

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5621781号
(P5621781)

(45) 発行日 平成26年11月12日 (2014.11.12)

(24) 登録日 平成26年10月3日 (2014.10.3)

(51) Int.Cl.

F I

H O 4 L 12/717 (2013.01)

H O 4 L 12/717

請求項の数 36 (全 50 頁)

(21) 出願番号 特願2011-535424 (P2011-535424)
 (86) (22) 出願日 平成22年10月6日 (2010.10.6)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2010/067554
 (87) 国際公開番号 W02011/043379
 (87) 国際公開日 平成23年4月14日 (2011.4.14)
 審査請求日 平成25年9月5日 (2013.9.5)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-232306 (P2009-232306)
 (32) 優先日 平成21年10月6日 (2009.10.6)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(出願人による申告) 「平成21年度 総務省「セキュアクラウドネットワーキング技術の研究開発」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願」

(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 大和 純一
 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 鈴木 一哉
 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 安藤 一 道

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ネットワークシステムとコントローラと方法とプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のノードに対してフローの制御を行うコントローラと、
 前記コントローラによって設定されたフロー情報にしたがって受信パケットに対する処理を行う複数のノードと、

を備え、

前記コントローラからフローの制御を受ける前記複数のノードからなるネットワークの一のノードで、前記ネットワーク外部から宛先に向けて送信されたパケットを受けると、前記コントローラの制御のもと、前記コントローラが計算した経路上のノードが、前記パケットを転送して前記宛先に向けて送信し、

前記コントローラは、前記複数のノードのうち、迂回を指示されたノードを、前記ネットワークのトポロジー情報から除き、

前記ネットワークのトポロジー情報に基づき、前記迂回を指示されたノードを通らずに、前記宛先にパケットを転送するための新経路を計算し、

前記新経路を形成するノードに対して、フロー情報を生成し、

前記コントローラからフローの制御を受ける前記複数のノードのうち前記新経路上のノードに対して、前記フロー情報を設定する、ことを特徴とするネットワークシステム。

【請求項2】

前記コントローラは、迂回すべきノードが指定されると、

前記トポロジー情報から指定された前記迂回すべきノードを削除し、

10

20

前記迂回すべきノードを用いた旧経路のそれぞれに対して、前記迂回すべきノードを通らない新経路を求め、有効経路情報を記憶する有効経路記憶部に記憶し、
前記新経路を形成する各ノードに関するフロー情報を生成し、
前記フロー情報を、前記新経路を形成する前記各ノードにそれぞれ設定し、
前記迂回すべきノードを用いた旧経路を前記有効経路記憶部から削除する、ことを特徴とする請求項 1 記載のネットワークシステム。

【請求項 3】

前記コントローラは、迂回すべきノードが指定されると、
前記トポロジー情報から指定された前記迂回すべきノードを削除し、
前記迂回すべきノードを用いた旧経路のそれぞれに対して、前記迂回すべきノードを通らない新経路を求め、有効経路情報を記憶する有効経路記憶部に記憶し、
前記新経路を形成する各ノードに関する前記フロー情報を生成し、前記フロー情報を前記新経路を形成する各ノードにそれぞれ設定し、
前記新経路と、前記迂回すべきノードを用いた前記旧経路が分岐する先頭のノードでパケットを、新旧両経路に送るように設定したのち、前記旧経路を前記有効経路記憶部から削除する、ことを特徴とする請求項 1 記載のネットワークシステム。

10

【請求項 4】

前記コントローラは、前記旧経路を削除する際、前記旧経路の先頭のノードから、順にフローを削除し、前記先頭のノードからフローを削除した段階で、前記先頭のノードにおけるパケットのレプリカ設定を解除する、ことを特徴とする請求項 3 記載のネットワークシステム。

20

【請求項 5】

前記コントローラは、迂回すべきノードが指定されると、前記迂回すべきノードの少なくとも 2 つの隣接ノードを始点と終点とするトンネル経路を設定し、
前記トンネル経路の各ノードに関するフロー情報を生成して設定し、
前記トンネル経路の始点のノードでは、前記トンネル始点のノードに入力され、前記迂回すべきノードを経由する経路へ転送される予定のパケットを、前記トンネル内に転送されるように前記パケットのヘッダーの送信先をトンネルのアドレスに書き換え、
前記パケットはトンネル内を転送され、
前記トンネル終点では、前記パケットのヘッダーの送信先を元の送信先に復元して転送させる、ことを特徴とする請求項 1 記載のネットワークシステム。

30

【請求項 6】

前記コントローラは、迂回用に作成した前記トンネル経路のフローを、迂回解除後、迂回用のトンネルを使用する経路構成情報が存在せず、前記迂回用のトンネルを使用する経路構成情報が削除されたあと、削除する、ことを特徴とする請求項 5 記載のネットワークシステム。

【請求項 7】

前記コントローラは、経路の始点から終点までの各点のノードの各々について、ノードの識別情報とノードに設定されるフロー情報を、経路構成情報として含み、
前記経路構成情報を管理する経路管理テーブルとして、
経路の各々について、
前記経路を形成するノードの情報と、
前記コントローラが前記経路を作成する契機となったパケットのヘッダー情報と、
対応する経路の経路構成情報を指示するポインタ情報と、
を含む、ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のネットワークシステム。

40

【請求項 8】

前記フロー情報は、
前記ノードに入力されたパケットのヘッダーと照合するルールと、
前記ルールにヒットしたパケットに対する前記ノードでの転送を含む動作を規定するア

50

クションと、

を少なくとも含み、

前記ノードに入力したパケットのヘッダーがフロー情報のルールとマッチしない場合、前記ノードは、前記パケットを前記コントローラに転送し、

前記コントローラは、前記パケットのフローを決定し、前記フロー上の前記ノードに対応するフロー情報を設定し、

前記コントローラは、前記パケットを、前記パケット送信元のノードに返送するか、又は、前記コントローラが接続するノードのうち、前記パケットが転送される経路上にあり、且つ、前記パケット送信元のノードよりも、前記パケットの送信先ノードにより近いノードに送信する、ことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のネットワークシステム。

10

【請求項 9】

前記コントローラは、経路情報として経路の始点、終点の 2 つの端点、前記経路上のノード群を、キャッシュの一エントリとして格納する経路キャッシュと、

経路を算出する経路算出部と、を備え、

前記経路算出部は、経路計算時、始点、終点を指定して両端が一致する経路を、前記経路キャッシュから検索し、

一致したものがある場合、前記検索された経路を算出経路とし、

一致したものがない場合、経路を算出し、算出した経路情報を、前記経路キャッシュに格納する、ことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のネットワークシステム。

20

【請求項 10】

複数のノードに対してフローの制御を行うコントローラと、

前記コントローラによって設定されたフロー情報にしたがって受信パケットに対する処理を行う複数のノードと、を備えたシステムのネットワーク制御方法であって、

前記コントローラからフローの制御を受ける前記複数のノードからなるネットワークの一のノードで、前記ネットワーク外部から宛先に向けて送信されたパケットを受けると、前記コントローラの制御のもと、前記コントローラが計算した経路上のノードが前記パケットを転送して前記宛先に向けて送信し、

前記コントローラは、前記複数のノードのうち、迂回を指示されたノードを、前記ネットワークのトポロジー情報から除き、

30

前記ネットワークのトポロジー情報に基づき、前記迂回を指示されたノードを通らずに、前記宛先にパケットを転送するための新経路を計算し、

前記新経路を形成するノードに対して、フロー情報を生成し、

前記コントローラからフローの制御を受ける前記複数のノードのうち前記新経路上のノードに対して、前記フロー情報を設定する、ことを特徴とするネットワーク制御方法。

【請求項 11】

前記コントローラは、迂回すべきノードが指定されると、

前記トポロジー情報から指定された前記迂回すべきノードを削除し、

前記迂回すべきノードを用いた旧経路のそれぞれに対して、前記迂回すべきノードを通らない新経路を求め、有効経路情報を記憶する有効経路記憶部に記憶し、

40

前記新経路を形成する各ノードに関するフロー情報を生成し、

前記フロー情報を、前記経路を形成する前記各ノードにそれぞれ設定し、

前記迂回すべきノードを用いた前記旧経路を前記有効経路記憶部から削除する、ことを特徴とする請求項 10 記載のネットワーク制御方法。

【請求項 12】

前記コントローラは、迂回すべきノードが指定されると、

前記トポロジー情報から指定された前記迂回すべきノードを削除し、

前記迂回すべきノードを用いた旧経路のそれぞれに対して、前記迂回すべきノードを通らない新経路を求め有効経路記憶部に記憶し、

50

前記新経路を形成する各ノードに関する前記フロー情報を生成し、前記フロー情報を前記新経路を形成する前記各ノードにそれぞれ設定し、

前記新経路と、前記迂回すべきノードを用いた前記旧経路が分岐する先頭のノードでパケットを、新旧両経路に送るように設定したのち、前記旧経路を前記有効経路記憶部から削除する、ことを特徴とする請求項 10 記載のネットワーク制御方法。

【請求項 13】

前記コントローラは、前記旧経路を削除する際、前記旧経路の先頭のノードから、順にフローを削除し、前記先頭のノードからフローを削除した段階で、前記先頭のノードにおけるパケットのレプリカ設定を解除する、ことを特徴とする請求項 12 記載のネットワーク制御方法。

10

【請求項 14】

前記コントローラは、迂回すべきノードが指定されると、前記迂回すべきノードの少なくとも 2 つの隣接ノードを始点と終点とするトンネル経路を設定し、

前記トンネル経路の各ノードに関するフロー情報を生成して設定し、

前記トンネル経路の始点のノードでは、前記トンネル始点のノードに入力され、前記迂回すべきノードを経由する経路へ転送される予定のパケットを、前記トンネル内に転送されるように前記パケットのヘッダーの送信先をトンネルのアドレスに書き換え、

前記パケットはトンネル内を転送され、

前記トンネル終点では、前記パケットのヘッダーの送信先を元の送信先に復元して転送させる、ことを特徴とする請求項 10 記載のネットワーク制御方法。

20

【請求項 15】

前記コントローラは、迂回用に作成した前記トンネル経路のフローを、迂回解除後、迂回用のトンネルを使用する経路構成情報が存在せず、迂回用トンネルを使用する経路構成情報が削除されたあと、削除する、ことを特徴とする請求項 14 記載のネットワーク制御方法。

【請求項 16】

前記コントローラは、経路の始点から終点までの各点のノードの各々について、ノードの識別情報とノードに設定されるフロー情報を、経路構成情報として含み、

経路構成情報を管理する経路管理テーブルとして、

経路の各々について、前記経路を形成するノードの情報と、前記コントローラが経路を作成する契機となったパケットのヘッダー情報と、対応する経路の経路構成情報を指示するポインタ情報を含む、ことを特徴とする請求項 10 乃至 15 のいずれか 1 項に記載のネットワーク制御方法。

30

【請求項 17】

前記フロー情報は、前記ノードに入力されたパケットのヘッダーと照合するルールと、前記ルールにヒットしたパケットに対する前記ノードでの転送を含む動作を規定するアクションと、を少なくとも含み、

前記ノードに入力したパケットのヘッダーがフロー情報のルールとマッチしない場合、前記ノードは、前記パケットを前記コントローラに転送し、

前記コントローラは、前記パケットのフローを決定し、前記フロー上の前記ノードに対応するフロー情報を設定し、前記コントローラは、前記パケットを、前記パケット送信元のノードに返送するか、又は、前記コントローラが接続するノードのうち、前記パケットが転送される経路上にあり、前記パケット送信元のノードよりも、前記パケットの送信先ノードにより近いノードに送信する、ことを特徴とする請求項 10 乃至 16 のいずれか 1 項に記載のネットワーク制御方法。

40

【請求項 18】

前記コントローラは、経路情報として経路の始点、終点の 2 つの端点、前記経路上のノード群をキャッシュの一エントリとして格納する経路キャッシュを有し、

前記コントローラにおいて、経路を算出する経路算出部で経路計算時、始点、終点を指定して両端が一致する経路を前記経路キャッシュから検索し、

50

一致したものがある場合、前記検索された経路を算出経路とし、
一致したものがない場合、経路を算出し、算出した経路情報を前記経路キャッシュに格納する、ことを特徴とする請求項 10 乃至 17 のいずれか 1 項に記載のネットワーク制御方法。

【請求項 19】

設定されたフロー情報にしたがって受信パケットに対する処理を行う複数のノードに対して前記フロー情報を設定しフローの制御を行うコントローラであって、

前記コントローラからフローの制御を受ける前記複数のノードからなるネットワークの一のノードで、前記ネットワーク外部から宛先に向けて送信されたパケットを受けると、前記コントローラの制御のもと、前記コントローラが計算した経路上のノードが、前記パケットを転送して前記宛先に向けて送信し、

前記複数のノードのうち、迂回を指示されたノードを、前記ネットワークのトポロジー情報から除き、

前記ネットワークのトポロジー情報に基づき、前記迂回を指示されたノードを通らずに、前記宛先にパケットを転送するための新経路を計算して有効経路記憶部に記憶し、

前記新経路を形成するノードに対して、前記ノードでのフローに対する動作を規定した前記フロー情報を生成し、

前記コントローラからフローの制御を受ける前記複数のノードのうち前記新経路上のノードに前記フロー情報を設定する、ことを特徴とするコントローラ。

【請求項 20】

迂回すべきノードが指定されると、

前記トポロジー情報から指定された前記迂回すべきノードを削除し、

前記迂回すべきノードを用いた旧経路のそれぞれに対して、前記迂回すべきノードを通らない経路を求めて前記有効経路記憶部に記憶し、

前記経路を形成する各ノードに関するフロー情報を生成し、前記フロー情報を、前記経路を形成する前記各ノードにそれぞれ設定し、

前記迂回すべきノードを用いた前記旧経路を前記有効経路記憶部から削除する、ことを特徴とする請求項 19 記載のコントローラ。

【請求項 21】

迂回すべきノードが指定されると、

前記トポロジー情報から指定された前記迂回すべきノードを削除し、

前記迂回すべきノードを用いた旧経路のそれぞれに対して、前記迂回すべきノードを通らない新経路を求めて前記有効経路記憶部に記憶し、

前記新経路を形成する各ノードに関するフロー情報を生成し、前記フロー情報を、前記新経路を形成する前記各ノードにそれぞれ設定し、

前記新経路と、前記迂回すべきノードを用いた前記旧経路が分岐する先頭のノードでパケットを、新旧両経路に送るように設定したのち、前記旧経路を前記有効経路記憶部から削除する、ことを特徴とする請求項 19 記載のコントローラ。

【請求項 22】

前記旧経路を削除する際、前記旧経路の先頭のノードから、順にフローを削除し、前記先頭のノードからフローを削除した段階で、前記先頭のノードにおけるパケットのレプリカ設定を解除する、ことを特徴とする請求項 21 記載のコントローラ。

【請求項 23】

迂回すべきノードが指定されると、前記迂回すべきノードの少なくとも 2 つの隣接ノードを始点と終点とするトンネル経路を設定して前記有効経路記憶部に記憶し、

前記トンネル経路の各ノードに関するフロー情報を生成して設定し、

トンネル経路の始点のノードでは、前記トンネル始点のノードに入力され、前記迂回すべきノードを経由する経路へ転送される予定のパケットを、前記トンネル内に転送されるように前記パケットのヘッダーの送信先をトンネルのアドレスに書き換え、

前記パケットはトンネル内を転送され、

前記トンネル終点では、前記パケットのヘッダーの送信先を元の送信先に復元して転送させる、ことを特徴とする請求項 19 記載のコントローラ。

【請求項 24】

迂回用に作成した前記トンネル経路を、迂回解除後、前記トンネルを使用する経路構成情報が存在せず、前記トンネルを使用する経路構成情報が前記有効経路記憶部から全て削除されたあと、削除する、ことを特徴とする請求項 23 記載のコントローラ。

【請求項 25】

前記有効経路記憶部が、経路の始点から終点までの各点のノードの各々について、ノードの識別情報とノードに設定されるフロー情報を、経路構成情報として含み、
経路構成情報を管理する経路管理テーブルとして、
経路の各々について、
前記経路を形成するノードの情報と、
前記コントローラが経路を作成する契機となったパケットのヘッダー情報と、
対応する経路の経路構成情報を指示するポインタ情報と、
を含む、ことを特徴とする請求項 19 乃至 24 のいずれか 1 項に記載のコントローラ。

10

【請求項 26】

前記フロー情報は、前記ノードに入力されたパケットのヘッダーと照合するルールと、前記ルールにヒットしたパケットに対する前記ノードでの転送を含む動作を規定するアクションと、を少なくとも含み、

前記ノードに入力したパケットのヘッダーがフロー情報のルールとマッチしない場合、前記ノードは、前記パケットを前記コントローラに転送し、前記コントローラは、前記パケットのフローを決定し、前記フロー上の前記ノードに対応するフロー情報を設定し、前記コントローラは、前記パケットを、前記パケット送信元のノードに返送するか、又は、前記コントローラが接続するノードのうち、前記パケットが転送される経路上にあり、前記パケット送信元のノードよりも、前記パケットの送信先ノードにより近いノードに送信する、ことを特徴とする請求項 19 乃至 25 のいずれか 1 項に記載のコントローラ。

20

【請求項 27】

経路情報として経路の始点、終点の 2 つの端点、前記経路上のノード群をキャッシュの一エントリとして格納する経路キャッシュと、

経路を算出する経路算出部と、

30

を備え、

前記経路算出部は、経路計算時、始点、終点を指定して両端が一致する経路を前記経路キャッシュから検索し、

一致したものがある場合、前記検索された経路を算出経路とし、

一致したものがない場合、経路を算出し、算出した経路情報を前記経路キャッシュに格納する、ことを特徴とする請求項 19 乃至 26 のいずれか 1 項に記載のコントローラ。

【請求項 28】

コントローラによって設定されたフロー情報にしたがって受信パケットに対する処理を行う複数のノードからなるネットワークの一のノードで、前記ネットワーク外部から宛先に向けて送信されたパケットを受けると、前記コントローラの制御のもと、前記コントローラが計算した経路上のノードが、前記パケットを転送して前記宛先に向けて送信する、コントローラを構成するコンピュータに、

40

前記複数のノードのうち、迂回を指示されたノードを、前記ネットワークのトポロジー情報から除き、

前記ネットワークのトポロジー情報に基づき、前記迂回を指示されたノードを通らない新経路を計算して有効経路記憶部に記憶し、

該新経路を形成するノードのフロー情報を生成し、

前記複数のノードのうち、該新経路上のノードに前記フロー情報を設定する、処理を実行させるプログラム。

【請求項 29】

50

迂回すべきノードが指定されると、
前記トポロジー情報から指定された前記迂回すべきノードを削除し、
前記迂回すべきノードを用いた旧経路のそれぞれに対して、前記迂回すべきノードを通らない新経路を求めて前記有効経路記憶部に記憶し、
前記新経路を形成する各ノードに関するフロー情報を生成し、前記フロー情報を、前記新経路を形成する前記各ノードにそれぞれ設定し、
前記迂回すべきノードを用いた前記旧経路を前記有効経路記憶部から削除する処理を前記コンピュータに実行させる請求項 28 記載のプログラム。

【請求項 30】

迂回すべきノードが指定されると、
前記トポロジー情報から指定された前記迂回すべきノードを削除し、
前記迂回すべきノードを用いた旧経路のそれぞれに対して、前記迂回すべきノードを通らない新経路を求め、前記有効経路記憶部に記憶し、
前記新経路を形成する各ノードに関するフロー情報を生成し、前記フロー情報を前記新経路を形成する前記各ノードにそれぞれ設定し、
前記新経路と、前記迂回すべきノードを用いた前記旧経路が分岐する先頭のノードでパケットを、新旧両経路に送るように設定したのち、前記旧経路を前記有効経路記憶部から削除する処理を前記コンピュータに実行させる請求項 28 記載のプログラム。

【請求項 31】

前記旧経路を削除する際、前記旧経路の先頭のノードから、順にフローを削除し、前記先頭のノードからフローを削除した段階で、前記先頭のノードにおけるパケットのレプリカ設定を解除する、処理を前記コンピュータに実行させる請求項 30 記載のプログラム。

【請求項 32】

迂回すべきノードが指定されると、前記迂回すべきノードの少なくとも 2 つの隣接ノードを始点と終点とするトンネル経路を設定し、前記有効経路記憶部に記憶し、
前記トンネル経路の各ノードに関するフロー情報を生成して設定し、
トンネル経路の始点のノードでは、前記トンネル始点のノードに入力され、前記迂回すべきノードを経由する経路へ転送される予定のパケットを、前記トンネル内に転送されるように前記パケットのヘッダーの送信先をトンネルのアドレスに書き換え、
前記パケットはトンネル内を転送され、
前記トンネル終点では、前記パケットのヘッダーの送信先を元の送信先に復元して転送させる処理を前記コンピュータに実行させる請求項 28 記載のプログラム。

【請求項 33】

迂回用に作成した前記トンネル経路を、迂回解除後、前記トンネルを使用する経路構成情報が存在せず、前記トンネルを使用する経路構成情報が前記有効経路記憶部から全て削除されたあと、削除する処理を前記コンピュータに実行させる請求項 32 記載のプログラム。

【請求項 34】

前記有効経路記憶部が、経路の始点から終点までの各点のノードの各々について、ノードの識別情報とノードに設定されるフロー情報を、経路構成情報として含み、
前記有効経路記憶部において、経路構成情報を管理する経路管理テーブルとして、経路の各々について、
前記経路を形成するノードの情報と、
前記コントローラが経路を作成する契機となったパケットのヘッダー情報と、
対応する経路の経路構成情報を指示するポインタ情報と、
を含み、
前記経路を設定する場合、前記経路管理テーブルに、
パケットのヘッダー情報、
ノード情報、
経路構成情報へのポインタ

を登録する処理を前記コンピュータに実行させる請求項 28 乃至 33 のいずれか 1 項に記載のプログラム。

【請求項 35】

前記フロー情報は、前記ノードに入力されたパケットのヘッダーと照合するルールと、前記ルールにヒットしたパケットに対する前記ノードでの転送を含む動作を規定するアクションと、を少なくとも含み、

前記ノードに入力したパケットのヘッダーがフロー情報のルールとマッチしない場合、前記ノードは、パケットを前記コントローラに転送し、前記コントローラは、前記パケットのフローを決定し、前記フロー上の前記ノードに対応するフロー情報を設定し、前記コントローラは、前記パケットを、前記パケット送信元のノードに返送するか、又は、前記パケット送信元のノードのうち、前記パケットが転送される経路上にあり、前記パケット送信元のノードよりも、前記パケットの送信先ノードにより近いノードに送信する処理を前記コンピュータに実行させる請求項 28 乃至 34 のいずれか 1 項に記載のプログラム。

10

【請求項 36】

前記コントローラは、経路情報として経路の始点、終点の 2 つの端点、前記経路上のノード群をキャッシュの一エントリとして格納する経路キャッシュを備え、

経路計算時、始点、終点を指定して両端が一致する経路を前記経路キャッシュから検索し、

一致したものがある場合、前記検索された経路を算出経路とし、

20

一致したものがない場合、経路を算出し、算出した経路情報を前記経路キャッシュに格納する処理を、前記コンピュータに実行させる請求項 28 乃至 35 のいずれか 1 項に記載のプログラム。

【発明の詳細な説明】

【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 2009-232306 号（2009 年 10 月 6 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。

30

本発明は、ネットワークシステムとコントローラと方法とプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

プログラマブル化ネットワークアーキテクチャのさきがけともいわれる O F S（Open Flow Switch）は現在、例えば大学キャンパスや企業ネットワーク等において実験・実用化研究が行われている。はじめに O F S を概説しておく。スイッチは、パケットのルックアップとフォワーディングを行うフローテーブルと、コントローラとの通信用のセキュアチャネルを備えている。コントローラはオープンフロー（Open Flow）プロトコルを用いてセキュアチャネル上でスイッチと通信し、例えば A P I（Application Program Interface）レベルでフローを制御する。一例として、スイッチに最初のパケット（first packet）が到着すると、該スイッチは、該パケットのヘッダー情報でフローテーブルを検索する。マッチしない場合（ミスヒット）、スイッチは、当該パケットをコントローラにセキュアチャネルで転送（forward）する。コントローラは、当該パケットの送信先、送信元情報に基づいて、コントローラが管理するネットワーク・トポロジー情報から、該パケットの経路を決定する。コントローラは、決定した経路に基づいて、経路上の各スイッチに対してそれぞれのフローテーブルを設定する。2 番目以降のパケットは、スイッチのフローテーブルにヒットし、コントローラへは転送せず、直接、フローテーブルのエントリで規定される次のスイッチに転送される。以下の概説も含め、O F S の詳細は、例えば非特許文献 1、2 等が参照される。

40

50

【0003】

スイッチのフローテーブルは、例えば図19に示すように、パケットヘッダーと照合するルール(Rule)と、フローに対する処理を定義したアクション(Action)と、フロー統計情報(Statistics)をフロー毎に有する。パケットヘッダーと照合するルール(Rule)には、正確な値(exact)、及びワイルドカード(wild card)が用いられる。アクション(Action)は、ルールとマッチしたパケットに適用するアクションである。フロー統計情報は、アクティビティカウンタともいい、アクティブエントリ数、パケットルックアップ数、パケットマッチ数、フロー単位に、受信パケット数、受信バイト数、フローがアクティブな期間、ポート単位で受信パケット、送信パケット、受信バイト、送信バイト、受信ドロップ、送信ドロップ、受信エラー、送信エラー、受信フレームアラインメントエラー、受信オーバーランエラー、受信CRC(Cyclic Redundancy Check)エラー、コリジョン数を含む。スイッチに入力されたパケットはフローテーブルのルールとのマッチ(照合)が行われ、ルールにマッチするエントリが見つかった場合、マッチしたエントリのアクションが当該パケットに対して施される。マッチするエントリが見つからなかった場合、該パケットはセキュアチャネルを介してコントローラに転送され、コントローラは、パケット経路を決定したフローエントリをスイッチへ送信する。スイッチでは、該スイッチのフローエントリに対して、フローエントリの追加、変更、削除を行う。

10

【0004】

パケットのヘッダーの所定のフィールドがスイッチのフローテーブルのルールとの照合(マッチ)に用いられる。マッチ対象の情報は、入力ポート(Ingress port)、MAC(Media Access Control)、DA(MACディステーションアドレス)、MAC SA(MACソースアドレス)、Ethernetタイプ(TPID)、VLAN ID(Virtual LAN(Local Area Network) ID)、VLAN TYPE(優先度)、IP SA(IPソースアドレス)、IP DA(IPディステーションアドレス)、IPプロトコル、Source Port(TCP(Transmission Control Protocol) /UDP(User Datagram Protocol)ソースポート、あるいは、ICMP(Internet Control Message Protocol Type)、Destination port(TCP/UDPディステーションポート、あるいは、ICMP Code)を含む(図25参照)。

20

30

【0005】

図26に、アクション名とアクションの内容を例示する。OUTPUTは、指定ポート(インタフェース)に出力する。SET_VLAN VIDからSET_TP_DSTは、パケット・ヘッダーのフィールドを修正するアクションである。また、スイッチは、物理ポートと以下の仮想ポートへパケットを転送(Forward)する。図27に仮想ポートを例示する。IN_PORTはパケットを入力ポートに出力する。NORMALはスイッチがサポートする既存の転送パスを用いて処理する。FLOODはパケットが入来したポートを除く通信可能状態(Forwarding状態)の全てのポートに転送する。ALLはパケットが入来したポートを除くポートに転送する。CONTROLLERはパケットをカプセル化しセキュアチャネルを介してコントローラに送信する。LOCALはパケットをスイッチ自身のローカルネットワークスタックに送信する。アクションが指定されないフローエントリにマッチしたパケットはドロップ(廃棄)される。なお、本明細書では、フローエントリのルール、アクション、フロー統計情報からなるフロー情報を「フローエンティティ」という。本明細書では、フロー統計情報は発明の主題として扱われないため、フローエンティティとしてフロー統計情報は省略され、単に、ルール、アクションが示される。

40

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0006】

50

【非特許文献1】Nick McKeownその他、"OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks", March 14, 2008 <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 0.9.0. (Wire Protocol 0x98) July 20, 2009 <インターネット URL : <http://www.openflowswitch.org/documents/openflow-spec-v0.9.0.pdf>>

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記非特許文献1及び2の全開示内容はその引用をもって本書に繰込み記載する。

10

以下の分析は、本発明によってなされたものである。

上記OFSのようにコントローラにより各ノードを制御して経路を決定するネットワークにおいて、障害発生、保守等のために任意の当該ノードが使用できなくなる場合、該ノードを迂回させた経路を設定可能とするシステムの実現が望まれる。また、当該ネットワーク中で所定のノードを迂回させることで、経路の片寄せ等を行い、低消費電力化の実現が可能となる。本願発明者達は、かかるシステムを実現する発明を今回創案したので、以下に提示する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明によれば、コントローラと、前記コントローラによってフローの制御が行われる複数のノードと、を備え、前記コントローラは、迂回を指示されたノードに対してノードのネットワーク構成を規定するトポロジー情報から前記ノードを除き、

20

前記ノードを通らない経路を計算し、

前記経路を形成するノードに対して、前記ノードでのフローに対する動作を規定したフロー情報を生成し、

前記経路上のノードに前記フロー情報を設定するネットワークシステムが提供される。

【0009】

本発明によれば、複数のノードに対してフローの制御を行うコントローラが、迂回を指示されたノードに対してノードのネットワーク構成を規定するトポロジー情報から前記ノードを除き、

30

前記ノードを通らない経路を計算し、

前記経路を形成するノードに対して、前記ノードでのフローに対する動作を規定したフロー情報を生成し、

前記経路上のノードに前記フロー情報を設定するネットワーク制御方法が提供される。

【0010】

本発明によれば、複数のノードに対してフローの制御を行うコントローラであって、迂回を指示されたノードに対してノードのネットワーク構成を規定するトポロジー情報から前記ノードを除き、

前記ノードを通らない経路を計算して有効経路記憶部に記憶し、

前記経路を形成するノードに対して、前記ノードでのフローに対する動作を規定したフロー情報を生成し、

40

前記経路上のノードに前記フロー情報を設定するコントローラが提供される。

【0011】

本発明によれば、複数のノードに対してフローの制御を行うコントローラに、迂回を指示されたノードに対してノードのネットワーク構成を規定したトポロジー情報から、前記ノードを除き、

前記ノードを通らない経路を計算して有効経路記憶部に記憶し、

該経路を形成するノードのフロー情報を生成し、

該経路上のノードに前記フロー情報を設定する、処理を実行させるプログラムが提供される。また本発明によれば、該プログラムを記録したコンピュータ読み出し可能な記録媒

50

体が提供される。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、迂回が指示されたノードを通らない経路を計算し設定することで該ノードを迂回し、該ノードの保守等を行うことができる。また本発明によれば、ノードを迂回させることで、経路の片寄せ等を行い、低消費電力化等を実現可能としている。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の一実施形態のネットワークシステムの構成の一例を示す図である。

【図2】本発明の一実施形態のコントローラとスイッチの構成例を示す図である。

【図3】本発明の一実施形態のコントローラにおける有効経路情報記憶部の経路管理テーブルと経路構成情報の一例を示す図である。

【図4】本発明の一実施形態のスイッチのフローエンティティテーブルの一例を示す図である。

【図5】本発明の別の実施形態のコントローラとスイッチの構成の一例を示す図である。

【図6】ネットワーク構成の一例を示す図である。

【図7】本発明の一実施形態におけるFirst Packet受信時の動作を示す図である。

【図8】本発明の一実施形態のFirst Packet受信時の動作を説明する図である。

【図9】図7の経路算出手順を示す図である。

【図10】本発明の一実施形態の第1の迂回手順を示す図である。

【図11】図10のS106の経路削除の手順を示す図である。

【図12】図10のS106の経路の再設定の手順を示す図である。

【図13】図12のS106B-cの変形例の手順を示す図である。

【図14】本発明の一実施形態の第2の迂回手順を示す図である。

【図15】図14のS206の新経路算出の手順を示す図である。

【図16】図14のS206の新経路設定の手順を示す図である。

【図17】図14のS206の旧経路削除の手順を示す図である。

【図18】本発明の一実施形態の迂回（トンネル）設定の手順を示す図である。

【図19】図18のS305のトンネル用フローエンティティの算出の手順を示す図である。

【図20】図18のS305のトンネル用フローエンティティの設定の手順を示す図である。

【図21】図18のS308のトンネルとの接続手順を示す図である。

【図22】図18のS308の始点の旧経路の削除の手順を示す図である。

【図23】本発明のさらに別の実施形態のコントローラとスイッチの構成を示す図である。

【図24】OFSのフローエンティティを説明する図である。

【図25】パケット・ヘッダーのマッチフィールドを説明する図である。

【図26】フローエンティティのアクション（Field Modify）を例示する図である。

【図27】フローエンティティのアクション（仮想ポート）を例示する図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

本発明の実施形態について説明する。本発明に係るシステムにおいては、コントローラによってフローの制御が行われる複数のノード（図1のスイッチ10）と、該コントローラと、を備え、該コントローラ（20）は、迂回を指示されたノードに対してノードのネットワーク構成を規定するトポロジー情報から前記ノードを除き、前記ノードを通らない経路を計算し、前記経路を形成するノードに対して、前記ノードでのフローに対する動作

10

20

30

40

50

を規定したフロー情報を生成し、前記経路上のノードに前記フロー情報を設定する。なお、以下の実施形態では、コントローラ（20）によってフローの制御が行われるノードを、スイッチとして説明するが、本発明においてノードはかかる構成に制限されるものでないことは勿論である。

【0015】

<ネットワークシステム構成>

図1は、本発明が適用されるネットワークの一例を示す図である。図1において、スイッチ（OFS：Open Flow Switch）10は、コントローラ（Controller）20から設定されたフロー情報（ルール+アクションを含む、以下、「フローエンティティ」という）を保持し、到着したパケットに対して該当するルールをスイッチ10が保持するフローエンティティテーブル（フローテーブル）から検索し、一致した場合、アクションを実行する。スイッチ（OFS）10は、到着したパケットがフローエンティティテーブルのルールのいずれにも一致しない場合、コントローラ20に通知する（first packetの通知）。フローには優先度があり優先度が高いものが有効となる。コントローラ20は、スイッチ（OFS）10から送られてきたパケットに基づき、適切な経路を算出してフローを生成し、スイッチ群にフローを設定する。なお、図1において、スイッチ（OFS）10の接続構成は、一例でしかなく、Fat Tree、HyperCube等、ノード等との経路が複数存在すればよい。なお、図1において、ノード30は、複数のスイッチ10に対してフローの制御を行うコントローラ20からは、フローの制御は受けないノードである。ノード（Node）30は、サーバ、ロードバランサ、ファイアウォール、ストレージ（NAS（Network Attached Storage）、SAN（Storage Area Network）、クラスタストレージisilon等分散ストレージのノード等）、2つ以上のネットワークインタフェースを持つ。ただし、ノード30はコントローラ20と通信する機能を備えた構成としてもよいことは勿論である。また、図1では簡単のため、1台のコントローラ20でスイッチ10を制御する構成として記載されているが、複数のコントローラがそれぞれ配下の1つ又は複数のスイッチを制御する構成としてもよいことは勿論である。

【0016】

本発明の実施形態において、コントローラ20は、スイッチ10の接続状態をトポロジー情報として保持する。

【0017】

また、コントローラ20は、パケットに対して設定した経路の情報を有効経路情報として保持する。すなわち、スイッチ10に入力したパケットのヘッダー情報がフローエンティティのルールとマッチしないパケット（first packet）に対して、コントローラ20はフローを決定し、該フロー上のスイッチに対して、フローエンティティを送信して設定する。コントローラ20は、該フローに対応する経路情報を有効経路情報として管理保持する。

【0018】

本発明の実施形態における迂回手順を以下に説明する。図1において、あるスイッチ（OFS）10を迂回する場合、コントローラ20は、迂回すべきスイッチ（「迂回スイッチ」という）を通過する全ての経路（旧経路）に対して、該迂回スイッチを通過しない新経路を計算し、該新経路上のスイッチに対して、フローエンティティを設定する。以下に迂回手順の概略を説明する。

【0019】

<迂回1>

1. コントローラ20は、迂回スイッチが指定されると、コントローラ20が管理保持するトポロジー情報から指定された当該迂回スイッチを削除する。

【0020】

2. コントローラ20は、指定された迂回スイッチを用いた全ての経路について、該迂回スイッチを通過しない迂回経路（新経路）を再計算する。コントローラ20は新経路を

形成するスイッチごとのフローを決定し、新経路情報を、有効経路情報として記憶する。

【0021】

3. コントローラ20は、決定したフローに対応したフローエンティティを、該当するスイッチに設定する。

【0022】

4. コントローラ20は、旧経路（迂回スイッチを通過する経路）を有効経路情報から削除する。

【0023】

5. コントローラ20は、迂回準備の完了を通知する。

【0024】

本実施形態では、迂回すべきスイッチの情報を受けたコントローラ20は、迂回すべきスイッチをトポロジー情報から削除し、迂回経路を計算する時に、当該スイッチを含まないトポロジー情報を使用する。

【0025】

あるいは、パケットロスを起こさないように、新旧の経路を一時的に並存させ、冗長網化してからパケットを複製させるようにしてもよい。この場合の迂回手順は以下のようになる。

【0026】

<迂回2>

1. コントローラ20は、迂回すべきスイッチの情報を受けると、トポロジー情報から迂回すべきスイッチ（迂回スイッチ）を取り除く。

【0027】

2. コントローラ20は、指定された迂回スイッチを用いた全ての経路について、当該スイッチを通過しない迂回経路（新経路）を計算する。各経路を形成するスイッチごとのフローを決定する。

【0028】

3. コントローラ20は、計算したフローを該当するスイッチにフローエンティティを設定する。新旧両経路が分岐する先頭のスイッチでパケットを新旧両経路に送るように設定し、新経路情報を有効経路情報として記憶する。

【0029】

4. コントローラ20は、旧経路を有効経路情報から削除する。コントローラ20は、旧経路を削除する。その際、

- ・旧経路の先頭のスイッチから、順にフローを削除する。

- ・先頭のスイッチからフローを削除した段階で、前記先頭のスイッチにおけるパケットのレプリカ設定を解除する（フローエンティティのアクションの設定変更）。

【0030】

5. 迂回準備完了を通知する。

【0031】

また、迂回経路として、トンネル（同位又は下位レイヤのデータをカプセル化してプロトコルの終端を行わず、透過的に伝送させる）を利用してもよい。

【0032】

コントローラ20は、迂回すべきスイッチの隣接スイッチ間でトンネルを作成し、経路の隣接スイッチ以外に設定されたフローはそのまま使用する。そして、隣接スイッチに設定されたフローを、前記トンネルに誘導するフローに変更することで迂回経路を形成する。トンネルによる迂回は概略以下のように行われる。

【0033】

<トンネル>

1. コントローラ20は、迂回スイッチの隣接スイッチa、b同士を端点とする経路を算出する。

【0034】

10

20

30

40

50

2. コントローラ20は、1で作成した隣接スイッチaと隣接スイッチbを端点とした経路を経由するスイッチ用に入出力ポートにマッチングするフローを作成する。

【0035】

3. コントローラ20は、2で作成したフローの該当するスイッチをトンネルとして設定する。このとき、トンネルを構成するスイッチには、好ましくは、他のスイッチよりも優先度を低い値に設定する。隣接スイッチ以外に設定されたフローはそのまま使用する。

【0036】

4. コントローラ20は、隣接スイッチaから迂回スイッチを経由し隣接スイッチbに送るフローについて、1で作成した隣接スイッチaと隣接スイッチbを端点とした前記経路に誘導するように隣接スイッチaと隣接スイッチbにフローを設定する。

10

【0037】

本発明の一実施形態について説明する。図2を参照すると、スイッチ10は、制御するコントローラ20との間で通信が可能とされる。コントローラ20は、1つ又は複数のスイッチ10を制御する。

【0038】

<コントローラの構成例>

コントローラ20は、スイッチ10からのパケットを受信するパケット処理部201と、スイッチ10に対してフローエンティティを設定するフローエンティティ設定部202と、経路構成情報（経路を作成する契機となったパケットを入力するスイッチ情報、該パケットのヘッダー情報、該経路を構成するスイッチ識別情報とそのフローエンティティ）を記憶する有効経路記憶部203と、ノード、スイッチのネットワーク・トポロジを記憶するトポロジ情報204と、経路を算出する経路算出部205と、スイッチの状態を変更するスイッチ状態変更部206と、を備えている。

20

【0039】

<スイッチの構成例>

スイッチ10は、パケット処理部101と、フローエンティティテーブル（「フローテーブル」ともいう）102と、最初のパケットをコントローラ20に通知するパケット通知部103と、コントローラ20から指示されたフローエンティティの設定を行うフローエンティティ設定部104とを備えている。スイッチ10としては、レイヤ2スイッチや、レイヤ3スイッチ、ルーター等、コントローラによりスイッチング機能を制御できるものであれば適用可能である。

30

【0040】

フローエンティティテーブル102のフローエンティティは、図24に示したように、ルール、アクションを含む。ルールは、

- ・インプットインタフェース（ポート）
- ・MACソースアドレス
- ・MACディスティネーションアドレス
- ・VLAN（Virtual Local Area Network）ID
- ・TYPE
- ・IPソースアドレス
- ・IPディスティネーションアドレス
- ・プロトコル（UDP（User Datagram Protocol）／TCP（Transmission Control Protocol）／ICMP（Internet Control Message Protocol））、ICMPの場合ICMPタイプ、ICMPコード、TCP／UDPの場合、ソースポート、ディスティネーションポート

40

を含む。

【0041】

アクションは、

- ・アクションのタイプ、

50

・出力 (OUTPUT)、
・パケット・ヘッダーのフィールドの変換 (Field Modify)、
を含む。ヘッダーのフィールドの変換は、図 27 に示したものがある。

【0042】

ルールは、全てのフィールドに値を指定しても良いし、個々のフィールド (欄) をワイルドカード (wildcard) と指定し、当該 wildcard が指摘されたフィールドの値を、フローエントリとのマッチング時に、無視するよう指定しても良い (wildcard が指定された欄は常にマッチ)。IP ソースアドレスと IP デスティネーションアドレスは、wildcard の指定時に、プレフィックス (Prefix) 長 (IP アドレスのネットワークアドレス部の長さ) を指定してもよい。

10

【0043】

アクションが OUTPUT の場合、出力インタフェース (ポート) を含む (図 26 参照)。

【0044】

アクションがヘッダーのフィールドの変換の場合、変更するフィールド、変更する値を含む。

【0045】

アクションが、VLAN tag (イーサネット (登録商標) フレーム中に tag という識別子を挿入) の変更の場合、変更だけでなく付加、削除がある (図 26 の SET__VLAN__VID、SET__VLAN__VID__PCP、STRIP__VLAN 参照)。

20

・付加の場合、付加する VLAN tag の値、
・変更の場合、変更する VLAN tag の値
が指定される。1 つのフローエンティティは 1 つ又は複数のアクションを含む。なお、フローエンティティにアクションが指定されない場合、該アクションが指定されないフローエントリにマッチしたパケットは、ドロップ (廃棄) するようにしてもよい。

【0046】

<有効経路記憶部>

次に、有効経路記憶部 203 で記憶する情報を説明する。図 3 は、有効経路記憶部 203 に格納されるデータのデータ構造の一例を示す図である。

【0047】

30

<経路管理テーブル>

経路管理テーブルは、経路ごとの経路構成情報を管理するテーブルである。経路管理テーブルには 1 エントリ毎に、1 つの経路が対応し、したがって該 1 つの経路の経路構成情報が対応する。経路管理テーブルの 1 つのエントリには、経路を形成し、コントローラ 20 が該経路を新たに作成する契機となったパケット (First Packet) が入力されたスイッチの情報 (スイッチ ID、インタフェース) と、該パケットのヘッダー情報と、当該経路に対応する経路構成情報をさすポインタを有する。パケットのヘッダー情報に関して、ソース及びデスティネーションの IP アドレスのみを記録するようにしてもよい。

【0048】

40

<経路構成情報>

経路構成情報は、経路ごとに、経路を構成するスイッチ群 (経路の始点から経路の中間点、終点) の各スイッチについて、スイッチの識別情報と該スイッチに設定されるフローエンティティとの組を有する。経路が n 個のスイッチから構成される場合、スイッチの識別情報と該スイッチに設定されるフローエンティティとの組を n 組有し、これが、経路管理テーブルの該当するエントリのポインタによってポイントされる。経路構成情報を参照することで、現在有効とされる経路がいかなるスイッチから形成されているかがわかる。フローエンティティはルールとアクションを含む (フロー統計情報を含んでもよい)。経路構成情報はテーブル構成としても良いし、スイッチ情報とフローエンティティの組が、経路上の次のスイッチに対応するスイッチ情報とフローエンティティの組をポイントする

50

ポインタを備えた線形リスト（リンクドリスト）として構成しても良い。なお、経路算出部205で新たな経路が算出された場合、スイッチ状態変更部206によって有効経路記憶部203の経路管理テーブルに経路構成情報が登録され、経路削除等、無効化された経路は、スイッチ状態変更部206によって有効経路記憶部203から削除される。

【0049】

<フローエンティティテーブル>

図4は、スイッチ10に記憶されるフローエンティティテーブル102の構成例を示す図である。フローエンティティテーブルは、コントローラ20から指示されたフローエンティティをスイッチ10が記憶保持するテーブルである。n本の異なるフローがスイッチ10を通るとき、スイッチ10には、各フローに対応したn個のフローエンティティを保持する。

10

【0050】

なお、図4では、フローエンティティ＝|ルール|アクション|

とされ、1つのフローエンティティが1つのアクションを含む構成として例示されているが、本実施形態において、1つのフローエンティティが複数のアクションを含む構成、すなわち、

フローエンティティ＝|ルール|アクション1|アクション2|・・・|アクションm|

（ただし、mは2以上の所定の整数）

としてもよいことは勿論である。

20

【0051】

<経路キャッシュ>

図5は、本発明の別の実施形態の構成を示す図である。図5を参照すると、コントローラ20は、図2の構成に加え、経路キャッシュ207を備えている。コントローラ20のこれ以外の構成、スイッチ10は、図2と同一である。経路キャッシュ207には、経路情報がキャッシュされる。経路キャッシュ207には、

- ・始点となるスイッチ、ノード、
- ・終点となるスイッチ、ノード、
- ・経由するスイッチ群の識別子、

が、キャッシュの1エントリとして格納される。

30

【0052】

本実施形態において、迂回が指示された時点で、迂回スイッチを用いた経路を経路キャッシュのエントリから削除する構成としてもよい。

【0053】

次に本発明の一実施形態について具体的なネットワークのトポロジーを例に説明する。

【0054】

<ネットワーク・トポロジーの一例>

図6は、ネットワーク・トポロジーの一例を示す図である。図6において、スイッチ1～8は、コントローラ（図示せず）により集中制御されている。A、B、C、Dは、スイッチ、サーバ、ストレージ、ロードバランサ、ファイアウォール、ルーター等、コントローラからパケットを転送するための制御を受けないノードである。図6のネットワーク構成のトポロジー情報の一例を以下の表1に示す。特に制限されないが、トポロジー情報のデータ構造として、表1の例では、端点（スイッチ）と、該端点の接続先とがテーブル形式で格納される。

40

【0055】

【表 1】

端点の情報	接続先情報			
	インタフェース1	インタフェース2	インタフェース3	インタフェース4
スイッチ1	A	スイッチ3	スイッチ4	
スイッチ2	B	スイッチ3	スイッチ4	
スイッチ3	スイッチ1	スイッチ2	スイッチ5	スイッチ6
スイッチ4	スイッチ1	スイッチ2	スイッチ5	スイッチ6
スイッチ5	スイッチ3	スイッチ4	スイッチ7	スイッチ8
スイッチ6	スイッチ3	スイッチ4	スイッチ7	スイッチ8
スイッチ7	スイッチ5	スイッチ6	C	
スイッチ8	スイッチ5	スイッチ6	D	

10

【0056】

各スイッチには、4つのインタフェース（ポート）が存在するものとし、各インタフェースに該当の装置が接続されている。スイッチの識別情報として、例えばスイッチを示す値と各スイッチに一意に割りつけられた識別子を用いる。

【0057】

表1から、スイッチ1は、インタフェース1、2、3でそれぞれノードA、スイッチ3、4と接続する。スイッチ2は、インタフェース1、2、3でそれぞれノードB、スイッチ3、4と接続する。スイッチ3、4はいずれも、インタフェース1、2、3、4でそれぞれスイッチ1、2、5、6と接続する。スイッチ5、6はいずれも、インタフェース1、2、3、4でそれぞれスイッチ3、4、7、8と接続する。スイッチ7は、インタフェース1、2、3でそれぞれスイッチ5、6、ノードCと接続する。スイッチ8は、インタフェース1、2、3でそれぞれスイッチ5、6、ノードDと接続する。ノードの識別情報は、例えばMACアドレスおよび、IPアドレスのいずれかあるいは両方を用いる。一つのノードに複数のMACアドレス、IPアドレスがあってもよい。

20

【0058】

<パケット到着時の動作>

実施形態におけるスイッチの迂回の前提として、スイッチにパケットが到着した時の動作を以下に説明する。

30

【0059】

スイッチ1に、ノードAからノードD宛のパケットが到着したものとする。そのパケット・ヘッダーの情報として、

- ・MACソースアドレスは、ノードAのMACアドレス、
- ・MACディスティネーションアドレスは、ノードDのMACアドレス、
- ・IPソースアドレスは、ノードAのIPアドレス、
- ・IPディスティネーションアドレスは、ノードDのIPアドレスが設定されている。

【0060】

なお、このパケット・ヘッダーにおいて、VLAN tagは使用される場合もあり、使用されない場合もあるが、ここでは説明を省略する。プロトコルは、TCP、UDPのいずれかが設定されている。ポート番号は任意の値が設定されているが、ここでは説明を省略する。

40

【0061】

まず、図6において、第1パケット（First Packet）がスイッチ1のインタフェース1にノードAからパケットが到着した場合の動作について図7の流れ図を参照して説明する。

【0062】

1. スwitch1のインタフェース1にノードAからパケットが到着する（S1）。

50

【0063】

2. スイッチ1のパケット処理部101は、S1で到着したパケットにルールが一致するフローエンティティがあるかをフローエンティティテーブル102内で検索する(S2)。なお、フローエンティティテーブル102は例えばCAM(Content Addressable Memory)として構成される。

3. 検索の結果、一致するものがあった場合(S3のYes)、S4へ移行し、一致するものがなかった場合(S3のNo)、S6へ移行する。

【0064】

4. スイッチ1のパケット処理部101は、一致したフローエンティティに指定されたアクションを実行する(S4)。

【0065】

5. アクション実行後、終了する(S5)。

【0066】

6. スイッチ1のパケット処理部101はパケット通知部103に対して、到着したパケットと、到着したインタフェース(インタフェース1)を指定し、コントローラ20への通知を指示する(S6)。

【0067】

7. スイッチ1のパケット通知部103は、S6で指定されたインタフェース情報とパケットをコントローラ20に通知する。以下の8. から16. は、コントローラ20の処理である。

【0068】

8. コントローラ20のパケット処理部201は、スイッチ1から、パケットを受信する(S8)。

【0069】

9. コントローラ20のパケット処理部201は、パケットを受信したスイッチと、パケットのヘッダーを指定し、経路算出部205に経路算出を指示する(S9)。

【0070】

10. コントローラ20の経路算出部205は、パケット・ヘッダーのMACディスタネーションアドレスあるいはIPディスタネーションアドレスに一致する、トポロジー情報204中の接続先を持つスイッチを特定する(S10)。

【0071】

11. コントローラ20の経路算出部205は、トポロジー情報204を用いて、S9で指定されたスイッチ(パケットを受信したスイッチ)と、S10で特定されたスイッチを端点とした、経路(どのスイッチ群を通過するか)を算出する(S11)。

【0072】

12. コントローラ20の経路算出部205は、S11で算出した経路に基づき、経路の各スイッチに設定するフローエンティティを生成する(S12)。

【0073】

13. コントローラ20の経路算出部205は、S12で生成したスイッチと、設定すべきフローエンティティ群を、コントローラ20のパケット処理部201に通知する(S13)。

【0074】

14. コントローラ20のパケット処理部201は、S13で通知されたスイッチと設定すべきフローエンティティ群を経路構成情報とし、S9で受信した情報と、経路構成情報とのポインタから、経路管理テーブルのエントリを作成し、コントローラ20の有効経路記憶部203に記憶する(S14)。

【0075】

15. コントローラ20のパケット処理部201は、S13で通知されたスイッチと設定すべきフローエンティティ群を指定し、コントローラ20のフローエンティティ設定部202にフローエンティティの設定を指示する(S15)。

10

20

30

40

50

【0076】

16. コントローラ20のフローエンティティ設定部202は、S15で指示されたスイッチ群のそれぞれに設定すべきフローエンティティの設定を指示する(S16)。以下の17. 18. はスイッチ10の処理である。

【0077】

17. スイッチ10は、コントローラ20からフローエンティティの設定を指示されると、スイッチ10のフローエンティティ設定部104は、指定されたフローエンティティを、スイッチ10のフローエンティティテーブル102に記録する(S17)。

【0078】

18. スイッチ10のフローエンティティ設定部104は、コントローラ20に対してフローエンティティの設定完了を通知する(S18)。以下の19、20はコントローラ20の処理である。

10

【0079】

19. コントローラ20のフローエンティティ設定部202は、S16で指示した全てのフローエンティティ設定完了の受信を待ち、全てのフローエンティティ設定完了を受信すると、パケット処理部201に、フローエンティティの設定完了を通知する(S19)。

【0080】

20. コントローラ20のパケット処理部201は、フローエンティティ設定部202からの完了通知を受け取ると、S8でパケットを受信したスイッチに対して、インタフェースと受信したパケットを返却する(S20)。以下は、スイッチ10の処理である。

20

【0081】

21. スイッチ10は、コントローラ20から返却されたパケットを受信すると、指定されたインタフェースからパケットを受信したものとしてパケット処理部101で再度処理を行う(S21)。

【0082】

なお、S11の算出には、ダイクストラ(Dijkstra)のアルゴリズム(最短経路決定アルゴリズム)等を用いる。

【0083】

また、S4で複数のフローエンティティにマッチした場合、複数のフローエンティティの全てのアクションを実行する。

30

【0084】

なお、図7に示した手順では、S20においてスイッチにパケット(First Packet)を送信し、作成した経路に従って転送させている(図8(A)参照)。

【0085】

しかしながら、図8(B)に示すように、コントローラ20から終端のスイッチ4に送出すべきインタフェースを指定してパケット(First Packet)を送信し、ノードに転送させるようにしてもよい。

【0086】

図6において、経路算出部205により算出される経路の例を下記に示す。

40

【0087】

・ノードA→スイッチ1→スイッチ4→スイッチ6→スイッチ8→ノードD

【0088】

<フローエンティティの例>

図6の経路に対して設定されるフローエンティティの例を以下に示す。なお、本例では、ルールの指定されたフィールド以外はwildcardとしたが、全て指定しても良い。フローエンティティ群は、有効経路記憶部203の経路構成情報に関連付けて記録される(図3参照)。経路構成情報は、経路を構成する複数のスイッチの各々に対して、スイッチの識別子情報と、ルール、アクションを含むフローエンティティとの組が一つのエントリを構成する。前述したように、有効経路記憶部203には、経路を構成するスイッチ

50

の識別情報と該スイッチのフローエンティティの組は、テーブル構造、リスト構造で格納されるが、以下では、便宜上、リスト構造の表記を用いてフローエンティティを表す。

(フローエンティティ m スイッチ n ルール(x)、アクション(y))

は、 m 番目のフローエンティティにおいて、スイッチ識別情報がスイッチ n 、ルールが x 、アクションが y のエントリを表し、フローエンティティ要素のリンクトリスト((フローエンティティ1)(フローエンティティ2)・・・(フローエンティティ n))が、1つの経路の構成情報に対応している。スイッチ n は図3のスイッチ識別情報に対応し、ルール(x)とアクション(y)が図3のルールとアクションを含むフローエンティティに対応し、フローエンティティ m は図3の経路構成情報中の m 番目のフローエンティティであることを表している。また、以下の表記では、1つのフローエンティティは、1つのアクション(y)を含む構成として例示されており、1つのスイッチにおいて、ルールが共通でアクションが異なるフローエンティティを、複数のフローエンティティとして並置しているが、これは、あくまで説明の容易化のためであり、1つのフローエンティティが1つのルール(x)と複数のアクション y_1 、 y_2 ・・・を含む構成としてもよいことは勿論である。

【0089】

((フローエンティティ1

スイッチ1

ルール(ディスティネーションIPアドレス=ノードDのIPアドレス)

アクション(OUTPUT:インタフェース3))

(フローエンティティ2

スイッチ4

ルール(ディスティネーションIPアドレスD=ノードDのIPアドレス)

アクション(OUTPUT:インタフェース4))

(フローエンティティ3

スイッチ6

ルール(ディスティネーションIPアドレス=ノードDのIPアドレス)

アクション(OUTPUT:インタフェース4))

(フローエンティティ4

スイッチ8

ルール(ディスティネーションIPアドレス=ノードDのIPアドレス)

アクション(OUTPUT:インタフェース3))

【0090】

前記例は片道の設定であるが、往復の設定を行ってもよい。往復の場合の例を下記に示す。この場合、下記フローエンティティ群を有効経路記憶部203の経路構成情報として記録する。

【0091】

((フローエンティティ1

スイッチ1

ルール(ディスティネーションIPアドレス=ノードDのIPアドレス)

アクション(OUTPUT:インタフェース3))

(フローエンティティ2

スイッチ4

ルール(ディスティネーションIPアドレスD=ノードDのIPアドレス)

アクション(OUTPUT:インタフェース4))

(フローエンティティ3

スイッチ6

ルール(ディスティネーションIPアドレス=ノードDのIPアドレス)

アクション(OUTPUT:インタフェース4))

(フローエンティティ4

スイッチ 8
 ルール（ディスティネーション IP アドレス = ノード D の IP アドレス）
 アクション（OUTPUT：インタフェース 3））
 （フローエンティティ 5
 スイッチ 8
 ルール（ディスティネーション IP アドレス = A の IP アドレス）
 アクション（OUTPUT：インタフェース 2））
 （フローエンティティ 6
 スイッチ 6
 ルール（ディスティネーション IP アドレス = A の IP アドレス）
 アクション（OUTPUT：インタフェース 2））
 （フローエンティティ 7
 スイッチ 4
 ルール（ディスティネーション IP アドレス = A の IP アドレス）
 アクション（OUTPUT：インタフェース 1））
 （フローエンティティ 8
 スイッチ 1
 ルール（ディスティネーション IP アドレス = A の IP アドレス）
 アクション（OUTPUT：インタフェース 1））

10

【0092】

20

<経路のキャッシング>

図 4 に示した経路キャッシュ 207 を用いる例について説明する。図 5 の経路算出部 205 において、経路をキャッシングする場合について説明する。図 7 の S11 は、図 9 に示すようになる。

【0093】

1. 経路算出部 205 は、経路キャッシュ 207 から、始点・終点の両端点が一致する経路を検索する（S11-1）。

【0094】

2. 経路算出部 205 は、検索の結果、一致するものがなかった場合（S11-2 の No）、指定された端点から経路を算出する（S11-3）。

30

【0095】

3. 経路算出部 205 は、算出した経路と、計算に使用した端点をセットにして経路キャッシュ 207 に登録する（S11-4）。

【0096】

4. 経路算出部 205 は、S11-3 で算出した経路を算出経路とする（S11-5）。

【0097】

5. 終了する。

【0098】

6. 経路算出部 205 は、S11-1 の検索の結果、一致するものがあった場合（S11-2 の Yes）、検索した経路を算出経路とする（S11-6）。

40

【0099】

<迂回手順 1>

次に、本実施形態における迂回について説明する。管理者が、スイッチを指定してコントローラ 20 に指示を行う。本実施例では、図 6 のスイッチ 4 を迂回する例に即して説明する。図 10 は、本実施形態における迂回手順を示す流れ図である。図 2、図 6、図 10 を参照して、迂回手順を説明する。

【0100】

1. 管理者はスイッチ（スイッチ 4）を指定しコントローラ 20 に迂回を指示する（S101）。

50

【0101】

2. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は管理者からのスイッチを指定され迂回の指示を受け取る(S102)。

【0102】

3. トポロジー情報から、S101で指定されたスイッチを削除する(S103)。

【0103】

4. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は、有効経路記憶部203から、指定されたスイッチ(スイッチ4)が使用された経路構成情報を検索する(S104)。スイッチ状態変更部206は、有効経路記憶部203の経路管理テーブル(図3参照)を検索し、スイッチ4が使用された経路構成情報があるか否かをチェックする。スイッチ4が使用された経路構成情報が複数ある場合には、スイッチ状態変更部206は該当する経路構成情報を抽出する。

10

【0104】

5. S104の検索の結果、一致するものがあった場合、S106へ移行する。

【0105】

6. S104の検索の結果、一致するものがなかった場合、終了する。

【0106】

7. S104で検索した各経路構成情報に関して、経路の削除と、経路の再設定を行う(S106)。

【0107】

8. スwitch状態変更部206は、管理者に迂回完了を通知する(S107)。

20

【0108】

<経路削除手順>

図10のステップS106の経路の削除の手順について図11を参照して説明する。

【0109】

a. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は、図10のS104で検索された経路構成情報に記録されたスイッチ群とフローエンティティ群を指定し、コントローラ20のフローエンティティ設定部202にフローエンティティの削除を指示する(S106A-a)。

【0110】

b. コントローラ20のフローエンティティ設定部202は、S106A-aで指示されたスイッチ群に対してそれぞれ削除すべきフローエンティティの削除を指示する(S106A-b)。以下のc、dはスイッチ10の処理である。

30

【0111】

c. スwitch10は、コントローラ20のフローエンティティ設定部202からフローエンティティの削除が指示されると、フローエンティティ設定部104は、指定されたフローエンティティをスイッチのフローエンティティテーブルから削除する(S106A-c)。

【0112】

d. スwitch10のフローエンティティ設定部104は、コントローラ20にフローエンティティの削除完了を通知する(S106A-d)。以下のe、fはコントローラ20の処理である。

40

【0113】

e. コントローラ20のフローエンティティ設定部202は、S106A-bで指示した全てのフローエンティティ削除完了の受信を待ち、スイッチ状態変更部206に対して、フローエンティティの削除完了を通知する(S106A-e)。

【0114】

f. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は、有効経路記録部203から、経路構成情報(図10のS104で検索された経路構成情報)を削除する(S106A-f)。より詳細には、スイッチ状態変更部206は、有効経路記憶部203の経路管理テーブ

50

ル（図3参照）から、迂回スイッチを含む経路構成情報（スイッチ識別情報とフローエンティティの集合）、及び、該経路構成情報をポイントする経路管理テーブルのエントリを削除する。

【0115】

＜経路再設定手順＞

図10のステップS106の経路の再設定の手順について図12を参照して説明する。

【0116】

a. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は、有効経路記憶部203において、経路構成情報をポイントする経路管理テーブル（図3参照）のエントリのスイッチ情報（経路を構成するスイッチ群）に含まれるスイッチと、当該経路構成情報をポイントする経路管理テーブルのエントリのパケット・ヘッダーを指定し、経路算出部205に対して、経路の算出を指示する（S106B-a）。 10

【0117】

b. コントローラ20の経路算出部205は、トポロジー情報204において、指定されたパケット・ヘッダーの宛先アドレス（MACディステーションアドレスあるいはIPディステーションアドレス）に一致する、接続先を持つスイッチを特定する（S106B-b）。

【0118】

c. コントローラ20の経路算出部205は、トポロジー情報を用いて、S106B-aで指定されたスイッチと、S106B-bで特定したスイッチ（宛先アドレスに一致する接続先を持つスイッチ）を端点とした、経路を算出する（S106B-c）。 20

【0119】

d. コントローラ20の経路算出部205は、S106B-cで算出した経路に基づき、経路の各スイッチに設定するフローエンティティを生成する（S106B-d）。

【0120】

e. コントローラ20の経路算出部205は、S106B-dで生成したスイッチと設定すべきフローエンティティ群をコントローラ20のスイッチ状態変更部206に通知する（S106B-e）。

【0121】

f. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は、S106B-eで通知されたスイッチと設定すべきフローエンティティ群を指定し、コントローラ20のフローエンティティ設定部202に、フローエンティティの設定を指示する（S106B-f）。 30

【0122】

g. コントローラ20のフローエンティティ設定部は、S106B-fで指示されたスイッチに対して、それぞれ設定すべきフローエンティティの設定を指示する（S106B-g）。以下のh、iはスイッチ10の処理である。

【0123】

h. スイッチ10は、コントローラ20からフローエンティティの設定を指示されると、スイッチ10のフローエンティティ設定部104は、指定されたフローエンティティをスイッチのフローエンティティテーブル102に記録する（S106B-h）。 40

【0124】

i. スイッチ10のフローエンティティ設定部104は、コントローラ20にフローエンティティの設定完了を通知する（S106B-i）。以下はコントローラ20の処理である。

【0125】

j. コントローラ20のフローエンティティ設定部202は、S106B-fで指示した全てのフローエンティティ設定完了の受信を待ち、スイッチ状態変更部206にフローエンティティの設定完了を通知する（S106B-j）。

【0126】

k. スイッチ状態変更部206は、S106B-dで生成したフローエンティティを有 50

効経路記録部 203 に新たな経路構成情報として登録する (S106B-k)。

【0127】

1. スイッチ状態変更部 206 は、S106B-k で登録した経路構成情報を、有効経路記録部 203 において該当経路構成情報をポイントしていた経路管理テーブル (図 3 参照) のエントリの経路構成情報へのポインタが指すように変更する (S106B-l)。

【0128】

表 2 に、上記手順で設定された迂回設定後のトポロジー情報を示す。

【0129】

【表 2】

端点の情報	接続先情報			
	インタフェース1	インタフェース2	インタフェース3	インタフェース4
スイッチ1	A	スイッチ3		
スイッチ2	B	スイッチ3		
スイッチ3	スイッチ1	スイッチ2	スイッチ5	スイッチ6
スイッチ5	スイッチ3		スイッチ7	スイッチ8
スイッチ6	スイッチ3		スイッチ7	スイッチ8
スイッチ7	スイッチ5	スイッチ6	C	
スイッチ8	スイッチ5	スイッチ6	D	

【0130】

表 2 から、表 1 のスイッチ 4 のエントリが削除されていることがわかる。また、スイッチ 1 は、インタフェース 1、2 でそれぞれノード A、スイッチ 3 と接続する。スイッチ 2 は、インタフェース 1、2 でそれぞれノード B、スイッチ 3 と接続する。スイッチ 3 は、インタフェース 1、2、3、4 でそれぞれスイッチ 1、2、5、6 と接続する。スイッチ 5、6 はいずれも、インタフェース 1、3、4 でそれぞれスイッチ 3、7、8 と接続する。スイッチ 7 は、インタフェース 1、2、3 でそれぞれスイッチ 5、6、ノード C と接続する。スイッチ 8 は、インタフェース 1、2、3 でそれぞれスイッチ 5、6、ノード D と接続する。

【0131】

図 6 において、例えばスイッチ 4 (迂回すべきスイッチ) を通る経路：

・ノード A → スイッチ 1 → スイッチ 4 → スイッチ 6 → スイッチ 8 → ノード D
に対して、経路：

・ノード A → スイッチ 1 → スイッチ 3 → スイッチ 6 → スイッチ 8 → ノード D
が迂回経路として設定される。

【0132】

経路が経路キャッシュ 207 (図 5 参照) にキャッシングされている場合、図 10 の S103 の後書き処理を実行する。

【0133】

・経路算出部 205 に対してスイッチを指定し、キャッシュの無効化を指示する。

【0134】

・経路算出部 205 は、経路キャッシュ 207 を検索し、指定されたスイッチが経路上にあるエントリを無効化する。

【0135】

そして、図 12 の S106B-c の処理を、図 13 のように変更する。

【0136】

<経路キャッシュを用いた場合の経路算出>

経路算出部 205 は、経路キャッシュ 207 から、始点・終点の両端点が一致する経路を検索する (S106B-c1)。

【0137】

検索の結果、一致するものがあった場合（S106B-c2のYES）、S106B-c3へ、一致するものがなかった場合、S106B-c6へ分岐する。

【0138】

指定された端点から経路を算出する（S106B-c3）。

【0139】

S106B-c3で算出した経路と、計算に使用した端点をセットにして経路キャッシュ207に登録する（S106B-c4）。S106B-c3で算出した経路を算出経路とし（S106B-c5）、終了する。

【0140】

S106B-c2で検索した経路を、経路算出経路とし（S106B-c6）、終了する。

【0141】

<迂回手順2>

次に、本発明の別の実施の形態を説明する。本実施形態においては、迂回スイッチに対してバイキャストを行う。新経路を作成後、旧経路を削除する場合。複数のOUTPUTアクションを指定することで、パケットが複製され、送信される（バイキャスト、あるいは、それ以上のキャスティング）。図14は、本実施形態の迂回手順を説明する流れ図である。

【0142】

1. 管理者はスイッチ（スイッチ4）を指定しコントローラに迂回を指示する（S201）。

【0143】

2. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は管理者からのスイッチが指定され迂回の指示を受け取る（S202）。

【0144】

3. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は、トポロジー情報204から、S201で指定されたスイッチのエントリを削除する（S203）。

【0145】

4. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は、有効経路記憶部203から、指定されたスイッチが使用された経路構成情報を検索する（S204）。

【0146】

5. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は、検索結果により一致するものがなかった場合（S205のNO）、終了し、一致するものがあった場合（S205のYES）、S206へ分岐する。

【0147】

6. S204で検索した各経路構成情報に関して

A. 新経路の算出、

B. 新経路の設定、

C. 旧経路の削除、

を実行する（S206）。

【0148】

7. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は、管理者に迂回完了を通知する（S207）。

【0149】

<新経路算出手順>

図14のS206の処理A（新経路の算出）について図15を参照して説明する。

【0150】

a. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は、経路構成情報をポイントする経路管理テーブル（図3参照）のエントリのスイッチ情報に含まれるスイッチと、経路構成

10

20

30

40

50

情報をポイントする経路管理テーブルのエントリのパケット・ヘッダーを指定し、経路算出部205に対して、経路算出を指示する(S206A-a)。

【0151】

b. コントローラ20の経路算出部205は、トポロジー情報204において、パケット・ヘッダーの宛先アドレス(MACディステーションアドレスあるいはIPディステーションアドレス)に一致する、接続先を持つスイッチを特定する(S206A-b)。

【0152】

c. コントローラ20の経路算出部205は、トポロジー情報204を用いて、S206A-aで指定されたスイッチと、S206A-bで特定したスイッチを端点とした、経路を算出する(S206A-c)。

10

【0153】

d. コントローラ20の経路算出部205は、S206A-cで算出した経路に基づき、経路の各スイッチに設定するフローエンティティを生成する(S206A-d)

【0154】

e. コントローラ20の経路算出部205は、S206A-dで生成したスイッチと設定すべきフローエンティティ群をコントローラ20のスイッチ状態変更部206に通知する(S206A-e)

【0155】

<新経路設定手順>

20

次に図14のS206の処理B(新経路の設定)について図16を参照して説明する。

【0156】

a. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は、S206A-eで通知されたスイッチと設定すべきフローエンティティ群を指定し、コントローラ20のフローエンティティ設定部202に、フローエンティティの設定を指示する(S206B-a)。

【0157】

b. コントローラ20のフローエンティティ設定部202は、S206B-aで指示されたスイッチ群に、それぞれ設定すべきフローエンティティの設定を指示する(S206B-b)。以下のc、dはスイッチ10の処理である。

【0158】

30

c. スイッチ10は、コントローラ20からフローエンティティの設定を指示されると、フローエンティティ設定部104は、指定されたフローエンティティをスイッチのフローエンティティテーブル102に記録する(S206B-c)。

【0159】

d. スイッチ10のフローエンティティ設定部104は、コントローラ20にフローエンティティの設定完了を通知する(S206B-d)。以下のeは、コントローラ20の処理である。

【0160】

e. コントローラ20のフローエンティティ設定部202は、S206B-aで指示した全てのフローエンティティ設定完了の受信を待ち、スイッチ状態変更部206にフローエンティティの設定完了を通知する(S206B-e)。

40

【0161】

<旧経路削除手順>

次に図14のS206の処理C(旧経路の削除)について図17を参照して説明する。

【0162】

a. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は、S204で検索された経路構成情報に記録されたスイッチとフローエンティティ群(図3参照)を指定し、コントローラ20のフローエンティティ設定部202にフローエンティティの削除を指示する(S206C-a)。

【0163】

50

b. コントローラ 20 のフローエンティティ設定部 202 は、S 206 C-a で指示されたスイッチ群に、それぞれ削除すべきフローエンティティを指定し削除を指示する (S 206 C-b)。以下の c、d はスイッチ 10 の処理である。

【0164】

c. スイッチ 10 は、コントローラ 20 からフローエンティティの削除を指示されると、フローエンティティ設定部 104 は、指定されたフローエンティティをスイッチのフローエンティティテーブル 102 から削除する (S 206 C-c)

【0165】

d. スイッチ 10 のフローエンティティ設定部 104 は、コントローラ 20 にフローエンティティの削除完了を通知する (S 206 C-d)。以下の e、f は、コントローラ 20 の処理である。

【0166】

e. コントローラ 20 のフローエンティティ設定部 202 は、S 206 C-b で指示した全てのフローエンティティ削除完了の受信を待ち、スイッチ状態変更部 206 にフローエンティティの削除完了を通知する (S 206 C-e)

【0167】

f. コントローラ 20 のスイッチ状態変更部 206 は、有効経路記録部 203 から該当経路構成情報を削除する (S 206 C-f)。より詳細には、スイッチ状態変更部 206 は、有効経路記憶部 203 の経路管理テーブル (図 3 参照) から、迂回スイッチを含む経路構成情報 (スイッチ識別情報とフローエンティティの集合)、及び、該経路構成情報をポイントする経路管理テーブルのエントリを削除する。

【0168】

<有効経路記録部の更新>

次に、コントローラ 20 における有効経路記録部 203 の更新について説明する。

【0169】

コントローラ 20 のスイッチ状態変更部 206 は、S 206 の処理 A (新経路の算出) で生成したフローエンティティを、有効経路記録部 203 に新たな経路構成情報として登録する。

【0170】

スイッチ状態変更部 206 は、有効経路記録部 203 に登録した経路構成情報を、有効経路記録部 203 の該当経路構成情報をポイントしていた経路管理テーブルのエントリの経路構成情報へのポインタが指すように変更する。

【0171】

S 206 の処理 B (新経路の設定) で、新経路を設定し、S 206 の処理 C (旧経路の削除) で旧経路を削除している。S 206 の処理 C (旧経路の削除) の前では、新経路と削除前の旧経路の両経路が有効であるため、スイッチにより複数の OUTPUT (スイッチの複数のインタフェースに OUTPUT) が存在する状態となり、これら両経路にパケットが重複して送信される。

【0172】

図 10 等を参照して説明した迂回手順 (第 1 の迂回手順) では、旧経路を先に削除していたため、パケットがなくなる可能性があったが、図 14 等を参照して説明した迂回手順 (第 2 の迂回手順) のようにすることで、パケットを失うことを回避することができる。

【0173】

第 2 の迂回手順において、新経路、旧経路でスイッチによっては同一のフローエンティティが生成されることが考えられる。図 14 の S 206 B で、旧経路と一致するものは設定せず、図 14 の S 206 C で、新経路と一致するものは削除しないことで、対処することが可能である。

【0174】

次に、本発明の別の実施形態として迂回 (トンネル) を説明する。迂回は、管理者がスイッチを指定してコントローラに指示を行う。以下では、図 5 のスイッチ 4 を迂回する例

10

20

30

40

50

を示す。MACディスタネーションアドレスを用いてトンネル仕様か否かを制御する。

【0175】

・トンネル通過用のMACアドレス群から、トンネルごとに一意となるように割り当てを行う

【0176】

・トンネル通過用のMACアドレス群としては、ローカルアドレスを使用する。MACアドレスの先頭オクテットの0x02ビットがONであればローカルアドレスである。

【0177】

＜トンネル設定手順＞

まず、トンネルの設定手順について図18を参照して説明する。

10

【0178】

1. 管理者はスイッチ（スイッチ4）を指定しコントローラに迂回を指示する（S301）

【0179】

2. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は管理者からのスイッチを指定され迂回の指示を受け取る（S302）。

【0180】

3. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は、トポロジー情報204から、S301で指定されたスイッチに隣接するスイッチを検索する（S303）。

【0181】

20

4. トポロジー情報204から、S301で指定されたスイッチのエントリを削除する（S304）。

【0182】

5. S303で選択したスイッチ群の全組み合わせについて以下の処理を行う（S305）。

A. トンネル用フローエンティティの算出。

B. トンネル用フローエンティティの設定。

【0183】

6. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は有効経路記憶部203から指定されたスイッチ4が使用された経路構成情報を検索する（S306）。

30

【0184】

7. S306の検索結果、一致するものがなかった場合（S307のNO）、終了する。

【0185】

8. 6で検索した各経路構成情報に関して下記を実行する（S308）。

A. トンネルとの接続。

B. 始点の旧経路の削除。

【0186】

9. スwitch状態変更部206は、管理者に迂回完了を通知する（S309）。

【0187】

40

＜トンネル用フローエンティティの算出手順＞

次に、S305のトンネル用フローエンティティの算出手順について図19を参照して説明する。

【0188】

a. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は、使用するトンネルを通過するための識別用のMACアドレスを決定する（S305A-a）。

【0189】

b. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は、選択したスイッチペアと、S305A-aで決定したMACアドレスを指定し、コントローラ20の経路算出部205にトンネルを算出させる（S305A-b）。

50

【0190】

c. コントローラ20の経路算出部205は、トポロジー情報を用いて、対象となるスイッチペアを端点とした、経路を算出する（S305A-c）。

【0191】

d. コントローラ20の経路算出部205は、S305A-cで算出した経路と、S305A-aで決定したMACアドレスと、に基づき、経路の各スイッチに設定するトンネル用フローエンティティを生成する（S305A-d）。

【0192】

e. コントローラ20の経路算出部205は、S305A-dで生成したスイッチと設定すべきフローエンティティ群をコントローラ20のスイッチ状態変更部206に通知する（S305A-e）。

10

【0193】

f. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は、トンネルの始点となるスイッチ及び終点となるスイッチと、始点となるスイッチ用のアクションを記憶する（S305A-f）。

【0194】

<トンネル用フローエンティティの設定手順>

次に、S305のトンネル用フローエンティティの設定手順について図20を参照して説明する。

【0195】

20

a. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は、S305A-eで通知されたスイッチのうち始点となるスイッチ以外のスイッチに関して設定すべきフローエンティティ群を指定し、コントローラ20のフローエンティティ設定部202にフローエンティティの設定を指示する（S305B-a）。

【0196】

b. コントローラ20のフローエンティティ設定部202は、S305B-aで指示されたスイッチ群に、それぞれ設定すべきフローエンティティの設定を指示する（S305B-b）。以下のc、dはスイッチ10の処理である。

【0197】

c. スイッチ10が、コントローラ20からフローエンティティの設定を指示されると、フローエンティティ設定部104は、指定されたフローエンティティをスイッチのフローエンティティテーブル102に記録する（S305B-c）。

30

【0198】

d. スイッチ10のフローエンティティ設定部104は、コントローラ20にフローエンティティの設定完了を通知する（S305B-d）。以下のeはコントローラ20の処理である。

【0199】

e. コントローラ20のフローエンティティ設定部202は、S305B-aで指示した全てのフローエンティティ設定完了の受信を待ち、スイッチ状態変更部206にフローエンティティの設定完了を通知する（S305B-e）。

40

【0200】

<トンネルとの接続手順>

次に、図18のS308のトンネルとの接続手順について図21を参照して説明する。

【0201】

a. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は、経路構成情報から、図18のS303で選択した隣接するスイッチ群で使用されているペアを検索する（S308A-a）。

【0202】

b. コントローラ20のスイッチ状態変更部206は、経路構成情報の始点となるスイッチ用に記憶していた設定済みのフローエンティティのルールと、始点用のアクションか

50

らなるフローエンティティを生成する（S 3 0 8 A - b）。

【0 2 0 3】

c. コントローラ 2 0 のスイッチ状態変更部 2 0 6 は、経路構成情報の終点となるスイッチ用に記憶していた設定済みのフローエンティティのルールと、M A C ディスティネーションアドレスを、有効経路記憶部 2 0 3 の経路管理テーブル（図 3 参照）に記憶された、M A C ディスティネーションアドレスに変更するアクションを含むフローエンティティを生成する（S 3 0 8 A - c）。

【0 2 0 4】

d. コントローラ 2 0 のスイッチ状態変更部 2 0 6 は、始点となるスイッチに、S 3 0 8 A - b で生成したフローエンティティを指定し、コントローラ 2 0 のフローエンティティ設定部 2 0 2 に、フローエンティティの設定を指示する（S 3 0 8 A - d）。

10

【0 2 0 5】

e. コントローラ 2 0 のフローエンティティ設定部 2 0 2 は、終点となるスイッチに、S 3 0 8 A - c で指示されたスイッチに、設定すべきフローエンティティの設定を指示する（S 3 0 8 A - e）。以下の f、g はスイッチ 1 0 の処理である。

【0 2 0 6】

f. スイッチ 1 0 は、コントローラ 2 0 から、フローエンティティの設定を指示されると、フローエンティティ設定部 1 0 4 は、指定されたフローエンティティをスイッチのフローエンティティテーブル 1 0 2 に記録する（S 3 0 8 A - f）。

【0 2 0 7】

20

g. スイッチ 1 0 のフローエンティティ設定部 1 0 4 は、コントローラ 2 0 にフローエンティティの設定完了を通知する（S 3 0 8 A - g）。以下の h は、コントローラ 2 0 の処理である。

【0 2 0 8】

h. コントローラ 2 0 のフローエンティティ設定部 2 0 2 は、ステップ S 3 0 8 A - d、e で指示したフローエンティティの設定の完了を待つ（S 3 0 8 A - h）。

【0 2 0 9】

<始点スイッチから旧経路の削除>

次に、図 1 8 の S 3 0 8 の始点の旧経路の削除について図 2 2 を参照して説明する。

【0 2 1 0】

30

a. コントローラ 2 0 のスイッチ状態変更部 2 0 6 は、始点となるスイッチから、経路構成情報に記録された始点となるスイッチに設定されたフローエンティティを指定し、コントローラ 2 0 のフローエンティティ設定部 2 0 2 に対して当該フローエンティティの削除を指示する（S 3 0 8 B - a）。

【0 2 1 1】

b. コントローラ 2 0 のフローエンティティ設定部は、S 3 0 8 B - a で指示されたスイッチに、指定されたフローエンティティの削除を指示する（S 3 0 8 B - b）。以下の c、d はスイッチ 1 0 の処理である。

【0 2 1 2】

c. スイッチ 1 0 は、コントローラ 2 0 からフローエンティティの削除を指示されると、フローエンティティ設定部 1 0 4 は、指定されたフローエンティティをスイッチのフローエンティティテーブルから削除する（S 3 0 8 B - c）。

40

【0 2 1 3】

d. スイッチ 1 0 のフローエンティティ設定部 1 0 4 は、コントローラ 2 0 にフローエンティティの削除完了を通知する（S 3 0 8 B - d）。以下の e は、コントローラ 2 0 の処理である。

【0 2 1 4】

e. コントローラ 2 0 のフローエンティティ設定部 2 0 2 は、スイッチ状態変更部 2 0 6 にフローエンティティの削除完了を通知する（S 3 0 8 B - e）。

【0 2 1 5】

50

本実施形態において、トンネルの始点となるスイッチには、パケットをトンネルに誘導するため、

- ・フローエンティティのアクションをトンネルの次のスイッチに接続するOUTPUTと、
- ・パケット・ヘッダーのMACディスティネーションアドレスをトンネル用MACアドレスに変更するアクションに設定し、
- ・旧フローエンティティは削除する。

【0216】

またトンネル終点のスイッチには、

- ・パケット・ヘッダーのMACディスティネーションアドレスを変更するアクションからなるフローエンティティを追加する。

【0217】

<トンネルのフローエンティティ>

実施例として迂回（トンネル）のフローエンティティの例を説明する。

【0218】

図5のネットワークでスイッチ4を削除する場合、スイッチ4の隣接スイッチは、スイッチ1、スイッチ2、スイッチ5、スイッチ6からなる。

【0219】

(1) . トンネルをスイッチ1とスイッチ2間とする。経路は、スイッチ1→スイッチ3→スイッチ2となる。なお、始点のスイッチ1には2つのアクションが設定され、この2つのアクションをフローエンティティ1、2で規定しているが、1つのフローエンティティに複数のアクションを設定してもよいことは勿論である。この経路（トンネル）のフローエンティティは以下になる。なお、表記の便宜上、経路を構成するフローエンティティをリスト表現で表記しているが、あくまで表記のためであり、テーブル構成、線形リスト等、経路を構成するフローエンティティ（図3の経路構成情報のフローエンティティ群）のデータ構造は任意である。

【0220】

((フローエンティティ1<始点用>

スイッチ1

ルール（既定のルール）

アクション（MACディスティネーションアドレス変更：トンネル用MACアドレス1）)

(フローエンティティ2<始点用>

スイッチ1

ルール（既定のルール）

アクション（OUTPUT： インタフェース2）)

(フローエンティティ3

スイッチ3

ルール（MACディスティネーションアドレス=トンネル用MACアドレス1）

アクション（OUTPUT： インタフェース2）)

(フローエンティティ4<終点に追加するもの>

スイッチ2

ルール（既定のルール）

アクション（MACディスティネーションアドレス変更：経路管理テーブルに記憶されたMACディスティネーションアドレス）))

【0221】

トンネルの始点なるスイッチ1のフローエンティティのアクションでは、スイッチ1がインタフェース2に出力するパケット・ヘッダーのMACディスティネーションアドレスを、トンネル用のMACアドレス1（ローカルアドレス）に変更する。スイッチ1のフローエンティティのアクションとして、図26のSET_DL_DST（MACディスティ

ネーションアドレスを更新)が設定される。なお、ルールの既定のルールは、フローエンティティのルールとして既に設定済みのルールである。

【0222】

トンネル内のスイッチ3では、フローエンティティのルールとして、入力したパケットのヘッダーのMACディスティネーションアドレスが、トンネル用MACアドレス1と一致した場合、転送(forward)させる。

【0223】

トンネル終点のスイッチ2に追加するフローエンティティのアクションにおいて、スイッチ1からスイッチ3のトンネル経由でスイッチ2に入力されたパケットのヘッダーの宛先アドレスを、トンネル用のMACアドレス1から元のMACディスティネーションアドレスに戻している。スイッチ2のフローエンティティのアクションには、図26のSET_DL_DST (MACディスティネーションアドレスを更新:元のMACアドレス)が設定される。元のMACディスティネーションアドレスは、有効経路記憶部203の経路管理テーブル(図3参照)のパケット・ヘッダー情報に記憶されたMACディスティネーションアドレスが用いられる。

10

【0224】

(2). トンネルをスイッチ1、スイッチ5間に設ける場合、経路は、スイッチ1→スイッチ3→スイッチ5となる。この経路(トンネル)のフローエンティティは以下のようになる。

【0225】

20

((フローエンティティ1<始点用>

スイッチ1

ルール(既定のルール)

アクション(MACディスティネーションアドレス変更、トンネル用MACアドレス2))

(フローエンティティ1<始点用>

スイッチ1

ルール(既定のルール)

アクション(OUTPUT: インタフェース2))

(フローエンティティ3

30

スイッチ3

ルール(MACディスティネーションアドレス=トンネル用MACアドレス2)

アクション(OUTPUT: インタフェース3))

(フローエンティティ4<終点に追加するもの>

スイッチ5

ルール(既定のルール)

アクション(MACディスティネーションアドレス変更:経路管理テーブルに記憶されたMACディスティネーションアドレス))

【0226】

トンネルの始点となるスイッチ1のフローエンティティのアクションで、スイッチ1がインタフェース2に出力するパケット・ヘッダーの宛先MACアドレスをトンネル用のMACアドレス2(ローカルアドレス)に変更する。スイッチ1のフローエンティティのアクションとして、図26のSET_DL_DST (MACディスティネーションアドレスを更新)が設定される。

40

【0227】

スイッチ3では、ルールとしてパケット・ヘッダーのMACディスティネーションアドレスがトンネル用MACアドレス2と一致した場合、転送(forward)させる。

【0228】

トンネル終点のスイッチ5に追加するフローエンティティのアクションで、スイッチ1、3、5のトンネル経由でスイッチ5に入力されたパケット・ヘッダーの宛先のMACア

50

ドレスを、トンネル用のMACアドレス2から元のMACアドレスに戻している。スイッチ5のフローエンティティのアクションには、図26のSET_DL_DST (MACディスティネーションアドレスを更新：元のMACアドレス) が設定される。以下(3)～(12)に例示する各トンネルのフローエンティティにおいても、トンネルの始点、中間点、終点のルール、アクションの内容は同様にして解釈されたため、説明は省略する。

【0229】

(3)．スイッチ1ースイッチ6間にトンネルを設ける場合、経路はスイッチ1→スイッチ3→スイッチ6となる。この経路(トンネル)のフローエンティティは以下のようになる。

【0230】

((フローエンティティ1 (始点用)

スイッチ1

ルール (既定のルール)

アクション (MACディスティネーションアドレス変更、トンネル用MACアドレス3))

(フローエンティティ1 (始点用)

スイッチ1

ルール (既定のルール)

アクション (OUTPUT： インタフェース2))

(フローエンティティ3

スイッチ3

ルール (MACディスティネーションアドレス=トンネル用MACアドレス3)

アクション (OUTPUT： インタフェース4))

(フローエンティティ4 (終点に追加するもの)

スイッチ6

ルール (既定のルール)

アクション (MACディスティネーションアドレス変更：経路管理テーブルに記憶されたMACディスティネーションアドレス)))

【0231】

(4)．スイッチ2ースイッチ1間にトンネルを設ける場合、経路はスイッチ2→スイッチ3→スイッチ1となる。この経路(トンネル)のフローエンティティは以下のようになる。

【0232】

((フローエンティティ1 (始点用)

スイッチ2

ルール (既定のルール)

アクション (MACディスティネーションアドレス変更：トンネル用MACアドレス4))

(フローエンティティ2 (始点用)

スイッチ2

ルール (既定のルール)

アクション (OUTPUT： インタフェース2))

(フローエンティティ3

スイッチ3

ルール (MACディスティネーションアドレス=トンネル用MACアドレス4)

アクション (OUTPUT： インタフェース1))

(フローエンティティ4 (終点に追加するもの)

スイッチ1

ルール (既定のルール)

アクション (MACディスティネーションアドレス変更：経路管理テーブルに記

10

20

30

40

50

憶されたMACディステーションアドレス))

【0233】

(5)．スイッチ2ースイッチ5間にトンネルを設ける場合、経路はスイッチ2→スイッチ3→スイッチ5となる。この経路(トンネル)のフローエンティティは以下のようになる。

【0234】

((フローエンティティ1(始点用)

スイッチ2

ルール(既定のルール)

アクション(MACディステーションアドレス変更：トンネル用MACアドレス5)) 10

(フローエンティティ2(始点用)

スイッチ2

ルール(既定のルール)

アクション(OUTPUT： インタフェース2))

(フローエンティティ3

スイッチ3

ルール(MACディステーションアドレス=トンネル用MACアドレス5)

アクション(OUTPUT： インタフェース3))

(フローエンティティ4(終点に追加するもの) 20

スイッチ5

ルール(既定のルール)

アクション(MACディステーションアドレス変更：経路管理テーブルに記憶されたMACディステーションアドレス))

【0235】

(6)．スイッチ2ースイッチ6間にトンネルを設ける場合、経路はスイッチ2→スイッチ3→スイッチ6となる。この経路(トンネル)のフローエンティティは以下のようになる。

【0236】

((フローエンティティ1(始点用) 30

スイッチ2

ルール(既定のルール)

アクション(MACディステーションアドレス変更：トンネル用MACアドレス6))

(フローエンティティ2(始点用)

スイッチ2

ルール(既定のルール)

アクション(OUTPUT： インタフェース2))

(フローエンティティ3

スイッチ3

ルール(MACディステーションアドレス=トンネル用MACアドレス6) 40

アクション(OUTPUT： インタフェース4))

(フローエンティティ4(終点に追加するもの)

スイッチ6

ルール(既定のルール)

アクション(MACディステーションアドレス変更：経路管理テーブルに記憶されたMACディステーションアドレス))

【0237】

(7)．スイッチ5ースイッチ1間にトンネルを設ける場合、経路はスイッチ5→スイッチ3→スイッチ1となる。この経路(トンネル)のフローエンティティは以下のようにな 50

る。

【0238】

((フローエンティティ1 (始点用)

スイッチ5

ルール (既定のルール)

アクション (MACディスティネーションアドレス変更：トンネル用MACアドレス7))

(フローエンティティ2 (始点用)

スイッチ5

ルール (既定のルール)

アクション (OUTPUT： インタフェース1))

(フローエンティティ3

スイッチ3

ルール (MACディスティネーションアドレス=トンネル用MACアドレス7)

アクション (OUTPUT： インタフェース1))

(フローエンティティ4 (終点に追加するもの)

スイッチ1

ルール (既定のルール)

アクション (MACディスティネーションアドレス変更：経路管理テーブルに記憶されたMACディスティネーションアドレス)))

【0239】

(8) . スイッチ5ースイッチ2間にトンネルを設ける場合、経路はスイッチ5→スイッチ3→スイッチ2となる。この経路 (トンネル) のフローエンティティは以下になる。

【0240】

((フローエンティティ1 (始点用)

スイッチ5

ルール (既定のルール)

アクション (MACディスティネーションアドレス変更：トンネル用MACアドレス8))

(フローエンティティ2 (始点用)

スイッチ5

ルール (既定のルール)

アクション (OUTPUT： インタフェース1))

(フローエンティティ3

スイッチ3

ルール (MACディスティネーションアドレス=トンネル用MACアドレス8)

アクション (OUTPUT： インタフェース2))

(フローエンティティ4 (終点に追加するもの)

スイッチ2

ルール (既定のルール)

アクション (MACディスティネーションアドレス変更：経路管理テーブルに記憶されたMACディスティネーションアドレス)))

【0241】

(9) . スイッチ5ースイッチ6間にトンネルを設ける場合、経路はスイッチ5→スイッチ3→スイッチ6となる。この経路 (トンネル) のフローエンティティは以下になる。

【0242】

((フローエンティティ1 (始点用)

スイッチ5

10

20

30

40

50

ルール（既定のルール）
 アクション（MACディスティネーションアドレス変更：トンネル用MACアドレス9）
 （フローエンティティ2（始点用）
 スイッチ5
 ルール（既定のルール）
 アクション（OUTPUT： インタフェース1））
 （フローエンティティ3
 スイッチ3
 ルール（MACディスティネーションアドレス＝トンネル用MACアドレス9） 10
 アクション（OUTPUT： インタフェース4））
 （フローエンティティ4（終点に追加するもの）
 スイッチ6
 ルール（既定のルール）
 アクション（MACディスティネーションアドレス変更：経路管理テーブルに記憶されたMACディスティネーションアドレス）））

【0243】
 （10）．スイッチ6－スイッチ1間にトンネルを設ける場合、経路はスイッチ6→スイッチ3→スイッチ1となる。この経路（トンネル）のフローエンティティは以下のようになる。 20

【0244】
 （（フローエンティティ1（始点用）
 スイッチ6
 ルール（既定のルール）
 アクション（MACディスティネーションアドレス変更：トンネル用MACアドレス10）
 （フローエンティティ2（始点用）
 スイッチ6
 ルール（既定のルール）
 アクション（OUTPUT： インタフェース1）） 30
 （フローエンティティ3
 スイッチ3
 ルール（MACディスティネーションアドレス＝トンネル用MACアドレス10）
 ）
 アクション（OUTPUT： インタフェース1））
 （フローエンティティ4（終点に追加するもの）
 スイッチ1
 ルール（既定のルール）
 アクション（MACディスティネーションアドレス変更：経路管理テーブルに記憶されたMACディスティネーションアドレス））） 40

【0245】
 （11）．スイッチ6－スイッチ2間にトンネルを設ける場合、経路はスイッチ6→スイッチ3→スイッチ2となる。この経路（トンネル）のフローエンティティは以下のようになる。

【0246】
 （（フローエンティティ1（始点用）
 スイッチ6
 ルール（既定のルール）
 アクション（MACディスティネーションアドレス変更：トンネル用MACアドレス11）） 50

(フローエンティティ 2 (始点用) スイッチ 6 ルール (既定のルール) アクション (OUTPUT: インタフェース 1))	
(フローエンティティ 3 スイッチ 3 ルール (MAC ディスティネーションアドレス = トンネル用 MAC アドレス 1 1	
) アクション (OUTPUT: インタフェース 2))	
(フローエンティティ 4 (終点に追加するもの) スイッチ 2 ルール (既定のルール) アクション (MAC ディスティネーションアドレス変更: 経路管理テーブルに記憶された MAC ディスティネーションアドレス))	10
【0247】 (12). スイッチ 6 – スイッチ 5 間にトンネルを設ける場合、経路はスイッチ 6 → スイッチ 3 → スイッチ 5 となる。この経路 (トンネル) のフローエンティティは以下のようになる。	
【0248】 ((フローエンティティ 1 (始点用) スイッチ 6 ルール (既定のルール) アクション (MAC ディスティネーションアドレス変更: トンネル用 MAC アドレス 1 2))	20
(フローエンティティ 2 (始点用) スイッチ 6 ルール (既定のルール) アクション (OUTPUT: インタフェース 1))	
(フローエンティティ 3 スイッチ 3 ルール (MAC ディスティネーションアドレス = トンネル用 MAC アドレス 1 2	30
) アクション (OUTPUT: インタフェース 3))	
(フローエンティティ 4 (終点に追加するもの) スイッチ 5 ルール (既定のルール) アクション (MAC ディスティネーションアドレス変更: 経路管理テーブルに記憶された MAC ディスティネーションアドレス))	
【0249】 <フローエンティティの変更>	40
次に、本実施形態における、フローエンティティの変更の例について説明する。	
【0250】 経路管理テーブル (図 3 参照) のスイッチ情報とパケット・ヘッダー情報の各フィールドに設定されていた値を下記とする。なお、ネットワークは、図 6 の構成とする。	
【0251】 ・スイッチ情報: スイッチ 1 ・パケット・ヘッダー情報 MAC ソースアドレス: ノード A の MAC アドレス MAC ディスティネーションアドレス: ノード D の MAC アドレス プロトコル: TCP	50

ソースIPアドレス： ノードAのIPアドレス
 ディスティネーションIPアドレス： ノードノードDのIPアドレス
 ソースポート番号： 設定されていた値
 ディスティネーションポート番号： 設定されていた値

【0252】

上記において、「設定されていた値」は、フローエンティティの変更の前の時点で既に設定されていた値を表している。

【0253】

スイッチ4を迂回する場合のフローエンティティの変更例を示す。なお、スイッチ1－スイッチ6間およびスイッチ6－スイッチ1間のトンネルを使用するものとする。

10

【0254】

<変更前（迂回トンネル設定前）>

（（フローエンティティ1

スイッチ1

ルール（ディスティネーションIPアドレス＝ノードDのIPアドレス）

アクション（OUTPUT： インタフェース3））

（フローエンティティ2

スイッチ4

ルール（ディスティネーションIPアドレスD＝ノードDのIPアドレス）

アクション（OUTPUT： インタフェース4））

20

（フローエンティティ3

スイッチ6

ルール（ディスティネーションIPアドレス＝ノードDのIPアドレス）

アクション（OUTPUT： インタフェース4））

（フローエンティティ4

スイッチ8

ルール（ディスティネーションIPアドレス＝ノードDのIPアドレス）

アクション（OUTPUT： インタフェース3））

（フローエンティティ5

スイッチ8

ルール（ディスティネーションIPアドレス＝ノードAのIPアドレス）

アクション（OUTPUT： インタフェース2））

30

（フローエンティティ6

スイッチ6

ルール（ディスティネーションIPアドレス＝ノードAのIPアドレス）

アクション（OUTPUT： インタフェース2））

（フローエンティティ7

スイッチ4

ルール（ディスティネーションIPアドレス＝ノードAのIPアドレス）

アクション（OUTPUT： インタフェース1））

40

（フローエンティティ8

スイッチ1

ルール（ディスティネーションIPアドレス＝ノードAのIPアドレス）

アクション（OUTPUT： インタフェース1）））

【0255】

迂回トンネル設定後のフローエンティティの変更例を示す。

【0256】

<変更後の（迂回トンネル設定後）>

（（フローエンティティ9（追加）

スイッチ1

50

ルール（ディスティネーションIPアドレス＝ノードDのIPアドレス）
 アクション（MACディスティネーションアドレス変更： トンネル用MACアドレス3））
 （フローエンティティ1（変更）
 スイッチ1
 ルール（ディスティネーションIPアドレス＝ノードDのIPアドレス）
 アクション（OUTPUT： インタフェース2））
 （フローエンティティ2（削除）
 スイッチ4
 ルール（ディスティネーションIPアドレスD＝ ノードDのIPアドレス） 10
 アクション（OUTPUT： インタフェース4））
 （フローエンティティ10（追加）
 スイッチ6
 ルール（ディスティネーションIPアドレス＝ノードDのIPアドレス）
 アクション（MACディスティネーションアドレス変更： DのMACアドレス）
 ）
 （フローエンティティ3
 スイッチ6
 ルール（ディスティネーションIPアドレス＝ノードDのIPアドレス）
 アクション（OUTPUT： インタフェース4）） 20
 （フローエンティティ4
 スイッチ8
 ルール（ディスティネーションIPアドレス＝ノードDのIPアドレス）
 アクション（OUTPUT： インタフェース3））
 （フローエンティティ5
 スイッチ8
 ルール（ディスティネーションIPアドレス＝ノードAのIPアドレス）
 アクション（OUTPUT： インタフェース2））
 （フローエンティティ11（追加）
 スイッチ6 30
 ルール（ディスティネーションIPアドレス＝ ノードAのIPアドレス）
 アクション（MACディスティネーションアドレス変更： トンネル用MACアドレス10））
 （フローエンティティ6（変更）
 スイッチ6
 ルール（ディスティネーションIPアドレス＝ ノードAのIPアドレス）
 アクション（OUTPUT： インタフェース1））
 （フローエンティティ7（削除）
 スイッチ4
 ルール（ディスティネーションIPアドレス＝ノードAのIPアドレス） 40
 アクション（OUTPUT： インタフェース1））
 （フローエンティティ8
 スイッチ1
 ルール（ディスティネーションIPアドレス＝ノードAのIPアドレス）
 アクション（OUTPUT： インタフェース1））
 （フローエンティティ12（追加）
 スイッチ1
 ルール（ディスティネーションIPアドレス＝ノードAのIPアドレス）
 アクション（MACディスティネーションアドレス変更： AのMACアドレス1
 0））） 50

【0257】

フローエンティティ（追加）とは、当該フローエンティティをスイッチ10のフローエンティティテーブル102に追加することをいう。フローエンティティ（削除）は、当該フローエンティティを、スイッチ10のフローエントリテーブルから削除し、コントローラ20の有効経路記憶部203の経路構成情報から削除することをいう。

【0258】

なお、1つのフローエンティティが複数のアクションを含む場合、例えば上記スイッチ1に追加されるフローエンティティ12のアクション（MACディスティネーションアドレス変更： AのMACアドレス10）だけを、スイッチ1の元のフローエンティティ8のアクション（OUTPUT： インタフェース1）に追加し、

10

（フローエンティティ8

スイッチ1

ルール（ディスティネーションIPアドレス＝ノードAのIPアドレス）

アクション（OUTPUT： インタフェース1））、アクション（MACディスティネーションアドレス変更： AのMACアドレス10））としてもよい。

【0259】

<迂回解除>

次に、本実施形態において、迂回解除後（迂回スイッチの復旧後）の動作について説明する。迂回解除時には、コントローラ20は、トポロジー情報204に、使用可能となったスイッチ（例えば迂回スイッチとして指定されたスイッチ4）を追加する。迂回解除後の経路の変更は、必須ではない。トポロジー情報へ削除されたスイッチを追加する場合、迂回用に作成したトンネルの経路は、迂回解除後、

20

- ・迂回用トンネルを使用する経路構成情報が存在せず、
 - ・迂回用トンネルを使用する経路構成情報が全て削除されたあと、
- の2つの条件が成立した際に、有効経路記憶部203から削除する。

【0260】

<経路構成情報の削除>

図23は、本発明の別の実施形態を説明する図である。本実施形態においては、コントローラ20において、フローエンティティ設定部202が有効経路記憶部203から経路構成情報を削除する機能を備えている。

30

【0261】

フローエンティティは、システムが規定した期間、ルールにマッチするパケットが到着しないと無効となる。有効経路記憶部203の経路管理テーブル（図3参照）上の経路構成情報、経路管理テーブル内の関連エントリは、削除される。この場合の手順を以下に示す。

【0262】

1. スwitchのフローエンティティが無効となった場合、Switchのフローエンティティ設定部104が、フローエンティティテーブル102から、該当フローエンティティを削除する。

【0263】

2. Switchのフローエンティティ設定部104は、コントローラ20のフローエンティティ設定部202に、削除したフローエンティティを指定してフローエンティティが無効となったことを通知する。

40

【0264】

3. コントローラ20のフローエンティティ設定部202は、有効経路記憶部203から、該当フローエンティティが使用されている経路構成情報を検索する。

【0265】

4. 検索の結果、使用されているものがなかった場合には、終了する。

【0266】

5. 検索の結果、使用されているものがあった場合、コントローラ20のフローエンティ

50

ティ設定部202は、該当経路構成情報を記憶する。

【0267】

6. コントローラ20のフローエンティティ設定部202は、有効経路記憶部203から、該当経路構成情報と、該当経路構成情報へのポインタを持つ経路管理テーブル（図3参照）上のエントリ（スイッチ情報、パケット・ヘッダー情報、ポインタを一エントリとする）を削除する。

【0268】

7. コントローラ20のフローエンティティ設定部202は、5. で記憶した経路構成情報を基に、各スイッチ10に対して、該スイッチに対応するフローエンティティを指定し、フローエンティティの削除を指示する。

10

【0269】

上記実施形態によれば、迂回が指示されたスイッチを通らない経路を計算し設定することで当該スイッチを迂回し、該スイッチの保守等を行うことができる。また、スイッチを迂回させることで、経路の片寄せ等を行い、低消費電力化等を実現可能としている。すなわち、夜間等において、低消費電力での運用等を可能としている。また経路キャッシュを備えた場合、経路計算を高速化可能としている。

【0270】

上記実施形態において、トンネルの優先度を低く設定することで、スイッチに明示されているフローへの影響を回避することができる。

【0271】

20

迂回経路の再計算時に、影響を受けるフローの数を少なくするように経路を設定するようにしてもよい。この場合、迂回時に再設定するフローの数を少なくすることができる。迂回経路の再計算時にフローを変更するスイッチの数を少なくするように経路を設定するようにしてもよい。

【0272】

なお、上記実施形態では、説明の簡単化のため、図6のネットワークにおいて迂回スイッチとして1つのスイッチ（スイッチ4）を指定する例に即して説明したが、複数のスイッチを迂回するケースに対しても、本発明が適用可能であることは勿論である。また、本発明において、ノードは、上記実施例のスイッチ（OFS）を含むほか、コントローラによってフローの制御が行われる任意のスイッチ（L2/L3スイッチ）、ルーター等を含む。

30

【0273】

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。上記した実施形態のコントローラ20は、専用のサーバとして実現することもでき、スイッチ10としては、上記OFS（OpenFlow Switch）のほか、IP網におけるルータ、MPLS（Multi-Protocol Label Switching）網におけるMPLSスイッチのようなノードであれば実現できる。その他、コントローラがネットワーク内のノードを集中管理するようなネットワークであれば、本発明を適用することが可能である。

40

【0274】

なお、上記非特許文献1、2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】

【0275】

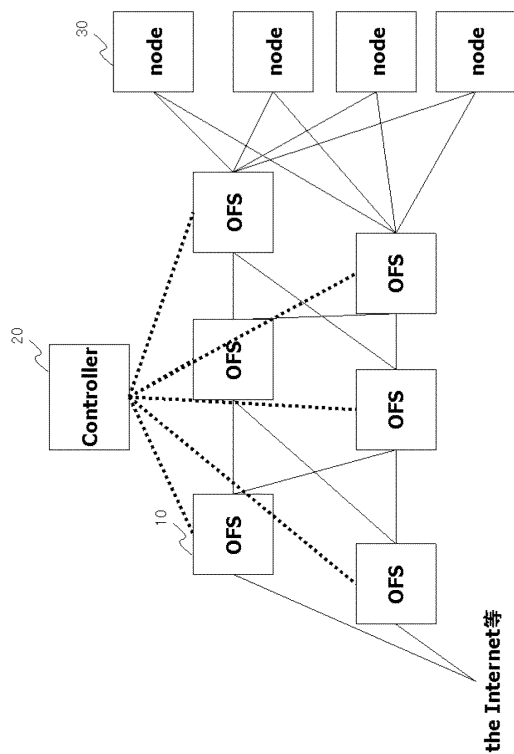
10 スwitch（OFS）

50

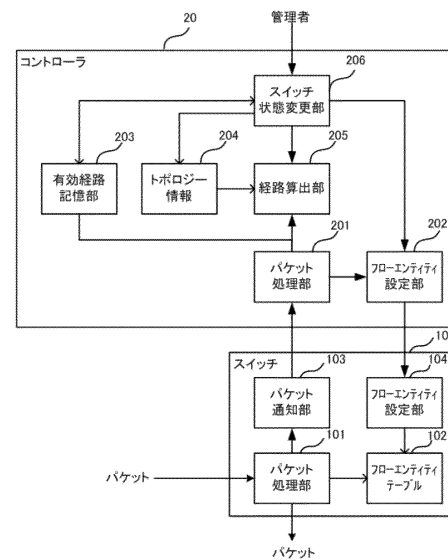
- 20 コントローラ
- 30 ノード
- 101 パケット処理部
- 102 フローエンティティテーブル
- 103 パケット通知部
- 104 フローエンティティ設定部
- 201 パケット処理部
- 202 フローエンティティ設定部
- 203 有効経路記憶部
- 204 トポロジー情報
- 205 経路算出部
- 206 スイッチ状態変更部
- 207 経路キャッシュ

10

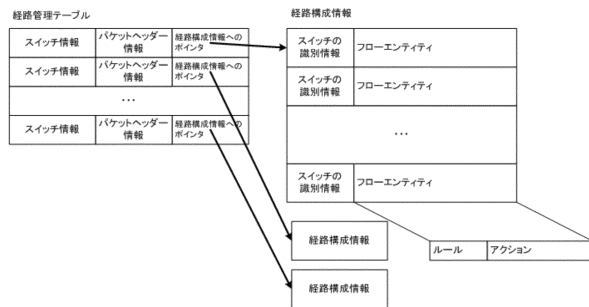
【図 1】



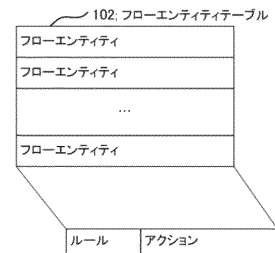
【図 2】



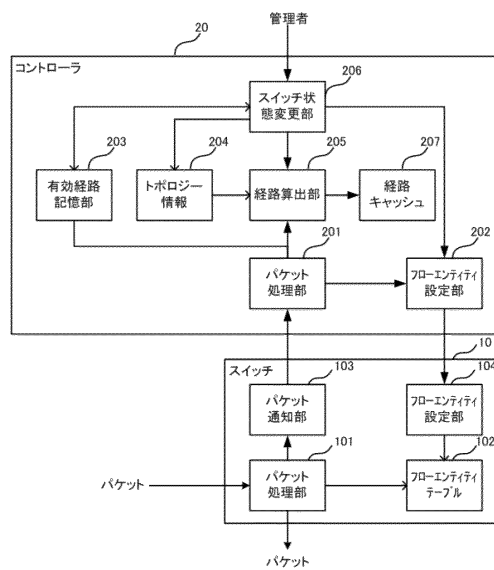
【図 3】



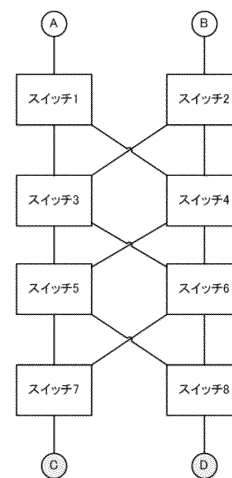
【図 4】



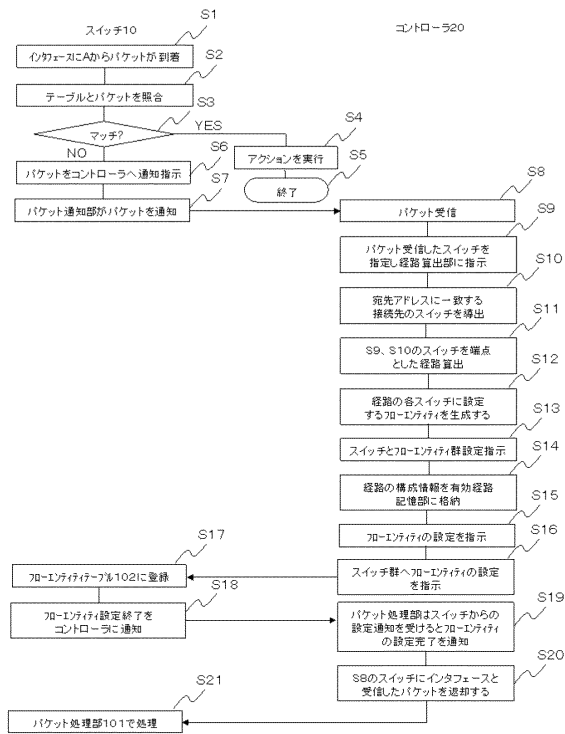
【図 5】



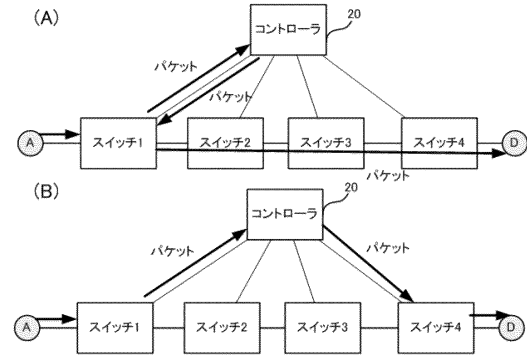
【图 6】



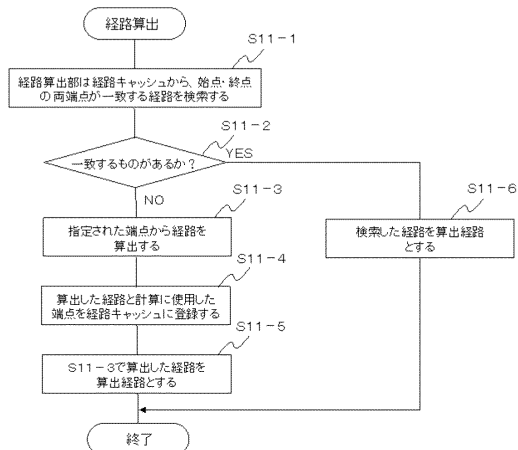
【図 7】



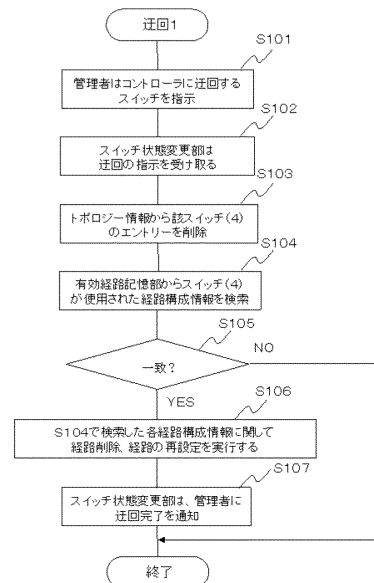
【図 8】



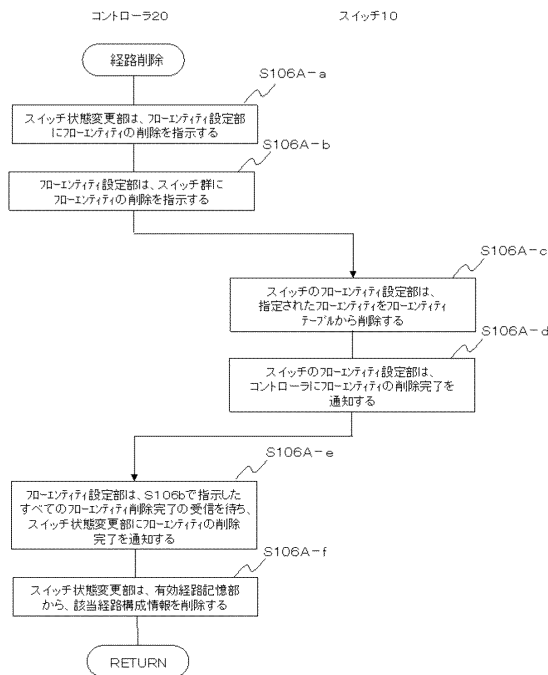
【図 9】



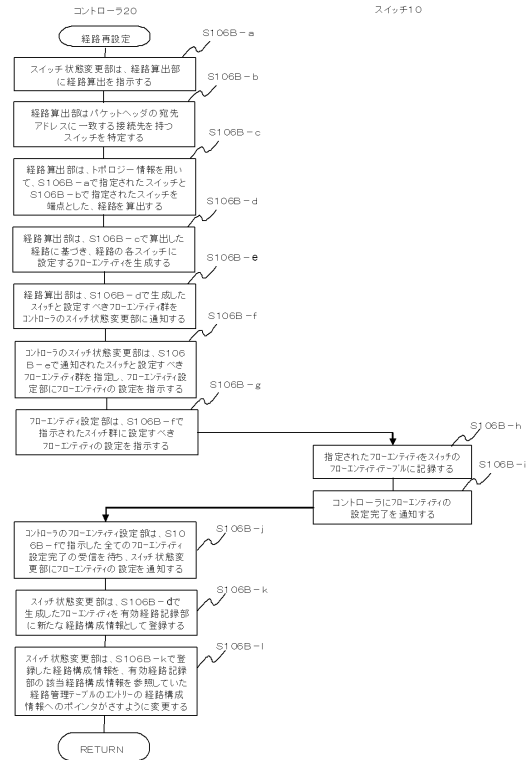
【図 10】



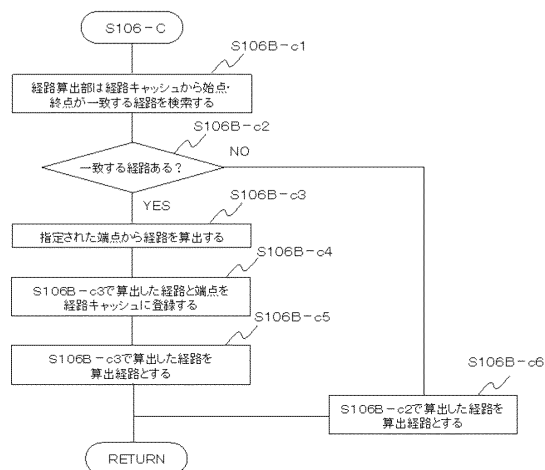
【図 1 1】



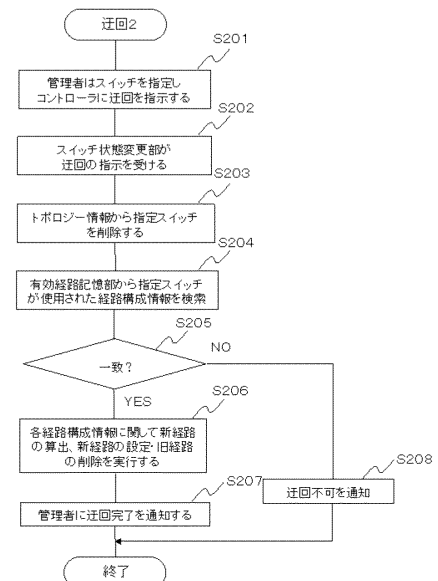
【図 1 2】



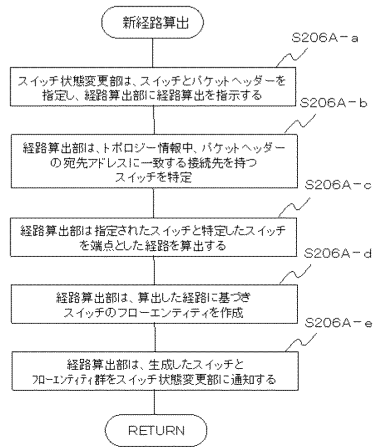
【図 1 3】



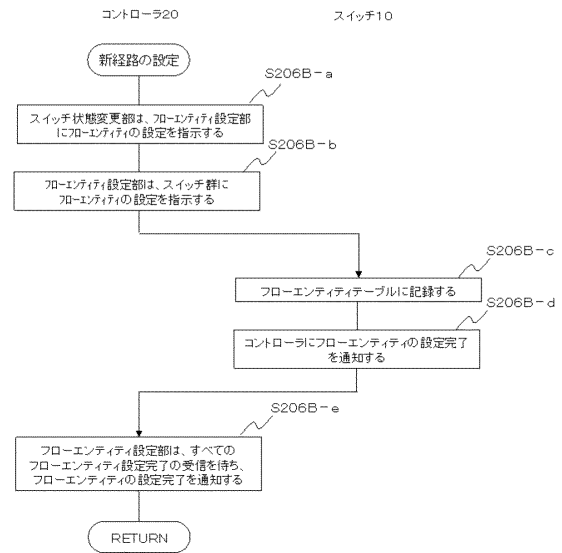
【図 14】



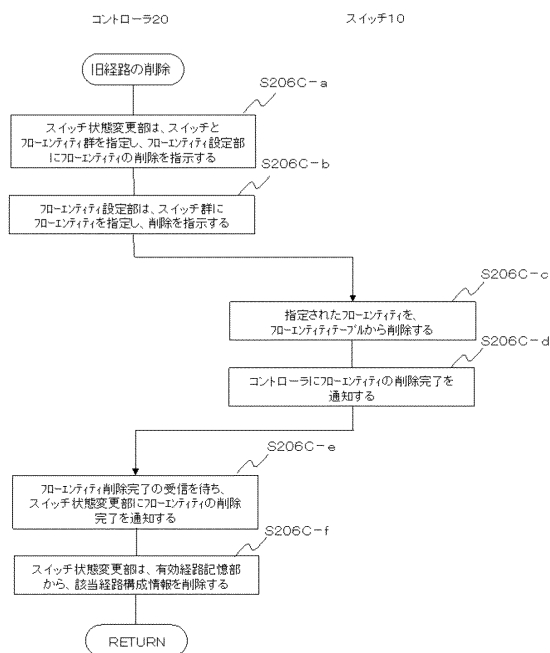
【図 15】



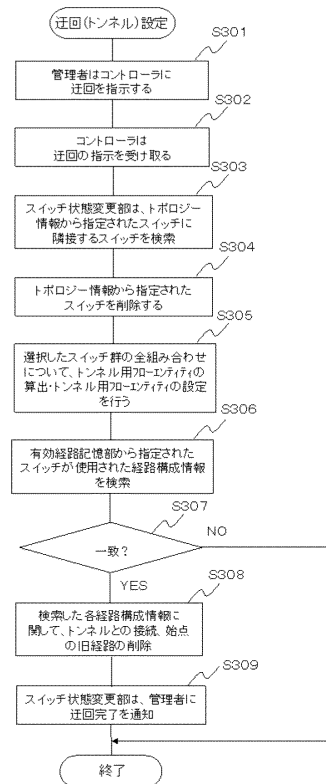
【図 16】



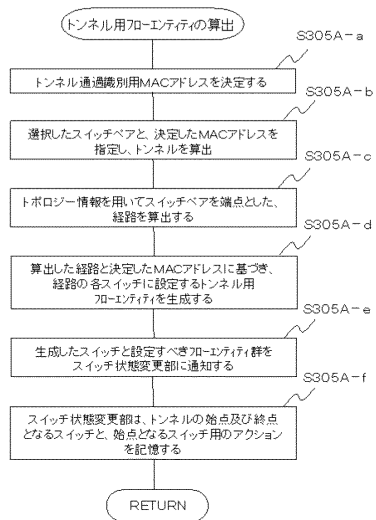
【図 17】



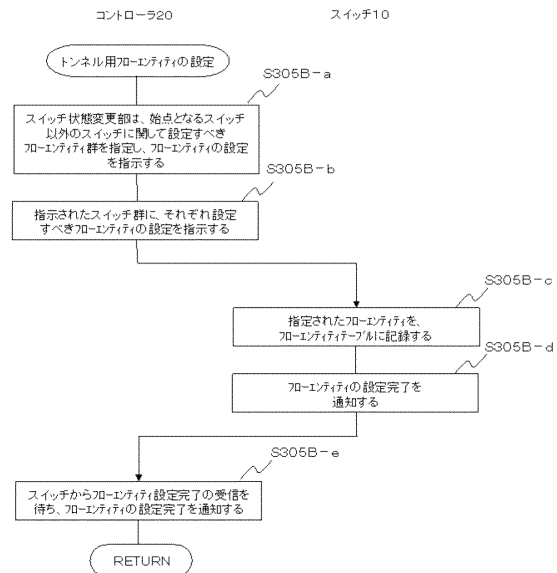
【図 18】



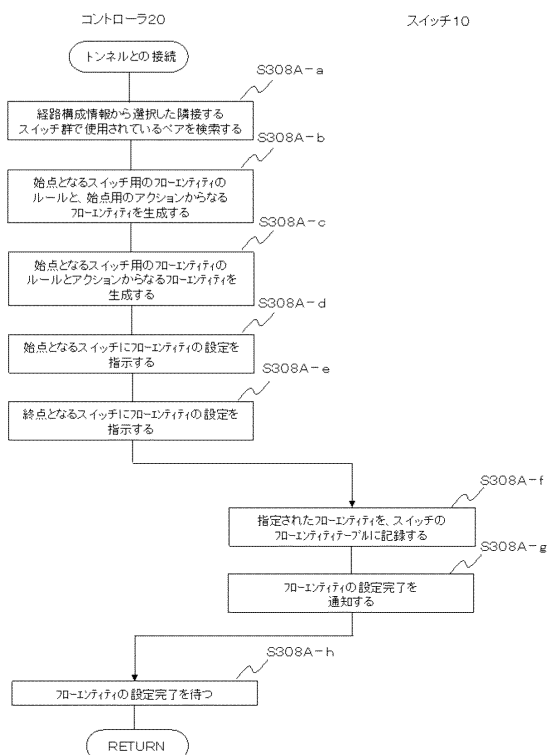
【図 19】



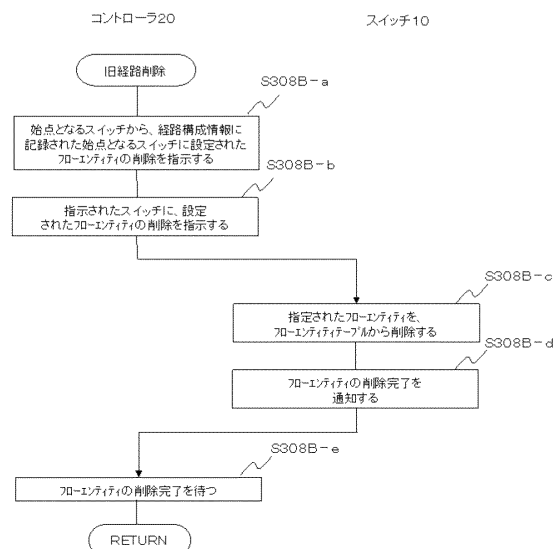
【図 20】



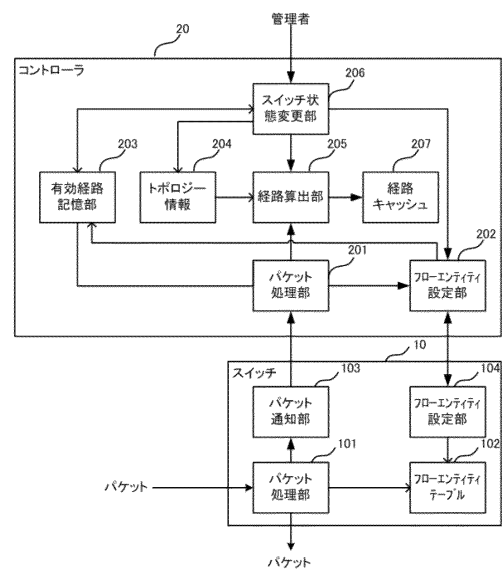
【図 21】



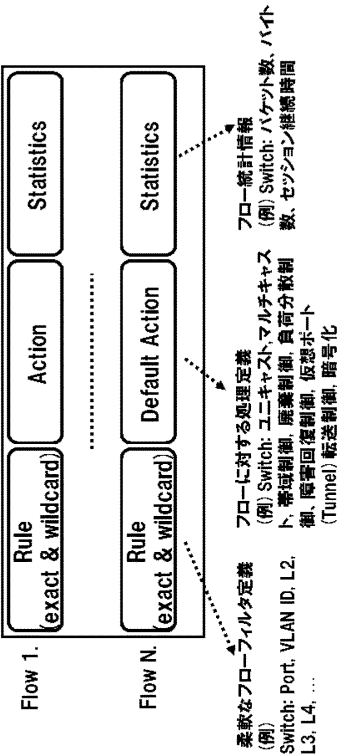
【図 22】



【図 2 3】



【図 2 4】



【図 2 5】

MAC DA	
MAC DA	
MAC SA	
MAC SA	TPID(81-00)
VLAN ID	TYPE
Ver/HL	ToS Total Length
Identification	Flag/Frag Offset
TTL	Protocol CheckSum
IP SA	
IP DA	
Source Port	Destination Port
Sequence Number	
Acknowledgment Number	
Offset / Flags	Window Size
CheckSum	Urgent Pointer
Payload Data	

【図 2 6】

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。

【図 27】

仮想ポート名	意味
IN_PORT	パケットを受信したポートを意味する。
NORMAL	パケットをOpenFlowの制御下から既存のプロトコル処理(BridgeやIP Forwarding)に受け渡す。
FLOOD	パケットを受信したポート以外のForwarding状態の全てのポート。
ALL	パケットを受信したポート以外の全てのポート。
CONTROLLER	Secure Channelを経由してのコントローラ宛て。
LOCAL	スイッチ自身のネットワークスタック行き。 (=ソケット行き)

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-237889 (JP, A)
特開2003-289325 (JP, A)
特開2001-345810 (JP, A)
特開2000-059374 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04L 12/717