

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6544816号  
(P6544816)

(45) 発行日 令和1年7月17日(2019.7.17)

(24) 登録日 令和1年6月28日(2019.6.28)

(51) Int. Cl. F I  
 HO 4 L 12/70 (2013.01) HO 4 L 12/70 1 0 0 Z  
 HO 4 L 12/26 (2006.01) HO 4 L 12/26

請求項の数 21 (全 37 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2018-542769 (P2018-542769)                  (86) (22) 出願日 平成28年12月16日 (2016.12.16)                  (65) 公表番号 特表2019-505142 (P2019-505142A)                  (43) 公表日 平成31年2月21日 (2019.2.21)                  (86) 国際出願番号 PCT/CN2016/110467                  (87) 国際公開番号 W02017/152681                  (87) 国際公開日 平成29年9月14日 (2017.9.14)                  審査請求日 平成30年8月13日 (2018.8.13)                  (31) 優先権主張番号 201610130617.4                  (32) 優先日 平成28年3月8日 (2016.3.8)                  (33) 優先権主張国 中国 (CN)</p>	<p>(73) 特許権者 503433420                  華為技術有限公司                  HUAWEI TECHNOLOGIES                  CO., LTD.                  中華人民共和国 518129 広東省深                  ▲チェン▼市龍崗区坂田 華為総部▲ベン                  ▼公楼                  Huawei Administration Building, Bantian,                  Longgang District, Shenzhen, Guangdong                  518129, P. R. China                  (74) 代理人 100110364                  弁理士 実広 信哉</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フォワーディング・テーブルを検査するための方法および装置、並びにデバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

フォワーディング・テーブルを検査するための方法であって、  
 ネットワーク検査デバイスにより、送信先インターネット・プロトコル(IP)アドレスおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、検査パケットを生成するステップであって、前記検査パケットは、ラベル・スタック、生存時間(TTL)、送信元IPアドレス、および前記送信先IPアドレスを備え、前記ラベル・スタックはN個のリンク・ラベルを備え、TTLの値はN+1であり、前記送信元IPアドレスは前記ネットワーク検査デバイスのIPアドレスであり、Nは前記ネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数であり、N-1である、ステップと、

前記検査パケットが前記検査されるべきネットワーク・ノードに送信されるように、前記ネットワーク検査デバイスにより、前記ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って前記検査パケットを送信するステップと、

前記ネットワーク検査デバイスにより、フィードバック・ノードによって送信される通知メッセージを受信するステップであって、前記通知メッセージは、前記フィードバック・ノードが前記検査されるべきネットワーク・ノードによってフォワードされる検査パケットを受信したことを前記ネットワーク検査デバイスに通知するために使用され、前記フィードバック・ノードは前記検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップのノードである、ステップと、

前記ネットワーク検査デバイスにより、前記通知メッセージおよび前記ネットワーク・

トポロジー情報に従って、前記検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定するステップと、  
を備える方法。

【請求項 2】

ネットワーク検査デバイスにより、送信先IPアドレスおよびネットワーク・トポロジー情報に従って検査パケットを生成する前記ステップは、

前記ネットワーク検査デバイスにより、前記送信先IPアドレスおよび前記ネットワーク・トポロジー情報に従って、前記ネットワーク検査デバイスから前記送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路および前記フォワーディング経路上の前記検査されるべきネットワーク・ノードを決定するステップであって、前記ネットワーク・トポロジー情報は、  
前記フォワーディング経路および前記フォワーディング経路上の各ホップのルート情報を備える、ステップと、

前記ネットワーク検査デバイスにより、前記ネットワーク・トポロジー情報に従って、前記ネットワーク検査デバイスから前記検査されるべきネットワーク・ノードまでの前記ホップ数および各ホップのリンク・ラベルを決定し、前記ホップ数および各ホップの前記リンク・ラベルに従って前記検査パケットを生成するステップと、

を備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定する前記ステップは、

前記ネットワーク検査デバイスにより、前記通知メッセージを送信するフィードバック・ノードが前記ネットワーク・トポロジー情報と整合しているとき、前記検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいと判定するステップと、

前記ネットワーク検査デバイスにより、前記通知メッセージを送信するフィードバック・ノードが前記ネットワーク・トポロジー情報と整合していないとき、前記検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが誤っていると判定するステップと、

を備える、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記フィードバック・ノードによって送信される通知メッセージを受信する前に、前記方法は、

前記フィードバック・ノードにより、前記検査されるべきネットワーク・ノードによってフォワードされる検査パケットを受信するステップと、

前記フィードバック・ノードにより、TTLの前記値から1を減算し、TTLの前記値が0であると判定するとき前記通知メッセージを送信するステップと、

を備える、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

前記検査されるべきネットワーク・ノードによってフォワードされる検査パケットを受信する前に、前記方法は、

前記フォワーディング経路内のネットワーク・ノードにより、前記検査パケットを受信するステップと、

前記ネットワーク・ノードにより、前記ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルを取り出し、TTLの前記値から1を減算するステップと、

前記ラベル・スタックが空でないとき、前記ネットワーク・ノードにより、前記ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、前記検査パケットを次のホップのノードにフォワードするステップと、

前記ラベル・スタックが空であるとき、前記ネットワーク・ノードにより、前記送信先IPアドレスおよび前記ネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルに従って、前記検査パケットを前記フィードバック・ノードにフォワードするステップと、

をさらに備える、請求項 4 に記載の方法。

## 【請求項6】

前記通知メッセージは、前記検査パケットのヘッダを備える、請求項1から5のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項7】

フォワーディング・テーブルを検査するための方法であって、

ネットワーク・ノードにより、第1の検査パケットを受信するステップであって、前記第1の検査パケットは、第1のラベル・スタック、第1の生存時間(TTL)、送信元インターネット・プロトコル(IP)アドレス、および送信先IPアドレスを備え、前記第1のラベル・スタックはN個のリンク・ラベルを備え、第1のTTLの値はN+1であり、前記送信元IPアドレスはネットワーク検査デバイスのIPアドレスであり、Nは1である、ステップと、

前記ネットワーク・ノードにより、前記第1のラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルを取り出し、第1のTTLの前記値から1を減算するステップと、

前記ネットワーク・ノードにより、前記第1のラベル・スタックは空であるかどうかを判定するステップと、

前記ネットワーク・ノードが前記第1のラベル・スタックは空であると判定するならば、前記ネットワーク・ノードにより、第1のフィードバック・ノードが第1の通知メッセージを前記ネットワーク検査デバイスに送信して前記ネットワーク検査デバイスが前記フォワーディング・テーブルは正しいかどうかを判定するように、前記送信先IPアドレスおよび前記ネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルに従って、前記第1の検査パケットを前記第1のフィードバック・ノードにフォワードするステップであって、前記ネットワーク・ノードは第1の検査されるべきネットワーク・ノードであり、前記第1のフィードバック・ノードは前記第1の検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップのノードである、ステップと、

を備える方法。

## 【請求項8】

前記ネットワーク・ノードが前記第1のラベル・スタックは空でないとは判定するならば、前記ネットワーク・ノードにより、前記第1のラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、前記第1の検査パケットをフォワードするステップをさらに備える、請求項7に記載の方法。

## 【請求項9】

前記ネットワーク・ノードにより、第2の検査パケットを受信するステップであって、前記第2の検査パケットは、第2の生存時間(TTL)、前記送信元IPアドレス、および送信先IPアドレスを備え、第2のTTLの値は1である、ステップと、

前記ネットワーク・ノードにより、第2のTTLの前記値から1を減算するステップと、

前記ネットワーク・ノードにより、第2のTTLの前記値は0であると判定するステップであって、前記ネットワーク・ノードは第2のフィードバック・ノードであり、前記第2のフィードバック・ノードは第2の検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップのノードである、ステップと、

前記ネットワーク検査デバイスが前記第2の検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定するように、第2の通知メッセージを前記ネットワーク検査デバイスに送信するステップと、

をさらに備える、請求項7または8に記載の方法。

## 【請求項10】

フォワーディング・テーブルを検査するための装置であって、

送信先インターネット・プロトコル(IP)アドレスおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、検査パケットを生成するように構成されたパケット生成モジュールであって、前記検査パケットは、ラベル・スタック、生存時間(TTL)、送信元IPアドレス、および前記送信先IPアドレスを備え、前記ラベル・スタックはN個のリンク・ラベルを備え、TTLの値はN+1であり、前記送信元IPアドレスはネットワーク検査デバイスのIPアドレスであり、Nは前記ネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホ

10

20

30

40

50

ップ数であり、 $N - 1$ である、パケット生成モジュールと、

前記ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、前記検査パケットを送信するように構成された送信モジュールと、

フィードバック・ノードによって送信される通知メッセージを受信するように構成された受信モジュールであって、前記通知メッセージは、前記フィードバック・ノードが前記検査されるべきネットワーク・ノードによってフォワードされる検査パケットを受信したことを前記ネットワーク検査デバイスに通知するために使用され、前記フィードバック・ノードは前記検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップのノードである、受信モジュールと、

前記通知メッセージおよび前記ネットワーク・トポロジー情報に従って、前記検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定するように構成された判定モジュールと、

を備える装置。

【請求項 1 1】

トポロジー取得モジュールをさらに備え、

前記トポロジー取得モジュールは、前記ネットワーク・トポロジー情報を取得するように構成され、前記ネットワーク・トポロジー情報は、前記ネットワーク検査デバイスから前記送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路および前記フォワーディング経路上の各ホップのルート情報を備え、

前記パケット生成モジュールは、具体的には、前記送信先IPアドレスおよび前記ネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク経路および前記ネットワーク経路上の前記検査されるべきネットワーク・ノードを決定するように構成され、前記フォワーディング経路は前記ネットワーク経路を備え、前記パケット生成モジュールは、具体的には、前記ネットワーク・トポロジー情報に従って、前記ネットワーク検査デバイスから前記検査されるべきネットワーク・ノードまでの前記ホップ数および各ホップのリンク・ラベルを決定し、前記ホップ数および各ホップの前記リンク・ラベルに従って前記検査パケットを生成するように構成された、請求項 1 0 に記載の装置。

【請求項 1 2】

前記通知メッセージは、前記検査パケット内のTTLの前記値が0であるとき、前記フィードバック・ノードによって送信される、請求項 1 0 または 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 3】

ネットワーク検査デバイスであって、プロセッサとメモリとを備え、

前記メモリは、ネットワーク・トポロジー情報を記憶するように構成され、前記ネットワーク・トポロジー情報は、前記ネットワーク検査デバイスから送信先インターネット・プロトコル(IP)アドレスまでのフォワーディング経路および前記フォワーディング経路上の各ホップのルート情報を備え、

前記プロセッサは、前記送信先IPアドレスおよび前記ネットワーク・トポロジー情報に従って、検査パケットを生成するように構成され、前記検査パケットは、ラベル・スタック、生存時間(TTL)、送信元IPアドレス、および前記送信先IPアドレスを備え、前記ラベル・スタックはN個のリンク・ラベルを備え、TTLの値は $N+1$ であり、前記送信元IPアドレスは前記ネットワーク検査デバイスのIPアドレスであり、Nは前記ネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数であり、 $N - 1$ であり、前記プロセッサは、前記ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、前記検査パケットを送信し、フィードバック・ノードによって送信される通知メッセージを受信するように構成され、前記通知メッセージは、前記フィードバック・ノードが前記検査されるべきネットワーク・ノードによってフォワードされる検査パケットを受信したことを前記ネットワーク検査デバイスに通知するために使用され、前記フィードバック・ノードは前記検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップのノードであり、前記プロセッサは、前記通知メッセージおよび前記ネットワーク・トポロジー情報に従って、前記検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定するよ

10

20

30

40

50

うに構成されたネットワーク検査デバイス。

【請求項14】

前記プロセッサは、前記送信先IPアドレスおよび前記ネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク経路および前記ネットワーク経路上の前記検査されるべきネットワーク・ノードを決定するように構成され、前記フォワーディング経路は前記ネットワーク経路を備え、前記プロセッサは、前記ネットワーク・トポロジー情報に従って、前記ネットワーク検査デバイスから前記検査されるべきネットワーク・ノードまでの前記ホップ数および各ホップのリンク・ラベルを決定し、前記ホップ数および各ホップの前記リンク・ラベルに従って前記検査パケットを生成するように構成された、請求項13に記載のネットワーク検査デバイス。

10

【請求項15】

前記プロセッサは、ソフトウェア・デファインド・ネットワーキング(SDN)コントローラから前記ネットワーク・トポロジー情報を取得するようにさらに構成された、請求項13または14に記載のネットワーク検査デバイス。

【請求項16】

前記通知メッセージは、前記検査パケット内のTTLの前記値が0であるとき、前記フィードバック・ノードによって送信される、請求項13から15のいずれか一項に記載のネットワーク検査デバイス。

【請求項17】

ネットワーク・ノードであって、プロセッサとメモリとを備え、前記メモリは、フォワーディング・テーブルを記憶するように構成され、前記フォワーディング・テーブルは、送信先インターネット・プロトコル(IP)アドレスおよび次のホップを備え、

20

前記プロセッサは、第1の検査パケットを受信するように構成され、前記第1の検査パケットは、第1のラベル・スタック、第1のTTL、送信元IPアドレス、および送信先IPアドレスを備え、前記第1のラベル・スタックはN個のリンク・ラベルを備え、Nは1以上の正の整数であり、第1のTTLの値はN+1であり、

前記プロセッサは、前記第1のラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルを取り出し、第1のTTLの前記値から1を減算し、

前記第1のラベル・スタックは空であるかどうかを判定し、前記第1のラベル・スタックは空であると判定するとき、第1のフィードバック・ノードが第1の通知メッセージをネットワーク検査デバイスに送信することをトリガして前記ネットワーク検査デバイスが前記フォワーディング・テーブルは正しいかどうかを判定するように、前記送信先IPアドレスおよび前記フォワーディング・テーブルに従って、前記第1の検査パケットを前記第1のフィードバック・ノードにフォワードするように構成され、前記ネットワーク・ノードは第1の検査されるべきネットワーク・ノードであり、前記第1のフィードバック・ノードは前記第1の検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップのノードであるネットワーク・ノード。

30

【請求項18】

前記プロセッサは、前記第1のラベル・スタックは空でないとき、前記第1のラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、前記第1の検査パケットをフォワードするようにさらに構成された、請求項17に記載のネットワーク・ノード。

40

【請求項19】

前記プロセッサは、第2の検査パケットを受信するようにさらに構成され、前記第2の検査パケットは、第2の生存時間(TTL)、前記送信元IPアドレス、および送信先IPアドレスを備え、第2のTTLの値は1であり、

前記プロセッサは、第2のTTLの前記値から1を減算し、第2のTTLの前記値は0であると判定するようにさらに構成され、前記ネットワーク・ノードは第2のフィードバック・ノードであり、前記第2のフィードバック・ノードは第2

50

の検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップのノードであり、

前記プロセッサは、前記ネットワーク検査デバイスに前記第2の検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定させるために、第2の通知メッセージを前記ネットワーク検査デバイスに送信するようにさらに構成された、請求項17に記載のネットワーク・ノード。

【請求項20】

請求項1から6のいずれか一項に記載の方法を実行するための命令を備えるプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項21】

請求項7から9のいずれか一項に記載の方法を実行するための命令を備えるプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、通信技術の分野、詳細には、フォワーディング・テーブルを検査するための方法および装置、並びにデバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

インターネット・プロトコル(Internet Protocol, 略してIP)ネットワークにおいて、1つのルートエントリは、ネットワーク・デバイスの制御プレーンにおけるルーティング・テーブル内の1つのIPアドレスに対応する。例えば、IPアドレス192.168.1.1は、ルートエントリ192.168.1.0/24に対応する。しかし、データパケットは、ネットワーク・デバイスのフォワーディング・プレーン(通常、フォワーディング・チップ)におけるフォワーディング・テーブル(forwarding table)によってフォワードされるように命令される。フォワーディング・テーブルは、フォワーディング情報ベース(forwarding information base, 略してFIB)とも呼ばれ得る。ネットワーク・デバイスのフォワーディング・テーブルは、通常、ルーティング・テーブル内の最適ルートに従って生成され、またはアドレス解決プロトコル(Address Resolution Protocol, 略してARP)に基づいて生成され得る。

20

【0003】

IPネットワークは、高い信頼性を保証しない。ネットワークにおけるリンク故障によって、ネットワーク・デバイスにおいて生成されるべき対応するフォワーディング・エントリの欠如によって、生成されたフォワーディング・エントリ内のエラーによって、または他の理由によって、データパケット損失またはエラーのような異常が引き起こされ得る。

30

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0004】

この出願の実施形態は、ネットワーク・デバイスにおけるフォワーディング・テーブルが誤っているかどうかを検査するために、フォワーディング・テーブルを検査するための方法および装置、並びにデバイスを提供する。

【0005】

40

第1の態様は、ネットワーク検査デバイスにより、送信先IPアドレスおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、検査パケットを生成するステップであって、検査パケットは、ラベル・スタック、生存時間(time to live, 略してTTL)、送信元IPアドレス、および送信先IPアドレスを含み、ラベル・スタックはN個のリンク・ラベルを含み、TTLの値は、Nに1が加えられたもの、すなわち、N+1であり、送信元IPアドレスはネットワーク検査デバイスのIPアドレスであり、Nはネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数であり、Nは1以上の正の整数である(N-1と表記され得る)、ステップと、検査パケットがラベル・スタックに従って検査されるべきネットワーク・ノードに送信されるように、ネットワーク検査デバイスにより、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットを送信するステップと、を含む、フォワーデ

50

ィング・テーブルを検査するための方法を提供する。ネットワーク検査デバイスと検査されるべきネットワーク・ノードの間に中間ネットワーク・ノードが存在し得る。ネットワーク検査デバイスは、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットを次のホップのノード、すなわち、中間ネットワーク・ノードにフォワードする。その代わりに、ネットワーク検査デバイスの次のホップのノードは、検査されるべきネットワーク・ノードであり得る。ネットワーク検査デバイスは、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットを検査されるべきネットワーク・ノードに送信する。ネットワーク検査デバイスは、通知メッセージを受信し、この通知メッセージは、フィードバック・ノードが検査されるべきネットワーク・ノードによってフォワードされる検査パケットを受信したことをネットワーク検査デバイスに通知するために使用され、ネットワーク検査デバイスは、通知メッセージおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定する。フィードバック・ノードは、検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップのノードである。ネットワーク検査デバイスは、通常、フィードバック・ノードから通知メッセージを受信する。

10

**【 0 0 0 6 】**

このようにして、送信先IPアドレス行きのデータパケットが損失されるか、または誤ってフォワードされる、またはフォワーディング経路上の検査されるべきネットワーク・ノードの送信先IPアドレスへのフォワーディング・テーブルが、顧客要件または他の状況に従って、検査される必要があるとき、ネットワーク検査デバイスは、特定のラベル・スタックおよび特定のTTL値を含む検査パケットを生成し、ラベル・スタックを使用することによって、検査パケットのラベル・フォワーディング経路を特定し、それによって、検査パケットは、ラベル・スタックに従って、検査されるべきネットワーク・ノードに送信されることが可能である。TTLの値は、ホップ毎に1だけ減少される。検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップ、すなわち、フィードバック・ノードによって処理された(1だけ減算された)後、検査パケット内のTTLの値が0であるとき、フィードバック・ノードは、通知メッセージをネットワーク検査デバイスに送信することを可能にされる。ネットワーク検査デバイスは、フィードバック・ノードによって送信される通知メッセージおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが誤っているかどうかを迅速に判定することができる。従って、故障の位置決め効率が増加される。

20

30

**【 0 0 0 7 】**

通知メッセージは、インターネット制御メッセージ・プロトコル(Internet Control Message Protocol, 略してICMP)パケットであり得る。

**【 0 0 0 8 】**

任意選択で、ネットワーク検査デバイスは、具体的には、送信先IPアドレスおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路およびフォワーディング経路上の検査されるべきネットワーク・ノードを決定し、ネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数(すなわち、N)および各ホップのリンク・ラベルを決定し、ネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数および各ホップのリンク・ラベルに従って、検査パケットを生成する。従って、検査パケットを生成するとき、ネットワーク検査デバイスは、検査されるべきネットワーク・ノードに従って、Nの値を決定する。これは、検査パケットが、ラベル・スタック内のN個のリンク・ラベルに従って、検査されるべきネットワーク・ノードにフォワードされることを保証し、検査されるべきネットワーク・ノードにおいてルート・フォワーディングが行われる。ネットワーク検査デバイスは、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを検査することができる。

40

**【 0 0 0 9 】**

ネットワーク・トポロジー情報は、ネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスま

50

でのフォワーディング経路および各ホップのルート情報を含み得る。ルート情報はリンク・ラベルを含む。リンク・ラベルは、パケットのための単一ホップのフォワーディング経路を特定する。

【0010】

任意選択で、フィードバック・ノードは、検査されるべきネットワーク・ノードによってフォワードされる検査パケットを受信し、TTLの値から1を減算し、検査パケット内のTTLの値が0であるとき、通知メッセージを送信する。

【0011】

通知メッセージを送信するフィードバック・ノードがネットワーク・トポロジー情報内のルートと整合していると判定するとき、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルは正しいと判定し得る。通知メッセージを送信するフィードバック・ノードがネットワーク・トポロジー情報内のルートと整合していないと判定するとき、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルは誤っていると判定し得る。

10

【0012】

検査パケットが検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップ(すなわち、フィードバック・ノード)によって処理されるとき、TTLの値は0であるので、通知メッセージがネットワーク検査デバイスに送信されることを保証するために、ネットワーク検査デバイスが検査パケットを生成するとき、ネットワーク検査デバイスは、TTLの値を特定の値に設定する。そして、ネットワーク検査デバイスは、通知メッセージおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定し得る。

20

【0013】

第2の態様は、ネットワーク検査デバイスにより、ネットワーク・トポロジー情報に従って、検査パケットを生成するステップであって、検査パケットは、ラベル・スタック、TTL、送信元IPアドレス、および送信先IPアドレスを含み、ラベル・スタックはN個のリンク・ラベルを含み、TTLの値はN+1であり、送信元IPアドレスはネットワーク検査デバイスのIPアドレスであり、Nはネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数であり、N-1である、ステップと、検査パケットがラベル・スタックに従って検査されるべきネットワーク・ノードに送信されるように、ネットワーク検査デバイスにより、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットを送信するステップと、含む、フォワーディング・テーブルを検査するための方法を提供する。検査されるべきネットワーク・ノードは、検査パケットを受信し、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルを取り出し、TTLの値から1を減算し、ラベル・スタックは空であると判定し、送信先IPアドレスおよび検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルに従って、検査パケットをフィードバック・ノードにフォワードする。フィードバック・ノードは、検査パケットを受信し、TTLの値から1を減算し、TTLの値は0であると判定し、ネットワーク検査デバイスに通知メッセージを送信する。ネットワーク検査デバイスは、通知メッセージを受信し、通知メッセージおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定する。

30

40

【0014】

ネットワーク検査デバイスと検査されるべきネットワーク・ノードの間に1つ以上の中間ネットワーク・ノードが存在し得る。ネットワーク検査デバイスは、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットを次のホップのノード、すなわち、中間ネットワーク・ノードにフォワードする。検査されるべきネットワーク・ノードは、前のホップのノード(中間ネットワーク・ノード)によってフォワードされる検査パケットを受信する。その代わりに、ネットワーク検査デバイスの次のホップのノードは、検査されるべきネットワーク・ノードであり得る。すなわち、ネットワーク検査デバイスと検査されるべきネットワーク・ノードの間に中間ネットワーク・ノードは存在しない。ネットワ

50

ーク検査デバイスは、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットを検査されるべきネットワーク・ノードに送信する。検査されるべきネットワーク・ノードは、ネットワーク検査デバイスによって送信される検査パケットを受信する。

【0015】

このようにして、ネットワーク検査デバイスは、特定のラベル・スタック(N個のリンク・ラベル)および特定のTTL値(値はN+1である)を含む検査パケットを生成し、ラベル・スタックを使用することによって、検査パケットのラベル・フォワーディング経路を特定し、それによって、ラベル・スタックに従って、検査パケットが検査されるべきネットワーク・ノードに送信されることが可能である。TTLの値は、ホップ毎に1だけ減少される。フィードバック・ノード(すなわち、検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップ)によって処理された(1だけ減算された)後、検査パケット内のTTLの値が0であるとき、フィードバック・ノードは、通知メッセージをネットワーク検査デバイスに送信する。ネットワーク検査デバイスは、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルを検査し、通知メッセージおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが誤っているかどうかを迅速に判定することができる。従って、故障の位置決めの効率が増加される。

10

【0016】

通知メッセージは、ICMPパケットであり得る。

【0017】

任意選択で、ネットワーク検査デバイスは、具体的には、送信先IPアドレスおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路およびフォワーディング経路上の検査されるべきネットワーク・ノードを決定し、ネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数Nおよび各ホップのリンク・ラベルを決定し、ネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数Nおよび各ホップのリンク・ラベルに従って、検査パケットを生成する。ネットワーク・トポロジー情報は、ネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路および各ホップのルート情報を含み得る。ルート情報はリンク・ラベルを含む。リンク・ラベルは、パケットのための単一ホップのフォワーディング経路を特定する。

20

30

【0018】

このようにして、ネットワーク検査デバイスがフォワーディング経路上の異なる検査されるべきネットワーク・ノードを検査するならば、ネットワーク経路上の異なる検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを検査するために、ネットワーク検査デバイスは、Nを異なる値に設定し、Nの異なる値を有する検査パケットを生成し得る。

【0019】

通知メッセージを送信するフィードバック・ノードがネットワーク・トポロジー情報内のルートと整合していると判定するとき、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルは正しいと判定し得る。通知メッセージを送信するフィードバック・ノードがネットワーク・トポロジー情報内のルートと整合していないと判定するとき、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルは誤っていると判定し得る。

40

【0020】

任意選択で、ネットワーク検査デバイスと検査されるべきネットワーク・ノードの間に1つ以上の中間ネットワーク・ノードが存在することが可能であり、この方法は、中間ネットワーク・ノードにより、検査パケットを受信し、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルを取り出し、TTLの値から1を減算するステップと、中間ネットワーク・ノードにより、ラベル・スタックは空でない判定し、検査されるべきネットワーク・ノードが検査パケットを受信するまで、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査

50

パケットをフォワードし続けるステップをさらに含む。中間ネットワーク・ノードを制御して、リンク・ラベルのみに従って検査パケットをフォワードするために、検査パケット内の特定のラベル・スタックが使用される。検査パケットは、検査されるべきネットワーク・ノードがラベル・スタックは空であると判定するときのみ、フォワーディング・テーブルに従って、IPルート上でフォワードされる。

【0021】

第3の態様は、ネットワーク検査デバイスを提供する。ネットワーク検査デバイスは、フォワーディング・テーブルを検査するための上記の方法を実現するネットワーク検査デバイスの機能を有する。機能は、フォワーディング・テーブルを検査するための装置を使用することによって実現され得る。フォワーディング・テーブルを検査するための装置は、ハードウェアによって実現されてもよく、または対応するソフトウェアを実行するハードウェアによって実現されてもよい。ハードウェアまたはソフトウェアは、上記で説明された機能に対応する1つまたは複数のモジュールを含み得る。

10

【0022】

第3の態様の可能な実装において、装置は、パケット生成モジュール、送信モジュール、受信モジュール、および判定モジュールを含む。

【0023】

パケット生成モジュールは、送信先IPアドレスおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、検査パケットを生成するように構成され、検査パケットは、ラベル・スタック、TTL、送信元IPアドレス、および送信先IPアドレスを含み、ラベル・スタックはN個のリンク・ラベルを含み、TTLの値はN+1であり、送信元IPアドレスはネットワーク検査デバイスのIPアドレスであり、送信先IPアドレスは検査されるべきIPアドレスであり、Nはネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数であり、N

20

【0024】

送信モジュールは、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットを送信するように構成され、それによって、検査パケットは、ラベル・スタックに従って、検査されるべきネットワーク・ノードに送信されることが可能である。

【0025】

受信モジュールは、通知メッセージを受信するように構成され、通知メッセージは、フィードバック・ノードが検査されるべきネットワーク・ノードによってフォワードされる検査パケットを受信したことをネットワーク検査デバイスに通知するために使用され、フィードバック・ノードは検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップのノードである。ネットワーク検査デバイスは、通常、フィードバック・ノードから通知メッセージを受信する。

30

【0026】

判定モジュールは、通知メッセージおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定するように構成される。

【0027】

任意選択で、通知メッセージは、検査パケット内のTTLの値が0であるとき、フィードバック・ノードによって送信される。通知メッセージは、ICMPパケットであり得る。

40

【0028】

任意選択で、パケット生成モジュールは、具体的には、送信先IPアドレスおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路およびフォワーディング経路上の検査されるべきネットワーク・ノードを決定し、ネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数および各ホップのリンク・ラベルを決定し、ネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数および各ホップのリンク・ラベルに従って、検査パケットを生成するように構成さ

50

れる。

【0029】

任意選択で、装置は、ネットワーク・トポロジー情報を取得するように構成されたトポロジー取得モジュールをさらに含む。ネットワーク・トポロジー情報は、ネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路および各ホップのルート情報を含み得る。ルート情報はリンク・ラベルを含む。リンク・ラベルは、パケットのための単一ホップのフォワーディング経路を特定する。

【0030】

第3の態様の他の可能な実装において、ネットワーク検査デバイスは、プロセッサおよびメモリを含み、通信インタフェースをさらに含む。プロセッサ、メモリ、および通信インタフェースは、バスを使用することによって互いに接続される。

10

【0031】

メモリは、ネットワーク・トポロジー情報を記憶するように構成される。ネットワーク・トポロジー情報は、ネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路および各ホップのルート情報を含む。ルート情報はリンク・ラベルを含む。リンク・ラベルは、パケットのための単一ホップのフォワーディング経路を特定する。

【0032】

プロセッサは、送信先IPアドレスおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、検査パケットを生成するように構成され、検査パケットは、ラベル・スタック、TTL、送信元IPアドレス、および送信先IPアドレスを含み、ラベル・スタックはN個のリンク・ラベルを含み、TTLの値はN+1であり、送信元IPアドレスはネットワーク検査デバイスのIPアドレスであり、Nはネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数であり、N-1であり、プロセッサは、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットを送信し、通知メッセージを受信するように構成され、通知メッセージは、フィードバック・ノードが検査されるべきネットワーク・ノードによってフォワードされる検査パケットを受信したことをネットワーク検査デバイスに通知するために使用され、プロセッサは、通知メッセージおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定するように構成される。フィードバック・ノードは検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップのノードである。ネットワーク検査デバイスは、通常、フィードバック・ノードから通知メッセージを受信する。

20

30

【0033】

通知メッセージは、検査パケット内のTTLの値が0であるとき、フィードバック・ノードによって送信される。

【0034】

任意選択で、プロセッサは、具体的には、送信先IPアドレスおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路およびフォワーディング経路上の検査されるべきネットワーク・ノードを決定し、ネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数および各ホップのリンク・ラベルを決定し、ネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数および各ホップのリンク・ラベルに従って、検査パケットを生成するように構成される。

40

【0035】

任意選択で、プロセッサは、ネットワーク・トポロジー情報を取得するようにさらに構成される。

【0036】

第4の態様は、ネットワーク・ノードを提供する。ネットワーク・ノードは、フォワーディング・テーブルを検査するための上記の方法を実現する(検査されるべきネットワーク・ノード、中間ネットワーク・ノード、および同様のものを含む)ネットワーク・ノードの機能を有する。機能は、ハードウェアによって実現されてもよく、または対応するソ

50

ソフトウェアを実行するハードウェアによって実現されてもよい。ハードウェアまたはソフトウェアは、上記で説明された機能に対応する1つまたは複数のモジュールを含み得る。

【0037】

可能な実装において、ネットワーク・ノードは、受信モジュール、パケット処理モジュール、およびフォワーディング・モジュールを含む。

【0038】

受信モジュールは、検査パケットを受信するように構成される。検査パケットは、ラベル・スタック、生存時間TTL、送信元インターネット・プロトコルIPアドレス、および送信先IPアドレスを含む。ラベル・スタックはN個のリンク・ラベルを含み、Nは1以上の正の整数であり(N-1と表記され得る)、TTLの値はN+1である。

10

【0039】

パケット処理モジュールは、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルを取り出し、TTLの値から1を減算し、ラベル・スタックは空であるかどうかを判定するように構成される。

【0040】

フォワーディング・モジュールは、パケット処理モジュールがラベル・スタックは空であると判定するとき、送信先IPアドレスおよびネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルに従って、検査パケットをフィードバック・ノードにフォワードするように構成される。この場合、ネットワーク・ノードは、検査されるべきネットワーク・ノードであり、フィードバック・ノードは、検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップのノードである。

20

【0041】

フィードバック・ノードは、検査パケットを受信し、TTLの値から1を減算し、TTLの値は0であると判定するとき、ネットワーク検査デバイスがネットワーク・トポロジー情報および通知メッセージ内のフィードバック・ノードのIPアドレスに従ってネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定するように、通知メッセージをネットワーク検査デバイスに送信する。

【0042】

フォワーディング・モジュールは、パケット処理モジュールがラベル・スタックは空でないと判定するとき、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットをフォワードするようにさらに構成される。この場合、ネットワーク・ノードは、中間ネットワーク・ノードであり、検査パケットが検査されるべきネットワーク・ノードに送信されるように、ラベルに従って検査パケットをフォワードし続ける。

30

【0043】

他の可能な実装において、ネットワーク・ノードは、プロセッサおよびメモリを含み、通信インタフェースをさらに含む。プロセッサ、メモリ、および通信インタフェースは、バスを使用することによって互いに接続される。

【0044】

メモリは、フォワーディング・テーブルを記憶するように構成される。プロセッサは、検査パケットを受信するように構成され、検査パケットは、ラベル・スタック、TTL、送信元IPアドレス、および送信先IPアドレスを含み、ラベル・スタックはN個のリンク・ラベルを含み、N-1であり、TTLの値はN+1であり、プロセッサは、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルを取り出し、TTLの値から1を減算し、ラベル・スタックは空であるかどうかを判定するように構成される。ラベル・スタックは空であると判定するとき、プロセッサは、送信先IPアドレスおよびフォワーディング・テーブルに従って、検査パケットをフィードバック・ノードにフォワードする。この場合、ネットワーク・ノードは、検査されるべきネットワーク・ノードであり、フィードバック・ノードは、検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップである。

40

【0045】

フィードバック・ノードは、検査パケットを受信し、TTLの値から1を減算し、TTLの値

50

は0であると判定し、ネットワーク検査デバイスがネットワーク・トポロジー情報および通知メッセージ内のフィードバック・ノードのIPアドレスに従ってネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定するように、通知メッセージをネットワーク検査デバイスに送信する。

【0046】

プロセッサは、ラベル・スタックは空でないとき、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットをフォワードするようにさらに構成される。この場合、ネットワーク・ノードは、中間ネットワーク・ノードであり、検査パケットが検査されるべきネットワーク・ノードに送信されるように、ラベルに従って検査パケットをフォワードし続ける。

10

【0047】

第5の態様は、コンピュータ記憶媒体を提供する。コンピュータ記憶媒体は、プログラムコードを記憶し、プログラムコードは、第1の態様における上記の方法を実現するための命令を含む。

【0048】

第6の態様は、コンピュータ記憶媒体を提供する。コンピュータ記憶媒体は、プログラムコードを記憶し、プログラムコードは、第2の態様における上記の方法を実現するための命令を含む。

【0049】

第7の態様は、フォワーディング・テーブルを検査するためのシステムを提供する。システムは、ネットワーク検査デバイス、検査されるべきネットワーク・ノード、およびフィードバック・ノードを含む。

20

【0050】

ネットワーク検査デバイスは、送信先IPアドレスおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、検査パケットを生成するように構成され、検査パケットは、ラベル・スタック、TTL、送信元IPアドレス、および送信先IPアドレスを含み、ラベル・スタックはN個のリンク・ラベルを含み、TTLの値はN+1であり、送信元IPアドレスはネットワーク検査デバイスのIPアドレスであり、Nはネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数であり、N-1であり、ネットワーク検査デバイスは、検査パケットが検査されるべきネットワーク・ノードに送信されるように、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットを送信するように構成される。

30

【0051】

検査されるべきネットワーク・ノードは、検査パケットを受信し、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルを取り出し、TTLの値から1を減算し、ラベル・スタックは空であると判定するとき、送信先IPアドレスおよび検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルに従って、検査パケットをフィードバック・ノードにフォワードするように構成され、フィードバック・ノードは検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップのノードである。

【0052】

フィードバック・ノードは、検査パケットを受信し、TTLの値から1を減算し、TTLの値は0であると判定するとき、ネットワーク検査デバイスに通知メッセージを送信するように構成される。

40

【0053】

ネットワーク検査デバイスは、通知メッセージを受信し、通知メッセージおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定するようにさらに構成される。具体的には、通知メッセージを送信するフィードバック・ノードがネットワーク・トポロジー情報内のルートと整合していると判定するとき、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいと判定し得る。通知メッセージを送信するフィードバック・ノードがネットワーク・トポロジー情報内のルートと整合していないと判定す

50

るとき、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが誤っていると判定し得る。

【0054】

任意選択で、フォワーディング・テーブルを検査するためのシステム内のネットワーク検査デバイスと検査されるべきネットワーク・ノードの間に、1つ以上の中間ネットワーク・ノードが存在し得る。検査されるべきネットワーク・ノードが検査パケットを受信する前に、中間ネットワーク・ノードは、検査パケットを受信し、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルを取り出し、TTLの値から1を減算する。中間ネットワーク・ノードは、ラベル・スタックは空でないとして判定し、検査されるべきネットワーク・ノードが検査パケットを受信するまで、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットをフォワードし続ける。このようにして、中間ネットワーク・ノードを制御して、リンク・ラベルのみに従って検査パケットをフォワードするために、検査パケット内の特定のラベル・スタックおよび特定のTTL値が使用され、それによって、検査パケットは、検査されるべきネットワーク・ノードに送信され、検査パケットは、検査されるべきネットワーク・ノードがラベル・スタックは空であると判定するときのみ、フォワーディング・テーブルに従って、IPルート上でフォワードされる。

10

【0055】

この出願において提供される技術的解決策において、検査されるべきIPアドレス行きのデータパケットが損失されるか、または誤ってフォワードされるとき、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルは検査される必要があり、ネットワーク検査デバイスは、特定のラベル・スタックおよび特定のTTL値を含む検査パケットを生成し、検査パケットのフォワーディング経路を特定する。TTLの値は、ホップ毎に1だけ減少される。TTLの値が0であるとき、検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップ、すなわち、フィードバック・ノードは、通知メッセージ(ICMPパケット)をネットワーク検査デバイスに送信することを可能にされる。ネットワーク検査デバイスは、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが誤っているかどうかを迅速に判定することができる。従って、故障の位置決め効率が増加される。

20

【図面の簡単な説明】

【0056】

【図1】この出願の実施形態による、フォワーディング・テーブルを検査するためのシステムの構造の概略図である。

30

【図2】この出願の実施形態による、フォワーディング・テーブルを検査するための方法の概略フローチャートである。

【図3】この出願の実施形態による、フォワーディング・テーブルを検査するための方法における情報交換の概略図である。

【図4】この出願の実施形態による、フォワーディング・テーブルを検査するための装置の構造の概略図である。

【図5】この出願の実施形態による、フォワーディング・テーブルを検査するための他の装置の構造の概略図である。

【図6】この出願の実施形態による、ネットワーク検査デバイスの構造の概略図である。

40

【図7】この出願の実施形態による、ネットワーク・ノードの構造の概略図である。

【図8】この出願の実施形態による、他のネットワーク・ノードの構造の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0057】

この出願において提供される技術的解決策において、ネットワーク検査デバイスは、TTLおよびリンク・ラベルを含む検査パケットを生成し、ラベル・スタックを使用することによって、検査パケットのラベル・フォワーディング経路を特定し、TTLを使用することによって、検査パケットが通過するホップ数を特定し、ネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路上の検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを検査する。具体的には、ネットワーク検査

50

査デバイスは、ネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数Nおよび各ホップのリンク・ラベルを決定し、検査パケットを生成する。検査パケットは、ラベル・スタックおよびTTLを含み、ラベル・スタックはN個のリンク・ラベル(N個のホップの順次的なリンク・ラベル)を含み、TTLの値はNに1が加えられたもの、すなわち、N+1である。検査パケットがネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでフォワードされるプロセスにおいて、検査パケットは、ラベル・スタック内のリンク・ラベルに従ってフォワードされる。検査パケットが検査されるべきネットワーク・ノードに到着し、ラベル・スタックが空である後、検査パケットは、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルに従って、フォワードされる。フィードバック・ノードとも呼ばれる、検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップは、検査パケットを受信し、TTLの値から1を減算する。結果として、検査パケット内でTTLの値が0であるので、ICMPパケットのような通知メッセージがネットワーク検査デバイスに送信される。このようにして、ネットワーク検査デバイスは、受信されたICMPパケットおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、フォワーディング・テーブル、すなわち、検査されるべきネットワーク・ノードのFIBが誤っているかどうかを判定する。

10

**【 0 0 5 8 】**

ICMPは、ホストとルータの間で、報告されるエラーおよび状態情報を含む制御情報を伝送するために使用される。異なる種類のICMPパケットが存在する。例えば、ICMPエラー報告パケットは、主に、データ通信の間にエラーを送信端に報告するために使用される。ICMPエラー報告パケットのデータ領域は、一般に、誤りのあるパケットのヘッダを含むことが可能であり、誤りのあるパケット内のデータの最初の64ビットをさらに含むことが可能である。データパケット内のTTLが0であるとき、ルータは、データパケットを廃棄し、データパケットの送信者(送信端)にタイムアウトタイプ(タイプ値は11であり、コードは0である)のICMPエラー報告パケットを送信する。この出願の実施形態において、通知メッセージは、ICMPパケット、すなわち、タイプ値が11であり、コードが0であるICMPエラー報告パケットであり得る。

20

**【 0 0 5 9 】**

異常が起きた、言い換えると、例えば、送信先IPアドレス行きのデータパケットが損失し、または誤っているが、ネットワークは正常であるか、または故障でない(例えば、リンク故障がない)とき、この出願の実施形態において提供される、フォワーディング・テーブルを検査するための方法が、送信先IPアドレスへのフォワーディング経路上のネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが誤っているかどうかを検査するために使用される。もちろん、この方法は、いつでもユーザ要件に従って、送信先IPアドレス行きのフォワーディング経路上のネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが誤っているかどうかを検査するためにも使用され得る。この出願の実施形態において、送信先IPアドレスは、検査されるべきIPアドレスとも呼ばれる。

30

**【 0 0 6 0 】**

通常、フォワーディング経路上に複数のネットワーク・ノードが存在し、ネットワーク検査デバイスは、どのネットワーク・ノードが誤っているフォワーディング・テーブルを有するかを知らない。この場合、ネットワーク検査デバイスは、TTLが0であるとき、ネットワーク経路上の複数のネットワーク・ノードがICMPパケットをフィードバックすることを可能にするために、検査されるべきネットワーク・ノードとしてフォワーディング経路の一部であるネットワーク経路上の複数のネットワーク・ノードを順次的に使用し、TTLの昇順または降順の値およびリンク・ラベルの昇順または降順の数を有する複数の検査パケットを送信し得る。このようにして、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク経路上のネットワーク・ノードの各ホップのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを検査することができる。この出願において提供される、フォワーディング・テーブルを検査するための方法は、ネットワーク経路上の複数のネットワーク・ノードを検査することによって、誤っているフォワーディング・テーブルを有するネットワーク・ノードを位置

40

50

決めし得る。これは、故障の位置決め効率を増加させる。

【0061】

下記は、添付図面および特定の実装を参照して、この出願の技術的解決策を詳細に説明する。

【0062】

図1は、この出願の実施形態による、フォワーディング・テーブルを検査するためのシステムの構造の概略図である。システム100は、ネットワーク検査デバイス110およびネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路の一部であるネットワーク経路120を含む。図1に表わされたネットワーク経路120は、3つのネットワーク・ノード:R1、R2、およびR3を含む。ネットワーク検査デバイス110は、ネットワーク経路120上のいずれかのネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルを検査してもよく、またはネットワーク経路120上の各ネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルを順次的に検査してもよい。システム100は、図1に表わされたネットワーク・ノードR0およびR4のような他のネットワーク・ノードをさらに含み得る。

10

【0063】

この出願の実施形態において、ネットワーク検査デバイスが検査することを準備するネットワーク・ノードは、検査されるべきネットワーク・ノードと呼ばれ、検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップは、フィードバック・ノードと呼ばれる。ネットワーク検査デバイスと検査されるべきネットワーク・ノードの間のフォワーディング経路上のネットワーク・ノードは、中間ネットワーク・ノードと呼ばれる。図1に表わされたシステムを参照して、ネットワーク検査デバイス110がネットワーク・ノードR1のフォワーディング・テーブルを検査するとき、ネットワーク・ノードR1は、検査されるべきネットワーク・ノードである。ネットワーク・ノードR1のフォワーディング・テーブルが正しいならば、通知メッセージを送信するフィードバック・ノードは、ネットワーク・トポロジ情報内のルートと整合している。ネットワーク・ノードR1のフォワーディング・テーブルが誤っているならば、通知メッセージを送信するフィードバック・ノードは、ネットワーク・トポロジ情報と整合していない。例えば、ネットワーク・ノードR1の次のホップは、ネットワーク・トポロジ情報内のネットワーク・ノードR2である。ネットワーク検査デバイスがネットワーク・ノードR2によって送信される通知メッセージを受信したならば、フィードバック・ノードは、ネットワーク・トポロジ情報と整合し、ネットワーク・ノードR1のフォワーディング・テーブルは正しいと判定され得る。ネットワーク検査デバイスがネットワーク・ノードR2以外のノードによって送信される通知メッセージを受信したならば、フィードバック・ノードは、ネットワーク・トポロジ情報と整合せず、R1のフォワーディング・テーブルは誤っていると判定され得る。

20

30

【0064】

図2は、この出願の実施形態による、フォワーディング・テーブルを検査するための方法の概略フローチャートである。この方法は、ネットワーク経路上のいずれかのネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを検査するために使用され得る。この方法は、下記のステップを含む。

【0065】

201. ネットワーク検査デバイスは、送信先IPアドレスおよびネットワーク・トポロジ情報に従って、検査パケットを生成し、検査パケットは、ラベル・スタック、TTL、送信元IPアドレス、および送信先IPアドレスを含み、ラベル・スタックはN個のリンク・ラベルを含み、TTLの値はN+1であり、Nはネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数であり、N-1である。

40

【0066】

送信元IPアドレスはネットワーク検査デバイスのIPアドレス、例えば、1.1.1.1である。送信先IPアドレスは、通常、ホストのIPアドレス、例えば、192.168.1.1である。

【0067】

具体的には、ネットワーク検査デバイスは、送信先IPアドレスおよびネットワーク・ト

50

ポロジ情報に従って、ネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路およびフォワーディング経路上の検査されるべきネットワーク・ノードを決定する。そして、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク・トポロジ情報に従って、ネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数および各ホップのリンク・ラベルを決定し、検査パケットを生成する。ネットワーク・トポロジ情報は、ネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路およびフォワーディング経路上の各ホップのルート情報を含む。ルート情報はリンク・ラベルを含む。リンク・ラベルは、パケットのための単一ホップのフォワーディング経路を特定する。

**【 0 0 6 8 】**

10

この出願の実施形態において、ネットワーク検査デバイスは、まず、ネットワーク・トポロジ管理装置を使用することによって、ネットワーク・トポロジ情報を取得し得る。ネットワーク・トポロジ管理装置は、ソフトウェア・デファインド・ネットワークング(Software-Defined Networking, 略してSDN)コントローラであり得る。特定の実装の間、ネットワーク検査デバイスおよびネットワーク・トポロジ管理装置は、同じ物理的デバイスまたは異なる物理的デバイス上に実現され得る。

**【 0 0 6 9 】**

図1に表わされたシステムは、例として使用される。ネットワーク検査デバイス110は、ネットワーク上の送信先IPアドレス192.168.1.1行きのフォワーディング経路上のネットワーク・ノードR1のフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを検査する。すなわち、検査されるべきネットワーク・ノードはR1である。ネットワーク検査デバイス110は、ネットワーク・トポロジ情報に従って、ネットワーク検査デバイス110からネットワーク・ノードR1までのホップ数が2(すなわち、ネットワーク検査デバイス110からR0まで、およびR0からR1まで合計で2ホップ)であると判定する。リンク・ラベルは8801および8802である。ネットワーク検査デバイス110は、2つのリンク・ラベル8801および8802を含むラベル・スタックおよび3であるTTLの値を用いて、検査パケットを生成する。

20

**【 0 0 7 0 】**

202. ネットワーク検査デバイスは、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットを送信する。

**【 0 0 7 1 】**

30

ラベル・スタックの動作は、一般に、スタックの「後入れ先出し」動作と同じである。ラベルをスタックに押し込むことは、ラベルをパケットに追加すること、およびラベル・スタックの深さを1だけ増加させることを指す。ラベルをスタックから引き出すことは、ラベルをパケットから除去することを指す。言い換えると、ラベルは取り出され、ラベル・スタックの深さは1だけ減少される。パケット内のラベルは、内から外への順序でスタックの下から上までカプセル化される。パケット・フォワーディングの間に、ラベル・スタックの一番上のラベル、すなわち、パケットの最も外側のラベルは、常に、パケットをどのようにフォワードするかを決定する。

**【 0 0 7 2 】**

具体的には、ネットワーク検査デバイスは、マルチプロトコル・ラベル・スイッチング(Multiprotocol Label Switching, 略してMPLS)において定義されたラベル・フォワーディング方式を使用して、この出願における、フォワーディング・テーブルを検査するための方法を実現し得る。検査パケットは、MPLSパケットであり得る。もちろん、セグメント・ルーティング(segment routing)をサポートする他のリンク・ラベル・フォワーディング方式が使用され得る。これは、この出願において限定されない。

40

**【 0 0 7 3 】**

具体的には、ネットワーク検査デバイスは、検査パケットが検査されるべきネットワーク・ノードに送信されるように、検査パケットを次のホップのノード(これは、中間ネットワーク・ノードまたは検査されるべきネットワーク・ノードであり得る)に送信する。ステップ201における例は、ここでも使用される。ネットワーク検査デバイス110によって

50

生成される検査パケットにおいて、ラベル・スタックの下から上への(内から外への)リンク・ラベルは8802および8801であり、TTLの値は3である。ネットワーク検査デバイス110は、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベル8801に従って、検査パケットを次のホップのノード、すなわち、ネットワーク・ノードR0に送信する。

【0074】

203. ネットワーク・ノードは、検査パケットを受信し、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルを取り出し、TTLの値から1を減算する。

【0075】

204. ネットワーク・ノードは、ラベル・スタックは空であるかどうかを判定する。

【0076】

ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルを取り出した後、ネットワーク・ノードは、ラベル・スタックは空であるかどうか、およびラベルに従って検査パケットをフォワードし続けるか、またはフォーワーディング・テーブルに従ってIPルート上で検査パケットをフォワードするかを判定する必要がある。

【0077】

ネットワーク・ノードがラベル・スタックは空でないと判定し、それがネットワーク・ノードは中間ネットワーク・ノードであることを示すとき、ネットワーク・ノードはステップ205に進む。ネットワーク・ノードがラベル・スタックは空であると判定し、それがネットワーク・ノードは検査されるべきネットワーク・ノードであることを示すとき、ネットワーク・ノードはステップ206に進む。

【0078】

205. ラベル・スタックは空でないと判定するとき、ネットワーク・ノードは、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットをフォワードする。

【0079】

ネットワーク・ノードがラベル・スタックは空でないと判定し、すなわち、ネットワーク・ノードが中間ネットワーク・ノードであるとき、ネットワーク・ノードは、検査パケットが検査されるべきネットワーク・ノードに送信されるように、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットを次のホップのノードにフォワードする。上記の例はここでも使用される。ネットワーク・ノードR0は、ラベル・スタックは空でないと判定し、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベル8802に従って、検査パケットを次のホップのノード、すなわち、ネットワーク・ノードR1にフォワードする。

【0080】

206. ラベル・スタックは空であると判定するとき、ネットワーク・ノードは、送信先IPアドレスおよびネットワーク・ノードのフォーワーディング・テーブルに従って、検査パケットをフィードバック・ノードにフォワードする。

【0081】

ネットワーク・ノードがラベル・スタックは空であると判定するとき、ネットワーク・ノードは検査されるべきネットワーク・ノードである。この場合、検査パケット内のTTLの値は1であることが理解されるべきである。ネットワーク・ノードは、送信先IPアドレスおよびネットワーク・ノードのフォーワーディング・テーブルに従って、検査パケットをフィードバック・ノードにフォワードする。フィードバック・ノードは検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップのノードである。上記の例はここでも使用される。ネットワーク・ノードR1は、ラベル・スタックは空であると判定し、送信先IPアドレスおよびネットワーク・ノードR1のフォーワーディング・テーブルに従って、検査パケットをフィードバック・ノード、すなわち、ネットワーク・ノードR2にフォワードする。

【0082】

207. フィードバック・ノードは、検査パケットを受信し、TTLの値から1を減算し、TTLの値は0であると判定するとき、ネットワーク検査デバイスに通知メッセージを送信する。

【0083】

10

20

30

40

50

通知メッセージは、フィードバック・ノードが検査されるべきネットワーク・ノードによってフォワードされる検査パケットを受信したことをネットワーク検査デバイスに通知するために使用される。通知メッセージは、フィードバック・ノードのIPアドレスを含む。

【0084】

通知メッセージは、具体的には、ICMPパケットであり得る。もちろん、既存のメッセージが拡張されてもよく、または通知メッセージの機能が適用される限り、新しいメッセージが作り出されてもよい。これはこの出願において限定されない。

【0085】

フィードバック・ノードは、検査パケットを受信し、TTLの値から1を減算し、TTLの値は0である。従って、フィードバック・ノードは、通知メッセージをネットワーク検査デバイスに送信して、フィードバック・ノードが検査パケットを受信したことをネットワーク検査デバイスに通知する。この出願の実施形態において、ラベル・スタックおよびTTLの値が設定されるので、ネットワーク検査デバイスによって生成される検査パケットは、リンク・ラベルに従って、ホップ毎に、検査されるべきネットワーク・ノードにフォワードされ、検査パケットが検査されるべきネットワーク・ノードによって処理された後、ラベル・スタックは空であり、TTLの値は1である。検査パケットがフィードバック・ノードによって処理され(TTLの値から1が減算され)、TTLの値が0である後、フィードバック・ノードは、通知メッセージをネットワーク検査デバイスに送信することを可能にされる。

【0086】

208. ネットワーク検査デバイスは、通知メッセージを受信し、通知メッセージおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定する。

【0087】

具体的には、通知メッセージを送信するフィードバック・ノードがネットワーク・トポロジー情報内のルートと整合していると判定するとき、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいと判定し得る。通知メッセージを送信するフィードバック・ノードがネットワーク・トポロジー情報内のルートと整合していないと判定するとき、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが誤っていると判定し得る。

【0088】

この出願において提供される技術的解決策において、検査パケットは、ラベルに従って、フォワードされ、そして、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルに従って、IPルート上でフォワードされる。検査パケットがホップを通過する毎にTTLの値は1だけ減少されるので、フィードバック・ノードによって処理された(TTLの値から1が減算された)後、TTLの値が0であり、フィードバック・ノードが、ICMPパケットをネットワーク検査デバイスに送信することを可能にされるように、TTLの適切な値が設定される。ICMPパケットを送信するフィードバック・ノードがネットワーク・トポロジー情報内のルートと整合しているならば、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルは正しいと判定され得る。ICMPパケットを送信するフィードバック・ノードがネットワーク・トポロジー情報内のルートと整合していないならば、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルは誤っていると判定され得る。

【0089】

ICMPパケットは、検査パケットのヘッダを含み、従って、ネットワーク検査デバイスは、受信されたICMPパケットが、検査パケット・タイムアウト・エラー(TTLの値は0である)を報告するために、フィードバック・ノードによって使用されていると判定し得る。

【0090】

ネットワーク検査デバイスがフォワーディング経路上の複数のネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルを検査する必要があるとき、ネットワーク検査デバイスは、TTLの昇順または降順の値およびリンク・ラベルの昇順または降順の数を有する複数の検

10

20

30

40

50

査パケットを順次的に送信することが可能であり、図2に表わされた検査パケットのための方法を繰り返し実行して、フォワーディング経路上の複数のネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルを検査し、誤っているフォワーディング・テーブルを有するネットワーク・ノードを位置決めすることが可能である。

【0091】

図1に表わされたシステムを参照して、この出願の実施形態は、ネットワーク検査デバイス110から送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路の一部であるネットワーク経路120上の3つのネットワーク・ノードR1、R2、およびR3のフォワーディング・テーブルを順次的に検査するための方法を提供する。ネットワーク経路120は、顧客要件、ネットワーク配備状態(重み付け、帯域幅、または同様のもの)、またはデータパケット・フォワーディング例外に従って、分析により決定され得る。図3に表わされた、フォワーディング・テーブルを検査するための方法における情報交換の概略図を参照すると、この方法は、下記のステップを含む。

【0092】

301-1. ネットワーク検査デバイス110は、送信先IPアドレスおよびネットワーク・トポロジ情報に従って、第1の検査パケットを生成し、第1の検査パケットのヘッダは、第1のラベル・スタック、第1のTTL、送信元IPアドレス、および送信先IPアドレスを含む。

【0093】

具体的には、ネットワーク検査デバイス110は、送信先IPアドレスおよびネットワーク・トポロジ情報に従って、ネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路およびフォワーディング経路のネットワーク経路120を決定する。

【0094】

ネットワーク検査デバイス110は、まず、ネットワーク経路120上のネットワーク・ノードR1のフォワーディング・テーブルが誤っているかどうかを検査する。すなわち、ネットワーク・ノードR1は、検査されるべきネットワーク・ノードである。

【0095】

ネットワーク検査デバイス110は、ネットワーク・トポロジ情報に従って、ネットワーク検査デバイス110からネットワーク・ノードR1までのホップ数が2(すなわち、ネットワーク検査デバイス110からネットワーク・ノードR0まで、およびネットワーク・ノードR0からネットワーク・ノードR1まで合計で2ホップ)であると判定する。リンク・ラベルは8801および8802である。ネットワーク検査デバイス110は、第1の検査パケットを生成し、Nは2である。図3に表わされているように、第1のラベル・スタックは、ラベル・スタックの下から上へ(内から外へ)2つのリンク・ラベル:第2のリンク・ラベル8802および第1のリンク・ラベル8801を含む。第1のTTLの値は3である。

【0096】

送信先IPアドレス、すなわち、検査されるべきIPアドレスは、例えば192.168.1.1である。送信元IPアドレスは、ネットワーク検査デバイス110のIPアドレス、例えば、1.1.1.1である。

【0097】

302-1. ネットワーク検査デバイス110は、第1のラベル・スタックの一番上の第1のリンク・ラベル(8801)に従って、第1の検査パケットを送信する。

【0098】

具体的には、ネットワーク・ノードR0は、フォワーディング経路上のネットワーク検査デバイスの次のホップのノードである。ネットワーク検査デバイス110は、第1のラベル・スタックの一番上の第1のリンク・ラベル8801に従って、第1の検査パケットをネットワーク・ノードR0に送信する。

【0099】

303-1. ネットワーク・ノードR0は、第1の検査パケットを受信し、第1のラベル・スタックの一番上の第1のリンク・ラベル(8801)を取り出し、第1のTTLの値から1を減算する

10

20

30

40

50

。

【0100】

第1の検査パケットがネットワーク・ノードR0によって処理された後、第1のラベル・スタックは、1つのリンク・ラベル、すなわち、第2のリンク・ラベル8802を含み、第1のTTLの値は2である。この場合、第1のラベル・スタックの一番上のラベルは、第2のリンク・ラベル8802である。

【0101】

そして、ネットワーク・ノードR0は、第1のラベル・スタックは空であるかどうかを判定して、ラベルに従って第1の検査パケットをフォワードし続けるか、またはフォワーディング・テーブルに従ってIPルート上で第1の検査パケットをフォワードするかを決定する必要がある。

10

【0102】

304-1. ネットワーク・ノードR0は、第1のラベル・スタックは空でないと判定し、第1のラベル・スタックの一番上の第2のリンク・ラベル(8802)に従って、第1の検査パケットをネットワーク・ノードR1に送信する。

【0103】

ネットワーク・ノードR0が第1のラベル・スタックは空でないと判定するならば、それは、ネットワーク・ノードR0が中間ネットワーク・ノードであることを示す。ネットワーク・ノードR0は、第1の検査パケットをその次のホップのノード、すなわち、ネットワーク・ノードR1にフォワードし続ける。

20

【0104】

305-1. ネットワーク・ノードR1は、第1の検査パケットを受信し、第1のラベル・スタックの一番上の第2のリンク・ラベル(8802)を取り出し、第1のTTLの値から1を減算する。

。

【0105】

第1の検査パケットがネットワーク・ノードR1によって処理された後、第1のラベル・スタックは空であり(リンク・ラベルは存在しない)、第1のTTLの値は1である。

【0106】

そして、ネットワーク・ノードR1は、第1のラベル・スタックは空であるかどうかを判定して、ラベルに従って第1の検査パケットをフォワードし続けるか、またはフォワーディング・テーブルに従ってIPルート上で第1の検査パケットをフォワードするかを決定する必要がある。

30

【0107】

306-1. ネットワーク・ノードR1は、第1のラベル・スタックは空であると判定し、送信先IPアドレスおよびネットワーク・ノードR1のフォワーディング・テーブルに従って、第1の検査パケットをネットワーク・ノードR2にフォワードする。

【0108】

ネットワーク・ノードR1が第1のラベル・スタックは空であると判定するならば、それは、ネットワーク・ノードR1が検査されるべきネットワーク・ノードであることを示す。ネットワーク・ノードR1は、送信先IPアドレスおよびネットワーク・ノードR1のフォワーディング・テーブルに従って、IPルート上で第1の検査パケットをフォワードし、第1の検査パケットをネットワーク・ノードR1の次のホップ、すなわち、フィードバック・ノードにフォワードする。

40

【0109】

307-1. ネットワーク・ノードR2は、第1の検査パケットを受信し、第1のTTLの値から1を減算し、第1のTTLの値は0であると判定し、第1のICMPパケットをネットワーク検査デバイス110に送信する。

【0110】

ネットワーク・ノードR2が第1のTTLの値は0であると判定するならば、フィードバック・ノードとしてのネットワーク・ノードR2は、第1のICMPパケットを生成し、それをネッ

50

トワーク検査デバイス110に送信する。第1のICMPパケットは、ネットワーク・ノードR2のIPアドレスを含む。第1のICMPパケットは、第1の検査パケットのヘッダ(送信元IPアドレスおよび送信先IPアドレス)を搬送する。従って、ネットワーク検査デバイスは、受信された第1のICMPパケットが、第1の検査パケット・タイムアウト・エラー(TTLの値は0である)を報告するために、ネットワーク・ノードR2によって使用されていると判定し得る。

【0111】

ネットワーク・トポロジー情報内のネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路上のネットワーク・ノードR1の次のホップはネットワーク・ノードR2であると仮定する。ネットワーク・ノードR2が第1の検査パケットを受信し、第1のICMPパケットをネットワーク検査デバイスに送信する、すなわち、ネットワーク・ノードR2がフィードバック・ノードであるならば、それは、検査されるべきネットワーク・ノード、すなわち、ネットワーク・ノードR1のフォワーディング・テーブルは正しいことを示す。ネットワーク・ノードR2とは異なる他のノードが第1の検査パケットを受信するならば、他のノードは、第1のICMPパケットをネットワーク検査デバイスに送信し、すなわち、他のノードは、フィードバック・ノード(図3に表わされていない)であり、それは、ネットワーク・ノードR1のフォワーディング・テーブルは誤っていることを示す。

10

【0112】

308-1. ネットワーク検査デバイス110は、ネットワーク・ノードR2によって送信される第1のICMPパケットを受信し、第1のICMPパケットおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク・ノードR1のフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定する。

20

【0113】

具体的には、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク・トポロジー情報および第1のICMPパケット内のネットワーク・ノードR2のIPアドレスに従って、フォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定する。ネットワーク・トポロジー情報内のネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路上のネットワーク・ノードR1(すなわち、検査されるべきネットワーク・ノード)の次のホップがネットワーク・ノードR2である、すなわち、第1のICMPパケットを送信するフィードバック・ノード(ネットワーク・ノードR2)がネットワーク・トポロジー情報と整合していると判定するならば、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク・ノードR1のフォワーディング・テーブルは正しいと判定し得る。ネットワーク・トポロジー情報内のフォワーディング経路上のネットワーク・ノードR1の次のホップがネットワーク・ノードR2でない、すなわち、第1のICMPパケットを送信するフィードバック・ノード(ネットワーク・ノードR2)がネットワーク・トポロジー情報と整合していないと判定するならば、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク・ノードR1のフォワーディング・テーブルは誤っていると判定し得る。

30

【0114】

そして、ネットワーク検査デバイス110は、ネットワーク経路120上のネットワーク・ノードR2のフォワーディング・テーブルが誤っているかどうかを検査し続ける必要がある。

【0115】

301-2. ネットワーク検査デバイス110は、送信先IPアドレスおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、第2の検査パケットを生成し、第2の検査パケットは、第2のラベル・スタック、第2のTTL、送信元IPアドレス、および送信先IPアドレスを含む。

40

【0116】

具体的には、ネットワーク検査デバイス110は、送信先IPアドレスおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク検査デバイス110からネットワーク・ノードR2(検査されるべきネットワーク・ノード)までのホップ数は3(すなわち、ネットワーク検査デバイス110からネットワーク・ノードR0まで、ネットワーク・ノードR0からネットワーク・ノードR1まで、およびネットワーク・ノードR1からネットワーク・ノードR2まで合計で3ホップ)であると判定する。リンク・ラベルは8801、8802、および8803である。ネット

50

ワーク検査デバイス110は、第2の検査パケットを生成し、Nは3である。図3に表わされているように、第2のラベル・スタックは、ラベル・スタックの下から上へ(内から外へ)3つのリンク・ラベル:第3のリンク・ラベル8803、第2のリンク・ラベル8802、および第1のリンク・ラベル8801を含む。第2のTTLの値は4である。

【0117】

第2の検査パケットおよび第1の検査パケットは、同じ送信元IPアドレスおよび同じ送信先IPアドレスを有する。

【0118】

302-2. ネットワーク検査デバイス110は、第2のラベル・スタックの一番上の第1のリンク・ラベル(8801)に従って、第2の検査パケットを送信する。

10

【0119】

具体的には、ネットワーク検査デバイス110は、第2のラベル・スタックの一番上の第1のリンク・ラベル8801に従って、第2の検査パケットを次のホップのノード、すなわち、ネットワーク・ノードR0に送信する。

【0120】

303-2. ネットワーク・ノードR0は、第2の検査パケットを受信し、第2のラベル・スタックの一番上の第1のリンク・ラベル(8801)を取り出し、第2のTTLの値から1を減算する。

【0121】

第2の検査パケットがネットワーク・ノードR0によって処理された後、第2のラベル・スタックは、ラベル・スタックの下から上へ(内から外へ)2つのリンク・ラベル:第3のリンク・ラベル8803および第2のリンク・ラベル8802を含む。第2のTTLの値は3である。この場合、第2のラベル・スタックの一番上のラベルは、第2のリンク・ラベル8802である。

20

【0122】

そして、ネットワーク・ノードR0は、第2のラベル・スタックは空であるかどうかを判定して、ラベルに従って第2の検査パケットをフォワードし続けるか、またはフォワーディング・テーブルに従ってIPルート上で第2の検査パケットをフォワードするかを決定する必要がある。

【0123】

304-2. ネットワーク・ノードR0は、第2のラベル・スタックは空でないと判定し、第2のラベル・スタックの一番上の第2のリンク・ラベル(8802)に従って、第2の検査パケットをネットワーク・ノードR1に送信する。

30

【0124】

ネットワーク・ノードR0が第2のラベル・スタックは空でないと判定するならば、それは、ネットワーク・ノードR0は中間ネットワーク・ノードであることを示す。ネットワーク・ノードR0は、ラベル・スタックの一番上の第2のリンク・ラベル(8802)に従って、第2の検査パケットをその次のホップのノード、すなわち、ネットワーク・ノードR1にフォワードし続ける。

【0125】

305-2. ネットワーク・ノードR1は、第2の検査パケットを受信し、第2のラベル・スタックの一番上の第2のリンク・ラベル(8802)を取り出し、第2のTTLの値から1を減算する。

40

【0126】

第2の検査パケットがネットワーク・ノードR1によって処理された後、第2のラベル・スタックは、1つのリンク・ラベル、すなわち、第3のリンク・ラベル8803を含み、第2のTTLの値は2である。この場合、第2のラベル・スタックの一番上のラベルは、第3のリンク・ラベル8803である。

【0127】

そして、ネットワーク・ノードR1は、第2のラベル・スタックは空であるかどうかを判

50

定して、ラベルに従って第2の検査パケットをフォワードし続けるか、またはフォーディング・テーブルに従ってIPルート上で第2の検査パケットをフォワードするかを決定する必要がある。

【0128】

306-2. ネットワーク・ノードR1は、第2のラベル・スタックは空でないと判定し、第2のラベル・スタックの一番上の第3のリンク・ラベル(8803)に従って、第2の検査パケットをネットワーク・ノードR2に送信する。

【0129】

ネットワーク・ノードR1が第2のラベル・スタックは空でないと判定するならば、それは、ネットワーク・ノードR1は、また、中間ネットワーク・ノードであることを示す。ネットワーク・ノードR1は、第2のラベル・スタックの一番上の第3のリンク・ラベル(8803)に従って、第2の検査パケットをその次のホップのノード、すなわち、ネットワーク・ノードR2にフォワードし続ける。

【0130】

307-2. ネットワーク・ノードR2は、第2の検査パケットを受信し、第2のラベル・スタックの一番上の第3のリンク・ラベル(8803)を取り出し、第2のTTLの値から1を減算する。

【0131】

第2の検査パケットがネットワーク・ノードR2によって処理された後、第2のラベル・スタックは空であり、第2のTTLの値は1である。

【0132】

そして、ネットワーク・ノードR2は、第2のラベル・スタックは空であるかどうかを判定して、ラベルに従って第2の検査パケットをフォワードし続けるか、またはフォーディング・テーブルに従ってIPルート上で第2の検査パケットをフォワードするかを決定する必要がある。

【0133】

308-2. ネットワーク・ノードR2は、第2のラベル・スタックは空であると判定し、送信先IPアドレスおよびネットワーク・ノードR2のフォーディング・テーブルに従って、第2の検査パケットをネットワーク・ノードR3にフォワードする。

【0134】

ネットワーク・ノードR2が第2のラベル・スタックは空であると判定するならば、それは、ネットワーク・ノードR2は検査されるべきネットワーク・ノードであることを示す。ネットワーク・ノードR2は、そのフォーディング・テーブルおよび送信先IPアドレスに従って、IPルート上で第2の検査パケットをフォワードし、第2の検査パケットをその次のホップ、すなわち、フィードバック・ノードにフォワードする。

【0135】

309-2. ネットワーク・ノードR3は、第2の検査パケットを受信し、第2のTTLの値から1を減算し、第2のTTLの値は0であると判定し、第2のICMPパケットをネットワーク検査デバイスに送信する。

【0136】

ネットワーク・ノードR3、すなわち、フィードバック・ノードは、第2の検査パケットを受信し、第2のTTLの値から1を減算する。ネットワーク・ノードR3が第2のTTLの値は0であると判定するならば、ネットワーク・ノードR3は、第2のICMPパケットを生成し、それをネットワーク検査デバイス110に送信する。第2のICMPパケットは、ネットワーク・ノードR3のIPアドレスを含む。第2のICMPパケットは、第2の検査パケットのヘッダ(送信元IPアドレスおよび送信先IPアドレス)をさらに搬送する。従って、ネットワーク検査デバイスは、受信された第2のICMPパケットが、第2の検査パケット・タイムアウト・エラー(TTLの値は0である)を報告するために、ネットワーク・ノードR3によって使用されていると判定し得る。

【0137】

10

20

30

40

50

310-2. ネットワーク検査デバイス110は、ネットワーク・ノードR3によって送信される第2のICMPパケットを受信し、第2のICMPパケットおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク・ノードR2のフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定する。

【0138】

具体的には、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク・トポロジー情報および第2のICMPパケット内のネットワーク・ノードR3のIPアドレスに従って、フォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定する。ネットワーク・トポロジー情報内のネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路上のネットワーク・ノードR2(すなわち、検査されるべきネットワーク・ノード)の次のホップは、ネットワーク・ノードR3である、すなわち、第2のICMPパケットを送信するフィードバック・ノード(ネットワーク・ノードR3)はネットワーク・トポロジー情報と整合していると判定するならば、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク・ノードR2のフォワーディング・テーブルは正しいと判定し得る。ネットワーク・トポロジー情報内のフォワーディング経路上のネットワーク・ノードR2の次のホップは、ネットワーク・ノードR3でない、すなわち、第2のICMPパケットを送信するフィードバック・ノード(ネットワーク・ノードR3)はネットワーク・トポロジー情報と整合していないと判定するならば、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク・ノードR2のフォワーディング・テーブルは誤っていると判定し得る。

10

【0139】

そして、ネットワーク検査デバイス110は、ネットワーク経路120上のネットワーク・ノードR3のフォワーディング・テーブルが誤っているかどうかを検査し続ける。

20

【0140】

301-3. ネットワーク検査デバイス110は、送信先IPアドレスおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、第3の検査パケットを生成し、第3の検査パケットは、第3のラベル・スタック、第3のTTL、送信元IPアドレス、および送信先IPアドレスを含む。

【0141】

具体的には、ネットワーク検査デバイス110は、ネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク検査デバイス110からネットワーク・ノードR3(検査されるべきネットワーク・ノード)までのホップ数は4(すなわち、ネットワーク検査デバイス110からネットワーク・ノードR0まで、ネットワーク・ノードR0からネットワーク・ノードR1まで、ネットワーク・ノードR1からネットワーク・ノードR2まで、およびネットワーク・ノードR2からネットワーク・ノードR3まで合計で4ホップ)であると判定する。リンク・ラベルは8801、8802、8803、および8804である。ネットワーク検査デバイス110は、第3の検査パケットを生成し、Nは4である。図3に表わされているように、第3のラベル・スタックは、ラベル・スタックの下から上へ(内から外へ)4つのリンク・ラベル:第4のリンク・ラベル8804、第3のリンク・ラベル8803、第2のリンク・ラベル8802、および第1のリンク・ラベル8801を含む。第3のTTLの値は5である。

30

【0142】

第3の検査パケット、第1の検査パケット、および第2の検査パケットは、同じ送信元IPアドレス(すなわち、ネットワーク検査デバイスのIPアドレス)および同じ送信先IPアドレス(すなわち、検査されるべきIPアドレス)を有する。

40

【0143】

302-3. ネットワーク検査デバイス110は、第3のラベル・スタックの一番上の第1のリンク・ラベル(8801)に従って、第3の検査パケットをネットワーク・ノードR0に送信する。

【0144】

303-3. ネットワーク・ノードR0は、第3の検査パケットを受信し、第3のラベル・スタックの一番上の第1のリンク・ラベル(8801)を取り出し、第3のTTLの値から1を減算する。

【0145】

50

第3の検査パケットがネットワーク・ノードR0によって処理された後、第3のラベル・スタックは、ラベル・スタックの下から上へ(内から外へ)3つのリンク・ラベル:第4のリンク・ラベル8804、第3のリンク・ラベル8803、および第2のリンク・ラベル8802を含む。第3のTTLの値は4である。この場合、第3のラベル・スタックの一番上のラベルは、第2のリンク・ラベル8802である。

【0146】

そして、ネットワーク・ノードR0は、第3のラベル・スタックは空であるかどうかを判定して、ラベルに従って第3の検査パケットをフォワードし続けるか、またはフォワーディング・テーブルに従ってIPルート上で第3の検査パケットをフォワードするかを決定する必要がある。

10

【0147】

304-3. ネットワーク・ノードR0は、第3のラベル・スタックは空でないと判定し、第3のラベル・スタックの一番上の第2のリンク・ラベル(8802)に従って、第3の検査パケットをネットワーク・ノードR1に送信する。

【0148】

中間ネットワーク・ノードとしてのネットワーク・ノードR0は、第3の検査パケットをその次のホップのノード、すなわち、ネットワーク・ノードR1にフォワードし続ける。

【0149】

305-3. ネットワーク・ノードR1は、第3の検査パケットを受信し、第3のラベル・スタックの一番上の第2のリンク・ラベル(8802)を取り出し、第3のTTLの値から1を減算する。

20

【0150】

第3の検査パケットがネットワーク・ノードR1によって処理された後、第3のラベル・スタックは、ラベル・スタックの下から上へ(内から外へ)2つのリンク・ラベル:第4のリンク・ラベル8804および第3のリンク・ラベル8803を含む。第3のTTLの値は3である。この場合、第3のラベル・スタックの一番上のラベルは、第3のリンク・ラベル8803である。

【0151】

そして、ネットワーク・ノードR1は、第3のラベル・スタックは空であるかどうかを判定して、ラベルに従って第3の検査パケットをフォワードし続けるか、またはフォワーディング・テーブルに従ってIPルート上で第3の検査パケットをフォワードするかを決定する必要がある。

30

【0152】

306-3. ネットワーク・ノードR1は、第3のラベル・スタックは空でないと判定し、第3のラベル・スタックの一番上の第3のリンク・ラベル(8803)に従って、第3の検査パケットをネットワーク・ノードR2に送信する。

【0153】

中間ネットワーク・ノードとしてのネットワーク・ノードR1は、第3の検査パケットをその次のホップのノード、すなわち、ネットワーク・ノードR2にフォワードし続ける。

【0154】

307-3. ネットワーク・ノードR2は、第3の検査パケットを受信し、第3のラベル・スタックの一番上の第3のリンク・ラベル(8803)を取り出し、第3のTTLの値から1を減算する。

40

【0155】

第3の検査パケットがネットワーク・ノードR2によって処理された後、第3のラベル・スタックは、1つのリンク・ラベル、すなわち、第4のリンク・ラベル8804を含み、第3のTTLの値は2である。この場合、第3のラベル・スタックの一番上のラベルは、第4のリンク・ラベル8804である。

【0156】

そして、ネットワーク・ノードR2は、第3のラベル・スタックは空であるかどうかを判

50

定して、ラベルに従って第3の検査パケットをフォワードし続けるか、またはフォーディング・テーブルに従ってIPルート上で第3の検査パケットをフォワードするかを決定する必要がある。

【0157】

308-3. ネットワーク・ノードR2は、第3のラベル・スタックは空でないと判定し、第3のラベル・スタックの一番上の第4のリンク・ラベル(8804)に従って、第3の検査パケットをネットワーク・ノードR3に送信する。

【0158】

中間ネットワーク・ノードとしてネットワーク・ノードR2は、第3の検査パケットをその次のホップのノード、すなわち、ネットワーク・ノードR3にフォワードし続ける。

10

【0159】

309-3. ネットワーク・ノードR3は、第3の検査パケットを受信し、第3のラベル・スタックの一番上の第4のリンク・ラベル(8804)を取り出し、第3のTTLの値から1を減算する。

【0160】

第3の検査パケットがネットワーク・ノードR3によって処理された後、第3のラベル・スタックは空であり、第3のTTLの値は1である。

【0161】

そして、ネットワーク・ノードR3は、第3のラベル・スタックが空であるかどうかを判定して、ラベルに従って第3の検査パケットをフォワードし続けるか、またはフォーディング・テーブルに従ってIPルート上で第3の検査パケットをフォワードするかを決定する必要がある。

20

【0162】

310-3. ネットワーク・ノードR3は、第3のラベル・スタックは空であると判定し、送信先IPアドレスおよびネットワーク・ノードR3のフォーディング・テーブルに従って、第3の検査パケットをネットワーク・ノードR4にフォワードする。

【0163】

ネットワーク・ノードR3が第3のラベル・スタックは空であると判定するならば、それはネットワーク・ノードR3が検査されるべきネットワーク・ノードであることを示す。ネットワーク・ノードR3は、送信先IPアドレスおよびネットワーク・ノードR3のフォーディング・テーブルに従って、IPルート上で第3の検査パケットをフォワードし、第3の検査パケットをネットワーク・ノードR3の次のホップ、すなわち、フィードバック・ノードにフォワードする。

30

【0164】

311-3. ネットワーク・ノードR4は、第3の検査パケットを受信し、第3のTTLの値から1を減算し、第3のTTLの値が0であると判定し、第3のICMPパケットをネットワーク検査デバイスに送信する。

【0165】

ネットワーク・ノードR4が第3のTTLの値は0であると判定するならば、検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップのノード、すなわち、フィードバック・ノードとしてのネットワーク・ノードR4は、第3のICMPパケットを生成し、それをネットワーク検査デバイス110に送信する。第3のICMPパケットは、ネットワーク・ノードR4のIPアドレスを含む。第3のICMPパケットは、第3の検査パケットのヘッダをさらに含み、従って、ネットワーク検査デバイスは、受信された第3のICMPパケットが、第3の検査パケット・タイムアウト・エラー(TTLの値は0である)を報告するために、ネットワーク・ノードR2によって使用されていると判定し得る。

40

【0166】

ネットワーク・トポロジー情報内のフォーディング経路上のネットワーク・ノードR3の次のホップがネットワーク・ノードR4であると仮定する。ネットワーク・ノードR4が第3の検査パケットを受信し、第3のICMPパケットをネットワーク検査デバイスに送信する

50

、すなわち、ネットワーク・ノードR4がフィードバック・ノードであるならば、それは検査されるべきネットワーク・ノード、すなわち、ネットワーク・ノードR3のフォワーディング・テーブルが正しいことを示す。ネットワーク・ノードR4とは異なる他のノードが第3の検査パケットを受信するならば、他のノードは、第3のICMPパケットをネットワーク検査デバイスに送信し、すなわち、他のノードは、フィードバック・ノードであり(図3に表わされていない)、それはネットワーク・ノードR3のフォワーディング・テーブルが誤っていることを示す。

【0167】

312-3. ネットワーク検査デバイス110は、ネットワーク・ノードR4によって送信される第3のICMPパケットを受信し、第3のICMPパケットおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク・ノードR3のフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定する。

10

【0168】

具体的には、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク・トポロジー情報および第3のICMPパケット内のネットワーク・ノードR4のIPアドレスに従って、フォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定する。ネットワーク・トポロジー情報内のネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路上のネットワーク・ノードR3(すなわち、検査されるべきネットワーク・ノード)のネットワーク経路上の次のホップがネットワーク・ノードR4である、すなわち、第3のICMPパケットを送信するフィードバック・ノード(ネットワーク・ノードR4)がネットワーク・トポロジー情報と整合していると判定するならば、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク・ノードR3のフォワーディング・テーブルが正しいと判定し得る。ネットワーク・トポロジー情報内のフォワーディング経路上のネットワーク・ノードR3の次のホップがネットワーク・ノードR4でない、すなわち、第3のICMPパケットを送信するフィードバック・ノード(ネットワーク・ノードR4)がネットワーク・トポロジー情報と整合していないと判定するならば、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク・ノードR3のフォワーディング・テーブルが誤っている、すなわち、エラーを有すると判定し得る。

20

【0169】

この出願の実施形態における、フォワーディング・テーブルを検査するための方法において、ネットワーク検査デバイスは、検査パケットのフォワーディング経路を特定するために、ネットワーク・トポロジー情報に従って、特定のリンク・ラベルおよび特定のTTL値を含む検査パケットを生成する。TTLの値は、ホップ毎に1だけ減少される。TTLの値が0であるとき、検査されるべきノードの次のホップ、すなわち、フィードバック・ノードは、通知メッセージ(ICMPパケット)をネットワーク検査デバイスに送信することをトリガされる(可能にされる)。この方法は、検査されるべきIPアドレス行きのネットワーク経路上のいずれか1つ以上のネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが誤っているかどうかを検査し得る。従って、故障の位置決め効率が増加される。

30

【0170】

図3に表わされた、フォワーディング・テーブルを検査するプロセスにおいて、各ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかは、フォワーディング経路のネットワーク経路120上のノードの順序に従って、順次的に検査されてもよく、または、もちろん、逆の順序で検査されてもよく、またはいずれか1つ以上のネットワーク・ノードが、フォワーディング・テーブルが正しいかどうかを検査するために選択されてもよい。これは、この出願において限定されない。

40

【0171】

この出願の図2および図3に表わされた実施形態において提供される、フォワーディング・テーブルを検査するための方法に基づいて、下記は、ネットワーク検査デバイスの機能を提供する、フォワーディング・テーブルを検査するための装置およびネットワーク検査デバイスを詳細に説明する。

【0172】

50

図4を参照すると、図4は、この出願の実施形態による、フォワーディング・テーブルを検査するための装置400を表わす。装置400は、ネットワーク検査デバイス上に配置されることが可能であり、この出願の図2および図3に表わされた実施形態における、フォワーディング・テーブルを検査するための方法を実現するように構成される。装置400は、

送信先IPアドレスおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、検査パケットを生成するように構成されたパケット生成モジュール401であって、検査パケットは、ラベル・スタック、TTL、送信元IPアドレス、および送信先IPアドレスを含み、ラベル・スタックはN個のリンク・ラベルを含み、TTLの値はN+1であり、送信元IPアドレスはネットワーク検査デバイスのIPアドレスであり、Nはネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数であり、Nは1以上の正の整数である(N-1と表記され得る)、パケット生成モジュール401と、

10

ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットを送信する、具体的には、検査パケットをネットワーク検査デバイスの次のホップのノードに送信するように構成された送信モジュール402であって、ネットワーク検査デバイスの次のホップのノードは、中間ネットワーク・ノードまたは検査されるべきネットワーク・ノードであり得る、送信モジュール402と、

通知メッセージを受信するように構成された受信モジュール403であって、通知メッセージは、フィードバック・ノードが検査されるべきネットワーク・ノードによってフォワードされる検査パケットを受信したことをネットワーク検査デバイスに通知するために使用され、フィードバック・ノードは検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップのノードである、受信モジュール403と、

20

通知メッセージおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定するように構成された判定モジュール404と、を含む。

#### 【0173】

図5に表わされているように、装置400は、ネットワーク・トポロジー情報を取得するように構成されたトポロジー取得モジュール405をさらに含む。ネットワーク・トポロジー情報は、ネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路およびフォワーディング経路上の各ホップのルート情報を含む。ルート情報はリンク・ラベルを含む。

30

#### 【0174】

トポロジー取得モジュール405は、まず、ネットワーク・トポロジー管理装置を使用することによって、ネットワーク・トポロジー情報を取得し得る。ネットワーク・トポロジー管理装置は、SDNコントローラであり得る。特定の実装の間、装置400およびネットワーク・トポロジー管理装置は、同じ物理的デバイスまたは異なる物理的デバイス上に実現され得る。

#### 【0175】

パケット生成モジュール401は、具体的には、送信先IPアドレスおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路およびフォワーディング経路上の検査されるべきネットワーク・ノードを決定し、ネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数Nおよび各ホップのリンク・ラベルを決定し、ホップ数Nおよび各ホップのリンク・ラベルに従って、検査パケットを生成するように構成される。

40

#### 【0176】

検査されるべきネットワーク・ノードは、検査パケットを受信し、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルを取り出し、TTLの値から1を減算し、ラベル・スタックは空であると判定し、すなわち、検査パケット内のTTLの値は1であると理解されることが可能であり、送信先IPアドレスおよび検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルに従って、IPルート上で検査パケットをフィードバック・ノードにフォワードす

50

る。フィードバック・ノードは、検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップである。

【0177】

通知メッセージは、フィードバック・ノードのIPアドレスを含み、検査パケット内のTTLの値が0であるとき、フィードバック・ノードによって送信される。具体的には、フィードバック・ノードは、検査されるべきネットワーク・ノードによってフォワードされる検査パケットを受信し、TTLの値から1を減算する。結果として、TTLの値は0であり、フィードバック・ノードは、通知メッセージ、例えば、ICMPパケットをネットワーク検査デバイスに送信することを可能にされる。

【0178】

判定モジュール404は、具体的には、ネットワーク・トポロジ情報および通知メッセージ内のフィードバック・ノードのIPアドレスに従って、通知メッセージを送信するフィードバック・ノードがネットワーク・トポロジ情報内のルートと整合しているかどうかを判定するように構成される。フィードバック・ノードがネットワーク・トポロジ情報内のルートと整合しているとき、判定モジュール404は、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいと判定する。フィードバック・ノードがネットワーク・トポロジ情報内のルートと整合していないとき、判定モジュール404は、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが誤っていると判定する。

【0179】

図6を参照すると、図6は、この出願の実施形態によって提供されるネットワーク検査デバイス600を表わす。ネットワーク検査デバイス600は、この出願の図2および図3に表わされた実施形態における、フォワーディング・テーブルを検査するための方法を実現するように構成される。ネットワーク検査デバイスは、プロセッサ601、メモリ602、および通信インタフェース603を含む。

【0180】

プロセッサ601、メモリ602、および通信インタフェース603は、バス604を使用することによって互いに接続される。バス604は、ペリフェラル・コンポーネント・インターコネクト(peripheral component interconnect, 略してPCI)バス、拡張業界標準アーキテクチャ(extended industry standard architecture, 略してEISA)バス、または同様のもの

【0181】

であり得る。バスは、アドレスバス、データバス、制御バス、および同様のものに分類され得る。表現の容易さのために、図6においてバスを表現するために1つのみの太線が使用されているが、これは、1つのみのバスまたは1種類のみバスが存在することを意味しない。

【0182】

メモリ602は、ネットワーク・トポロジ情報を記憶するように構成される。ネットワーク・トポロジ情報は、ネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路およびフォワーディング経路上の各ホップのルート情報を含む。ルート情報はリンク・ラベルを含む。

プロセッサ601は、送信先IPアドレスおよびネットワーク・トポロジ情報に従って、検査パケットを生成するように構成され、検査パケットは、ラベル・スタック、TTL、送信元IPアドレス、および送信先IPアドレスを含み、ラベル・スタックはN個のリンク・ラベルを含み、TTLの値はN+1であり、送信元IPアドレスはネットワーク検査デバイスのIPアドレスであり、Nはネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数であり、N-1であり、プロセッサ601は、通信インタフェース603を使用することによって、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットを送信し、通信インタフェース603を使用することによって、フィードバック・ノードによって送信される通知メッセージを受信するように構成され、通知メッセージは、フィードバック・ノードが検査されるべきネットワーク・ノードによってフォワードされる検査パ

10

20

30

40

50

ケットを受信したことをネットワーク検査デバイスに通知するために使用され、プロセッサ601は、通知メッセージおよびネットワーク・トポロジ情報に従って、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定するように構成される。フィードバック・ノードは検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップのノードである。

【0183】

プロセッサ601は、具体的には、ネットワーク・トポロジ情報に従って、ネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数Nおよび各ホップのリンク・ラベルを決定し、ネットワーク検査デバイスから検査されるべきネットワーク・ノードまでのホップ数Nおよび各ホップのリンク・ラベルに従って、検査パケットを生成するように構成される。

10

【0184】

プロセッサ601は、ネットワーク・トポロジ情報を取得するようにさらに構成される。具体的には、プロセッサ601は、ネットワーク・トポロジ管理装置を使用することによって、ネットワーク・トポロジ情報を取得し得る。ネットワーク・トポロジ管理装置は、SDNコントローラであり得る。特定の実装の間、ネットワーク検査デバイスおよびネットワーク・トポロジ管理装置は、同じ物理的デバイスまたは異なる物理的デバイス上に実現され得る。

【0185】

メモリ602は、揮発性メモリ(英語: volatile memory)、例えば、ランダム・アクセス・メモリ(英語: random-access memory, 略してRAM)を含み得る。メモリ602は、不揮発性メモリ(英語: non-volatile memory)、例えば、フラッシュメモリ(英語: flash memory)、ハードディスク(英語: hard disk drive, 略してHDD)、またはソリッド・ステート・ドライブ(英語: solid-state drive, 略してSSD)を含み得る。メモリ602は、上記の種類の子モジュールの組み合わせを含み得る。

20

【0186】

この出願の実施形態において、通信インタフェース603は、ネットワーク検査デバイス600とネットワーク内の他のネットワーク・ノードの間の通信のためのインタフェースを表現し、1つ以上の通信インタフェースが存在し得る。説明の容易さのために、通信インタフェース603が、この出願において使用されるが、これは、この出願における技術的解決策を限定しない。

30

【0187】

プロセッサ601は、中央処理ユニット(英語: central processing unit, 略してCPU)、ネットワーク・プロセッサ(英語: network processor, 略してNP)、またはCPUとNPの組み合わせであり得る。プロセッサ601は、ハードウェア・チップをさらに含み得る。ハードウェア・チップは、特定用途向け集積回路(英語: application-specific integrated circuit, 略してASIC)、プログラマブル・ロジック・デバイス(英語: programmable logic device, 略してPLD)、またはそれらの組み合わせであり得る。PLDは、複雑プログラマブル・ロジック・デバイス(英語: complex programmable logic device, 略してCPLD)、フィールド・プログラマブル・ゲートアレイ(英語: field-programmable gate array, 略してFPGA)、ジェネリック・アレイ・ロジック(英語: generic array logic, 略してGAL)デバイス、またはそれらのいずれかの組み合わせであり得る。

40

【0188】

任意選択で、メモリ602は、プログラム命令を記憶するようにさらに構成される。プロセッサ601は、図2および図3に表わされた、フォワーディング・テーブルを検査するための方法を実現するために、メモリ602に記憶されたプログラム命令を呼び出し、図2および図3に表わされた実施形態における、ネットワーク検査デバイスの1つ以上のステップまたは任意選択の実装を実行し得る。

【0189】

この出願の実施形態において提供されるネットワーク検査デバイスは、送信先IPアドレ

50

ス行きのフォワーディング経路上のいずれか1つ以上のネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが誤っているかどうかを検査するために、送信先IPアドレスおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、特定のリンク・ラベルおよび特定のTTL値を含む検査パケットを生成する。従って、故障の位置決め効率が増加される。

【0190】

この出願の図2および図3に表わされた実施形態において提供される、フォワーディング・テーブルを検査するための方法に基づいて、下記は、この方法を実現するネットワーク・ノードを詳細に説明する。

【0191】

図7を参照すると、図7は、この出願の実施形態によって提供されるネットワーク・ノード700を表わす。ネットワーク・ノード700は、この出願の図2および図3に表わされた実施形態における、フォワーディング・テーブルを検査するための方法を実現するように構成される。ネットワーク・ノード700は、

検査パケットを受信するように構成された受信モジュール701であって、検査パケットは、ラベル・スタック、TTL、送信元IPアドレス、および送信先IPアドレスを含み、ラベル・スタックはN個のリンク・ラベルを含み、Nは1以上の正の整数であり、TTLの値はN+1である、受信モジュール701と、

ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルを取り出し、TTLの値から1を減算し、ラベル・スタックは空であるかどうかを判定するように構成されたパケット処理モジュール702と、

パケット処理モジュール702がラベル・スタックは空であると判定するとき、送信先IPアドレスおよびネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルに従って、検査パケットをフィードバック・ノードに転送するように構成されたフォワーディング・モジュール703と、を含む。この場合、ネットワーク・ノードは、検査されるべきネットワーク・ノードであり、フィードバック・ノードは、検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップである。フィードバック・ノードは、検査パケット(この場合、検査パケットはリンク・ラベルを含まず、TTLの値は1である)を受信し、TTLの値から1を減算し、TTLの値は0であると判定するとき、ネットワーク検査デバイスが通知メッセージおよびネットワーク・トポロジー情報に従って、ネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定するように、通知メッセージ、例えば、ICMPパケットをネットワーク検査デバイスに送信する。

【0192】

フォワーディング・モジュール703は、パケット処理モジュール702がラベル・スタックは空でない判定するとき、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットをフォワードするようにさらに構成される。この場合、ネットワーク・ノードは、中間ネットワーク・ノードであり、検査パケットが検査されるべきネットワーク・ノードに送信されるまで、リンク・ラベルに従って、検査パケットをフォワードする。

【0193】

ネットワーク・トポロジー情報は、ネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスに対応するデバイスまでの各ホップのルート情報を含む。ネットワーク・トポロジー情報は、具体的には、ネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレスまでのフォワーディング経路およびフォワーディング経路上の各ホップのルート情報を含み得る。ルート情報はリンク・ラベルを含む。

【0194】

図8を参照すると、図8は、この出願の実施形態によって提供される他のネットワーク・ノード800を表わす。ネットワーク・ノード800は、この出願の図2および図3に表わされた実施形態における、フォワーディング・テーブルを検査するための方法を実現するように構成される。ネットワーク・ノード800は、プロセッサ801、メモリ802、および通信インタフェース803を含む。

【0195】

10

20

30

40

50

プロセッサ<sub>801</sub>、メモリ<sub>802</sub>、および通信インタフェース<sub>803</sub>は、バス<sub>804</sub>を使用することによって互いに接続される。バス<sub>804</sub>は、PCIバス、EISAバス、または同様のものであり得る。バスは、アドレスバス、データバス、制御バス、および同様のものに分類され得る。表現の容易さのために、図8においてバスを表現するために1つのみの太線が使用されているが、これは、1つのみのバスまたは1種類のみバスが存在することを意味しない。

【0196】

メモリ<sub>802</sub>は、フォワーディング・テーブルを記憶するように構成される。フォワーディング・テーブルは、送信先IPアドレスおよび次のホップを含む。

【0197】

プロセッサ<sub>801</sub>は、検査パケットを受信するように構成され、検査パケットは、ラベル・スタック、TTL、送信元IPアドレス、および送信先IPアドレスを含み、ラベル・スタックはN個のリンク・ラベルを含み、Nは1以上の正の整数であり、TTLの値はN+1であり、プロセッサ<sub>801</sub>は、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルを取り出し、TTLの値から1を減算し、ラベル・スタックは空であるかどうかを判定し、ラベル・スタックは空であると判定するとき、送信先IPアドレスおよびフォワーディング・テーブルに従って、検査パケットをフィードバック・ノードにフォワードするように構成される。この場合、ネットワーク・ノードは、検査されるべきネットワーク・ノードであり、フィードバック・ノードは、検査されるべきネットワーク・ノードの次のホップである。フィードバック・ノードは、検査パケット(この場合、検査パケットはリンク・ラベルを含まず、TTLの値は1である)を受信し、TTLの値から1を減算し、TTLの値は0であると判定するとき、ネットワーク検査デバイスが通知メッセージおよびネットワーク・トポロジー情報に従ってネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定するように、通知メッセージ、例えば、ICMPパケットをネットワーク検査デバイスに送信する。

【0198】

ネットワーク・トポロジー情報は、ネットワーク検査デバイスから送信先IPアドレス(検査されるべきIPアドレス)に対応するデバイスまでの各ホップのルート情報を含む。ネットワーク・トポロジー情報は、具体的には、ネットワーク検査デバイスから検査されるべきIPアドレスまでのフォワーディング経路およびフォワーディング経路上の各ホップのルート情報を含み得る。ルート情報はリンク・ラベルを含む。

【0199】

プロセッサ<sub>801</sub>は、ラベル・スタックは空でないと判定するとき、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットをフォワードするようにさらに構成される。この場合、ネットワーク・ノードは、中間ネットワーク・ノードであり、検査パケットが検査されるべきネットワーク・ノードに送信されるまで、ラベル・スタックの一番上のリンク・ラベルに従って、検査パケットをフォワードする。

【0200】

メモリ<sub>802</sub>は、揮発性メモリ、例えば、RAMを含み得る。メモリ<sub>802</sub>は、不揮発性メモリ、例えば、フラッシュメモリ、HDD、またはSSDを含み得る。メモリ<sub>802</sub>は、上記の種類のメモリの組み合わせを含み得る。

【0201】

この出願の実施形態において、通信インタフェース<sub>803</sub>は、ネットワーク・ノード<sub>800</sub>とネットワーク内の他のネットワーク・ノードの間の通信のためのインタフェースを表現し、1つ以上の通信インタフェースが存在し得る。説明の容易さのために、通信インタフェース<sub>803</sub>が、この出願において使用されるが、これは、この出願における技術的解決策を限定しない。

【0202】

プロセッサ<sub>801</sub>は、CPU、NP、またはCPUとNPの組み合わせであり得る。プロセッサ<sub>801</sub>は、ハードウェア・チップであり得る。ハードウェア・チップは、ASIC、PLD、またはそれらの組み合わせであり得る。PLDは、CPLD、FPGA、GALデバイス、またはそれらのいずれかの組み合わせであり得る。

10

20

30

40

50

## 【0203】

任意選択で、プロセッサ801は、フォワーディング・テーブルを取得するようにさらに構成される。具体的には、プロセッサ801は、ルーティング・テーブルに従って、フォワーディング・テーブルを生成する。メモリ802は、ルーティング・テーブルを記憶するようにさらに構成される。ネットワーク・ノードは、従来の方法を使用してルーティング・テーブルを取得し得る。詳細は、ここで説明されない。

## 【0204】

任意選択で、メモリ802は、プログラム命令を記憶するようにさらに構成される。プロセッサ801は、図2および図3に表わされた、フォワーディング・テーブルを検査するための方法を実現するために、メモリ802内に記憶されたプログラム命令を呼び出し、図2および図3に表わされた実施形態におけるネットワーク・ノードの1つ以上のステップまたは任意選択の実装を実行し得る。

## 【0205】

ネットワーク検査デバイスによって送信され、特定のリンク・ラベルおよび特定のTTLを含む検査パケットを受信した後、この出願の実施形態において提供されるネットワーク・ノードは、検査パケット内のTTLの値から1を減算し、ネットワーク・ノードが検査されるべきネットワーク・ノードであるならば、検査パケットをフィードバック・ノードにフォワードする。フィードバック・ノードは、検査パケットを受信し、また、TTLの値から1を減算する。結果として、TTLの値は0であり、フィードバック・ノードは、通知メッセージをネットワーク検査デバイスに送信することを可能にされる。このようにして、ネットワーク検査デバイスは、ネットワーク・トポロジ情報および通知メッセージ内のフィードバック・ノードのIPアドレスに従って、検査されるべきネットワーク・ノードのフォワーディング・テーブルが正しいかどうかを判定し得る。

## 【0206】

上記の説明は、単に本発明の例示の実装であるが、本発明の保護範囲を限定することは意図されない。本発明において開示された技術的範囲内でこの技術分野の当業者によって容易に理解されるいずれの変形または置換も、本発明の保護範囲内にあるものである。従って、本発明の保護範囲は、請求項の保護範囲に従うものである。

## 【符号の説明】

## 【0207】

- 100 システム
- 110 ネットワーク検査デバイス
- 120 ネットワーク経路
- 400 装置
- 401 パケット生成モジュール
- 402 送信モジュール
- 403 受信モジュール
- 404 判定モジュール
- 405 トポロジ取得モジュール
- 600 ネットワーク検査デバイス
- 601 プロセッサ
- 602 メモリ
- 603 通信インタフェース
- 700 ネットワーク・ノード
- 701 受信モジュール
- 702 パケット処理モジュール
- 703 フォワーディング・モジュール
- 800 ネットワーク・ノード
- 801 プロセッサ
- 802 メモリ

10

20

30

40

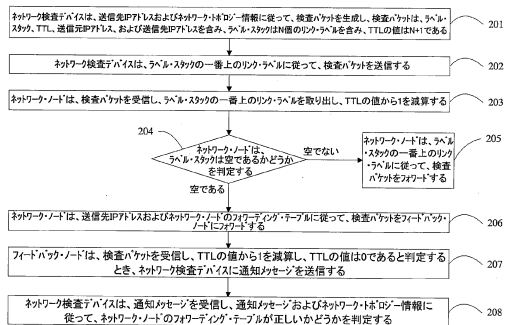
50

803 通信インタフェース

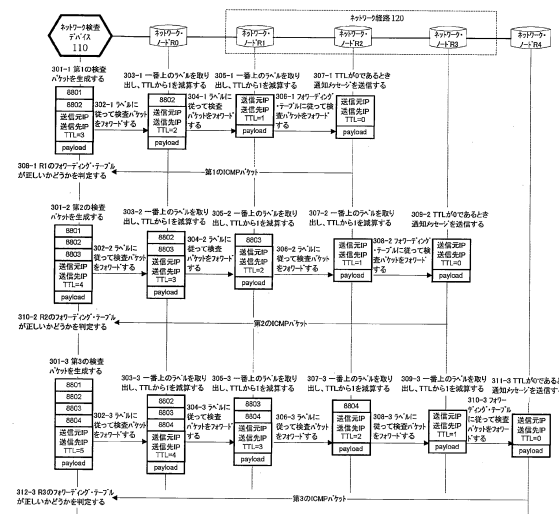
【図1】



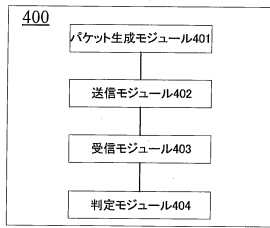
【図2】



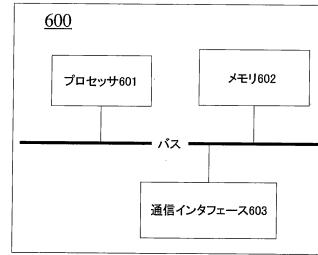
【図3】



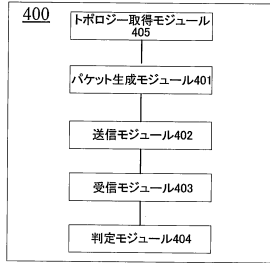
【 図 4 】



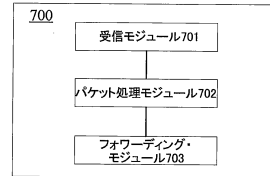
【 図 6 】



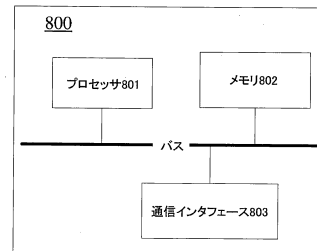
【 図 5 】



【 図 7 】



【 図 8 】



## フロントページの続き

(74)代理人 100140534

弁理士 木内 敬二

(72)発明者 李 国平

中華人民共和国 518129 広東省深 チェン 市龍岗区坂田 華為總部 ベン 公樓

(72)発明者 張 震 偉

中華人民共和国 518129 広東省深 チェン 市龍岗区坂田 華為總部 ベン 公樓

審査官 玉木 宏治

(56)参考文献 特開2012-239125(JP,A)

特開2012-80389(JP,A)

特開2001-274832(JP,A)

特表2014-502063(JP,A)

渡邊 利和, pingコマンド 活用の極意 Part.2 pingの使いこなしテクニック, NETWORK WORLD  
 , 2005年 8月 1日, 第10巻、第8号, pp.77-87

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 12/00-955