

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-22139

(P2020-22139A)

(43) 公開日 令和2年2月6日(2020.2.6)

(51) Int. Cl.

H04L 12/811 (2013.01)

F I

H04L 12/811

テーマコード(参考)

5K030

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2018-146862 (P2018-146862)
 (22) 出願日 平成30年8月3日(2018.8.3)

(71) 出願人 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 100113608
 弁理士 平川 明
 (74) 代理人 100123319
 弁理士 関根 武彦
 (74) 代理人 100123098
 弁理士 今堀 克彦
 (74) 代理人 100143797
 弁理士 宮下 文徳
 (74) 代理人 100176201
 弁理士 小久保 篤史
 (74) 代理人 100138357
 弁理士 矢澤 広伸

最終頁に続く

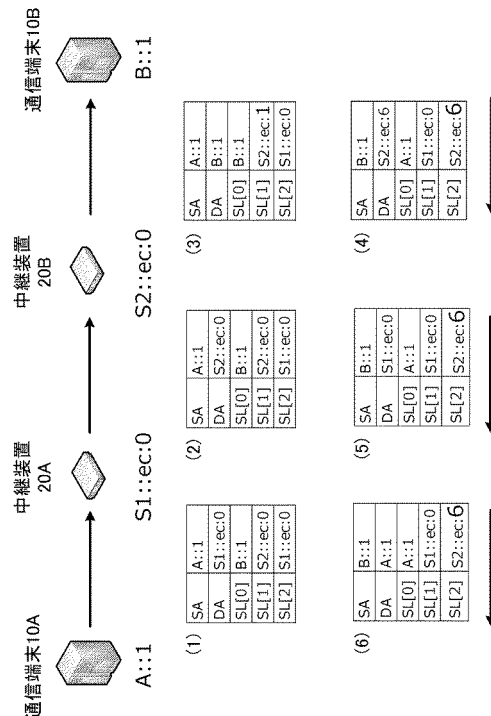
(54) 【発明の名称】 通信方法および通信システム

(57) 【要約】

【課題】ネットワーク上において輻輳が発生している地点を特定する。

【解決手段】データの送信元である第一の通信装置と、前記データの宛先である第二の通信装置と、前記データの中継する一つ以上の中継装置と、が、セグメントルーティングによって前記データを送受信する通信方法。前記中継装置は、前記データの中継する際に、自装置における輻輳の発生有無を検出し、輻輳が発生している場合に、前記データが有するルーティングヘッダに含まれる複数のセグメントIDのうち、自装置に対応するセグメントID中に、輻輳の発生を意味する第一のフラグをセットし、前記第二の通信装置は、受信したデータが有するルーティングヘッダ中に、前記第一のフラグがセットされているセグメントIDが存在する場合に、前記セグメントIDに対応する中継装置において輻輳が発生していると判定する。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

データの送信元である第一の通信装置と、前記データの宛先である第二の通信装置と、前記データを中継する一つ以上の中継装置と、が、セグメントルーティングによって前記データを送受信する通信方法であって、

前記中継装置は、前記データを中継する際に、自装置における輻輳の発生有無を検出し、輻輳が発生している場合に、前記データが有するルーティングヘッダに含まれる複数のセグメントIDのうち、自装置に対応するセグメントID中に、輻輳の発生を意味する第一のフラグをセットし、

前記第二の通信装置は、受信したデータが有するルーティングヘッダ中に、前記第一のフラグがセットされているセグメントIDが存在する場合に、前記セグメントIDに対応する中継装置において輻輳が発生していると判定する、

10

通信方法。

【請求項 2】

前記第二の通信装置は、

受信した前記データに基づいて、前記データの伝送経路上に、輻輳が発生している中継装置があると判定した場合に、前記データを送信した前記第一の通信装置に、当該中継装置において輻輳が発生している旨を通知する通知データを送信する、

請求項 1 に記載の通信方法。

【請求項 3】

20

前記第二の通信装置は、前記通知データを送信する際に、

前記第一のフラグを消去し、かつ、前記第一のフラグとは異なる領域に第二のフラグをセットする、

請求項 2 に記載の通信方法。

【請求項 4】

前記通知データを受信した前記第一の通信装置は、

前記輻輳が発生している中継装置を経由するデータの量を減少させる措置を講じる、

請求項 2 または 3 に記載の通信方法。

【請求項 5】

前記中継装置は、自装置において輻輳を検知した場合に、前記データを送信した前記第一の通信装置に、当該中継装置において輻輳が発生している旨を通知する第二の通知データを送信する、

30

請求項 2 から 4 のいずれかに記載の通信方法。

【請求項 6】

前記中継装置は、前記通知データを送信した場合において、前記データが有するルーティングヘッダに含まれる複数のセグメントIDのうち、自装置に対応するセグメントID中に、既に輻輳の発生を送信元に通知したことを意味する第三のフラグをセットする、

請求項 5 に記載の通信方法。

【請求項 7】

前記第二の通信装置は、

40

受信した前記データが有するルーティングヘッダに含まれる複数のセグメントIDのうち、前記第三のフラグがセットされているものがある場合、対応する中継装置については、前記通知データを生成しない、

請求項 6 に記載の通信方法。

【請求項 8】

データの送信元である第一の通信装置と、前記データの宛先である第二の通信装置と、前記データを中継する一つ以上の中継装置と、が、セグメントルーティングによって前記データを送受信する通信システムであって、

前記中継装置は、

前記データを中継する際に、自装置における輻輳の発生有無を検出する検出手段と、

50

輻輳が発生している場合に、前記データが有するルーティングヘッダに含まれる複数のセグメントIDのうち、自装置に対応するセグメントID中に、輻輳の発生を意味する第一のフラグをセットする通知手段と、を有し、

前記第二の通信装置は、

受信したデータが有するルーティングヘッダ中に、前記第一のフラグがセットされているセグメントIDが存在する場合に、前記セグメントIDに対応する中継装置において輻輳が発生していると判定する判定手段と有する、

通信システム。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、通信システムに関する。

【背景技術】

【0002】

複数の装置がパケットを中継することで通信を行うネットワークにおいて、経路上で輻輳が発生していることを検知する技術がある。例えば、TCP/IPには、輻輳情報通知機能（ECN）が定義されており、これにより、輻輳のためバッファが満たされている中継装置がネットワーク上に存在することを検知することができる。

【0003】

20

また、特許文献1には、ECNを利用して、UDPなど、IPネットワークにおけるコネクションレス型プロトコルを利用する場合において輻輳を通知する方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2011-015288号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

30

近年、技術の発達に伴い、ネットワークの状況に合わせた動的なルーティングが可能になっている。しかし、従来の技術においては、通信装置は、パケットの転送経路上において輻輳が発生していることを検出することはできるが、経路上のどの中継装置において輻輳が発生しているかを具体的に検出することはできない。

すなわち、従来の技術では、輻輳が発生している中継装置を回避して経路を動的に再生成することが容易ではないという点において課題があった。

【0006】

本発明は上記の課題を考慮してなされたものであり、ネットワーク上において輻輳が発生している地点を特定することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

40

本発明に係る通信方法は、

データの送信元である第一の通信装置と、前記データの宛先である第二の通信装置と、前記データを中継する一つ以上の中継装置と、が、セグメントルーティングによって前記データを送受信する通信方法であって、前記中継装置は、前記データを中継する際に、自装置における輻輳の発生有無を検出し、輻輳が発生している場合に、前記データが有するルーティングヘッダに含まれる複数のセグメントIDのうち、自装置に対応するセグメントID中に、輻輳の発生を意味する第一のフラグをセットし、前記第二の通信装置は、受信したデータが有するルーティングヘッダ中に、前記第一のフラグがセットされているセグメントIDが存在する場合に、前記セグメントIDに対応する中継装置において輻輳が

50

発生していると判定することを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

また、本発明に係る通信システムは、

データの送信元である第一の通信装置と、前記データの宛先である第二の通信装置と、前記データを中継する一つ以上の中継装置と、が、セグメントルーティングによって前記データを送受信する通信システムであって、前記中継装置は、前記データを中継する際に、自装置における輻輳の発生有無を検出する検出手段と、輻輳が発生している場合に、前記データが有するルーティングヘッダに含まれる複数のセグメントIDのうち、自装置に対応するセグメントID中に、輻輳の発生を意味する第一のフラグをセットする通知手段と、を有し、前記第二の通信装置は、受信したデータが有するルーティングヘッダ中に、前記第一のフラグがセットされているセグメントIDが存在する場合に、前記セグメントIDに対応する中継装置において輻輳が発生していると判定する判定手段と有することを特徴とする。

10

【 発明の効果 】

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、ネットワーク上において輻輳が発生している地点を特定することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

【 図 1 】 本発明に係る通信システムの全体構成図である。

20

【 図 2 】 第一の実施形態に係る通信装置 10 の機能構成図である。

【 図 3 】 第一の実施形態に係る中継装置 20 の機能構成図である。

【 図 4 】 実施形態にて送信されるパケットの模式図である。

【 図 5 】 データの転送過程で書き換わるセグメントIDを説明する図である。

【 図 6 】 通信装置 10 が行うパケット送信処理を示すフローチャートである。

【 図 7 】 通信装置 10 が行うパケット受信処理を示すフローチャートである。

【 図 8 】 通信装置 10 が行う輻輳通知処理を示すフローチャートである。

【 図 9 】 中継装置 20 が行う処理を示すフローチャートである。

【 図 10 】 第二の実施形態におけるセグメントIDを説明する図である。

【 図 11 】 第二の実施形態で中継装置 20 が行う処理を示すフローチャートである。

30

【 図 12 】 第二の実施形態で通信装置 10 が行うパケット受信処理を示すフローチャートである。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 1 】

本発明に係る通信方法は、データの送信元である第一の通信装置と、前記データの宛先である第二の通信装置と、前記データを中継する一つ以上の中継装置と、が、セグメントルーティングによって前記データを送受信する通信方法である。

セグメントルーティングは、パケットの転送経路を示すセグメントIDをヘッダに付して送信するという特徴を持っており、これにより、パケットの送信元となる装置が、パケットの送信経路を柔軟に指定することが可能となる。

40

【 0 0 1 2 】

具体的には、中継装置が、データを中継する際に、自装置における輻輳の発生有無を検出し、輻輳が発生している場合に、ルーティングヘッダに含まれる複数のセグメントIDのうち、自装置に対応するセグメントID中に、輻輳の発生を意味する第一のフラグをセットする。また、第二の通信装置は、受信したデータが有するルーティングヘッダ中に、第一のフラグがセットされているセグメントIDが存在する場合に、対応する中継装置において輻輳が発生していると判定する。

【 0 0 1 3 】

ルーティングヘッダには、複数の中継装置に対応する複数のセグメントIDが存在する。そこで、中継装置が、輻輳を検知した場合に、自装置に対応するセグメントIDに、輻

50

輻の発生を意味するフラグをセットしてパケットを中継する。かかる構成によると、受信側において、どの中継装置において輻が発生しているかを判定できるようになる。

【 0 0 1 4 】

また、前記第二の通信装置は、受信した前記データに基づいて、前記データの伝送経路上に、輻が発生している中継装置があると判定した場合に、前記データを送信した前記第一の通信装置に、当該中継装置において輻が発生している旨を通知する通知データを送信することを特徴としてもよい。

パケット（データ）受信側に位置する通信装置が輻の発生を判定できるため、どの中継装置において輻が発生しているかを、パケット（データ）送信側に折り返し通知することが可能になる。また、これにより、経路の再設定やデータレートの抑制といった措置を講じることが可能になる。

10

【 0 0 1 5 】

また、前記第二の通信装置は、前記通知データを送信する際に、前記第一のフラグを消去し、かつ、前記第一のフラグとは異なる領域に第二のフラグをセットすることを特徴としてもよい。

【 0 0 1 6 】

受信したデータに第二のフラグがセットされていることは、パケットを受信した第二の通信装置によって第一のフラグが検出され、フラグが付け替えられたことを意味する。かかる構成によると、輻が発生した際のデータの送信方向（第一の通信装置が送信元であるパケットを伝送する過程で輻が発生したのか、第一の通信装置に宛てたパケットを伝送する過程で輻が発生したのか）を、第一の通信装置が識別することができる。

20

【 0 0 1 7 】

また、前記通知データを受信した前記第一の通信装置は、前記輻が発生している中継装置を経由するデータの量を減少させる措置を講じることが特徴としてもよい。

輻が発生している中継装置を経由するデータを減少させる措置として、例えば、データ送信の中断、データレートの抑制、送信経路の切り替えなどが挙げられるが、これ以外であってもよい。

【 0 0 1 8 】

また、前記中継装置は、自装置において輻を検知した場合に、前記データを送信した前記第一の通信装置に、当該中継装置において輻が発生している旨を通知する第二の通知データを送信することを特徴としてもよい。

30

【 0 0 1 9 】

このように、中継装置が輻を検知した場合に、ただちに通知データを第一の通信装置に送信するようにしてもよい。かかる構成によると、輻の発生をいち早く通知することが可能になる。

【 0 0 2 0 】

また、前記中継装置は、前記通知データを送信した場合において、前記データが有するルーティングヘッダに含まれる複数のセグメントIDのうち、自装置に対応するセグメントID中に、既に輻の発生を送信元に通知したことを意味する第三のフラグをセットすることを特徴としてもよい。

40

また、前記第二の通信装置は、受信した前記データが有するルーティングヘッダに含まれる複数のセグメントIDのうち、前記第三のフラグがセットされているものがある場合、対応する中継装置については、前記通知データを生成しないことを特徴としてもよい。

【 0 0 2 1 】

中継装置が通知データを送信した場合、第二の通信装置が通知データを生成する必要がなくなる。よって、既に輻の発生を通知したことを知らせる第三のフラグをセットするようにしてもよい。

【 0 0 2 2 】

（第一の実施形態）

第一の実施形態に関して、図面を参照して説明する。図1は、第一の実施形態に係る通

50

信システムの全体構成図である。図示したように、第一の実施形態に係る通信システムは、複数の通信装置 10 が、複数の中継装置 20 を有するネットワークを介してパケットを送受信するシステムである。

【0023】

なお、図 1 では、通信装置 10 A と通信装置 10 B を図示しているが、両者は同一の装置である。本実施形態では、最初にパケットを生成して送信する側を通信装置 10 A とし、当該パケットを受信する側を通信装置 10 B とするが、区別する必要がない場合は、通信装置 10 と称する。また、図 1 では、複数の中継装置 20 A, 20 B, 20 C・・・を図示しているが、いずれも同一の装置である。区別する必要がない場合は、中継装置 20 と称する。

10

【0024】

本実施形態では、通信装置 10 および中継装置 20 は、SRv6 によるセグメントルーティングを行う。セグメントルーティングとは、パケットに含まれるセグメント ID (必要に応じて SID と表記) によってトラフィック制御を行うルーティング方式であり、ネットワークをセグメントによって表現することで、シンプルで柔軟な制御の実現を目指したルーティング方式である。このうち、IPv6 拡張ヘッダを利用してセグメントを表現したものを SRv6 と称する。

【0025】

まず、本実施形態に係る通信装置 10 の機能構成を、図 2 を参照しながら説明する。

通信装置 10 は、送信パケット生成部 11、ヘッダ設定部 12、送信制御部 13、送信部 14、受信部 15、ヘッダ読取部 16 を有して構成される。

20

【0026】

通信装置 10 は、CPU (演算処理装置)、主記憶装置、補助記憶装置、ネットワークインタフェースを有する情報処理装置として構成することができる。補助記憶装置に記憶されたプログラムが主記憶装置にロードされ、CPU によって実行されることで、図 2 に図示した各手段が機能する。なお、図示した機能の全部または一部は、専用に設計された回路を用いて実行されてもよい。

【0027】

送信パケット生成部 11 は、通信相手となる通信装置 10 に向けたデータを含んだパケットを生成する手段である。本実施形態では、送信パケット生成部 11 は、IPv6 に規定されたフォーマットに従ってパケットを生成する。

30

【0028】

ヘッダ設定部 12 は、送信パケット生成部 11 が生成したパケットに、セグメントルーティングにおいて利用されるヘッダを付加する手段である。具体的には、パケットを経由させる複数の中継装置を特定し、当該複数の中継装置に対応する複数のセグメント ID のリストを生成し、当該リストを、セグメントルーティングヘッダに挿入する。

【0029】

送信制御部 13 は、後述するヘッダ読取部 16 が読み取った情報に基づいて、自装置が送信したパケットを他の通信装置 10 に伝送する過程で輻輳が発生したことを検知し、輻輳を回避する措置を講じる手段である。輻輳を回避する措置として、例えば、送信の一時停止、送信データレートの抑制、輻輳が発生している中継装置の迂回などがあるが、これらに限られない。

40

また、送信制御部 13 は、他の通信装置 10 が送信したパケットが自装置に伝送される過程で輻輳が発生したことを検知し、当該他の通信装置 10 に対して輻輳の発生を通知する機能を有する。詳細な処理については後述する。

【0030】

送信部 14 は、ヘッダ設定部 12 が生成したヘッダに従って、生成されたパケットをネットワークに送出する手段である。

受信部 15 は、自装置に宛てられたパケットをネットワークから受信する手段である。

送信部 14 および受信部 15 は、装置に備えられたネットワークインタフェースを介し

50

てパケットを送受信する。

ヘッダ読取部 16 は、受信したパケットに含まれるセグメントルーティングヘッダを参照し、ネットワークにおける輻輳の有無を判定する手段である。判定結果は、送信制御部 13 にフィードバックされ、輻輳を回避する措置、または、他の通信装置 10 への通知が実行される。詳細な処理については後述する。

【0031】

次に、本実施形態に係る中継装置 20 の機能構成を、図 3 を参照しながら説明する。

中継装置 20 は、受信部 21、経路制御部 22、輻輳検知部 23、送信部 24 を有して構成される。

【0032】

受信部 21 は、ネットワークを介して送信されたパケットを受信する手段である。また、送信部 24 は、中継装置 20 において処理されたパケットをネットワークに送出する手段である。受信部 21 および送信部 24 は、装置に備えられたネットワークインタフェースを介してパケットを送受信する。

【0033】

経路制御部 22 は、受信したパケットの転送先を判断し、IPv6 ヘッダおよびセグメントルーティングヘッダを書き換える手段である。

輻輳検知部 23 は、中継装置 20 が送出しようとしているパケットの送信側が輻輳しているか否かを判定する手段である。輻輳検知部 23 は、輻輳の発生を検出した場合に、セグメントルーティングヘッダに含まれる自装置のセグメント ID に、輻輳が発生していることを通知する情報を追加する。これにより、ネットワーク上のどの地点で輻輳が発生しているかについての情報をパケットに含ませることが可能になる。

中継装置 20 を通過したパケットは、次のホップ先（他の中継装置 20、または、宛先となる通信装置 10）へ転送される。

【0034】

図 4 は、SRv6 によって送信されるパケットのデータフォーマットを示した図である（基本ヘッダの一部は省略）。当該パケットは、図示したように、宛先アドレス（Destination address）、送信元アドレス（Source address）、セグメントルーティングヘッダ（Segment ID）を有して構成される。セグメントルーティングヘッダは、ルーティングを行うための要求に関する情報が格納される空間であり、Locator、Function、Argument等の情報を格納することができる。Locatorは、例えば、要求を実行するノードの識別子が格納されるフィールドである。また、Functionには、要求の識別子（例えば、ルーティングを行うノードが実行すべき関数の識別子）が格納される。本実施形態では、Functionに格納された値に基づいて、各中継装置 20 が輻輳検知を行う。

また、Argumentには、要求を実行する際にノードが利用するデータを格納することができる。これらの情報の配置は、セグメントルーティングヘッダのサイズ（128 bit）内で自由に設計することができる。例えば、ノードごとに異なるFunctionやArgumentを定義することも可能であるし、複数のノードが共用するFunctionやArgumentを定義することもできる。

【0035】

本実施形態では、Argumentに、輻輳検知に関するデータを格納する。具体的には、図示したように、 b 、 n 、 c_0 、 c_1 の 4 ビットを定義する。当該データは、セグメント ID ごとに設定される。すなわち、パケットが通過する中継装置 20 のそれぞれについて、4 ビットのデータ空間が確保される。

【0036】

本実施形態では、パケットの中継過程において中継装置 20 が輻輳を検知した場合に、自装置に対応するセグメント ID に含まれるビット c の値に 1 をセットする。これにより、当該パケットを受信する全ての装置が、当該セグメント ID に対応する中継装置 20 において輻輳が発生していることを認識することができる。例えば、当該パケットの宛先である通信装置 10 B が、輻輳の発生を認識することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

ここで、輻輳の発生を1ビットだけで識別しようとした場合、輻輳が発生した際のパケットの伝送方向を判別できないという問題が発生する。

例えば、パケットを受信した通信装置10Bが、パケットを送信した通信装置10Aに対して輻輳の発生を通知することを考える。この場合、セグメントルーティングヘッダの内容をそのまま送り返すと、往路と復路で同じビットが使用されてしまうため、ある中継装置20で輻輳が発生していることはわかるが、往路で輻輳が発生したのか、復路で輻輳が発生したのかを判定することができない。

そこで、本実施形態では、輻輳を通知するビットを二つ(c_0 および c_1)設け、伝送方向によって異なるビットを使用する。

10

【 0 0 3 8 】

具体的な動作について、図5を参照しながら説明する。

ここでは、通信装置10Aにおいて生成されたパケットが、中継装置20Aおよび20Bを経由し、通信装置10Bに送信される例を考える。

A::1は、通信装置10AのIPv6アドレスを表す。

また、B::1は、通信装置10BのIPv6アドレスを表す。

また、S1::ec:0は、中継装置20AのセグメントIDである。

また、S2::ec:0は、中継装置20BのセグメントIDである。

前述したように、セグメントIDは、ノードの識別子(Locator)と、要求の識別子(Function)と、要求を実行するノードが利用する情報(Argument)から構成される。すなわち、S1およびS2が、中継装置20の識別子である。また、ecは、輻輳の検知を行う関数の識別子である。Argumentは、初期状態では0である。

20

【 0 0 3 9 】

通信装置10Aからパケットが送出されたタイミング(1)では、送信元アドレス(以下、SA)はA::1であり、宛先アドレス(以下、DA)は、次のホップ先となる中継装置20AのセグメントID(S1:ec:0)となる。なお、SLは、セグメントルーティングヘッダに含まれるセグメントIDのリストを意味する。図示した例では、中継装置20A(S1)および中継装置20B(S2)を経由してパケットが転送される旨が示されている。

【 0 0 4 0 】

中継装置20Aからパケットが送出されたタイミング(2)では、DAが、次のホップ先となる中継装置20BのセグメントID(S2:ec:0)に変化する。この書き換えは、中継装置20Aにおいて実行される。

30

【 0 0 4 1 】

ここで、中継装置20Bの出力インタフェースにおいて輻輳が検知されたものとする。

この場合、中継装置20Bが有する輻輳検知部23が、自装置に対応するセグメントIDのArgumentに含まれるビット c_0 の値に1をセットする。ここで、(b, n, c_0, c_1) = (0, 0, 0, 1)となるため、Argumentの値は1となる。すなわち、中継装置20Bに対応するセグメントIDが、S2::ec:1に書き換えられる。

【 0 0 4 2 】

通信装置10Bは、自装置を宛先とするパケットを受信すると、受信したパケットに含まれるセグメントルーティングヘッダを参照し、輻輳が発生している中継装置の有無を確認する。ここで、ビット c_0 の値が1であるセグメントIDがあった場合、対応する中継装置において輻輳が発生していることが分かる。

40

【 0 0 4 3 】

かかる場合において、通信装置10Bは、経路上で輻輳が発生している旨を通知するパケット(以下、輻輳通知パケット)を生成し、通信装置10Aに対して送信する。

具体的には、対応するセグメントIDのArgumentに含まれるビット c_0 の値を0に戻し、ビット c_1 の値に1をセットする。

このようなビット列を持つ輻輳通知パケットを通信装置10Aに送信することで、通信

50

装置 10 A は、自装置が送信元であるパケットを伝送する過程で輻輳が発生したのか、自装置に宛てたパケットを伝送する過程で輻輳が発生したのかを認識することができる。

【0044】

例えば、通信装置 10 A が受信したパケットに含まれるセグメントルーティングヘッダに、ビット c_1 の値に 1 がセットされたセグメント ID が含まれていた場合、通信装置 10 A は、自装置に向けたパケットの伝送経路上で輻輳が発生したことを認識することができる。また、ビット c_1 の値に 1 がセットされたセグメント ID が含まれていた場合、自装置が送信元であるパケットの伝送経路上で輻輳が発生し、これを検知した通信相手が自装置に向けて通知を行っていることを認識することができる。

このように、輻輳の発生を示すビットを 2 種類設けることで、輻輳が発生した際のパケットの送信方向を判別することが可能になる。

【0045】

なお、通信装置 10 B は、輻輳通知パケットを生成する際に、さらに、ビット n の値に 1 をセットする。ビット n は、輻輳の通知のみを行う（ペイロードが付属していない）パケットであることを表すビット（通知のみビット）である。

すなわち、図 5 におけるタイミング (4) では、 $(b, n, c_1, c_2) = (0, 1, 1, 0)$ となるため、中継装置 20 B に対応するセグメント ID の Argument の値は 6 となる。ビット n は、通知を行う宛先の通信装置 10 における利便性を考慮して付加されるものである。なお、輻輳通知パケットに、他のデータを相乗りさせることも可能である。その場合、ビット n の値は 0 となる。

【0046】

このようにして生成された輻輳通知パケットは、往路と逆方向の経路をたどり、通信装置 10 A に到着する。

【0047】

図 5 の例の場合、通信装置 10 A は、往路において輻輳が発生したこと、および、中継装置 20 B において輻輳が発生したことを認識することができる。なぜなら、中継装置 20 B に対応するセグメント ID の Argument において、ビット c_1 に 1 が設定されているためである。なお、ビット c_1 が 0 であり、ビット c_2 に 1 が設定されていた場合、通信装置 10 B が送信したパケットが自装置に到達するまでの間に輻輳が発生していることになる。

【0048】

次に、通信装置 10 が実行するパケット送信処理について、図 6 のフローチャートを参照しながら説明する。

まず、ステップ S 11 で、送信パケット生成部 11 が、送信するパケットを生成する。

次に、ステップ S 12 で、ヘッダ設定部 12 が、当該パケットの送信経路を生成し、セグメントルーティングヘッダを設定する。

次に、ステップ S 13 で、送信制御部 13 が、当該パケットの送信経路上にある中継装置 20 に関連する輻輳通知を既に受信しているか否かを判定する。

ここで、関連する輻輳通知を受信していない場合、送信制御部 13 が、任意のアルゴリズムに従って送信レートを増加させ（ステップ S 14）、ステップ S 15 において、送信部 14 を介してパケットを送信する。

【0049】

ステップ S 13 で、輻輳通知を受信していた場合、送信制御部 13 が、任意のアルゴリズムに従って送信レートを低下させ、もしくは、送信を一旦中断させる（ステップ S 16）。

ステップ S 17 では、送信が中断されており、かつ、送信中断を継続するか否かを判定する。送信の中断を継続する場合（ステップ S 17 - Yes）、送信すべきデータをキューに蓄積する（ステップ S 18）。送信が中断されていない場合や、送信を再開する場合（ステップ S 17 - No）、ステップ S 15 でデータの送信を実行する。なお、キューに蓄積されたデータは、このタイミングで送信される。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

次に、通信装置 1 0 が実行するパケット受信処理について、図 7 のフローチャートを参照しながら説明する。図 7 の処理は、受信部 1 5 が、自装置に宛てたパケットを受信したタイミングで開始される。

まず、ステップ S 2 1 で、ヘッダ読取部 1 6 が、受信したパケットに含まれるセグメントルーティングヘッダに、ビット n の値に 1 がセットされたセグメント ID が存在しないことを判定する。

ここで、否定判定であった場合、受信したパケットは、輻輳通知を行うためのパケットであることがわかるため、次いで、該当するセグメント ID のビット c_i の値に 1 がセットされているか否かを判定する（ステップ S 2 2）。ここで肯定判定であった場合、対応する中継装置 2 0 において輻輳が発生しているため、ステップ S 2 3 へ遷移し、送信制御部 1 3 が、輻輳を回避する措置を講じる。なお、ステップ S 2 2 で否定判定であった場合、データ異常と判定し、パケットを破棄する（ステップ S 2 4）。輻輳通知パケットは、必ずビット c_i がセットされているはずだからである。

10

【 0 0 5 1 】

ステップ S 2 1 で肯定判定であった場合、ステップ S 2 5 へ遷移し、受信したパケットに含まれるセグメントルーティングヘッダに、ビット c_i またはビット c_j の値に 1 がセットされたセグメント ID が存在しないことを判定する。ここで肯定判定であった場合、輻輳は発生していないため、ステップ S 3 0 へ遷移し、ペイロードに配置されているデータを処理する。

20

【 0 0 5 2 】

ステップ S 2 5 で否定判定であった場合、ステップ S 2 6 へ遷移し、セグメントルーティングヘッダに、ビット c_i の値に 1 がセットされたセグメント ID が存在するか否かを判定する。ここで否定判定となるケースは、ビット c_i の値に 1 がセットされたセグメント ID が存在し、かつ、ビット c_j の値に 1 がセットされたセグメント ID が存在しないケースである。当該ケースは、自装置が送信元であるパケットを伝送する過程で発生した輻輳を通信相手が検知し、通信相手が自装置に向けて通知を行っているケースであるため、ステップ S 2 7 へ遷移し、送信制御部 1 3 が、輻輳を回避する措置を講じたのちに、ステップ S 3 0 でデータの処理を行う。

30

【 0 0 5 3 】

ステップ S 2 6 で肯定判定となるケースは、相手側の通信装置 1 0 から送信されたパケットが自装置に到達するまでの間に輻輳が発生しているケースであるため、ステップ S 2 8 へ遷移し、相手側の通信装置 1 0 に対して輻輳の通知を行う処理（以下、輻輳通知処理）を実行する（後述）。

その後、ステップ S 2 9 で、セグメントルーティングヘッダに、ビット c_i の値に 1 がセットされたセグメント ID が存在するか否かを判定する。ここで肯定判定であった場合、通信相手からも輻輳が通知されていることを意味するため、ステップ S 2 7 へ遷移し、自装置も、輻輳を回避する措置を講じる。最後に、ステップ S 3 0 で、ペイロードに配置されているデータを処理する。

40

【 0 0 5 4 】

次に、ステップ S 2 8 で行う輻輳通知処理について、図 8 のフローチャートを参照しながら説明する。

相手側の通信装置 1 0 に対して輻輳の通知を行う場合、まず、ステップ S 4 1 で、輻輳が発生している中継装置 2 0 に対応するセグメント ID を特定し、当該セグメント ID の Argument に含まれるビット c_i の値に 1 をセットし、かつ、ビット c_j の値に 0 をセットする。

次に、ステップ S 4 2 で、相手側の通信装置 1 0 に対して送信するデータがあるか否かを判定する。ここで否定判定であった場合、ビット n の値に 1 をセットし（ステップ S 4 3）、相手側の通信装置 1 0 に対して輻輳通知パケットを送信する（ステップ S 4 4）。

【 0 0 5 5 】

50

ステップ S 4 2 で肯定判定であった場合（送信するデータがある場合）、ステップ S 4 5 へ遷移し、輻輳に起因した送信中断中であるか否かを判定する。ここで、送信中断中である場合、データの送信は行えないため、ステップ S 4 3 へ遷移し、輻輳通知パケットのみを送信する。送信中断中でない場合、ビット n の値に 0 をセットし（ステップ S 4 6）、相手側の通信装置 1 0 に対してデータパケットを送信する（ステップ S 4 7）

【 0 0 5 6 】

次に、中継装置 2 0 がパケットを中継する処理について、図 9 のフローチャートを参照しながら説明する。

まず、ステップ S 5 1 で、受信部 2 1 がパケットを受信する。

ステップ S 5 2 では、経路制御部 2 2 が、受信したパケットに含まれるセグメントルーティングヘッダを参照し、宛先アドレスを書き換える処理（ヘッダ処理）を行う。

次に、ステップ S 5 3 で、経路制御部 2 2 が、保持している経路表を参照し、パケットの出力インタフェースを決定する。

次に、ステップ S 5 4 で、輻輳検知部 2 3 が、出力先として決定したインタフェースに輻輳が発生しているか否かを判定する。ここで肯定判定であった場合、自装置に対応するセグメント ID の Argument に含まれるビット c₁ の値に 1 をセットする（ステップ S 5 5）。

その後、ステップ S 5 6 で、送信部 2 4 がパケットを出力インタフェースに出力する。ステップ S 5 4 で否定判定であった場合、ステップ S 5 6 へ遷移する。

【 0 0 5 7 】

以上説明したように、第一の実施形態によると、セグメントルーティングを用いた通信システムにおいて、ネットワーク上で輻輳が発生している箇所を、パケットの宛先である通信装置 1 0 に通知することができる。また、当該パケットを送信した通信装置 1 0 に対しても、輻輳の発生有無および発生箇所を通知することができる。

特に、輻輳が発生した際のパケットの送信方向を判別することができるため、各通信装置が、輻輳を抑制するための適切な対策を講じることが可能になる。

【 0 0 5 8 】

（第二の実施形態）

第一の実施形態では、パケットを受信した通信装置 1 0 B が輻輳通知パケットを生成し、当該パケットを送信した通信装置 1 0 A に送信した。これに対し、第二の実施形態は、中継装置 2 0 が、中継の過程において輻輳通知パケットを生成し、送信元である通信装置 1 0 A に送り返す実施形態である。

【 0 0 5 9 】

第二の実施形態における動作について、図 1 0 を参照しながら説明する。

ここでは、通信装置 1 0 A において生成されたパケットが、中継装置 2 0 A および 2 0 B を経由し、通信装置 1 0 B に送信される例を考える。

タイミング（1）におけるデータの内容は、第一の実施形態と同様である。

【 0 0 6 0 】

ここで、中継装置 2 0 A の出力インタフェースにおいて輻輳が検知されたものとする。

この場合、中継装置 2 0 A が有する輻輳検知部 2 3 が、通信装置 1 0 A に対する輻輳通知パケットを生成する。（4）に示したように、輻輳通知パケットは、中継装置 2 0 A を送信元とし、通信装置 1 0 A を宛先としたパケットである。中継装置 2 0 A は、自装置に対応するセグメント ID の Argument に含まれるビット n の値に 1 をセットし、ビット c₁ の値に 1 をセットする。ここで、(b , n , c₀ , c₁) = (0 , 1 , 1 , 0) となるため、Argument の値は 6 となる。すなわち、中継装置 2 0 A に対応するセグメント ID は、S 1 : : e c : 6 となる。当該輻輳通知パケットによると、第一の実施形態と同様に、通信装置 1 0 A が、輻輳の発生箇所と方向を認識することができる。

【 0 0 6 1 】

第二の実施形態では、中継装置 2 0 が輻輳通知パケットを送信するため、通信装置 1 0 B が輻輳通知パケットを送信することを抑制しなければならない。そこで、第二の実施形

10

20

30

40

50

態では、中継装置 20A が、既に輻輳の通知を行ったことを表すビットに値を設定する。

図 4 に示したビット b は、伝送経路上において、輻輳通知パケットを折り返し送信したことを示すビット（折返しビット）である。

中継装置 20A は、中継対象のパケットについて、自装置に対応するセグメント ID の Argument に含まれるビット b の値に 1 をセットし、ビット c₁ の値に 1 をセットする。ここで、(b , n , c₁ , c₂) = (1 , 0 , 0 , 1) となるため、Argument の値は 9 となる。すなわち、中継装置 20A に対応するセグメント ID は、S 1 : : e c : 9 となる。当該パケットを受信した通信装置 10B は、既に中継装置 20A によって輻輳通知パケットが送信されたことを認識することができる。

【 0 0 6 2 】

10

第二の実施形態において中継装置 20 がパケットを中継する処理について、図 11 のフローチャートを参照しながら説明する。なお、第一の実施形態と同一のステップについては、点線で図示し説明は省略する。

【 0 0 6 3 】

第二の実施形態では、出力インタフェースに輻輳が発生していた場合、ステップ S 57 で、中継装置 20 が輻輳通知パケットを生成する。具体的には、自装置に対応するセグメント ID の Argument に含まれるビット n の値に 1 を、ビット c₁ の値に 1 をセットする。

【 0 0 6 4 】

次に、ステップ S 58 で、輻輳通知パケットを、中継対象のパケットを送信した通信装置 10 に送信する。

20

次に、ステップ S 59 で、中継対象のパケットについて、自装置に対応するセグメント ID の Argument に含まれるビット b の値に 1 を、ビット c₁ の値に 1 をセットする。

【 0 0 6 5 】

次に、第二の実施形態において通信装置 10 が実行するパケット受信処理について、図 12 のフローチャートを参照しながら説明する。図 12 の処理は、受信部 15 が、自装置に宛てたパケットを受信したタイミングで開始される。

まず、ステップ S 61 で、ヘッダ読取部 16 が、受信したパケットに含まれるセグメントルーティングヘッダに、ビット b の値に 1 がセットされたセグメント ID が存在しないことを判定する。ここで肯定判定であった場合、中継装置 20 による輻輳通知は行われていないため、処理は図 7 へ遷移し、第一の実施形態と同様の処理が行われる。

30

【 0 0 6 6 】

ステップ S 61 で否定判定であった場合、受信したパケットに含まれるセグメントルーティングヘッダに、ビット n の値に 0 がセットされ、ビット c₁ の値に 1 がセットされたセグメント ID が存在するか判定する（ステップ S 62）。ここで否定判定であった場合、データ異常と判定し、パケットを破棄する（ステップ S 63）。

ステップ S 62 で肯定判定であった場合、ステップ S 64 でデータの処理を行う。

次に、受信したパケットに含まれるセグメントルーティングヘッダに、ビット c₁ の値に 1 がセットされたセグメント ID が存在するか判定する（ステップ S 65）。ここで、肯定判定であった場合、ステップ S 66 において、輻輳を回避する措置を講じる。否定判定であった場合と、ステップ S 63 が終了した場合、および、ステップ S 66 が終了した場合、処理は初期状態に戻る。

40

【 0 0 6 7 】

以上説明したように、第二の実施形態によると、中継装置 20 が輻輳を検知した場合に、パケットを送信した通信装置 10A に輻輳通知パケットを送信する。これにより、輻輳の発生を通信装置 10A にいち早く通知することができる。

【 0 0 6 8 】

（変形例）

本開示において説明した処理や手段は、技術的な矛盾が生じない限りにおいて、自由に組み合わせて実施することができる。

【 0 0 6 9 】

50

また、1つの装置が行うものとして説明した処理が、複数の装置によって分担して実行されてもよい。あるいは、異なる装置が行うものとして説明した処理が、1つの装置によって実行されても構わない。コンピュータシステムにおいて、各機能をどのようなハードウェア構成（サーバ構成）によって実現するかは柔軟に変更可能である。

【0070】

本発明は、上記の実施形態で説明した機能を実装したコンピュータプログラムをコンピュータに供給し、当該コンピュータが有する1つ以上のプロセッサがプログラムを読み出して実行することによっても実現可能である。このようなコンピュータプログラムは、コンピュータのシステムバスに接続可能な非一時的なコンピュータ可読記憶媒体によってコンピュータに提供されてもよいし、ネットワークを介してコンピュータに提供されてもよい。非一時的なコンピュータ可読記憶媒体は、例えば、磁気ディスク（フロッピー（登録商標）ディスク、ハードディスクドライブ（HDD）等）、光ディスク（CD-ROM、DVDディスク・ブルーレイディスク等）など任意のタイプのディスク、読み込み専用メモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）、EPROM、EEPROM、磁気カード、フラッシュメモリ、光学式カード、電子的命令を格納するために適した任意のタイプの媒体を含む。

10

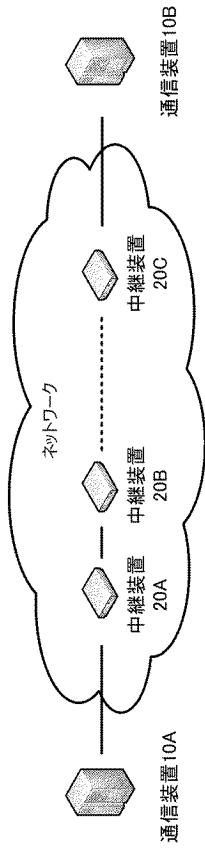
【符号の説明】

【0071】

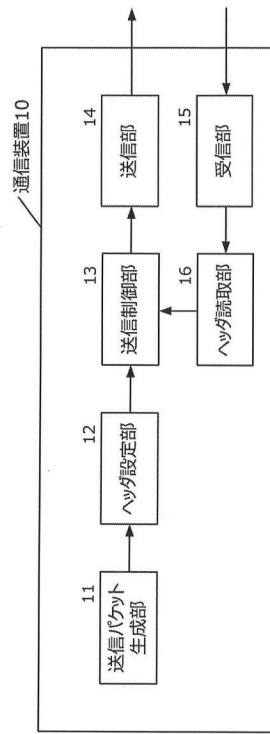
- 10・・・通信装置
- 11・・・送信パケット生成部
- 12・・・ヘッダ設定部
- 13・・・送信制御部
- 14, 24・・・送信部
- 15, 21・・・受信部
- 16・・・ヘッダ読取部
- 20・・・中継装置
- 22・・・経路制御部
- 23・・・輻輳検知部

20

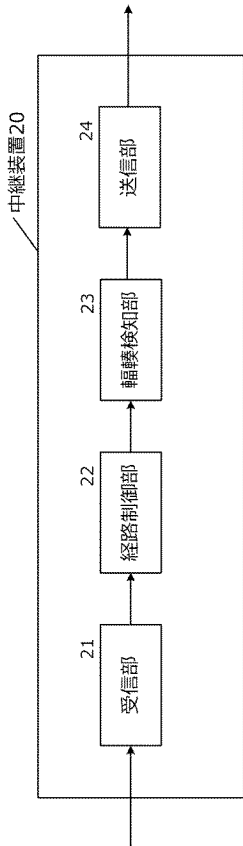
【 図 1 】



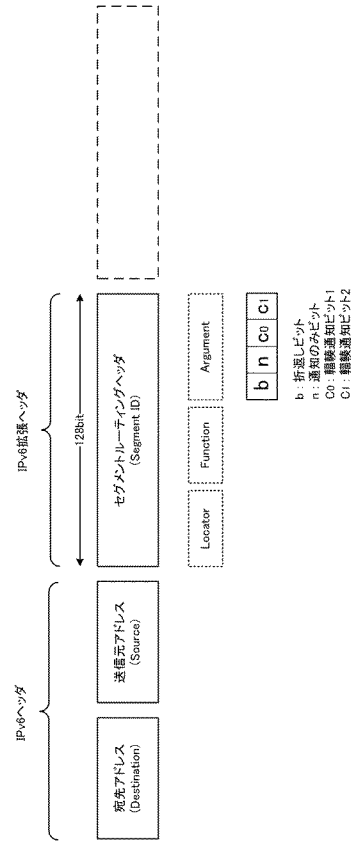
【 図 2 】



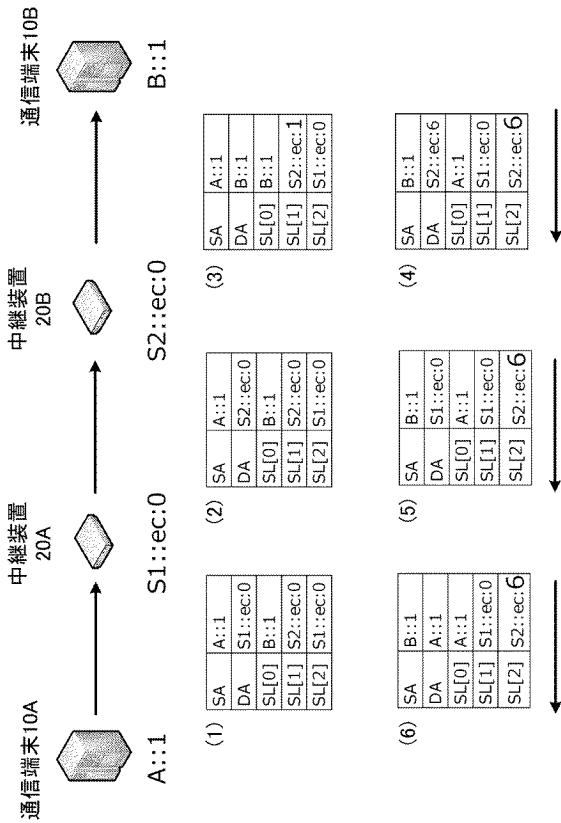
【 図 3 】



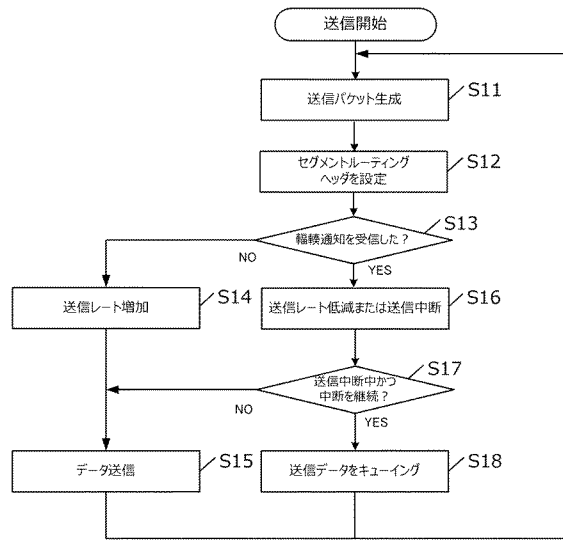
【 図 4 】



【図5】

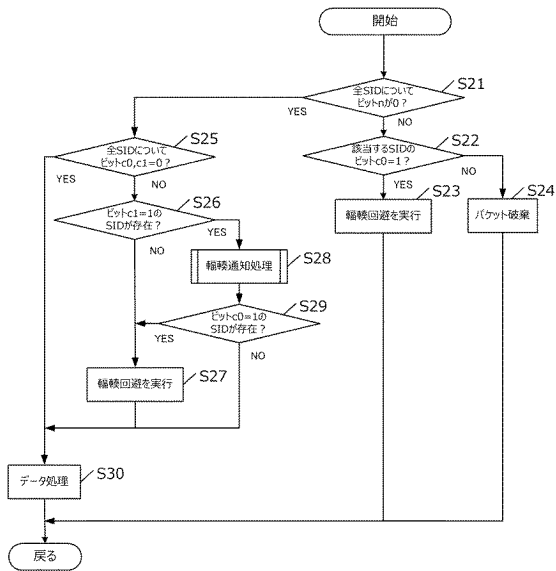


【図6】



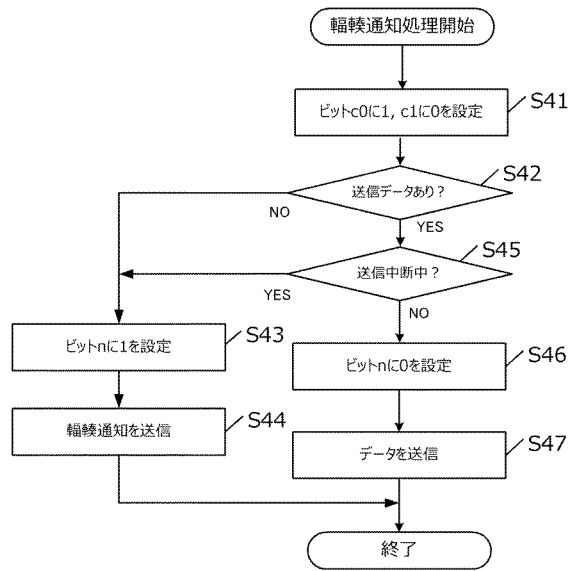
通信装置が行うパケット送信フロー

【図7】



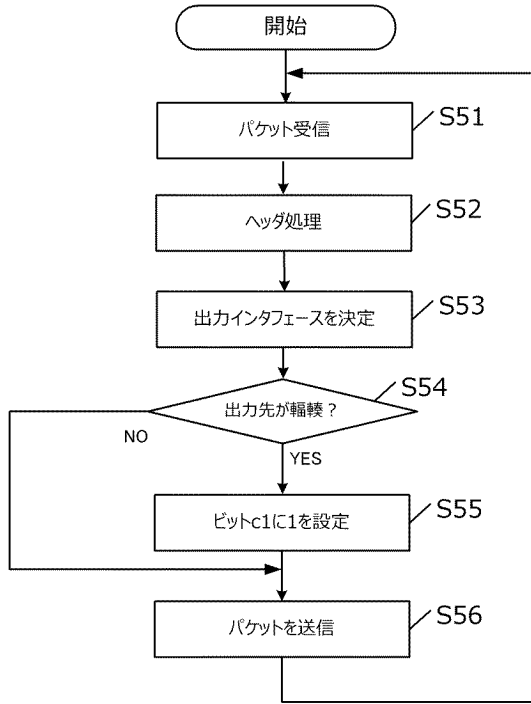
通信装置が行うパケット受信フロー

【図8】



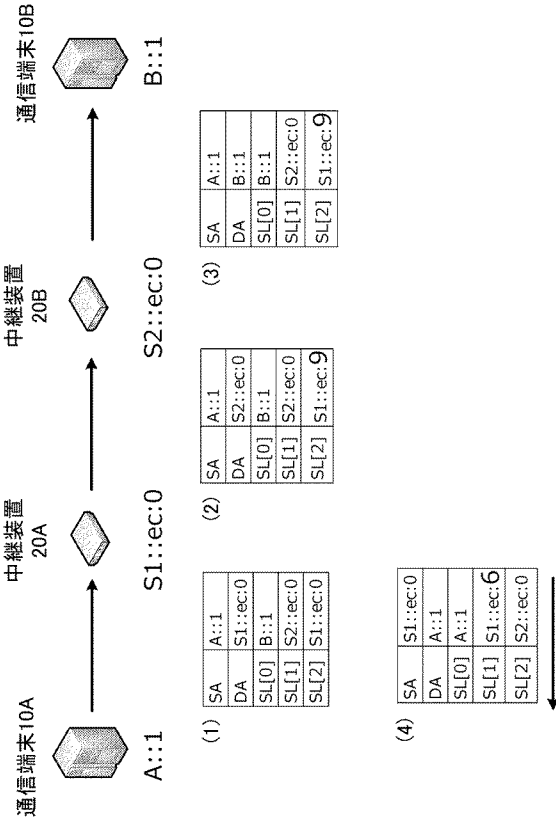
通信装置が行う輾轉通知処理フロー

【図9】

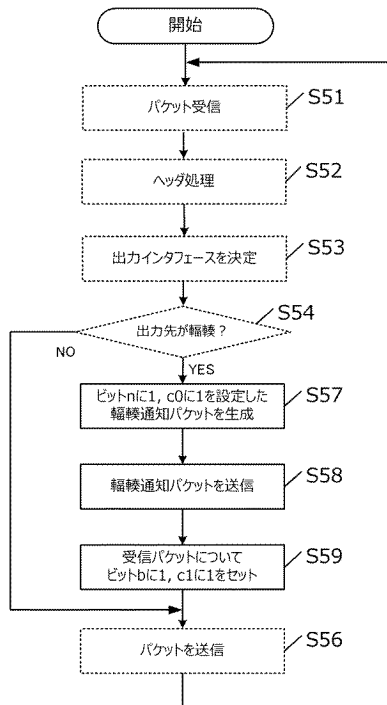


中継装置が行う処理フロー

【図10】

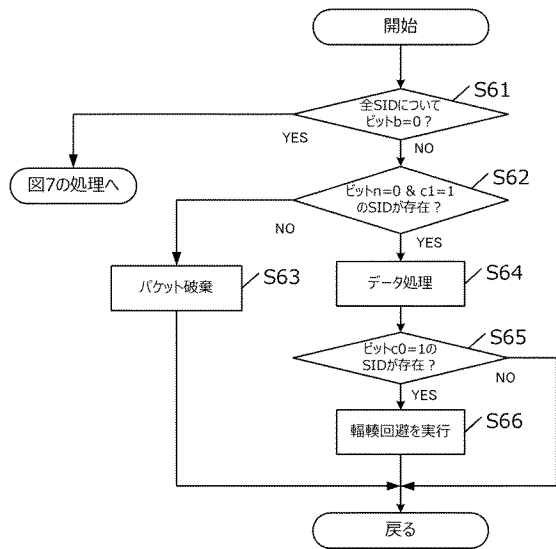


【図11】



中継装置が行う処理フロー
(第二の実施形態)

【図12】



通信装置が行うパケット受信フロー
(第二の実施形態)

フロントページの続き

(72)発明者 屏 雄一郎

東京都港区赤坂6丁目6番20号 株式会社トヨタIT開発センター内

Fターム(参考) 5K030 GA11 HA08 JA11 LB08 LC11 MB02 MC07