

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2009-543383
(P2009-543383A)

(43) 公表日 平成21年12月3日(2009.12.3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4W 80/04 (2009.01)	HO4Q 7/00 602	5K030
HO4L 12/56 (2006.01)	HO4L 12/56 H	5K067

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2008-559002 (P2008-559002)
 (86) (22) 出願日 平成19年7月6日(2007.7.6)
 (85) 翻訳文提出日 平成20年12月26日(2008.12.26)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2007/063936
 (87) 国際公開番号 W02008/004713
 (87) 国際公開日 平成20年1月10日(2008.1.10)
 (31) 優先権主張番号 特願2006-188681 (P2006-188681)
 (32) 優先日 平成18年7月7日(2006.7.7)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 00005821
 パナソニック株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100093067
 弁理士 二瓶 正敬
 (72) 発明者 平野 純
 大阪府門真市大字門真1006番地 パナ
 ソニック株式会社内
 (72) 発明者 ンー チャン ワー
 シンガポール534415シンガポール、
 タイ・セン・アベニュー、ブロック102
 2、06-3530番、タイ・セン・イン
 ダストリアル・エステイト、パナソニック
 ・シンガポール研究所株式会社内

最終頁に続く

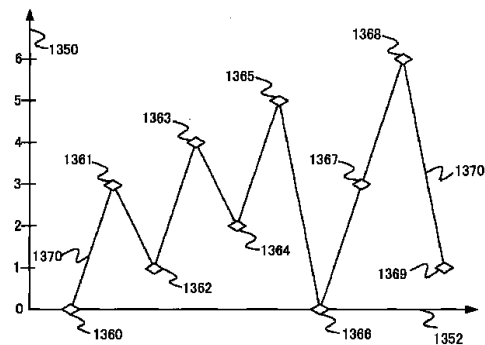
(54) 【発明の名称】 トンネリングループ検出制御装置

(57) 【要約】

【課題】 パケット転送装置（特に、パケットのカプセル化を行うトンネルエンリポイント）が、パケットがカプセル化を受けながら同一経路をループしてしまうトンネリングループの存在を検出できるようにする。

【解決手段】 本発明に係るルータのループ検出モジュールは、パケットの転送を行う際に、そのパケットのカプセル化ヘッダに設定されているTEL値（トンネルの重複回数を制限するトンネルカプセル化制限の値）、あるいは、ICMPエラーとして返送されるパケットのカプセル化ヘッダに設定されているTEL値を記憶する。そして、ループ検出モジュールは、記憶したTEL値の時間に対する増減変化のパターンを分析し、トンネリングループが発生している場合に現れる特有のパターン（鋸歯状のパターン）に一致した場合に、トンネリングループが発生していると推定する。

【選択図】 図3B



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

パケット転送機能を有するパケット転送装置内に配置されるトンネリンググループ検出制御装置であって、

パケットに含まれる情報を収集する情報収集手段と、

前記情報収集手段によって収集された前記情報を蓄積する情報蓄積手段と、

前記情報蓄積手段によって蓄積された前記情報に基づいて、トンネリンググループが起きているか否かを検出するトンネリンググループ検出手段とを、

有するトンネリンググループ検出制御装置。

【請求項 2】

前記情報収集手段が、前記パケットのトンネルヘッダ内に含まれるトンネルカプセル化制限オプションの値を収集するように構成されている請求項 1 に記載のトンネリンググループ検出制御装置。

【請求項 3】

前記情報収集手段が、ICMP エラーパケット内に含まれるトンネルカプセル化制限オプションの値を収集するように構成されている請求項 1 に記載のトンネリンググループ検出制御装置。

【請求項 4】

前記情報蓄積手段が、所定の個数だけ前に転送した前記パケットから直近に受信した前記パケットのそれぞれに含まれる前記情報を記憶するように構成されている請求項 1 に記載のトンネリンググループ検出制御装置。

【請求項 5】

前記トンネリンググループ検出手段が、前記情報蓄積手段に蓄積されている前記情報に対して統計処理を行い、その統計処理結果に基づいて、前記トンネリンググループが起きているか否かを推定するように構成されている請求項 1 に記載のトンネリンググループ検出制御装置。

【請求項 6】

前記トンネリンググループ検出手段が、前記情報蓄積手段に蓄積されている前記情報に関して、時間に対する前記パケットに含まれる情報が示す値の増減パターンを求める処理を行い、その処理結果が、トンネリンググループの発生時に特有の鋸歯状のパターンに一致する場合に、前記トンネリンググループが起きていると判断するように構成されている請求項 1 に記載のトンネリンググループ検出制御装置。

【請求項 7】

前記パケットを個別に又は特定のグループ別に識別することが可能なパケット選別手段を有しており、前記トンネリンググループ検出手段が、前記パケット選別手段で選別された個別のパケットごと又はグループごとに、前記情報蓄積手段によって蓄積された前記情報を解析して、前記トンネリンググループが起きているか否かを検出するように構成されている請求項 1 に記載のトンネリンググループ検出制御装置。

【請求項 8】

前記パケット選別手段は、前記パケットに付加されている識別情報に基づいて前記パケットの識別を行うように構成されている請求項 7 に記載のトンネリンググループ検出制御装置。

【請求項 9】

前記パケットの最外部ヘッダに前記パケットに付加されている前記識別情報が保持されるように制御する識別情報付加制御手段を有する請求項 8 に記載のトンネリンググループ検出制御装置。

【請求項 10】

前記パケット選別手段が、前記パケットの送信元アドレス及び宛先アドレスのセットごとに前記グループを設定するように構成されている請求項 7 に記載のトンネリンググループ検出制御装置。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、パケット交換型データ通信ネットワークにおいて、パケットのカプセル化（パケットのトンネリング）を制御するためのトンネリングループ検出制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

インターネットプロトコルスイート（Internet Protocol suite）に属する多数のプロトコルでは、パケットカプセル化（あるいは、パケットトンネリング）が利用されている。IPv6（Internet Protocol version 6：インターネットプロトコルバージョン6）では、このパケットカプセル化は、主に下記の非特許文献1において定義されている。

10

【0003】

例えば、仮想プライベートネットワーク（Virtual Private Network：VPN）では、異なる位置に存在する2つ以上のネットワークを相互接続可能として、大規模プライベートネットワークを形成するために、トンネリング技術が用いられる。

【0004】

また、モバイルIPv6（Mobile IPv6：MIPv6）のモビリティサポートでは、モバイルノードとホームエージェントとの間のトンネリングの使用によって、モバイルノードは、そのホームアドレスで常に到達可能な状態となる。

【0005】

また、IPv6のネットワークモビリティサポート（NEMO）では、モバイルルータが、自身のホームエージェントとの間にトンネルを確立することによって、ネットワーク全体が、モバイルネットワークのプレフィックスの到達可能な状態を維持したまま、インターネットを移動することが可能となる。

20

【0006】

IPv6トンネリングでは、内部のIPv6パケット（インナパケット）を、外部のIPv6パケット（アウトパケット）のペイロードとするカプセル化が行われる。なお、インナパケットは、ペイロードパケットと呼ばれることもあり、アウトパケットは、トンネルパケットと呼ばれることもある。

【0007】

トンネリングは、トンネル入口ノード（tunnel entry node）及びトンネル出口ノード（tunnel exit node）の2つのエンティティに関連している。なお、本明細書では、トンネル入口ノードを、トンネルエントリポイント（tunnel entry point）又はTEPと表現し、トンネル出口ノードをトンネル出口ポイントと表現することもある。

30

【0008】

トンネル入口ノードは、送信元アドレス（source address）にトンネル入口ノードのアドレスを有するとともに、あて先アドレス（destination address）にトンネル出口ノードのアドレスを有するトンネルパケットに、ペイロードパケットをカプセル化する。トンネルパケットがトンネル出口ノードに到達した場合には、ペイロードパケットはデカプセル化されて、通常通り発送される。これによって、既存のルーティングインフラストラクチャ上に、オーバレイネットワークが効率良く作られる。

40

【0009】

さらに、中継ルータがインナパケットの内容を見ることができないように、ペイロードパケットは暗号化されてもよい。トンネリングによって、インナパケットの送信元及びあて先アドレスは隠蔽されるので、既存のルーティングインフラストラクチャでは、単に、アウトパケットに基づく経路の決定のみが行われる。

【0010】

しかしながら、これにより、トンネルパケットがトンネル出口ノードに到達する前にトンネル入口ノードに戻ってしまうときには、トンネリングループ（tunneling loop）として知られている現象が発生してしまうおそれがある。

50

【 0 0 1 1 】

また、パケットが複数レベルのカプセル化を被る必要がある場合には、トンネリンググループは、より起こりやすくなる。カプセル化によって、インナパケットの送信元アドレスは隠れてしまうので、トンネル入口ノードは、トンネル入口ノード自身が以前にそのパケットのトンネル化を既に行っている旨に気付かない可能性がある。トンネリンググループは、ネットワークリソースを瞬間的に消費してしまうので、望ましいものではない。

【 0 0 1 2 】

カプセル化されたパケットには、それぞれ新たなホップリミットフィールド (hop limit field: 中継限界数フィールド) が設定されるので、パケットは、トンネリンググループ上で (トンネリンググループに沿って) 無限に発送され続けることになる。その結果、ルーティングのループを防ぐためにホップリミットを使用する既存のメカニズムは、有効ではなくなる。

10

【 0 0 1 3 】

さらに、各カプセル化によって、パケットには余分なパケットヘッダが付加され、パケットのサイズが大きくなる。パケットサイズが非常に大きくなることで、パケット分割 (fragmentation) が行われる可能性もある。その結果、別のパケット (分割されたパケット) がトンネリンググループに導入されてしまうことになる。

【 0 0 1 4 】

トンネリンググループが起こる可能性がある場合は多数存在する。図 1 A 及び図 1 B には、トンネリンググループが起こることが予想される 2 つの展開が図示されている。

20

【 0 0 1 5 】

図 1 A では、MR (Mobile Router: モバイルルータ) 1 1 0、MR 1 1 2、MR 1 1 4 は、インターネット 1 0 0 を移動している。各モバイルルータによって、トンネリンググループが形成される可能性がある。

【 0 0 1 6 】

ここで、MR 1 1 0 は、接続 1 2 0 に示されるように MR 1 1 2 に接続されており、MR 1 1 2 は、接続 1 2 2 に示されるように MR 1 1 4 に接続されており、MR 1 1 4 は、接続 1 2 4 に示されるように MR 1 1 0 に接続されている。モバイルルータの 1 つ (例えば、MR 1 1 0) が、自身の HA (Home Agent: ホームエージェント) 1 4 0 へのトンネル化を行っている場合には、MR 1 1 0 は、HA 1 4 0 へのトンネル用にパケットをカプセル化して、MR 1 1 0 のアクセスルータである MR 1 1 2 にパケットを渡す。

30

【 0 0 1 7 】

MR 1 1 2 も、自身のホームエージェントに渡すために、パケットを更にカプセル化する。そして、パケットは MR 1 1 4 に渡され、ここでも、パケットのカプセル化が行われる。これは永久に続き、各モバイルルータは、パケットに対して、カプセル化のレイヤを 1 つずつ付加し続ける。

【 0 0 1 8 】

また、図 1 B には、MN (Mobile Node: モバイルノード) 1 3 0 が 2 つのホームアドレス (MN . H o A 1 及び MN . H o A 2) を有し、それぞれに対応したホームエージェント (HA 1 4 0 及び HA 1 4 2) が存在する場合の展開が示されている。

40

【 0 0 1 9 】

HA 1 4 0 は、ホームアドレス MN . H o A 1 を管理しており、HA 1 4 2 は、ホームアドレス MN . H o A 2 を管理している。MN 1 3 0 は、HA 1 4 0 に対して偶然又は意図的に、自身の気付アドレス (care-of address: C o A) が MN . H o A 2 であることを通知し、HA 1 4 2 に対して、自身の気付アドレスが MN . H o A 1 であることを通知したとする。

【 0 0 2 0 】

その結果、HA 1 4 0 のバインディングキャッシュ 1 5 0 内には、MN . H o A 1 を含むホームアドレス (H o A) フィールド 1 6 2 と、MN . H o A 2 を含む気付アドレス (C o A) フィールド 1 6 4 とを有するエントリが格納される。また、同様に、HA 1 4 2

50

のバイディングキャッシュ152内には、MN・HoA2を含むホームアドレスフィールド166と、MN・HoA1を含む気付アドレスフィールド168とを有するエントリが格納される。

【0021】

ここで、ホームエージェントの1つ(例えば、HA140)が、MN130あてのケットを受信した場合、HA140は、自身のバイディングキャッシュで特定される気付アドレス(すなわち、MN・HoA2)に転送されるように、ケットのカプセル化を行う。これは、図1Bに経路172として示されている。

【0022】

HA142は、このケットを受信(intercept)し、自身のバイディングキャッシュ152内のMN130の気付アドレス(MN・HoA1)に対して、ケットのトンネルを行う。これにより、図1Bに経路174として示されているように、ケットは、トンネルによってHA140に戻される。そして、このループは、無限に続くことになる。

10

【0023】

下記の非特許文献1には、トンネルカプセル化制限(Tunnel Encapsulation Limit: TEL)オプションを使用して、トンネリングループの破滅的な結末を防ぐことが記載されている。このTELオプションは、ケットが受けることができるカプセル化の最大数を含むあて先ヘッダオプション(destination header option)である。

【0024】

通常、中継ルーティングノードは、通過ケットのあて先ヘッダを検査することはない。しかしながら、非特許文献1では、すべてのトンネル入口ノードが、カプセル化を行う前に、ケットのあて先ヘッダを検査する必要がある。そして、ケット内にTELオプションが見つかった場合には、トンネル入口ノードは、まず、TELオプションにおいて、許容されるカプセル化の最大数がゼロではないことをチェックする必要がある。

20

【0025】

TELオプション内に記載されている値がゼロの場合には、トンネル入口ノードは、ケットを破棄するとともに、発信元に問題を通知するインターネット制御メッセージプロトコル(Internet Control Message Protocol: ICMP)エラーを、ケットの発信元に対して送信する。

【0026】

また、TELオプションがゼロではない場合には、トンネル入口ノードは、ケットのカプセル化処理を行い、元々のTELオプション(ケット受信時のTELオプション)から1を引いた値を含むTELオプションを、新たなトンネルケットヘッダに付加する。

30

【0027】

一方で、元々のケット(受信したケット)にTELオプションが含まれていない場合には、トンネル入口ノードは、カプセル化処理を行い、最大カプセル化のデフォルトの数値を含むTELオプションをトンネルケットヘッダに付加する。このデフォルトの数値は、トンネル入口ノードで設定されるパラメータである。

【0028】

次に、図1Cにおいて、上述した非特許文献1に開示されている技術に係る動作について例示する。ここで、送信元ノード180(図1Cでは、ソースと表記)は、データケットを任意のあて先に送信する送信元のノードである。ケットは、3つのトンネルエントリポイント(TEP182、TEP184、TEP186)を経由する経路を通る。しかしながら、構成のミスやその他の理由によって、3つのトンネルエントリポイントは、トンネリングループを形成しているとする。

40

【0029】

送信元ノード180がデータケット187(図1Cでは、Dataと表記)を送信した場合、データケット187は、最初のトンネルエントリ(TEP182)に到達する。TEP182は、トンネルケット188内にデータケットをカプセル化するととも

50

に、トンネルパケットヘッダにTELオプションを付加する。ペイロードパケット187にはTELオプションは含まれていないので、トンネルパケット188内のTELオプションには、デフォルト値(例えば「4」)が設定された制限フィールドが設けられる。

【0030】

さらに、TEP184は、このパケットをTEP186にトンネルし、その結果、TEL制限が「3」のパケット189(図1Cでは、Pkt{TEL=3}と表記)が生じる。さらに、TEP186は、このパケットをTEP182にトンネルし、その結果、TEL制限が「2」のパケット190(図1Cでは、Pkt{TEL=2}と表記)が生じる。TEP182は、もう一度このパケットをTEP184にトンネルし、その結果、TEL制限が「1」のパケット191(図1Cでは、Pkt{TEL=1}と表記)が生じる。そして、最終的に、TEP184は、このパケットをTEP186にトンネルし、その結果、TEL制限が「0」のパケット192(図1Cでは、Pkt{TEL=0}と表記)が生じる。

10

【0031】

ここで、TEP186は、受信したパケットには、値がゼロのTELオプションが存在していることに気付く。その結果、更なるカプセル化の実行は不可能となる。そして、TEP186は、パケット192を破棄し、パケットの送信元(すなわち、TEP184)に対して、パケット192の元のTELオプション184を示すICMPエラーメッセージ193(図1Cでは、ICMP-Errorと表記)を返送する。

20

【0032】

このICMPエラーメッセージ193を受信したTEP184は、ICMPエラーメッセージ193から元のパケット191を抽出して、パケット191の送信元(すなわち、TEL182)に対して、パケット191のTELオプションを示すICMPエラーメッセージ194(図1Cでは、ICMP-Errorと表記)を返送する。

【0033】

このICMPエラーメッセージの返送は、受信するICMPエラーメッセージから抽出されるパケットにTELオプションが含まれなくなるまで実行される(すなわち、ICMPエラーメッセージ195~197(図1Cでは、ICMP-Errorと表記)が順次返送される)。なお、図1Cでは、TEP182がICMPエラーメッセージ197を受信した場合に、パケットにTELオプションが含まれなくなる。そして、最終的なICMPエラーメッセージ198(図1Cでは、ICMP-Errorと表記)が、TEP182から元の送信元ノード180に送信される。

30

【0034】

また、ルーティンググループに関する問題を解決しようとする他の従来技術も存在している。例えば、下記の特許文献1には、IPヘッダに含まれているホップ数ごとに、パケットの個数を所定の期間カウントするカウンタを設けることによって、ルーティンググループが起こっているか否かを推定し、一般的なルーティンググループの検出を行う方法が開示されている。

【0035】

また、ルーティンググループそのものを防ごうとしている別の従来技術も存在する。例えば、下記の特許文献2には、ルーティンググループを防ごうとしているモバイルアドホックルーティング方法が記載されている。また、下記の特許文献3には、レイヤ2のトンネリングプロトコル(L2TP)や仮想プライベートネットワーク(VPN)に関して、ルーティンググループを防ぐために、スパニングツリーアルゴリズム(全域木アルゴリズム)を使用するルーティング方法が開示されている。

40

【非特許文献1】“Generic Packet Tunneling in IPv6 Specification”、RFC2473、1998年12月

【特許文献1】米国特許公開公報2005/0063311

【特許文献2】米国特許公開公報2004/0146007

【特許文献3】米国特許6765881号

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0036】

しかしながら、非特許文献1に開示されている技術によれば、上述のTELオプションの使用によって、トンネリングループが無限に発生し続けないようにすることは可能となるものの、複雑な問題に対しては不十分な解決方法である。特に、TELオプションを使用した場合、ICMPエラーメッセージの受信者は、TELの値がゼロになった理由が、トンネリングループによるものであるのか、あるいは、単に、TELの値の設定が、最終のあて先に到達するまでに通過する必要があるトンネルの数に対して十分ではなかったことによるものなのかを判断することができない。

10

【0037】

したがって、トンネル入口ノードが、トンネルカプセル化の制限に達したことを告げるICMPエラーに対して、どのように応じればよいかに関しては不明瞭である。

【0038】

トンネル入口ノードは、そのデフォルトのTELの値を増やして、パケットを通過させようと試みることができる。しかしながら、トンネリングループが実際に存在する場合には、これによって、ICMPエラーの受信及びデフォルトのTELの値の増加が無限に行われることになるかもしれない。

【0039】

また、トンネル入口ノードは、トンネリングループが存在していると仮定して、同一のあて先アドレスを有するトンネルパケットを単に拒否することもできる。しかしながら、ICMPエラーの本当の理由が、パケットが通過する必要のあるトンネルの数が、パケットがその最終あて先に到達するために設定されるTELの値よりも大きかったという理由の場合には、これによって、不要なサービス拒否が行われてしまうかもしれない。

20

【0040】

上述の説明から、トンネル入口ノードが、トンネリングループが形成されている場合と、パケットが通過するために必要となるトンネルの数が、設定されるデフォルトのTELの値よりも大きい場合とを区別することができる情報が、TELオプションに含まれていないことがTELオプションの使用に係る問題であることが分かる。

【0041】

また、特許文献1に開示されている方法は、1秒あたりに何千個ものパケットの処理を行うルータには適していない。

30

【0042】

また、特許文献2、3に開示されているような方法に関しては、特に、ループ発生の確率がかかり小さい場合に、ループをわざわざ防ぐために費やされる計算コストが割に合ったものではないという問題がある。トンネリングプロトコルは、トンネル入口ノードからトンネル出口ノードへのパケットのルーティングに関しては、基本的なルーティングインフラストラクチャを利用するものである。したがって、上記の問題は、特にトンネリングプロトコルに関して当てはまる。また、基本的なルーティングインフラストラクチャにルーティングループがない限り、トンネリングループが起こる可能性は、実際にはかなり小さい。したがって、トンネリングプロトコルに関しては、完全かつ複雑なループ回避メカニズムは適していない。

40

【0043】

上記の課題に鑑み、本発明は、パケット転送装置（特に、トンネルエンリポイント）がトンネリングループの存在を検出するためのトンネリングループ検出制御装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0044】

上記の目的を達成するため、本発明のトンネリングループ検出制御装置は、パケット転送機能を有するパケット転送装置内に配置されるトンネリングループ検出制御装置であっ

50

て、

パケットに含まれる情報を収集する情報収集手段と、

前記情報収集手段によって収集された前記情報を蓄積する情報蓄積手段と、

前記情報蓄積手段によって蓄積された前記情報に基づいて、トンネリンググループが起きているか否かを検出するトンネリンググループ検出手段とを、

有する。

上記の構成により、パケットの転送を行うパケット転送装置が、転送すべきパケットに含まれる情報を収集、蓄積することによって、その情報に基づいてトンネリンググループの存在を検出することができるようになる。

【0045】

10

さらに、本発明のトンネリンググループ検出制御装置は、上記の構成に加えて、前記情報収集手段が、前記パケットのトンネルヘッダ内に含まれるトンネルカプセル化制限オプションの値を収集するように構成されている。

上記の構成により、トンネルパケットに設定され、カプセル化の回数を制限するトンネルカプセル化制限オプションの値に基づいて、トンネリンググループの存在が検出されるようになる。

【0046】

さらに、本発明のトンネリンググループ検出制御装置は、上記の構成に加えて、前記情報収集手段が、ICMPエラーパケット内に含まれるトンネルカプセル化制限オプションの値を収集するように構成されている。

20

上記の構成により、カプセル化の回数を制限するトンネルカプセル化制限オプションを有するトンネルパケットに対して発生したICMPエラーパケット内のトンネルカプセル化制限オプションの値に基づいて、トンネリンググループの存在が検出されるようになる。

【0047】

さらに、本発明のトンネリンググループ検出制御装置は、上記の構成に加えて、前記情報蓄積手段が、所定の個数だけ前に転送した前記パケットから直近に受信した前記パケットのそれぞれに含まれる前記情報を記憶するように構成されている。

上記の構成により、所定の個数のパケットに含まれる情報に基づいて、トンネリンググループの存在を検出することができるようになる。

【0048】

30

さらに、本発明のトンネリンググループ検出制御装置は、上記の構成に加えて、前記トンネリンググループ検出手段が、前記情報蓄積手段に蓄積されている前記情報に対して統計処理を行い、その統計処理結果に基づいて、前記トンネリンググループが起きているか否かを推定するように構成されている。

上記の構成により、転送するパケットに含まれる情報に係る統計処理結果に基づいて、トンネリンググループの存在を検出することができるようになる。

【0049】

さらに、本発明のトンネリンググループ検出制御装置は、上記の構成に加えて、前記トンネリンググループ検出手段が、前記情報蓄積手段に蓄積されている前記情報に関して、時間に対する前記パケットに含まれる情報が示す値の増減パターンを求める処理を行い、その処理結果が、トンネリンググループの発生時に特有の鋸歯状のパターンに一致する場合に、前記トンネリンググループが起きていると判断するように構成されている。

40

上記の構成により、転送するパケットに含まれる情報が示す値の増減パターンが、トンネリンググループの発生時に特有の鋸歯状のパターンに一致することを検出することによって、トンネリンググループの存在を検出することができるようになる。

【0050】

さらに、本発明のトンネリンググループ検出制御装置は、上記の構成に加えて、前記パケットを個別に又は特定のグループ別に識別することが可能なパケット選別手段を有しており、前記トンネリンググループ検出手段が、前記パケット選別手段で選別された個別のパケットごと又はグループごとに、前記情報蓄積手段によって蓄積された前記情報を解析して

50

、前記トンネリンググループが起こっているか否かを検出するように構成されている。

上記の構成により、個別に又は所定のグループごとにパケットを特定して、その特定結果を反映した情報の解析を行うことで、トンネリンググループの検出精度が向上されるようになる。

【0051】

さらに、本発明のトンネリンググループ検出制御装置は、上記の構成に加えて、前記パケット選別手段は、前記パケットに付加されている識別情報に基づいて前記パケットの識別を行うように構成されている。

上記の構成により、トンネルエントリポイントは、パケットに付加されている識別情報を参照することで、個別に又は所定のグループごとにパケットを特定できるようになる。

【0052】

さらに、本発明のトンネリンググループ検出制御装置は、上記の構成に加えて、前記パケットの最外部ヘッダに前記パケットに付加されている前記識別情報が保持されるように制御する識別情報付加制御手段を有する。

上記の構成により、例えば、最初にパケットのカプセル化を行ったトンネルエントリポイントで付加されたID情報が、パケットの最外部に保持され続けるようになり、トンネリンググループの詳細なループの態様が把握可能となる。

【0053】

さらに、本発明のトンネリンググループ検出制御装置は、上記の構成に加えて、前記パケット選別手段が、前記パケットの送信元アドレス及びあて先アドレスのセットごとに前記グループを設定するように構成されている。

上記の構成により、パケットの送信元アドレス及びあて先アドレスのセットごとに、パケットを特定し、同一のトンネリンググループに係る情報の抽出制度が向上されるようになる。

【発明の効果】

【0054】

本発明は、上記の構成を有しており、トンネルエントリポイントがトンネリンググループの存在を検出することができるようになるという効果を有している。

【発明を実施するための最良の形態】

【0055】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施の形態について説明する。

【0056】

本発明では、基本的に、トンネルエントリポイントが、転送すべきパケットから得られるパラメータ（例えば、TELオプション内の値（以下、TEL値と記載する））を収集し、この収集されたパラメータの統計量を監視して、トンネリンググループが存在している際に現れる特有のパターンを収集された統計量に発見することで、トンネリンググループの存在を推測する。

【0057】

また、本発明では、トンネリンググループが発生した場合、そのトンネリンググループを形成する複数のトンネルエントリポイントのうち少なくとも1つが、本発明の実施の形態に係るトンネルエントリポイント（トンネリンググループを検出することが可能なトンネルエントリポイント）であれば、そのトンネルエントリポイントによってトンネリンググループの存在が検出される。

【0058】

以下、図2に示されているネットワーク構成を参照しながら、本発明に係るシナリオを実現する方法について説明する。図2は、本発明の実施の形態において、トンネリンググループが形成される場合のネットワーク構成の一例を示す図である。

【0059】

図2において、送信元ノード（ソース）1100によって送信されたデータパケットは、まず経路1110を通過してトンネルエントリポイントTEP1120に届く。なお、経

10

20

30

40

50

路 1 1 1 0 には、不図示の複数のルータ又はトンネルエントリポイントが存在してもよい。また、ここでは、T E P 1 1 2 0 が、データパケットをカプセル化する最初のトンネルエントリポイントであるとする。

【 0 0 6 0 】

T E P 1 1 2 0 でカプセル化されたパケットは、経路 1 1 1 2 を通じて T E P 1 1 2 2 に発送され、T E P 1 1 2 2 において、トンネルパケットは更にカプセル化される。なお、経路 1 1 1 2 には、不図示の複数のルータ又はトンネルエントリポイントが存在してもよい。

【 0 0 6 1 】

T E P 1 1 2 2 でカプセル化されたパケットは、経路 1 1 1 4 を通じて T E P 1 1 2 4 に発送され、T E P 1 1 2 4 において、トンネルパケットは更にカプセル化される。なお、経路 1 1 1 4 には、不図示の複数のルータ又はトンネルエントリポイントが存在してもよい。

10

【 0 0 6 2 】

そして、T E P 1 1 2 4 でカプセル化されたパケットは、経路 1 1 1 6 を通じて T E P 1 1 2 0 に戻る。なお、経路 1 1 1 6 には、不図示の複数のルータ又はトンネルエントリポイントが存在してもよい。その結果、上述の場合には、最初のトンネルエントリポイントがループの一部を形成する状態で、トンネリングループが形成される。

【 0 0 6 3 】

図 2 において、すべての T E P 1 1 2 0、1 1 2 2、1 1 2 4 が従来の技術に係るトンネルエントリポイントの場合には、パケット転送の際に、図 1 C を用いて説明した従来の動作と同一の動作が行われ、トンネリングループは検出されないが、トンネリングループを形成する複数の T E P 1 1 2 0、1 1 2 2、1 1 2 4 のうちの任意のトンネルエントリポイントが、本発明に係るトンネリングループの検出機能を有していれば、そのトンネリングループにおいて、トンネリングループは検出される。

20

【 0 0 6 4 】

以下、図 2 に示す T E P 1 1 2 4 が本発明に係るトンネリングループの検出機能を有している場合を想定し、図 3 A を参照しながら、本発明の実施の形態における動作の一例について説明する。図 3 A は、本発明の実施の形態における動作の一例に係るシーケンスチャートである。

30

【 0 0 6 5 】

図 3 A において、メッセージシーケンスは、データパケット 1 3 0 0 (図 3 A では、D a t a と表記) を送信する送信元ノード 1 1 0 0 から開始される。従来と同様、T E P 1 1 2 0 は、T E L 値を例えば “ 5 ” に設定して、データパケット 1 3 0 0 をトンネルパケット 1 3 1 0 にカプセル化する。パケット 1 3 1 0 (図 3 A では、P k t { T E L = 5 } と表記) は T E P 1 1 2 2 に到達する。

【 0 0 6 6 】

T E P 1 1 2 2 は、T E L 値を 1 つデクリメントして、T E L 値が “ 4 ” に設定されたトンネルパケット 1 3 1 2 でパケット 1 3 1 0 をカプセル化する。パケット 1 3 1 2 (図 3 A では、P k t { T E L = 4 } と表記) は T E P 1 1 2 4 に到達する。

40

【 0 0 6 7 】

T E P 1 1 2 4 は、T E L 値を 1 つデクリメントして、T E L 値が “ 3 ” に設定されたトンネルパケット 1 3 1 4 でパケット 1 3 1 2 をカプセル化する。そして、T E P 1 1 2 0 がこのトンネルパケット 1 3 1 4 (図 3 A では、P k t { T E L = 3 } と表記) を受信した場合に、トンネリングループが形成される。

【 0 0 6 8 】

なお、T E P 1 1 2 4 は、受信したパケット 1 3 1 2 のトンネルヘッダに含まれている T E L 値 (T E L 値 “ 4 ”) を記憶する処理を行うことが可能である。ここで記憶された T E L 値は、トンネリングループの検出に用いられる。なお、T E P 1 1 2 4 は、受信したパケット 1 3 1 2 のトンネルヘッダに含まれている T E L 値を 1 つデクリメントした値

50

(パケット1314に設定されるTEL値“3”)を記憶してもよい。

【0069】

TEP1120は、受信したパケット1314を参照しても、トンネリンググループの検出又は推測を行うことはできず、同様の処理を行って、TEL値が“2”に設定されたトンネルパケット1316(図3Aでは、Pkt{TEL=2}と表記)を送信する。そして、同様に、TEP1122及びTEP1124は、それぞれTEL値が“1”及び“0”に設定されたトンネルパケット1318、1320(図3Aでは、Pkt{TEL=1}、Pkt{TEL=0}と表記)を送信し、TEL値が“0”に設定されたトンネルパケット1320がTEL1120に到達する。また、TEP1124は、パケット1318の受信時においても、受信したパケット1318のトンネルヘッダに含まれているTEL値(TEL値“1”)を記憶する処理を行う。

10

【0070】

TEL値が“0”に設定されたトンネルパケット1320の受信者(すなわち、TEP1120)は、送信者(TEP1124)に対して、TEL値“0”を示すICMPエラー(ICMPエラーメッセージ)1322(図3Aでは、ICMP-Error{TEL=0}と表記)を送信する。ICMPエラーは逆方向に伝搬され、TEP1124は、TEL値“1”を示すICMPエラー1324(図3Aでは、ICMP-Error{TEL=1}と表記)をTEP1122に送信する。

【0071】

なお、TEP1124は、受信したICMPエラー1322に含まれているTEL値(TEL値“0”)を記憶する処理を行うことが可能である。ここで記憶されたTEL値は、トンネリンググループの検出に用いられる。なお、TEP1124は、送信するICMPエラー1324に含まれているTEL値“1”を記憶してもよい。

20

【0072】

そして、同様に、TEP1122は、TEP1120に対して、TEL値“2”を示すICMPエラー1326(図3Aでは、ICMP-Error{TEL=2}と表記)を送信する。この後方伝搬(バックプロパゲーション)は、図3AのICMPエラー1328、1330(図3Aでは、ICMP-Error{TEL=3}、ICMP-Error{TEL=4}と表記)を経て、オリジナルのトンネルパケットのTEL値“5”を示すICMPエラー1332(図3Aでは、ICMP-Error{TEL=5}と表記)までループを戻す。なお、このとき、ICMPエラー1322に対する処理と同様に、TEP1124は、ICMPエラー1328に関しても、TEL値の記憶を行う。

30

【0073】

TEP1120は、トンネリンググループの存在を検出できない。したがって、TEP1120は、再構成を行って、このエラーを克服するためにTEL値を増加する処理を行うことが想定される。この処理は、図3Aの処理1334として示されている。その結果、この場合には、TEP1120から、TEL値“6”が最初に設定されたトンネルパケット1336(図3Aでは、Pkt{TEL=6}と表記)が送信され、トンネリンググループが再び繰り返されることになる。なお、TEP1122は、TEL値を1つデクリメントして、TEL値が“5”に設定されたトンネルパケット1338(図3Aでは、Pkt{TEL=5}と表記)を送信し、その後のメッセージシーケンスに関しては、図3Aでは図示省略する。なお、当業者であれば、最初のTEL値が1つ増加されているので、パケット1つ分(1回のパケット転送)だけトンネリンググループが長くなることが分かるであろう。また、TEP1124は、TEP1120から送信されたTEL値“6”のパケット1336に関連してパケット転送処理の際においても、パケットのトンネルヘッダに含まれるTEL値の記憶を行う。

40

【0074】

また、TEL値がゼロに達した場合には、上述の動作と同様に、再びICMPエラーのバックプロパゲーションが行われる。ここで、注目すべきポイントは、TEL値が1つ増加しているのでバックプロパゲーションにおいて、各TEPは、先のバックプロパゲーション

50

ョンループ（メッセージ 1322 ~ 1332）よりも 1 大きい TEL 値を示す ICMP エラーを受信するという点である。例えば、TEP 1124 は、まず TEL 値“1”（ICMP エラー 1322 内の TEL 値“0”よりも 1 大きい）を示す ICMP エラー 1340（図 3A では、ICMP - Error { TEL = 1 } と表記）を受信する。さらに、その後、TEP 1124 は、ICMP エラー 1342、1344（図 3A では、ICMP - Error { TEL = 2 }、ICMP - Error { TEL = 3 } と表記）の逆方向の伝搬を経て、再び TEL 値“4”（ICMP エラー 1326 内の TEL 値“3”よりも 1 大きい）を示す ICMP エラー 1346（図 3A では、ICMP - Error { TEL = 4 } と表記）を受信する。なお、TEP 1124 は、この場合においても、受信した ICMP エラー 1340、1346 に含まれる TEL 値の記憶を行う。

10

【0075】

なお、上述の説明では、TEP 1124 が、受信したトンネルパケット及び ICMP エラーの両方に含まれる TEL 値を記憶するように記載されているが、受信したトンネルパケットの TEL 値の記憶と、ICMP エラーの TEL 値の記憶とは、実質的に等価な処理であり、TEP 1124 は、受信したトンネルパケット及び ICMP エラーのどちらか一方のみに含まれる TEL 値を記憶することが望ましい。

【0076】

図 3A の動作において、TEP 1124 は、例えば、ICMP エラーから得られた TEL 値に基づいて、トンネリングループの存在を検出することが可能である。以下、ICMP エラーから得られた TEL 値に基づくトンネリングループを検出する方法について説明する。

20

【0077】

図 3A に示す動作で TEP 1124 によって ICMP エラーから収集された TEL 値は、図 3B に模式的に図示されているグラフとして表される。図 3B は、本発明の実施の形態において、トンネルエントリポイントによって ICMP エラーから収集された TEL 値を模式的に示すグラフの一例を示す図である。図 3B には、図 3A に示されているシーケンスチャートにおいて、TEP 1124 によって受信される ICMP エラーが示す TEL 値のグラフが図示されている。なお、図 3B において、縦軸 1350 は、受信した ICMP エラーで示される TEL 値を表しており、横軸 1352 は、受信した ICMP エラー（又は時間）を表している。

30

【0078】

最初に TEP 1124 によって受信された ICMP エラーは、図 3A のパケット 1322 であり、これは、図 3B のポイント 1360（TEL 値“0”）に対応している。次に TEP 1124 によって受信された ICMP エラーは、図 3A のパケット 1328 であり、これは、図 3B のポイント 1361（TEL 値“3”）に対応している。さらに、次に TEP 1124 によって受信された ICMP エラーは、図 3A のパケット 1340 であり、これは、図 3B のポイント 1362（TEL 値“2”）に対応している。

【0079】

なお、図 3B では、TEP 1124 による ICMP エラーからの TEL 値の収集処理が継続されると仮定し、更なる処理によって得られるポイント 1363 ~ 1369 も図示されている。図 3B に図示されているグラフ 1370（連続したポイントをつなぐことによって構築されるグラフ）は、ある特定の鋸歯のようなパターンが存在しており、かつピーク（ポイント 1361、1363、1365、1368）が増加していることが把握できる。このように、ICMP エラーの TEL 値に、鋸歯のようなパターン、ピークの増加の傾向が見られる場合には、トンネリングループが存在していると判断することが可能であり、TEP 1124 は、この特性を利用して、グラフ 1370 からトンネリングループの存在を検出することが可能である。

40

【0080】

また、図 3A の動作において、TEP 1124 は、例えば、トンネルパケットから得られた TEL 値に基づいて、トンネリングループの存在を検出することが可能である。以下

50

、トンネルパケットから得られたTEL値に基づくトンネリンググループを検出する方法について説明する。

【0081】

図3Aに示す動作でTEP1124によってトンネルパケットから収集されたTEL値は、図3Cに模式的に図示されているグラフとして表される。図3Cは、本発明の実施の形態において、トンネルエントリポイントによってトンネルパケットから収集されたTEL値を模式的に示すグラフの一例を示す図である。図3Cには、図3Aに示されているシーケンスチャートにおいて、TEP1124によって受信されるトンネルパケットに含まれるTEL値のグラフが図示されている。なお、図3Cにおいて、縦軸1356は、受信したトンネルパケットに含まれるTEL値を表しており、横軸1358は、受信したトンネルパケット（又は時間）を表している。

10

【0082】

最初にTEP1124によって受信されたトンネルパケットは、図3Aのパケット1312であり、これは、図3Cのポイント1380（TEL値“4”）に対応している。次にTEP1124によって受信されたトンネルパケットは、図3Aのパケット1318であり、これは、図3Cのポイント1381（TEL値“1”）に対応している。さらに、次に受信されたトンネルパケットは、図3Aのパケット1338であり、これは、図3Cのポイント1382（TEL値“5”）に対応している。

【0083】

なお、図3Cでは、TEP1124によるトンネルパケットからのTEL値の収集処理が継続されると仮定し、更なる処理によって得られるポイント1383～1389も図示されている。図3Cに図示されているグラフ1390（連続したポイントをつなぐことによって構築されるグラフ）は、図3Bと同様に、ある特定の鋸歯のようなパターンが存在しており、かつピーク（ポイント1380、1382、1384、1387）が増加していることが把握できる。このように、トンネルパケットのTEL値に、鋸歯のようなパターン、ピークの増加の傾向が見られる場合には、トンネリンググループが存在していると判断することが可能であり、TEP1124は、この特性を利用して、グラフ1390からトンネリンググループの存在を検出することが可能である。

20

【0084】

上記の図3B及び図3Cに示されるように、グラフ1370、1390には同様の特性が存在しており、パケットを転送する装置（ルータやTEPなど）が、転送パケットのTEL値を収集して、その収集結果がトンネリンググループに特有のパターンと一致するか否かを監視することで、トンネリンググループの検出が行われるようになる。上記の図3B及び図3Cに示されるように、本発明は、TEL値が含まれるパケットの種類やパケットの伝送方向に依存するものではなく、トンネリンググループの検出に同一アルゴリズムを使用することが可能である。

30

【0085】

なお、TEL値を収集する対象としてICMPエラーを用いる方法では、トンネリンググループの存在を含む何らかの理由によってICMPエラーが発生した場合にのみ、TEL値の記憶が行われるので、転送されるトンネルパケットのTEL値を常時記憶する場合に比べて、処理負荷が軽減される。一方、TEL値を収集する対象としてトンネルパケットを用いる方法によれば、TEL値を収集する対象としてICMPエラーを用いる方法よりも迅速にトンネリンググループの存在が検出される。

40

【0086】

また、本発明によれば、トンネリンググループが複雑な構成を有している場合であっても、トンネリンググループが検出される。図4Aは、本発明の実施の形態において、トンネリンググループが形成される場合のネットワーク構成の別の一例を示す図である。図4Aには、トンネリンググループがより複雑に形成されている場合が図示されている。ここでは、トンネリンググループは、相互に絡み合った2つのループを有している。

【0087】

50

図4Aにおいて、送信元ノード(ソース)1400によって送信されたデータパケットは、まず経路1410を通過してトンネルエントリポイントTEP1420に届く。なお、経路1410には、不図示の複数のルータ又はトンネルエントリポイントが存在してもよいが、ここでは、TEP1420が、データパケットをカプセル化する最初のトンネルエントリポイントであるとする。

【0088】

TEP1420でカプセル化されたパケットは、経路1411を通過してTEP1422に発送され、TEP1422において、トンネルパケットは更にカプセル化される。TEP1422でカプセル化されたパケットは、経路1412を通過してTEP1424に発送され、TEP1424において、トンネルパケットは更にカプセル化される。

10

【0089】

TEP1424は、使用可能な2つのルートを有している。例えば、TEP1424は、ロードバランシング(負荷分散)を行うために、これらの2つのルートを交互に使用できるように構成されている。なお、ここでは、TEP1424が、2つのルートのそれぞれに交互にパケットを発送するロードバランシングを行うように構成されている場合を一例として説明するが、任意のロードバランシングが実現されてもよい。

【0090】

TEP1424が使用可能な2つのルートのうちの一方(第1のルート)では、経路1413を通過してTEP1420に戻るトンネルにパケットがカプセル化される。その結果、第1のトンネリンググループが形成される。

20

【0091】

TEP1424が使用可能な2つのルートのうちのもう一方(第2のルート)では、経路1414を通過してTEP1426に向かうトンネルにパケットがカプセル化される。TEP1426では、パケットは、さらにカプセル化され、経路1415を通過してTEP1428に発送される。さらに、TEP1428においてパケットはカプセル化され、経路1416を通過してTEP1422に戻される。この結果、第2のトンネリンググループが形成される。

【0092】

なお、各経路1411、1412、1413、1414、1415、1416上に、不図示の複数のルータ又はトンネルエントリポイントが存在してもよい。

30

【0093】

図4Aでは、第1及び第2トンネリンググループによってトンネリンググループが形成されるが、トンネリンググループを形成する複数のTEP1420、1422、1424、1426、1428のうちの任意のトンネルエントリポイントが、本発明に係るトンネリンググループの検出機能を有していれば、そのトンネリンググループにおいて、トンネリンググループは検出される。

【0094】

以下、図4Bを参照しながら、図4Aに示すネットワーク構成における本発明に係る動作の一例について説明する。図4Bは、本発明の実施の形態における動作の別の一例に係るシーケンスチャートである。

40

【0095】

図4Bにおいて、メッセージシーケンスは、データパケット1430(図4Bでは、Dataと表記)を送信する送信元ノード1400から開始される。TEP1420は、TEL値を例えば“12”に設定して、データパケット1430をトンネルパケット1431にカプセル化する。パケット1431(図4Bでは、Pkt{TEL=12}と表記)はTEP1422に到達する。

【0096】

TEP1422は、TEL値を1つデクリメントして、TEL値が“11”に設定されたトンネルパケット1432でパケット1431をカプセル化する。パケット1432(図4Bでは、Pkt{TEL=11}と表記)は、経路1412を通過してTEP1424

50

に到達する。

【0097】

TEP1424は、TEL値を1つデクリメントして、TEL値が“10”に設定されたトンネルパケット1433でパケット1432をカプセル化する。このパケット1433(図4Bでは、Pkt{TEL=10}と表記)は、例えば経路1413を通じて発送され、再びTEP1420に到達して、第1のトンネリンググループが形成される。

【0098】

このように第1のトンネリンググループを通過して戻ってきたパケット1433に関して、TEP1420は、TEL値を1つデクリメントして、TEL値が“9”に設定されたトンネルパケット1434でパケット1433をカプセル化する。パケット1434(図4Bでは、Pkt{TEL=9}と表記)は、経路1411を通じてTEP1422に到達する。

10

【0099】

TEP1422は、TEL値を1つデクリメントして、TEL値が“8”に設定されたトンネルパケット1435でパケット1434をカプセル化する。パケット1435(図4Bでは、Pkt{TEL=8}と表記)は、経路1412を通じてTEP1424に届く。

【0100】

TEP1424は、TEL値を1つデクリメントして、TEL値が“7”に設定されたトンネルパケット1436でパケット1435をカプセル化する。パケット1436(図4Bでは、Pkt{TEL=7}と表記)は、今度は例えば経路1414を通じて発送され、TEP1426に到達する。

20

【0101】

TEP1426は、TEL値を1つデクリメントして、TEL値が“6”に設定されたトンネルパケット1437でパケット1436をカプセル化する。パケット1437(図4Bでは、Pkt{TEL=6}と表記)は、経路1415を通じてTEP1428に届く。

【0102】

TEP1428は、TEL値を1つデクリメントして、TEL値が“5”に設定されたトンネルパケット1438でパケット1437をカプセル化する。パケット1438(図4Bでは、Pkt{TEL=5}と表記)は、経路1416を通じて発送され、再びTEP1422に到達して、第2のトンネリンググループが形成される。なお、TEL値がゼロに達するまで、パケットは、第1及び第2のトンネリンググループ内で伝送される。

30

【0103】

その後、同様にパケットのトンネリングが繰り返され(パケット1439~1442(図4Bでは、Pkt{TEL=4}、Pkt{TEL=3}、Pkt{TEL=2}、Pkt{TEL=1}と表記)、TEP1424がパケット1442をパケット1443でカプセル化し、TEP1426にパケット1443(図4Bでは、Pkt{TEL=0}と表記)を送信した場合にTEL値はゼロに達する。

【0104】

TEL値がゼロに達すると、パケット1443の受信者(すなわち、TEP1426)は、送信者(TEP1424)に対して、TEL値“0”を示すICMPエラー1444(図4Bでは、ICMP-Error{TEL=0}と表記)を送信する。ICMPエラーは逆方向に伝搬され、TEP1424は、TEL値“1”を示すICMPエラー1445(図4Bでは、ICMP-Error{TEL=1}と表記)をTEP1422に送信する。同様に、TEP1422は、TEP1420に対して、TEL値“2”を示すICMPエラー1446(図4Bでは、ICMP-Error{TEL=3}と表記)を報告する。この後方伝搬(バックプロパゲーション)では、オリジナルのトンネルパケットのTEL値“12”を示すICMPエラー1456(図4Bでは、ICMP-Error{TEL=12}と表記)まで、第1及び第2のトンネリンググループ内をICMPエラー1

40

50

447~1455 (図4Bでは、ICMP-Error {TEL=3~11}と表記)が伝送される。

【0105】

なお、図4Bには不図示ではあるが、本発明に係るトンネリンググループの検出機能を有するトンネルポイントエントリは、トンネルパケット及び/又はICMPエラーに含まれるTEL値を記憶する処理を行う。

【0106】

例えばTEP1420が、本発明に係るトンネリンググループの検出機能を有しており、ICMPエラーに含まれるTEL値を記憶する処理を行う場合、図4Bに示す動作でTEP1420によってICMPエラーから収集されたTEL値は、図4Cに模式的に図示されているグラフとして表される。図4Cは、本発明の実施の形態において、トンネルエントリポイントによってICMPエラーパケットから収集されたTEL値を模式的に示すグラフの別の一例を示す図である。

10

【0107】

図4Cには、図4Bに示されているシーケンスチャートにおいて、TEP1420によって受信されるICMPエラーに含まれるTEL値のグラフが図示されている。なお、図4Cにおいて、縦軸1460は、受信したICMPエラーに含まれるTEL値を表しており、横軸1462は、受信したICMPエラー(又は時間)を表している。

【0108】

最初にTEP1420によって受信されたICMPエラーは、図4Bのパケット1446であり、これは、図4Cのポイント1470(TEL値“2”)に対応している。次にTEP1420によって受信されたICMPエラーは、図4Bのパケット1453であり、これは、図4Cのポイント1471(TEL値“9”)に対応している。さらに、次にTEP1420によって受信されたICMPエラーは、図4Bのパケット1456であり、これは、図4Cのポイント1472(TEL値“12”)に対応している。

20

【0109】

なお、図4Cでは、TEP1420によるICMPエラーからのTEL値の収集処理が継続されると仮定し、更なる処理によって得られるポイント1473~1476も図示されている。図4Cに図示されているグラフ1480(連続したポイントをつなぐことによって構築されるグラフ)においても、鋸歯のようなパターン及びピークの増加というトンネリンググループが存在する際の特性が現れている。

30

【0110】

また、例えばTEP1424が、本発明に係るトンネリンググループの検出機能を有しており、ICMPエラーに含まれるTEL値を記憶する処理を行う場合、図4Bに示す動作でTEP1424によってICMPエラーから収集されたTEL値は、図4Dに模式的に図示されているグラフとして表される。図4Dは、本発明の実施の形態において、トンネルエントリポイントによってICMPエラーパケットから収集されたTEL値を模式的に示すグラフの更に別の一例を示す図である。

【0111】

図4Dには、図4Bに示されているシーケンスチャートにおいて、TEP1424によって受信されるICMPエラーに含まれるTEL値のグラフが図示されている。なお、図4Dにおいて、縦軸1466は、受信したICMPエラーに含まれるTEL値を表しており、横軸1468は、受信したICMPエラー(又は時間)を表している。

40

【0112】

最初にTEP1424によって受信されたICMPエラーは、図4Bのパケット1444であり、これは、図4Dのポイント1490(TEL値“0”)に対応している。次にTEP1424によって受信されたICMPエラーは、図4Bのパケット1447あり、これは、図4Dのポイント1491(TEL値“3”)に対応している。さらに、次にTEP1424によって受信されたICMPエラーは、図4Bのパケット1451であり、これは、図4Dのポイント1492(TEL値“7”)に対応している。さらに、次にT

50

EP 1424によって受信されたICMPエラーは、図4Bのパケット1454であり、これは、図4Dのポイント1493(TEL値“10”)に対応している。

【0113】

なお、図4Dでは、TEP 1424によるICMPエラーからのTEL値の収集処理が継続されると仮定し、更なる処理によって得られるポイント1494~1498も図示されている。図4Dに図示されているグラフ1484(連続したポイントをつなぐことによって構築されるグラフ)においても、鋸歯のようなパターン及びピークの増加というトンネリングループが存在する際の特性が現れている。

【0114】

図4C及び図4Dに示されるように、例えば、ロードバランシングによって複数のループがトンネリングループを形成している場合などのように、トンネリングループが複雑に形成されている場合であっても、転送パケットのTEL値の統計量を参照し、トンネリングループを示すパターンを発見することで、トンネリングループを検出することが可能となる。なお、トンネリングループの複雑さの程度によらず、すべての種類のトンネリングループに係るTEL値の統計量に関して、上記のような鋸歯のパターンが見られる。

【0115】

また、実際には、データの送信元ノード1100、1400は短時間のうちに複数のパケットを送信するかもしれないが、この場合、任意の瞬間において、トンネリングループ内には1つ以上のパケットが存在していることになる。上述の図3B、図3C、図4C、図4Dには、トンネリングループ内の1つのパケットのみに着目した場合における理想的なTEL値の統計量の変動パターンの一例が図示されているが、実際にトンネルエントリポイントによって収集されるTEL値の統計量は、図5に図示されているグラフ1510のようになり得る。

【0116】

図5は、本発明の実施の形態において、トンネルエントリポイントによってICMPエラーから実際に収集されたTEL値を示すグラフの一例を示す図である。図5に図示されているグラフ1510は、上述の図3B、図3C、図4C、図4Dのそれぞれのグラフ1370、1390、1480、1484よりも不規則(乱雑)に見えるが、短い時間窓で統計量の平均を算出した場合には、より滑らかなグラフ1520が取得される。トンネリングループが発生している場合には、この滑らかなグラフ1520が、鋸歯のパターン及びピークの増加というトンネリングループに特有のパターンに酷似したパターンを有することになるので、このパターンの検出によって、トンネリングループの存在を検出することが可能となる。

【0117】

なお、図5に図示されているグラフ1510には多数のパケットの情報が含まれているが、転送すべきパケットの識別及び情報管理を行うことで、トンネリングループ内で多数のパケットが伝送されている場合であっても、単一又は少数のパケットの情報(上述の図3B、図3C、図4C、図4Dのそれぞれのグラフ1370、1390、1480、1484に近い情報)を取得することが可能となる。例えば、各トンネルエントリポイントが、トンネルパケットの最外部ヘッダに固有のID情報(たとえば、最初のトンネルエントリポイントの識別情報、乱数値、シーケンスナンバー、あるいはこれらの組み合わせ)を付加することによって、各トンネルエントリポイントは、1つのパケット又は同一の転送経路のパケットを特定することが可能となる。このとき、トンネルエントリポイントは、既に付加されている固有のID情報を、転送すべきトンネルパケットの最外部ヘッダに発見した場合には、自身が更に生成するトンネルパケットの最外部ヘッダに、発見した固有のID情報をコピーすることで、本発明に対応するトンネルエントリポイントの最初のトンネルエントリポイントの識別情報が、常にトンネルパケットの最外部ヘッダに保持されるようになる。また、トンネルエントリポイントは、パケットの送信元アドレス及びあて先アドレスのセットごとに、TEL値の管理を行ってもよい。このような固有のID情報や個別に管理されたTEL値を用いることにより、複数のループに関与しているトンネ

10

20

30

40

50

ルエンリポイントは、異なるループに対して異なる統計処理を行うことができるようになり、例えば、特定のトンネリングループに特有のパターンを、様々な実行可能な方法を用いて検出することで、トンネリングループをより精度よく検出されるようにすることが可能になる。

【0118】

また、本発明を実現するためには、本発明にトンネルポイントエンリは、図6に図示されるような機能アーキテクチャが使用されることが望ましい。なお、図6には、トンネルエンリポイントに含まれるトンネリングループ検出制御機能(トンネリングループ検出制御装置)に関する構成要素が図示されている。

【0119】

本発明の実施の形態によれば、図6に示されるトンネルエンリポイント1200の機能アーキテクチャは、ルーティング部1220と、1つ又は複数のネットワークインタフェース1210とを有している。なお、図6では、ネットワークインタフェース1210は、1つのみ図示されている。

【0120】

各ネットワークインタフェース1210は、トンネルエンリポイント1200が、リンクアクセス技術を使用して経路1285を通じた他のノードとの通信を行うために必要な、すべてのネットワークハードウェア、ソフトウェア、プロトコルを表す機能ブロックである。

【0121】

例えば、ISO(International Standards Organization:国際標準化機構)のOSI(Open System Interconnect)の7レイヤモデルにおいて、ネットワークインタフェース1210は、物理層及びデータリンク層を包含している。

【0122】

ネットワークインタフェース1210がパケットを受信した場合には、更なる処理のために、データパス1295を通じてルーティング部1220にパケットを渡す。同様に、ルーティング部1220は、パケットの送信を行う際には、データパス1295を通じた送信を行うために、対応するネットワークインタフェース1210にパケットを渡す。

【0123】

また、ルーティング部1220は、インターネットワーキングレイヤにおけるルーティングに関するすべての処理を行う。OSIモデルの下では、ルーティング部1220は、ネットワーク層のすべての機能を包含している。

【0124】

ルーティング部1220は、基本的に、IPv6や一般的なトンネリング機能を実行する。ルーティング部1220には、ルーティングテーブル1230及びトンネリングモジュール1240が存在している。

【0125】

ルーティングテーブル1230には、ルーティング部1220が経路を決定するための情報が含まれている。なお、ルーティングテーブル1230は、エンリのリストのように構成されており、各エンリには、あて先フィールド及び次ホップフィールドが含まれていることが望ましい。あて先フィールドには、完全なあて先アドレス、又はあて先アドレスのプレフィックスが格納されており、次ホップフィールドには、あて先フィールドに格納されている値と一致するあて先アドレスを有するパケットの転送場所が記載されている。

【0126】

また、トンネリングモジュール1240は、必要に応じて、IPトンネルの確立、維持、破棄を行う。例えば、NEMOベースシクサポートの下では、モバイルルータは、自身のホームエージェントとの間に双方向トンネルを確立する。これは、トンネリングモジュール1240によって維持される。

【0127】

10

20

30

40

50

なお、当業者であれば、トンネリングモジュール1240は、トンネルインタフェースとして知られる仮想ネットワークインタフェースを作成することが望ましいことが分かるであろう。このトンネルインタフェースは、ルーティング部1220にとっては、他のネットワークインタフェース1210と等価に見える。

【0128】

また、トンネリングモジュール1240には、ループ検出モジュール1250が存在している。ループ検出モジュール1250は、受信パケット（トンネルパケット及び/又はICMPエラー）にTELオプションが存在するか否かの検査を行うとともに、TELオプションが存在する場合には、その中に含まれているTEL値を記憶する機能を有している。また、ループ検出モジュール1250は、トンネリングループ検出アルゴリズムを実行し、記憶されたTEL値に基づいてトンネリングループが存在しているかを推測して、トンネリングループの存在が検出された場合にはエラーを始動する機能を有している。さらに、ループ検出モジュール1250は、送出するトンネルパケットに対するTELオプションの挿入や、TELオプションに対してTEL値やその他の付加情報（例えば、ID情報など）の設定を行う機能も有している。

10

【0129】

なお、当業者であれば、図6に図示されているトンネルエン트리ポイントの機能アーキテクチャには、トンネルエン트리ポイントを実現するために必要な最小限の機能ブロックのみが含まれており、実際には、さらに、他の機能が必要であるかもしれないことが分かるであろう。例えば、トンネルエン트리ポイントがホームエージェントである場合には、ホームエージェント能力を提供するための機能（例えば、バインディングキャッシュエントリなど）が追加される必要がある。

20

【0130】

また、本発明の実施の形態において、トンネルエン트리ポイントのループ検出モジュール1250は、図7に図示されているように、統計量収集機能及び統計量比較機能を有することが望ましい。図7は、本発明の実施の形態におけるトンネルポイントエントリのループ検出モジュールの構成の一例を示す図である。

【0131】

図7に図示されているループ検出モジュール1250は、受信パケットから得られる所定のパラメータ（例えば、TEL値）を収集するように構成されており、トンネリングループが発生している可能性を示す信号を送出するように構成されている。

30

【0132】

図7において、入力ノード1610は、収集された統計量のサンプル（例えば、受信されたトンネルパケットのTEL値、又は受信されたICMPエラーのTEL値）の入力点である。入力ノード1610に入力された値は、異なる2つのユニットに供給される。すなわち、入力ノード1610に入力された値は、データバス1650-1を通じてレジスタ1620-1に供給されるとともに、データバス1651を通じて比較器1630に供給される。

【0133】

レジスタ1620-1は、1単位時間（1パケット分）における入力で得られる値を格納する機能を有している。データバス1650-1からレジスタ1620-1に新たな値が入力される場合には、レジスタ1620-1内に格納されている現在の値がデータバス1650-2から出力されるとともに、新たな値がレジスタ1620-1に格納される。なお、データバス1650-2から出力された値は、次のレジスタ1620-2に格納されることによってシフトする。

40

【0134】

ループ検出モジュール1250は、上記のようなn個のレジスタ1620-1~1620-nが配列されており、レジスタ1620-1~1620-nはそれぞれ隣接したもの同士が接続されている。なお、nは2以上の整数である。一連のレジスタ1620-1~1620-nは、従来技術に係る遅延フィルタを形成している。ここで、各レジスタ1

50

620 - y は、新たな値の入力に応じて、前回の単位時間において前段のレジスタ 1620 - x ($y = x + 1$: x、y は 1 ~ n の正の整数) に格納されている値を格納する。

【0135】

なお、各レジスタ 1620 - x に格納されている値が出力されるデータパスは、2つ存在する。すなわち、次のレジスタ 1620 - y に出力値を供給するデータパス 1650 - y ($y = x + 1$) と、比較器 1630 に出力値を供給するデータパス 1652 - x とが存在する。ただし、最後のレジスタ 1650 - n に関しては、例外として、比較器 1630 に出力値を供給するデータパス 1620 - n のみ存在する。

【0136】

比較器 1630 は、データパス 1651 からの新たな入力値と、データパス 1652 - 1 ~ 1652 - n からの以前に入力された値 (各レジスタ 1620 - 1 ~ 1620 - n に格納されていた値) とを比較し、データパス 1654 を通じて出力ノード 1640 に、トンネリンググループが検出されたか否かを示す値を出力するように構成されている。なお、比較器 1630 は、トンネリンググループが発生している可能性が検出された場合にのみ、トンネリンググループ検出通知信号を出力ノード 1640 に出力してもよい。

10

【0137】

実際に比較器 1630 を実装する方法は様々存在しており、本発明では、特に限定されるものではない。例えば、比較器 1630 は、重み付けされた線形結合器によって実現可能である。ここでは、データパス 1654 への出力値は、データパス 1651、1651 - 1 ~ 1651 - n から入力されたすべての値に対して重み付けが行われたものの総和である。なお、各重みは、例えば、トンネリンググループを含むフロー及びトンネリンググループを含まないフローの両方から得られる複数の値のサンプルを収集することによって決定可能であり、所望の出力からの 2 乗エラーが最小になるように出力値が設定されることが望ましい。

20

【0138】

なお、別の方法として、ニューラルネットワークによって比較器 1630 が実現されてもよい。ニューラルネットワークは、例えば、トンネリンググループを含むフロー及びトンネリンググループを含まないフローの両方から得られる値を使用して、所望の出力を与えるように学習される。なお、特に有用なタイプのニューラルネットワークは、マルチレイヤパーセプション (MLP : Multi-Layer Perception) であるが、これは、エラーバックプロパゲーション方法を利用した大規模なトレーニングが必要となる。また、別の有用なタイプのニューラルネットワークは、放射基底関数 (RBF : Radial Basis Function) ネットワークである。この RBF ネットワークはトレーニングが比較的容易であり、クラスタアルゴリズムを使用して、放射基底関数のクラスタセンタを決定することができる。また、通常最小 2 乗エラーアルゴリズムを使用することによって、線形の重みを決定することが可能である。

30

【0139】

また、本明細書では、最も実用的かつ好適な実施の形態であると思われる内容で本発明の開示及び説明が行われているが、当業者であれば、本発明の範囲を逸脱することなく、デザインやパラメータの詳細において様々な変更が可能であることが分かるであろう。

40

【0140】

なお、上記の本発明の実施の形態の説明で用いた各機能ブロックは、典型的には集積回路である LSI (Large Scale Integration) として実現される。これらは個別に 1 チップ化されてもよいし、一部又はすべてを含むように 1 チップ化されてもよい。なお、ここでは、LSI としたが、集積度の違いにより、IC (Integrated Circuit)、システム LSI、スーパー LSI、ウルトラ LSI と呼称されることもある。

【0141】

また、集積回路化の手法は LSI に限るものではなく、専用回路又は汎用プロセッサで実現してもよい。LSI 製造後に、プログラムすることが可能な FPG A (Field Programmable Gate Array) や、LSI 内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なリコンフィ

50

ギュラブル・プロセッサを利用してもよい。

【0142】

さらには、半導体技術の進歩又は派生する別技術によりLSIに置き換わる集積回路化の技術が登場すれば、当然、その技術を用いて機能ブロックの集積化を行ってもよい。例えば、バイオ技術の適応などが可能性としてあり得る。

【産業上の利用可能性】

【0143】

本発明は、パケット転送装置（特に、トンネルエントリーポイント）がトンネリンググループの存在を検出することができるようになるという効果を有しており、パケット交換型データ通信ネットワークにかかる通信分野や、特に、パケットのカプセル化（パケットのトンネリング）の技術分野に適用可能である。

10

【図面の簡単な説明】

【0144】

【図1A】従来の技術において、トンネリンググループが起こることが予想される第1の構成例を示す図

【図1B】従来の技術において、トンネリンググループが起こることが予想される第2の構成例を示す図

【図1C】従来の技術における動作の一例に係るシーケンスチャート

【図2】本発明の実施の形態において、トンネリンググループが形成される場合のネットワーク構成の一例を示す図

20

【図3A】本発明の実施の形態における動作の一例に係るシーケンスチャート

【図3B】本発明の実施の形態において、トンネルエントリーポイントによってICMPエラーから収集されたTEL値を模式的に示すグラフの一例を示す図

【図3C】本発明の実施の形態において、トンネルエントリーポイントによってトンネルパケットから収集されたTEL値を模式的に示すグラフの一例を示す図

【図4A】本発明の実施の形態において、トンネリンググループが形成される場合のネットワーク構成の別の一例を示す図

【図4B】本発明の実施の形態における動作の別の一例に係るシーケンスチャート

【図4C】本発明の実施の形態において、トンネルエントリーポイントによってICMPエラーから収集されたTEL値を模式的に示すグラフの別の一例を示す図

30

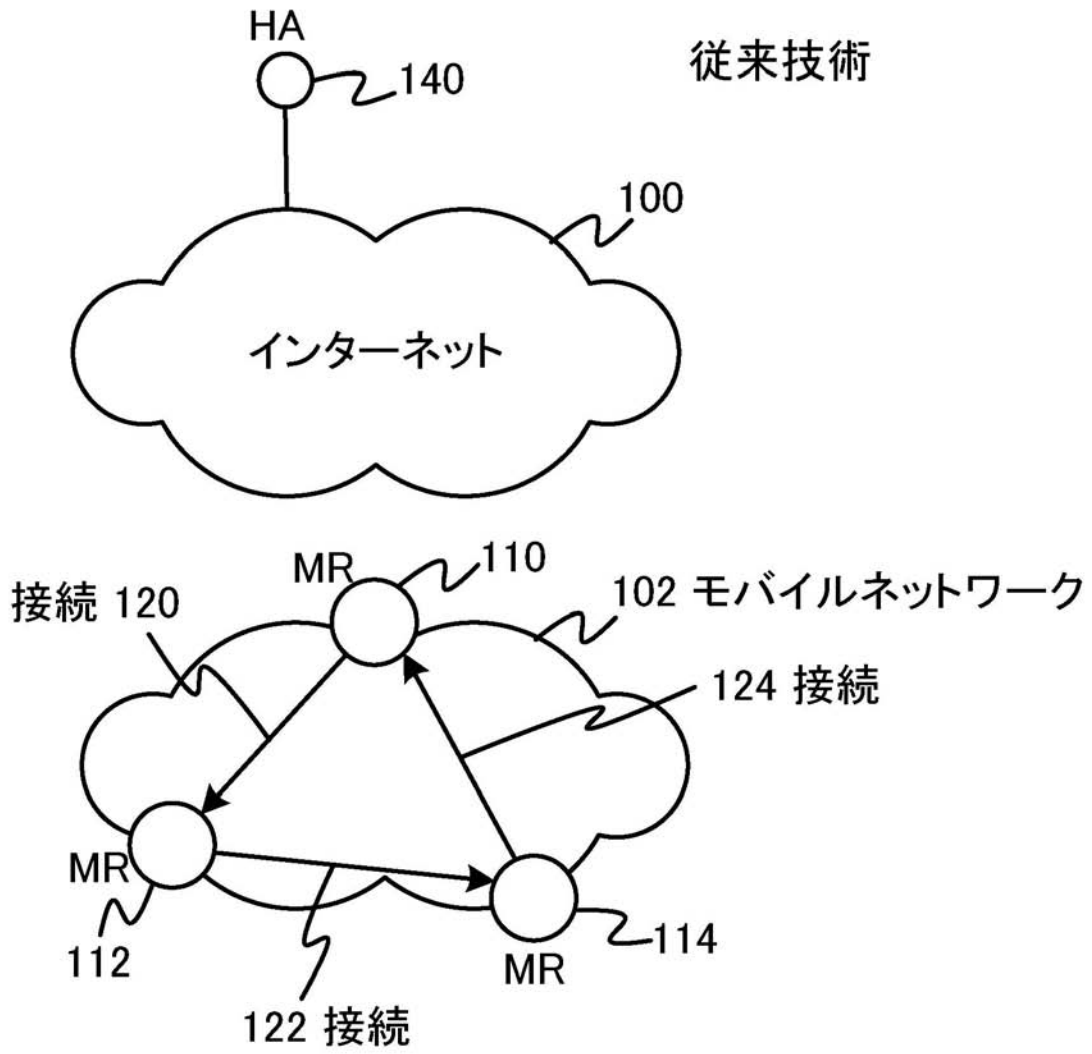
【図4D】本発明の実施の形態において、トンネルエントリーポイントによってICMPエラーから収集されたTEL値を模式的に示すグラフの更に別の一例を示す図

【図5】本発明の実施の形態において、トンネルエントリーポイントによってICMPエラーから実際に収集されたTEL値を示すグラフの一例を示す図

【図6】本発明の実施の形態におけるトンネルエントリーポイントの構成の一例を示す図

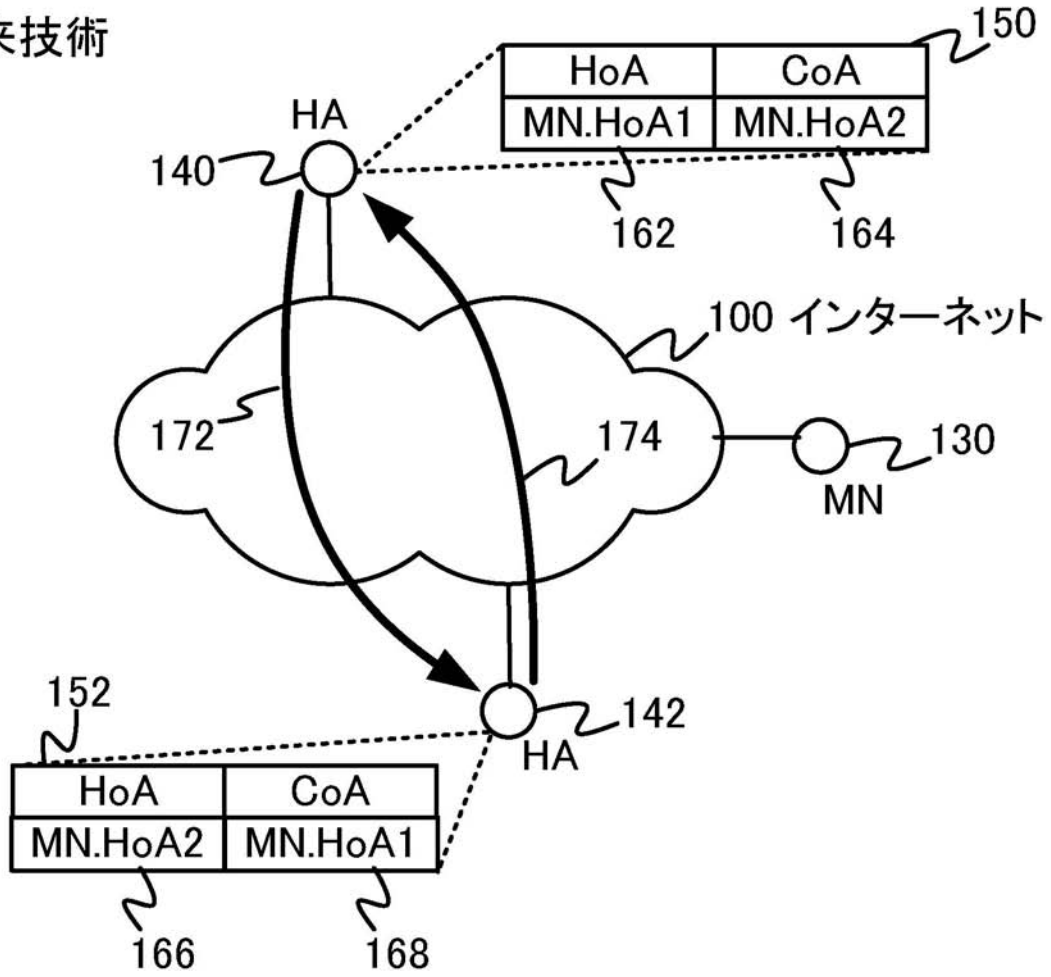
【図7】本発明の実施の形態におけるトンネルポイントエントリーのループ検出モジュールの構成の一例を示す図

【図1A】

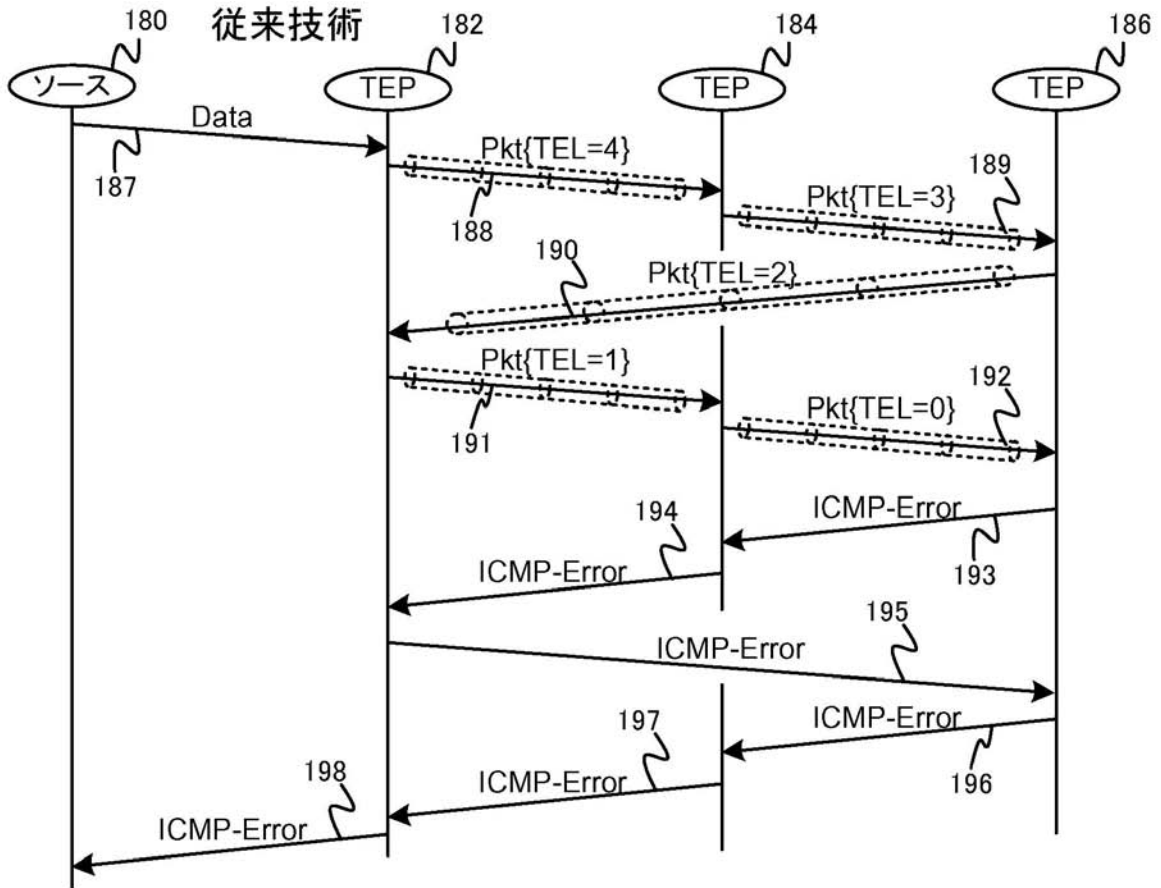


【図 1 B】

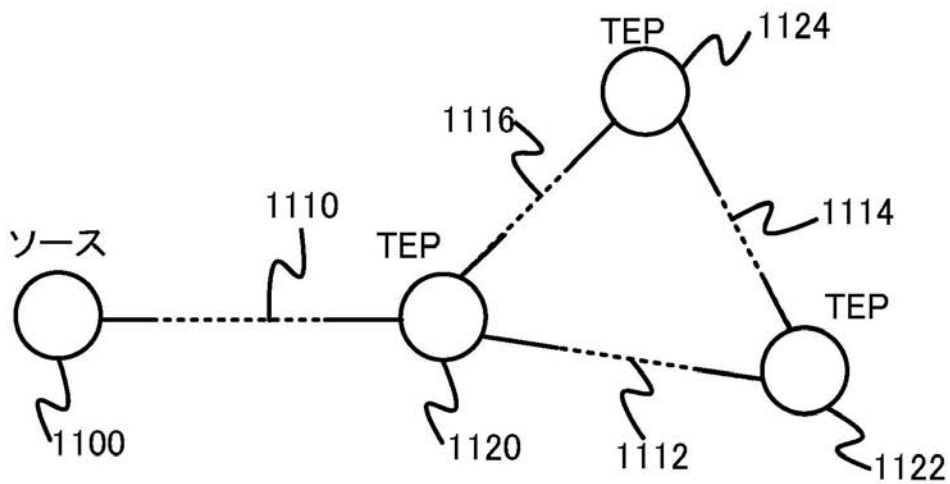
従来技術



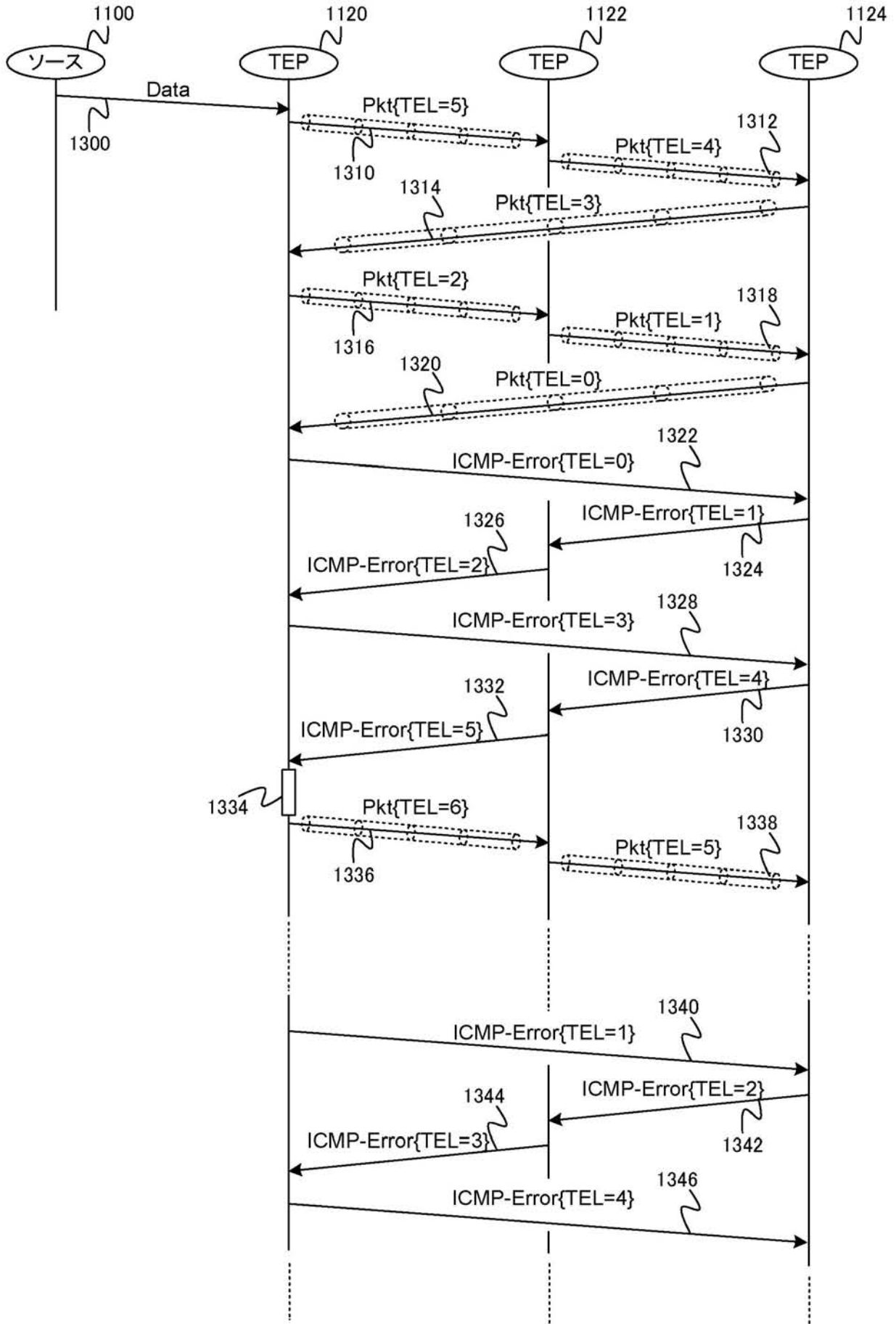
【図1C】



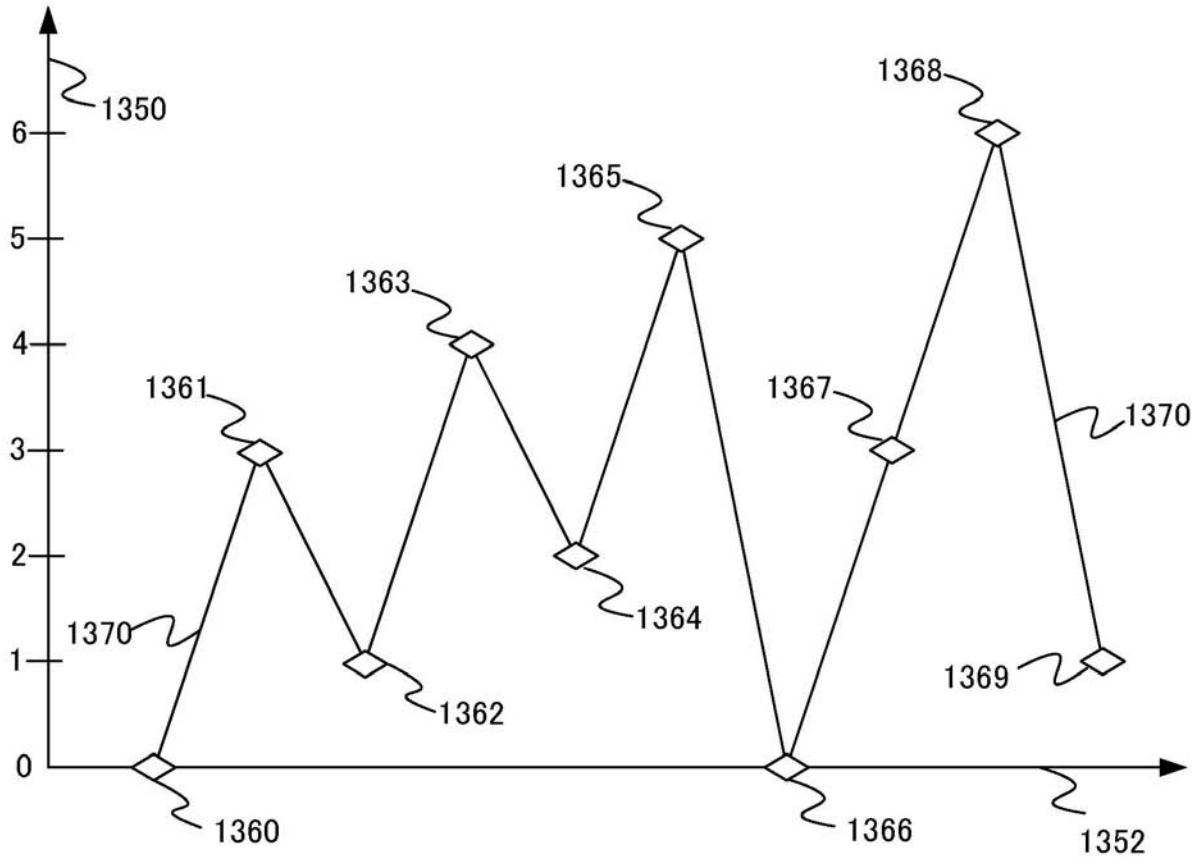
【図2】



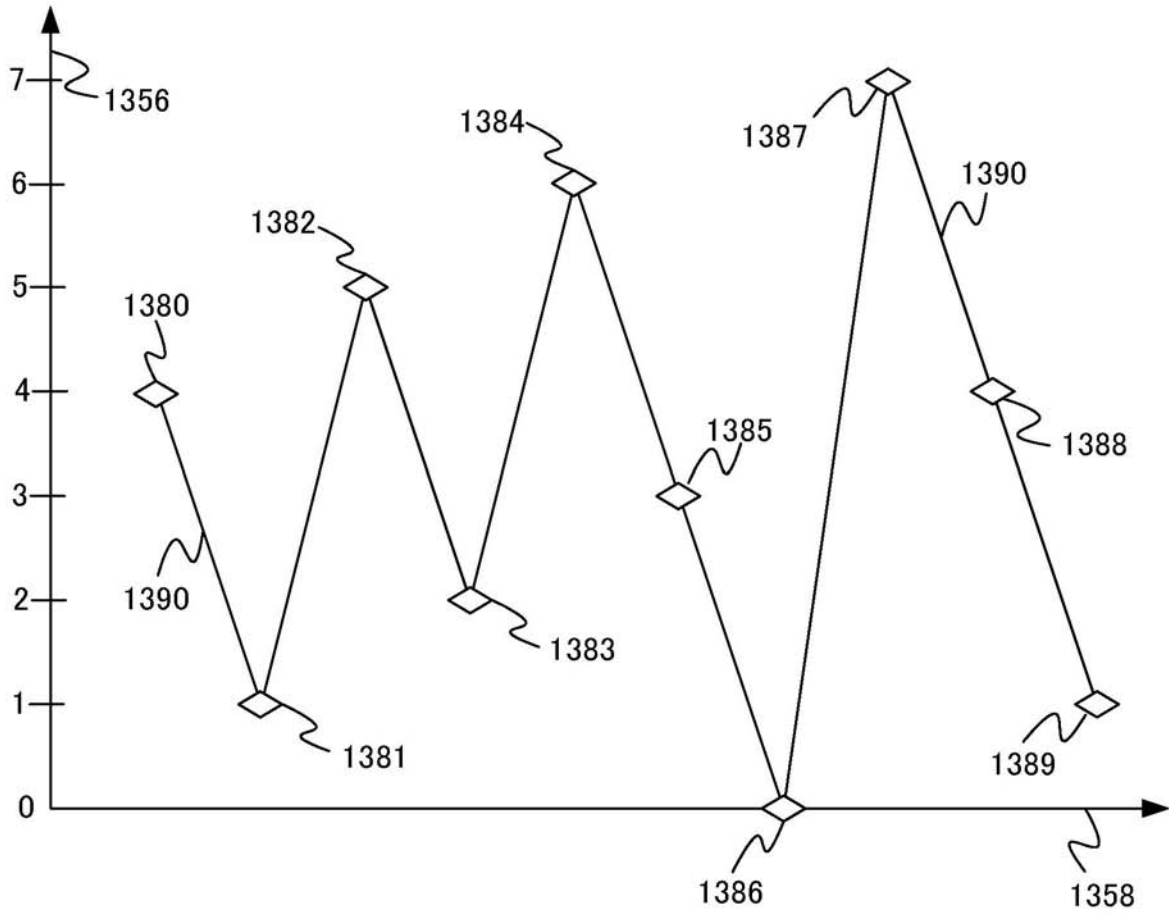
【図3A】



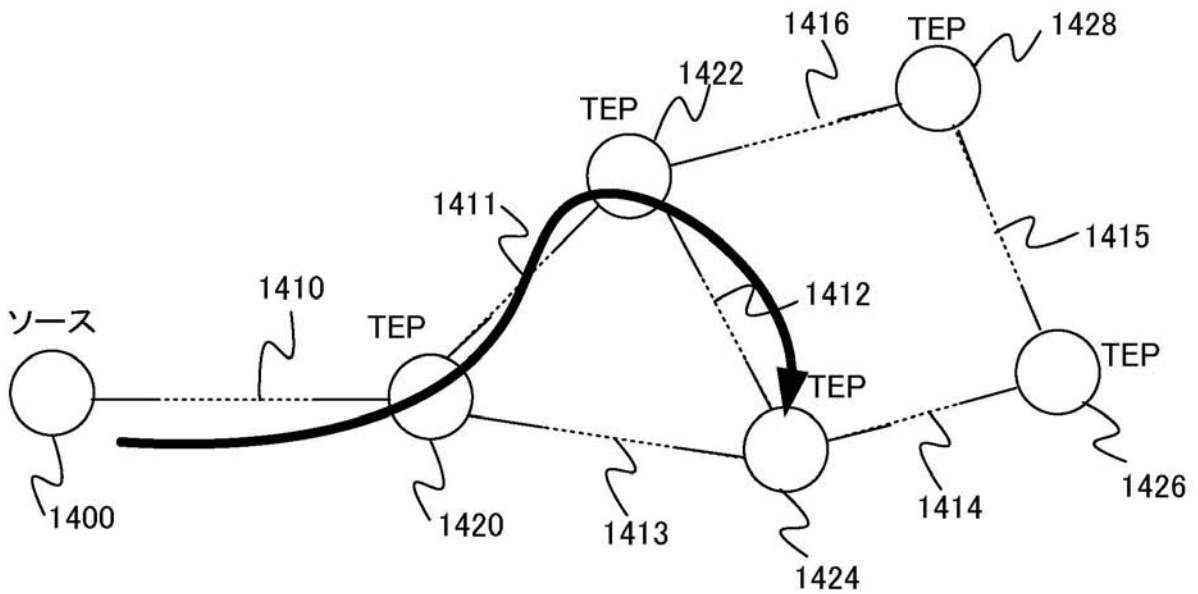
【 図 3 B 】



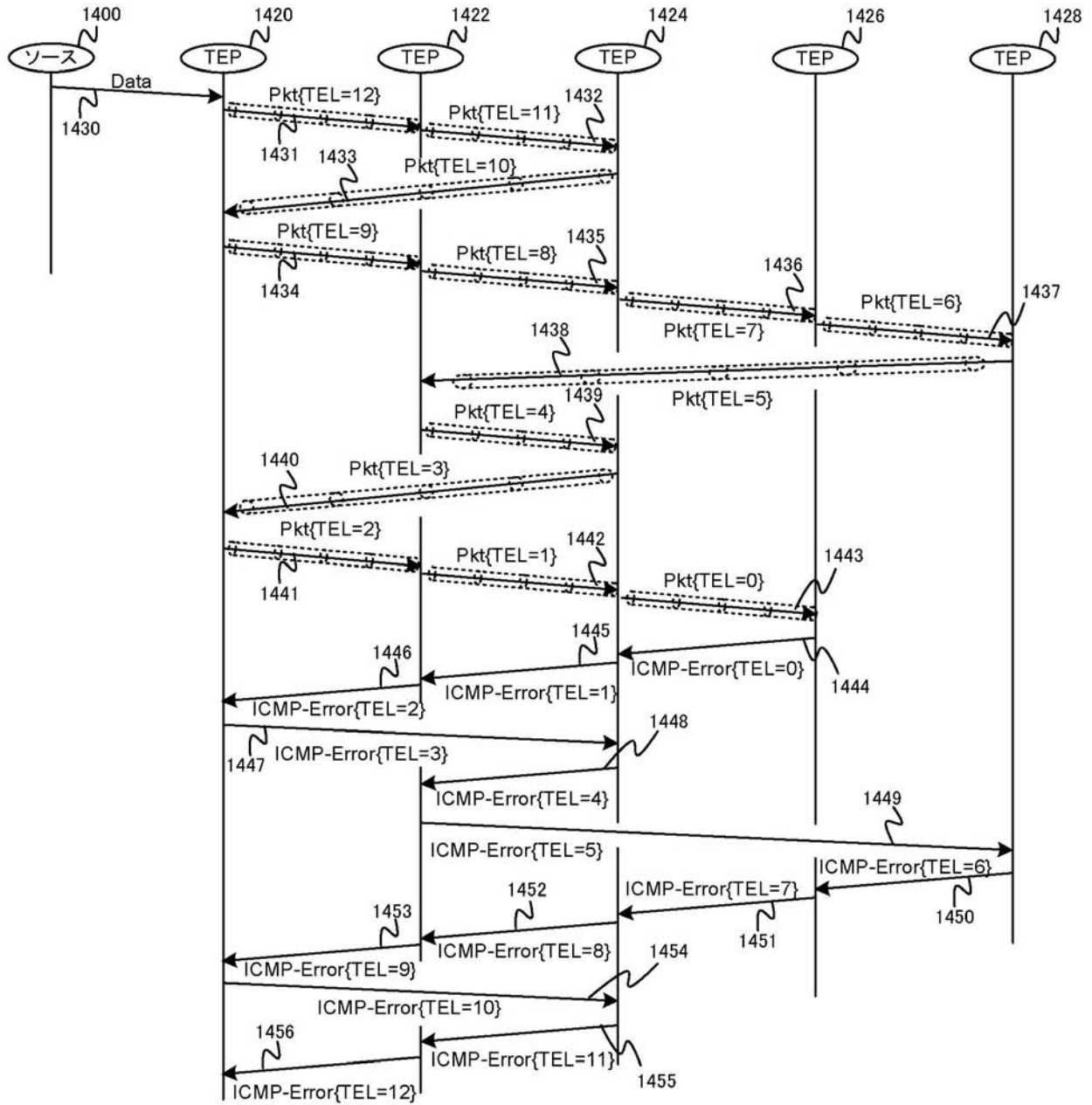
【図3C】



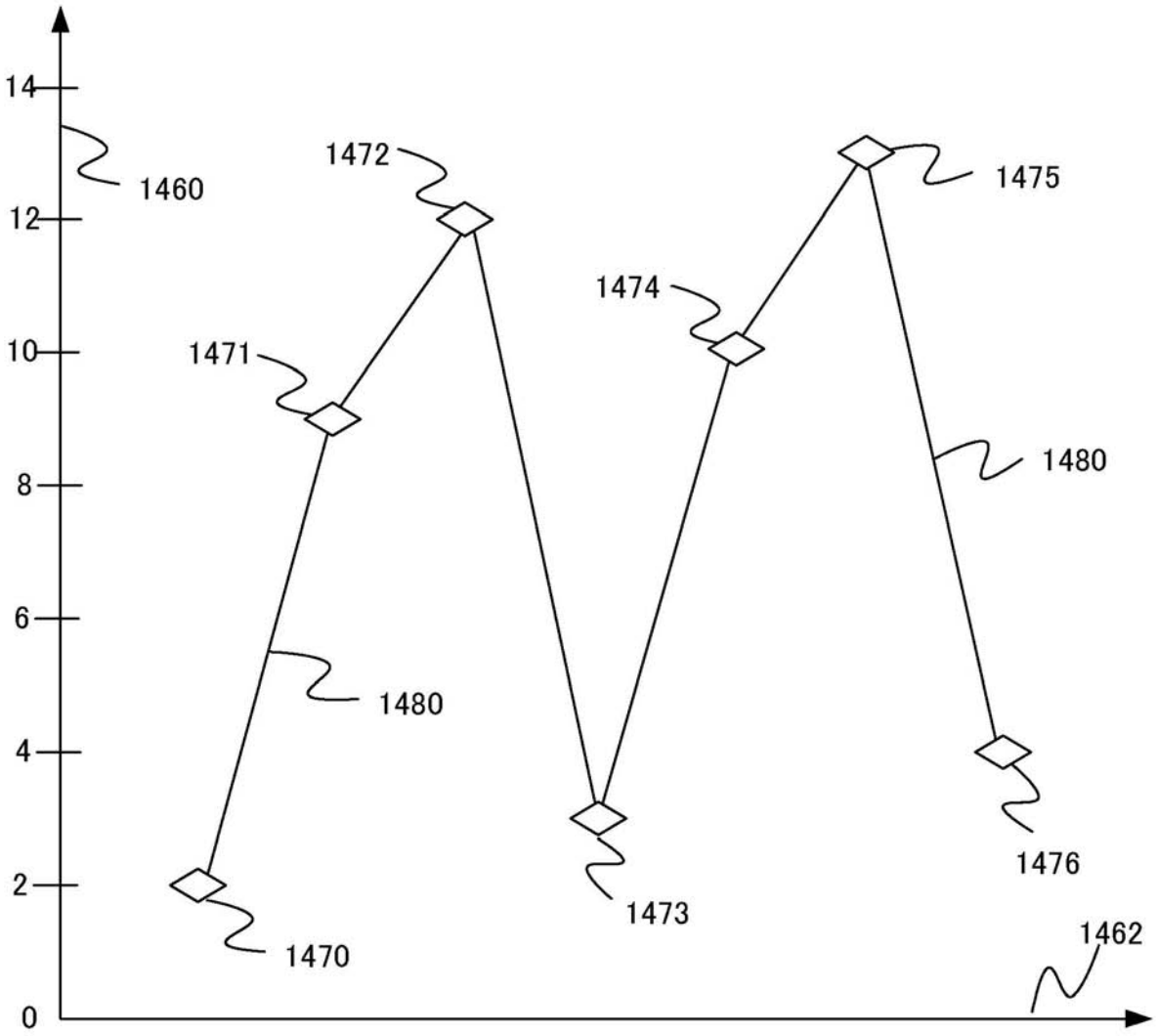
【図4A】



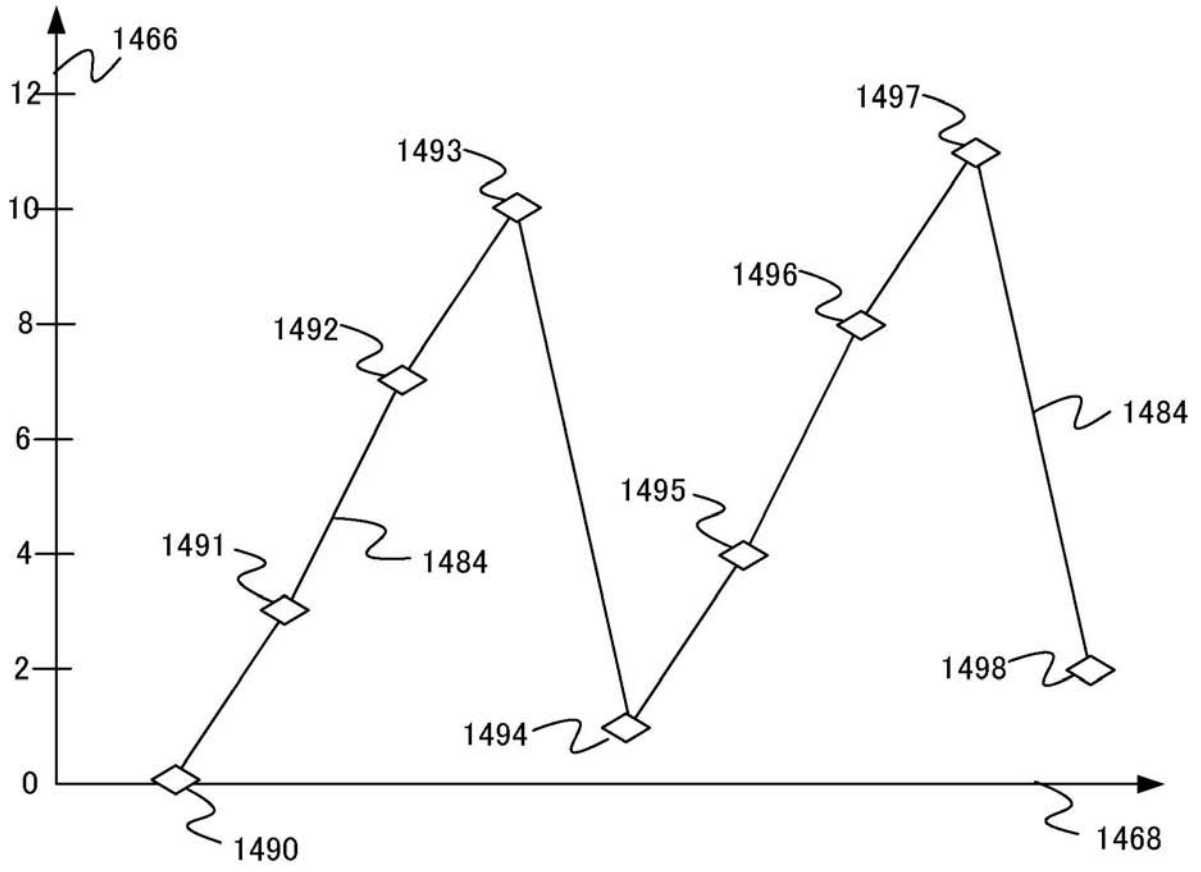
【 図 4 B 】



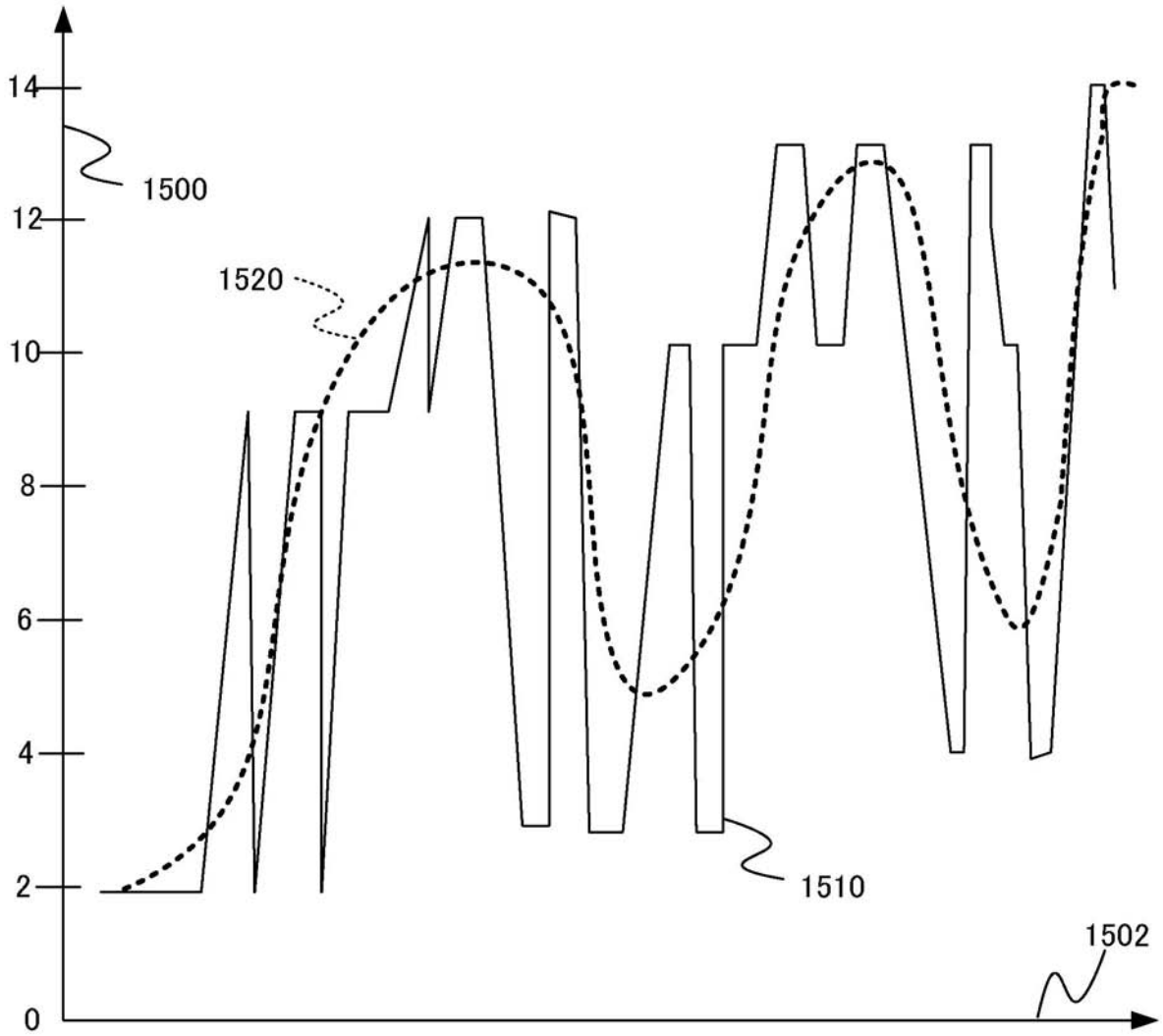
【 図 4 C 】



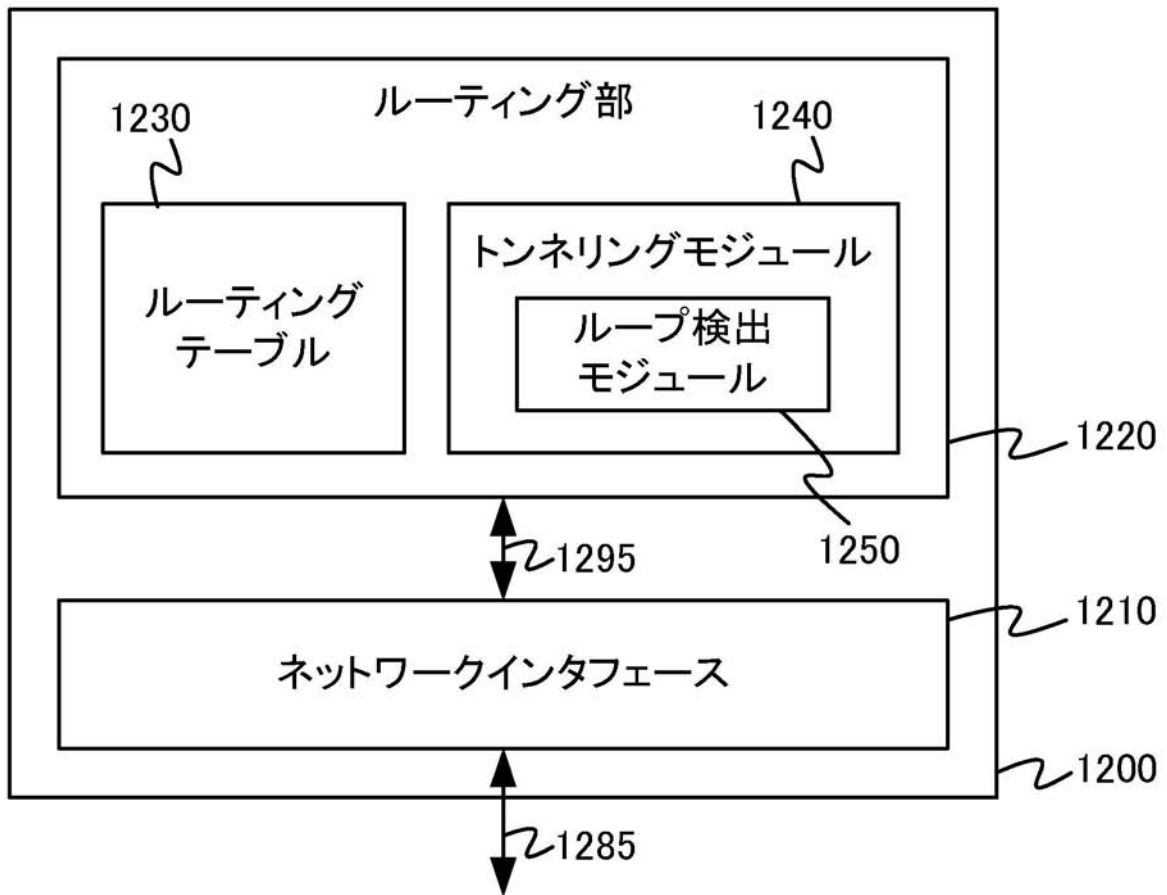
【 図 4 D 】



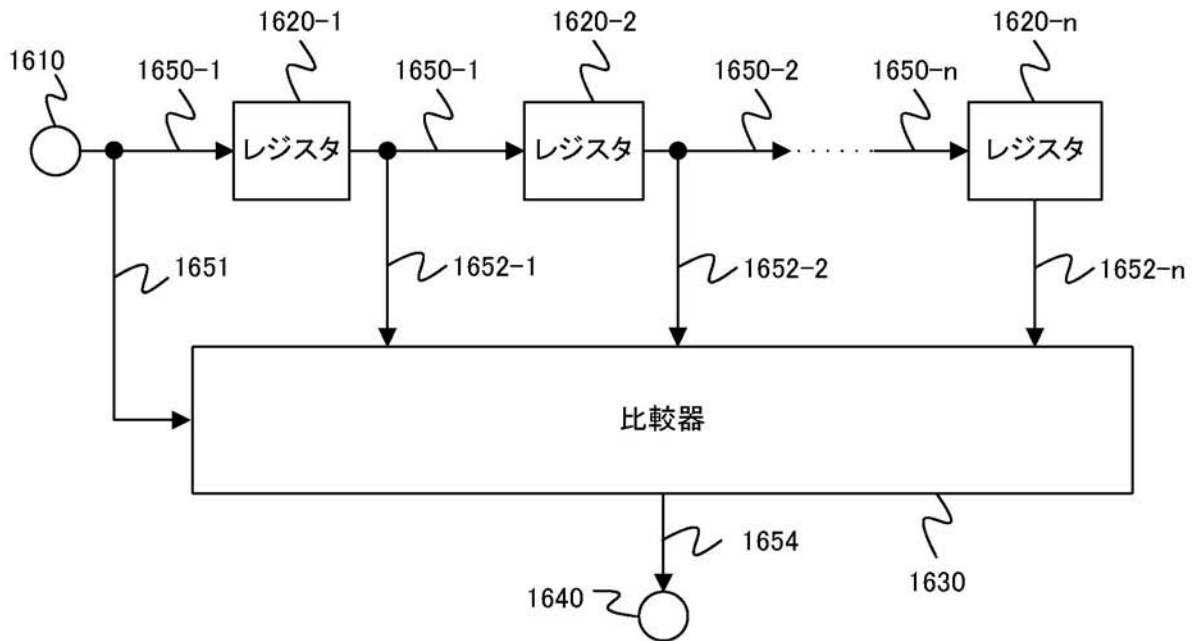
【 図 5 】



【図6】



【図7】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

		International application No PCT/JP2007/063936
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H04L12/46 H04L12/56		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H04L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 6 765 881 B1 (RAJAKARUNANAYAKE YASANTHA N [US]) 20 July 2004 (2004-07-20) column 2, lines 45-67 column 3, lines 9-24 column 4, lines 1-8 column 6, lines 18-34 column 8, lines 11-14 column 9, lines 13-22, 56-65 column 11, lines 24-34; figures 1-5	1, 2, 4, 5, 7-10 3, 6
Y A	US 2005/063311 A1 (SEKIGUCHI ATSUJI [JP]) 24 March 2005 (2005-03-24)	3, 6 1, 2, 4, 5, 7-10
A	EP 1 553 734 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD [JP]) 13 July 2005 (2005-07-13) paragraph [0009]	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
* Special categories of cited documents :		
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 12 October 2007		Date of mailing of the international search report 23/10/2007
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Milano, Massimo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/JP2007/063936

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6765881	B1	20-07-2004	NONE
US 2005063311	A1	24-03-2005	JP 3947146 B2 18-07-2007 JP 2005094468 A 07-04-2005
EP 1553734	A	13-07-2005	AU 2003273044 A1 04-05-2004 CN 1706159 A 07-12-2005 WO 2004036841 A1 29-04-2004 JP 3887640 B2 28-02-2007 US 2006062214 A1 23-03-2006

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 タン ペク ユー

シンガポール534415シンガポール、タイ・セン・アベニュー、ブロック1022、06-3530番、タイ・セン・インダストリアル・エステイト、パナソニック・シンガポール研究所株式会社内

(72)発明者 コー ティエン ミン ベンジャミン

シンガポール534415シンガポール、タイ・セン・アベニュー、ブロック1022、06-3530番、タイ・セン・インダストリアル・エステイト、パナソニック・シンガポール研究所株式会社内

(72)発明者 リム チュン キョン ベンジャミン

シンガポール534415シンガポール、タイ・セン・アベニュー、ブロック1022、06-3530番、タイ・セン・インダストリアル・エステイト、パナソニック・シンガポール研究所株式会社内

Fターム(参考) 5K030 GA11 HA08 HC01 HC09 HD01 JA11 JT03 JT09 KA05 KX30
LB05 LB20 LE16 MB13 MC08 MD10
5K067 AA33 BB21 CC08 DD57 EE02 EE16 FF02 HH22 HH23