メッセージを受信したことに応じて、制御情報DB4を参照してもよい。

【0054】

40

図11は、あるパケット処理ユニット3に割り当てられた制御装置1が切り替わった場合の動作例を示す。図11の例では、パケット処理ユニット3-1に割り当てられた制御装置が、制御装置1-1から制御装置1-2に切り替わった例を示す。

【0055】

割当ユニット2は、例えば、制御装置1に障害が発生した場合、障害が発生した制御装置に代替してパケット処理ユニット3を制御する制御装置1を決定する。割当ユニット2は、障害が発生した制御装置1を、決定した制御装置1に切り替える。

【0056】

制御装置1-1は、パケット処理ユニット3-1用の制御情報の参照を停止する。パケット処理ユニット3-1の制御を新たに担当する制御装置1-2は、パケット処理ユニッ

50

ト3-1用の制御情報の参照を開始し、パケット処理ユニット3-1の制御を引き継ぐ。なお、制御装置1-1と1-2が制御情報DB4を共有しているため、制御装置1-2は、制御装置1-1との間で制御の引継ぎに関する処理を実行しなくてもよい。

【0057】

図12は、システムに新たな制御装置1が追加された場合の動作例を示す。図12の例では、システムに制御装置1-xが追加された例を示す。

【0058】

割当ユニット2は、追加された制御装置1-xに、パケット処理ユニット3-xを割り当てる。制御装置1-xは、パケット処理ユニット3-x用の制御情報を参照し、パケット処理ユニット3-xを制御する。

10

【0059】

第3の実施形態のように、各制御装置が制御情報DB4を共有することで、制御装置の増設によるスケールアウトや、障害回避が容易になる。制御装置は、単に共有データベースを参照するだけで、パケット処理ユニット3の制御を開始できるからである。制御装置1が複数のパケット処理ユニット3を集中制御する場合、制御装置1の負荷増大を抑止するため、制御装置1の数を増加させることが考えられる。第3の実施形態により、システム運用者は、非常に容易に制御装置1を増設することができる。また、障害回避のために制御装置を切り替える場合、データベースの参照先を変更するだけで、制御装置を切り替えることができ、システム運用者は、非常に容易に制御装置を切り替えることができる。

【0060】

20

また、各制御装置1が個別に制御情報を持たないので、パケット処理ユニット3の割当変更も容易になる。パケット処理ユニット3の割り当てが変更された場合、制御装置1は、制御情報DB4の参照先を変更するだけでよい。各制御装置1が個別に制御情報を持つ場合、割当変更時には、制御情報の移行が必要となる。しかし、各制御装置1が制御情報DB4を共有する構成とすることで、制御情報の移行等の処理は実行しなくてもよい。

【第4の実施形態】

第4の実施形態は、本願開示を、集中制御型のアーキテクチャを有するオープンフロー(OpenFlow)という技術を改良して実施する例を示す。

【0061】

図13及び図14を参照し、オープンフローについて説明する。

30

【0062】

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認識し、フロー単位で経路制御、障害回復、負荷分散等を実行する。図13に、オープンフローにより構成された通信システムの概要を示す。なお、フローとは、例えば、所定の属性を有する一連の通信パケット群である。オープンフロースイッチ600は、オープンフロー技術を採用したネットワークスイッチである。オープンフローコントローラ700は、オープンフロースイッチ600を制御する情報処理装置である。

【0063】

オープンフロースイッチ600は、オープンフローコントローラ700との間に設定されたセキュアチャネル701を介して、オープンフローコントローラと通信する。オープンフローコントローラ700は、セキュアチャネル701を介して、オープンフロースイッチ600のフローテーブル601の設定を行う。なお、セキュアチャネル701は、スイッチとコントローラ間の通信の盗聴や改ざん等を防止するための処置がなされた通信経路である。

40

【0064】

図14は、フローテーブル601の各エントリ(フローエントリ)の構成例を示す。フローエントリは、スイッチが受信したパケットの情報(例えば、宛先IPアドレスやVLAN ID等)と照合するためのマッチングルールと、パケットフロー毎の統計情報である統計情報(Counters)と、マッチングルールにマッチするパケットの処理方法を規定するアクション(Actions)とで構成される。

50

【0065】

オープンフロースイッチ600は、パケットを受信すると、フローテーブル601を参照する。オープンフロースイッチ600は、受信したパケットのヘッダ情報にマッチするフローエントリを検索する。受信パケットのヘッダ情報にマッチするエントリが検索された場合、オープンフロースイッチ600は、検索されたエントリのアクションフィールドに定義された処理方法に従って、受信パケットを処理する。処理方法は、例えば、“受信パケットを所定のポートから転送する”、“受信したパケットを廃棄する”、“受信パケットのヘッダの一部を書き換えて、所定のポートから転送する”といったことが規定されている。

【0066】

一方、受信パケットのヘッダ情報にマッチするエントリが見つからない場合、オープンフロースイッチ600は、例えば、セキュアチャネル701を介して、オープンフローコントローラ700に対して受信パケットを転送する。オープンフロースイッチ600は、受信パケットを転送することにより、コントローラに対して、受信パケットの処理方法を規定したフローエントリの設定を要求する。なお、受信パケットが、オープンフローコントローラ700へフローエントリの設定を要求することを規定したエントリにマッチした場合、オープンフロースイッチ600は、オープンフローコントローラ700に対してフローエントリの設定を要求してもよい。

【0067】

オープンフローコントローラ700は、受信パケットの処理方法を決定し、決定した処理方法を含むフローエントリをフローテーブル601に設定する。その後、オープンフロースイッチ600は、設定されたフローエントリにより、受信パケットと同一のフローに属する後続のパケットを処理する。

【0068】

第4の実施形態のシステム構成は、第1、第2もしくは第3の実施形態と同様である。図15、図16は、それぞれ、第4の実施形態の制御装置1Aとパケット処理ユニット3Aの構成の例を示す。図15の制御装置は、第3の実施形態のように、制御情報DB4を他の制御装置と共有する構成を有する。

【0069】

図15は、第4の実施形態の制御装置1Aの構成の例を示す。制御装置1Aは、通信部10、制御部11、割当管理DB12を含む。

【0070】

通信部10は、制御装置1Aに割り当てられたパケット処理ユニット3Aと通信する。通信部10は、パケット処理ユニット3Aに、処理規則を通知する。通信部10は、パケット処理ユニット3Aから、処理規則の送信要求を受信する。通信部10は、パケット処理ユニット3Aとの間に構築された制御チャネルを介して、パケット処理ユニット3Aと通信する。

【0071】

割当管理DB12は、制御装置1Aに割り当てられているパケット処理ユニット3Aを管理する。例えば、割当管理DB12は、制御装置1Aに割り当てられたパケット処理ユニットの識別情報を管理する。

【0072】

制御部11は、割当管理DB12を参照し、制御装置1Aに割り当てられたパケット処理ユニット3Aを確認する。制御部11は、制御情報DB4から、制御装置1Aに割り当てられたパケット処理ユニット3Aに関する制御情報を参照する。制御部11は、参照した制御情報に基づいて、パケット処理ユニット3Aに通知する処理規則を決定する。制御部11は、例えば、パケット処理ユニット3Aからの要求に応じて、処理規則を決定する。また、制御部11は、例えば、自律的に制御情報DB4を参照し、予めパケット処理ユニット3Aに処理規則を通知してもよい。

【0073】

10

20

30

40

50

図16は、第4の実施形態のパケット処理ユニット3Aの構成の例を示す。パケット処理ユニット3Aは、通信部30、パケット処理部31、処理規則DB32を含む。

【0074】

パケット処理部31は、パケットを受信すると、処理規則DB32から、受信したパケットに対応する処理規則を検索する。パケット処理部31は、例えば、処理規則の照合ルールと受信パケットのヘッダ情報とを比較し、パケットにマッチする照合ルールを有する処理規則を検索する。

【0075】

パケット処理部31は、受信したパケットに対応する処理規則に規定された処理方法に従って、パケットを処理する。

10

【0076】

パケット処理部31は、例えば、受信したパケットに対応する処理規則が存在しない場合や、検索された処理規則が制御装置への問い合わせを指示している場合に、制御装置に、受信パケットに対応する処理規則を問い合わせる。

【0077】

割当ユニット2は、パケット処理ユニット3Aから受信した問い合わせを、パケット処理ユニット3Aに割り当てられている制御装置1Aに転送する。割当ユニット2は、例えば、パケット処理ユニット3Aに割り当てられている制御装置1Aを管理するデータベースを有する。例えば、割当ユニット2は、パケット処理ユニット3Aに割り当てられた制御情報の識別情報や通信アドレス（例えばIPアドレス）を管理するデータベースを有する。

20

【0078】

図17は、第4の実施形態の動作例を示すシーケンス図である。図17は例であり、第4の実施形態の動作は図17に限定されない。

【0079】

割当ユニット2は、パケット処理ユニット3Aに対して、制御装置1Aを割り当てる。割当ユニット2は、例えば、第2の実施形態に示された方法に基づいて、パケット処理ユニット3Aに割り当てる制御装置1Aを決定する。

【0080】

パケット処理ユニット3Aは、割り当てられた制御装置1Aに対して、受信パケットに従って、受信パケットに応じて処理規則を問い合わせる。

30

【0081】

問い合わせを受信した制御装置1Aは、処理規則を決定し、決定した処理規則をパケット処理ユニット3Aに通知する。

【0082】

パケット処理ユニット3Aは、通知された処理規則に従ってパケットを処理する。

【0083】

第4の実施形態によれば、オープンフロー技術を利用して、本発明を実施することができる。

【第5の実施形態】

40

図18は、第5の実施形態のシステム構成の例を示す。

【0084】

第5の実施形態のシステムは、複数の制御装置1B、割当ユニット2、仮想スイッチ（Virtual Switch）3B、サーバ5、物理スイッチ6、仮想マシン（Virtual Machine）7を含む。

【0085】

仮想スイッチ3Bは、サーバ5で動作するソフトウェアで構成されたネットワークスイッチである。仮想スイッチ3Bは、他の実施形態のパケット処理ユニット3に対応する機能を有する。つまり、仮想スイッチ3Bは、制御装置1Bによる制御に基づいて、パケットを処理する。なお、仮想スイッチ3Bは、例えば、物理スイッチ6で構成されるネット

50

ワークの端点（エッジ）に位置する。

【0086】

複数の制御装置1Bは、制御情報DB4を共有する。

【0087】

サーバ5では、ソフトウェアにより構成されたコンピュータである仮想マシン（VM）7が動作している。仮想マシン7は、仮想スイッチ3Bを介して、他の仮想マシン7と通信する。

【0088】

割当ユニット2は、各仮想スイッチ3Bに対して、制御装置1Bを割り当てる。仮想スイッチ3Bは、割り当てられた制御装置1Bから通知された処理規則に従って、パケットを処理する。

10

【0089】

サーバ5は、例えば、物理スイッチ6で構成されたネットワークの端部（エッジ）に位置する。この場合、制御装置1Bは、ネットワークのエッジに存在する仮想スイッチ3Bの動作を制御する。

【0090】

仮想マシン7は、物理スイッチ6上に構築された仮想ネットワークを介して、他の仮想マシン7と通信する。仮想ネットワークは、例えば、VLAN (Virtual LAN) や NVGRE (Network Virtualization using Generic Routing Encapsulation) 等のプロトコルに基づいて構築される。

20

【0091】

図19を参照し、仮想マシン7間の通信動作の例を説明する。

【0092】

他の仮想マシン7と通信する場合、仮想マシン7は、物理スイッチ6上に構築された仮想ネットワークを介して通信する。図19の例では、仮想マシン7-1と仮想マシン7-3との通信は、仮想ネットワークIDが“A”のトンネルを介して実行され、仮想マシン7-2と仮想マシン7-4との通信は、仮想ネットワークIDが“B”のトンネルを介して実行される。

30

【0093】

仮想スイッチ3B-1に割り当てられた制御装置1Bは、例えば、仮想マシン7-3宛のパケットに仮想ネットワークID“A”的タグ（例えば、VLANタグ）を付与することを規定した処理規則を、仮想スイッチ3B-1に通知する。仮想スイッチ3B-1は、例えば、仮想マシン7-1から仮想マシン7-3宛のパケットを受信すると、制御装置1Bの指示に従い、パケットに対して仮想ネットワークID“A”を示すタグを付与してパケットを転送する。

【0094】

仮想スイッチ3B-2に割り当てられた制御装置1Bは、例えば、仮想マシン7-4宛のパケットに仮想ネットワークID“B”的タグ（例えば、VLANタグ）を付与することを規定した処理規則を、仮想スイッチ3B-2に通知する。仮想スイッチ3B-2は、例えば、仮想マシン7-2から仮想マシン7-4宛のパケットを受信すると、制御装置1Bの指示に従い、パケットに対して仮想ネットワークID“B”を示すタグを付与してパケットを転送する。

40

【0095】

物理スイッチ6は、仮想ネットワークIDタグに基づくパケットの転送方法の設定（例えば、仮想ネットワークID“A”的パケットを転送すべきポート番号）を予め有しているものとする。

【0096】

第5の実施形態のように、制御装置1Bが仮想スイッチ3Bのみを制御する構成により、制御装置1Bの負荷増大を抑止できる。また、通信システムの既存設備（例えば、物理

50

スイッチ6)を置き換えることなく、制御装置による集中制御型のネットワークを導入できる。

【0097】

最後に、本発明の好ましい形態を以下に要約する。

[形態1]

パケットの処理規則を決定する複数の制御装置と、

前記制御装置から通知された処理規則に従ってパケットを処理する複数のパケット処理手段と、

パケット処理手段の各々に対して、当該パケット処理手段を制御する制御装置を割当てる割当手段と、

前記複数の制御装置により共有され、前記処理規則に関する情報を格納するデータベースと、を含み、

前記制御装置の各々は、前記データベースを参照して前記処理規則を決定する、通信システム。

[形態2]

前記制御装置の各々は、制御対象のパケット処理手段に対応する情報を前記データベースから検索し、検索された情報に基づいて、前記制御対象のパケット処理手段に送信する前記処理規則を決定する、

形態1の通信システム。

[形態3]

前記制御装置の各々は、制御対象のパケット処理手段が変更されたことに応じて、前記データベースの参照領域を変更する、

形態1又は2の通信システム。

[形態4]

前記データベースは、前記情報を、複数のパケット処理手段の各々に対応する領域に区分して格納する、

形態1乃至3のいずれか一項に記載の通信システム。

[形態5]

前記制御装置の各々は、所定の周期で前記データベースを参照し、前記割当手段により割当てられたパケット処理手段に通知する処理規則があるか否かを確認する、

形態1乃至4のいずれか一項に記載の通信システム。

[形態6]

前記制御装置の各々は、前記データベースの内容が変更されたことを示す通知を受信したことに応じて、前記データベースを参照する、

形態1乃至5のいずれか一項に記載の通信システム。

[形態7]

前記割当手段は、所定の規則に基づいて、それぞれのパケット処理手段に対して、当該パケット処理手段を制御する制御装置を割当てる、

形態1乃至6のいずれかの一項に記載の通信システム。

[形態8]

前記割当手段は、制御装置の負荷状況に基づいて、それぞれのパケット処理手段に対して、当該パケット処理手段を制御する制御装置を割当てる、

形態1乃至7のいずれか一項に記載の通信システム。

[形態9]

前記割当手段は、パケット処理手段の位置に関する情報に基づいて、それぞれのパケット処理手段に対して、当該パケット処理手段を制御する制御装置を割当てる、

形態1乃至8のいずれか一項に記載の通信システム。

[形態10]

前記割当手段は、それぞれのパケット処理手段に割り当てられた制御装置を他の制御装置に変更する機能を有する、

10

20

30

40

50

形態 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の通信システム。

[形態 1 1]

前記割当手段は、制御装置が停止した場合に、前記停止した制御装置に代わってパケット処理手段を制御する制御装置を決定する、

形態 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の通信システム。

[形態 1 2]

パケットの処理を制御する制御装置であって、

前記制御装置と他の制御装置とで共有されるデータベースを参照し、前記パケットの処理方法に関する処理規則を決定する第一の手段と、

決定した処理規則を、複数のパケット処理手段のうち、前記制御装置に割当てられたパケット処理手段に対して通知する第二の手段と、
10

を含む制御装置。

[形態 1 3]

前記第一の手段は、前記制御装置に割当てられたパケット処理手段に対応する情報を前記データベースから検索し、検索された情報に基づいて、当該パケット処理手段に送信する前記処理規則を決定する、

形態 1 2 の制御装置。

[形態 1 4]

前記第一の手段は、制御対象のパケット処理手段が変更されたことに応じて、前記データベースの参照領域を変更する、
20

形態 1 2 又は 1 3 の制御装置。

[形態 1 5]

前記データベースは、前記情報を、複数のパケット処理手段の各々に対応する領域に区分して格納する、

形態 1 2 乃至 1 4 のいずれか一項に記載の制御装置。

[形態 1 6]

前記制御装置は、所定の周期で前記データベースを参照し、割当手段により割当てられたパケット処理手段に通知する処理規則があるか否かを確認する、

形態 1 2 乃至 1 5 のいずれか一項に記載の制御装置。

[形態 1 7]

前記制御装置は、前記データベースの内容が変更されたことを示す通知を受信したことに応じて、前記データベースを参照する、

形態 1 2 乃至 1 6 のいずれか一項に記載の制御装置。

[形態 1 8]

複数の制御装置がパケットの処理を制御する通信方法であって、

複数のパケット処理手段の各々に、当該パケット処理手段を制御する制御装置を割当て、
、

前記制御装置の各々が、複数の制御装置で共有されるデータベースを参照して、パケットを処理するための処理規則を決定し、

前記制御装置の各々が、割当てられたパケット処理手段に対して、決定した処理規則を通知する、
40

通信方法。

[形態 1 9]

パケットの処理を制御する制御装置における制御方法であって、

前記制御装置と他の制御装置とで共有されるデータベースを参照し、前記パケットの処理方法に関する処理規則を決定し、

決定した処理規則を、複数のパケット処理手段のうち、前記制御装置に割当てられたパケット処理手段に対して通知する、

制御方法。

[形態 2 0]

50

パケットの処理を制御する制御装置に、
前記制御装置と他の制御装置とで共有されるデータベースを参照し、前記パケットの処理方法に関する処理規則を決定する処理と、
決定した処理規則を、複数のパケット処理手段のうち、前記制御装置に割当てられたパケット処理手段に対して通知する処理と、
を実行させるプログラム。

【0098】

なお、引用した上記の特許文献等の各開示は、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、実施形態ないし実施例の変更・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、各実施形態ないし実施例の各要素、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、技術的構造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。特に、本書に記載した数値範囲については、当該範囲内に含まれる任意の数値ないし小範囲が、別段の記載のない場合でも具体的に記載されているものと解釈されるべきである。

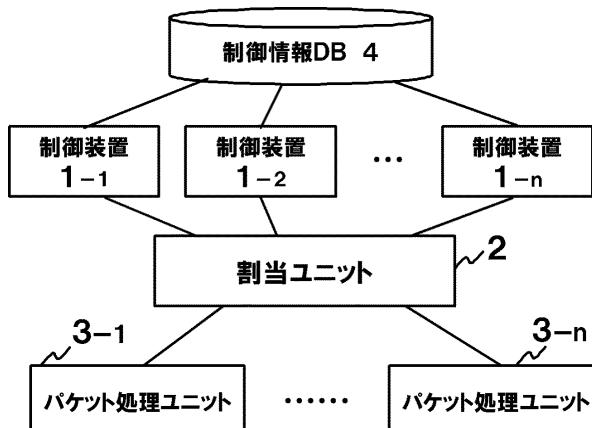
10

【符号の説明】

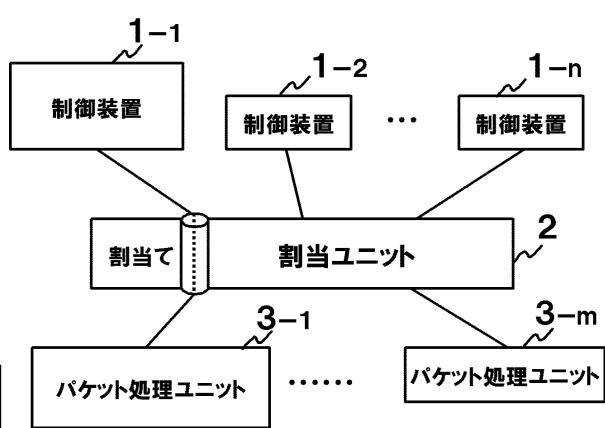
【0099】

1、1 A、1 B	制御装置	
1 0	通信部	20
1 1、2 0	制御部	
1 2	割当管理 DB	
2	割当ユニット	
2 1	管理 DB	
3、3 A	パケット処理ユニット	
3 B	仮想スイッチ	
3 0	通信部	
3 1	パケット処理部	
3 2	処理規則 DB	
4	制御情報 DB	30
5	サーバ	
6	物理スイッチ	
7	仮想マシン（VM）	
6 0 0	オープンフロースイッチ	
6 0 1	フローテーブル	
7 0 0	オープンフローコントローラ	
7 0 1	セキュアチャネル	

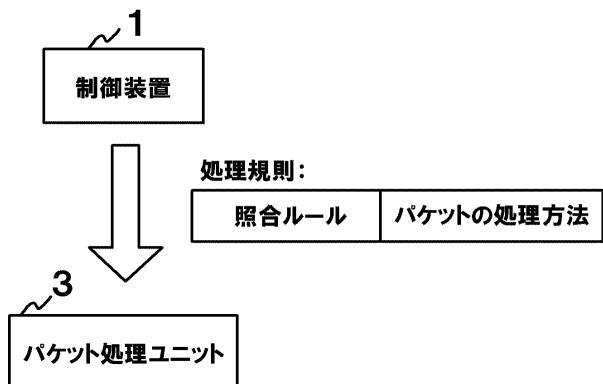
【図1】



【図3】



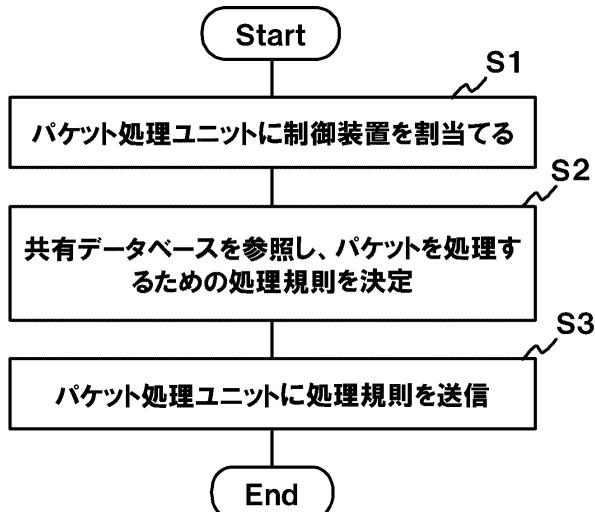
【図2】



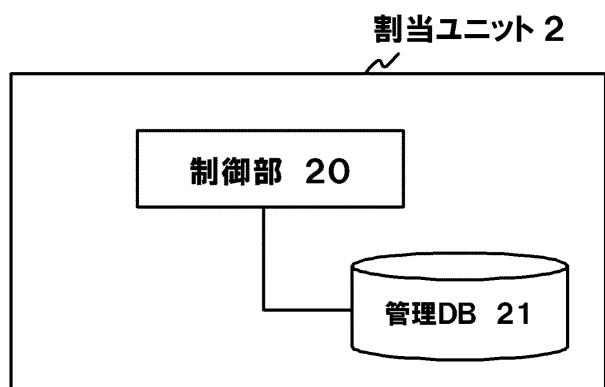
【図4】

照合ルール	処理方法
通信フロー # A	パケットをポートaから転送
通信フロー # B	パケットをポートbから転送
⋮	

【図5】



【図6】



【図7】

制御装置ID	負荷	割当されたパケット処理ユニット
制御装置1-1	40%	3-1, 3-2
制御装置1-2	60%	3-3, 3-4, 3-5
⋮	⋮	⋮
制御装置1-n	20%	...

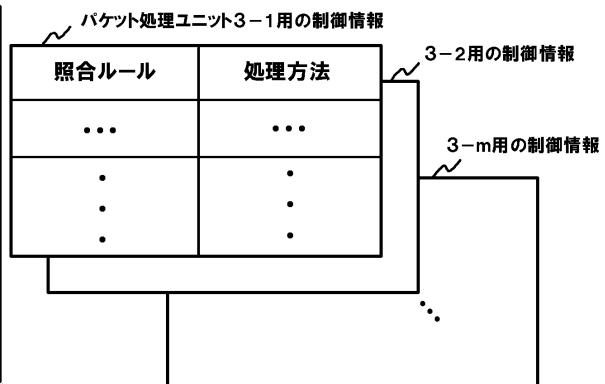
【図 8】

制御装置ID	パケット処理ユニットとの間の距離
制御装置1-1	パケット処理ユニット3-1: 距離A
	⋮
	⋮
	パケット処理ユニット3-n: 距離X
⋮	⋮

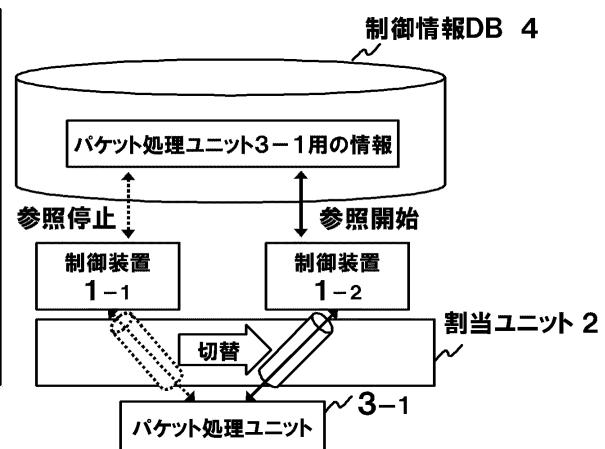
【図 9】

制御装置ID	パケット処理ユニットとの間の通信コスト
制御装置1-1	パケット処理ユニット3-1: コストA
	⋮
	⋮
	パケット処理ユニット3-n: コストX
⋮	⋮

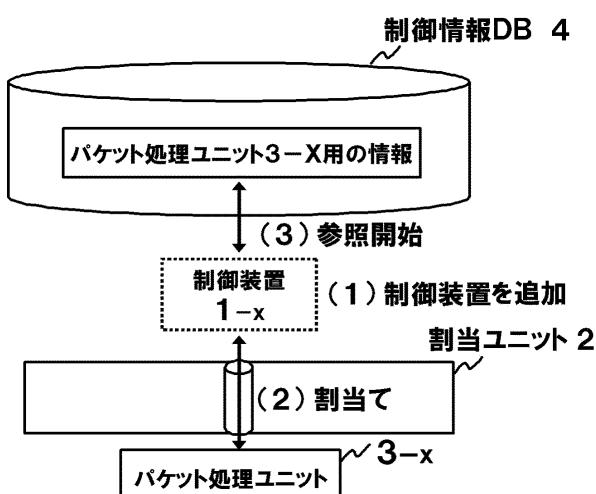
【図 10】



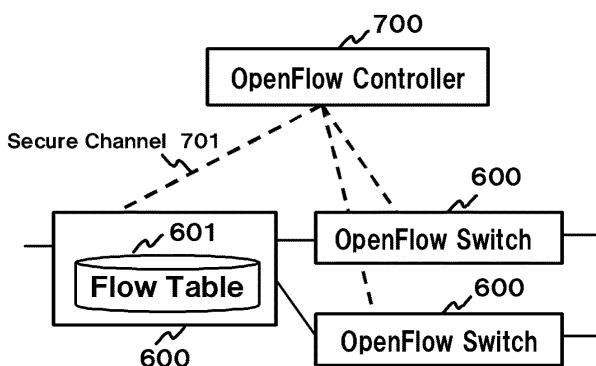
【図 11】



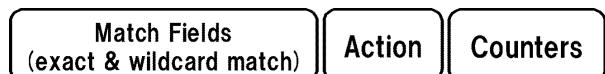
【図 12】



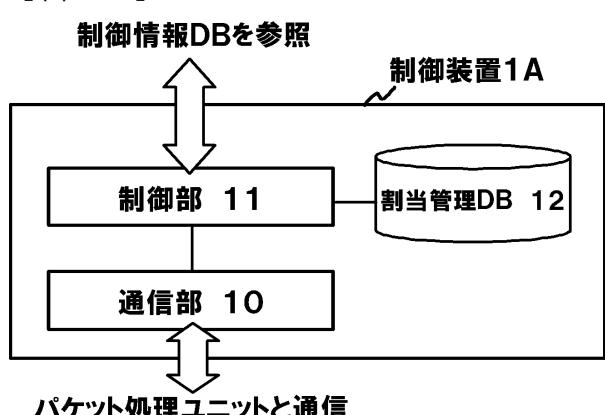
【図 13】



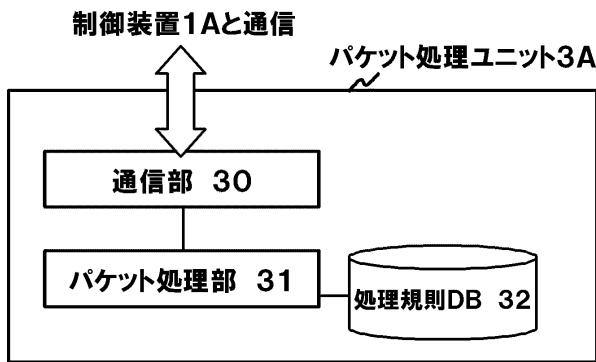
【図 14】



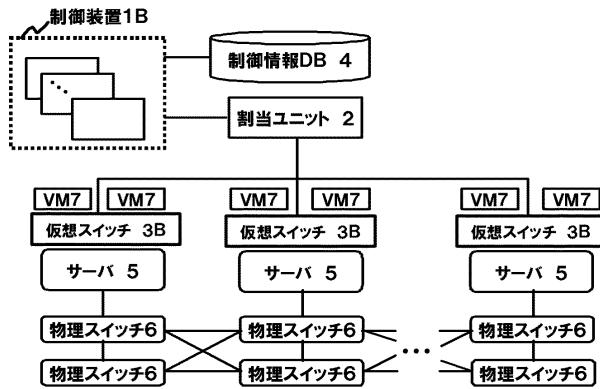
【図 15】



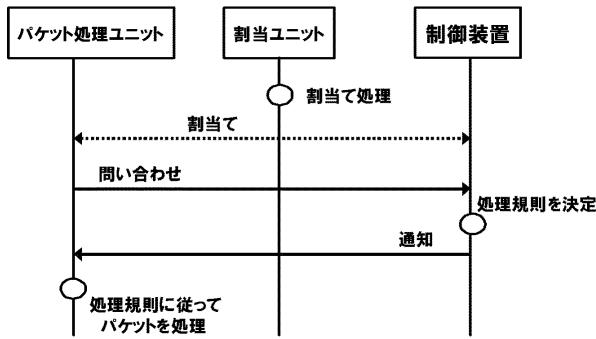
【図16】



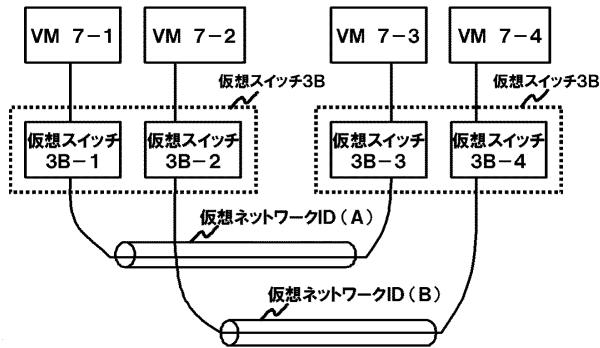
【図18】



【図17】



【図19】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2010-045503(JP, A)
国際公開第2011/065268(WO, A1)
特開2005-236881(JP, A)
特開2012-080516(JP, A)
特開2009-213097(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 12/717
H04L 12/803