(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7274516号
(P7274516)

(45)発行日　令和5年5月16日(2023.5.16)

(24)登録日　令和5年5月8日(2023.5.8)

(51)国際特許分類
Ｈ０４Ｌ　45/00　(2022.01)

ＦＩ
Ｈ０４Ｌ　45/00

請求項の数　36　外国語出願　（全44頁）

(21)出願番号　特願2021-18955(P2021-18955)
(22)出願日　令和3年2月9日(2021.2.9)
(65)公開番号　特開2021-129300(P2021-129300A)
(43)公開日　令和3年9月2日(2021.9.2)
審査請求日　令和3年3月22日(2021.3.22)
(31)優先権主張番号　202010085223.8
(32)優先日　令和2年2月10日(2020.2.10)
(33)優先権主張国・地域又は機関
中国(CN)
前置審査

(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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　ハイブリッドネットワークでパケットを転送するための方法、デバイス、及びシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

パケット転送方法であって、

セグメントルーティングデバイスにより、第1のネットワークから第1のパケットを受信するステップであって、前記第1のパケットの第1のパケットヘッダがセグメントリストを含み、前記セグメントリストが、順次配置された複数の識別子を含み、前記複数の識別子が少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含み、前記第1のタイプの識別子のタイプが前記第2のタイプの識別子のタイプとは異なり、前記第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクが前記第1のネットワーク上にあり、前記第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクが第2のネットワーク上にあり、前記第1のネットワークが前記第2のネットワークとは異なり、前記セグメントルーティングデバイスは、前記第1のネットワークおよび／または前記第2のネットワークのエッジデバイスである、ステップと、

前記セグメントルーティングデバイスにより、前記第1のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化して、第2のパケットを生成するステップであって、前記第2のパケットヘッダが前記複数の第2のタイプの識別子を含む、ステップと、

前記セグメントルーティングデバイスにより、前記第2のパケットを前記第2のネットワークに送信するステップと

を含み、

前記セグメントリストが指示識別子を含み、前記指示識別子が前記複数の第2のタイプの

識別子の開始位置を示すために使用される方法。
【請求項２】
前記少なくとも1つの第1のタイプの識別子が、長さが128ビットのセグメント識別子又は長さが128ビット未満の圧縮セグメント識別子を含む、請求項1に記載の方法。
【請求項３】
前記複数の第2のタイプの識別子が互いに隣接し、
前記第1のタイプの識別子が前記複数の第2のタイプの識別子の前に位置するか、又は前記第1のタイプの識別子が前記複数の第2のタイプの識別子の後に位置する、請求項2に記載の方法。
【請求項４】
前記指示識別子が、第1のタイプの識別子のうちの前記少なくとも1つの第1のタイプの識別子の後、かつ前記複数の第2のタイプの識別子の前に位置し、前記指示識別子の長さが、前記圧縮セグメント識別子の長さと同じである、請求項2に記載の方法。
【請求項５】
前記指示識別子が終了セグメント識別子に含まれ、前記終了セグメント識別子が前記少なくとも1つの第1のタイプの識別子のうちの1つであり、前記終了セグメント識別子が前記複数の第2のタイプの識別子における1番目の識別子に隣接し、前記終了セグメント識別子が前記1番目の識別子の前に位置する、請求項1に記載の方法。
【請求項６】
前記指示識別子が、セグメント・ルーティング・インターネット・プロトコル・バージョン6（SRv6）ネットワーク上の機能を識別するために使用され、前記指示識別子が、前記終了セグメント識別子の機能フィールド内に位置する、請求項5に記載の方法。
【請求項７】
前記複数の第2のタイプの識別子が互いに隣接し、前記複数の第2のタイプの識別子がマルチプロトコルラベルスイッチ（MPLS）ラベルを含み、前記第2のパケットヘッダがMPLSパケットヘッダであり、前記第2のネットワークがMPLSネットワークである、請求項1から6のいずれか一項に記載の方法。
【請求項８】
前記第1のパケットが終了識別子をさらに含み、
前記セグメントルーティングデバイスにより、前記第1のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化する前記ステップが、
前記セグメントルーティングデバイスにより、前記終了識別子に基づいて前記複数の第2のタイプの識別子における最後の識別子を判定するステップ
をさらに含む、請求項7に記載の方法。
【請求項９】
前記第1のパケットが数量識別子をさらに含み、
前記セグメントルーティングデバイスにより、前記第1のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化する前記ステップが、
前記セグメントルーティングデバイスにより、前記数量識別子に基づいて前記複数の第2のタイプの識別子における識別子の数量を判定するステップ
をさらに含む、請求項7に記載の方法。
【請求項１０】
前記複数の第2のタイプの識別子がインターネット・プロトコル・バージョン4（IPv4）アドレスを含み、前記第2のパケットヘッダがIPv4パケットヘッダであり、前記第2のネットワークがIPv4ネットワークであり、前記複数の第2のタイプの識別子が送信元識別子及び宛先識別子を含み、前記送信元識別子がIPv4トンネルの送信元アドレスに対応し、前記宛先識別子が前記IPv4トンネルの宛先アドレスに対応し、前記IPv4トンネルが前記第2のパケットを転送するために使用される、請求項1から6のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１１】

前記セグメントリストがタイプ識別子を含み、前記タイプ識別子が前記IPv4トンネルのタイプを示すために使用される、請求項10に記載の方法。

【請求項１２】

前記第1のパケットがポインタをさらに含み、

前記セグメントルーティングデバイスにより、前記第1のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化する前記ステップが、

前記セグメントルーティングデバイスにより、前記ポインタに基づいて前記セグメントリスト内の前記複数の第2のタイプの識別子における1番目の識別子の位置を判定するステップ

を含む、請求項1から11のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１３】

前記セグメントリストが、長さが128ビットの要素を含み、前記複数の第2のタイプの識別子における1番目の識別子が、前記要素における1番目の識別子である、請求項1から12のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１４】

前記第2のパケットがIPv6パケットヘッダを含み、前記方法が、

前記IPv6パケットヘッダの宛先アドレスフィールドにクロスドメイン識別子を追加するステップであって、前記クロスドメイン識別子が前記少なくとも1つの第1のタイプの識別子のうちの1つであり、前記クロスドメイン識別子が、長さが128ビットのセグメント識別子又は長さが128ビット未満の圧縮セグメント識別子である、ステップ

をさらに含む、請求項1から13のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１５】

前記セグメントリストは指示識別子を含み、前記セグメントルーティングデバイスにより、前記第1のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化する前記ステップが、

前記指示識別子に従って、前記第1のパケットの前記第2のパケットヘッダをカプセル化するステップ

をさらに含む、請求項1から3のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１６】

前記セグメントルーティングデバイスにより、前記第1のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化する前記ステップが、

前記指示識別子に従って、前記第1のパケットの前記第2のパケットヘッダをカプセル化するステップ

をさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項１７】

前記指示識別子は、END.Mセグメント識別子、またはEND.4セグメント識別子である、請求項15または16に記載の方法。

【請求項１８】

前記第1のパケットヘッダは、前記第2のパケットに保持される、請求項15から17のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１９】

セグメントリストの生成方法であって、

コントローラにより、パケットの転送パスを判定するステップであって、前記転送パスが、少なくとも2つのネットワーク上に位置する複数のネットワークデバイスを含み、前記少なくとも2つのネットワークが第1のネットワーク及び第2のネットワークを含み、前記第1のネットワークが前記第2のネットワークとは異なる、ステップと、

前記コントローラにより、前記転送パスに対応する前記セグメントリストを生成するステップであって、前記セグメントリストが、順次配置された複数の識別子を含み、前記複数の識別子が少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含み、前記第1のタイプの識別子のタイプが前記第2のタイプの識別子のタイプとは異なり、前記第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクが前記第1

のネットワーク上にあり、前記第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクが前記第2のネットワーク上にある、ステップと、
前記コントローラにより、前記転送パス上の入口デバイスに前記セグメントリストを送信するステップと
を含み、
前記セグメントリストが指示識別子を含み、前記指示識別子が前記第2のタイプの識別子の開始位置を示すために使用される、方法。
【請求項２０】
前記セグメントリストは指示識別子を含み、前記指示識別子は、第1のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化して第2のパケットを生成することを指示するために使用され、前記第1のパケットの第1のパケットヘッダは、前記セグメントリストを含み、前記第2のパケットヘッダは、前記複数の第2のタイプの識別子を含む、請求項19に記載の方法。
【請求項２１】
前記指示識別子は、END.Mセグメント識別子、またはEND.4セグメント識別子である、請求項20に記載の方法。
【請求項２２】
ネットワークデバイスであって、
命令を含むメモリと、
前記メモリに接続された1つ又は複数のプロセッサと
を含み、
前記命令は、前記1つ又は複数のプロセッサによって実行されたときに、前記ネットワークデバイスに、
第1のネットワークから第1のパケットを受信することであって、前記第1のパケットの第1のパケットヘッダがセグメントリストを含み、前記セグメントリストが、順次配置された複数の識別子を含み、前記複数の識別子が少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含み、前記第1のタイプの識別子のタイプが前記第2のタイプの識別子のタイプとは異なり、前記第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクが前記第1のネットワーク上にあり、前記第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクが第2のネットワーク上にあり、前記第1のネットワークが前記第2のネットワークとは異なり、前記ネットワークデバイスは、前記第1のネットワークおよび／または前記第2のネットワークのエッジデバイスである、ことと、
前記第1のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化して、第2のパケットを形成することであって、前記第2のパケットヘッダが前記複数の第2のタイプの識別子を含む、ことと、
前記第2のパケットを前記第2のネットワークに送信することと
を実行させ、
前記セグメントリストが指示識別子を含み、前記指示識別子が前記第2のタイプの識別子の開始位置を示すために使用される、デバイス。
【請求項２３】
前記少なくとも1つの第1のタイプの識別子が、長さが128ビットのセグメント識別子又は長さが128ビット未満の圧縮セグメント識別子を含む、請求項22に記載のデバイス。
【請求項２４】
前記複数の第2のタイプの識別子が互いに隣接し、
前記第1のタイプの識別子が前記複数の第2のタイプの識別子の前に位置するか、又は前記第1のタイプの識別子が前記複数の第2のタイプの識別子の後に位置する、請求項23に記載のデバイス。
【請求項２５】
前記指示識別子が、第1のタイプの識別子のうちの前記少なくとも1つの第1のタイプの識別子の後、かつ前記複数の第2のタイプの識別子の前に位置し、前記指示識別子の長さ

が、前記圧縮セグメント識別子の長さと同じである、請求項23に記載のデバイス。
【請求項２６】
前記指示識別子が終了セグメント識別子に含まれ、前記終了セグメント識別子が前記少なくとも1つの第1のタイプの識別子のうちの1つであり、前記終了セグメント識別子が前記複数の第2のタイプの識別子における1番目の識別子に隣接し、前記終了セグメント識別子が前記1番目の識別子の前に位置する、請求項22に記載のデバイス。
【請求項２７】
前記指示識別子が、セグメント・ルーティング・インターネット・プロトコル・バージョン6（SRv6）ネットワーク上の機能を識別するために使用され、前記指示識別子が、前記終了セグメント識別子の機能フィールド内に位置する、請求項26に記載のデバイス。
【請求項２８】
前記複数の第2のタイプの識別子が互いに隣接し、前記複数の第2のタイプの識別子がマルチプロトコルラベルスイッチ（MPLS）ラベルを含み、前記第2のパケットヘッダがMPLSパケットヘッダであり、前記第2のネットワークがMPLSネットワークである、請求項22から27のいずれか一項に記載のデバイス。
【請求項２９】
前記第1のパケットが識別子をさらに含み、
前記第1のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化することが、
前記識別子に基づいて前記複数の第2のタイプの識別子における最後の識別子を判定すること
をさらに含む、請求項28に記載のデバイス。
【請求項３０】
前記複数の第2のタイプの識別子がインターネット・プロトコル・バージョン4（IPv4）アドレスを含み、前記第2のパケットヘッダがIPv4パケットヘッダであり、前記第2のネットワークがIPv4ネットワークであり、前記複数の第2のタイプの識別子が送信元識別子及び宛先識別子を含み、前記送信元識別子がIPv4トンネルの送信元アドレスに対応し、前記宛先識別子が前記IPv4トンネルの宛先アドレスに対応し、前記IPv4トンネルが前記第2のパケットを転送するために使用される、請求項22から27のいずれか一項に記載のデバイス。
【請求項３１】
前記セグメントリストがタイプ識別子を含み、前記タイプ識別子が前記IPv4トンネルのタイプを示すために使用される、請求項30に記載のデバイス。
【請求項３２】
前記第1のパケットがポインタをさらに含み、
前記第1のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化することが、
前記ポインタに基づいて前記セグメントリスト内の前記複数の第2のタイプの識別子における1番目の識別子の位置を判定すること
を含む、請求項22から31のいずれか一項に記載のデバイス。
【請求項３３】
前記セグメントリストが、長さが128ビットの要素を含み、前記複数の第2のタイプの識別子における1番目の識別子が、前記要素における1番目の識別子である、請求項22から32のいずれか一項に記載のデバイス。
【請求項３４】
前記第2のパケットがIPv6パケットヘッダを含み、前記ネットワークデバイスが、
前記IPv6パケットヘッダの宛先アドレスフィールドにクロスドメイン識別子を追加することであって、前記クロスドメイン識別子が前記少なくとも1つの第1のタイプの識別子のうちの1つであり、前記クロスドメイン識別子が、長さが128ビットのセグメント識別子又は長さが128ビット未満の圧縮セグメント識別子である、こと
をさらに実行する、請求項22から33のいずれか一項に記載のデバイス。
【請求項３５】

コンピュータ可読記憶媒体であって、前記コンピュータ可読記憶媒体がコンピュータプログラムを格納し、前記コンピュータプログラムがプロセッサ上で実行されるとき、コンピュータに請求項1から18のいずれか一項に記載の方法を実施させる、コンピュータ可読記憶媒体。

【請求項３６】

ネットワークシステムであって、前記ネットワークシステムは、第1のネットワークデバイスと、コントローラと、を具備し、前記第1のネットワークデバイスは、請求項1から18のいずれか一項に記載の方法を実施するように構成されており、前記コントローラは、請求項19から21のいずれか一項の方法を実施するように構成されている、ネットワークシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本出願は、通信分野、詳細には、ハイブリッドネットワークでパケットを転送するための方法、ネットワークデバイス、及びシステムに関する。

【背景技術】

【０００２】

SRは、ネットワーク上でデータパケットを転送するために、ソースルーティングの概念に基づいて設計されたプロトコルである。SRは、送信元ノードでのデータパケットの転送パスの明示的な指定をサポートしている。インターネット・プロトコル・バージョン6（Internet Protocol Version 6、IPv6）データプレーンに展開される場合、SRはIPv6 segment routing（SRv6）と呼ばれる。マルチプロトコルラベルスイッチ（Multi Protocol Label Switch、MPLS）データプレーンに展開される場合、SRはSR-MPLSと呼ばれる。

【０００３】

SRv6は、IPv6に基づいてセグメントルーティングヘッダ（segment routing header、SRH）を拡張する。SRHはセグメントリスト（segmentlist）を含み、転送パス上の入口デバイス上で転送パス全体のプログラミングをサポートするために使用される。具体的には、セグメントリストは、順次配置される複数のセグメント識別子（segment identifiers、SID）を含み、各SIDは、パケット転送パス上の1つのノード又はリンクに対応する。セグメントリストを含むSRHは、データパケットにカプセル化される。そのため、パケット転送処理では、セグメントリスト内の各SIDによって示される転送処理が順次行われ、パケット転送が実施される。

【０００４】

しかしながら、実際のネットワークシナリオでは、パケット転送パスは通常、SRv6をサポートしないネットワークデバイス、例えば、MPLSをサポートするネットワークデバイスやIPv4をサポートするネットワークデバイスを通過する必要がある。したがって、セグメントリストに転送パス全体をプログラムすることはできない。従来技術では、複数のタイプのネットワークデバイスを含む前述のパスの場合、パス全体でのパケット転送は、一般に、セグメントベースのパス計算及びセグメントごとのスプライシングの方法で完了する。その結果、グローバルな最適パスを取得できず、スプライシングノードでの構成が複雑になるという技術的な問題が発生する。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【０００５】

本出願は、グローバルな最適パスを取得できず、スプライシングノードでの設定が複雑になるという技術的な問題を解決するためのパケット転送方法、デバイス、及びシステムを提供するものである。

【０００６】

第1の態様によれば、本出願は、パケット転送方法を提供する。この方法は、セグメン

トルーティングデバイスが第1のネットワークから第1のパケットを受信するステップを含む。第1のパケットの第1のパケットヘッダは、セグメントリストを含む。セグメントリストは、順次配置された複数の識別子を含む。複数の識別子のそれぞれは、1つのネットワークデバイス又は1つのリンクを識別するために使用される。複数の識別子は、少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含む。第1のタイプの識別子のタイプは、第2のタイプの識別子のタイプとは異なる。第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第1のネットワーク上にある。第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第2のネットワーク上にある。第1のネットワークのタイプは、第2のネットワークのタイプとは異なる。セグメントルーティングデバイスは、第1のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化して、第2のパケットを形成する。第2のパケットヘッダは、複数の第2のタイプの識別子を含む。セグメントルーティングデバイスは、第2のパケットを第2のネットワークに送信する。

【０００７】

この方法は、パケット転送パス上の中間ノードによって実行され得る。この方法では、複数のタイプの識別子がパケットのセグメントリストで使用されて、複数のタイプのネットワーク上のネットワークデバイスを識別する。複数のタイプの識別子は、ハイブリッド方式でセグメントリストに配置される。セグメントリストを直接使用することによるパケット転送のガイドをサポートしていないネットワークの入口デバイスでは、ネットワーク上のセグメント転送パスに対応するいくつかの識別子をセグメントリストから取得してもよく、これらの識別子はパケットの特定の位置にコピーされる。このようにして、ネットワーク上の別のネットワークデバイスは、ネットワーク上のパケット転送をガイドする特定の方法に従ってパケットを転送できる。この方法によれば、複数のタイプのネットワークを通過するパケット転送パスをセグメントリストにプログラムすることができ、セグメントベースのパス計算及びセグメントごとのスプライシングを回避するために、セグメントリストがパケットにカプセル化される。これにより、グローバルな最適パス計画が容易になり、ネットワーク構成が簡素化される。

【０００８】

可能な実装では、少なくとも1つの第1のタイプの識別子は、長さが128ビットのセグメント識別子又は長さが128ビット未満の圧縮セグメント識別子を含む。第1のタイプの識別子は、セグメントリスト内のSID又は圧縮セグメント識別子であってもよく、SRv6ネットワーク上のネットワークデバイス又はリンクを識別するために使用される。

【０００９】

可能な実装では、複数の第2のタイプの識別子は互いに隣接し、第1のタイプの識別子は複数の第2のタイプの識別子の前に位置するか、又は第1のタイプの識別子は複数の第2のタイプの識別子の後に位置する。

【００１０】

可能な実装では、セグメントリストは指示識別子を含み、指示識別子は、第2のタイプの識別子の開始位置を示すために使用される。指示識別子を読み取るとき、パケット転送パス上の中間ノードは、第2のタイプの識別子の開始位置を知る。

【００１１】

可能な実装では、指示識別子は、第1のタイプの識別子の後、複数の第2のタイプの識別子の前に位置する。この場合、指示識別子は、第1のタイプの識別子と第2のタイプの識別子との間の独立した識別子である。

【００１２】

可能な実装では、指示識別子の長さは、圧縮セグメント識別子の長さと同じである。例えば、圧縮セグメント識別子の長さが32ビットである場合、指示識別子の長さも32ビットであり得る。

【００１３】

可能な実装では、指示識別子は終了セグメント識別子に含まれる。終了セグメント識別

子は、少なくとも1つの第1のタイプの識別子のうちの1つである。終了セグメント識別子は、複数の第2のタイプの識別子における1番目の識別子に隣接し、終了セグメント識別子は、当該1番目の識別子の前に位置する。この場合、終了セグメント識別子によって示されるネットワークデバイス又はリンクは、SRv6ネットワークのエッジに位置する。

【００１４】

可能な実装では、終了セグメント識別子は、長さが128ビットのセグメント識別子又は長さが128ビット未満の圧縮セグメント識別子である。

【００１５】

可能な実装では、指示識別子は、セグメント・ルーティング・インターネット・プロトコル・バージョン6 SRv6ネットワーク上の機能を識別するために使用され、指示識別子は、終了セグメント識別子の機能フィールドに位置する。この場合、指示識別子はセグメント識別子の機能フィールドにあり、SRv6ネットワーク上の機能を示すために使用される。

【００１６】

可能な実装では、複数の第2のタイプの識別子は互いに隣接している。複数の第2のタイプの識別子は、マルチプロトコルラベルスイッチMPLSラベルを含む。第2のパケットヘッダはMPLSパケットヘッダである。第2のネットワークはMPLSネットワークである。

【００１７】

可能な実装では、第1のパケットは終了識別子をさらに含む。セグメントルーティングデバイスが第1のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化するステップは、セグメントルーティングデバイスが終了識別子に基づいて複数の第2のタイプの識別子における最後の識別子を判定するステップをさらに含む。例えば、パケット転送パス上の中間ノードがセグメントリスト内の複数の第2のタイプの識別子を順次読み取る場合、終了識別子が読み取られると、中間ノードは、複数の第2のタイプの識別子が終了したことを知る。

【００１８】

可能な実装では、終了識別子はセグメントリストに含まれ、終了識別子は複数の第2のタイプの識別子の後に位置する。この場合、終了識別子は、複数の第2のタイプの識別子の後の独立した識別子である。

【００１９】

可能な実装では、終了識別子はセグメントリストに含まれ、終了識別子は複数の第2のタイプの識別子における最後の識別子に位置する。

【００２０】

可能な実装では、第1のパケットは数量識別子をさらに含む。セグメントルーティングデバイスが第1のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化することは、セグメントルーティングデバイスが、数量識別子に基づいて、複数の第2のタイプの識別子の数量を判定することをさらに含む。例えば、パケット転送パス上の中間ノードは、数量に基づいてセグメントリスト内の複数の第2のタイプの識別子を順次読み取り、数量の識別子が読み取られた後に停止する。

【００２１】

可能な実装では、数量識別子は終了セグメント識別子に含まれる。終了セグメント識別子は、少なくとも1つの第1のタイプの識別子のうちの1つである。終了セグメント識別子は、複数の第2のタイプの識別子における1番目の識別子に隣接し、終了セグメント識別子は、当該1番目の識別子の前に位置する。

【００２２】

可能な実装では、数量識別子は、複数の第2のタイプの識別子における1番目の識別子に含まれる。

【００２３】

可能な実装では、複数の第2のタイプの識別子は、インターネット・プロトコル・バージョン4のIPv4アドレスを含む。第2のパケットヘッダはIPv4パケットヘッダである。第2のネットワークはIPv4ネットワークである。

【００２４】

可能な実装では、複数の第2のタイプの識別子は、送信元識別子及び宛先識別子を含む。送信元識別子は、IPv4トンネルの送信元アドレスに対応する。宛先識別子は、IPv4トンネルの宛先アドレスに対応する。第2のタイプの識別子がIPv4アドレスの場合、セグメントリストは少なくともIPv4トンネルの送信元アドレスと宛先アドレスを含む。

【００２５】

可能な実装では、セグメントリストはタイプ識別子を含み、タイプ識別子はIPv4トンネルタイプを示すために使用される。IPv4トンネルは、第2のパケットを転送するために使用される。

【００２６】

可能な実装では、第1のパケットヘッダはセグメントルーティングヘッダSRHである。

【００２７】

可能な実装では、第1のパケットはポインタをさらに含む。セグメントルーティングデバイスが第1のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化するステップは、セグメントルーティングデバイスが、ポインタに基づいて、セグメントリスト内の複数の第2のタイプの識別子における1番目の識別子の位置を判定するステップを含む。

【００２８】

可能な実装では、セグメントリストは、長さが128ビットの要素を含み、複数の第2のタイプの識別子における1番目の識別子は、要素における1番目の識別子である。例えば、セグメントリストにおいて、少なくとも1つの第1のタイプの識別子の後、複数の第2のタイプの識別子は、セグメントリスト内の新しい要素内に配置され始め、前の第1のタイプの識別子と同じ要素内には配置されない。

【００２９】

可能な実装では、第2のパケットはIPv6パケットヘッダを含む。この方法は、IPv6パケットヘッダの宛先アドレスフィールドにクロスドメイン識別子を追加するステップをさらに含み、クロスドメイン識別子は、少なくとも1つの第1のタイプの識別子のうちの1つであり、また、クロスドメイン識別子は、長さが128ビットのセグメント識別子又は長さが128ビット未満の圧縮セグメント識別子である。パケットが第2のネットワークを通過した後、転送のために第1のネットワークにさらに入るとき、パケット転送パスの中間ノードは、第2のパケットヘッダを追加して、第2のネットワーク上のパケットの転送をガイドするだけでなく、パケットが第2のネットワークを通過した後、第2のネットワークの後にある第1のネットワーク上のノードのSIDをパケットのDAフィールドに追加して、第1のネットワークへのパケットの継続的な転送をガイドする。

【００３０】

第2の態様によれば、本出願は、パケット転送方法を提供する。この方法は、セグメントルーティングデバイスが第1のパケットを受信するステップを含む。セグメントルーティングデバイスは、第1のパケットにセグメントリストを追加して、第2のパケットを形成する。セグメントリストは、第2のパケットの転送パスを示す。転送パスは、複数のネットワークデバイスを含む。セグメントリストは、順次配置された複数の識別子を含む。複数の識別子のそれぞれは、転送パス上の複数のネットワークデバイスのうちの1つ又は1つのリンクを識別するために使用される。複数の識別子は、少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含む。第1のタイプの識別子のタイプは、第2のタイプの識別子のタイプとは異なる。第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第1のネットワーク上にある。第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第2のネットワーク上にある。第1のネットワークのタイプは、第2のネットワークのタイプとは異なる。セグメントルーティングデバイスは、第2のパケットを送信する。

【００３１】

この方法は、パケット転送パス上の入口デバイスによって実行され得る。この方法では、複数のタイプの識別子がパケットのセグメントリストで使用されて、複数のタイプのネットワーク上のネットワークデバイスを識別する。複数のタイプの識別子は、ハイブリッ

ド方式でセグメントリストに配置される。セグメントリストを直接使用することによるパケット転送のガイドをサポートしていないネットワークの入口デバイスでは、ネットワーク上のセグメント転送パスに対応するいくつかの識別子をセグメントリストから取得してもよく、これらの識別子はパケットの特定の位置にコピーされる。このようにして、ネットワーク上の別のネットワークデバイスは、ネットワーク上のパケット転送をガイドする特定の方法に従ってパケットを転送できる。この方法によれば、複数のタイプのネットワークを通過するパケット転送パスをセグメントリストにプログラムすることができ、セグメントベースのパス計算及びセグメントごとのスプライシングを回避するために、パケット転送パスの入口デバイス上でセグメントリストがパケットにカプセル化される。これにより、グローバルな最適パス計画が容易になり、ネットワーク構成が簡素化される。

【００３２】

可能な実装では、この方法は、セグメントルーティングデバイスが、コントローラから制御パケットを受信するステップをさらに含み、制御パケットはセグメントリストを含む。

【００３３】

可能な実装では、制御パケットはハイブリッドフラグを含む。ハイブリッドフラグは、複数の識別子が少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含み、第1のタイプの識別子のタイプが第2のタイプの識別子のタイプとは異なることを示すために使用される。

【００３４】

可能な実装では、セグメントルーティングデバイスがセグメントリストを第1のパケットに追加して第2のパケットを形成する前に、この方法は、セグメントルーティングデバイスが転送パスを判定し、セグメントルーティングデバイスが転送パスに対応するセグメントリストを生成するステップをさらに含む。

【００３５】

第3の態様によれば、本出願は、セグメントリストの生成方法を提供する。この方法は、コントローラがパケットの転送パスを判定するステップを含む。転送パスは、少なくとも2つのネットワーク上に位置する複数のネットワークデバイスを含む。少なくとも2つのネットワークは、第1のネットワーク及び第2のネットワークを含む。第1のネットワークのタイプは、第2のネットワークのタイプとは異なる。コントローラは、転送パスに対応するセグメントリストを生成する。セグメントリストは、順次配置された複数の識別子を含む。複数の識別子のそれぞれは、転送パス上の複数のネットワークデバイスのうちの1つ又は1つのリンクに対応する。複数の識別子は、少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含む。第1のタイプの識別子のタイプは、第2のタイプの識別子のタイプとは異なる。第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第1のネットワーク上にある。第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第2のネットワーク上にある。コントローラは、転送パス上の入口デバイスにセグメントリストを送信する。

【００３６】

この方法は、ネットワーク上のコントローラによって実行され得る。実際のネットワーク上では、パケットの転送パスは、コントローラによって生成されてもよいし、転送パス上の入口ノードによって生成されてもよい。コントローラがパケットの転送パスを生成するとき、コントローラは転送パスを示すセグメントリストも生成する。セグメントリストは、第1のタイプの識別子及び第2のタイプの識別子を含むセグメントリスト、すなわち、ハイブリッドセグメントリスト又は汎用セグメントリストであり得る。コントローラは、転送パス上の入口ノードにセグメントリストを送信する。パケットを受信した後、転送パス上の入口ノードは、デバイスに格納されているいくつかの転送パスからパケットの転送パスを判定し、転送パスに対応するセグメントリストを判定する。パケットの転送をガイドするために、セグメントリストがパケットに追加される。

【００３７】

第4の態様によれば、本出願は、第1の態様又は第1の態様の可能な実装のいずれか1つ

における方法を実行するために、ネットワークデバイスを提供する。具体的には、ネットワークデバイスは、第1の態様又は第1の態様の可能な実装のいずれか1つにおける方法を実行するように構成されたユニットを含む。

【００３８】

第5の態様によれば、本出願は、第2の態様又は第2の態様の可能な実装のいずれか1つにおける方法を実行するためのネットワークデバイスを提供する。具体的には、ネットワークデバイスは、第2の態様又は第2の態様の可能な実装のいずれか1つにおける方法を実行するように構成されたユニットを含む。

【００３９】

第6の態様によれば、本出願は、第3の態様における方法を実行するためのコントローラを提供する。具体的には、ネットワークデバイスは、第3の態様における方法を実行するように構成されたユニットを含む。

【００４０】

第7の態様によれば、本出願は、ネットワークデバイスを提供する。ネットワークデバイスは、プロセッサ、通信インターフェース、及びメモリを含む。通信インターフェースはトランシーバであり得る。メモリは、プログラムコードを格納するように構成することができる。プロセッサは、メモリ内のプログラムコードを呼び出して、第1の態様又は第1の態様の可能な実装のいずれか1つにおいて方法を実行するように構成される。詳細については、本明細書では再度説明しない。

【００４１】

第8の態様によれば、本出願は、ネットワークデバイスを提供する。ネットワークデバイスは、プロセッサ、通信インターフェース、及びメモリを含む。通信インターフェースはトランシーバであり得る。メモリは、プログラムコードを格納するように構成することができる。プロセッサは、メモリ内のプログラムコードを呼び出して、第2の態様又は第2の態様の可能な実装のいずれか1つにおいて方法を実行するように構成される。詳細については、本明細書では再度説明しない。

【００４２】

第9の態様によれば、本出願はコントローラを提供する。コントローラは、プロセッサ、通信インターフェース、及びメモリを含む。通信インターフェースはトランシーバであり得る。メモリは、プログラムコードを格納するように構成することができる。プロセッサは、メモリ内のプログラムコードを呼び出して、第3の態様における方法を実行するように構成される。詳細については、本明細書では再度説明しない。

【００４３】

第10の側面によると、本出願は、ネットワークシステムを提供する。ネットワークシステムは、第4の態様又は第5の態様で提供されるネットワークデバイスを含む。あるいは、ネットワークシステムは、第7の態様又は第8の態様で提供されるネットワークデバイスを含む。

【００４４】

第11の態様によれば、本出願は、ネットワークシステムを提供する。ネットワークシステムは、第4の態様又は第5の態様で提供されるネットワークデバイスと、第6の態様で提供されるコントローラとを含む。あるいは、ネットワークシステムは、第7の態様又は第8の態様で提供されるネットワークデバイスと、第9の態様で提供されるコントローラとを含む。

【００４５】

第12の態様によれば、本出願は、コンピュータ可読記憶媒体を提供する。コンピュータ可読記憶媒体は命令を格納する。コンピュータ上で命令が実行されるとき、コンピュータは、前述の態様における方法を実行することが可能になる。

【００４６】

第13の態様によれば、本出願は、コンピュータプログラム命令を含むコンピュータプログラム製品を提供する。コンピュータプログラム製品がネットワークデバイス上で実行さ

れるとき、ネットワークデバイスは、第1の態様、第2の態様、第3の態様、第1の態様の可能な実装のいずれか1つ、又は第2の態様の可能な実装のいずれか1つにおいて提供される方法を実行することが可能になる。

【００４７】

第14の態様によれば、本出願は、メモリ及びプロセッサを含むチップを提供する。メモリは、コンピュータプログラムを格納するように構成される。プロセッサは、メモリからコンピュータプログラムを呼び出してコンピュータプログラムを実行し、第1の態様及び第1の態様の可能な実装のいずれか1つにおける方法を実行するか、又は、プロセッサは、第2の態様又は第2の態様の可能な実装のいずれか1つにおける方法を実行するか、又は、プロセッサは、第3の態様における方法を実行する。

【００４８】

任意選択により、チップはプロセッサのみを含み、プロセッサはメモリに格納されているコンピュータプログラムを読み取って実行するように構成される。コンピュータプログラムが実行されるとき、プロセッサは、第1の態様又は第1の態様の可能な実装のいずれか1つにおいて方法を実行するか、又は、プロセッサは、第2の態様又は第2の態様の可能な実装のいずれか1つにおける方法を実行するか、又は、プロセッサは、第3の態様における方法を実行する。

【００４９】

第15の態様によれば、本出願は、ネットワークノードを提供する。ネットワークノードは、主制御ボードとインターフェースボードを含む。主制御ボードは、第1のプロセッサ及び第1のメモリを含む。インターフェースボードは、第2のプロセッサ、第2のメモリ、及びインターフェースカードが含を含む。主制御ボードとインターフェースボードは接続されている。

【００５０】

第1のメモリは、プログラムコードを格納するように構成することができる。第1のプロセッサは、第1のメモリ内のプログラムコードを呼び出して、次の動作を実行するように構成される。第1のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化して、第2のパケットを形成し、ここで、第2のパケットヘッダは、複数の第2のタイプの識別子を含む。

【００５１】

第2のメモリは、プログラムコードを格納するように構成することができる。第2のプロセッサは、第2のメモリ内のプログラムコードを呼び出し、インターフェースカードをトリガして次の動作、すなわち、第1のネットワークから第1のパケットを受信する動作であって、第1のパケットの第1のパケットヘッダはセグメントリストを含み、セグメントリストは順次配置された複数の識別子を含み、複数の識別子のそれぞれは1つのネットワークデバイス又は1つのリンクを識別するために使用され、複数の識別子は少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含み、第1のタイプの識別子のタイプは第2のタイプの識別子のタイプとは異なり、第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは第1のネットワーク上にあり、第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは第2のネットワーク上にあり、第1のネットワークのタイプは第2のネットワークのタイプとは異なる動作と、第2のパケットを第2のネットワークに送信する動作とを実行させるように構成される。

【００５２】

可能な実装では、プロセス間通信（inter-process communication、IPC）チャネルが主制御ボードとインターフェースボードとの間に確立され、主制御ボードとインターフェースボードはIPCチャネルを介して互いに通信する。

【００５３】

第16の態様によれば、ネットワークノードが提供される。ネットワークノードは、主制御ボードとインターフェースボードを含む。主制御ボードは、第1のプロセッサ及び第1のメモリを含む。インターフェースボードは、第2のプロセッサ、第2のメモリ、及びインターフェースカードが含を含む。主制御ボードとインターフェースボードは接続されている

。第1のメモリは、プログラムコードを格納するように構成することができる。第1のプロセッサは、第1のメモリ内のプログラムコードを呼び出し、次の動作、すなわち第1のパケットにセグメントリストを追加して第2のパケットを形成する動作を実行するように構成される。セグメントリストは、第2のパケットの転送パスを示す。転送パスは、複数のネットワークデバイスを含む。セグメントリストは、順次配置された複数の識別子を含む。複数の識別子のそれぞれは、転送パス上の複数のネットワークデバイスのうちの1つ又は1つのリンクを識別するために使用される。複数の識別子は、少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含む。第1のタイプの識別子のタイプは、第2のタイプの識別子のタイプとは異なる。第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第1のネットワーク上にある。第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第2のネットワーク上にある。第1のネットワークのタイプは、第2のネットワークのタイプとは異なる。

【００５４】

第2のメモリは、プログラムコードを格納するように構成することができる。第2のプロセッサは、第2のメモリ内のプログラムコードを呼び出し、インターフェースカードをトリガして次の動作、すなわち、第1のパケットを受信し、第2のパケットを送信する動作を実行させるように構成される。

【００５５】

可能な実装では、プロセス間通信（inter-process communication、IPC）チャネルが主制御ボードとインターフェースボードとの間に確立され、主制御ボードとインターフェースボードはIPCチャネルを介して互いに通信する。

【００５６】

本出願の技術的解決策をより明確に説明するために、以下は、実施形態を説明するための添付図面を簡単に説明する。明らかに、以下の説明における添付図面は、本出願のいくつかの実施形態を示しているに過ぎず、当業者は、創造的な努力なしに、これらの添付図面から他の技術的解決策及び添付図面を導き出すことができる。

【図面の簡単な説明】

【００５７】

【図１】本出願の一実施形態による適用シナリオの概略図である。
【図２】本出願の一実施形態によるSIDのフォーマットの概略図である。
【図３】本出願の一実施形態によるパケットの構造の概略図である。
【図４】本出願の一実施形態による適用シナリオの概略図である。
【図５】本出願の一実施形態によるパケットの構造の概略図である。
【図６】本出願の一実施形態によるパケットの構造の概略図である。
【図７】本出願の一実施形態によるパケットの構造の概略図である。
【図８】本出願の一実施形態によるパケットの構造の概略図である。
【図９】本出願の一実施形態によるパケットの構造の概略図である。
【図１０】本出願の一実施形態によるパケットの構造の概略図である。
【図１１】本出願の一実施形態によるパケット処理方法のフローチャートである。
【図１２】本出願の一実施形態によるパケット処理方法のフローチャートである。
【図１３】本出願の一実施形態によるネットワークデバイスの構造の概略図である。
【図１４】本出願の一実施形態によるネットワークデバイスの構造の概略図である。
【図１５】本出願の一実施形態によるネットワークデバイスの構造の概略図である。
【図１６】本出願の一実施形態によるネットワークデバイスの構造の概略図である。
【図１７】本出願の一実施形態によるコントローラの構造の概略図である。
【図１８】本出願の一実施形態によるネットワークシステムの構造の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【００５８】

以下、添付図面を参照して、本出願の実施形態を説明する。

【００５９】

図1は、本出願の実施形態による可能な適用シナリオである。適用シナリオは、相異なるタイプのネットワークを含み、具体的には、ネットワーク1、ネットワーク2、ネットワーク3を含む。各ネットワークは複数のネットワークデバイスを含み、これらのネットワークデバイスはそれぞれ、スイッチ、ルータ、又はフォワーダであり得る。本出願の本実施形態におけるネットワークデバイスは、ネットワークノード又はノードと呼ばれることもある。具体的には、ネットワーク1は、ノードA、ノードB、ノードC、及びノードDを含む。ネットワーク2は、ノードG及びノードHを含む。ノードE及びノードFは、ネットワーク1とネットワーク2との間のデバイスである。ノードEとノードFは、ネットワーク1とネットワーク2の両方に対応する。ネットワーク3は、ノードK及びノードLを含む。ノードI及びノードJは、ネットワーク2とネットワーク3との間のデバイスである。ノードIとノードJは、ネットワーク2とネットワーク3の両方に対応する。

【００６０】

ネットワークは、図1には示されていないコントローラをさらに含み得る。コントローラは、ノードAからLに接続することができる。コントローラは、ネットワーク構成情報を含む制御パケットをノードAからLに送信することができる。コントローラはさらに、各ネットワーク上のパケットの転送パスを計算し、転送パスに対応するセグメントリストを生成し、各ネットワークの入口デバイスにセグメントリストを送信することができる。具体的には、ネットワーク1の入口デバイスはノードAである。ネットワーク2の入口デバイスは、ノードE又はノードFである。ネットワーク3の入口デバイスは、ノードI又はノードJである。各ネットワークの入口デバイスはまた、ネットワーク上のパケットの転送パスを計算し、転送パスに対応するセグメントリストを生成することができる。各ネットワークの入口デバイスは、取得したセグメントリストをパケットにさらにカプセル化して、パケット転送をガイドする。

【００６１】

任意選択により、ネットワーク1のタイプは、ネットワーク3のタイプと同じであり、ネットワーク2のタイプは、ネットワーク1及びネットワーク3のタイプとは異なる。例えば、ネットワーク1とネットワーク3はそれぞれSRv6ネットワークであり、ネットワーク2はMPLSネットワーク又はIPv4ネットワークである。具体的には、ノードA、ノードB、ノードC、及びノードDは、それぞれ、SRv6をサポートするネットワークデバイスであり得る。ノードGとノードHは、それぞれMPLS又はIPv4をサポートするネットワークデバイスである。ノードK及びノードLはそれぞれ、SRv6をサポートするネットワークデバイスであり得る。ノードE、ノードF、ノードI、及びノードJはそれぞれ、SRv6とMPLS又はIPv4の両方をサポートするネットワークデバイスである。SRv6をサポートするネットワークデバイスは、セグメントルーティングデバイスと呼ばれることもある。換言すれば、ノードA、ノードB、ノードC、ノードD、ノードE、ノードF、ノードI、及びノードJは、それぞれ、セグメントルーティングデバイスと呼ばれることもある。

【００６２】

SRネットワークでは、パケット処理プロセスは複数のセグメントを含み、各セグメントは、パケットを処理するための命令又は命令セットである。SRv6ネットワークでは、各セグメントは対応するセグメント識別子、すなわちSIDを有する。セグメント識別子は、ノードセグメント識別子（node SID）と隣接セグメント識別子（adjacent SID）の2つのタイプを含む。図2は、SRv6ネットワーク上のSIDのフォーマットを示している。図2に示されるように、各SIDは、ロケータ（Locator）フィールド及び機能（Function）フィールドを含み得る。

【００６３】

SIDのロケータフィールドは、セグメントに含まれる命令又は命令セットを実行する特定のネットワークデバイスを見つけるために使用される。ロケータフィールドは、ブロック（BLOCK）部分とノードID（Node ID）部分を含む。SRv6ネットワークドメインでは、ネットワークデバイスのSIDのブロック部分が同じであり得る。SRv6ネットワークドメインでは、各ネットワークデバイスのSIDのノードID部分が異なり、各ノードID部分は、

ドメイン内のネットワークデバイスを一意に判定するために使用される。特定のSIDについて、SIDのノードID部分によって一意に判定されるネットワークデバイスは、SIDによって識別されるセグメントを実行するネットワークデバイスである。

【００６４】

SIDの機能フィールドは、セグメントに含まれる命令又は命令セットの具体的な内容を示すために使用される。換言すれば、機能フィールドは、SRv6ネットワーク上の機能（Function）を示すために使用される。SRv6ネットワーク上の機能は、引数をさらに含むことができ、引数は、SIDの引数（Argument）フィールドによって示される（図2には示されていない）。機能が引数を含まない場合、SIDは引数フィールドを含まなくてもよい。

【００６５】

一般に、SRv6ネットワーク上のSIDの全長は128ビットである。ロケータフィールドと機能フィールドは個別に特定の長さであり、これらの特定の長さはネットワーク設定によって変更できる。例えば、ロケータフィールドは48ビットで、機能フィールドは80ビットである。あるいは、ロケータフィールドは64ビットで、機能フィールドは64ビットである。あるいは、ロケータフィールドは48ビット、機能フィールドは64ビット、引数フィールドは16ビットである。

【００６６】

セグメントリストは、複数のSIDを含む。図3は、SRv6ネットワーク上のパケットのフォーマットを示している。図3に示されるように、パケットのパケットヘッダは、IPv6パケットヘッダ及びSRHを含む。IPv6パケットヘッダは、宛先アドレス（destination address、DA）フィールドを含む。SRHはセグメントリストを含み、セグメントリストは順次配置された複数のSIDを含む。これらのSIDは、ノードセグメント識別子、隣接セグメント識別子、又はノードセグメント識別子と隣接セグメント識別子の組合せであり得る。

【００６７】

セグメントリストは、SRv6ネットワーク上のパケットの転送パス上の入口ノードによってパケットにカプセル化され得る。パケットの転送パス上の後続ノードは、パケット内のセグメントリストに基づいてパケットを処理することができる。図1に示される適用シナリオを参照すると、パケットをネットワーク1上で転送する必要がある場合、パケットの転送パスは、ノードA、ノードB、ノードC、及びノードDを順次通過し、ノードEに到達することができる。転送パスに対応するセグメントリストは、ノードAによってパケットにカプセル化され、ノードB、ノードC、ノードD、及びノードEは、パケット内のセグメントリストに基づいてパケットを処理する。具体的には、パケットは転送パス上の入口ノードによって送信され、転送パス上の特定のノードによって受信される。パケットのIPv6パケットヘッダのDAフィールドがノードのSIDを含んでいるとノードが判定した場合、ノードは、SIDによって識別されるセグメントに対応する命令セットに従ってパケットを処理する。パケットを処理する特定の方法は、例えば、パケットを転送することであり得る。ネットワークデバイスはさらに、DAフィールドを更新する必要がある。DAフィールドを更新するプロセスでは、SRHの残りセグメント（segments left、SL）ポインタを使用する必要がある。図3に示されるように、セグメントリストは、順次配置された複数のSID、すなわち、Segment List［0］からSegment List［n］を含む。複数のSIDは、パケットの転送パス上の複数のネットワークデバイスに個別に対応し、複数のネットワークデバイスは、複数のセグメントに対応する命令セットを個別に実行する。SLポインタは、セグメントリスト内の複数のSIDを順次指すことができる。具体的には、パケット処理プロセスでは、セグメントが実行されると、SLポインタの値が更新される。各更新の後、セグメントリスト内のSLポインタが指す位置は、1つのSIDの長さ、すなわち128ビットだけオフセットされる。セグメントリスト内の複数のSIDによって示される複数のセグメントが順次実行されると、SLポインタの値が継続的に更新される。したがって、SLポインタは、セグメントリストに残っている処理対象のセグメントの数量を示すために使用される。換言すれば、SLポインタの各値は、セグメントリスト内の残りの処理対象のセグメントの具体的な数量に対応し、SLポインタは常に現在の処理対象のSIDを指す。また、パケット処理

プロセスでは、複数のSIDによって示されるセグメントの順序に従って、複数のSIDがセグメントリスト内に降順に配置される。具体的には、最初に実行されるセグメントのSIDがセグメントリストの一番下に配置され、その後に実行されるセグメントのSIDが順次上方に配置され、最後に実行されるセグメントのSIDがセグメントリストの一番上に配置される。図3において、Segment List［n］は、最初に実行されるセグメントを示し、Segment List［0］は、最後に実行されるセグメントを示す。例えば、SLポインタの値が3の場合、セグメントリストに残っている処理対象のセグメントの数量が4であることを示す。あるいは、SLポインタが指す現在の処理対象のSIDは、一番下から一番上に数えられる4番目のSIDであると理解されてもよい。SLポインタの値が0の場合、残りの処理対象のセグメントの数量が1であることを示す。あるいは、SLポインタが指す現在の処理対象のSIDは、一番下から一番上に数えられる最後のSID、すなわち、図3のSegment List［0］であると理解されてもよい。SLポインタに基づいて現在の処理対象のSIDを決定した後、ネットワークデバイスはSIDをIPv6パケットヘッダのDAフィールドにコピーし、その後、DAフィールドの内容に基づいてパケットを処理する。パケットを処理する特定の方法は、例えば、パケットを転送することであり得る。

【００６８】

MPLSネットワークでは、データは転送プロセスの処理方法に従って転送等価クラス（forwarding equivalence class、FEC）に分類される。FECのデータフローでは、転送パス上のノードには相異なるMPLSラベルが割り当てられ、各MPLSラベルは、ノードでの転送処理方法を示すために使用される。MPLSネットワーク上の入口デバイスは、データパケット内の対応する転送パス上の後続のネットワークデバイスのMPLSラベルを、転送パス上のネットワークデバイスの順序でカプセル化する。転送パス上のノードは、MPLSラベルの順序でデータパケットを順次転送する。図1に示される適用シナリオを参照すると、ネットワーク2は、MPLSネットワークであり得る。パケットをネットワーク2上で転送する必要がある場合、パケットの転送パスは、ノードE、ノードG、及びノードHを順次通過し、ノードIに到達することができる。具体的には、MPLSネットワーク上のパケットの転送パス上のノードは、ノードE、ノードG、ノードH、及びノードIを含む。ノードEは、ノードG、ノードH、及びノードIに対応するMPLSラベルを、転送パス上のノードの順序でデータパケットに順次カプセル化し、パケット転送をガイドする。

【００６９】

IPv4ネットワーク上では、パケットはトンネルを介して転送され得る。トンネルの送信元ノードは、パケットに含まれる情報に基づいてパケットをトンネルにマッピングし、パケットを転送する。図1に示される適用シナリオを参照すると、ネットワーク2は、IPv4ネットワークであり得る。ノードFとノードJの間にトンネルがあり、トンネルはノードGとノードHを順次通過する。トンネルのタイプは、IPv6 over IPv4（IPv6 over IPv4、6over 4）トンネル、仮想拡張可能ローカルエリアネットワーク（Virtual eXtensible Local Area Network、VXLAN）トンネル、汎用ルーティングカプセル化（Generic Routing Encapsulation、GRE）トンネルなどであり得る。パケットをネットワーク2上で転送する必要がある場合、パケットは、パケットに含まれる情報に基づいてノードFでトンネルにマッピングされ、ノードG及びノードHを通過した後、ノードJに転送される。

【００７０】

パケット転送をガイドする方法は、ネットワークの種類によって異なることが分かる。しかしながら、一部のシナリオでは、SRv6パケットは転送のために別のタイプのネットワークを通過する必要がある。例えば、ワイドエリアネットワークでのソフトウェア定義ネットワーク（software-defined networking in a wide area network、SD-WAN）シナリオでは、SRv6パケットは転送のためにIPv4ネットワークを通過する必要がある。MPLSネットワークやIPv4ネットワークなどの非SRv6ネットワークでは、SRHのセグメントリストを使用してネットワーク上のパケット転送をガイドすることはできない。したがって、パス全体でパケットを転送するには、セグメントベースのパス計算とセグメントごとのスプライシングが必要である。例えば、図1に示される適用シナリオでは、ネットワー

ク1とネットワーク3はそれぞれSRv6ネットワークであり、ネットワーク2はMPLSネットワークであり、パケットはノードAからノードLに転送される必要がある。ノードAは、ネットワーク1上のパケットの転送パスに対応するセグメントリスト1を取得する。セグメントリスト1は、ノードB、ノードC、ノードD、及びノードEのSIDを含み得る。前述の説明を参照すると、ノードAは、セグメントリスト1をパケットにカプセル化し、転送パス上の各ノードは、セグメントリスト1に基づいてパケットを転送する。このようにして、パケットはノードEに到達する。ノードEで、パケットはSRv6ネットワークを出て、MPLSネットワークに入る。ノードEは、ネットワーク2上のパケットの転送パスに対応する複数のMPLSラベルを取得する。MPLSラベルは、具体的には、ノードG、ノードH、及びノードIに対応するMPLSラベルを含む。ノードEは、転送パス上のノードの順序で、これらのMPLSラベルをデータパケットに順次カプセル化する。転送パス上の各ノードは、MPLSラベルに基づいてパケットを転送する。このようにして、パケットはノードIに到達する。ネットワーク1上での場合と同様に、ノードIは、ネットワーク3上のパケットの転送パスに対応するセグメントリスト2を取得する。セグメントリスト2は、ノードK及びノードLのSIDを含み得る。ノードIは、セグメントリスト2をパケットにカプセル化し、転送パス上の各ノードは、セグメントリスト2に基づいてパケットを転送する。このようにして、パケットはノードLに到達する。前述のセグメントベースのパス計算とセグメントごとのスプライシング方法では、各ネットワークの入口デバイスはネットワーク上のパケットの転送パスを取得する必要があり、ネットワークと隣接ネットワークとの間のノードを介して2つの隣接する転送パスをスプライシングし、完全なパケット転送パスを徐々に形成する。しかしながら、転送パスは個別に計算され、グローバルに計画されていないため、最終的に取得された完全な転送パスはグローバルに最適な転送パスではない可能性があり、転送パスのサービスレベル合意（service level agreement、SLA）を統一することは困難である。さらに、隣接するネットワーク間のノードでパススプライシングを実装するには、これらのノードで追加の構成を実行する必要がある。これにより、作業負荷が増大する。

【００７１】

本出願の実施形態は、パケット転送方法、及び当該方法に基づくデバイス及びシステムを提供する。方法、デバイス、及びシステムは、同じ発明概念に基づく。方法は、パケット転送パス上の各ノードに適用される。本方法において、パケット転送パス上の入口デバイスは、複数のタイプの識別子を使用して、複数のタイプのネットワーク上のネットワークデバイスを識別し、複数のタイプの識別子をハイブリッド方式でセグメントリストに配置する。セグメントリストを直接使用することによるパケット転送のガイドをサポートしていないネットワークの入口デバイスでは、ネットワーク上のセグメント転送パスに対応するいくつかの識別子をセグメントリストから取得してもよく、これらの識別子はパケットの特定の位置にコピーされる。このようにして、ネットワーク上の別のネットワークデバイスは、ネットワーク上のパケット転送をガイドする特定の方法に従ってパケットを転送できる。この方法によれば、複数のタイプのネットワークを通過するパケット転送パスをセグメントリストにプログラムすることができ、セグメントベースのパス計算及びセグメントごとのスプライシングを回避するために、パケット転送パスの第1のノード上でセグメントリストがパケットにカプセル化される。これにより、グローバルな最適パス計画が容易になり、ネットワーク構成が簡素化される。

【００７２】

図4に示される適用シナリオを参照すると、ネットワーク1及びネットワーク3はそれぞれSRv6ネットワークであり、ネットワーク2はMPLSネットワークであるか、又はネットワーク2はIPv4ネットワークである。ノードA、ノードB、ノードC、及びノードDは、それぞれSRv6をサポートするネットワークデバイスである。ノードGとノードHは、それぞれMPLS又はIPv4をサポートするネットワークデバイスである。ノードKとノードLは、それぞれSRv6をサポートするネットワークデバイスである。ノードE、ノードF、ノードI、及びノードJは、それぞれSRv6とMPLSの両方をサポートするネットワークデバイスであるか、ノードE、ノードF、ノードI、及びノードJは、それぞれSRv6とIPv4の両方をサポ

ートするネットワークデバイスである。ネットワークは、図4には示されていないコントローラをさらに含み得る。ノードAは、パケットをノードLに送信する。図11は、方法のフローチャートである。この方法は、ネットワークデバイス101及びネットワークデバイス102に適用される。ネットワークデバイス101は、パケット転送パス上の入口デバイスであり得、パケット転送パスを示すセグメントリストをパケットに追加するように構成される。例えば、ネットワークデバイス101は、図4に示されるノードAである。ネットワークデバイス102は、転送パス上のノード、例えば、図4に示されるノードFであり得る。この方法は、次のステップを含む。

【００７３】

S110：ネットワークデバイス101が、第1のパケットを受信する。

【００７４】

ネットワークデバイス101は、図4のノードAであり得る。図4に示される適用シナリオを参照すると、ノードAはパケットを受信し、そのパケットは第1のパケットと呼ばれることがある。ノードAは、パケット転送パス上の入口デバイスであり、ノードAはSRv6ネットワーク上の入口デバイスでもある。パケットはノードJに送信される必要がある。ノードAはパケットの転送パスを取得する。転送パスは、複数のネットワークデバイスを含む。図4に示されるように、転送パスは、ノードB、ノードC、ノードD、ノードF、ノードG、ノードH、ノードJ、及びノードKを通過し、ノードLに到達する。転送パスは、ネットワーク1、ネットワーク2、及びネットワーク3上に位置する複数のネットワークデバイスを含み、ネットワーク1及びネットワーク3のタイプは、ネットワーク2のタイプとは異なることが分かる。

【００７５】

任意選択により、パケット転送パスはコントローラによって生成され、セグメントリストはコントローラによって生成される。コントローラは、生成されたセグメントリストをノードAに送信する。具体的には、コントローラは、制御パケットをノードAに送信し、制御パケットは、セグメントリストを含む。

【００７６】

任意選択により、パケット転送パスはノードAによって生成され、セグメントリストはノードAによって生成される。ノードAはパケット転送パスを判定し、転送パスに対応するセグメントリストを生成する。

【００７７】

S120：ネットワークデバイス101は第2のパケットを形成するためにセグメントリストを第1のパケットに追加し、ここで、セグメントリストは第2のパケットの転送パスを示し、転送パスは複数のネットワークデバイスを含み、セグメントリストは順次配置された複数の識別子を含み、複数の識別子のそれぞれは転送パス上の複数のネットワークデバイスのうちの1つ又は1つのリンクを識別するために使用され、複数の識別子は少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含み、第1のタイプの識別子のタイプは第2のタイプの識別子のタイプとは異なり、第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは第1のネットワーク上にあり、第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは第2のネットワーク上にあり、第1のネットワークのタイプは第2のネットワークのタイプとは異なる。

【００７８】

ネットワークデバイス101は、図4のノードAであり得る。図4に示される適用シナリオを参照すると、ノードAは、パケットに、パケット転送パスを示すセグメントリストを追加する。セグメントリストが追加されたパケットは、第2のパケットと呼ばれることがある。セグメントリストは、順次配置された複数の識別子を含む。複数の識別子のそれぞれは、転送パス上の複数のネットワークデバイスのうちの1つを識別するために使用され得るか、又は転送パス上の1つのリンクを識別するために使用され得る。具体的には、ノードAはパケットにSRHを追加し、SRHはセグメントリストを含む。

【００７９】

本出願の本実施形態では、セグメントリスト内の複数の識別子は、少なくとも2つのタイプの識別子、すなわち第1のタイプの識別子及び第2のタイプの識別子を含み得る。第1のタイプの識別子は、SRv6ネットワーク上のパケットの転送パスのセグメント識別子又は圧縮セグメント識別子を識別するために使用され、第2のタイプの識別子は、非SRv6ネットワーク上のパケットの転送パスを識別するために使用される。この場合、セグメントリストは、ハイブリッドセグメントリスト又は汎用セグメントリストと呼ばれることもある。汎用セグメントリストを含むSRHは、汎用セグメントルーティングヘッダ（generic segment routing header、generic SRH、G-SRH）と呼ばれることがある。具体的には、セグメントリスト内の複数の識別子は、少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含む。第1のタイプの識別子のタイプは、第2のタイプの識別子のタイプとは異なる。第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第1のネットワーク上にある。複数の第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第2のネットワーク上にある。第1のネットワークのタイプは、第2のネットワークのタイプとは異なる。任意選択により、複数の第2のタイプの識別子は互いに隣接している。任意選択により、複数の第1のタイプの識別子があり得る。

【００８０】

図4に示される適用シナリオを参照すると、第1のネットワークは、SRv6ネットワークであり得る。第1のネットワークは、ネットワーク1及びネットワーク3を含み得る。第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、ネットワーク1及びネットワーク3上にある。第1のタイプの識別子は、長さが128ビットのセグメント識別子又は長さが128ビット未満の圧縮セグメント識別子である。第2のネットワークは、MPLSネットワーク又はIPv4ネットワークであり得る。第2のネットワークは、ネットワーク2であり得る。複数の第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、ネットワーク2上にある。第2のタイプの識別子は、MPLSラベル又はIPv4アドレスを含む。

【００８１】

長さが128ビット未満の圧縮セグメント識別子の概要は、2019年7月付けの「Compressed SRv6 Network Programming」というタイトルのdraft-li-spring-compressed-srv6-np-00に、及び2019年9月27日に出願された特許文献第201910925974.3号に見出すことができ、これらは、それらがすべて述べられているかのように、その全内容が参照により本明細書に援用される。

【００８２】

例えば、圧縮セグメント識別子の長さは32ビットであり、これはMPLSラベルの長さ又はIPv4アドレスの長さと同じである。

【００８３】

ネットワーク2がMPLSネットワークである場合、セグメントリストを含むパケットは図5に示され得る。セグメントリストはSRHに含まれる。セグメントリストは、2つのタイプの識別子を含む。第1のタイプの識別子は、複数のSIDであり、具体的には、ノードB、ノードC、ノードD、ノードF、ノードK、及びノードLのSIDを含む。これらのSIDは、それぞれSID B、SID C、SID D、SID F、SID K、及びSID Lとして表される。第2のタイプの識別子は、複数の隣接するMPLSラベルであり、具体的には、ノードG、ノードH、及びノードJのMPLSラベルを含む。これらのMPLSラベルは、それぞれMPLS G、MPLS H、及びMPLS Jとして表される。

【００８４】

SRv6ネットワーク上の転送パスは、SID B、SID C、SID D、SID K、SID LなどのSIDによって示される。MPLSネットワーク上の転送パスは、MPLS G、MPLS HなどのMPLSラベルによって示される。SRv6ネットワークとMPLSネットワークとの間の転送パスは、SID又はMPLSラベル、例えばSID F及びMPLS Jによって示され得る。

【００８５】

すべてのノードに対応する識別子は、転送パス上のこれらのノードの配置順序で順次配置される。前述の説明を参照すると、SIDは、セグメントリストにおいて降順に配置される。したがって、すべてのノードに対応する識別子もセグメントリストにおいて降順に配置される。具体的には、SID Bがセグメントリストの一番下に配置されることは、SID Bがセグメントリストの最前部に配置されることとも呼ばれ得る。SID C、SID D、及びSID Fが順次上方に配置されることは、SID C、SID D、及びSID Fが順次後方に配置されることと呼ばれ得る。複数のMPLSラベルは、全体としてSID Fの後に配置され、次いで、SID K及びSID Lは、複数のMPLSラベルの後に順次配置される。複数のMPLSラベルは、図5に示されるように、転送パス上のノードの配置順序で昇順に配置され得る。しかしながら、複数のMPLSラベルは、代替的に、転送パス上のノードの配置順序で降順に配置され得る。

【００８６】

任意選択により、複数のMPLSラベルの数量が比較的多い場合、複数のMPLSラベルをセグメントリスト内の複数の要素に配置することができる。各要素の長さは128ビットである。この場合、MPLSラベルを含む複数の要素は、転送パス上で、要素に含まれる識別子に対応するノードの配置順序で降順に配置される。各要素内の複数のMPLSラベルは、転送パス上のノードの配置順序で昇順又は降順に配置され得る。

【００８７】

各要素が最大4つのMPLSラベルを格納することは容易に理解される。

【００８８】

複数のMPLSラベルがセグメントリスト内の少なくとも1つの要素に格納される場合、アイドルスペースが最後の要素の最後のMPLSの後、例えば、図5に示されるpadding部分に存在し得ることは容易に理解される。

【００８９】

図5に示されるセグメントリスト内のSIDは、SRv6ネットワーク上のネットワークデバイスを識別するために使用されるが、当然ながら、セグメントリスト内のSIDは、SRv6ネットワーク上のリンクを識別するために代替的に使用され得ることに留意されたい。

【００９０】

セグメントリストの第1のタイプの識別子はまた、長さが128ビット未満である圧縮セグメント識別子を含み得る。あるいは、セグメントリストの第1のタイプの識別子は、長さが128ビットのセグメント識別子と、長さが128ビット未満である圧縮セグメント識別子の両方を含み得る。これは、転送パス上のネットワークデバイスが圧縮セグメント識別子をサポートしているかどうかに関連し得る。ネットワークデバイスが圧縮セグメント識別子をサポートしている場合、ネットワークデバイスはセグメントリスト内の圧縮セグメント識別子によって示され得る。ネットワークデバイスが圧縮セグメント識別子をサポートせず、セグメント識別子のみをサポートする場合、ネットワークデバイスはセグメントリスト内のセグメント識別子によって示され得る。MPLSラベルと圧縮セグメント識別子は、セグメントリスト内の同じ要素に配置されてもよく、要素の長さは128ビットである。あるいは、MPLSラベルと圧縮セグメント識別子は、セグメントリスト内の同じ要素に配置されなくてもよい。具体的には、複数のMPLSラベルにおける最初のMPLSラベルは、圧縮セグメント識別子の後の最初の要素の開始位置に配置される。

【００９１】

図1に示される適用シナリオを参照して、セグメントリストを含むパケットは、代替的に図6に示され得る。セグメントリストはSRHに含まれる。セグメントリストは、2つのタイプの識別子を含む。第1のタイプの識別子は、複数のSID及び複数の圧縮セグメント識別子を含み、具体的には、ノードB、ノードK、及びノードLのSID、並びにノードC、ノードD、及びノードFのC-SIDを含む。これらのSIDとC-SIDは、それぞれSID B、C-SID C、C-SID D、C-SID F、SID K、及びSID Lとして表される。第2のタイプの識別子は複数の隣接するMPLSラベルであり、具体的にはノードG、ノードH、及びノードJのMPLSラベルを含む。これらのMPLSラベルは、それぞれMPLS G、MPLS H、及びMPLS Jとして表される。

【００９２】
SRv6ネットワーク上の転送パスは、SID B、C-SID C、C-SID D、SID K、SID Lなどの、SIDと圧縮セグメント識別子によって示される。MPLSネットワーク上の転送パスは、MPLS GやMPLS HなどのMPLSラベルによって示される。SRv6ネットワークとMPLSネットワークとの間の転送パスは、SID、C-SID、又はMPLSラベルによって、例えば、C-SID F及びMPLS Jによって示され得る。
【００９３】
図5に示すセグメントリストと同様に、図6に示すセグメントリストでは、すべてのノードに対応する識別子が、転送パス上のこれらのノードの配置順序で順次配置される。図5に示すセグメントリストとは異なり、セグメントリスト内の各128ビット要素には複数の圧縮セグメント識別子又は複数のMPLSラベルが配置されるか、又はセグメントリスト内の各128ビット要素には圧縮セグメント識別子とMPLSラベルの組合せが配置される。複数の要素が、転送パス上に、要素に含まれる識別子に対応するノードの配置順序で降順に配置される。図5に示すように、SID Bはセグメントリストの最前部に配置され、C-SID C、C-SID D、C-SID F及びMPLS Gによって形成される全体がSID Bの後に配置される。換言すれば、MPLSラベルと圧縮セグメント識別子は、セグメントリスト内の同じ要素に配置される。次に、MPLS HとMPLS Jで形成される全体が配置される。各要素において、圧縮セグメント識別子又はMPLSラベルは、図5に示されるように、転送パス上の対応するノードの配置順序で昇順に配置され得る。しかしながら、各要素において、圧縮セグメント識別子又はMPLSラベルは、代替的に、転送パス上の対応するノードの配置順序で降順に配置され得る。
【００９４】
ネットワーク2がIPv4ネットワークである場合、セグメントリストを含むパケットは図7に示され得る。セグメントリストはSRHに含まれる。セグメントリストは、2つのタイプの識別子を含む。図5のセグメントリストと同様に、第1のタイプの識別子は複数のSIDであり、具体的には、SID B、SID C、SID D、SID F、SID K、及びSID Lを含む。第2のタイプの識別子は、2つの隣接するIPv4アドレスを含み、具体的には、ノードGとノードJのIPv4アドレスを含む。これらのアドレスは、それぞれIPv4 GとIPv4 Jとして表される。
【００９５】
図5のセグメントリストと同様に、SRv6ネットワーク上の転送パスは、SID B、SID C、SID D、SID K、SID LなどのSIDによって示される。IPv4ネットワーク上の転送パスは、トンネルの送信元アドレスと宛先アドレスによって示される。トンネルの送信元アドレス及び宛先アドレスは、それぞれIPv4アドレスであり、例えば、IPv4 G及びIPv4 Jである。
【００９６】
トンネルの送信元アドレスと宛先アドレスに加えて、セグメントリストは、トンネルタイプ（Tunnel Type）フィールド及びフレキシブル長タイプ固有の引数（Flexible Length Type Specific Arguments）フィールドをさらに含む。トンネルタイプフィールドの長さは8バイト、つまり64ビットであり、トンネルタイプフィールドはトンネルタイプを示すために使用される。具体的には、トンネルタイプフィールドは、特定の値を使用することによって特定のトンネルタイプに対応する。例えば、トンネルタイプフィールドの値が1である場合は6 over 4トンネルを示し、トンネルタイプフィールドの値が2である場合はVXLANトンネルを示し、トンネルタイプフィールドの値が3である場合はGREトンネルを示すなどである。フレキシブル長タイプ固有の引数フィールドは、トンネルタイプに関連するいくつかの引数を含む場合がある。例えば、トンネルタイプが6 over 4の場合、フレキシブル長タイプ固有の引数フィールドは、パケットの破棄前に通過が許可されるネットワークセグメントの最大数量を指定するために、存続時間（time to lift、TTL）値を含んでもよい。フレキシブル長タイプ固有の引数フィールドの長さは柔軟であり、例えば、128ビット、256ビット、384ビットなどである。長さはトンネルタイプに関連している。これらのフィールドと、トンネルの送信元アドレス及び宛先アドレスは、セグメン

トリストにおいてIPv4トンネル引数と総称され得る。換言すれば、IPv4トンネル引数をセグメントリストに入れて運ぶことで、IPv4ネットワーク上の転送パスをセグメントリストにプログラムできる。

【００９７】

任意選択により、トンネルタイプフィールドの値とトンネルタイプとの間の対応、トンネルタイプとフレキシブル長タイプ固有の引数フィールドの長さとの間の対応、及びトンネルタイプとタイプ固有の引数との間の対応は、コントローラによってネットワーク上の各ノードに解放され得、各ノードによってローカルに格納され得る。

【００９８】

図5に示すセグメントリストと同様に、図7に示すセグメントリストでは、すべてのノードに対応する識別子が、転送パス上のこれらのノードの配置順序で順次配置される。具体的には、SID Bはセグメントリストの一番下に配置され、SID C、SID D、及びSID Fは順次上方に配置される。IPv4トンネル引数は全体としてSID Fの上に配置される。次に、SID KとSID LがIPv4トンネル引数の上に順次配置される。IPv4トンネル引数では、IPv4アドレスであるトンネルの送信元アドレスと宛先アドレスの長さはそれぞれ32ビット、合計64ビットであり、トンネルタイプフィールドの長さは64ビットである。したがって、トンネルの送信元アドレスと宛先アドレス、及びトンネルタイプフィールドは合計128ビットであり、全体としてSID Fの上に配置される。フレキシブル長タイプ固有の引数フィールド、トンネルの送信元アドレスと宛先アドレス、及びトンネルタイプフィールドの配置順序は、ネットワーク上で指定され得る。例えば、フレキシブル長タイプ固有の引数フィールドは、トンネルの送信元アドレスと宛先アドレス、及びトンネルタイプフィールドによって形成される全体の上に配置されてもよい。

【００９９】

本出願の本実施形態では、SRv6ネットワーク上のパケットの転送パスを識別するために使用されるセグメント識別子又は圧縮セグメント識別子に加えて、セグメントリストは、非SRv6ネットワーク上のパケットの転送パスを識別するために使用される第2のタイプの識別子をさらに含み得ることが分かる。具体的には、第2のタイプの識別子はMPLSラベル又はIPv4アドレスであり得る。セグメントリストに第2のタイプの識別子がある場合、転送パス上のノードに対して第2のタイプの識別子の存在を示し、セグメントリストにおいて第2のタイプの識別子の開始位置を示すように、指示識別子がセグメントリストにおいてさらに設定され得る。

【０１００】

任意選択により、指示識別子は独立した識別子であってもよい。換言すれば、指示識別子は、セグメントリスト内の複数の識別子には含まれない。独立した指示識別子は、少なくとも1つの第1のタイプの識別子の後、かつ複数の第2のタイプの識別子の前に位置する。換言すれば、独立した指示識別子は、少なくとも1つの第1のタイプの識別子と、複数の第2のタイプの識別子における1番目の第2のタイプの識別子との間に配置される。指示識別子を読み取るとき、転送パス上のノードは、指示識別子の後に複数の第2のタイプの識別子があることを知る。例えば、指示識別子の長さは32ビットであり、これはMPLSラベルの長さ及びIPv4アドレスの長さと同じである。

【０１０１】

任意選択により、指示識別子は、セグメントリスト内の複数の識別子に含まれ得る。具体的には、指示識別子は、終了セグメント識別子に含まれる。終了セグメント識別子は、第1のタイプの識別子である。終了セグメント識別子は、複数の第2のタイプの識別子における1番目の識別子に隣接し、終了セグメント識別子は、複数の第2のタイプの識別子における当該1番目の識別子の前に位置する。換言すれば、終了セグメント識別子は、複数の第2のタイプの識別子の前にある最後の第1のタイプの識別子である。終了セグメント識別子は、長さが128ビットのセグメント識別子、又は長さが128ビット未満の圧縮セグメント識別子である。例えば、終了セグメント識別子は、図5又は図7のSID Fであり得る。あるいは、終了セグメント識別子は、図6のC-SID Fであり得る。

【０１０２】
指示識別子が終了セグメント識別子内に位置する場合、指示識別子はSRv6ネットワーク上の機能を識別するために使用されてもよく、指示識別子は、終了セグメント識別子の機能フィールドに位置する。例えば、第2のネットワークがMPLSネットワークであり、第2のタイプの識別子がMPLSラベルである場合、指示識別子はSRv6ネットワーク上の新しく定義された機能を示してもよく、END．Mとして表される。機能の具体的な内容は以下のとおりである。例えば、第2のネットワークがIPv4ネットワークであり、第2のタイプの識別子がIPv4アドレスである場合、指示識別子はSRv6ネットワーク上の新しく定義された機能を示してもよく、END．4として表される。機能の具体的な内容は以下のとおりである。

【０１０３】
セグメントリストに第2のタイプの識別子があり、第2のタイプの識別子がMPLSラベルである場合、転送パス上のノードに対してセグメントリスト内の複数のMPLSラベルの終了位置を示すように、終了識別子がセグメントリストにおいてさらに設定され得る。

【０１０４】
任意選択により、終了識別子は独立した識別子であってもよい。換言すれば、終了識別子は、セグメントリスト内の複数の識別子には含まれない。独立した終了識別子は、複数のMPLSラベルの後に位置し、複数のMPLSラベルの最後のMPLSラベルに隣接している。終了識別子を読み取るとき、転送パス上のノードは、セグメントリスト内の複数のMPLSラベルの終了位置に到達したことを知る。例えば、終了識別子の長さは32ビットであり、これはMPLSラベルの長さと同じである。

【０１０５】
任意選択により、終了識別子は、複数のMPLSラベルの最後のMPLSラベルに含まれ得る。終了識別子は、MPLSラベル内のフィールドであり得る。フィールドが特定の値を有する場合、そのフィールドは終了識別子として使用される。

【０１０６】
セグメントリストに第2のタイプの識別子があり、第2のタイプの識別子がMPLSラベルである場合、転送パス上のノードに対してセグメントリスト内の複数のMPLSラベルの数量を示すように、数量識別子がセグメントリストにおいてさらに設定され得る。指示識別子を読み取るとき、転送パス上のノードは、指示識別子の後に複数のMPLSラベルがあることを知る。換言すれば、ノードは、セグメントリスト内の複数のMPLSラベルの開始位置を知る。数量識別子を読み取るとき、ノードは、セグメントリスト内の複数のMPLSラベルの数量を知ることができる。このようにして、複数のMPLSラベルのすべてをセグメントリストから知ることができる。以下、具体的な処理について説明する。

【０１０７】
任意選択により、数量識別子は、終了セグメント識別子に含まれ得る。任意選択により、指示識別子が終了セグメント識別子内に位置し、指示識別子がSRv6ネットワーク上の機能を識別するために使用される場合、数量識別子は機能の引数であってもよい。換言すれば、数量識別子は、終了セグメント識別子の引数フィールド内に位置する。例えば、第2のネットワークがMPLSネットワークであり、第2のタイプの識別子がMPLSラベルである場合、指示識別子はSRv6ネットワーク上の新しく定義された機能を示してもよく、END．Mとして表される。数量識別子はEND．Mの引数である。例えば、第2のネットワークがIPv4ネットワークであり、第2のタイプの識別子がIPv4アドレスである場合、指示識別子はSRv6ネットワーク上の新しく定義された機能を示してもよく、END．4として表される。数量識別子はEND．4の引数である。

【０１０８】
任意選択により、数量識別子は、複数のMPLSラベルにおける最初のMPLSラベルに含まれ得る。

【０１０９】
任意選択により、セグメントリストがコントローラによって生成されるとき、セグメン

トリストのものであり、コントローラよってノードAに送信される制御パケットは、セグメントリスト内の複数の識別子が、SRv6ネットワーク上のパケットの転送パスを識別するセグメント識別子又は圧縮セグメント識別子と、非SRv6ネットワーク上のパケットの転送パスを識別するために使用される第2のタイプの識別子とを含むことを示すために、ハイブリッドフラグを含んでもよい。したがって、コントローラから制御パケットを受信するとき、ノードAはハイブリッドフラグを読み取り、制御パケットに含まれるセグメントリストがハイブリッドセグメントリスト又は汎用セグメントリストであることを知る。

【０１１０】

S130：ネットワークデバイス101は、第2のパケットを送信する。

【０１１１】

ネットワークデバイス101は、図4に示されるノードAであり得る。図4に示される適用シナリオを参照すると、ノードAは、セグメントリストが追加されたパケットを送信する。パケットは、ノードB、ノードC、及びノードDを通過し、ノードFに到達する。ノードB、ノードC、及びノードDでのパケットの転送処理プロセスについては、SRv6ネットワーク上のパケット転送処理に関する前述の説明を参照されたい。詳細については、本明細書では再度説明しない。

【０１１２】

S140：ネットワークデバイス102は第1のネットワークから第2のパケットを受信し、ここで、第2のパケットの第1のパケットヘッダはセグメントリストを含み、セグメントリストは順次配置された複数の識別子を含み、複数の識別子のそれぞれは1つのネットワークデバイス又は1つのリンクを識別するために使用され、複数の識別子は少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含み、第1のタイプの識別子のタイプは第2のタイプの識別子のタイプとは異なり、第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは第1のネットワーク上にあり、第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは第2のネットワーク上にあり、第1のネットワークのタイプは第2のネットワークのタイプとは異なる。

【０１１３】

ネットワークデバイス102は、図4に示されるノードFであり得る。図4に示される適用シナリオを参照すると、ノードFはSRv6ネットワークからパケットを受信し、パケットのSRHはセグメントリストを含む。このパケットは、ノードAによって送信されたパケット、すなわち第2のパケットである。SRHは、第2のパケットの第1のパケットヘッダと呼ばれることがある。

【０１１４】

S150：ネットワークデバイス102は、第3のパケットを形成するために第2のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化し、ここで、第2のパケットヘッダは、複数の第2のタイプの識別子を含む。

【０１１５】

ネットワークデバイス102は、図4に示されるノードFであり得る。図4に示される適用シナリオを参照すると、パケットが第2のネットワーク上で転送されることを可能にするために、ノードFは、パケット内のセグメントリストから複数の第2のタイプの識別子を取得し、パケットの第2のパケットヘッダをカプセル化する。第2のパケットヘッダは、複数の第2のタイプの識別子を含む。

【０１１６】

ノードFは、パケットから指示識別子を取得することができる。指示識別子は、第2のタイプの識別子の開始位置を示すために使用される。したがって、指示識別子を読み取るとき、ノードFは、セグメントリスト内の指示識別子の後に複数の第2のタイプの識別子があることを知る。

【０１１７】

前述の説明を参照すると、指示識別子は、第1のタイプの識別子の後、複数の第2のタイプの識別子の前にある独立した識別子であり得る。あるいは、指示識別子は、複数の第2

のタイプの識別子の前にある最後の第1のタイプの識別子に含まれ得る。

【０１１８】

指示識別子が独立識別子である場合、ノードFはSRH内のポインタを介して指示識別子を読み取る。SRHの内のポインタは、SLポインタ及び／又はCLポインタを含む。SLポインタは、セグメントリスト内のSIDの位置、又はセグメントリスト内の圧縮セグメント識別子及び／又はMPLSラベルを含む要素の位置を示すために使用される。CLポインタは、要素における圧縮セグメント識別子の位置を示すために使用される。ノードFは、パケットを受信するとき、SLポインタに基づいてセグメントリスト内の現在の処理対象の識別子を判定するか、SLポインタとCLポインタに基づいてセグメントリスト内の現在の処理対象の識別子を判定する。現在の処理対象の識別子は、指示識別子である。ノードFがSLポインタ及び／又はCLポインタに基づいて現在の処理対象の識別子を取得する処理については、2019年7月付けの「Compressed SRv6 Network Programming」というタイトルのdraft-li-spring-compressed-srv6-np-00の説明、及び2019年9月27日に出願された特許文献第201910925974.3号を参照されたい。詳細については、本明細書では再度説明しない。

【０１１９】

指示識別子が複数の第2のタイプの識別子の前にある最後の第1のタイプの識別子に含まれる場合、図4に示す適用シナリオを参照すると、最後の第1のタイプの識別子は、ノードFに対応するセグメント識別子又は圧縮セグメント識別子である。SRv6ネットワークのパケット転送メカニズムによれば、ノードFがパケットを受信するとき、ノードFに対応するセグメント識別子又は圧縮セグメント識別子は、パケットのIPv6パケットヘッダにおけるDAフィールドに位置する。ノードFは、DAフィールドから指示識別子を読み取る。さらに、ノードFは、SLポインタに基づいてセグメントリスト内の現在の処理対象の識別子を判定するか、又はSLポインタ及びCLポインタに基づいてセグメントリスト内の現在の処理対象の識別子を判定する。現在の処理対象の識別子は、複数の第2のタイプの識別子における1番目の識別子である。ノードFがSLポインタ及び／又はCLポインタに基づいて現在の処理対象の識別子を取得する処理については、2019年7月付けの「Compressed SRv6 Network Programming」というタイトルのdraft-li-spring-compressed-srv6-np-00の説明、及び2019年9月27日に出願された特許文献第201910925974.3号を参照されたい。詳細については、本明細書では再度説明しない。

【０１２０】

第2のパケットヘッダはMPLSヘッダであってもよい。換言すれば、第2のパケットヘッダは複数のMPLSラベルを含み、第2のタイプの識別子はMPLSラベルである。

【０１２１】

複数の第2のタイプの識別子が複数のMPLSラベルである場合、ノードFは、指示識別子に基づいて、指示識別子の後に複数のMPLSラベルがあることを知り、セグメントリスト内の複数のMPLSラベルの開始位置を知るか、又は順次配置された複数のMPLSラベルにおける最初のMPLSラベルを知る。

【０１２２】

さらに、ノードFは、終了識別子に基づいてセグメントリスト内の複数のMPLSラベルの終了位置を判定してもよい。換言すれば、ノードFは、終了識別子に基づいて、順次配置された複数のMPLSラベル内の最後のMPLSラベルを判定して、複数のMPLSラベルのすべてを判定してもよい。

【０１２３】

あるいは、さらに、ノードFは、数量識別子に基づいて、順次配置された複数のMPLSラベルの数量を判定して、複数のMPLSラベルのすべてを判定してもよい。さらに、数量識別子又は終了識別子のいずれかを任意選択により設定できる。

【０１２４】

図5に示されるパケット構造を参照して、例を使用して説明する。例えば、図5に示されるパケットのセグメントリストでは、指示識別子はSID Fの機能フィールドに含まれ、具

体的にはEND．Mの機能を識別し、数量識別子はSID Fの引数フィールドに含まれ、具体的にはMPLSラベルの数量が3であることを識別する。パケットを受信するとき、ノードFは、パケットのIPv6パケットヘッダ内のDAフィールドからSID Fを読み取る。ノードFは、SID Fの機能フィールドに含まれるEND．Mの識別子に基づいて、セグメントリストのSID Fの後に複数のMPLSラベルがあることを知り、引数フィールドに基づいて、MPLSラベルの数量が3であることを知る。SLポインタの指示に基づいて、ノードFは、セグメントリスト内のSID Fに続く長さが128ビットの要素を見つける。換言すれば、要素は、MPLS G、MPLS H、MPLS J、及びpaddingを含む全体である。ノードFは、MPLSラベルの数量が3であることに基づいて、要素から3つの32ビットMPLSラベル、すなわちMPLS G、MPLS G、及びMPLS Jを取得する。ノードFは、パケットの第2のパケットヘッダをカプセル化し、ここで、第2のパケットヘッダは、MPLS G、MPLS G、及びMPLS Jを含む。MPLSラベルの転送メカニズムによれば、第2のパケットヘッダには、前述の3つのMPLSラベルが転送パス上のノードの順序で順次配置される。最初に到着するノードに対応するMPLSラベルはスタックトップに配置され、その後に到着するノードに対応するMPLSラベルは順次下方に配置される。第2のパケットヘッダがカプセル化された後のパケットの構造を図8に示す。3つのパケットヘッダ、すなわち第1のパケットヘッダ（SRH）、IPv6パケットヘッダ、及び第2のパケットヘッダが、パケットに裏返しにカプセル化されている。

【０１２５】

例えば、図5に示されるパケットのセグメントリストにおいて、指示識別子は、代替的に、独立した識別子でもよく、数量識別子は、代替的にMPLS Gに含まれてもよく、あるいは、数量識別子は、代替的に終了識別子に置き換えられてもよく、終了識別子は、独立した識別子でもよく、あるいは、終了識別子は、代替的にMPLS Jに含まれてもよい。対応する処理プロセスは、本明細書では再度説明しない。

【０１２６】

図6に示されるパケット構造を参照して、例を使用して説明する。例えば、図6に示されるパケットのセグメントリストでは、指示識別子はC-SID Fの機能フィールドに含まれ、具体的にはEND．Mの機能を識別し、数量識別子はC-SID Fの引数フィールドに含まれ、具体的にはMPLSラベルの数量が3であることを識別する。パケットを受信するとき、ノードFは、パケットのIPv6パケットヘッダ内のDAフィールドからC-SID FとブロックBLOCK）部分で形成されたSID-Fを読み取る。ノードFは、機能フィールドに含まれるEND．Mの識別子に基づいて、セグメントリストのC-SID Fの後に複数のMPLSラベルがあることを知り、引数フィールドに基づいて、MPLSラベルの数量が3であることを知る。SLポインタの指示に基づいて、ノードFは、セグメントリスト内のC-SID Fを含む長さが128ビットの要素を見つける。換言すれば、要素は、C-SID C、C-SID D、C-SID F、及びMPLS Gを含む全体である。ノードFはさらに、CLポインタの指示に基づいて、要素内のC-SID Fに続く識別子、すなわちMPLS Gを見つける。ノードFは、MPLSラベルの数量が3であることに基づいて要素からMPLS Gを取得し、当該要素に続く要素からMPLS HとMPLS Jを取得する。このようにして、ノードFは合計3つの32ビットMPLSラベルを取得する。ノードFは、パケットの第2のパケットヘッダをカプセル化し、ここで、第2のパケットヘッダは、MPLS G、MPLS G、およびMPLS Jを含む。第2のパケットヘッダがカプセル化された後のパケットの構造を、図9に示す。3つのパケットヘッダ、すなわち第1のパケットヘッダ（SRH）、IPv6パケットヘッダ、及び第2のパケットヘッダが、パケットに裏返しにカプセル化されている。

【０１２７】

例えば、図5及び図6に示されるパケットのセグメントリストにおいて、指示識別子は、代替的に、独立した識別子でもよく、数量識別子は、代替的にMPLS Gに含まれてもよく、あるいは、数量識別子は、代替的に終了識別子に置き換えられてもよく、終了識別子は、独立した識別子でもよく、あるいは、終了識別子は、代替的にMPLS Jに含まれてもよい。対応する処理プロセスは、本明細書では再度説明しない。

【０１２８】

第2のパケットヘッダはIPv4ヘッダであってもよい。換言すれば、第2のパケットヘッダは複数のIPv4アドレスを含み得、第2のタイプの識別子はIPv4アドレスである。

【０１２９】

複数の第2のタイプの識別子が複数のIPv4アドレスである場合、ノードFは、指示識別子に基づいて、複数のIPv4アドレスを含むIPv4トンネル引数が指示識別子に続くことを知り、セグメントリスト内のIPv4トンネル引数の開始位置を知る。

【０１３０】

図7に示されるパケット構造を参照して、例を使用して説明する。例えば、図7に示されるパケットのセグメントリストでは、指示識別子は、SID Fの機能フィールドに含まれ、具体的には、END．4の機能を識別する。パケットを受信するとき、ノードFは、パケットのIPv6パケットヘッダ内のDAフィールドからSID Fを読み取る。ノードFは、SID Fの機能フィールドに含まれるEND．4の識別子に基づいて、複数のIPv4アドレスを含むIPv4トンネル引数がセグメントリストのSID Fに続くことを知る。SLポインタの指示に基づいて、ノードFは、セグメントリスト内のSID Fに続く長さが128ビットの要素を見つける。換言すれば、要素は、トンネルの送信元アドレスと宛先アドレス、及びトンネルタイプフィールドを含む全体である。ノードFは、トンネルタイプフィールドの値に基づいて、トンネルタイプが6 over 4トンネルであることを知り、トンネルタイプが6 over 4トンネルであることに基づいて、フレキシブル長タイプ固有の引数フィールドの長さが128ビットであると判定する。ノードFはさらに、トンネルタイプが6 over 4トンネルであることに基づいて、フレキシブル長タイプ固有の引数フィールドがTTLを含むことを判定し、当該要素に続く要素からTTL値を読み取る。したがって、ノードFは、パケットの第2のパケットヘッダをカプセル化する。第2のパケットヘッダはIPv4パケットヘッダであり、第2のパケットヘッダの送信元アドレスと宛先アドレスはそれぞれノードFとノードJのIPv4アドレスである。第2のパケットヘッダがカプセル化された後のパケットの構造を図10に示す。3つのパケットヘッダ、すなわち第1のパケットヘッダ（SRH）、IPv6パケットヘッダ、及び第2のパケットヘッダが、パケットに裏返しにカプセル化されている。

【０１３１】

例えば、図7に示されるパケットのセグメントリストにおいて、指示識別子は、代替的に、独立した識別子であり得る。対応する処理プロセスは、本明細書では再度説明しない。

【０１３２】

任意選択により、パケットの第2のパケットヘッダをカプセル化した後、ノードFは、パケットのIPv6パケットヘッダ内のDAフィールドにクロスドメイン識別子を追加し続けることができる。クロスドメイン識別子は、セグメントリスト内の複数の識別子のうちの1つであり、クロスドメイン識別子は、セグメントリスト内の第1のタイプの識別子である。具体的には、クロスドメイン識別子は、パケットが第2のネットワークを通過した後に到達する第1のネットワーク上の第1のノードに対応する、長さが128ビットのセグメント識別子又は長さが128ビット未満の圧縮セグメント識別子である。図4に示される適用シナリオを参照すると、クロスドメイン識別子は、ノードJに対応するSID又は圧縮セグメント識別子であり得る。

【０１３３】

任意選択により、パケットの第2のパケットヘッダをカプセル化した後、ノードFは、SLポインタの値を更新することができ、その結果、SLポインタは、MPLSラベルを運ぶ複数のセグメントに続く第1のセグメントを指すことが可能になる。換言すれば、SLポインタは、長さが128ビットで、セグメントリスト内の複数のMPLSラベルに続く1番目の識別子が位置する要素を指すことが可能になる。

【０１３４】

任意選択により、パケットの第2のパケットヘッダをカプセル化した後、ノードFは、CLポインタの値を更新することができ、例えば、CLポインタの値を0に戻すことができ、その結果、CLポインタは、要素の開始位置を指すことが可能になる。

【０１３５】

S160：ネットワークデバイス102は、第3のパケットを第2のネットワークに送信する。

【０１３６】

ネットワークデバイス102は、図4に示されるノードFであり得る。図4に示される適用シナリオを参照すると、ノードFは、第2のパケットヘッダがカプセル化されたパケットを第2のネットワークに送信する。パケットは、ノードFによって送信されるパケット、すなわち第3のパケットである。

【０１３７】

第2のタイプの識別子がMPLSラベルの場合、ノードFは、第2のパケットヘッダがカプセル化されたパケットを、第2のパケットヘッダのスタックトップにあるMPLSラベルによって識別されるノードに送信する。換言すれば、ノードFはノードGにパケットを送信する。MPLSラベルスタックの転送メカニズムによれば、パケットはノードGとノードHを通過し、ノードJに到達する。ノードG、ノードH、及びノードJでのパケットの転送処理プロセスは、本明細書では再度説明しない。

【０１３８】

第2のタイプの識別子がIPv4アドレスである場合、ノードFは、IPv4パケットヘッダ内の宛先アドレスに基づいて、IPv4転送情報ベース（Forwarding Information Base、FIB）に問合せを行い、問合せ結果に基づいて、ノードFとノードJとの間のトンネルを介して、第2のパケットヘッダがカプセル化されたパケットを送信する。パケットはノードGとノードHを通過し、ノードJに到達する。

【０１３９】

ノードJは、第2のネットワークからパケットを受信し、パケット内の第2のパケットヘッダを削除し、IPv6パケットヘッダとSRHを保持し、SRv6ネットワーク上のパケット転送機構に従ってSRv6ネットワークにパケットを引き続き送信する。換言すれば、ノードJはノードKにパケットを送信する。この場合、例えば、パケットのIPv6パケットヘッダのDAフィールドは、ノードJに対応するSIDを含み、ノードJは、SIDによって識別されるセグメントの処理内容に基づいて、パケットの転送処理を行う。

【０１４０】

パケットは引き続きノードKを通過し、ノードLに到達する。ノードK及びノードLでのパケットの転送処理プロセスについては、SRv6ネットワークでのパケット転送処理の前述の説明を参照されたい。詳細については、本明細書では再度説明しない。

【０１４１】

実際のネットワーク上では、パケットの転送パスは、コントローラによって生成されてもよいし、転送パス上の入口ノードによって生成されてもよい。コントローラがパケットの転送パスを生成するとき、コントローラは転送パスを示すセグメントリストも生成する。セグメントリストは、第1のタイプの識別子及び第2のタイプの識別子を含むセグメントリスト、すなわち、ハイブリッドセグメントリスト又は汎用セグメントリストであり得る。コントローラは、転送パス上の入口ノードにセグメントリストを送信する。パケットを受信した後、転送パス上の入口ノードは、デバイスに格納されているいくつかの転送パスからパケットの転送パスを判定し、転送パスに対応するセグメントリストを判定する。パケットの転送をガイドするために、セグメントリストがパケットに追加される。

【０１４２】

本発明の一実施形態は、パケット転送方法を提供する。図12は、この方法のフローチャートである。この方法は、コントローラ201、ネットワークデバイス202、及びネットワークデバイス203に適用される。コントローラ201は、ネットワーク上のコントローラであってもよく、パケットの転送パスを計算し、転送パスを示すセグメントリストを生成するように構成される。例えば、コントローラ201は、図4に示される適用シナリオにおけるコントローラであり得るが、コントローラは、図4には示されていない。ネットワークデバイス202は、パケットの転送パス上の入口デバイスであり得、パケットの転送パスを示すセグメントリストをパケットに追加するように構成される。例えば、ネットワークデバイス202は、図4に示されるノードAである。ネットワークデバイス203は、転送パス上

のノード、例えば、図4に示されるノードFであり得る。この方法は、次のステップを含む。

【０１４３】

S210：コントローラ201は、第1のパケットの転送パスを判定し、ここで、転送パスは少なくとも2つのネットワーク上に位置する複数のネットワークデバイスを含み、少なくとも2つのネットワークは第1のネットワーク及び第2のネットワークを含み、第1のネットワークのタイプは第2のネットワークのタイプとは異なる。

【０１４４】

コントローラ201は、図4に示す適用シナリオにおけるコントローラであってもよい。図4に示される適用シナリオを参照すると、第1のネットワークはSRv6ネットワークであり得、第1のネットワークはネットワーク1及びネットワーク3を含み得る。第2のネットワークは、ネットワーク2であり得る。第1のパケットはノードAからネットワーク1に入り、第1のパケットの転送パスはノードB、ノードC、ノードD、ノードF、ノードG、ノードH、ノードJ、及びノードKを通過し、ノードLに到達する。転送パスは、ネットワーク1、ネットワーク2、及びネットワーク3上に位置する複数のネットワークデバイスを含み、ネットワーク1及びネットワーク3のタイプは、ネットワーク2のタイプとは異なることが分かる。

【０１４５】

S220：コントローラ201は転送パスに対応するセグメントリストを生成し、ここで、セグメントリストは順次配置された複数の識別子を含み、複数の識別子のそれぞれは転送パス上の複数のネットワークデバイスのうちの1つ又は1つのリンクに対応し、複数の識別子は少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含み、第1のタイプの識別子のタイプは第2のタイプの識別子のタイプとは異なり、第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは第1のネットワーク上にあり、第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは第2のネットワーク上にある。

【０１４６】

図4に示される適用シナリオを参照すると、セグメントリストの第1のタイプの識別子は、SRv6ネットワーク上のパケットの転送パスのセグメント又は圧縮セグメントを識別するために使用され、第2のタイプの識別子は、非SRv6ネットワーク上のパケットの転送パスを識別するために使用される。この場合、セグメントリストは、ハイブリッドセグメントリスト又は汎用セグメントリストと呼ばれることもある。汎用セグメントリストを含むSRHは、汎用セグメントルーティングヘッダと呼ばれることがある。第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、ネットワーク1及びネットワーク3上にある。第1のタイプの識別子は、長さが128ビットのセグメント識別子又は長さが128ビット未満の圧縮セグメント識別子である。第2のネットワークは、MPLSネットワーク又はIPv4ネットワークであり得る。複数の第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、ネットワーク2上にある。第2のタイプの識別子は、MPLSラベル又はIPv4アドレスを含む。複数の第2のタイプの識別子は互いに隣接している。

【０１４７】

S230：コントローラ201は、セグメントリストをネットワークデバイス202に送信する。

【０１４８】

図4に示される適用シナリオを参照すると、コントローラは、制御パケットをノードAに送信し、制御パケットは、セグメントリストを含む。任意選択により、セグメントリストのものであり、コントローラよってノードAに送信される制御パケットは、セグメントリスト内の複数の識別子が、SRv6ネットワーク上のパケットの転送パスを識別するセグメント識別子又は圧縮セグメント識別子と、非SRv6ネットワーク上のパケットの転送パスを識別するために使用される第2のタイプの識別子とを含むことを示すために、ハイブリッドフラグを含んでもよい。したがって、コントローラから制御パケットを受信するとき、ノ

ードAはハイブリッドフラグを読み取り、制御パケットに含まれるセグメントリストがハイブリッドセグメントリスト又は汎用セグメントリストであることを知る。

【０１４９】

S240：ネットワークデバイス202は、第1のパケットを受信する。

【０１５０】

ネットワークデバイス202は、図4に示されるノードAであり得る。図4に示される適用シナリオを参照して、ステップS240の具体的な処理については、ステップS110の説明を参照されたい。類似点については再度説明しない。

【０１５１】

S250：ネットワークデバイス202は第2のパケットを形成するためにセグメントリストを第1のパケットに追加し、ここで、セグメントリストは第2のパケットの転送パスを示し、転送パスは複数のネットワークデバイスを含み、セグメントリストは順次配置された複数の識別子を含み、複数の識別子のそれぞれは転送パス上の複数のネットワークデバイスのうち1つ又は1つのリンクを識別するために使用され、複数の識別子は少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含み、第1のタイプの識別子のタイプは第2のタイプの識別子のタイプとは異なり、第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは第1のネットワーク上にあり、第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは第2のネットワーク上にあり、第1のネットワークのタイプは第2のネットワークのタイプとは異なる。

【０１５２】

図4に示される適用シナリオを参照して、ステップS250の具体的な処理については、ステップS120の説明を参照されたい。類似点については再度説明しない。

【０１５３】

S260：ネットワークデバイス202は、第2のパケットを送信する。

【０１５４】

図4に示される適用シナリオを参照して、ステップS260の具体的な処理については、ステップS130の説明を参照されたい。類似点については再度説明しない。

【０１５５】

S270：ネットワークデバイス203は第1のネットワークから第2のパケットを受信し、第2のパケットの第1のパケットヘッダはセグメントリストを含み、セグメントリストは順次配置された複数の識別子を含み、複数の識別子のそれぞれは1つのネットワークデバイス又は1つのリンクを識別するために使用され、複数の識別子は少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含み、第1のタイプの識別子のタイプは第2のタイプの識別子のタイプとは異なり、第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは第1のネットワーク上にあり、第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは第2のネットワーク上にあり、第1のネットワークのタイプは第2のネットワークのタイプとは異なる。

【０１５６】

ネットワークデバイス203は、図4に示されるノードFであり得る。図4に示される適用シナリオを参照して、ステップS270の具体的な処理については、ステップS140の説明を参照されたい。類似点については再度説明しない。

【０１５７】

S280：ネットワークデバイス203は、第3のパケットを形成するために第2のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化し、ここで、第2のパケットヘッダは、複数の第2のタイプの識別子を含む。

【０１５８】

図4に示される適用シナリオを参照して、ステップS280の具体的な処理については、ステップS150の説明を参照されたい。類似点については再度説明しない。

【０１５９】

S290：ネットワークデバイス203は、第3のパケットを第2のネットワークに送信する。

【０１６０】
図4に示される適用シナリオを参照して、ステップS290の具体的な処理については、ステップS160の説明を参照されたい。類似点については再度説明しない。
【０１６１】
図13は、本出願の実施形態によるデバイス1300の構造の概略図である。図4に示される適用シナリオにおける任意のネットワークデバイスは、図13に示されるデバイスを使用することによって実装され得る。例えば、ノードA及びノードFは、図13に示されるデバイスを使用することによって実装され得る。図11に示す実施形態におけるネットワークデバイス101及びネットワークデバイス102、並びに図12に示す実施形態におけるコントローラ201、ネットワークデバイス202、及びネットワークデバイス203は、図13に示すデバイスを使用することによって実装され得る。図13では、デバイス1300は、少なくとも1つのプロセッサ1301及び少なくとも1つの通信インターフェース1304を含む。任意選択により、デバイス1300は、メモリ1303をさらに含み得る。
【０１６２】
プロセッサ1301は、中央処理装置（central processing unit、CPU）、汎用プロセッサ、デジタル信号プロセッサ（digital signal processor、DSP）、特定用途向け集積回路（application-specific integrated circuit、ASIC）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（field programmable gate array、FPGA）、又は別のプログラマブルロジックデバイス、トランジスタロジックデバイス、ハードウェアコンポーネント、又はそれらの任意の組合せであり得る。プロセッサ1301は、本発明の実施形態において開示された内容を参照して説明された様々な論理ブロック、モジュール、及び回路を実装又は実行し得る。あるいは、プロセッサは、コンピューティング機能を実装する組合せ、例えば、1つ又は複数のマイクロプロセッサの組合せ、又はDSPとマイクロプロセッサの組合せであり得る。プロセッサは、本出願の実施形態において提供される方法を実装するために、セグメントリストを生成するか、又は受信されたパケットを処理し、処理されたパケットを通信インターフェースを介してさらに転送するように構成され得る。
【０１６３】
例えば、ネットワーク上のコントローラが図13に示されるデバイスを使用して実装される場合、プロセッサは、セグメントリストを生成するように構成され得、その結果、ネットワークデバイスは、セグメントリストに基づいて対応するパケットを転送することができる。具体的な機能の実装については、方法の実施形態におけるコントローラの処理部分を参照されたい。例えば、図4のネットワーク入口デバイスが、図13に示されるデバイスを使用することによって実装される場合、プロセッサは、受信パケットにセグメントリストを追加するように構成されてもよく、したがって、その後、ネットワークデバイスは、パケット内のセグメントリストに基づいてパケットを転送することができる。具体的な機能の実装については、方法の実施形態におけるネットワーク入口デバイスの処理部分を参照されたい。別の例として、図4のネットワーク上の転送デバイスが、図13に示されるデバイスを使用して実装される場合、プロセッサは、パケット内のセグメントリストに基づいてパケットを転送するように構成され得る。具体的な機能の実装については、方法の実施形態における転送デバイスの処理部分を参照されたい。
【０１６４】
通信バス1302は、プロセッサ1301、通信インターフェース1304、及びメモリ1303の間で情報を送信するように構成される。バスは、周辺コンポーネント相互接続（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）バスなどであり得る。バスは、アドレスバス、データバス、制御バスなどに分類することができる。表現を容易にするために、図13のバスを表すために1本の太線のみが使用されているが、これは、バスが1つだけ、又はバスのタイプが1つだけであることを意味するものではない。
【０１６５】
メモリ1303は、読取り専用メモリ（read-only memory、ROM）又は静的情報及び命

令を格納することができる別のタイプの静的記憶装置であってもよく、ランダムアクセスメモリ（random access memory、RAM）又は情報及び命令を格納することができる別のタイプの動的記憶装置であってもよく、あるいは、電気的消去可能プログラマブル読取り専用メモリ（electrically erasable programmable read-only memory、EEPROM）、コンパクトディスク読取り専用メモリ（compact disc read-only memory、CD-ROM）又は他のコンパクトディスクストレージ、光ディスクストレージ（圧縮された光ディスク、レーザーディスク（登録商標）、光ディスク、デジタル多用途光ディスク、ブルーレイ光ディスクなどを含む）、磁気ディスク記憶媒体又は別の磁気記憶装置、又は予想されるプログラムコードを命令又はデータ構造の形で運ぶ又は格納することができ、コンピュータからアクセスできるその他の媒体であってもよい。これらに限定されるものではない。メモリ1303は、独立して存在してもよく、通信バス1302を介してプロセッサ1301に接続されてもよい。あるいは、メモリ1303は、プロセッサ1301に統合されてもよい。

【０１６６】

任意選択により、メモリ1303は、本出願の解決策を実行するためのプログラムコード又は命令を格納するように構成され、プロセッサ1301は、実行を制御する。プロセッサ1301は、メモリ1303に格納されたプログラムコードを実行するように構成される。プログラムコードは、1つ又は複数のソフトウェアモジュールを含み得る。任意選択により、プロセッサ1301は、代替的に、本出願の解決策を実行するためのプログラムコード又は命令を格納してもよい。

【０１６７】

通信インターフェース1304は、トランシーバなどの任意の装置を使用して、別のデバイス又は通信ネットワークと通信するように構成される。通信ネットワークは、イーサネット（登録商標）、無線アクセスネットワーク（RAN）、無線ローカルエリアネットワーク（wireless local area network、WLAN）などであり得る。本出願の本実施形態では、通信インターフェース1304は、セグメントルーティングネットワーク上の別のノードによって送信されたパケットを受信するように、又はセグメントルーティングネットワーク上の別のノードにパケットを送信するように構成され得る。通信インターフェース1304は、イーサネット（Ethernet）インターフェース、高速イーサネット（Fast Ethernet、FE）インターフェース、ギガビットイーサネット（Gigabit Ethernet、GE）インターフェース、非同期転送モード（Asynchronous Transfer Mode、ATM）インターフェースなどであり得る。

【０１６８】

特定の実装において、一実施形態では、デバイス1300は、複数のプロセッサ、例えば、図13に示されるプロセッサ1301及びプロセッサ1305を含み得る。各プロセッサは、シングルコアプロセッサ（single-CPU）又はマルチコアプロセッサ（multi-CPU）であり得る。本明細書におけるプロセッサは、データ（例えば、コンピュータプログラム命令）を処理するように構成された1つ又は複数のデバイス、回路、及び／又は処理コアを指し得る。

【０１６９】

図14は、本出願の実施形態によるデバイス1400の構造の概略図である。図4におけるコントローラ以外の任意のネットワークデバイスは、図14に示されるデバイスを使用することによって実装され得る。図11に示す実施形態におけるネットワークデバイス101及びネットワークデバイス102、並びに図12に示す実施形態におけるネットワークデバイス202及びネットワークデバイス203は、図14に示すデバイスを使用して実装することができる。図14に示されるデバイスの構造の概略図を参照されたい。デバイス1400は、主制御ボード及び1つ又は複数のインターフェースボードを含む。主制御ボードとインターフェースボードは通信可能に接続されている。主制御ボードは、主制御装置（main processing unit、MPU）又はルートプロセッサカード（route processor card）とも呼ばれる。主制御ボードは、ルート計算、デバイス管理、及び機能保守を含む、デバイス1400

内の各コンポーネントの制御及び管理を行う。インターフェースボードは、回線処理装置（line processing unit、LPU）又はラインカード（line card）とも呼ばれ、データを転送するように構成される。いくつかの実施形態では、デバイス1400はまた、スイッチングボードを含み得る。スイッチングボードは、主制御ボードとインターフェースボードに通信可能に接続されている。スイッチングボードは、インターフェースボード間でデータを転送するように構成される。スイッチングボードは、スイッチファブリックユニット（switch fabric unit、SFU）と呼ばれることもある。インターフェースボードは、中央処理装置、メモリ、転送チップ、及び物理インターフェースカード（physical interface card、PIC）を含む。中央処理装置は、メモリ、ネットワークプロセッサ、及び物理インターフェースカードに個別に通信可能に接続されている。メモリは、転送テーブルを格納するように構成される。転送チップは、メモリに格納された転送テーブルに基づいて、受信したデータフレームを転送するように構成される。データフレームの宛先アドレスがデバイス1400のアドレスである場合、データフレームはCPUに送信されて処理される。データフレームの宛先アドレスがデバイス1400のアドレスではない場合、宛先アドレスに対応するネクストホップ及びアウトバウンドインターフェースが、宛先アドレスに基づいて転送テーブル内で見つけられ、データフレームは宛先アドレスに対応するアウトバウンドインターフェースに転送される。転送チップは、ネットワークプロセッサ（network processor、NP）であり得る。サブカードとも呼ばれるPICは、インターフェースボードに取り付けられ得る。PICは、光信号又は電気信号をデータフレームに変換し、データフレームの有効性を確認し、データフレームを転送チップに転送して処理する。いくつかの実施形態では、中央処理装置はまた、転送チップの機能を実行してもよく、例えば、汎用CPUに基づいてソフトウェア転送を実装してもよく、その結果、インターフェースボードは転送チップを必要としない。主制御ボード、インターフェースボード、及びスイッチングボード間の通信接続は、バスを介して実装され得る。いくつかの実施形態では、転送チップは、特定用途向け集積回路（application-specific integrated circuit、ASIC）又はフィールドプログラマブルゲートアレイ（field programmable gate array、FPGA）として実装され得る。

【０１７０】

論理的には、デバイス1400は、制御プレーン及び転送プレーンを含む。制御プレーンは、主制御ボードと中央処理装置を含む。転送プレーンには、メモリ、PIC、NPなどの、転送を実行するためのコンポーネントを含む。制御プレーンは、ルータの機能、転送テーブルの生成、シグナリングパケット及びプロトコルパケットの処理、PE 1のステータスの設定と維持などの機能を実行する。制御プレーンは、生成された転送テーブルを転送プレーンに渡す。転送プレーン上で、NPは、転送テーブル内の内容に基づいて、デバイス1400のPICによって受信されたパケットを転送するために、制御プレーンによって渡された転送テーブルを検索する。制御プレーンによって渡された転送テーブルは、メモリに格納され得る。いくつかの実施形態では、制御プレーンと転送プレーンは分離されていてもよく、同じデバイス上には存在しない。

【０１７１】

図15は、前述の実施形態におけるネットワークデバイスの可能な構造の概略図である。ネットワークデバイス1500は、前述の実施形態におけるネットワークデバイス102又はネットワークデバイス203の機能を実装し得る。図15では、ネットワークデバイス1500は、受信ユニット1501、処理ユニット1502、及び送信ユニット1503を含む。これらのユニットは、前述の方法においてネットワークデバイス102又はネットワークデバイス203の対応する機能を実行し得る。例は以下の通りである。

【０１７２】

受信ユニット1501は、第1のネットワークから第1のパケットを受信するように構成される。第1のパケットの第1のパケットヘッダは、セグメントリストを含む。セグメントリストは、順次配置された複数の識別子を含む。複数の識別子のそれぞれは、1つのネットワークデバイス又は1つのリンクを識別するために使用される。複数の識別子は、少なく

とも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含む。第1のタイプの識別子のタイプは、第2のタイプの識別子のタイプとは異なる。第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第1のネットワーク上にある。第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第2のネットワーク上にある。第1のネットワークのタイプは、第2のネットワークのタイプとは異なる。

【０１７３】

処理ユニット1502は、第2のパケットを形成するために第1のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化するように構成される。第2のパケットヘッダは、複数の第2のタイプの識別子を含む。

【０１７４】

送信ユニット1503は、第2のパケットを第2のネットワークに送信するように構成される。

【０１７５】

ネットワークデバイス1500は、図13に示されるデバイスを使用することによって代替的に実装され得る。この場合、ネットワークデバイス1500は、少なくとも1つのプロセッサ、通信バス、及び少なくとも1つの通信インターフェースを含む。任意選択により、ネットワークデバイス1500は、メモリをさらに含み得る。

【０１７６】

特定の実施形態では、ネットワークデバイス1500のプロセッサは、通信インターフェースを介して第1のネットワークから第1のパケットを受信するように構成される。第1のパケットの第1のパケットヘッダは、セグメントリストを含む。セグメントリストは、順次配置された複数の識別子を含む。複数の識別子のそれぞれは、1つのネットワークデバイス又は1つのリンクを識別するために使用される。複数の識別子は、少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含む。第1のタイプの識別子のタイプは、第2のタイプの識別子のタイプとは異なる。第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第1のネットワーク上にある。第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第2のネットワーク上にある。第1のネットワークのタイプは、第2のネットワークのタイプとは異なる。プロセッサは、第2のパケットを形成するために第1のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化するように、ここで、第2のパケットヘッダは複数の第2のタイプの識別子を含み、また、通信インターフェースを介して第2のネットワークに第2のパケットを送信するようにさらに構成される。プロセッサの詳細な処理プロセスについては、前述の実施形態におけるS140、S150、S160のプロセス及びS270、S280、S290のプロセスの詳細な説明を参照されたい。詳細については、本明細書では再度説明しない。

【０１７７】

ネットワークデバイス1500の通信インターフェースは、ネットワークシステムを介してパケットを送受信するためにネットワークデバイス1500によって使用される。具体的な処理については、前述の実施形態におけるS140、S160、S270、及びS290の詳細な説明を参照されたい。詳細については、本明細書では再度説明しない。

【０１７８】

ネットワークデバイス1500は、図14に示されるデバイスを使用することによって代替的に実装され得る。この場合、ネットワークデバイス1500は、主制御ボード及び1つ又は複数のインターフェースボードを含む。主制御ボードとインターフェースボードは通信可能に接続されている。詳細については、前述の実施形態におけるネットワークデバイス1400の説明を参照されたい。詳細については、本明細書では再度説明しない。

【０１７９】

図16は、前述の実施形態におけるネットワークデバイスの可能な構造の概略図である。ネットワークデバイス1600は、前述の実施形態におけるネットワークデバイス101又はネットワークデバイス202の機能を実装し得る。図16では、ネットワークデバイス1600は、受信ユニット1601、処理ユニット1602、及び送信ユニット1603を含む。これらの

ユニットは、前述の方法においてネットワークデバイス101又はネットワークデバイス202の対応する機能を実行し得る。例は以下の通りである。

【０１８０】

受信ユニット1601は、第1のパケットを受信するように構成される。

【０１８１】

処理ユニット1602は、第2のパケットを形成するためにセグメントリストを第1のパケットに追加するように構成される。セグメントリストは、第2のパケットの転送パスを示す。転送パスは、複数のネットワークデバイスを含む。セグメントリストは、順次配置された複数の識別子を含む。複数の識別子のそれぞれは、転送パス上の複数のネットワークデバイスのうちの1つ又は1つのリンクを識別するために使用される。複数の識別子は、少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含む。第1のタイプの識別子のタイプは、第2のタイプの識別子のタイプとは異なる。第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第1のネットワーク上にある。第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第2のネットワーク上にある。第1のネットワークのタイプは、第2のネットワークのタイプとは異なる。

【０１８２】

送信ユニット1603は、第2のパケットを送信するように構成される。

【０１８３】

ネットワークデバイス1600は、図13に示されるデバイスを使用することによって代替的に実装され得る。この場合、ネットワークデバイス1600は、少なくとも1つのプロセッサ、通信バス、及び少なくとも1つの通信インターフェースを含む。任意選択により、ネットワークデバイス1600は、メモリをさらに含み得る。

【０１８４】

特定の実施形態では、ネットワークデバイス1600のプロセッサは、通信インターフェースを介して第1のパケットを受信し、第2のパケットを形成するためにセグメントリストを第1のパケットに追加するように構成される。セグメントリストは、第2のパケットの転送パスを示す。転送パスは、複数のネットワークデバイスを含む。セグメントリストは、順次配置された複数の識別子を含む。複数の識別子のそれぞれは、転送パス上の複数のネットワークデバイスのうちの1つ又は1つのリンクを識別するために使用される。複数の識別子は、少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含む。第1のタイプの識別子のタイプは、第2のタイプの識別子のタイプとは異なる。第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第1のネットワーク上にある。第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第2のネットワーク上にある。第1のネットワークのタイプは、第2のネットワークのタイプとは異なる。プロセッサは、通信インターフェースを介して第2のパケットを送信するようにさらに構成される。プロセッサの詳細な処理プロセスについては、前述の実施形態におけるS110、S120、S130のプロセス及びS240、S250、S260のプロセスの詳細な説明を参照されたい。詳細については、本明細書では再度説明しない。

【０１８５】

ネットワークデバイス1600の通信インターフェースは、ネットワークシステムを介してパケットを送受信するためにネットワークデバイス1600によって使用される。具体的な処理については、前述の実施形態におけるS110、S130、S240、及びS260の詳細な説明を参照されたい。詳細については、本明細書では再度説明しない。

【０１８６】

ネットワークデバイス1600は、図14に示されるデバイスを使用することによって代替的に実装され得る。この場合、ネットワークデバイス1600は、主制御ボード及び1つ又は複数のインターフェースボードを含む。主制御ボードとインターフェースボードは通信可能に接続されている。詳細については、前述の実施形態におけるネットワークデバイス1400の説明を参照されたい。詳細については、本明細書では再度説明しない。

【０１８７】
図17は、前述の実施形態におけるコントローラ201の可能な構造の概略図である。コントローラ1700は、前述の実施形態におけるコントローラ201の機能を実装し得る。図17では、コントローラ1700は、処理ユニット1701及び送信ユニット1702を含む。これらのユニットは、前述の方法においてコントローラ201の対応する機能を実行し得る。例は以下の通りである。
【０１８８】
処理ユニット1701は、パケットの転送パスを判定するように、ここで、転送パスは少なくとも2つのネットワーク上に位置する複数のネットワークデバイスを含み、少なくとも2つのネットワークは第1のネットワークと第2のネットワークとを含み、第1のネットワークのタイプは第2のネットワークのタイプとは異なり、また、転送パスに対応するセグメントリストを生成するように構成される。セグメントリストは、順次配置された複数の識別子を含む。複数の識別子のそれぞれは、転送パス上の複数のネットワークデバイスのうちの1つ又は1つのリンクに対応する。複数の識別子は、少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含む。第1のタイプの識別子のタイプは、第2のタイプの識別子のタイプとは異なる。第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第1のネットワーク上にある。第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第2のネットワーク上にある。
【０１８９】
送信ユニット1702は、転送パス上の入口デバイスにセグメントリストを送信するように構成される。
【０１９０】
コントローラ1700は、図13に示されるデバイスを使用することによって代替的に実装され得る。この場合、コントローラ1700は、少なくとも1つのプロセッサ、通信バス、及び少なくとも1つの通信インターフェースを含む。任意選択により、コントローラ1700は、メモリをさらに含み得る。
【０１９１】
特定の実施形態では、コントローラ1700のプロセッサは、パケットの転送パスを判定するように、ここで、転送パスは少なくとも2つのネットワーク上に位置する複数のネットワークデバイスを含み、少なくとも2つのネットワークは第1のネットワークと第2のネットワークとを含み、第1のネットワークのタイプは第2のネットワークのタイプとは異なり、また、転送パスに対応するセグメントリストを生成するように構成される。セグメントリストは、順次配置された複数の識別子を含む。複数の識別子のそれぞれは、転送パス上の複数のネットワークデバイスのうちの1つ又は1つのリンクに対応する。複数の識別子は、少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含む。第1のタイプの識別子のタイプは、第2のタイプの識別子のタイプとは異なる。第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第1のネットワーク上にある。第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第2のネットワーク上にある。プロセッサは、通信インターフェースを介して転送パス上の入口デバイスにセグメントリストを送信するようにさらに構成される。
【０１９２】
プロセッサの詳細な処理プロセスについては、前述の実施形態におけるS210、S220、S230のプロセスの詳細な説明を参照されたい。詳細については、本明細書では再度説明しない。
【０１９３】
コントローラ1700の通信インターフェースは、ネットワークシステムを介して情報を送受信するためにコントローラ1700によって使用される。具体的な処理については、前述の実施形態におけるS230の詳細な説明を参照されたい。詳細については、本明細書では再度説明しない。
【０１９４】

図18を参照されたい。図18は、本出願の実施形態によるネットワークシステムの可能な構造の概略図である。ネットワークシステム1800は、第1のネットワークデバイス1801及び第2のネットワークデバイス1802を含む。ネットワークシステムの第1のネットワークデバイス1801は、図11に示す実施形態におけるネットワークデバイス102の処理ステップS140、S150、S160、又は図12に示す実施形態におけるネットワークデバイス203の処理ステップS270、S280、S290を実行し得る。ネットワークシステムの第2のネットワークデバイス1802は、図11に示す実施形態におけるネットワークデバイス101の処理ステップS110、S120、S130、又はネットワークデバイス202の処理ステップS240、S250、S260を実行し得る。

【０１９５】

任意選択により、ネットワークシステム1800は、コントローラ1803をさらに含み得る。ネットワークシステムのコントローラ1803は、図12に示される実施形態におけるコントローラ201の処理ステップS210、S220、S230を実行し得る。

【０１９６】

これに対応して、ネットワークシステムの第1のネットワークデバイス1801は、図16に示される実施形態におけるネットワークデバイス1600であり得る。ネットワークシステムの第2のネットワークデバイス1802は、図15に示される実施形態におけるネットワークデバイス1500であり得る。ネットワークシステムのコントローラ1803は、図17に示される実施形態におけるコントローラ1700であり得る。

【０１９７】

具体的には、コントローラは、パケットの転送パスを判定するように構成される。転送パスは、少なくとも2つのネットワーク上に位置する複数のネットワークデバイスを含む。少なくとも2つのネットワークは、第1のネットワーク及び第2のネットワークを含む。第1のネットワークのタイプは、第2のネットワークのタイプとは異なる。コントローラは、転送パスに対応するセグメントリストを生成するようにさらに構成される。セグメントリストは、順次配置された複数の識別子を含む。複数の識別子のそれぞれは、転送パス上の複数のネットワークデバイスのうちの1つ又は1つのリンクに対応する。複数の識別子は、少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含む。第1のタイプの識別子のタイプは、第2のタイプの識別子のタイプとは異なる。第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第1のネットワーク上にある。第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第2のネットワーク上にある。コントローラは、転送パス上の入口デバイスにセグメントリストを送信するようにさらに構成される。

【０１９８】

第2のネットワークデバイスは、第1のパケットを受信し、第2のパケットを形成するために第1のパケットにセグメントリストを追加するように構成される。セグメントリストは、第2のパケットの転送パスを示す。転送パスは、複数のネットワークデバイスを含む。セグメントリストは、順次配置された複数の識別子を含む。複数の識別子のそれぞれは、転送パス上の複数のネットワークデバイスのうちの1つ又は1つのリンクを識別するために使用される。複数の識別子は、少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含む。第1のタイプの識別子のタイプは、第2のタイプの識別子のタイプとは異なる。第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第1のネットワーク上にある。第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第2のネットワーク上にある。第1のネットワークのタイプは、第2のネットワークのタイプとは異なる。第2のネットワークデバイスは、第2のパケットを送信するようにさらに構成される。

【０１９９】

任意選択により、ネットワークシステムがコントローラを含む場合、セグメントリストは、コントローラによって送信され、第2のネットワークデバイスによって受信されるセグメントリストである。任意選択により、ネットワークシステムがコントローラを含まな

い場合、第2のネットワークデバイスがセグメントリストを取得するということは、第2のネットワークデバイスがセグメントリストを生成することを意味する。

【０２００】

第1のネットワークデバイスは、第1のネットワークから第2のパケットを受信するように構成される。第2のパケットの第1のパケットヘッダは、セグメントリストを含む。セグメントリストは、順次配置された複数の識別子を含む。複数の識別子のそれぞれは、1つのネットワークデバイス又は1つのリンクを識別するために使用される。複数の識別子は、少なくとも1つの第1のタイプの識別子及び複数の第2のタイプの識別子を含む。第1のタイプの識別子のタイプは、第2のタイプの識別子のタイプとは異なる。第1のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第1のネットワーク上にある。第2のタイプの識別子によって識別されるネットワークデバイス又はリンクは、第2のネットワーク上にある。第1のネットワークのタイプは、第2のネットワークのタイプとは異なる。第1のネットワークデバイスは、第2のパケットの第2のパケットヘッダをカプセル化して、第3のパケットを形成するように、ここで、第2のパケットヘッダは複数の第2のタイプの識別子を含み、また、第2のネットワークに第3のパケットを送信するようにさらに構成される。

【０２０１】

本発明の一実施形態は、前述の実施形態で使用されるソフトウェア命令を格納するように構成された非一時的記憶媒体をさらに提供する。非一時的記憶媒体は、前述の実施形態に示される方法を実行するために使用されるプログラムを含む。プログラムがコンピュータ又はネットワークデバイス上で実行されるとき、コンピュータ又はネットワークデバイスは、前述の方法の実施形態における方法を実行することが可能になる。

【０２０２】

本発明の一実施形態は、コンピュータプログラム命令を含むコンピュータプログラム製品をさらに提供する。コンピュータプログラム製品がコンピュータ上で実行されるとき、コンピュータは、前述の方法の実施形態における方法を実行することが可能になる。

【０２０３】

本発明の実施形態で言及される第1のパケット及び第1のネットワークデバイスにおける「第1」は、単に名前の識別子として使用され、順序における最初を表すものではない。このルールは、「第2」、「第3」、「第4」などにも適用される。しかしながら、本発明の実施形態で言及される1番目の識別子における「1番目」は、順序における最初を表す。このルールは「N番目」にも適用される。

【０２０４】

本発明の実施形態では、「A及び／又はB」は、Aのみ、Bのみ、及びAとBの両方の3つの場合を含むと考えられる。

【０２０５】

上記の装置の実施形態は、単なる例であることに留意されたい。別々の部品として説明されるユニットは、物理的に別々であってもなくてもよく、ユニットとして表示される部品は、物理ユニットであってもなくてもよく、1つの場所に位置してもよく、又は複数のネットワークユニットに分散されてもよい。いくつか又はすべてのモジュールは、実施形態の解決策の目的を達成するための実際の必要性に基づいて選択され得る。さらに、本発明によって提供されるネットワークデバイス又はホストの実施形態の添付図面において、モジュール間の接続関係は、モジュールが互いに通信接続を有することを示し、これは、1つ又は複数の通信バス又は信号ケーブルとして具体的に実装され得る。当業者は、創造的な努力なしに、本発明の実施形態を理解し、実施することができる。

【０２０６】

本発明の実施形態で開示される内容と組み合わせて説明される方法又はアルゴリズムステップは、ハードウェアによって実装され得るか、又はソフトウェア命令を実行することによってプロセッサによって実装され得る。ソフトウェア命令は、対応するソフトウェアモジュールを含み得る。ソフトウェアモジュールは、ランダムアクセスメモリ（random

access memory、RAM）、フラッシュメモリ、読取り専用メモリ（read-only memory、ROM）、消去可能プログラマブル読取り専用メモリ（erasable programmable ROM、EPROM）、電気的消去可能プログラマブル読取り専用メモリ（electrically EPROM、EEPROM）、ハードディスク、モバイルハードディスク、コンパクトディスク、又は当技術分野でよく知られている任意の他の形態の記憶媒体に格納され得る。記憶媒体は、プロセッサが記憶媒体から情報を読み取ることができるように、プロセッサに接続される。確かに、記憶媒体はプロセッサのコンポーネントであり得る。

【０２０７】

本発明の目的、技術的解決策、及び利点は、前述の特定の実施形態においてさらに詳細に説明されている。前述の説明は、本発明の特定の実施形態に過ぎず、本発明の保護範囲を限定することを意図するものではないことを理解されたい。本発明の技術的解決策に基づいて行われた修正、置換、又は改善は、本発明の保護範囲に含まれるものとする。

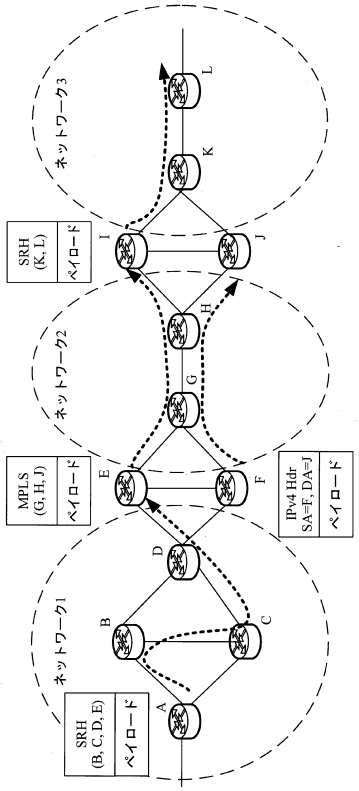
【符号の説明】

【０２０８】

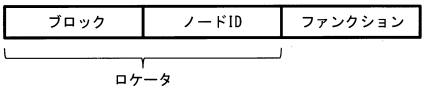
101 ネットワークデバイス
102 ネットワークデバイス
201 コントローラ
202 ネットワークデバイス
203 ネットワークデバイス
1300 デバイス
1301 プロセッサ
1303 メモリ
1304 通信インターフェース
1302 通信バス
1400 ネットワークデバイス
1500 ネットワークデバイス
1501 受信ユニット
1502 処理ユニット
1503 送信ユニット
1600 ネットワークデバイス
1601 受信ユニット
1602 処理ユニット
1603 送信ユニット
1700 コントローラ
1701 処理ユニット
1702 送信ユニット
1800 ネットワークシステム
1801 第1のネットワークデバイス
1802 第2のネットワークデバイス
1803 コントローラ

【図面】

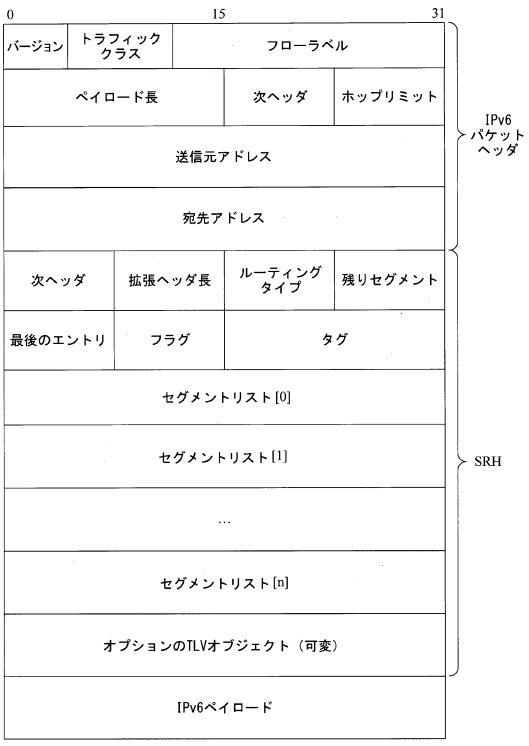
【図１】


ネットワーク3
ネットワーク2
ネットワーク1
L
K
I
J
H
G
E
F
D
B
C
A
SRH (K, L) ペイロード
MPLS (G, H, J) ペイロード
IPv4 Hdr SA=F, DA=J ペイロード
SRH (B, C, D, E) ペイロード

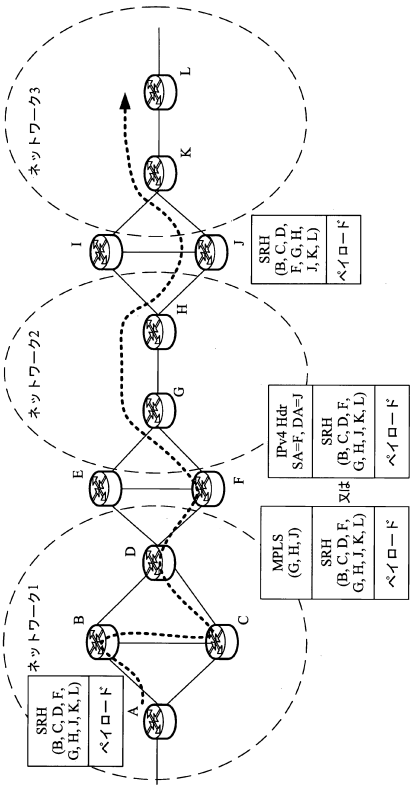
【図２】


ブロック
ノードID
ファンクション
ロケータ

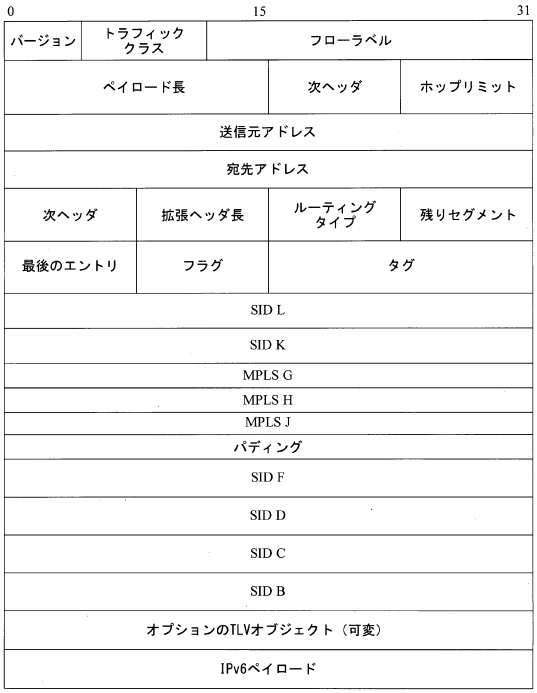
【図３】


0
15
31
バージョン
トラフィッククラス
フローラベル
ペイロード長
次ヘッダ
ホップリミット
送信元アドレス
宛先アドレス
次ヘッダ
拡張ヘッダ長
ルーティングタイプ
残りセグメント
最後のエントリ
フラグ
タグ
セグメントリスト[0]
セグメントリスト[1]
…
セグメントリスト[n]
オプションのTLVオブジェクト（可変）
IPv6ペイロード
IPv6パケットヘッダ
SRH

【図４】


ネットワーク3
ネットワーク2
ネットワーク1
L
K
I
J
H
G
E
F
D
B
C
A
SRH (B, C, D, F, G, H, J, K, L) ペイロード
IPv4 Hdr SA=F, DA=J
SRH (B, C, D, F, G, H, J, K, L) ペイロード
又は
MPLS (G, H, J)
SRH (B, C, D, F, G, H, J, K, L) ペイロード
SRH (B, C, D, F, G, H, I, K, L) ペイロード

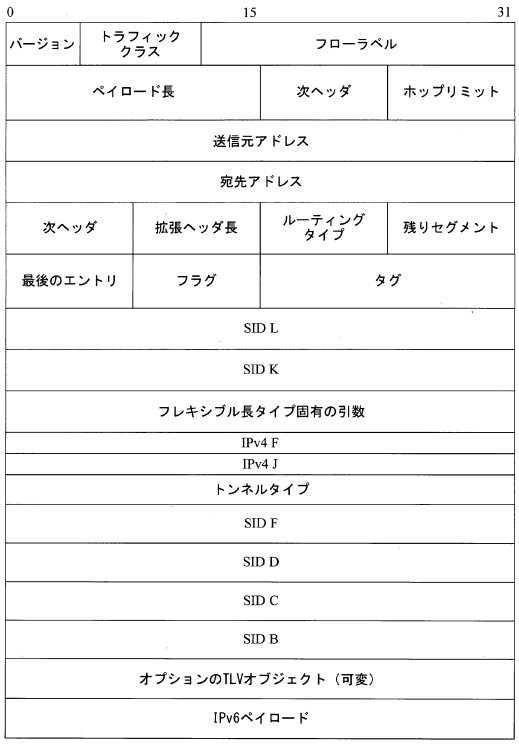
【図５】


0
15
31
バージョン
トラフィッククラス
フローラベル
ペイロード長
次ヘッダ
ホップリミット
送信元アドレス
宛先アドレス
次ヘッダ
拡張ヘッダ長
ルーティングタイプ
残りセグメント
最後のエントリ
フラグ
タグ
SID L
SID K
MPLS G
MPLS H
MPLS J
パディング
SID F
SID D
SID C
SID B
オプションのTLVオブジェクト（可変）
IPv6ペイロード

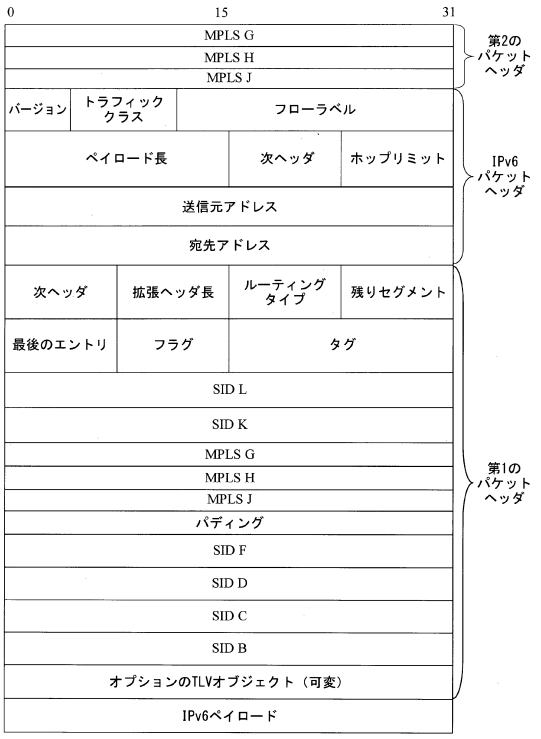
【図６】

0
15
31
バージョン
トラフィッククラス
フローラベル
ペイロード長
次ヘッダ
ホップリミット
送信元アドレス
宛先アドレス
次ヘッダ
拡張ヘッダ長
ルーティングタイプ
残りセグメント
最後のエントリ
フラグ
タグ
SID L
SID K
MPLS H
MPLS J
パディング
C-SID C
C-SID D
C-SID F
MPLS G
SID B
オプションのTLVオブジェクト（可変）
IPv6ペイロード

【図７】

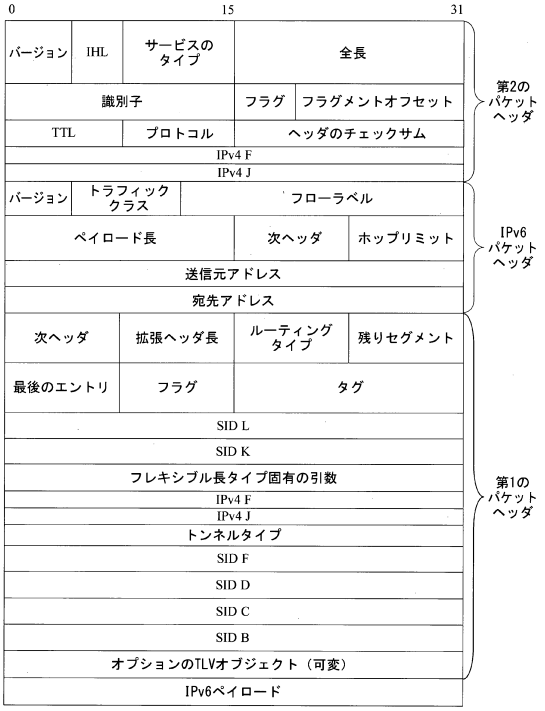

0
15
31
バージョン
トラフィッククラス
フローラベル
ペイロード長
次ヘッダ
ホップリミット
送信元アドレス
宛先アドレス
次ヘッダ
拡張ヘッダ長
ルーティングタイプ
残りセグメント
最後のエントリ
フラグ
タグ
SID L
SID K
フレキシブル長タイプ固有の引数
IPv4 F
IPv4 J
トンネルタイプ
SID F
SID D
SID C
SID B
オプションのTLVオブジェクト（可変）
IPv6ペイロード

【図８】

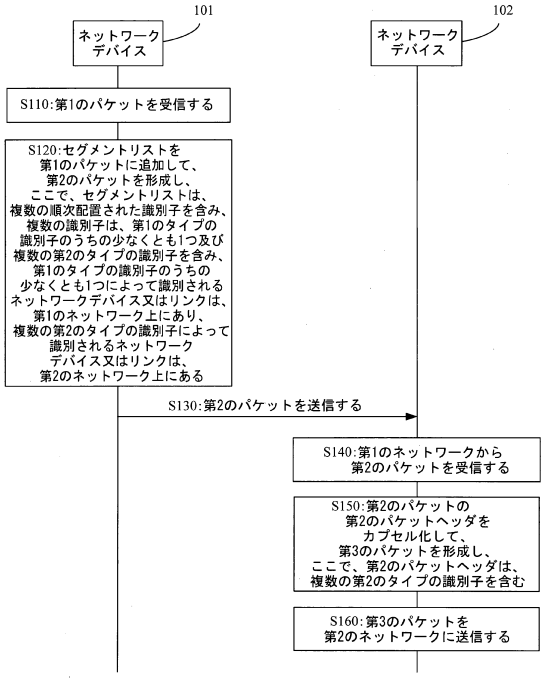

0
15
31
MPLS G
MPLS H
MPLS J
第2のパケットヘッダ
バージョン
トラフィッククラス
フローラベル
ペイロード長
次ヘッダ
ホップリミット
IPv6パケットヘッダ
送信元アドレス
宛先アドレス
次ヘッダ
拡張ヘッダ長
ルーティングタイプ
残りセグメント
最後のエントリ
フラグ
タグ
SID L
SID K
MPLS G
MPLS H
MPLS J
パディング
SID F
SID D
SID C
SID B
オプションのTLVオブジェクト（可変）
第1のパケットヘッダ
IPv6ペイロード

【図９】

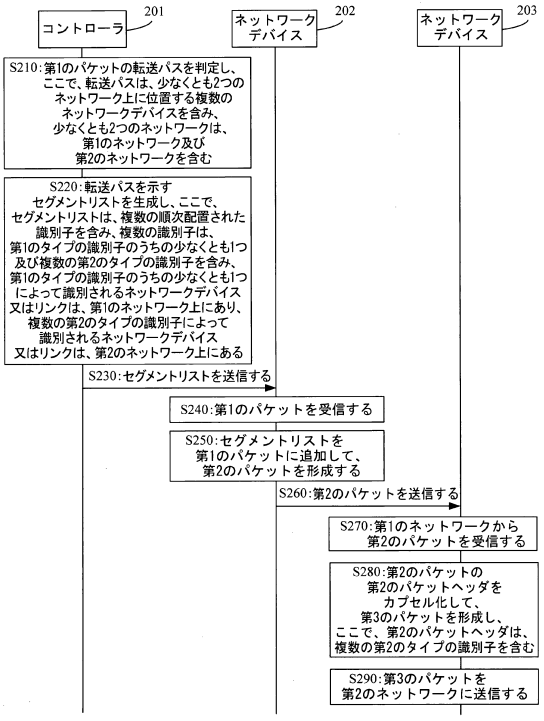
【図１０】



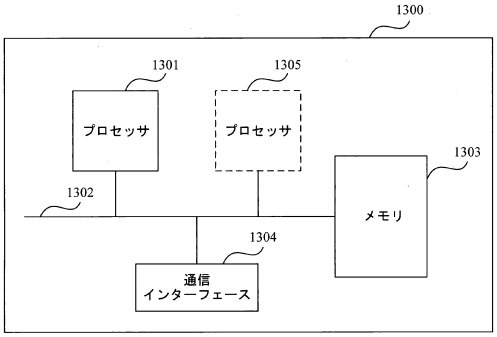
【図１１】



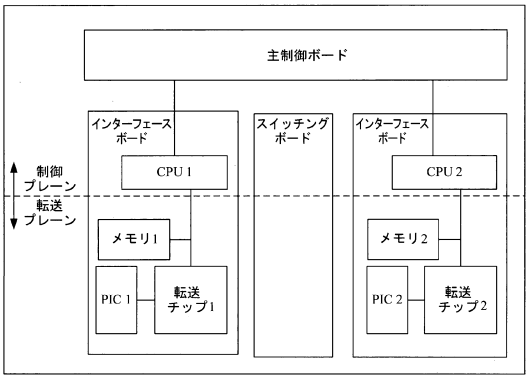
【図１２】



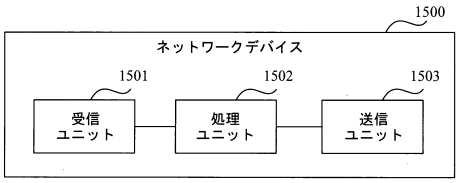
【図１３】



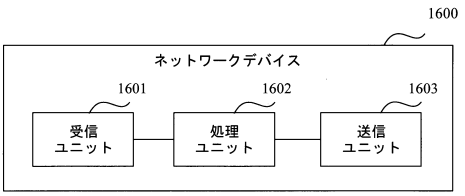
【図１４】



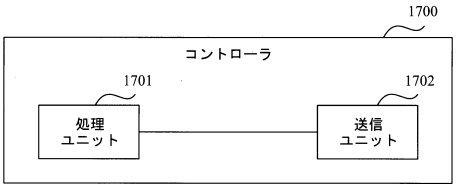
【図１５】



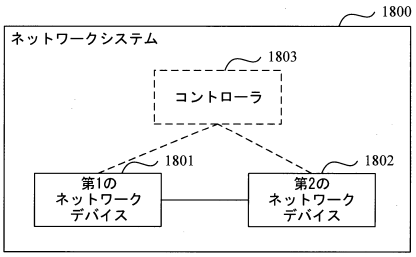
【図１６】



【図１７】



【図１８】



フロントページの続き

(74)代理人　100133569
弁理士　野村 進
(72)発明者　チェン・リ
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
(72)発明者　ジェンビン・リ
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
(72)発明者　ヤン・シア
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
(72)発明者　タイシュ・ティエン
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
審査官　中川 幸洋

(56)参考文献　SRv6 and MPLS interworking，draft-agrawal-spring-srv6-mpls-interworing-00，2018年10月22日
Unified Identifier in IPv6 Segment Routing Networks，draft-mirsky-6man-unified-id-sr-04，2019年11月03日
Compressed SRv6 Network Programming，draft-li-spring-compressed-srv6-np-00，2019年07月22日

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０４Ｌ　４５／００