

(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2019-92233
(P2019-92233A)

(43) 公開日 令和1年6月13日(2019.6.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4L 12/717 (2013.01)	HO4L 12/717	5K030
HO4L 12/70 (2013.01)	HO4L 12/70	D

審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2019-58165 (P2019-58165)	(71) 出願人	000227205 NECプラットフォームズ株式会社 神奈川県川崎市高津区北見方二丁目6番1号
(22) 出願日	平成31年3月26日 (2019.3.26)	(74) 代理人	100103894 弁理士 冢入 健
(62) 分割の表示	特願2015-109637 (P2015-109637)の分割	(72) 発明者	山坂 麻衣 神奈川県川崎市高津区北見方二丁目6番1号 NECプラットフォームズ株式会社内
原出願日	平成27年5月29日 (2015.5.29)	(72) 発明者	ニック カラナチオス 神奈川県川崎市高津区北見方二丁目6番1号 NECプラットフォームズ株式会社内
		(72) 発明者	大口 勇 神奈川県川崎市高津区北見方二丁目6番1号 NECプラットフォームズ株式会社内 最終頁に続く

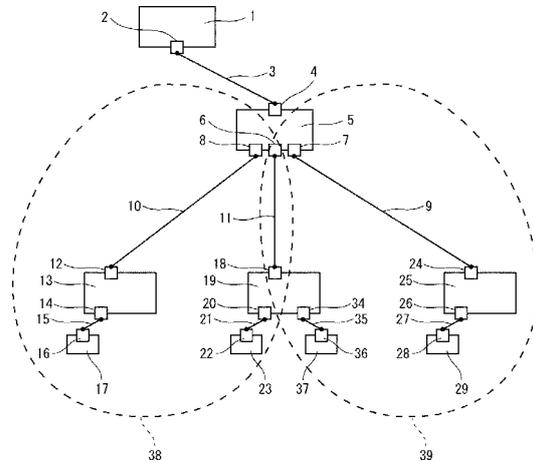
(54) 【発明の名称】 仮想ネットワークシステムおよび仮想ネットワーク経路設定方法

(57) 【要約】

【課題】 狭帯域のネットワークであっても、オープンフロー技術を適用したSDNシステムの構築が可能な仮想ネットワークシステムを提供する。

【解決手段】 オープンフロー技術を適用したオープンフロー・コントローラ1と1ないし複数のオープンフロー・スイッチ5、13、19、25とから構成され、オープンフロー・コントローラ1は、全てのオープンフロー・スイッチ5、13、19、25に関する経路設定情報を保持し、かつ、該経路設定情報に基づいて作成した各オープンフロー・スイッチそれぞれのフローテーブルを一括して管理して、オープンフロー・スイッチ5、13、19、25それぞれに対して対応する前記フローテーブルを設定し、一方、各オープンフロー・スイッチ5、13、19、25は、オープンフロー・コントローラ1が設定した前記フローテーブルにしたがって、ユーザデータの送受信を行う。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

オープンフロー (OpenFlow) 技術を適用したオープンフロー・コントローラと 1 ないし複数のオープンフロー・スイッチとから構成される仮想ネットワークシステムにおいて、前記オープンフロー・コントローラは、全ての前記オープンフロー・スイッチに関する経路設定情報を保持し、かつ、該経路設定情報に基づいて作成した各前記オープンフロー・スイッチそれぞれのフローテーブルを一括して管理して、前記オープンフロー・スイッチそれぞれに対して対応する前記フローテーブルを設定し、一方、各前記オープンフロー・スイッチは、前記オープンフロー・コントローラが設定した前記フローテーブルにしたがって、ユーザデータの送受信を行うことを特徴とする仮想ネットワークシステム。

10

【請求項 2】

前記オープンフロー・コントローラは、各前記オープンフロー・スイッチに接続されている全ての端末の M A C (Media Access Control) アドレスを取得して、取得した M A C アドレスを用いて各前記フローテーブルを更新し、かつ、更新した前記フローテーブルを対応する前記オープンフロー・スイッチそれぞれに対して設定し、一方、各前記オープンフロー・スイッチは、前記オープンフロー・コントローラが更新して設定した前記フローテーブルにしたがって、ユーザデータの宛先を端末の M A C アドレスに変更して、該ユーザデータの送受信を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の仮想ネットワークシステム。

20

【請求項 3】

前記オープンフロー・コントローラは、各前記オープンフロー・スイッチに対して M A C アドレス取得要求を送信し、各前記オープンフロー・スイッチは、前記オープンフロー・コントローラからの前記 M A C アドレス取得要求に基づいて、それぞれに接続されている全ての端末の M A C アドレスを取得し、取得した M A C アドレスを要求元の前記オープンフロー・コントローラに対して通知することを特徴とする請求項 2 に記載の仮想ネットワークシステム。

30

【請求項 4】

前記オープンフロー・コントローラは、各前記オープンフロー・スイッチに対して送信する前記 M A C アドレス取得要求として、T C P / I P プロトコル規格に準拠の I C M P (Internet Control Message Protocol) エコーリクエストパケットを P a c k e t O u t メッセージとして送信し、各前記オープンフロー・スイッチは、該 P a c k e t O u t メッセージとして受け取った I C M P エコーリクエストパケットをそれぞれに接続されている全ての端末に対して送信した結果として、各端末から、それぞれの M A C アドレスを含む I C M P エコーリプライパケットを受信し、各端末から受信した該 I C M P エコーリプライパケットを、P a c k e t I n メッセージとして前記オープンフロー・コントローラに対して返送することにより、前記オープンフロー・コントローラは、各前記オープンフロー・スイッチから返送されてきた前記 I C M P エコーリプライパケットそれぞれに含まれている各端末の M A C アドレスを取得することを特徴とする請求項 3 に記載の仮想ネットワークシステム。

40

【請求項 5】

前記オープンフロー・スイッチが、端末を接続する拠点スイッチと該拠点スイッチ間を接続するセンタスイッチとからなる 2 階層のデュアルスター型の物理ネットワークによって構成されている場合、前記センタスイッチに関する前記経路設定情報は、それぞれの前記拠点スイッチを識別する識別子と、当該センタスイッチの各ポートに関し、それぞれの前記拠点スイッチが接続されているそれぞれのポートと、を特定する情報を含み、一方、各前記拠点スイッチに関する前記経路設定情報は、それぞれの前記拠点スイッチを識別する識別子と、それぞれの前記拠点スイッチの各ポートに関し、端末が接続されているポートおよび該ポートに接続されている端末の I P (Internet Protocol) アドレスと、を特定する情報を含んで構成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の仮想ネットワークシステム。

50

【請求項 6】

前記拠点スイッチに設定される前記フローテーブルは、端末が接続された受信ポートからユーザデータを受信した際に、受信したユーザデータに含まれている送信元 IP アドレスが示す端末と送信先 IP アドレスが示す端末とが同一の仮想ネットワークに所属する端末同士であった場合、当該仮想ネットワークを識別する仮想ネットワーク識別子を、受信した該ユーザデータに付与して、前記センタスイッチが接続されている送信ポートに転送する動作を指示することを特徴とする請求項 5 に記載の仮想ネットワークシステム。

【請求項 7】

前記拠点スイッチに設定される前記フローテーブルは、前記センタスイッチが接続された受信ポートからユーザデータを受信した際に、受信したユーザデータに付与されている前記仮想ネットワーク識別子を削除するとともに、該ユーザデータに含まれている宛先を送信先 IP アドレスから該送信先 IP アドレスが示す端末の MAC アドレスに変更して、該ユーザデータを当該端末が接続されている送信ポートから送信する動作を指示することを特徴とする請求項 6 に記載の仮想ネットワークシステム。

10

【請求項 8】

前記センタスイッチに設定される前記フローテーブルは、いずれかの前記拠点スイッチが接続されている受信ポートからユーザデータを受信した際に、受信したユーザデータに宛先として含まれている送信先 IP アドレスを参照して、当該センタスイッチの各送信ポートのうち、前記送信先 IP アドレスが示す端末が接続されている前記拠点スイッチが接続先になっている送信ポートに該ユーザデータを転送する動作を指示することを特徴とする請求項 5 ないし 7 のいずれかに記載の仮想ネットワークシステム。

20

【請求項 9】

オープンフロー (OpenFlow) 技術を適用したオープンフロー・コントローラと 1 ないし複数のオープンフロー・スイッチとから構成されるネットワークシステムにおける仮想ネットワーク経路設定方法であって、前記オープンフロー・コントローラは、全ての前記オープンフロー・スイッチに関する経路設定情報を保持し、かつ、該経路設定情報に基づいて作成した各前記オープンフロー・スイッチそれぞれのフローテーブルを一括して管理して、前記オープンフロー・スイッチそれぞれに対して対応する前記フローテーブルを設定し、一方、各前記オープンフロー・スイッチは、前記オープンフロー・コントローラが設定した前記フローテーブルにしたがって、ユーザデータの送受信を行うことを特徴とする仮想ネットワーク経路設定方法。

30

【請求項 10】

前記オープンフロー・コントローラは、各前記オープンフロー・スイッチに接続されている全ての端末の MAC (Media Access Control) アドレスを取得して、取得した MAC アドレスを用いて各前記フローテーブルを更新し、かつ、更新した前記フローテーブルを対応する前記オープンフロー・スイッチそれぞれに対して設定し、一方、各前記オープンフロー・スイッチは、前記オープンフロー・コントローラが更新して設定した前記フローテーブルにしたがって、ユーザデータの宛先を端末の MAC アドレスに変更して、該ユーザデータの送受信を行うことを特徴とする請求項 9 に記載の仮想ネットワーク経路設定方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、仮想ネットワークシステムおよび仮想ネットワーク経路設定方法に関し、特に、狭帯域においてもオープンフロー (OpenFlow) プロトコルを使用した SDN (Software Defined Network) システムを構築することを可能にする仮想ネットワークシステムおよび仮想ネットワーク経路設定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、通信インフラの急速な発展に伴い、種々の通信形態によって通信を行うようにな

50

ってきている。このため、ネットワーク構成や通信データの転送動作を柔軟に変更することが可能なネットワーク仮想化技術として、ソフトウェアによってネットワークを構築するSDN (Software Defined Network) システムが盛んに研究開発されるようになっている。そして、SDNシステムを実現する技術の一つとして、非特許文献1の“OpenFlow Switch Specification Version 1.0.0”に記載されているような、業界団体Open Networking Foundationにより標準仕様が制定されたオープンフロー (OpenFlow) 技術が特に注目を集めている。

【0003】

該オープンフロー (OpenFlow) 技術においては、ネットワーク機能を、ネットワーク制御を司る「オープンフロー (OpenFlow) コントローラ」と通信データの転送処理を司る「オープンフロー (OpenFlow) スイッチ」とに分離した構成とし、「オープンフロー (OpenFlow) コントローラ」は、ネットワークを流れるパケットやフレームの経路を管理し、「オープンフロー (OpenFlow) スイッチ」は、「オープンフロー (OpenFlow) コントローラ」によって設定されたフローテーブルに基づいて、パケットやフレームの転送処理を行う。

【0004】

また、オープンフロー (OpenFlow) 技術を適用したSDNシステムとしては、「オーバレイ・トンネル (Overlay Tunnel) 型SDNシステム」と「ホップ・バイ・ホップ (Hop by Hop) 型SDNシステム」との2つがある。「オーバレイ・トンネル (Overlay Tunnel) 型SDNシステム」は、オープンフロー (OpenFlow) 対応スイッチが存在しない既存のネットワーク環境下においてオープンフロー (OpenFlow) ネットワークを実現する技術であり、既存のネットワークとの相互接続を考慮する必要がある。一方、「ホップ・バイ・ホップ (Hop by Hop) 型SDNシステム」は、オープンフロー (OpenFlow) 対応ネットワーク機器を利用してオープンフロー (OpenFlow) ネットワークを実現する技術であり、オープンフロー (OpenFlow) のフローテーブルを独自に定義することによって、新しいネットワーク仮想化の仕組みを実現することができる。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】Open Networking Foundation, “OpenFlow Switch Specification Version 1.0.0”, December 31, 2009, <http://archive.openflow.org/documents/openflow-spec-v1.0.0.pdf> (2015年4月24日検索)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、オープンフロー (OpenFlow) 技術を適用したSDNシステムには、次のような問題がある。

【0007】

第1の問題点は、ホップ・バイ・ホップ (Hop by Hop) 型のSDNシステムにおいて、ネットワークの制御機能とデータ転送機能とを分離して動的にネットワーク設定を行う場合、ネットワーク制御のためのデータが、ユーザデータが使用する帯域を圧迫することにある。その理由は、オープンフロー (OpenFlow) コントローラがネットワークトポロジを検出するためのメッセージの送受信としてネットワークの通信帯域を使用するために、オープンフロー (OpenFlow) コントローラとオープンフロー (OpenFlow) スイッチとの間で大きな帯域を使用することになるからである。

【0008】

第2の問題点は、オーバレイ・トンネル型のSDNシステムにおいて、VXLAN (Virtual Extensible Local Area Network) などのトンネル方式によってパケットをカプセル化する場合に、狭帯域においては、ユーザデータが使用する帯域を圧迫することにある。その理由は、VXLANなどのトンネル方式によってパケットをカプセル化すると

10

20

30

40

50

、ユーザデータに使用されるパケットについても、該パケットのサイズが大きくなり、トンネルプロトコルのヘッダ部分だけ無駄に帯域を使用することになるからである。

【0009】

(本発明の目的)

本発明は、かかる問題に鑑みてなされたものであり、狭帯域のネットワークであっても、オープンフロー (OpenFlow) 技術を適用したSDN (Software Defined Network) システムを構築することを可能とする仮想ネットワークシステムおよび仮想ネットワーク経路設定方法を提供することに、その目的がある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

前述の課題を解決するため、本発明による仮想ネットワークシステムおよび仮想ネットワーク経路設定方法は、主に、次のような特徴的な構成を採用している。

【0011】

(1) 本発明による仮想ネットワークシステムは、オープンフロー (OpenFlow) 技術を適用したオープンフロー・コントローラと1ないし複数のオープンフロー・スイッチとから構成される仮想ネットワークシステムにおいて、前記オープンフロー・コントローラは、全ての前記オープンフロー・スイッチに関する経路設定情報を保持し、かつ、該経路設定情報に基づいて作成した各前記オープンフロー・スイッチそれぞれのフローテーブルを一括して管理して、前記オープンフロー・スイッチそれぞれに対して対応する前記フローテーブルを設定し、一方、各前記オープンフロー・スイッチは、前記オープンフロー・コントローラが設定した前記フローテーブルにしたがって、ユーザデータの送受信を行うことを特徴とする。

【0012】

(2) 本発明による仮想ネットワーク経路設定方法は、オープンフロー (OpenFlow) 技術を適用したオープンフロー・コントローラと1ないし複数のオープンフロー・スイッチとから構成されるネットワークシステムにおける仮想ネットワーク経路設定方法であって、前記オープンフロー・コントローラは、全ての前記オープンフロー・スイッチに関する経路設定情報を保持し、かつ、該経路設定情報に基づいて作成した各前記オープンフロー・スイッチそれぞれのフローテーブルを一括して管理して、前記オープンフロー・スイッチそれぞれに対して対応する前記フローテーブルを設定し、一方、各前記オープンフロー・スイッチは、前記オープンフロー・コントローラが設定した前記フローテーブルにしたがって、ユーザデータの送受信を行うことを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

本発明の仮想ネットワークシステムおよび仮想ネットワーク経路設定方法によれば、以下のような効果を奏することができる。

【0014】

すなわち、本発明は、オープンフロー (OpenFlow) 技術を適用したオープンフロー (OpenFlow) コントローラと1ないし複数のオープンフロー (OpenFlow) スイッチとからなり、オープンフロー (OpenFlow) コントローラが全てのオープンフロー (OpenFlow) スイッチに関する経路設定情報を保持しているため、ネットワーク制御のためのデータが、ユーザデータが使用するネットワークの帯域を圧迫することがなく、而して、狭帯域の物理ネットワーク上においてもSDNシステムを構築することができる。さらには、オープンフロー (OpenFlow) コントローラがネットワーク上の全ての端末のMACアドレスを取得する機能を備えることも可能にしているため、IPセグメントが異なる送信先であっても、ユーザデータにトンネルプロトコルとしてカプセル化したヘッダ分を追加する必要がなく、狭帯域の物理ネットワーク上においてもSDNシステムを構築することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明に係る仮想ネットワークシステムの一例を示すシステム構成図である。

10

20

30

40

50

【図2】図1に示す仮想ネットワークシステムにおけるオープンフローチャンネルによる接続状態を説明する模式図である。

【図3】図1に示す仮想ネットワークシステムにおける第1仮想ネットワークおよび第2仮想ネットワークの接続構成例について説明する概念図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明による仮想ネットワークシステムおよび仮想ネットワーク経路設定方法の好適な実施形態について添付図を参照して説明する。なお、以下の各図面に付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ことも言うまでもない。

10

【0017】

(本発明の特徴)

本発明の実施形態の説明に先立って、本発明の特徴についてその概要をまず説明する。本発明は、オープンフロー（OpenFlow）技術を適用して、ネットワーク機能をオープンフロー（OpenFlow）コントローラとオープンフロー（OpenFlow）スイッチとに分離して備えた仮想ネットワークシステムにおいて、ホップ・パイ・ホップ型のSDNシステムを構築するために、オープンフロー（OpenFlow）コントローラが全ての経路設定情報を保持することを主要な特徴としている。而して、ネットワークポロジを検出するための専用のメッセージをネットワークの帯域を使用してネットワーク内に流すことなく、オープンフロー（OpenFlow）コントローラは、ネットワークポロジを把握することが可能であり、ネットワーク制御のためのデータが、ユーザデータが使用する帯域を圧迫することがなく、狭帯域の物理ネットワーク上においてもSDNシステムを構築することができる。

20

【0018】

また、本発明は、オープンフロー（OpenFlow）技術を適用して、ネットワーク機能をオープンフロー（OpenFlow）コントローラとオープンフロー（OpenFlow）スイッチとに分離して備えた仮想ネットワークシステムにおいて、オーバーレイ・トンネル型のSDNシステムを構築するために、オープンフロー（OpenFlow）コントローラがネットワーク上の全ての端末のMAC（Media Access Control）アドレスを取得する機能を備え、取得した端末のMACアドレスを基にして、ユーザフレームの宛先をMACアドレスに書き換えることも主要な特徴としている。而して、IPセグメントが異なる送信先であっても、従来技術においてトンネリング用として必要としていたカプセル化されたトンネルプロトコルのヘッダ分が不要になり、該ヘッダ分の増加によってネットワークの通信帯域を圧迫することがなく、ユーザフレームを転送することが可能になる。すなわち、トンネルプロトコルのヘッダ分のデータが、ユーザデータが使用する帯域を圧迫することがなくなるので、狭帯域の物理ネットワーク上においてもSDNシステムを構築することができる。

30

【0019】

つまり、本発明は、ネットワークの特性・性能の向上、小型・軽量化、ネットワーク制御メッセージが使用する帯域の小型化、ユーザデータの伝送効率の向上を実現することを可能にし、狭帯域においても、オープンフロー（OpenFlow）プロトコルを使用したSDN（Software Defined Network）システムを構築することを可能にすることを特徴としている。

40

【0020】

(実施形態の構成例)

次に、本発明に係る実施形態の構成例として、本発明に係る仮想ネットワークシステムの構成の一例について、図1を参照しながら、具体的に説明する。図1は、本発明に係る仮想ネットワークシステムの一例を示すシステム構成図である。図1に示す仮想ネットワークシステムは、オープンフロー（OpenFlow）プロトコルを適用したSDN（Software Defined Network）システムを構築しており、ネットワーク制御を行うオープンフロー（OpenFlow）コントローラ1と、データ転送動作を行う1ないし複数のオープンフロー（OpenFlow）スイッチ（図1の例においてはオープンフロー（OpenFlow）スイッチ5、オープ

50

ンフロー（OpenFlow）スイッチ 13、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ 19、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ 25 の 4 個のスイッチ）と、を少なくとも含んで構成されている。

【0021】

オープンフロー（OpenFlow）コントローラ 1 とオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 5 とは、それぞれのポート 2 とポート 4 とを介して LAN ケーブル 3 によって接続されている。また、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ 5 とオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 13 とは、それぞれのポート 8 とポート 12 とを介して LAN ケーブル 10 によって接続され、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ 5 とオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 19 とは、それぞれのポート 6 とポート 18 とを介して LAN ケーブル 11 によって接続され、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ 5 とオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 25 とは、それぞれのポート 7 とポート 24 とを介して LAN ケーブル 9 によって接続されている。すなわち、スイッチは、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ 5 をセンタスイッチとし、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ 13, 19, 25 を拠点スイッチとする 2 階層のデュアルスター型の物理ネットワークを構成している。

10

【0022】

また、図 1 に示す仮想ネットワークシステムには 1 ないし複数の端末が接続された状態にあり、各端末（図 1 の例においては、端末 17、端末 23、端末 29、端末 37 と 4 個の端末）は、各拠点スイッチに接続されている。すなわち、端末 17 とオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 13 とは、それぞれのポート 16 とポート 14 とを介して LAN ケーブル 15 によって接続されている。また、端末 23 とオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 19 とは、それぞれのポート 22 とポート 20 とを介して LAN ケーブル 21 によって接続され、端末 37 とオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 19 とは、それぞれのポート 36 とポート 34 とを介して LAN ケーブル 35 によって接続されている。また、端末 29 とオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 25 とは、それぞれのポート 28 とポート 26 とを介して LAN ケーブル 27 によって接続されている。

20

【0023】

ここで、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ 5 をセンタとし、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ 13, 19, 25 を拠点とする 2 階層のデュアルスター型の物理ネットワーク上において、端末 17 と端末 23 とが所属する第 1 仮想ネットワーク 38 と、端末 37 と端末 29 とが所属する第 2 仮想ネットワーク 39 とが存在し、物理ネットワークを第 1 仮想ネットワーク 38 と第 2 仮想ネットワーク 39 との 2 つの仮想ネットワークに分割した SDN（Software Defined Network）システムを構築している。

30

【0024】

図 2 は、図 1 に示す仮想ネットワークシステムにおけるオープンフローチャネルによる接続状態を説明する模式図である。オープンフロー（OpenFlow）スイッチ 5 をセンタとし、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ 13, 19, 25 を拠点とするスター型の物理ネットワーク上において、図 2 に例示するように、オープンフロー（OpenFlow）コントローラ 1 とオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 5 との間は、オープンフローチャネル 30 によって接続されている。また、オープンフロー（OpenFlow）コントローラ 1 とオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 13 との間は、オープンフローチャネル 31 によって接続され、オープンフロー（OpenFlow）コントローラ 1 とオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 19 との間は、オープンフローチャネル 32 によって接続され、オープンフロー（OpenFlow）コントローラ 1 とオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 25 との間は、オープンフローチャネル 33 によって接続されている。

40

【0025】

つまり、図 1 に示すシステム構成図に示すように、図 2 のオープンフローチャネル 30 は、物理的には、ポート 2、LAN ケーブル 3、ポート 4 を介して接続されるチャネルである。また、オープンフローチャネル 31 は、ポート 2、LAN ケーブル 3、ポート 4 を介し、さらに、ポート 8、LAN ケーブル 10、ポート 12 を介して接続されるチャネル

50

であり、オープンフローチャンネル 32 は、ポート 2、LAN ケーブル 3、ポート 4 を介し、さらに、ポート 6、LAN ケーブル 11、ポート 18 を介して接続されるチャンネルであり、オープンフローチャンネル 33 は、ポート 2、LAN ケーブル 3、ポート 4 を介し、さらに、ポート 7、LAN ケーブル 9、ポート 24 を介して接続されるチャンネルである。

【0026】

例えば、第 1 仮想ネットワーク 38 に所属する図 1 の端末 17 と端末 23 との間でユーザデータを送受信するときの転送経路は、オープンフロー (OpenFlow) コントローラ 1 からの経路設定によって決まり、決定した転送経路は、ポート 16、LAN ケーブル 15、ポート 14 を介して端末 17 からオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 13 を経由し、さらに、ポート 12、LAN ケーブル 10、ポート 8 を介してオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 13 からオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 5 を経由し、さらに、ポート 6、LAN ケーブル 11、ポート 18 を介してオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 5 からオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 19 を経由し、さらに、ポート 20、LAN ケーブル 21、ポート 22 を介してオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 19 から端末 23 に至る経路である。

10

【0027】

また、第 2 仮想ネットワーク 39 に所属する図 1 の端末 37 と端末 29 との間でユーザデータを送受信するときの転送経路は、オープンフロー (OpenFlow) コントローラ 1 からの経路設定によって決まり、決定した転送経路は、ポート 36、LAN ケーブル 35、ポート 34 を介して端末 37 からオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 19 を経由し、さらに、ポート 18、LAN ケーブル 11、ポート 6 を介してオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 19 からオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 5 を経由し、さらに、ポート 7、LAN ケーブル 9、ポート 24 を介してオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 5 からオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 25 を経由し、さらに、ポート 26、LAN ケーブル 27、ポート 28 を介してオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 25 から端末 29 に至る経路である。

20

【0028】

図 3 は、図 1 に示す仮想ネットワークシステムにおける第 1 仮想ネットワーク 38 および第 2 仮想ネットワーク 39 の接続構成例について説明する概念図である。つまり、図 3 は、オープンフロー (OpenFlow) コントローラ 1 の設定制御にしたがって、第 1 仮想ネットワーク 38 内の端末同士、第 2 仮想ネットワーク 39 内の端末同士は、互いにユーザデータの送受信は可能であるが、第 1 仮想ネットワーク 38 内の端末と第 2 仮想ネットワーク 39 内の端末との間 (すなわち異なる仮想ネットワークを跨る端末間) は、ユーザデータの送受信を行うことができないように制限していることを示している。図 3 に示すように、第 1 仮想ネットワーク 38 内の端末 17 と端末 23 とは互いにユーザデータの送受信が可能であり、また、第 2 仮想ネットワーク 39 内の端末 37 と端末 29 とは互いにユーザデータの送受信が可能である。しかし、第 1 仮想ネットワーク 38 と第 2 仮想ネットワーク 39 との間の接続は制限されており、第 1 仮想ネットワーク 38 内の端末 (端末 17 や端末 23) と第 2 仮想ネットワーク 39 内の端末 (端末 37 や端末 29) との間は、ユーザデータの送受信ができないように制限されている。

30

40

【0029】

次の表 1 は、拠点スイッチ (図 1 に示すスイッチ 13、スイッチ 19、スイッチ 25) と各拠点スイッチに接続されている端末との対応表 (拠点スイッチ・端末接続テーブル) であり、各拠点スイッチの識別子すなわちディスパッチ ID (dispatch-id) と端末が接続されている拠点スイッチのポートと拠点スイッチに接続されている端末の IP (Internet Protocol) アドレスとの対応関係を設定しており、該対応表はオープンフロー (OpenFlow) コントローラ 1 が保持している。

【0030】

【表 1】

項番	拠点のスイッチの datapath-id	端末が接続している 拠点のスイッチのポート	拠点のスイッチに 接続している端末のIPアドレス
1	スイッチ13のdatapath-id	ポート14	端末17のIPアドレス
2	スイッチ19のdatapath-id	ポート20	端末23のIPアドレス
3	スイッチ25のdatapath-id	ポート26	端末29のIPアドレス
4	スイッチ19のdatapath-id	ポート34	端末37のIPアドレス

【 0 0 3 1 】

例えば、表 1 の項番 1 には、拠点スイッチのディスパッチ ID (dispatch-id) としてオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 1 3 のディスパッチ ID が設定され、端末が接続されている拠点スイッチのポートとして図 1 に示すオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 1 3 のポート 1 4 が設定され、拠点スイッチに接続されている端末の IP アドレスとして図 1 に示すオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 1 3 に接続されている端末 1 7 の IP アドレスが設定されている。

【 0 0 3 2 】

また、次の表 2 は、センタスイッチ (図 1 に示すスイッチ 5) の各ポートとセンタスイッチの各ポートに接続されている拠点スイッチとの対応表 (センタスイッチ・拠点スイッチ接続テーブル) であり、センタスイッチの各ポートとセンタスイッチの各ポートに接続されている拠点スイッチの識別子すなわちディスパッチ ID (dispatch-id) との対応関係を設定しており、該対応表はオープンフロー (OpenFlow) コントローラ 1 が保持している。

【 0 0 3 3 】

【表 2】

項番	センタのスイッチのポートの名前	センタのスイッチのポートに接続している 拠点のスイッチの datapath-id
1	ポート8	スイッチ13のdatapath-id
2	ポート6	スイッチ19のdatapath-id
3	ポート7	スイッチ25のdatapath-id

【 0 0 3 4 】

例えば、表 2 の項番 1 には、センタスイッチのポートとして図 1 に示すオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 5 のポート 8 が設定され、センタスイッチの各ポートに接続されている拠点スイッチのディスパッチ ID (dispatch-id) として図 1 に示すオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 1 3 のディスパッチ ID が設定されている。つまり、オープンフロー (OpenFlow) コントローラ 1 は、表 1 の対応表 (拠点スイッチ・端末接続テーブル) と表 2 の対応表 (センタスイッチ・拠点スイッチ接続テーブル) とにより、ネットワーク内にネットワークポロジ进行检测するためのネットワーク制御専用のメッセージを流すことなく、図 1 に示す仮想ネットワークシステムにおける物理的なネットワークポロジを把握している。

【 0 0 3 5 】

(実施形態の動作例の説明)

次に、本発明に係る実施形態の構成例として図 1 ~ 図 3 に示した仮想ネットワークシステムの動作の一例を詳細に説明する。

【 0 0 3 6 】

図 1 に示したオープンフロー (OpenFlow) コントローラ 1 と各オープンフロー (OpenFlow) スイッチ (すなわちオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 5 、オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 1 3 、オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 1 9 、オープンフロー (OpenFlow)

10

20

30

40

50

Flow)スイッチ25)とのそれぞれの電源を投入して起動すると、各オープンフロー(OpenFlow)スイッチ(すなわちオープンフロー(OpenFlow)スイッチ5、オープンフロー(OpenFlow)スイッチ13、オープンフロー(OpenFlow)スイッチ19、オープンフロー(OpenFlow)スイッチ25)は、オープンフロー(OpenFlow)コントローラ1に対してオープンフロー(OpenFlow)チャンネルの接続を開始する。

【0037】

各オープンフロー(OpenFlow)スイッチ(すなわちオープンフロー(OpenFlow)スイッチ5、オープンフロー(OpenFlow)スイッチ13、オープンフロー(OpenFlow)スイッチ19、オープンフロー(OpenFlow)スイッチ25)とオープンフロー(OpenFlow)コントローラ1との間の図2に例示したようなオープンフロー(OpenFlow)チャンネルの接続が確立すると、オープンフロー(OpenFlow)コントローラ1は、初期状態における各オープンフロー(OpenFlow)スイッチ5, 13, 19, 25それぞれのフローテーブルの作成を行う。すなわち、表1、表2の各対応表に示したように、仮想ネットワークシステムを構成する全てのオープンフロー(OpenFlow)スイッチ5, 13, 19, 25に関する経路設定情報を、ネットワークポロジを示す情報として、保持しているオープンフロー(OpenFlow)コントローラ1は、表1、表2の各対応表を参照して、初期状態として、各オープンフロー(OpenFlow)スイッチ5, 13, 19, 25それぞれのフローテーブルを作成する。

10

【0038】

しかる後、オープンフロー(OpenFlow)コントローラ1は、作成したフローテーブルのうち、まず、各拠点スイッチに対応するそれぞれのフローテーブルを初期状態として各拠点スイッチそれぞれに対して設定する。すなわち、オープンフロー(OpenFlow)スイッチ13には次の表3に示すフローテーブルを設定し、オープンフロー(OpenFlow)スイッチ19には次の表4に示すフローテーブルを設定し、オープンフロー(OpenFlow)スイッチ25には表5に示すフローテーブルを設定する。

20

【0039】

【表3】

項番	評価する 順番	match	action
1	1	受信ポートがポート14、かつ、ARPリプライパケットまたはICMPエコーリプライパケット、かつ、送信元IPアドレスが端末17	コントローラへ Packet Inメッセージを送信
2	2	any	破棄

30

【0040】

【表4】

項番	評価する 順番	match	action
1	1	受信ポートがポート20、かつ、ARPリプライパケットまたはICMPエコーリプライパケット、かつ、送信元IPアドレスが端末23	コントローラへ Packet Inメッセージを送信
2	2	受信ポートがポート34、かつ、ARPリプライパケット、かつ、送信元IPアドレスが端末37	コントローラへ Packet Inメッセージを送信
3	3	any	破棄

40

【0041】

【表5】

項番	評価する 順番	match	action
1	1	受信ポートがポート26、かつ、 ARPリプライパケットまたは ICMPエコーリプライパケット、かつ、 送信元IPアドレスが端末29	コントローラへ Packet Inメッセージを送信
2	2	any	破棄

【0042】

各拠点スイッチに設定されるフローテーブルには、評価するフローの順番ごとに、端末からのユーザデータに関するマッチ条件（match）とマッチ条件が成立した場合のアクション（action）との対応関係が設定されている。例えば、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ13に設定されるフローテーブルの場合は、表3に示すように、評価するフローの順番が第1番目のマッチ条件（match）として、端末からのユーザデータの受信ポートが「ポート14」であり、かつ、受信したユーザデータが当該端末のMACアドレスを取得するARP（Address Resolution Protocol）リプライパケットまたはICMP（Internet Control Message Protocol）エコーリプライパケット（ARPリプライパケット、ICMPエコーリプライパケットはいずれもTCP/IPプロトコル規格に準拠したパケット）であり、かつ、送信元アドレスが端末17のIPアドレスであった場合であり、

該マッチ条件が成立した場合のアクション（action）として、オープンフロー（OpenFlow）コントローラ1に対して該ユーザデータをPacket Inメッセージとして送信する旨が設定されている。また、評価するフローの順番が第2番目のマッチ条件（match）として、第1番目以外のいずれかの場合であり、該マッチ条件が成立した場合のアクション（action）として、受信したユーザデータを破棄する旨が設定されている。

【0043】

次いで、オープンフロー（OpenFlow）コントローラ1は、センタスイッチに対応するフローテーブルを初期状態として該センタスイッチに対して設定する。すなわち、センタスイッチのオープンフロー（OpenFlow）スイッチ5には次の表6に示すフローテーブルを設定する。

【0044】

【表6】

項番	評価する 順番	match	action
1	1	any	破棄

【0045】

センタスイッチに設定されるフローテーブルについても、拠点スイッチの場合と同様に、評価するフローの順番ごとに、ユーザデータに関するマッチ条件（match）とマッチ条件が成立した場合のアクション（action）との対応関係が設定されている。例えば、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ5に設定されるフローテーブルの場合は、表6に示すように、評価するフローの順番が第1番目のマッチ条件（match）として、いずれの場合であっても、アクション（action）として、受信したユーザデータを破棄する旨が設定されている。

【0046】

しかる後、オープンフロー（OpenFlow）コントローラ1は、各拠点スイッチに対して、端末の接続を確認するためのICMP（Internet Control Message Protocol）エコーリクエストを端末に送信させるためのPacket Outメッセージを送信する。すなわち、オープンフロー（OpenFlow）コントローラ1は、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ13に対して、端末17を目標IPアドレスに設定したICMPエコーリクエストの

ポート14からの送信指示をPacket Outメッセージとして送信し、また、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ19に対して、端末23を目標IPアドレスに設定したICMPエコーリクエストのポート20からの送信指示をPacket Outメッセージとして送信し、かつ、端末37を目標IPアドレスに設定したICMPエコーリクエストのポート34からの送信指示をPacket Outメッセージとして送信し、また、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ25に対して、目標IPアドレスを端末29に設定したICMPエコーリクエストのポート26からの送信指示をPacket Outメッセージとして送信する。

【0047】

オープンフロー（OpenFlow）スイッチ13は、受信したPacket Outメッセージにしたがって、ポート14からICMPエコーリクエストを端末17に対して送信し、該ICMPエコーリクエストを受信した端末17がエコーとしてICMPエコーリプライを返送すると、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ13は、ポート14にて端末17からのICMPエコーリプライを受信する。

【0048】

端末17からのICMPエコーリプライを受信したオープンフロー（OpenFlow）スイッチ13は、表3に示したフローテーブルにしたがって、ICMPエコーリプライをPacket Inメッセージとしてオープンフロー（OpenFlow）コントローラ1に対して送信する。オープンフロー（OpenFlow）コントローラ1は、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ13から受信したPacket Inメッセージの中から、端末17のMACアドレスを取得し、表3に示したオープンフロー（OpenFlow）スイッチ13のフローテーブルを、次に示す表7のフローテーブルに更新する。

【0049】

【表7】

項番	評価する 順番	match	action
1	1	受信ポートがポート14、かつ、ARPリプライパケットまたはICMPエコーリプライパケット、かつ、送信元IPアドレスが端末17	コントローラへPacket Inメッセージを送信
2	2	受信ポートがポート14、かつ、送信元IPアドレスが端末17、かつ、送信先IPアドレスが端末23	VLAN ID 10を付与、かつ、ポート12から送信
3	3	受信ポートがポート12、かつ、VLAN IDが10、かつ、送信先IPアドレスが端末17	VLAN IDを除去、かつ、送信先MACアドレスを端末17に変更、かつ、ポート14から送信
4	4	any	破棄

【0050】

つまり、表7に示すオープンフロー（OpenFlow）スイッチ13のフローテーブルは、表3のフローテーブルの項番2を項番4に変更して、評価する順番を第4番目に変更するとともに、第1仮想ネットワーク38内の端末同士のユーザデータの送受信を行うための経路情報として、項番2と項番3とを新たに追加挿入した状態に更新している。項番2には、評価するフローの順番が第2番目のマッチ条件（match）として、端末からのユーザデータの受信ポートが‘ポート14’であり、かつ、送信元IPアドレスが端末17のIPアドレスであり、かつ、送信先IPアドレスが同じ第1仮想ネットワーク38内の端末23のIPアドレスであった場合であり、該マッチ条件が成立した場合のアクション（action）として、受信したユーザデータに付与する仮想ネットワーク識別子VLAN IDに第1仮想ネットワーク38の識別番号例えば‘10’を付与し、かつ、端末17から受信

10

20

30

40

50

したユーザデータを、ポート 12 から、センタスイッチのオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 5 に対して送信する旨が設定される。

【 0 0 5 1 】

また、項番 3 には、評価するフローの順番が第 3 番目のマッチ条件（match）として、ユーザデータの受信ポートが「ポート 12」であり、かつ、仮想ネットワーク識別子 V L A N I D が第 1 仮想ネットワーク 38 の識別番号「10」であり、かつ、送信先 IP アドレスが同じ第 1 仮想ネットワーク 38 内の端末 17 の IP アドレスであった場合であり、該マッチ条件が成立した場合のアクション（action）として、受信したユーザデータから仮想ネットワーク識別子 V L A N I D を除去し、かつ、該ユーザデータの宛先を送信先 IP アドレスから端末 17 の M A C アドレスに変更し、かつ、ポート 14 から端末 17 に向かって送信する旨が設定される。

10

【 0 0 5 2 】

次に、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ 19 が、受信した P a c k e t O u t メッセージにしたがって、ポート 20、ポート 34 それぞれから I C M P エコーリクエストを端末 23、端末 37 に対して送信し、該 I C M P エコーリクエストを受信した端末 23、端末 37 それぞれがエコーとして I C M P エコーリプライを返送すると、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ 19 は、ポート 20、ポート 34 それぞれにて端末 23、端末 37 それぞれからの I C M P エコーリプライを受信する。

【 0 0 5 3 】

端末 23、端末 37 それぞれからの I C M P エコーリプライを受信したオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 19 は、表 4 に示したフローテーブルにしたがって、端末 23、端末 37 それぞれからの I C M P エコーリプライを P a c k e t I n メッセージとしてオープンフロー（OpenFlow）コントローラ 1 に対して送信する。オープンフロー（OpenFlow）コントローラ 1 は、オープンフロー（OpenFlow）スイッチ 19 から受信した P a c k e t I n メッセージの中から、端末 23 の M A C アドレスと端末 37 の M A C アドレスとを取得し、表 4 に示したオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 19 のフローテーブルを、次に示す表 8 のフローテーブルに更新する。

20

【 0 0 5 4 】

【表 8】

項番	評価する 順番	match	action
1	1	受信ポートがポート20、かつ、 ARPリプライパケットまたは ICMPエコーリプライパケット、かつ、 送信元IPアドレスが端末23	コントローラへ Packet Inメッセージを送信
2	2	受信ポートがポート34、かつ、 ARPリプライパケット、かつ、 送信元IPアドレスが端末37	コントローラへ Packet Inメッセージを送信
3	3	受信ポートがポート20、かつ、 送信元IPアドレスが端末23、かつ、 送信先IPアドレスが端末17	VLAN ID 10を付与、かつ、 ポート18から送信
4	4	受信ポートがポート18、かつ、 VLAN IDが10、かつ、 送信先IPアドレスが端末23	VLAN IDを除去、かつ、 送信先MACアドレスを 端末23に変更、かつ、 ポート20から送信
5	5	受信ポートがポート34、かつ、 送信元IPアドレスが端末37、かつ、 送信先IPアドレスが端末29	VLAN ID 20を付与、かつ、 ポート18から送信
6	6	受信ポートがポート18、かつ、 VLAN IDが20、かつ、 送信先IPアドレスが端末37	VLAN IDを除去、かつ、 送信先MACアドレスを 端末37に変更、かつ、 ポート34から送信
7	7	any	破棄

10

20

【0055】

つまり、表 8 に示すオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 19 のフローテーブルは、表 4 のフローテーブルの項番 3 を項番 7 に変更して、評価する順番を第 7 番目に変更するとともに、第 1 仮想ネットワーク 38 内の端末同士のユーザデータの送受信を行うための経路情報として、項番 3 と項番 4 とを新たに追加挿入し、かつ、第 2 仮想ネットワーク 39 内の端末同士のユーザデータの送受信を行うための経路情報として、項番 5 と項番 6 とを新たに追加挿入した状態に更新している。項番 3 には、評価するフローの順番が第 3 番目のマッチ条件（match）として、端末からのユーザデータの受信ポートが「ポート 20」であり、かつ、送信元 IP アドレスが端末 23 の IP アドレスであり、かつ、送信先 IP アドレスが同じ第 1 仮想ネットワーク 38 内の端末 17 の IP アドレスであった場合であり、該マッチ条件が成立した場合のアクション（action）として、受信したユーザデータに付与する仮想ネットワーク識別子 VLAN ID に第 1 仮想ネットワーク 38 の識別番号例えば「10」を付与し、かつ、端末 23 から受信したユーザデータを、ポート 18 から、センタスイッチのオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 5 に対して送信する旨が設定される。

30

40

【0056】

また、項番 4 には、評価するフローの順番が第 4 番目のマッチ条件（match）として、ユーザデータの受信ポートが「ポート 18」であり、かつ、仮想ネットワーク識別子 VLAN ID が第 1 仮想ネットワーク 38 の識別番号「10」であり、かつ、送信先 IP アドレスが同じ第 1 仮想ネットワーク 38 内の端末 23 の IP アドレスであった場合であり、該マッチ条件が成立した場合のアクション（action）として、受信したユーザデータから仮想ネットワーク識別子 VLAN ID を除去し、かつ、該ユーザデータの宛先を送信先 IP アドレスから端末 23 の MAC アドレスに変更し、かつ、ポート 20 から端末 23

50

に向かって送信する旨が設定される。

【 0 0 5 7 】

さらに、項番 5 には、評価するフローの順番が第 5 番目のマッチ条件 (match) として、端末からのユーザデータの受信ポートが 'ポート 3 4' であり、かつ、送信元 IP アドレスが端末 3 7 の IP アドレスであり、かつ、送信先 IP アドレスが同じ第 2 仮想ネットワーク 3 9 内の端末 2 9 の IP アドレスであった場合であり、該マッチ条件が成立した場合のアクション (action) として、受信したユーザデータに付与する仮想ネットワーク識別子 V L A N I D に第 2 仮想ネットワーク 3 9 の識別番号例えば ' 2 0 ' を付与し、かつ、端末 3 7 から受信したユーザデータを、ポート 1 8 から、センタスイッチのオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 5 に対して送信する旨が設定される。

10

【 0 0 5 8 】

また、項番 6 には、評価するフローの順番が第 6 番目のマッチ条件 (match) として、ユーザデータの受信ポートが 'ポート 1 8' であり、かつ、仮想ネットワーク識別子 V L A N I D が第 2 仮想ネットワーク 3 9 の識別番号 ' 2 0 ' であり、かつ、送信先 IP アドレスが同じ第 2 仮想ネットワーク 3 9 内の端末 3 7 の IP アドレスであった場合であり、該マッチ条件が成立した場合のアクション (action) として、受信したユーザデータから仮想ネットワーク識別子 V L A N I D を除去し、かつ、該ユーザデータの宛先を送信先 IP アドレスから端末 3 7 の M A C アドレスに変更し、かつ、ポート 3 4 から端末 3 7 に向かって送信する旨が設定される。

20

【 0 0 5 9 】

次に、オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 2 5 が、受信した P a c k e t O u t メッセージにしたがって、ポート 2 6 から I C M P エコーリクエストを端末 2 9 に対して送信し、該 I C M P エコーリクエストを受信した端末 2 9 がエコーとして I C M P エコーリプライを返送すると、オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 2 5 は、ポート 2 6 にて端末 2 9 からの I C M P エコーリプライを受信する。

30

【 0 0 6 0 】

端末 2 9 からの I C M P エコーリプライを受信したオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 2 5 は、表 5 に示したフローテーブルにしたがって、端末 2 9 からの I C M P エコーリプライを P a c k e t I n メッセージとしてオープンフロー (OpenFlow) コントローラ 1 に対して送信する。オープンフロー (OpenFlow) コントローラ 1 は、オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 2 5 から受信した P a c k e t I n メッセージの中から、端末 2 9 の M A C アドレスを取得し、表 5 に示したオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 2 5 のフローテーブルを、次に示す表 9 のフローテーブルに更新する。

40

【 0 0 6 1 】

【表 9】

項番	評価する 順番	match	action
1	1	受信ポートがポート26、かつ、ARPリプライパケットまたはICMPエコーリプライパケット、かつ、送信元IPアドレスが端末29	コントローラへ Packet Inメッセージを送信
2	2	受信ポートがポート26、かつ、送信元IPアドレスが端末29、かつ、送信先IPアドレスが端末37	VLAN ID 20を付与、かつ、ポート24から送信
3	3	受信ポートがポート24、かつ、VLAN IDが20、かつ、送信先IPアドレスが端末29	VLAN IDを除去、かつ、送信先MACアドレスを端末29に変更、かつ、ポート26から送信
4	4	any	破棄

50

50

【 0 0 6 2 】

つまり、表 9 に示すオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 1 3 のフローテーブルは、表 5 のフローテーブルの項番 2 を項番 4 に変更して、評価する順番を第 4 番目に変更するとともに、第 2 仮想ネットワーク 3 9 内の端末同士のユーザデータの送受信を行うための経路情報として、項番 2 と項番 3 とを新たに追加挿入した状態に更新している。項番 2 には、評価するフローの順番が第 2 番目のマッチ条件（match）として、端末からのユーザデータの受信ポートが‘ポート 2 6’であり、かつ、送信元 IP アドレスが端末 2 9 の IP アドレスであり、かつ、送信先 IP アドレスが同じ第 2 仮想ネットワーク 3 9 内の端末 3 7 の IP アドレスであった場合であり、該マッチ条件が成立した場合のアクション（action）として、受信したユーザデータに付与する仮想ネットワーク識別子 V L A N ID に第 2 仮想ネットワーク 3 9 の識別番号例えば‘2 0’を付与し、かつ、端末 3 7 から受信したユーザデータを、ポート 2 4 から、センタスイッチのオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 5 に対して送信する旨が設定される。

10

【 0 0 6 3 】

また、項番 3 には、フローのする順番が第 3 番目のマッチ条件（match）として、ユーザデータの受信ポートが‘ポート 2 4’であり、かつ、仮想ネットワーク識別子 V L A N ID が第 2 仮想ネットワーク 3 9 の識別番号‘2 0’であり、かつ、送信先 IP アドレスが同じ第 2 仮想ネットワーク 3 9 内の端末 2 9 の IP アドレスであった場合であり、該マッチ条件が成立した場合のアクション（action）として、受信したユーザデータから仮想ネットワーク識別子 V L A N ID を除去し、かつ、該ユーザデータの宛先を送信先 IP アドレスから端末 2 9 の M A C アドレスに変更し、かつ、ポート 2 6 から端末 2 9 に向かって送信する旨が設定される。

20

【 0 0 6 4 】

最後に、オープンフロー（OpenFlow）コントローラ 1 は、センタスイッチのオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 5 に設定していた表 6 のフローテーブルを更新して、次の表 1 0 に示すフローテーブルをオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 5 に設定する。

【 0 0 6 5 】

【表 1 0】

項番	評価する 順番	match	action
1	1	受信ポートがポート8、かつ、 VLAN IDが10、かつ、 送信先IPアドレスが端末23	ポート6から送信
2	2	受信ポートがポート6、かつ、 VLAN IDが10、かつ、 送信先IPアドレスが端末17	ポート8から送信
3	3	受信ポートがポート6、かつ、 VLAN IDが20、かつ、 送信先IPアドレスが端末29	ポート7から送信
4	4	受信ポートがポート7、かつ、 VLAN IDが20、かつ、 送信先IPアドレスが端末37	ポート6から送信
5	5	any	破棄

30

40

【 0 0 6 6 】

つまり、表 1 0 に示すオープンフロー（OpenFlow）スイッチ 5 のフローテーブルは、表 6 のフローテーブルの項番 1 を項番 5 に変更して、評価する順番を第 5 番目に変更すると

50

ともに、第1仮想ネットワーク38内の端末同士のユーザデータの送受信を行うための経路情報として、項番1と項番2とを新たに追加挿入し、かつ、第2仮想ネットワーク39内の端末同士のユーザデータの送受信を行うための経路情報として、項番3と項番4とを新たに追加挿入した状態に更新している。項番1には、評価するフローの順番が第1番目のマッチ条件(match)として、拠点スイッチ(オープンフロー(OpenFlow)スイッチ13)からのユーザデータの受信ポートが‘ポート8’であり、かつ、仮想ネットワーク識別子VLAN IDが第1仮想ネットワーク38の識別番号例えば‘10’であり、かつ、送信先IPアドレスが同じ第1仮想ネットワーク38内の端末23のIPアドレスであった場合であり、該マッチ条件が成立した場合のアクション(action)として、ポート8から受信したユーザデータを、ポート6から、拠点スイッチのオープンフロー(OpenFlow)スイッチ19に対して送信する旨が設定される。

10

【0067】

また、項番2には、評価するフローの順番が第2番目のマッチ条件(match)として拠点スイッチ(オープンフロー(OpenFlow)スイッチ19)からのユーザデータの受信ポートが‘ポート6’であり、かつ、仮想ネットワーク識別子VLAN IDが第1仮想ネットワーク38の識別番号例えば‘10’であり、かつ、送信先IPアドレスが同じ第1仮想ネットワーク38内の端末17のIPアドレスであった場合であり、該マッチ条件が成立した場合のアクション(action)として、ポート6から受信したユーザデータを、ポート8から、拠点スイッチのオープンフロー(OpenFlow)スイッチ13に対して送信する旨が設定される。

20

【0068】

さらに、項番3には、評価するフローの順番が第3番目のマッチ条件(match)として、拠点スイッチ(オープンフロー(OpenFlow)スイッチ19)からのユーザデータの受信ポートが‘ポート6’であり、かつ、仮想ネットワーク識別子VLAN IDが第2仮想ネットワーク39の識別番号例えば‘20’であり、かつ、送信先IPアドレスが同じ第2仮想ネットワーク39内の端末29のIPアドレスであった場合であり、該マッチ条件が成立した場合のアクション(action)として、ポート6から受信したユーザデータを、ポート7から、拠点スイッチのオープンフロー(OpenFlow)スイッチ25に対して送信する旨が設定される。

30

【0069】

また、項番4には、評価するフローの順番が第4番目のマッチ条件(match)として拠点スイッチ(オープンフロー(OpenFlow)スイッチ25)からのユーザデータの受信ポートが‘ポート7’であり、かつ、仮想ネットワーク識別子VLAN IDが第2仮想ネットワーク39の識別番号例えば‘20’であり、かつ、送信先IPアドレスが同じ第2仮想ネットワーク39内の端末37のIPアドレスであった場合であり、該マッチ条件が成立した場合のアクション(action)として、ポート7から受信したユーザデータを、ポート6から、拠点スイッチのオープンフロー(OpenFlow)スイッチ19に対して送信する旨が設定される。

【0070】

表10のフローテーブルをオープンフロー(OpenFlow)スイッチ5に設定する動作が完了すると、第1仮想ネットワーク38、第2仮想ネットワーク39からなる仮想ネットワークシステム内において、同じ仮想ネットワークに属する各端末同士がユーザデータの送受信を行うことができる状態に移行する。

40

【0071】

例えば、第1仮想ネットワーク38に注目すると、端末17が端末23宛てのパケットを送信すると、該パケットは、オープンフロー(OpenFlow)スイッチ13においては、表7のフローテーブルの項番2のマッチ条件(match)に当て嵌まるので、仮想ネットワーク識別子VLAN IDとして第1仮想ネットワーク38の識別番号‘10’が付与されたパケットがポート12からオープンフロー(OpenFlow)スイッチ5のポート8へ送信される。該パケットを受信したオープンフロー(OpenFlow)スイッチ5においては、表10

50

のフローテーブルの項番 1 のマッチ条件 (match) が当て嵌まるので、該パケットはポート 6 からオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 19 のポート 18 へ送信される。

【0072】

該パケットを受信したオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 19 においては、表 8 のフローテーブルの項番 4 のマッチ条件 (match) に当て嵌まるので、仮想ネットワーク識別子 V L A N I D の第 1 仮想ネットワーク 38 の識別番号 ' 1 0 ' が除去され、宛先が送信先 IP アドレスから端末 23 の M A C アドレスに変更されて、ポート 20 から端末 23 のポート 22 へ送信される。而して、端末 23 は、端末 17 が送信したパケットを受信することができる。

【0073】

また、例えば、第 1 仮想ネットワーク 38 に所属する端末 17 が第 2 仮想ネットワーク 39 に所属している端末 29 宛てのパケットを送信した場合には、オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 13 において、表 7 のフローテーブルの項番 1 ~ 3 のいずれのマッチ条件 (match) にも当て嵌まらず、項番 4 のマッチ条件 (match) に当て嵌まることになるので、当該パケットは、端末 29 宛てに送信されることなく、破棄される。

【0074】

以上、本発明の好適な実施形態の構成を説明した。しかし、かかる実施形態は、本発明の単なる例示に過ぎず、何ら本発明を限定するものではないことに留意されたい。本発明の要旨を逸脱することなく、特定用途に応じて種々の変形変更が可能であることが、当業者には容易に理解できよう。

【符号の説明】

【0075】

- 1 オープンフロー (OpenFlow) コントローラ
- 2 コントローラ 1 に付属のポート
- 3 コントローラ 1 とスイッチ 5 とを接続する L A N ケーブル
- 4 スイッチ 5 に付属のポート
- 5 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ
- 6 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 5 に付属のポート
- 7 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 5 に付属のポート
- 8 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 5 に付属のポート
- 9 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 5 とオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 25 とを接続する L A N ケーブル
- 10 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 5 とオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 13 とを接続する L A N ケーブル
- 11 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 5 とオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 19 とを接続する L A N ケーブル
- 12 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 13 に付属のポート
- 13 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ
- 14 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 13 に付属のポート
- 15 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 13 と端末 17 とを接続する L A N ケーブル
- 16 端末 17 に付属のポート
- 17 端末
- 18 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 19 に付属のポート
- 19 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ
- 20 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 19 に付属のポート
- 21 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 19 と端末 23 とを接続する L A N ケーブル
- 22 端末 23 に付属のポート
- 23 端末

10

20

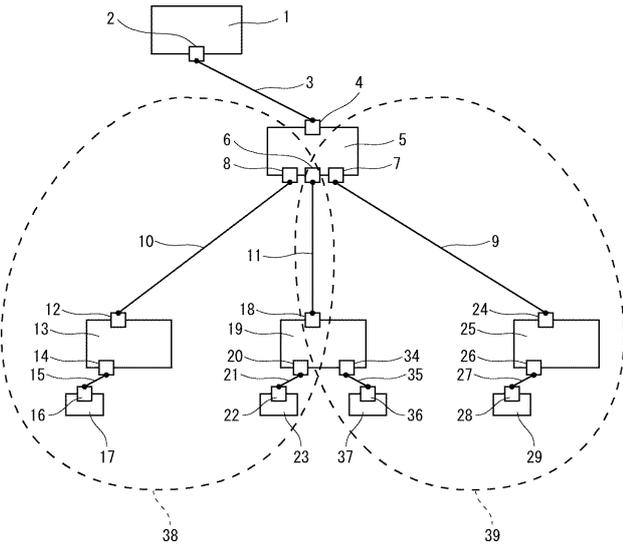
30

40

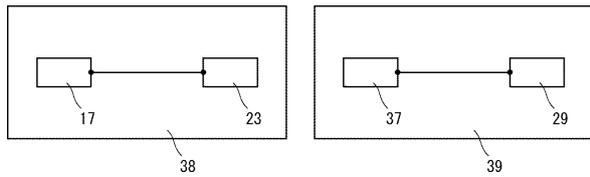
50

- 2 4 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 2 5 に付属のポート
- 2 5 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ
- 2 6 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 2 5 に付属のポート
- 2 7 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 2 5 と端末 2 9 とを接続する L A N ケーブル
- 2 8 端末 2 9 に付属のポート
- 2 9 端末
- 3 0 オープンフロー (OpenFlow) コントローラ 1 とオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 5 との間のオープンフローチャネル
- 3 1 オープンフロー (OpenFlow) コントローラ 1 とオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 1 3 との間のオープンフローチャネル
- 3 2 オープンフロー (OpenFlow) コントローラ 1 とオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 1 9 との間のオープンフローチャネル
- 3 3 オープンフロー (OpenFlow) コントローラ 1 とオープンフロー (OpenFlow) スイッチ 2 5 との間のオープンフローチャネル
- 3 4 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 1 9 に付属のポート
- 3 5 オープンフロー (OpenFlow) スイッチ 1 9 と端末 3 7 とを接続する L A N ケーブル
- 3 6 端末 3 7 に付属のポート
- 3 7 端末
- 3 8 第 1 仮想ネットワーク
- 3 9 第 2 仮想ネットワーク

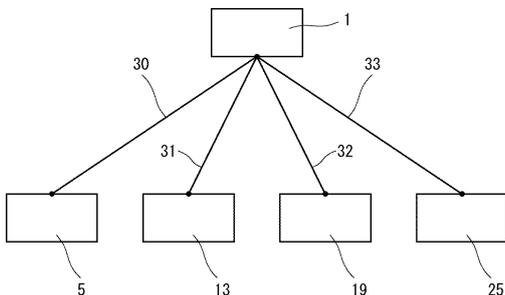
【 図 1 】



【 図 3 】



【 図 2 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5K030 HA08 HC20 HD03 HD09 JA10 KA01 LB07 LE10 MD07